

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

---


***Relatório Técnico Anual Integrado  
- 2024 - Volume 2***

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

*Setembro/2025*

# *Relatório Técnico Anual Integrado – 01/01/2024 a 31/12/2024*

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



*Relatório Técnico  
Revisão 00  
Setembro/2025*



## SUMÁRIO

TABELAS .....	6
FIGURAS .....	16
APRESENTAÇÃO.....	26
5. ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL INTEGRADA .....	28
5.1 Metodologia de Análise .....	29
5.1.1 Padrões de Encalhes .....	29
5.1.1.1 Variáveis ambientais e antrópicas .....	31
5.1.1.2 Estratificação Espacial .....	41
5.1.2 Estratificação pelo habitat preferencial das espécies .....	44
5.1.3 Recorte temporal .....	45
5.1.4 Análises Estatísticas .....	45
5.2 Resultados e Discussão .....	51
5.2.1 Padrões de Encalhes .....	51
5.2.2 Índice de Saúde .....	87
5.2.3 Interações Antrópicas .....	112
5.3 Considerações Gerais .....	124
5.3.1 Padrões de encalhes .....	124
5.3.2 Índice de Saúde .....	127
5.3.3 Interações Antrópicas .....	129
5.4 Referências – Análise espaço temporal integrada .....	130
6. HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) E ORGANOHALOGENADOS.....	138
6.1 Introdução .....	138
6.2 Metodologia analítica .....	142
6.2.1 Extração.....	142
6.2.2 Purificação do extrato .....	143
6.2.3 Análise instrumental: HPAS .....	144
6.2.4 Análise instrumental: PCBS e PBDES .....	146
6.2.5 Análise instrumental: pesticidas organoclorados .....	148
6.3 Resultados .....	149
6.3.1 Quantitativo de amostras de tetrápodes analisadas em 2024 .....	149
6.3.2 PCB e PBDE.....	163
6.3.3 Pesticidas organoclorados .....	176
6.4 Discussão.....	191
6.4.1 Análise espaço-temporal da ocorrência de HPAs e organohalogenados.....	192
6.4.2 Ocorrência e distribuição de HPA .....	194
6.4.3 Ocorrência e distribuição de contaminantes halogenados.....	213

6.4.4	Variação de HPAs e organohalogenados por sexo e estágio de desenvolvimento.....	223
6.5	Considerações .....	234
6.6	Referências – HPA e organohalogenados .....	237
7.	ELEMENTOS TRAÇO .....	241
7.1	Introdução .....	241
7.2	Métodos .....	243
7.2.1	Recebimento, Preparo e Preservação das Amostras .....	243
7.2.2	Pré-tratamento, Fracionamento e Preservação das Amostras .....	244
7.2.3	Métodos de Análise Química .....	245
7.2.4	Determinações .....	246
7.2.5	Tratamento Estatístico dos Resultados.....	252
7.2.6	Informações das amostras recebidas .....	252
7.3	Resultados .....	255
7.3.1	Análise Estatística Preliminar.....	255
7.3.2	Análise Estatística Quantitativa.....	281
7.4	Discussões .....	344
7.4.1	Aves Marinhas .....	344
7.4.2	Tartarugas-marinhas.....	350
7.4.3	Mamíferos Marinhos .....	354
7.5	Considerações .....	358
7.6	Referências – Elementos Traço .....	360

## TABELAS

TABELA 5.1-1 – PARÂMETROS UTILIZADOS NAS ANÁLISES DOS PADRÕES DE ENCALHES. “DP” – DESVIO PADRÃO.....	41
TABELA 5.2-1 – RESULTADOS DA ANÁLISE DE REDUNDÂNCIA PARA OS DADOS AMBIENTAIS E ANTRÓPICOS (MODEL FINAL - EXCLUÍDO VARIÁVEIS NÃO SIGNIFICATIVAS) PARA AVES REGISTRADAS PELO PMP-BS POR MONITORAMENTO TERRESTRE DIÁRIO ENTRE 2017 E 2024.....	67
TABELA 5.2-2 – RESULTADOS DA ANÁLISE DE REDUNDÂNCIA PARA OS DADOS AMBIENTAIS E ANTRÓPICOS (MODEL FINAL - EXCLUÍDO VARIÁVEIS NÃO SIGNIFICATIVAS) PARA TARTARUGAS MARINHAS REGISTRADOS PELO PMP-BS ENTRE 2017 E 2023. ....	74
TABELA 5.2-3 – RESULTADOS DA ANÁLISE DE REDUNDÂNCIA PARA OS DADOS AMBIENTAIS E ANTRÓPICOS (MODEL FINAL - EXCLUÍDO VARIÁVEIS NÃO SIGNIFICATIVAS) PARA MAMÍFEROS REGISTRADOS PELO PMP-BS ENTRE 2017 E 2023. ....	81
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.....	88
TABELA 5.2-5 - RESULTADOS DA ANÁLISE DE MODELOS LINEARES GENERALIZADOS (GLM) PARA O ÍNDICE DE SAÚDE DE AVES ENTRE 2017 E 2024, INCLUINDO ANIMAIS QUE PASSARAM POR TRATAMENTO VETERINÁRIO. “G.L.” – GRAUS DE LIBERDADE. ....	95
TABELA 5.2-6 - RESULTADOS DA ANÁLISE DE MODELOS LINEARES GENERALIZADOS (GLM) PARA O ÍNDICE DE SAÚDE DE AVES, EXCLUINDO PINGUINS-DE-MAGALHÃES. “G.L.” – GRAUS DE LIBERDADE. ....	98
TABELA 5.2-7 - RESULTADOS DA ANÁLISE DE MODELOS LINEARES GENERALIZADOS (GLM) PARA O ÍNDICE DE SAÚDE DE TARTARUGAS ENTRE 2017 E 2024. “G.L.” – GRAUS DE LIBERDADE. ....	101
TABELA 5.2-8 - RESULTADOS DA ANÁLISE DE MODELOS LINEARES GENERALIZADOS (GLM) PARA O ÍNDICE DE SAÚDE DE TARTARUGAS MARINHAS INCLUINDO A IDADE COMO FATOR. “G.L.” – GRAUS DE LIBERDADE. ....	105
TABELA 5.2-9 - RESULTADOS DA ANÁLISE DE MODELOS LINEARES GENERALIZADOS (GLM) PARA O ÍNDICE DE SAÚDE DE MAMÍFEROS MARINHOS ENTRE 2017 E 2024. “G.L.” – GRAUS DE LIBERDADE.....	107
TABELA 5.2-10 - RESULTADOS DA ANÁLISE DE MODELOS LINEARES GENERALIZADOS (GLM) PARA O ÍNDICE DE SAÚDE DE MAMÍFEROS MARINHOS ENTRE 2017 E 2024, INCLUINDO A IDADE COMO FATOR. “G.L.” – GRAUS DE LIBERDADE.....	111
TABELA 5.2-11 – RESUMO DAS ANÁLISES DE GLM PARA OCORRÊNCIA DE INTERAÇÕES ANTRÓPICAS E FATORES ESPAÇO-TEMPORAIS, INDICANDO OS FATORES SELECIONADOS PARA O MODELO FINAL. “-” INDICA AUSÊNCIA DE AMOSTRA POR NÍVEL DE FATORES, IMPOSSIBILITANDO A ANÁLISE. ....	113
TABELA 5.2-12 – VALORES DE P DA ANOVA PARA OS DIFERENTES FATORES SELECIONADOS NOS MODELOS FINAIS DAS ANÁLISES DE INTERAÇÕES ANTRÓPICAS COM AVES. ....	114
TABELA 5.2-13 – VALORES DE P DA ANOVA PARA OS DIFERENTES FATORES SELECIONADOS NOS MODELOS FINAIS DAS ANÁLISES DE INTERAÇÕES ANTRÓPICAS COM TARTARUGAS. “N.S.” – NÃO SIGNIFICATIVA. ....	117
TABELA 5.2-14 – VALORES DE P DA ANOVA PARA OS DIFERENTES FATORES SELECIONADOS NOS MODELOS FINAIS DAS ANÁLISES DE INTERAÇÕES ANTRÓPICAS COM MAMÍFEROS. “N.S.” – NÃO SIGNIFICATIVA. ....	121
TABELA 6.2-1 – EQUIPAMENTOS E CONDIÇÕES UTILIZADAS PELO LABMAM DA PUC-RIO PARA ANÁLISE DE HPA EM TCA E TCH DE TETRÁPODES MARINHOS ORIUNDOS DO PMP-BS. ....	145

TABELA 6.2-2 – EQUIPAMENTOS E CONDIÇÕES UTILIZADAS PELO LABMAM DA PUC-RIO PARA ANÁLISE DE PCBs E PBDEs EM TCA E TCH DE TETRÁPODES MARINHOS ORIUNDOS DO PMP-BS. ....	147
TABELA 6.2-3 – EQUIPAMENTOS E CONDIÇÕES UTILIZADAS PELO LABMAM DA PUC-RIO PARA ANÁLISE DE PESTICIDAS EM TCA E TCH DE TETRÁPODES MARINHOS ORIUNDOS DO PMP-BS. ....	148
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 2024 PELO PMP-BS. ....	150
TABELA 6.3-2 – RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE HPAS (NG G <sup>-1</sup> P.U.) – MÉDIA, DESVIO-PADRÃO, MEDIANA, MÍNIMO, MÁXIMO E PERCENTUAL DE AMOSTRAS ACIMA DO LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO (%<LQ)– DE HPAS EM TCH PARA AS AMOSTRAS DE AVES, MAMMALIA E REPTILIA ANALISADAS NO ANO DE 2024 PELO PMP-BS. ....	155
TABELA 6.3-3 – RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE HPAS (NG G <sup>-1</sup> P.U.) – MÉDIA, DESVIO-PADRÃO, MEDIANA, MÍNIMO , MÁXIMO ) E PERCENTUAL DE AMOSTRAS ACIMA DO LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO (%<LQ) DE HPAS EM TCA PARA AS AMOSTRAS DE AVES, MAMMALIA E REPTILIA ANALISADAS NO ANO DE 2024 PELO PMP-BS. ....	156
TABELA 6.3-4 – RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE PCBs (NG G <sup>-1</sup> P.U.) – MÉDIA, DESVIO-PADRÃO, MÍNIMO, MÁXIMO E PERCENTUAL DE AMOSTRAS ACIMA DO LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO (%<LQ), DE PCBs EM TCH PARA AS AMOSTRAS DE AVES, MAMMALIA E REPTILIA ANALISADAS NO ANO DE 2024 PELO PMP-BS. ....	168
TABELA 6.3-5 - RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE PCBs (NG G <sup>-1</sup> P.U.) – MÉDIA, DESVIO-PADRÃO, MÍNIMO, MÁXIMO E PERCENTUAL DE AMOSTRAS ACIMA DO LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO (%<LQ), DE PCBs EM TCA PARA AS AMOSTRAS DE AVES, MAMMALIA E REPTILIA ANALISADAS NO ANO DE 2024 PELO PMP-BS. ....	169
TABELA 6.3-6 – RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE PBDEs (NG G <sup>-1</sup> P.U) – MÉDIA, DESVIO-PADRÃO, MÍNIMO, MÁXIMO E PERCENTUAL DE AMOSTRAS ACIMA DO LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO (%<LQ),– DE PBDEs EM TCH PARA AS AMOSTRAS DE AVES, MAMMALIA E REPTILIA ANALISADAS NO ANO DE 2024 PELO PMP-BS. ....	175
TABELA 6.3-7 – RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE PBDEs (NG G <sup>-1</sup> P.U.) – MÉDIA, DESVIO-PADRÃO, MEDIANA, MÍNIMO, MÁXIMO E PERCENTUAL DE AMOSTRAS ACIMA DO LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO (%<LQ) – DE PBDEs EM TCA PARA AS AMOSTRAS DE AVES, MAMMALIA E REPTILIA ANALISADAS NO ANO DE 2024 PELO PMP-BS. ....	176
TABELA 6.3-8 – RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE ΣDDTs (NG G <sup>-1</sup> ) – MÉDIA, DESVIO-PADRÃO, MEDIANA, MÍNIMO, MÁXIMO E PERCENTUAL DE AMOSTRAS ACIMA DO LIMITE DE LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO (% >LQ) , DE DDTs EM TCH PARA AS AMOSTRAS DE AVES, MAMMALIA E REPTILIA ANALISADAS NO ANO DE 2024 PELO PMP-BS. ....	180
TABELA 6.3-9 – RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE ΣDDTs (NG G <sup>-1</sup> ) – MÉDIA, DESVIO-PADRÃO, MÍNIMO, MÁXIMO E PERCENTUAL DE AMOSTRAS ACIMA DO LIMITE DE LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO (% >LQ), DE DDTs EM TCA PARA AS AMOSTRAS DE AVES, MAMMALIA E REPTILIA ANALISADAS NO ANO DE 2024 PELO PMP-BS. ....	182
TABELA 6.3-10 – RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE DRINS TOTAIS (NG G <sup>-1</sup> ) – MÉDIA, DESVIO-PADRÃO, MÍNIMO, MÁXIMO ) E PERCENTUAL DE AMOSTRAS ACIMA DO LIMITE DE LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO (% >LQ) – DE DRINS EM TCH PARA AS AMOSTRAS DE AVES, MAMMALIA E REPTILIA ANALISADAS NO ANO DE 2024 PELO PMP-BS. ....	182
TABELA 6.3-11 – RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE DRINS TOTAIS (NG G-1) – MÉDIA, DESVIO-PADRÃO, MÍNIMO, MÁXIMO E PERCENTUAL DE AMOSTRAS ACIMA DO LIMITE DE LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO (% >LQ) – DE DRINS EM TCA PARA AS AMOSTRAS DE AVES, MAMMALIA E REPTILIA ANALISADAS NO ANO DE 2024 PELO PMP-BS. ....	184
TABELA 6.3-12 – RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE CLORDANAS TOTAIS (NG G <sup>-1</sup> P.U.) – MÉDIA, DESVIO-PADRÃO, MÍNIMO, MÁXIMO E PERCENTUAL DE AMOSTRAS ACIMA DO LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO (%<LQ) – , DE CLORDANAS EM TCH PARA AS AMOSTRAS DE AVES, MAMMALIA E REPTILIA ANALISADAS NO ANO DE 2024 PELO PMP-BS. ....	184

TABELA 6.3-13 – RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE CLORDANAS TOTAIS (NG G <sup>-1</sup> P.U.) – MÉDIA, DESVIO-PADRÃO, MÍNIMO, MÁXIMO E PERCENTUAL DE AMOSTRAS ACIMA DO LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO (%<LQ) – DE CLORDANAS EM TCA PARA AS AMOSTRAS DE AVES, MAMMALIA E REPTILIA ANALISADAS NO ANO DE 2024 PELO PMP-BS. ....	186
TABELA 6.3-14 – RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE ΣENDOSULFANS (NG G <sup>-1</sup> P.U.) – MÉDIA, DESVIO-PADRÃO, MÍNIMO, MÁXIMO E PERCENTUAL DE AMOSTRAS ACIMA DO LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO (%<LQ) – , DE ENDOSULFANS EM TCH PARA AS AMOSTRAS DE AVES, MAMMALIA E REPTILIA ANALISADAS NO ANO DE 2024 PELO PMP-BS. ....	186
TABELA 6.3-15 – RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE ΣENDOSULFANS (NG G-1 P.U.) – MÉDIA, DESVIO-PADRÃO, MÍNIMO, MÁXIMO E PERCENTUAL DE AMOSTRAS ACIMA DO LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO (%<LQ) – DE ENDOSULFANS EM TCA PARA AS AMOSTRAS DE AVES, MAMMALIA E REPTILIA ANALISADAS NO ANO DE 2024 PELO PMP-BS. ....	187
TABELA 6.3-16 – RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE ΣMETOXICLORO (NG G <sup>-1</sup> P.U.) – MÉDIA, DESVIO-PADRÃO, MÍNIMO), MÁXIMO E PERCENTUAL DE AMOSTRAS ACIMA DO LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO (%<LQ) – DE METOXICLORO EM TCH PARA AS AMOSTRAS DE AVES, MAMMALIA E REPTILIA ANALISADAS NO ANO DE 2024 PELO PMP-BS. ....	188
TABELA 6.3-17 – RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE ΣMETOXICLORO (NG G-1 P.U.) –MÉDIA, DESVIO-PADRÃO, MÍNIMO, MÁXIMO E PERCENTUAL DE AMOSTRAS ACIMA DO LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO (%<LQ) – DE METOXICLORO EM TCA PARA AS AMOSTRAS DE AVES, MAMMALIA E REPTILIA ANALISADAS NO ANO DE 2024 PELO PMP-BS. ....	189
TABELA 6.3-18 – RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE ΣMIREX (NG G <sup>-1</sup> P.U.) – MÉDIA, DESVIO-PADRÃO, MÍNIMO, MÁXIMO E PERCENTUAL DE AMOSTRAS ACIMA DO LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO (%<LQ) – DE MIREX EM TCH PARA AS AMOSTRAS DE AVES, MAMMALIA E REPTILIA ANALISADAS NO ANO DE 2024 PELO PMP-BS. ....	190
TABELA 6.3-19 – RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE ΣMIREX (NG G <sup>-1</sup> P.U.) – MÉDIA, DESVIO-PADRÃO, MÍNIMO, MÁXIMO E PERCENTUAL DE AMOSTRAS ACIMA DO LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO (%<LQ) – DE MIREX EM TCA PARA AS AMOSTRAS DE AVES, MAMMALIA E REPTILIA ANALISADAS NO ANO DE 2024 PELO PMP-BS. ....	191
TABELA 6.4-1 – CONCENTRAÇÃO MÉDIA, DESVIO-PADRÃO, MEDIANA, PERCENTUAL DE AMOSTRAS COM COMPOSTOS QUANTIFICÁVEIS (%>LQ), MÍNIMO E MÁXIMO PARA Σ37HPAS EM AMOSTRAS DE TCH NAS 51 ESPÉCIES DE AVES ANALISADAS ENTRE 2016 E 2024 PELO PMP-BS. ....	196
TABELA 6.4-2 – CONCENTRAÇÃO MÉDIA, DESVIO-PADRÃO (DP), MEDIANA (MED.) E PERCENTUAL DE AMOSTRAS COM COMPOSTOS QUANTIFICÁVEIS (%>LQ) PARA Σ37HPAS EM AMOSTRAS DE TCA NAS ESPÉCIES DE AVES ANALISADAS ENTRE 2016 E 2024 PELO PMP-BS. ....	201
TABELA 6.4-3 – CONCENTRAÇÃO MÉDIA, DESVIO-PADRÃO, MEDIANA, PERCENTUAL DE AMOSTRAS COM COMPOSTOS QUANTIFICÁVEIS (%>LQ), MÍNIMO E MÁXIMO PARA Σ37HPAS EM AMOSTRAS DE TCH NAS 24 ESPÉCIES DE MAMMALIA ANALISADAS ENTRE 2016 E 2024 PELO PMP-BS. ....	204
TABELA 6.4-4 – CONCENTRAÇÃO MÉDIA, DESVIO-PADRÃO, MEDIANA, PERCENTUAL DE AMOSTRAS COM COMPOSTOS QUANTIFICÁVEIS (%>LQ), MÍNIMO E MÁXIMO PARA Σ37HPAS EM AMOSTRAS DE TCA NAS ESPÉCIES DE MAMMALIA ANALISADAS ENTRE 2016 E 2024 PELO PMP-BS. ....	207
TABELA 6.4-5 – CONCENTRAÇÃO MÉDIA, DESVIO-PADRÃO (DP), MEDIANA, PERCENTUAL DE AMOSTRAS COM COMPOSTOS QUANTIFICÁVEIS (%>LQ), MÍNIMO E MÁXIMO PARA Σ37HPAS EM AMOSTRAS DE TCH NAS ESPÉCIES DE REPTILIA ANALISADAS ENTRE 2016 E 2024 PELO PMP-BS. ....	210
TABELA 6.4-6 – CONCENTRAÇÃO MÉDIA, DESVIO-PADRÃO (DP), MEDIANA, PERCENTUAL DE AMOSTRAS COM COMPOSTOS QUANTIFICÁVEIS (%>LQ), MÍNIMO E MÁXIMO PARA Σ37HPAS EM AMOSTRAS DE TCA NAS ESPÉCIES DE REPTILIA ANALISADAS ENTRE 2016 E 2024 PELO PMP-BS. ....	213
TABELA 7.1-1 – CONCENTRAÇÕES MÍNIMAS E MÁXIMAS DE ELEMENTOS-TRAÇO (µG G <sup>-1</sup> ), EM PESO SECO, EM TECIDO HEPÁTICO DE CETÁCEOS, QUELÔNIOS E AVES MARINHAS (MENEGÁRIO ET AL., 2017). ..	242

TABELA 7.2-1 – NÚMERO DE AMOSTRAS RECEBIDAS E ANALISADAS QUANTO AOS ELEMENTOS TRAÇO EM 2024, POR ÁREA DO PMP-BS, OS NÚMEROS ENTRE PARÊNTESES REPRESENTAM O QUANTITATIVO RECEBIDO PELA PUC-RIO. ....	244
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%). ....	248
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%). ....	250
TABELA 7.2-4 – LIMITE DE DETECÇÃO E LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO (PESO SECO – MG KG <sup>-1</sup> ) ESTABELECIDOS PARA A DETERMINAÇÃO DOS ANALITOS. ....	251
TABELA 7.2-5 – FREQUÊNCIA POR ESPÉCIE COM AMOSTRAS COLETADAS PARA ANÁLISE DE ELEMENTOS TRAÇO NO PERÍODO DE REFERÊNCIA (JAN.-DEZ./2024). ....	253
TABELA 7.2-6 – FREQUÊNCIA POR LOCALIZAÇÃO DE INDIVÍDUOS QUE TIVERAM AMOSTRAS ANALISADAS DE ELEMENTOS TRAÇO NO PERÍODO DE REFERÊNCIA (JAN.-DEZ./2024). ....	254
TABELA 7.2-7 – FREQUÊNCIA POR ESTÁGIO DO DESENVOLVIMENTO DOS INDIVÍDUOS QUE TIVERAM AMOSTRAS ANALISADAS DE ELEMENTOS TRAÇO NO PERÍODO DE REFERÊNCIA (JAN.-DEZ./2024). ...	254
TABELA 7.2-8 – FREQUÊNCIA POR SEXO DE INDIVÍDUOS QUE TIVERAM AMOSTRAS ANALISADAS DE ELEMENTOS TRAÇO NO PERÍODO DE REFERÊNCIA (JAN.-DEZ./2024). ....	254
TABELA 7.3-1 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA SPHENISCUS MAGELLANICUS DOS ELEMENTOS-TRAÇO (N = 268) NO ANO DE 2024, CONSIDERANDO O CRITÉRIO LD / 2 PARA VALORES ABAIXO DO LD. ....	256
TABELA 7.3-2 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA LARUS DOMINICANUS DOS ELEMENTOS-TRAÇO (N = 38) NO ANO DE 2024, CONSIDERANDO O CRITÉRIO LD / 2 PARA VALORES ABAIXO DO LD. ....	256
TABELA 7.3-3 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA PHALACROCORAX BRASILIENSIS DOS ELEMENTOS-TRAÇO (N = 24) NO ANO DE 2024, CONSIDERANDO O CRITÉRIO LD / 2 PARA VALORES ABAIXO DO LD. ....	257
TABELA 7.3-4 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA SULA LEUCOGASTER DOS ELEMENTOS-TRAÇO (N = 19) NO ANO DE 2024, CONSIDERANDO O CRITÉRIO LD / 2 PARA VALORES ABAIXO DO LD. ....	258
TABELA 7.3-5 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA CHELONIA MYDAS DOS ELEMENTOS-TRAÇO (N = 122) NO ANO DE 2024, CONSIDERANDO O CRITÉRIO LD / 2 PARA VALORES ABAIXO DO LD. ....	267
TABELA 7.3-6 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA CARETTA CARETTA DOS ELEMENTOS-TRAÇO (N = 11) NO ANO DE 2024, CONSIDERANDO O CRITÉRIO LD / 2 PARA VALORES ABAIXO DO LD. ....	267
TABELA 7.3-7 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA SOTALIA GUIANENSIS DOS ELEMENTOS-TRAÇO (N = 13) NO ANO DE 2024, CONSIDERANDO O CRITÉRIO LD / 2 PARA VALORES ABAIXO DO LD. ....	275
TABELA 7.3-8 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA PONTOPORIA BLAINVILLEI DOS ELEMENTOS-TRAÇO (N = 27) NO ANO DE 2024, CONSIDERANDO O CRITÉRIO LD / 2 PARA VALORES ABAIXO DO LD. ....	276
TABELA 7.3-9 – FREQUÊNCIA DE SEXO PARA AVES MARINHAS NAS AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2024. ....	281
TABELA 7.3-10 – FREQUÊNCIA DE SEXO PARA MAMÍFEROS MARINHOS NAS AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2024. ....	281
TABELA 7.3-11 – FREQUÊNCIA DE SEXO PARA TARTARUGAS-MARINHAS NAS AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2024. ....	281
TABELA 7.3-12 – 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 <sub>CRIT</sub> = 1,96, VALORES POSITIVOS SIGNIFICAM FÊMEA>MACHO), DAS AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2024. ....	282
TABELA 7.3-13 – 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 2024. ....	283
TABELA 7.3-14 – 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 2024. ....	284
TABELA 7.3-15 – FREQUÊNCIA DE ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO PARA AVES MARINHAS NAS AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2024. ....	285
TABELA 7.3-16 – FREQUÊNCIA DE ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO PARA MAMÍFEROS MARINHOS NAS AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2024. ....	285
TABELA 7.3-17 – FREQUÊNCIA DE ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO PARA TARTARUGAS-MARINHAS NAS AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2024. ....	285
TABELA 7.3-18 – 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 $Z_{CRIT} = 1,96$ , ADULTO>JOVEM), DAS AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2024. ....	286
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 2024. ....	287
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 2024. ....	287
TABELA 7.3-21 – FREQUÊNCIA DE LOCAL PARA SPHENISCUS MAGELLANICUS NAS AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2024. ....	288
TABELA 7.3-22 – FREQUÊNCIA DE LOCAL PARA A ESPÉCIE PONTOPORIA BLAINVILLEI NAS AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2024. ....	289
TABELA 7.3-23 – FREQUÊNCIA DE LOCAL PARA CHELONIA MYDAS, NAS AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2024. ....	289
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 2024. ....	291
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 2024. ....	291
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 2024. ....	292
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 2024. ....	292
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 2024. ....	293
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 2024. ....	293
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 2024. ....	294
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 2024. ....	294
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 2024. ....	295
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 2024. ....	295
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 2024. ....	296
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 2024. ....	296
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 2024. ....	297
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 2024. ....	297
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 2024. ....	298
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 2024. ....	298
TABELA 7.3-40 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA CROMO NOS INDIVÍDUOS DE SPHENISCUS MAGELLANICUS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (VALORES EM MG/KG), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2024. ....	299
TABELA 7.3-41 – TESTE COMPARATIVO PARA AS MÉDIAS GEOMÉTRICAS DE CROMO 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 2024. ....	299
TABELA 7.3-42 – 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 2024. ....	300
TABELA 7.3-43 – 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 2024. ....	300
TABELA 7.3-44 – 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 2024. ....	301
TABELA 7.3-45 – 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 2024. ....	301
TABELA 7.3-46 – 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 2024. ....	301
TABELA 7.3-47 – 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 2024. ....	302
TABELA 7.3-48 – 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 2024. ....	302
TABELA 7.3-49 – 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 2024. ....	303
TABELA 7.3-50 – 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 2024. ....	303
TABELA 7.3-51 – 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 2024. ....	303
TABELA 7.3-52 – 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 2024. ....	304
TABELA 7.3-53 – 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 2024. ....	304
TABELA 7.3-54 – 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 2024. ....	305
TABELA 7.3-55 – 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 2024. ....	305
TABELA 7.3-56 – 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 2024. ....	305
TABELA 7.3-57 – 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 2024. ....	306
TABELA 7.3-58 – 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 2024. ....	306
TABELA 7.3-59 – 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 2024. ....	307
TABELA 7.3-60 – 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 2024. ....	307
TABELA 7.3-61 – 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 2024. ....	308
TABELA 7.3-62 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA CROMO NOS INDIVÍDUOS DE CHELONIA MYDAS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (VALORES EM MG/KG), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2024. ....	308
TABELA 7.3-63 – TESTE COMPARATIVO PARA AS MÉDIAS GEOMÉTRICAS DE CROMO 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 2024. ....	308
TABELA 7.3-64 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA BÁRIO NOS INDIVÍDUOS DE CHELONIA MYDAS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (VALORES EM MG/KG), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2024. ....	309
TABELA 7.3-65 – TESTE COMPARATIVO PARA AS MÉDIAS GEOMÉTRICAS DE BÁRIO 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 2024. ....	309
TABELA 7.3-66 – 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 2024. ....	310
TABELA 7.3-67 – 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 2024. ....	310
TABELA 7.3-68 – 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 2024. ....	310
TABELA 7.3-69 – 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 2024. ....	310
TABELA 7.3-70 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA MANGANÊS NOS INDIVÍDUOS DE PONTOPORIA BLAINVILLEI NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (VALORES EM MG/KG), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS .....	311
TABELA 7.3-71 – 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 2024. ....	311
TABELA 7.3-72 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA MOLIBDÊNIO NOS INDIVÍDUOS DE PONTOPORIA BLAINVILLEI NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (VALORES EM MG/KG), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS .....	311
TABELA 7.3-73 – 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 2024. ....	311
TABELA 7.3-74 – 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 .....	311
TABELA 7.3-75 – 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 2024. ....	312
TABELA 7.3-76 – 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 .....	312
TABELA 7.3-77 – 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 2024. ....	312
TABELA 7.3-78 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA CADMIO NOS INDIVÍDUOS DE PONTOPORIA BLAINVILLEI NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (VALORES EM MG/KG), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO .....	312
TABELA 7.3-79 – TESTE COMPARATIVO PARA AS MÉDIAS GEOMÉTRICAS DE CADMIO 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 2024. ....	312
TABELA 7.3-80 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA CROMO NOS INDIVÍDUOS DE PONTOPORIA BLAINVILLEI NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (VALORES EM MG/KG), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2024. ....	313
TABELA 7.3-81 – TESTE COMPARATIVO PARA AS MÉDIAS GEOMÉTRICAS DE CROMO 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 2024. ....	313
TABELA 7.3-82 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA VANÁDIO NOS INDIVÍDUOS DE PONTOPORIA BLAINVILLEI NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (VALORES EM MG/KG), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2024. ....	313
TABELA 7.3-83 – TESTE COMPARATIVO PARA AS MÉDIAS GEOMÉTRICAS DE VANÁDIO 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 2024. ....	313
TABELA 7.3-84 – 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. ....	314

TABELA 7.3-85 – 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 ( $>LD$ , $n \geq 4$ ).....	319
TABELA 7.3-86 – 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 ( $>LD$ , $n \geq 4$ ). ....	324
TABELA 7.3-87 – 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 ( $>LD$ , $n \geq 4$ ). ....	329
TABELA 7.3-88 – 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 ( $>LD$ , $n \geq 4$ ).....	335
TABELA 7.3-89 – 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 ( $>LD$ , $n \geq 4$ ). ....	339
TABELA 7.4-1 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ( $MG\ KG^{-1}$ ) DE ELEMENTOS-TRAÇO RELATADOS PARA PONTOPORIA BLAINVILLEI. ....	355
TABELA 7.4-2 – CONCENTRAÇÕES ( $MG\ KG^{-1}$ ) DE ELEMENTOS-TRAÇO RELATADOS PARA SOTALIA GUIANENSIS. ....	358

## 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).....	35
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). ....	38
FIGURA 5.1-3 – MAPAS DA MÉDIA DA INTENSIDADE DE TRÁFEGO DE EMBARCAÇÕES PARA TODO O PERÍODO DE JANEIRO A DEZEMBRO DE 2024: (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.....	44
FIGURA 5.1-7 – CORRELOGRAMA ENTRE OS VALORES MÉDIOS PARA 2024, 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 2024 DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS E ANTRÓPICAS ESTRATIFICADAS POR PROFUNDIDADE, UTILIZADAS NA RDA. TONS DE VERMELHO INDICAM CORRELAÇÃO POSITIVA, TONS DE ROXO CORRELAÇÃO NEGATIVA.....	48
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. ....	53
FIGURA 5.2-2 – MAPA DE CALOR DA QUANTIDADE DE EXEMPLARES DE AVES REGISTRADAS POR TRIMESTRE (PERÍODO DE 2017 A 2024), (A) INCLUINDO PINGUINS-DE-MAGALHÃES (SPHENISCUS MAGELLANICUS), E (B) SEM INCLUIR ESTA ESPÉCIE. ....	55
FIGURA 5.2-3 – MAPA DE CALOR DA QUANTIDADE DE EXEMPLARES DE AVES REGISTRADAS POR MESORREGIÃO (PERÍODO DE 2017 A 2024), (A) INCLUINDO PINGUINS-DE-MAGALHÃES (SPHENISCUS MAGELLANICUS), E (B) SEM INCLUIR ESTA ESPÉCIE. MESORREGIÕES ORDENADAS DE SUL (ESQUERDA) PARA NORTE (DIREITA). ....	57
FIGURA 5.2-4 – MAPA DE CALOR DA QUANTIDADE DE EXEMPLARES DE MAMÍFEROS REGISTRADOS POR (A) ANO E (B) TRIMESTRE.....	60
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). ....	62
FIGURA 5.2-6 – MAPA DE CALOR DA QUANTIDADE DE EXEMPLARES DE TARTARUGAS MARINHAS REGISTRADAS POR (A) ANO E (B) TRIMESTRE. ....	64
FIGURA 5.2-7 – MAPA DE CALOR DA QUANTIDADE DE EXEMPLARES DE TARTARUGAS MARINHAS REGISTRADAS POR MESORREGIÃO (PERÍODO DE 2017 A 2023). ....	66

FIGURA 5.2-8 – RESULTADOS DA RDA PARA AVES: VARIÁVEIS AMBIENTAIS SIGNIFICATIVAS. NENHUMA VARIÁVEL ANTRÓPICA APRESENTOU SIGNIFICÂNCIA NA ANÁLISE. ....	69
FIGURA 5.2-9 – RESULTADOS DA RDA PARA AVES: MESORREGIÕES. ....	70
FIGURA 5.2-10 – RESULTADOS DA RDA PARA AVES: TRIMESTRES. ....	71
FIGURA 5.2-11 – RESULTADOS DA RDA PARA AVES: ANOS. ....	72
FIGURA 5.2-12 – RESULTADOS DA RDA PARA AVES: ESPÉCIES. ....	73
FIGURA 5.2-13 – RESULTADOS DA RDA PARA TARTARUGAS MARINHAS: VARIÁVEIS AMBIENTAIS SIGNIFICATIVAS. NENHUMA VARIÁVEL ANTRÓPICA APRESENTOU SIGNIFICÂNCIA NA ANÁLISE. ....	76
FIGURA 5.2-14 – RESULTADOS DA RDA PARA TARTARUGAS MARINHAS: MESORREGIÕES. ....	77
FIGURA 5.2-15 – RESULTADOS DA RDA PARA TARTARUGAS MARINHAS: TRIMESTRES. ....	78
FIGURA 5.2-16 – RESULTADOS DA RDA PARA TARTARUGAS MARINHAS: ANOS. ....	79
FIGURA 5.2-17 – RESULTADOS DA RDA PARA TARTARUGAS MARINHAS: ESPÉCIES. ....	80
FIGURA 5.2-18 – RESULTADOS DA RDA PARA MAMÍFEROS: VARIÁVEIS AMBIENTAIS SIGNIFICATIVAS. NENHUMA VARIÁVEL ANTRÓPICA APRESENTOU SIGNIFICÂNCIA NA ANÁLISE. ....	83
FIGURA 5.2-19 – RESULTADOS DA RDA PARA MAMÍFEROS: MESORREGIÕES. ....	84
FIGURA 5.2-20 – RESULTADOS DA RDA PARA MAMÍFEROS: TRIMESTRES. ....	85
FIGURA 5.2-21 – RESULTADOS DA RDA PARA MAMÍFEROS: ANOS. ....	86
FIGURA 5.2-22 – RESULTADOS DA RDA PARA MAMÍFEROS: ESPÉCIES. ....	87
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. ....	92
FIGURA 5.2-24 – DISTRIBUIÇÃO DE RESÍDUOS DAS ANÁLISES DO GLM DE AVES MARINHAS. ....	95
FIGURA 5.2-25 – ANÁLISE DE GLM DO ÍNDICE DE SAÚDE PARA TODAS AS AVES, ENTRE OS ANOS DE 2017 E 2024, EM TODAS AS MESORREGIÕES DO PMP-BS. ....	97
FIGURA 5.2-26 - ANÁLISE DE GLM DO ÍNDICE DE SAÚDE PARA AVES, EXCLUINDO PINGUINS-DE-MAGALHÃES, ENTRE OS ANOS DE 2017 E 2024 EM TODAS AS MESORREGIÕES DO PMP-BS. ....	99
FIGURA 5.2-27 – DISTRIBUIÇÃO DE RESÍDUOS DAS ANÁLISES DO GLM DE TARTARUGAS. ....	101
FIGURA 5.2-28 – ANÁLISE DE GLM DO ÍNDICE DE SAÚDE PARA TARTARUGAS MARINHAS, ENTRE OS ANOS DE 2017 E 2024 EM TODAS AS MESORREGIÕES DO PMP-BS. ....	104
FIGURA 5.2-29 - ANÁLISE DE GLM DO ÍNDICE DE SAÚDE PARA TARTARUGAS MARINHAS, INCLUINDO A IDADE COMO FATOR, ENTRE OS ANOS DE 2017 E 2024 EM TODAS AS MESORREGIÕES DO PMP-BS. ....	106
FIGURA 5.2-30 –DISTRIBUIÇÃO DE RESÍDUOS DAS ANÁLISES DE GLM DE MAMÍFEROS MARINHOS. ....	107
FIGURA 5.2-31 – ANÁLISE DE GLM DO ÍNDICE DE SAÚDE PARA MAMÍFEROS MARINHOS, ENTRE OS ANOS DE 2017 E 2024 EM TODAS AS MESORREGIÕES DO PMP-BS. ....	109
FIGURA 5.2-32 – ANÁLISE DE GLM DO ÍNDICE DE SAÚDE PARA MAMÍFEROS MARINHOS, ENTRE OS ANOS DE 2017 E 2024 EM TODAS AS MESORREGIÕES DO PMP-BS, INCLUINDO A IDADE COMO FATOR. ....	112
FIGURA 5.2-33 - RESULTADOS DOS EFEITOS ESTIMADOS PARA OS DIFERENTES FATORES, GERADOS PELA ANÁLISE GLM DA INTERAÇÃO COM AGRESSÃO/VANDALISMO/CAÇA EM AVES. ....	115
FIGURA 5.2-34 - RESULTADOS DOS EFEITOS ESTIMADOS PARA OS DIFERENTES FATORES GERADOS PELA ANÁLISE GLM DA INTERAÇÃO COM LIXO EM AVES. ....	116
FIGURA 5.2-35 - RESULTADOS DOS EFEITOS ESTIMADOS PARA OS DIFERENTES FATORES GERADOS PELA ANÁLISE GLM DA INTERAÇÃO COM PESCA EM AVES. ....	117

FIGURA 5.2-36 - RESULTADOS DOS EFEITOS ESTIMADOS PARA OS DIFERENTES FATORES, GERADOS PELA ANÁLISE GLM DA INTERAÇÃO COM PESCA EM TARTARUGAS. ....	118
FIGURA 5.2-37 - RESULTADOS DOS EFEITOS ESTIMADOS PARA OS DIFERENTES FATORES, GERADOS PELA ANÁLISE GLM DA INTERAÇÃO COM EMBARCAÇÕES EM TARTARUGAS. ....	120
FIGURA 5.2-38 - RESULTADOS DOS EFEITOS ESTIMADOS PARA OS DIFERENTES FATORES, GERADOS PELA ANÁLISE GLM DA INTERAÇÃO COM LIXO EM TARTARUGAS. ....	121
FIGURA 5.2-39 - RESULTADOS DOS EFEITOS ESTIMADOS PARA OS DIFERENTES FATORES, GERADOS PELA ANÁLISE GLM DA INTERAÇÃO COM A PESCA EM MAMÍFEROS. ....	122
FIGURA 5.2-40 - RESULTADOS DOS EFEITOS ESTIMADOS PARA OS DIFERENTES FATORES, GERADOS PELA ANÁLISE GLM DA INTERAÇÃO DE AGRESSÃO/VANDALISMO/CAÇA EM MAMÍFEROS. ....	123
FIGURA 5.2-41 - RESULTADOS DOS EFEITOS ESTIMADOS PARA OS DIFERENTES FATORES, GERADOS PELA ANÁLISE GLM DA INTERAÇÃO COM LIXO EM MAMÍFEROS. ....	124
FIGURA 6.3-1 - DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DOS HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPAs) POR NÚMERO DE ANÉIS NAS TRÊS CLASSES DE TETRÁPODES (AVES, MAMÍFEROS MARINHOS E RÉPTEIS) ANALISADAS NAS DIFERENTES MESORREGIÕES COSTEIRAS DO PMP-BS EM 2024. ....	154
FIGURA 6.3-2 - HISTOGRAMA DE OCORRÊNCIA DE HPAs NO TCH DOS 284 INDIVÍDUOS DE SPHENISCUS MAGELLANICUS (PINGUIM-DE-MAGALHÃES) ANALISADOS NO ANO DE 2024 PELO PMP-BS. ....	158
FIGURA 6.3-3 - HISTOGRAMA DE OCORRÊNCIA DE HPAs NO TCH PARA O CONJUNTO DE TRÊS INDIVÍDUOS DE SOTALIA GUIANENSIS (BOTO-CINZA) ENTRE OS 28 INDIVÍDUOS COLETADOS NO ANO DE 2024 PELO PMP-BS. VALORES MEDIANOS (BARRAS), 1º E 3º PERCENTIS (CAIXAS), MIN/MÁX. (TRAÇOS) E EXTREMOS (PONTOS). ....	160
FIGURA 6.3-4 - HISTOGRAMA DE OCORRÊNCIA DE HPAs NO TCH PARA 61 AMOSTRAS DE CHELONIA MYDAS (TARTARUGA-VERDE) COLETADAS ENTRE SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2024 PELO PMP-BS. ....	162
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 2016-2024 E (II) POR CLASSE APENAS PARA O ANO DE 2024. ....	193
FIGURA 6.4-2 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA MÉDIA DE $\Sigma 37\text{HPA}$ ( $\text{NG} \cdot \text{G}^{-1}$ ) EM AVES AO LONGO DO PMP-BS (2016–2024). (A) VARIAÇÃO ANUAL DA MÉDIA POR MESORREGIÃO. (B) HEATMAP COM AS MÉDIAS ANUAIS DE $\Sigma 37\text{HPA}$ POR MESORREGIÃO. CÉLULAS VERDES SEM VALOR NUMÉRICO CORRESPONDEM A CONCENTRAÇÕES INFERIORES AO LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO (<LQ). ....	199
FIGURA 6.4-3 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA MÉDIA DE $\Sigma 38\text{HPA}$ ( $\text{NG} \cdot \text{G}^{-1}$ ) EM AVES AO LONGO DO PMP-BS (2016–2024). (A) VARIAÇÃO ANUAL DA MÉDIA POR MESORREGIÃO. (B) HEATMAP COM AS MÉDIAS ANUAIS DE $\Sigma 37\text{HPA}$ POR MESORREGIÃO. CÉLULAS VERDES SEM VALOR NUMÉRICO CORRESPONDEM A CONCENTRAÇÕES INFERIORES AO LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO (<LQ). ....	205
FIGURA 6.4-4 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA MÉDIA DE $\Sigma 37\text{HPA}$ ( $\text{NG} \cdot \text{G}^{-1}$ ) EM AVES AO LONGO DO PMP-BS (2016–2024). (A) VARIAÇÃO ANUAL DA MÉDIA POR MESORREGIÃO. (B) HEATMAP COM AS MÉDIAS ANUAIS DE $\Sigma 37\text{HPA}$ POR MESORREGIÃO. CÉLULAS VERDES SEM VALOR NUMÉRICO CORRESPONDEM A CONCENTRAÇÕES INFERIORES AO LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO (<LQ). ....	211
FIGURA 6.4-5 - DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE $\Sigma \text{PCBs}$ TOTAIS (PAINEL SUPERIOR) E $\Sigma \text{DDTs}$ TOTAIS (PAINEL INFERIOR) AVES COLETADAS ENTRE 2016 E 2024. CÉLULAS EM CINZA CORRESPONDEM À AUSÊNCIA DE DADOS PARA O RESPECTIVO ANO E MESORREGIÃO. CÉLULAS VERDES SEM VALOR NUMÉRICO CORRESPONDEM A CONCENTRAÇÕES INFERIORES AO LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO (<LQ). ....	216
FIGURA 6.4-6 - DISTRIBUIÇÃO DOS CONGÊNERES CLORADOS DE PCBs EM TCH AVES DURANTE 2016-2024 NO PMP-BS. ....	217
FIGURA 6.4-7 - DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE $\Sigma \text{PCBs}$ TOTAIS (PAINEL SUPERIOR) E $\Sigma \text{DDTs}$ TOTAIS (PAINEL INFERIOR) MAMÍFEROS COLETADOS ENTRE 2016 E 2024. CÉLULAS EM CINZA CORRESPONDEM À AUSÊNCIA DE DADOS PARA O RESPECTIVO ANO E	

MESORREGIÃO. CÉLULAS VERDES SEM VALOR NUMÉRICO CORRESPONDEM A CONCENTRAÇÕES INFERIORES AO LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO (<LQ). .....	220
FIGURA 6.4-8 - DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE $\Sigma$ PCBs TOTAIS (PAINEL SUPERIOR) E $\Sigma$ DDTs TOTAIS (PAINEL INFERIOR) REPITILIA COLETADOS ENTRE 2016 E 2024. CÉLULAS EM CINZA CORRESPONDEM À AUSÊNCIA DE DADOS PARA O RESPECTIVO ANO E MESORREGIÃO. CÉLULAS VERDES SEM VALOR NUMÉRICO CORRESPONDEM A CONCENTRAÇÕES INFERIORES AO LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO (<LQ). .....	222
FIGURA 6.4-9 - CONTAGEM DE AMOSTRAS DE TCH DE AVES SEGUNDO O SEXO DOS ANIMAIS, CONSIDERANDO RESULTADOS GERADOS PELO PMP-BS ENTRE 2016 E 2024. ....	224
FIGURA 6.4-10 - CONTAGEM DE AMOSTRAS DE TCH DE MAMMALIA SEGUNDO O SEXO DOS ANIMAIS, CONSIDERANDO RESULTADOS GERADOS PELO PMP-BS ENTRE 2016 E 2024. ....	225
FIGURA 6.4-11 - CONTAGEM DE AMOSTRAS DE TCH DE REPTILIA SEGUNDO O SEXO DOS ANIMAIS, CONSIDERANDO RESULTADOS GERADOS PELO PMP-BS ENTRE 2016 E 2024. ....	225
FIGURA 6.4-12 - TECIDO HEPÁTICO: VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO (NG G-1; 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 2024. LEGENDA: MEDIANA (LINHA HORIZONTAL), PERCENTIS (CAIXAS), FAIXA ENTRE OUTLIERS (WHISKERS) E OUTLIERS (PONTOS PRETOS); PONTOS VAZADOS REPRESENTAM CADA AMOSTRA INDIVIDUAL. ....	227
FIGURA 6.4-13 - TECIDO ADIPOSEO: VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO (NG G-1; 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 2024. 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. ....	229
FIGURA 6.4-14 - 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 2024. ....	230
FIGURA 6.4-15 - TECIDO HEPÁTICO: VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO (NG G-1; 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 2024. 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. ....	231
FIGURA 6.4-16 - 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 2024. ....	233
FIGURA 6.4-17 - TECIDO ADIPOSEO: VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO (NG G-1; 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 2024. 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. ....	234
FIGURA 7.3-1 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA AS EM AVES DURANTE O ANO DE 2024 (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). ....	259

FIGURA 7.3-2 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA Cd EM AVES DURANTE O ANO DE 2024 (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). .....	260
FIGURA 7.3-3 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA Cu EM AVES DURANTE O ANO DE 2024 (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). .....	261
FIGURA 7.3-4 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA Hg EM AVES DURANTE O ANO DE 2024 (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). .....	262
FIGURA 7.3-5 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA Mn EM AVES DURANTE O ANO DE 2024 (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). .....	262
FIGURA 7.3-6- GRÁFICO DE CAIXAS PARA Mo EM AVES DURANTE O ANO DE 2024 (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). .....	263
FIGURA 7.3-7 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA V EM AVES DURANTE O ANO DE 2024 (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). .....	264
FIGURA 7.3-8 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA Zn EM AVES DURANTE O ANO DE 2024 (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). .....	265
FIGURA 7.3-9 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA Cr EM AVES DURANTE O ANO DE 2024 (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). .....	266
FIGURA 7.3-10 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA As EM QUELÔNIOS DURANTE O ANO DE 2024 (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 7.3-11 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA Cd EM QUELÔNIOS DURANTE O ANO DE 2024 (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 7.3-12 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA Cu EM QUELÔNIOS DURANTE O ANO DE 2024 (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 7.3-13 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA Hg EM QUELÔNIOS DURANTE O ANO DE 2024 (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 7.3-14 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA Mn EM QUELÔNIOS DURANTE O ANO DE 2024 (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 7.3-15 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA Mo EM QUELÔNIOS DURANTE O ANO DE 2024 (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 7.3-16 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA Ni EM QUELÔNIOS DURANTE O ANO DE 2024 (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 7.3-17 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA Pb EM QUELÔNIOS DURANTE O ANO DE 2024 (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 7.3-18 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA V EM QUELÔNIOS DURANTE O ANO DE 2024 (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). .....	273
FIGURA 7.3-19 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA ZN EM QUELÔNIOS DURANTE O ANO DE 2024 (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). .....	273
FIGURA 7.3-20 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA BA EM QUELÔNIOS DURANTE O ANO DE 2024 (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 7.3-21 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA CR EM QUELÔNIOS DURANTE O ANO DE 2024 (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 7.3-22 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA AS EM MAMÍFEROS DURANTE O ANO DE 2024 (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 7.3-23 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA Cd EM MAMÍFEROS DURANTE O ANO DE 2024 (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 7.3-24 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA CU EM MAMÍFEROS DURANTE O ANO DE 2024 (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). .....	278
FIGURA 7.3-25 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA HG EM MAMÍFEROS DURANTE O ANO DE 2024 (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). .....	278
FIGURA 7.3-26 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA MN EM MAMÍFEROS DURANTE O ANO DE 2024 (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 7.3-27 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA Mo EM MAMÍFEROS DURANTE O ANO DE 2024 (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 7.3-28 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA V EM MAMÍFEROS DURANTE O ANO DE 2024 (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 7.3-29 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA ZN EM MAMÍFEROS DURANTE O ANO DE 2024 (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 7.3-30 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA AS EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE SPHENISCUS MAGELLANICUS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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). .....	315
FIGURA 7.3-31 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA Cd EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE SPHENISCUS MAGELLANICUS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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). .....	315
FIGURA 7.3-32 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA CU EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE SPHENISCUS MAGELLANICUS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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). .....	316
FIGURA 7.3-33 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA MN EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE SPHENISCUS MAGELLANICUS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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).	316
FIGURA 7.3-34 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA MO EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE SPHENISCUS MAGELLANICUS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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).	317
FIGURA 7.3-35 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA ZN EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE SPHENISCUS MAGELLANICUS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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).	317
FIGURA 7.3-36 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA V EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE SPHENISCUS MAGELLANICUS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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).	318
FIGURA 7.3-37 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA HG EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE SPHENISCUS MAGELLANICUS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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).	318
FIGURA 7.3-38 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA AS EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE LARUS DOMINICANUS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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).	320
FIGURA 7.3-39 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA CD EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE LARUS DOMINICANUS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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).	320
FIGURA 7.3-40 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA CU EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE LARUS DOMINICANUS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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).	321
FIGURA 7.3-41 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA MN EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE LARUS DOMINICANUS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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).	321
FIGURA 7.3-42 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA MO EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE LARUS DOMINICANUS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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).	322
FIGURA 7.3-43 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA ZN EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE LARUS DOMINICANUS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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).	322
FIGURA 7.3-44 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA V EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE LARUS DOMINICANUS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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).	323
FIGURA 7.3-45 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA HG EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE LARUS DOMINICANUS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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).	323

FIGURA 7.3-46 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA AS EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE CARETTA CARETTA AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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).	325
FIGURA 7.3-47- GRÁFICO DE CAIXAS PARA Cd EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE CARETTA CARETTA AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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).	325
FIGURA 7.3-48 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA Cu EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE CARETTA CARETTA AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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).	326
FIGURA 7.3-49 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA Pb EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE CARETTA CARETTA AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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).	326
FIGURA 7.3-50 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA Mn EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE CARETTA CARETTA AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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).	327
FIGURA 7.3-51 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA Mo EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE CARETTA CARETTA AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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).	327
FIGURA 7.3-52 - 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).	328
FIGURA 7.3-53 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA V EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE CARETTA CARETTA AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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).	328
FIGURA 7.3-54 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA Hg EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE CARETTA CARETTA AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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).	329
FIGURA 7.3-55 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA As EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE CHELONIA MYDAS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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).	330
FIGURA 7.3-56 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA Cd EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE CHELONIA MYDAS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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).	331
FIGURA 7.3-57 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA Cu EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE CHELONIA MYDAS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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).	331
FIGURA 7.3-58 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA Pb EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE CHELONIA MYDAS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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).	332

FIGURA 7.3-59 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA MN EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE CHELONIA MYDAS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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).	332
FIGURA 7.3-60 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA MO EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE CHELONIA MYDAS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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).	333
FIGURA 7.3-61 - 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).	333
FIGURA 7.3-62 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA V EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE CHELONIA MYDAS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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).	334
FIGURA 7.3-63 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA HG EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE CHELONIA MYDAS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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).	334
FIGURA 7.3-64 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA AS EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE PONTOPORIA BLAINVILLEI AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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).	336
FIGURA 7.3-65 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA CU EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE PONTOPORIA BLAINVILLEI AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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).	336
FIGURA 7.3-66 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA MN EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE PONTOPORIA BLAINVILLEI AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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).	337
FIGURA 7.3-67 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA MO EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE PONTOPORIA BLAINVILLEI AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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).	337
FIGURA 7.3-68 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA ZN EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE PONTOPORIA BLAINVILLEI AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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).	338
FIGURA 7.3-69 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA V EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE PONTOPORIA BLAINVILLEI AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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).	338
FIGURA 7.3-70 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA HG EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE PONTOPORIA BLAINVILLEI AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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).	339
FIGURA 7.3-71 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA AS EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE SOTALIA GUIANENSIS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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).	340

FIGURA 7.3-72 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA CU EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE SOTALIA GUIANENSIS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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). .....	341
FIGURA 7.3-73 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA MN EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE SOTALIA GUIANENSIS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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). .....	341
FIGURA 7.3-74 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA MO EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE SOTALIA GUIANENSIS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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). .....	342
FIGURA 7.3-75 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA ZN EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE SOTALIA GUIANENSIS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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). .....	342
FIGURA 7.3-76 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA V EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE SOTALIA GUIANENSIS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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). .....	343
FIGURA 7.3-77 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA HG EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE SOTALIA GUIANENSIS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2024 (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). .....	343

## APRESENTAÇÃO

O Projeto de Monitoramento de Praias da Bacia de Santos (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 atuação 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. Ambas as análises são atualmente executadas por laboratórios da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio). Por último o relatório incorpora as análises de Biomarcadores Bioquímicos e Moleculares, analisadas pelo Laboratório de Biomarcadores de Contaminação Aquática e Imunoquímica da Universidade Federal de Santa Catarina (LABCAI/UFSC). Estas análises são realizadas em amostras de fígado de carcaças frescas (código 2) que não receberam nenhum tipo de tratamento ou passaram por procedimentos veterinários.

Este Relatório Técnico Anual foi elaborado pela UNIVALI, utilizando os dados coletados por todas as instituições que executam o PMP-BS de Santa Catarina, Paraná, São Paulo e 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 objetivos específicos apresentados no Projeto Executivo Integrado do PMP-BS, nesta seção serão abordados os seguintes:

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;

Estes objetivos estão ligados aos padrões de encalhes e à saúde dos animais. No Volume 1 os registros de fauna foram caracterizados do ponto de vista da abundância e riqueza, e da variação espaço-temporal em cada área. Neste volume se busca analisar de modo inferencial tanto os padrões de encalhes dos animais registrados durante os monitoramentos, como a saúde dos animais necropsiados e as interações com atividades humanas. Nestas três análises se buscam efeitos de fatores ambientais e antrópicos que possam ter relação com a abundância, diversidade e saúde dos animais registrados.

A área monitorada no PMP-BS se estende por mais de 1.500 km de praias e possui grande heterogeneidade nas características naturais e antrópicas, tanto na costa como no ambiente marinho. Esta variabilidade se soma às particularidades ecológicas dos grupos taxonômicos estudados, que apresentam padrões de distribuição que naturalmente se alteram ao longo da área monitorada. Ao longo da área os animais estão sujeitos a diferentes estressores, incluindo a própria distância que se encontram das atividades de produção e escoamento de petróleo e gás

natural da PETROBRAS, fazendo da análise dos dados um desafio do ponto de vista metodológico.

Devido a estas particularidades, desde o primeiro relatório anual do PMP-BS vêm-se propondo e refinando estratégias de estratificação dos dados para as análises realizadas, na tentativa de minimizar os efeitos da heterogeneidade espacial ao longo da área e dos diferentes hábitos das espécies. Nas análises realizadas neste volume 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.

## **5.1 METODOLOGIA DE ANÁLISE**

### **5.1.1 Padrões de Encalhes**

De um modo geral, as taxas de encalhes das espécies podem ser influenciadas pela abundância relativa das espécies, pelas taxas de mortalidade de cada espécie, pela flutuabilidade das carcaças, pelo local da morte e 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; MOORE *et al.*, 2020).

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. 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 modelos disponíveis sobre as correntes costeiras com resolução adequada para a área de abrangência do projeto, que permitam avaliar padrões de deriva específicos dos animais registrados pelo PMP-BS ano a ano. Deste modo para as análises dos padrões de encalhes foram consideradas variáveis da própria fisiografia da praia que pudessem influenciar a probabilidade de um animal encalhar, tal como sua curvatura e orientação.

Após a chegada de uma carcaça à praia, deve-se considerar que esta carcaça pode ou não ser detectada. As praias com monitoramento ativo diário são percorridas diariamente e, portanto, assume-se que a chance de detecção de um animal encalhado tendem a 100%. Já para as praias com monitoramento semanal admite-se que as probabilidades de detecção de um animal encalhado são menores das do monitoramento diário. Considera-se também 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. As praias sem monitoramento ativo, que são atendidas apenas por acionamentos, são ainda mais complexas, pois além da detectabilidade do registro, dependem da presença de público nas praias e do seu respectivo interesse ou meios para contatar com as instituições executoras do PMP-BS.

Por estes motivos, para as análises que buscam avaliar padrões de encalhes são utilizadas somente as praias com monitoramento terrestre diário e somente os animais registrados durante o monitoramento. Para estas praias assume-se que a detectabilidade não seja um fator relevante, e que as diferenças nos padrões de encalhes sejam regidos pelos demais fatores.

Em 2023 houve uma alteração nas estratégias de monitoramento em mesorregiões do estado do Rio de Janeiro, com mudanças de diversas praias da estratégia de acionamento para a estratégia do monitoramento terrestre diário. Foi discutido no relatório de 2023, que isto causou um aumento de aproximadamente 3.000 km por mês no monitoramento realizado no estado do Rio de Janeiro (PETROBRAS, 2024) e consequentemente, um incremento da quantidade de animais registrados. Entretanto, os animais encontrados nas praias onde houve a mudança de estratégia, não foram utilizados nas análises de 2023, pois em apenas parte do ano esta estratégia foi utilizada. Ao longo de todo o ano de 2024, foi mantido o monitoramento diário, mas novamente estes animais não puderam ser utilizados, pelos motivos apresentados a seguir.

Antes do início das análises do presente relatório foi realizado um exercício analítico para buscar compreender os efeitos desta mudança metodológica no que tange a cobertura de organismos registrados ao longo do monitoramento de praias da região do estado do Rio de Janeiro. Buscou-se então construir uma estratégia baseada em análises de séries temporais, partindo de alguns pressupostos:

a) que a série temporal anterior à mudança metodológica (período 2019 – 2022) permitiria prever valores próximos aos observados no período estruturado com a nova metodologia (período 2023 – 2024), caso tal alteração não resultasse em efeitos significativos na cobertura de organismos naturalmente observados; e

b) que os estímulos observados na série temporal completa estariam contidos dentro dos padrões observados na série como um  $t_0$ . Isto implica que nenhum evento extremo possa ter estimulado alterações a ponto de perturbar excessivamente a série observada, evitando seu retorno ao estado observado durante o período anterior. Assim, caso fossem observados efeitos significativos, tais efeitos seriam única e exclusivamente resultado da mudança metodológica.

Foi empregada uma análise com redes neurais temporais (autorregressivas), utilizando a função *nnetar* do pacote *forecast* disponível para linguagem R (R Core Team, 2025). Esta função ajusta um modelo de rede neural a uma série temporal usando valores defasados da própria série como entradas. Como se trata de um modelo autorregressivo não linear, não é possível derivar intervalos de previsão de forma analítica.

Esta análise foi feita em um subconjunto das praias onde houve alteração das estratégias de monitoramento e em praticamente todas foi observado que o modelo de redes neurais não era capaz de prever os animais registrados em 2019-2022 a partir das observações do período de 2023-2024. Desta forma, isto impede que os dados sejam utilizados na análise de RDA (ver item 5.1.4 Análises Estatísticas), pois não há como “corrigir” os dados anteriores às mudanças de estratégias. Sem este ajuste nos dados, o ano de 2024 seria diferente dos demais, mas não por mudanças ambientais, e sim pela mudança no modo de coleta dos dados.

#### **5.1.1.1 Variáveis ambientais e antrópicas**

Para a avaliação do efeito de fatores ambientais nos padrões de encalhes, se manteve o uso das mesmas variáveis utilizadas em relatórios anuais anteriores, referentes aos anos de 2021 a 2023. Originalmente a seleção destas variáveis se baseou na literatura técnico-científica, buscando aquelas que tivessem o potencial de influenciar a distribuição e abundância das espécies alvo (e.g. 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; PETROBRAS/Socioambiental, 2023).

Diferentes de outros trabalhos que tratam da distribuição de animais marinhos vivos em seu ambiente, a amostra do PMP-BS consiste em animais encontrados nas praias. Deste modo, apesar de diversos artigos apresentarem efeitos de características oceanográficas na distribuição de espécies marinhas, não puderam ser utilizadas aquelas que dependem da localização do animal no mar, tais como profundidade, distância da costa, inclinação do fundo, rugosidade do fundo, entre outras. Ainda assim, a distância da praia onde o animal foi encontrado até a quebra da plataforma continental foi incorporada nas análises. Esta variável busca avaliar se o tamanho da plataforma continental pode influenciar a ocorrência de espécies oceânicas.

Para as variáveis da coluna d'água foram mantidas aquelas cujos valores variam temporalmente, tais como salinidade, temperatura, ondas e ventos, e cujos valores podem ser extraídos de áreas adjacentes às praias. A concentração de clorofila na água também foi 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 (e.g. BALLANCE *et al.*, 2006; TODD & WILLIAMSON, 2022).

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. Adicionalmente, foi utilizado 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; NISI *et al.*, 2024). As atividades portuárias também foram contempladas na análise, uma vez que portos são locais com potencial de impactar negativamente diversos aspectos ambientais (DARBRA *et al.*, 2005. MUXIKA *et al.*, 2005; BARLETTA *et al.*, 2016).

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 as espécies, 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 o objetivo principal do PMP-BS busca avaliar possíveis efeitos da indústria de E&P, não há necessidade da utilização de 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***

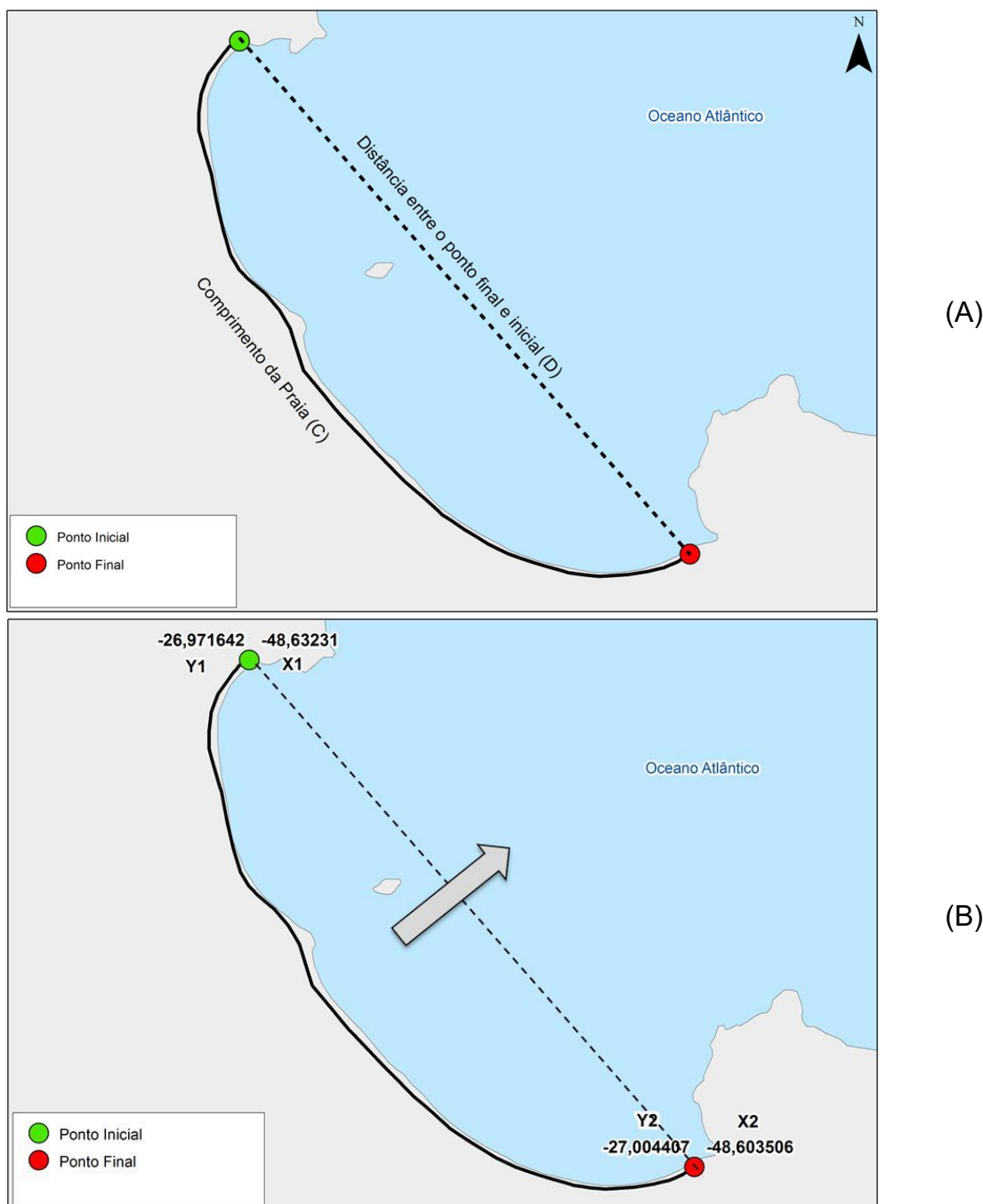
***Comprimento da praia (não-linear):*** distância do ponto inicial ao ponto final da praia, considerando a curvatura do local (“C” na **Figura 5.1-1A**).

***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.

*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.

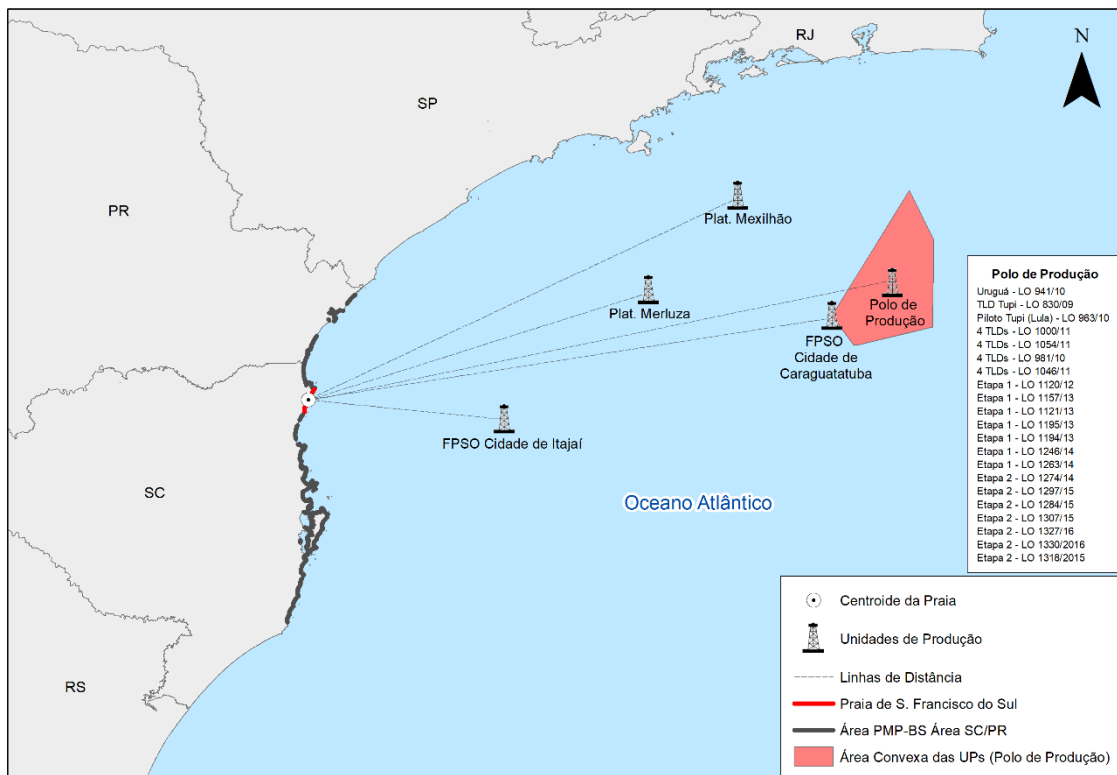
*Velocidade e Direção do Vento:* Os dados de direção (graus) e velocidade (m/s) do vento foram obtidos do modelo ERA5 disponibilizados pelo ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*). Os dados do modelo consideram a direção e velocidade do vento a uma altura padrão de 10 metros

acima da superfície do nível do mar. Foram utilizados dados 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>.

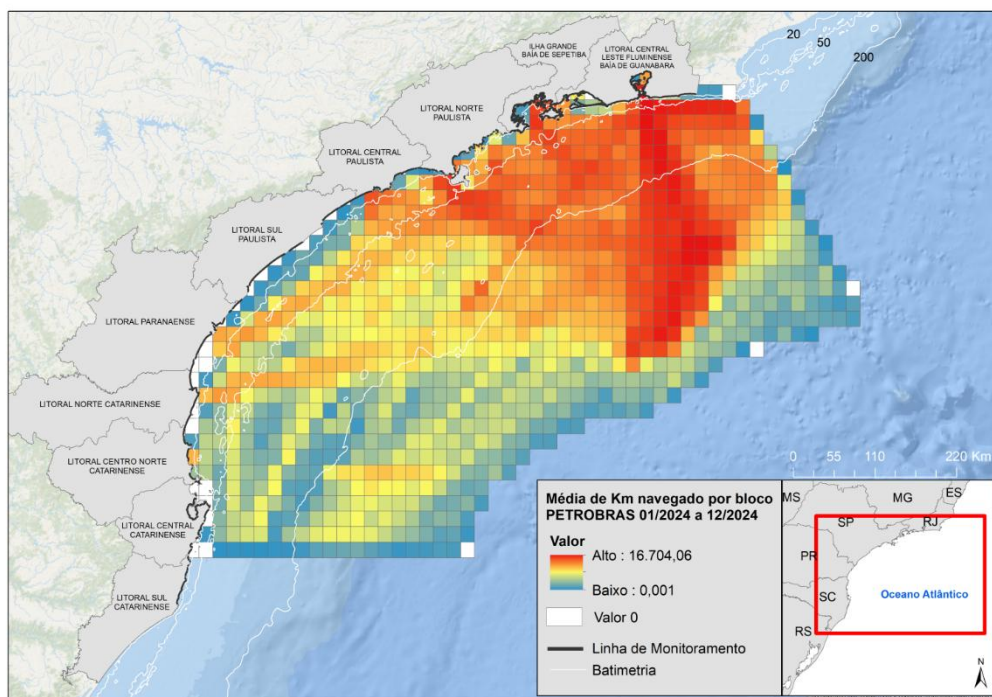
### ***Variáveis antrópicas***

*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.

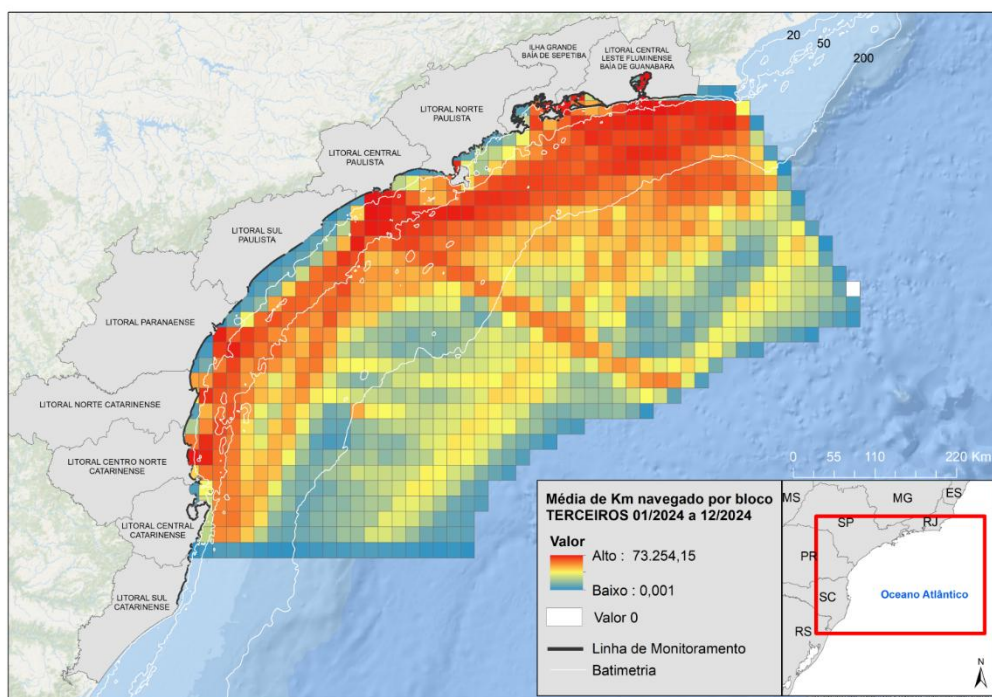


**Figura 5.1-2** – Exemplo de cálculo da distância da Praia de São Francisco do Sul às atividades de E&P na Bacia de Santos, sendo que o centro de maior intensidade de instalações de unidades de produção no Polo Pré-sal está representado na “Área Convexa de UPs” (Polo de Produção).

**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 2024. Não houve distinções entre os tipos de embarcações uma vez que nos dados fornecidos apenas as embarcações da PETROBRAS são 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 2024: (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. A localização dos portos foi obtida através da ANTAQ - Agência Nacional de Transportes Aquaviários. 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.

---

<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).

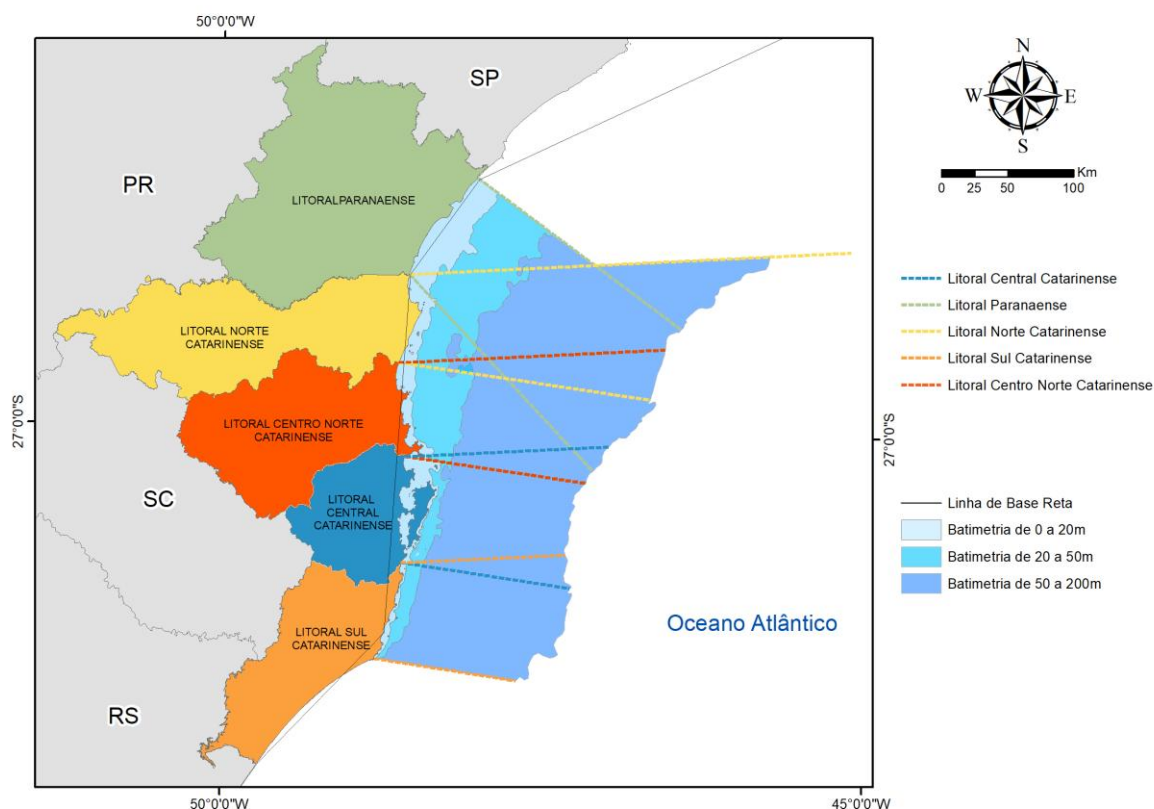
\*\* Separadas em zonal (u) e meridional (v),

### 5.1.1.2Estratificação Espacial

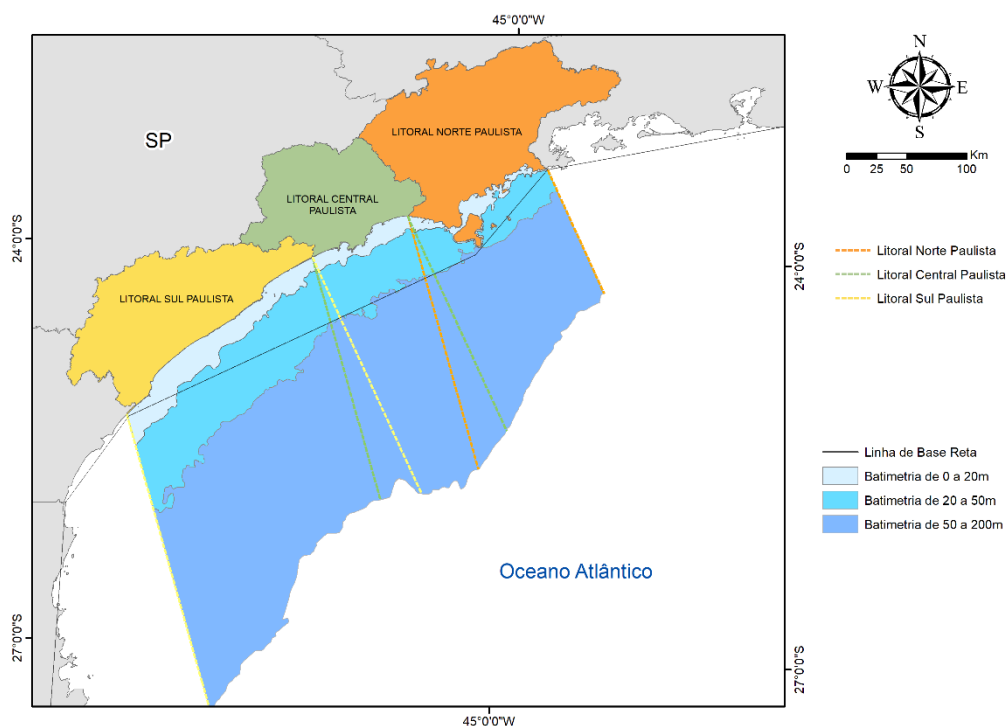
Para as variáveis ligadas à área marinha adjacente às praias e não às praias em si, tais como temperatura superficial do mar, clorofila, intensidade do vento, altura significativa de ondas e tráfego de embarcações, foram estimados os valores médios destas variáveis em três estratos de profundidades diferentes (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 nos limites norte e sul de cada mesorregião, respectivamente (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

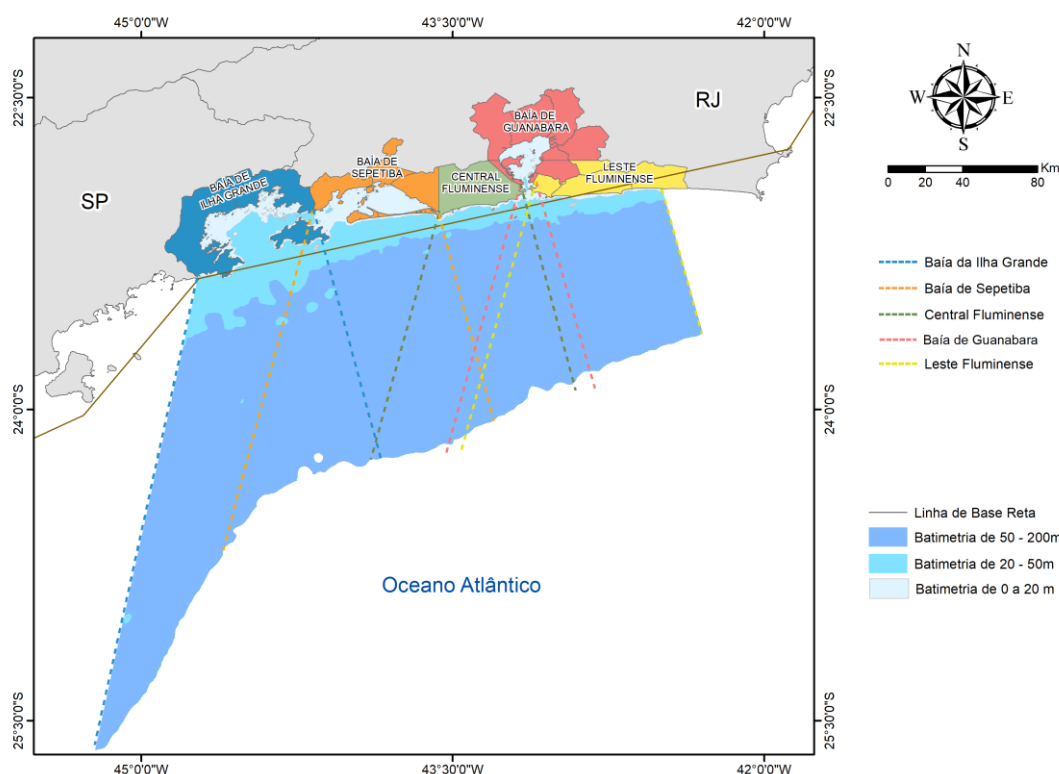
pelas linhas batimétricas correspondentes. Deste modo, para cada mesorregião foram gerados valores mensais para cada uma das variáveis referentes às faixas de 0-20 m, 20-50 m e 50-200 m, que foram aplicados a todas as praias de cada mesorregião naquele mês, e utilizados nas análises da variação espaço-temporal 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.

### 5.1.2 Estratificação pelo habitat preferencial das espécies

As atividades envolvidas na produção e escoamento de petróleo e gás natural têm componentes diferentes na região costeira e na região oceânica. Enquanto em áreas costeiras o único efeito direto seria através do tráfego de embarcações, em áreas oceânicas onde se encontram as unidades de produção, além do tráfego ainda há geração de ruído e descarte de água produzida. Deste modo, pode haver efeitos diferentes sobre as espécies de tetrápodes marinhos, que tenham como o habitat preferencial a costa ou o oceano aberto. 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.

Esta identificação do habitat preferencial foi utilizada nas análises do Índice de Saúde, considerando as informações sobre a distribuição das espécies conforme Anexo IX do Projeto Executivo Integrado do PMP-BS. Cada espécie foi 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, provavelmente são 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 e ambientais de outras regiões, tais como o Atlântico Norte no caso de *P. puffinus* e a plataforma continental argentina e uruguaia para *S. magellanicus*.

### **5.1.3 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.

### **5.1.4 Análises Estatísticas**

Todas as análises 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 & ZEILEIS, 2010), hnp (MORAL *et al.*, 2017), multcomp (HOTHORN *et al.*, 2008), e FactoMineR (Lê *et al.*, 2008).

#### ***Padrões de Encalhes***

Esta análise visou avaliar se há variação na composição e abundância das espécies ao longo do espaço e tempo, e qual 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. Os acionamentos sofrem efeito da intensidade do uso das praias pela população, que se altera entre praias e ao longo

do tempo. Uma vez que, não há informações sobre a força destes efeitos, optou-se por não utilizar os registros feitos através de acionamentos.

Como o monitoramento das praias é diário, mas podem ocorrer dias em que não se consegue realizá-lo, foi utilizado o esforço mensal de monitoramento (número de dias com esforço realizado) multiplicado pelo tamanho das praias como um "offset" nas análises. Visto 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.

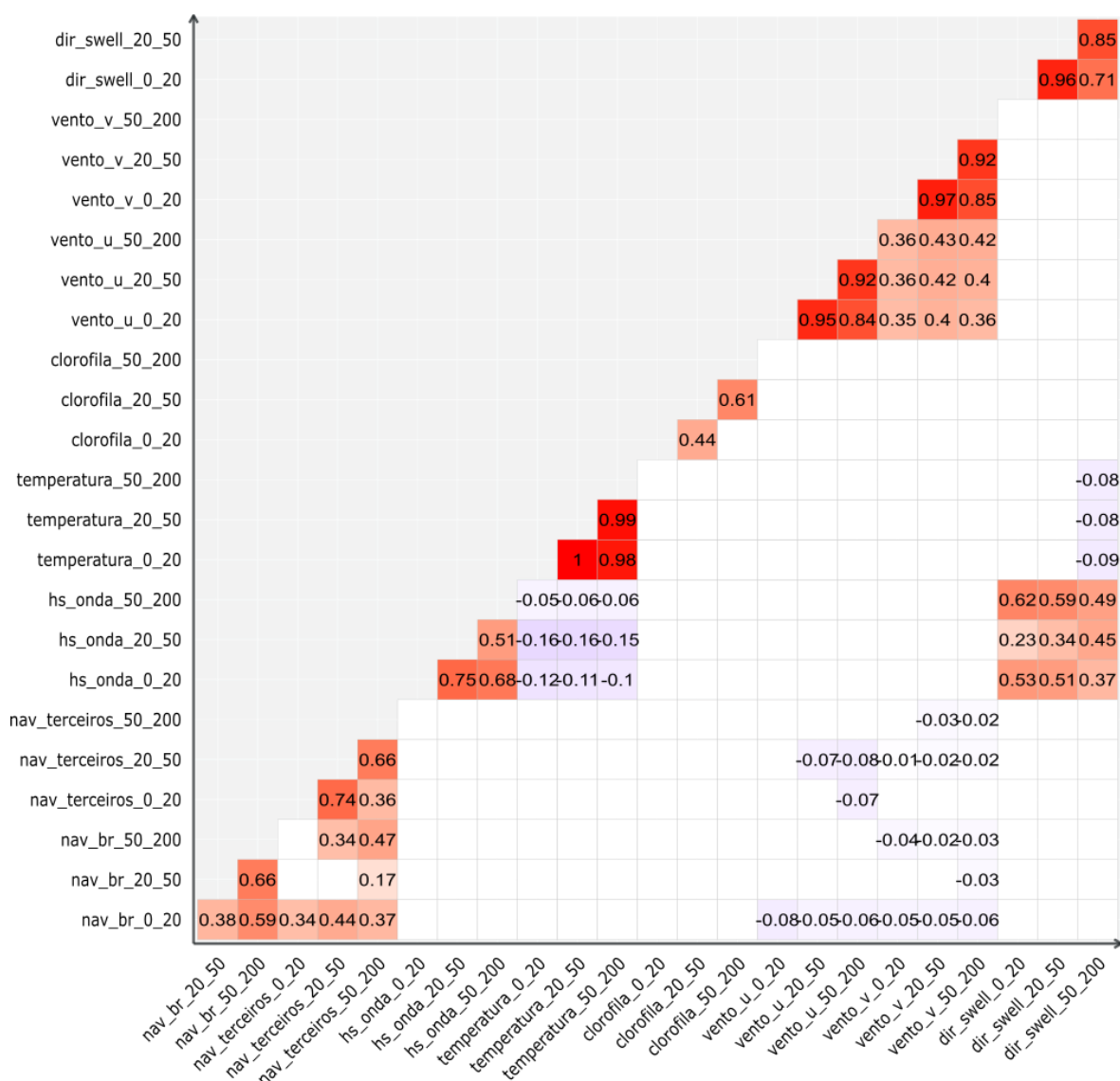
Para avaliar a influência das variáveis ambientais e antrópicas nos padrões de encalhes foram realizadas análises separadamente para cada grupo: aves, tartarugas e mamíferos. Idealmente deveriam ser feitas análises separadas para cada espécie, pois os efeitos das variáveis antrópicas e ambientais podem ser diferentes entre elas, 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. Deste modo, se aceita um "ruído" nos dados, gerado pelo agrupamento das espécies, porém, sem este procedimento a análise seria inviabilizada.

Desde o relatório anual de 2021 é utilizada uma Análise de Redundância (RDA), para avaliar a relação da variabilidade dos encalhes com as variáveis ambientais e antrópicas. Conceitualmente, a RDA é 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).

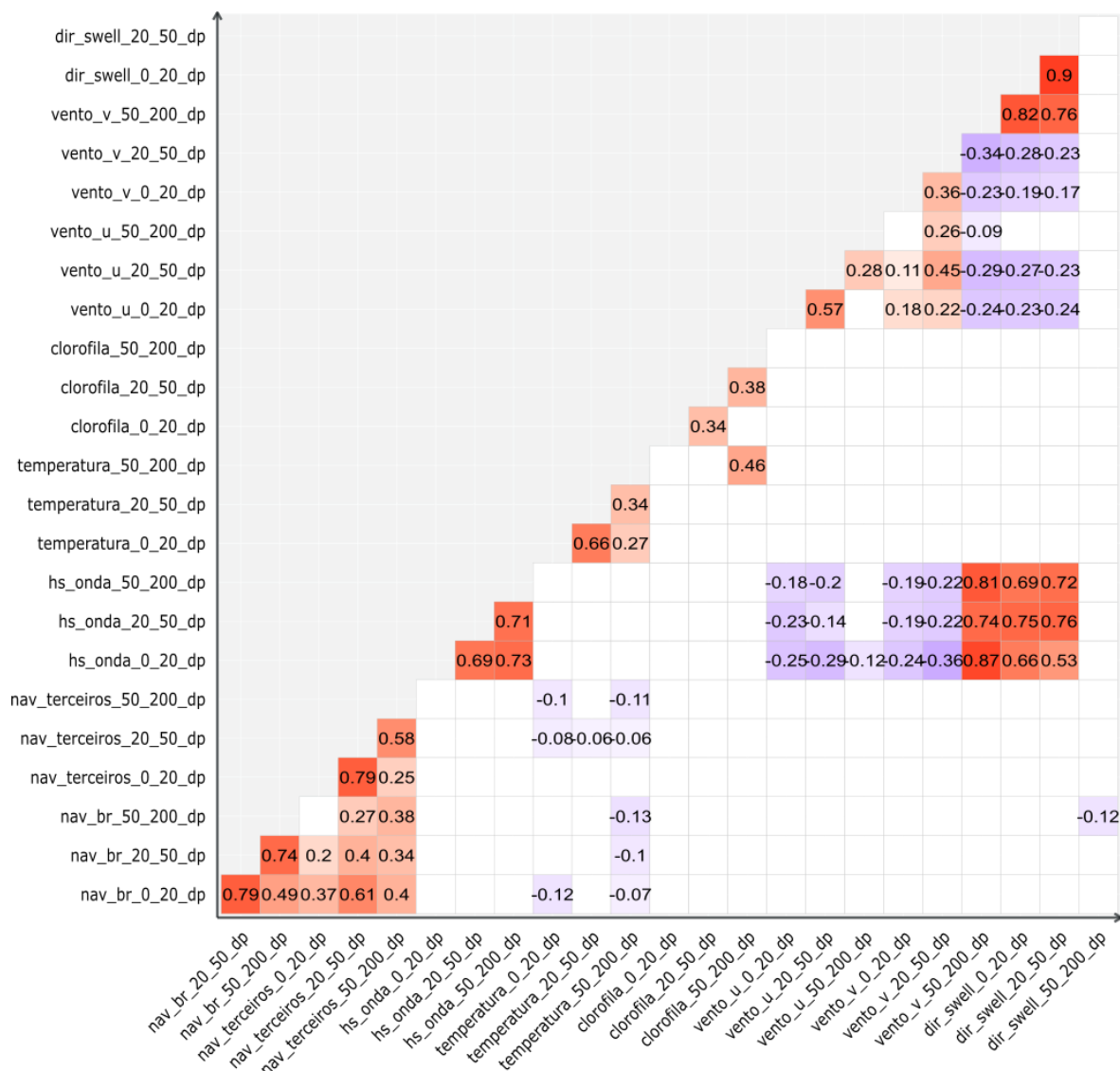
Visto que, em relatórios anteriores já se havia observado colinearidade nas variáveis estratificadas por profundidade, inicialmente foi feita uma análise de correlação múltipla entre todas as variáveis ambientais e antrópicas que são estratificadas. Esta análise evidenciou a manutenção em 2024 do que já havia sido observado 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 maior 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 2024, 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 2024 das variáveis ambientais e antrópicas estratificadas por profundidade, utilizadas na RDA. Tons de vermelho indicam correlação positiva, tons de roxo correlação negativa.**

### Índice de Saúde

Para esta análise foram utilizados todos os animais para os quais o Índice de Saúde (IS) pôde 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.

O cálculo do IS é feito apenas em carcaças necropsiadas que estivessem em código 2 e 3 de decomposição, 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 2024); 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 em relatórios anteriores, 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 ou remoção destas das análises. 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.

Assim como em outras análises, a variação do IS foi feita separadamente para cada grupo: aves, tartarugas e mamíferos. Os argumentos apresentados para as análises de encalhes também são aplicáveis aqui, pois idealmente estas análises deveriam ser feitas para cada espécie separadamente, ou até para cada classe etária de uma espécie. Sem dúvida que 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. Apesar de não se estratificar as análises entre classes etárias, para as tartarugas e os mamíferos, pela existência de estruturas de aposição (ossos e dentes) que permitem determinar a idade dos exemplares, 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.

### *Interações Antrópicas*

Durante as necropsias são registrados indícios de interações antrópicas nas carcaças. Este registro é importante para estabelecer tanto a causa do encalhe como a causa de morte do animal. Dentro do PMP-BS as interações antrópicas são classificadas em:

- Interação com atividade de petróleo e gás,
- Interação com óleo,
- Agressão/vandalismo/caça,
- Interação com resíduo (lixo),
- Interação com pesca,
- Interação com embarcações, e
- Interação com dragagens.

Nas fichas de necrópsia é indicada a intensidade da evidência desta interação, sendo classificadas em grau 1 – Fraco, 2 – Médio, 3 – Forte. Para as análises foram utilizados todos os registros de interação antrópica, independentemente de sua intensidade. Pois, pode haver subjetividade entre as equipes quanto a determinação do grau da interação.

O objetivo destas análises foi avaliar os efeitos espaciais, temporais e comportamentais (em termos de habitat preferencial das espécies) dos organismos aos diferentes tipos de interações antrópicas. Para isto foram utilizados modelos lineares generalizados (NELDER & WEDDERBURN, 1972), com distribuição para verossimilhança binomial ajustados às classificações de interação antrópica. Estes modelos buscaram avaliar os efeitos espaciais (mesorregião), temporais (trimestre e ano) e comportamentais (habitat) sobre as probabilidades das interações dos

organismos das três classes de animais que são fauna alvo do PMP-BS (aves, tartarugas e mamíferos) e nos quais foram registrados eventos de interação antrópicos.

Para avaliar a eficiência dos modelos, cada modelo completo (contendo todas as covariáveis analisadas) foi comparado contra seu respectivo modelo nulo (contendo somente a variável resposta) considerando um nível de significância igual à 0,05. Sempre que os modelos completo e nulo foram significativamente distintos, uma nova análise de variância foi aplicada para avaliar o efeito individual de cada covariável na explicação da variabilidade total da variável resposta, também considerando um nível de significância igual a 0,05. Por fim, os efeitos das variáveis significativas em cada modelo foram detalhados através da predição das probabilidades marginais para cada covariável isoladamente, colocando as demais covariáveis em seu nível de referência por intermédio de um procedimento de cálculo baseado em mínimos quadrados (Lenth, 2016).

## 5.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

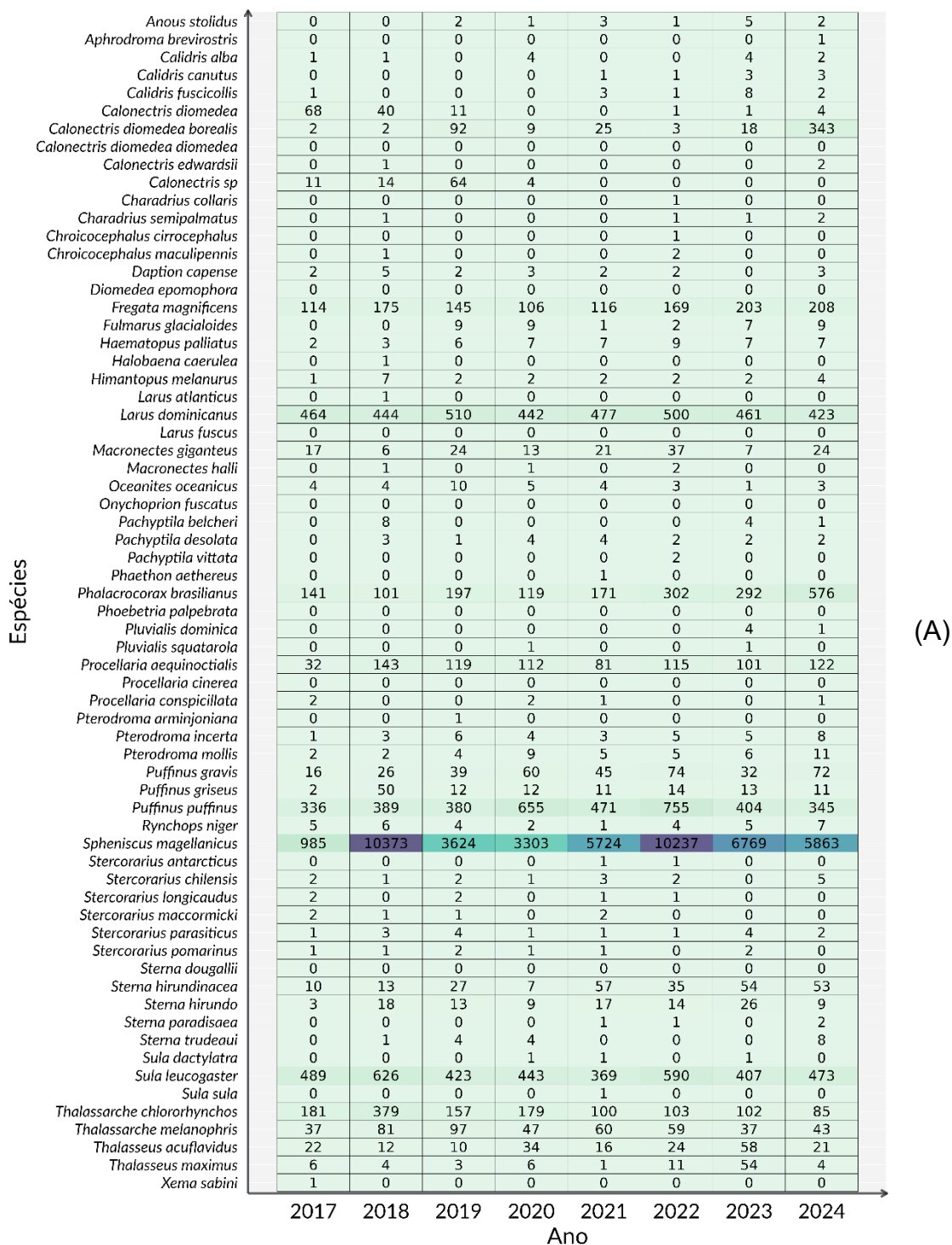
Nesta seção são apresentados os resultados obtidos a partir dos métodos empregados e descritos anteriormente, a fim de avaliar os padrões espaço-temporais dos encalhes e o Índice de Saúde dos tetrápodes marinhos registrados ao longo de toda área de abrangência do PMP-BS.

### 5.2.1 Padrões de Encalhes

Os mapas de calor gerados para a análise exploratória inicial dos três grupos, considerando os fatores ano, trimestre e mesorregião, evidenciou em 2024 padrões similares aos que já haviam sido apresentados e discutidos em relatórios anteriores.

Apesar de em 2024 os pinguins-de-Magalhães, *Spheniscus magellanicus*, terem apresentado o menor valor dos últimos quatro anos, continuaram sendo a espécie mais abundante nos registros de encalhes (**Figura 5.2-1A**). Os registros da espécie são concentrados no 3º trimestre, que corresponde à estação do inverno (**Figura 5.2-2A**) e nas mesorregiões mais ao sul (**Figura 5.2-3A**). A fim de observar

padrões em outras espécies, foi realizada a remoção dos pinguins dos gráficos de calor (**Figura 5.2-1B, Figura 5.2-2B, Figura 5.2-3B**). O gaivotão, *Larus dominicanus*, apresenta uma ocorrência regular ao longo dos anos, sendo mais frequente no quarto semestre (verão), com uma queda nas ocorrências de Sul para Norte. Por sua vez, o atobá-marrom, *Sula leucogaster*, também é uma espécie com ocorrência regular ao longo dos anos, mas apresenta maior frequência nas mesorregiões centrais do PMP-BS, entre o norte-catarinense e norte paulista, principalmente no segundo semestre (3º e 4º trimestres). A pardela-sombria, *Puffinus puffinus*, que apresenta uma forte sazonalidade concentrada no 4º trimestre, foi mais frequente em anos anteriores, mas sua ocorrência vem diminuindo desde 2022. Em 2024, houve o maior registro anual de biguás, *Phalacrocorax brasilianus*. Porém, se observa que a espécie vem aumentando sua ocorrência de forma quase contínua desde 2020. Esta espécie também apresenta maior ocorrência no segundo semestre, e o aumento deste ano se concentrou nos estados de Santa Catarina e Paraná.



**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.**

Espécies	<i>Anous stolidus</i>	0	0	2	1	3	1	5	2
	<i>Aphrodroma brevirostris</i>	0	0	0	0	0	0	0	1
	<i>Calidris alba</i>	1	1	0	4	0	0	4	2
	<i>Calidris canutus</i>	0	0	0	0	1	1	3	3
	<i>Calidris fuscicollis</i>	1	0	0	0	3	1	8	2
	<i>Calonectris diomedea</i>	68	40	11	0	0	1	1	4
	<i>Calonectris diomedea borealis</i>	2	2	92	9	25	3	18	343
	<i>Calonectris diomedea diomedea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Calonectris edwardsii</i>	0	1	0	0	0	0	0	2
	<i>Calonectris sp</i>	11	14	64	4	0	0	0	0
	<i>Charadrius collaris</i>	0	0	0	0	0	1	0	0
	<i>Charadrius semipalmatus</i>	0	1	0	0	0	1	1	2
	<i>Chroicocephalus cirrocephalus</i>	0	0	0	0	0	1	0	0
	<i>Chroicocephalus maculipennis</i>	0	1	0	0	0	2	0	0
	<i>Daption capense</i>	2	5	2	3	2	2	0	3
	<i>Diomedea epomophora</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Fregata magnificens</i>	114	175	145	106	116	169	203	208
	<i>Fulmarus glacialis</i>	0	0	9	9	1	2	7	9
	<i>Haematopus palliatus</i>	2	3	6	7	7	9	7	7
	<i>Halobaena caerulea</i>	0	1	0	0	0	0	0	0
	<i>Himantopus melanurus</i>	1	7	2	2	2	2	2	4
	<i>Larus atlanticus</i>	0	1	0	0	0	0	0	0
	<i>Larus dominicanus</i>	464	444	510	442	477	500	461	423
	<i>Larus fuscus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Macronectes giganteus</i>	17	6	24	13	21	37	7	24
	<i>Macronectes halli</i>	0	1	0	1	0	2	0	0
	<i>Oceanites oceanicus</i>	4	4	10	5	4	3	1	3
	<i>Onychoprion fuscatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Pachyptila belcheri</i>	0	8	0	0	0	0	4	1
	<i>Pachyptila desolata</i>	0	3	1	4	4	2	2	2
	<i>Pachyptila vittata</i>	0	0	0	0	0	2	0	0
	<i>Phaethon aethereus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0
	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	141	101	197	119	171	302	292	576
	<i>Phoebastria palpebrata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Pluvialis dominica</i>	0	0	0	0	0	0	4	1
	<i>Pluvialis squatarola</i>	0	0	0	1	0	0	1	0
	<i>Procellaria aequinoctialis</i>	32	143	119	112	81	115	101	122
	<i>Procellaria cinerea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Procellaria conspicillata</i>	2	0	0	2	1	0	0	1
	<i>Pterodroma arminjoniana</i>	0	0	1	0	0	0	0	0
	<i>Pterodroma incerta</i>	1	3	6	4	3	5	5	8
	<i>Pterodroma mollis</i>	2	2	4	9	5	5	6	11
	<i>Puffinus gravis</i>	16	26	39	60	45	74	32	72
	<i>Puffinus griseus</i>	2	50	12	12	11	14	13	11
	<i>Puffinus puffinus</i>	336	389	380	655	471	755	404	345
	<i>Rynchops niger</i>	5	6	4	2	1	4	5	7
	<i>Stercorarius antarcticus</i>	0	0	0	0	1	1	0	0
	<i>Stercorarius chilensis</i>	2	1	2	1	3	2	0	5
	<i>Stercorarius longicaudus</i>	2	0	2	0	1	1	0	0
	<i>Stercorarius maccormicki</i>	2	1	1	0	2	0	0	0
	<i>Stercorarius parasiticus</i>	1	3	4	1	1	1	4	2
	<i>Stercorarius pomarinus</i>	1	1	2	1	1	0	2	0
	<i>Sterna dougallii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Sterna hirundinacea</i>	10	13	27	7	57	35	54	53
	<i>Sterna hirundo</i>	3	18	13	9	17	14	26	9
	<i>Sterna paradisaea</i>	0	0	0	0	1	1	0	2
	<i>Sterna trudeaui</i>	0	1	4	4	0	0	0	8
	<i>Sula dactylatra</i>	0	0	0	1	1	0	1	0
	<i>Sula leucogaster</i>	489	626	423	443	369	590	407	473
	<i>Sula sula</i>	0	0	0	0	1	0	0	0
	<i>Thalassarche chlororhynchos</i>	181	379	157	179	100	103	102	85
	<i>Thalassarche melanophrys</i>	37	81	97	47	60	59	37	43
	<i>Thalasseus acutirostris</i>	22	12	10	34	16	24	58	21
	<i>Thalasseus maximus</i>	6	4	3	6	1	11	54	4
	<i>Xema sabini</i>	1	0	0	0	0	0	0	0
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024

Figura 5.2-1 (cont.)

Espécies	Anous stolidus	10	0	1	3
	Aphrodroma brevirostris	0	0	1	0
	Calidris alba	3	3	0	6
	Calidris canutus	0	8	0	0
	Calidris fuscicollis	3	1	0	11
	Calonectris diomedea	19	95	8	3
	Calonectris diomedea borealis	122	357	4	11
	Calonectris diomedea diomedea	0	0	0	0
	Calonectris edwardsii	1	1	1	0
	Calonectris sp	6	79	4	4
	Charadrius collaris	0	1	0	0
	Charadrius semipalmatus	1	0	1	3
	Chroicocephalus cirrocephalus	0	0	1	0
	Chroicocephalus maculipennis	0	2	1	0
	Daption capense	1	6	10	2
	Diomedea epomophora	0	0	0	0
	Fregata magnificens	226	140	475	395
	Fulmarus glacialis	0	10	25	2
	Haematopus palliatus	15	3	5	25
	Halobaena caerulea	0	0	1	0
	Himantopus melanurus	6	7	2	7
	Larus atlanticus	1	0	0	0
	Larus dominicanus	662	670	638	1751
	Larus fuscus	0	0	0	0
	Macronectes giganteus	0	14	128	7
	Macronectes halli	0	1	2	1
	Oceanites oceanicus	1	13	10	10
	Onychoprion fuscatus	0	0	0	0
	Pachyptila belcheri	0	0	13	0
	Pachyptila desolata	0	7	11	0
	Pachyptila vittata	0	0	1	1
	Phaethon aethereus	0	0	0	0
	Phalacrocorax brasilianus	230	231	707	731
	Phoebastria palpebrata	0	0	0	0
	Pluvialis dominica	0	0	1	4
	Pluvialis squatarola	1	0	0	1
	Procellaria aequinoctialis	23	89	531	182
	Procellaria cinerea	0	0	0	0
	Procellaria conspicillata	0	3	1	2
	Pterodroma arminjoniana	1	0	0	0
	Pterodroma incerta	5	6	9	15
	Pterodroma mollis	2	4	27	11
	Puffinus gravis	121	79	47	117
	Puffinus griseus	2	11	103	9
	Puffinus puffinus	66	42	319	3308
	Rynchops niger	12	12	4	6
	Spheniscus magellanicus	10	3393	36497	6978
	Stercorarius antarcticus	0	0	1	1
	Stercorarius chilensis	0	4	10	2
	Stercorarius longicaudus	1	3	0	2
	Stercorarius maccormicki	0	3	2	1
	Stercorarius parasiticus	4	2	0	11
	Stercorarius pomarinus	1	2	0	5
	Sterna dougallii	0	0	0	0
	Sterna hirundinacea	2	25	189	40
	Sterna hirundo	3	9	57	40
	Sterna paradisaea	0	0	3	1
	Sterna trudeaui	0	1	15	1
	Sula dactylatra	3	0	0	0
	Sula leucogaster	753	487	1300	1280
	Sula sula	0	0	0	1
	Thalassarche chlororhynchus	55	119	656	456
	Thalassarche melanophrys	6	77	280	98
	Thalasseus aculeatus	14	36	88	59
	Thalasseus maximus	6	26	45	12
	Xema sabini	1	0	0	0
		1	2	3	4
		Trimestre			

**Figura 5.2-2** – Mapa de calor da quantidade de exemplares de aves registradas por trimestre (período de 2017 a 2024), (A) incluindo pinguins-de-Magalhães (*Spheniscus magellanicus*), e (B) sem incluir esta espécie.

Espécies	Anous stolidus	10	0	1	3
	Aphrodroma brevirostris	0	0	1	0
	Calidris alba	3	3	0	6
	Calidris canutus	0	8	0	0
	Calidris fuscicollis	3	1	0	11
	Calonectris diomedea	19	95	8	3
	Calonectris diomedea borealis	122	357	4	11
	Calonectris diomedea diomedea	0	0	0	0
	Calonectris edwardsii	1	1	1	0
	Calonectris sp	6	79	4	4
	Charadrius collaris	0	1	0	0
	Charadrius semipalmatus	1	0	1	3
	Chroicocephalus cirrocephalus	0	0	1	0
	Chroicocephalus maculipennis	0	2	1	0
	Daption capense	1	6	10	2
	Diomedea epomophora	0	0	0	0
	Fregata magnificens	226	140	475	395
	Fulmarus glacialis	0	10	25	2
	Haematopus palliatus	15	3	5	25
	Halobaena caerulea	0	0	1	0
	Himantopus melanurus	6	7	2	7
	Larus atlanticus	1	0	0	0
	Larus dominicanus	662	670	638	1751
	Larus fuscus	0	0	0	0
	Macronectes giganteus	0	14	128	7
	Macronectes halli	0	1	2	1
	Oceanites oceanicus	1	13	10	10
	Onychoprion fuscatus	0	0	0	0
	Pachyptila belcheri	0	0	13	0
	Pachyptila desolata	0	7	11	0
	Pachyptila vittata	0	0	1	1
	Phaethon aethereus	0	0	0	1
	Phalacrocorax brasilianus	230	231	707	731
	Phoebastria palpebrata	0	0	0	0
	Pluvialis dominica	0	0	1	4
	Pluvialis squatarola	1	0	0	1
	Procellaria aequinoctialis	23	89	531	182
	Procellaria cinerea	0	0	0	0
	Procellaria conspicillata	0	3	1	2
	Pterodroma arminjoniana	1	0	0	0
	Pterodroma incerta	5	6	9	15
	Pterodroma mollis	2	4	27	11
	Puffinus gravis	121	79	47	117
	Puffinus griseus	2	11	103	9
	Puffinus puffinus	66	42	319	3308
	Rynchops niger	12	12	4	6
	Stercorarius antarcticus	0	0	1	1
	Stercorarius chilensis	0	4	10	2
	Stercorarius longicaudus	1	3	0	2
	Stercorarius maccormicki	0	3	2	1
	Stercorarius parasiticus	4	2	0	11
	Stercorarius pomarinus	1	2	0	5
	Sterna dougallii	0	0	0	0
	Sterna hirundinacea	2	25	189	40
	Sterna hirundo	3	9	57	40
	Sterna paradisaea	0	0	3	1
	Sterna trudeaui	0	1	15	1
	Sula dactylatra	3	0	0	0
	Sula leucogaster	753	487	1300	1280
	Sula sula	0	0	0	1
	Thalassarche chlororhynchus	55	119	656	456
	Thalassarche melanophrys	6	77	280	98
	Thalasseus aculeatus	14	36	88	59
	Thalasseus maximus	6	26	45	12
	Xema sabini	1	0	0	0
		1	2	3	4
		Trimestre			

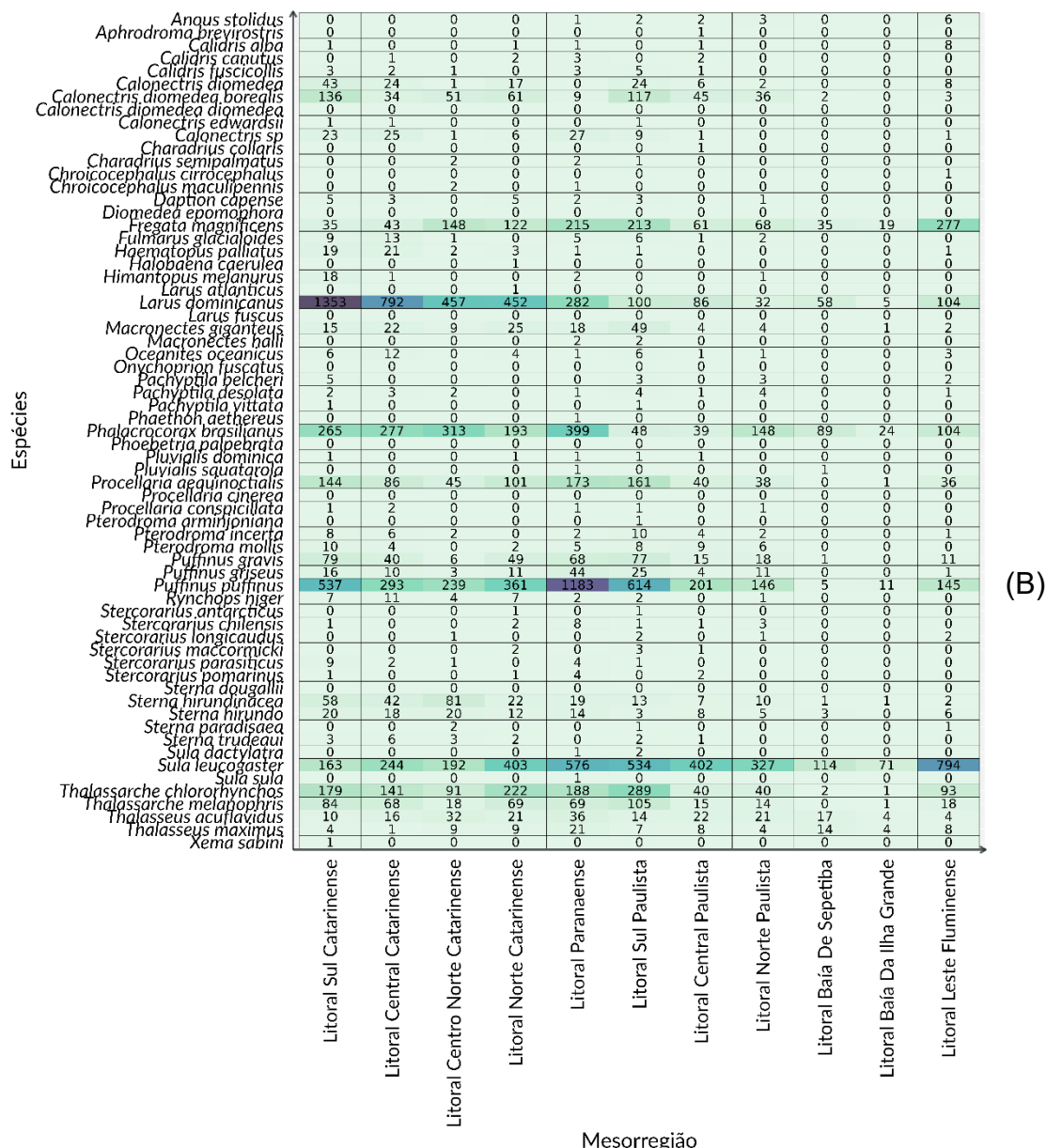
(B)

Figura 5.2-2 (cont.)

Espécies	Mesorregião										
	Litoral Sul Catarinense	Litoral Central Catarinense	Litoral Centro Norte Catarinense	Litoral Norte Catarinense	Litoral Paranaense	Litoral Sul Paulista	Litoral Central Paulista	Litoral Norte Paulista	Litoral Baía De Sepetiba	Litoral Baía Da Ilha Grande	Litoral Leste Fluminense
<i>Anous stolidus</i>	0	0	0	0	1	2	2	3	0	0	6
<i>Aphrodroma brevirostris</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Calidris alba</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Calidris capensis</i>	0	1	0	2	1	0	2	0	0	0	0
<i>Calidris fuscicollis</i>	3	2	1	0	3	5	1	0	0	0	0
<i>Calonectris diomedea</i>	43	24	1	17	0	24	6	2	0	0	8
<i>Calonectris diomedea borealis</i>	136	34	51	61	9	117	45	36	2	0	3
<i>Calonectris diomedea diomedea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Calonectris edwardsii</i>	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Calonectris sp</i>	23	25	0	66	27	0	0	0	0	0	0
<i>Charadrius collaris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Charadrius semipalmatus</i>	0	0	2	0	2	1	0	0	0	0	0
<i>Chroicocephalus cirrocephalus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Chroicocephalus maculipennis</i>	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Lappon capense</i>	5	3	0	5	2	3	0	1	0	0	0
<i>Diomedea epomophora</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fregata magnificens</i>	35	43	148	122	215	213	61	68	35	19	277
<i>Fulmarus glacialis</i>	9	13	1	0	5	6	1	2	0	0	0
<i>Haematopus palliatus</i>	19	21	2	3	1	1	0	0	0	0	1
<i>Halobæna caerulea</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Himantopus melanurus</i>	18	1	0	0	2	0	0	1	0	0	0
<i>Larus atlanticus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Larus dominicanus</i>	1353	792	457	452	282	100	86	32	58	5	104
<i>Larus fuscus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Macronectes giganteus</i>	15	22	0	25	18	49	4	0	0	0	2
<i>Macronectes halli</i>	0	0	0	0	2	2	0	0	0	1	0
<i>Oceanites oceanicus</i>	6	12	0	4	1	6	1	1	0	0	3
<i>Onychoprion fuscatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pachyptila belcheri</i>	5	0	0	0	0	3	0	3	0	0	2
<i>Pachyptila desolata</i>	2	3	2	0	1	4	1	4	0	0	1
<i>Pachyptila vittata</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Phaethon aethereus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	265	277	313	193	399	48	39	148	89	24	104
<i>Phoebastria palpebrata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pluvialis dominica</i>	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>Pluvialis squatarola</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Procellaria aguinotialis</i>	144	86	45	101	173	161	40	38	0	1	36
<i>Procellaria cinerea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Procellaria conspicillata</i>	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Pterodroma armillifrons</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Pterodroma incerta</i>	8	6	2	0	2	10	4	2	0	0	1
<i>Pterodroma mollis</i>	10	4	0	2	5	8	9	6	0	0	0
<i>Puffinus gravis</i>	79	40	6	49	68	77	15	18	1	0	11
<i>Puffinus griseus</i>	16	10	3	11	44	25	4	11	0	0	1
<i>Puffinus puffinus</i>	537	293	239	361	1183	614	201	146	5	11	145
<i>Rynchops niger</i>	7	11	4	7	2	2	0	0	0	0	0
<i>Spheniscus magellanicus</i>	8126	12967	2880	6468	7505	6553	901	686	39	65	688
<i>Stercorarius antarcticus</i>	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
<i>Stercorarius chilensis</i>	1	0	0	2	8	1	1	3	0	0	0
<i>Stercorarius longicaudus</i>	0	0	1	0	0	2	0	1	0	0	2
<i>Stercorarius maccormicki</i>	0	0	0	2	0	3	1	0	0	0	0
<i>Stercorarius parasiticus</i>	9	2	1	4	0	1	0	0	0	0	0
<i>Stercorarius pomarinus</i>	1	0	0	1	4	0	2	0	0	0	0
<i>Sterna dougalli</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sterna hirundinacea</i>	58	42	81	22	19	13	7	10	1	1	2
<i>Sterna hirundo</i>	20	18	20	12	14	3	8	5	3	0	6
<i>Sterna paradisaea</i>	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Sterna trudeaui</i>	3	6	3	2	0	2	1	0	0	0	0
<i>Sula dactylatra</i>	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0
<i>Sula leucogaster</i>	163	244	192	403	576	534	402	327	114	71	794
<i>Sula sula</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Thalassarche chlororhynchus</i>	179	141	91	222	188	289	40	40	2	1	93
<i>Thalassarche melagrophis</i>	84	68	18	69	69	105	15	14	0	1	18
<i>Thalasseus aculeatus</i>	10	16	32	21	36	14	22	21	17	4	4
<i>Thalasseus maximus</i>	4	1	9	9	21	7	8	4	14	4	8
<i>Xema sabini</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(A)

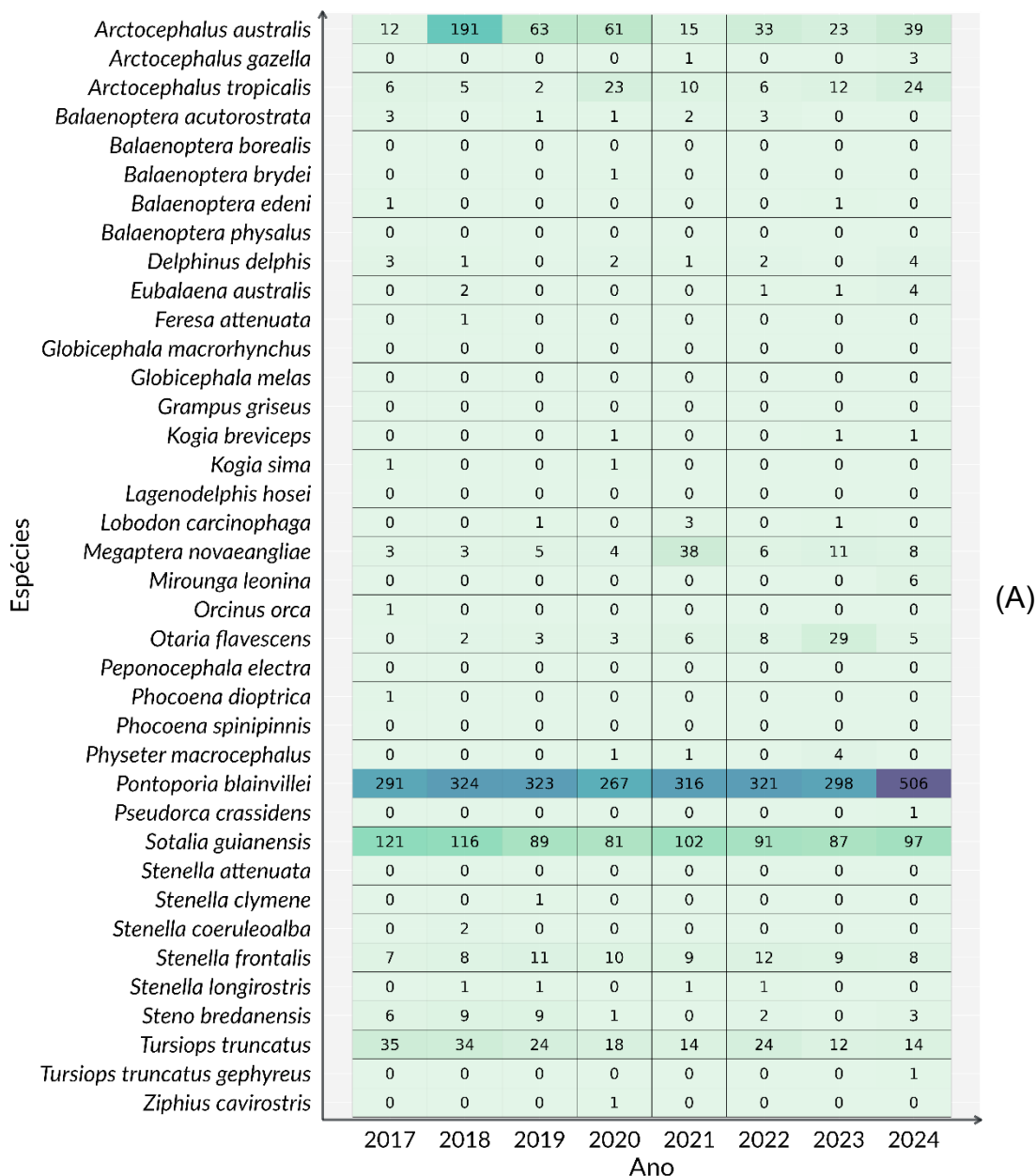
**Figura 5.2-3** – Mapa de calor da quantidade de exemplares de aves registradas por mesorregião (período de 2017 a 2024), (A) incluindo pinguins-de-Magalhães (*Spheniscus magellanicus*), e (B) sem incluir esta espécie. Mesorregiões ordenadas de sul (esquerda) para norte (direita)



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

Para os mamíferos, em 2024 a toninha, *Pontoporia blainvillei*, se manteve como espécie mais frequente nos encalhes (**Figura 5.2-4A**), principalmente no segundo semestre (**Figura 5.2-4B**). Cabe ressaltar, que em 2024 foi registrado o maior número de encalhes desta espécie, com 506 exemplares, um valor 53% acima da média de 336 animais por ano. A segunda espécie mais frequente, o boto-cinza, *Sotalia guianensis*, também ocorre em maiores quantidades no segundo semestre é causada principalmente nas mesorregiões do Litoral Paranaense e Sul Paulista (**Figura 5.2-5**). Os mapas de calor não apresentam a grande quantidade de botos-

cinza que foi registrada no segundo semestre de 2017 devido a um evento epizootico ligado ao morbilivirus no Rio de Janeiro, na Baía de Sepetiba e em menor intensidade na Baía da Ilha Grande (GROCH *et al.*, 2018; FLACH *et al.*, 2019). Isto acontece porque a maior parte dos animais foi registrada através de acionamentos, e nesta seção estão sendo apresentados apenas os registros feitos durante o monitoramento terrestre, pois estes é que serão utilizados nas análises de padrões de encalhes. Dentre os pinípedes, o lobo-marinho-sulamericano, *Arctocephalus australis*, foi o mais frequente em 2024, principalmente no 3º trimestre nas mesorregiões mais ao sul. Neste ano, a quantidade de leões-marinhos, *Otaria flavescens*, retornou aos níveis usuais, pois em 2023 houve uma mortalidade atípica causada pelo vírus H5N1 que afetou diversos países da América do Sul, incluindo o Brasil (de Carvalho Araújo *et al.*, 2024; Plaza *et al.*, 2024; Szteren & Franco-Trecu, 2024; Uhart *et al.*, 2024).



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

Espécies	<i>Arctocephalus australis</i>	2	23	346	66
	<i>Arctocephalus gazella</i>	0	0	4	0
	<i>Arctocephalus tropicalis</i>	0	3	83	2
	<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	0	2	6	2
	<i>Balaenoptera borealis</i>	0	0	0	0
	<i>Balaenoptera brydei</i>	0	1	0	0
	<i>Balaenoptera edeni</i>	0	1	0	1
	<i>Balaenoptera physalus</i>	0	0	0	0
	<i>Delphinus delphis</i>	2	1	6	4
	<i>Eubalaena australis</i>	0	2	5	1
	<i>Feresa attenuata</i>	1	0	0	0
	<i>Globicephala macrorhynchus</i>	0	0	0	0
	<i>Globicephala melas</i>	0	0	0	0
	<i>Grampus griseus</i>	0	0	0	0
	<i>Kogia breviceps</i>	0	1	1	1
	<i>Kogia sima</i>	1	0	1	0
	<i>Lagenodelphis hosei</i>	0	0	0	0
	<i>Lobodon carcinophaga</i>	1	1	0	3
	<i>Megaptera novaeangliae</i>	3	15	45	15
	<i>Mirounga leonina</i>	0	0	0	6
	<i>Orcinus orca</i>	0	1	0	0
	<i>Otaria flavescens</i>	3	11	14	28
	<i>Peponocephala electra</i>	0	0	0	0
	<i>Phocoena dioptrica</i>	0	0	1	0
	<i>Phocoena spinipinnis</i>	0	0	0	0
	<i>Physeter macrocephalus</i>	0	0	0	6
	<i>Pontoporia blainvillei</i>	434	323	949	940
	<i>Pseudorca crassidens</i>	0	0	1	0
	<i>Sotalia guianensis</i>	139	123	279	243
	<i>Stenella attenuata</i>	0	0	0	0
	<i>Stenella clymene</i>	0	0	0	1
	<i>Stenella coeruleoalba</i>	0	0	2	0
	<i>Stenella frontalis</i>	10	7	33	24
	<i>Stenella longirostris</i>	2	0	0	2
	<i>Steno bredanensis</i>	5	6	10	9
	<i>Tursiops truncatus</i>	34	23	67	51
	<i>Tursiops truncatus gephyreus</i>	0	0	0	1
	<i>Ziphius cavirostris</i>	1	0	0	0
		1	2	3	4
		Trimestre			

(B)

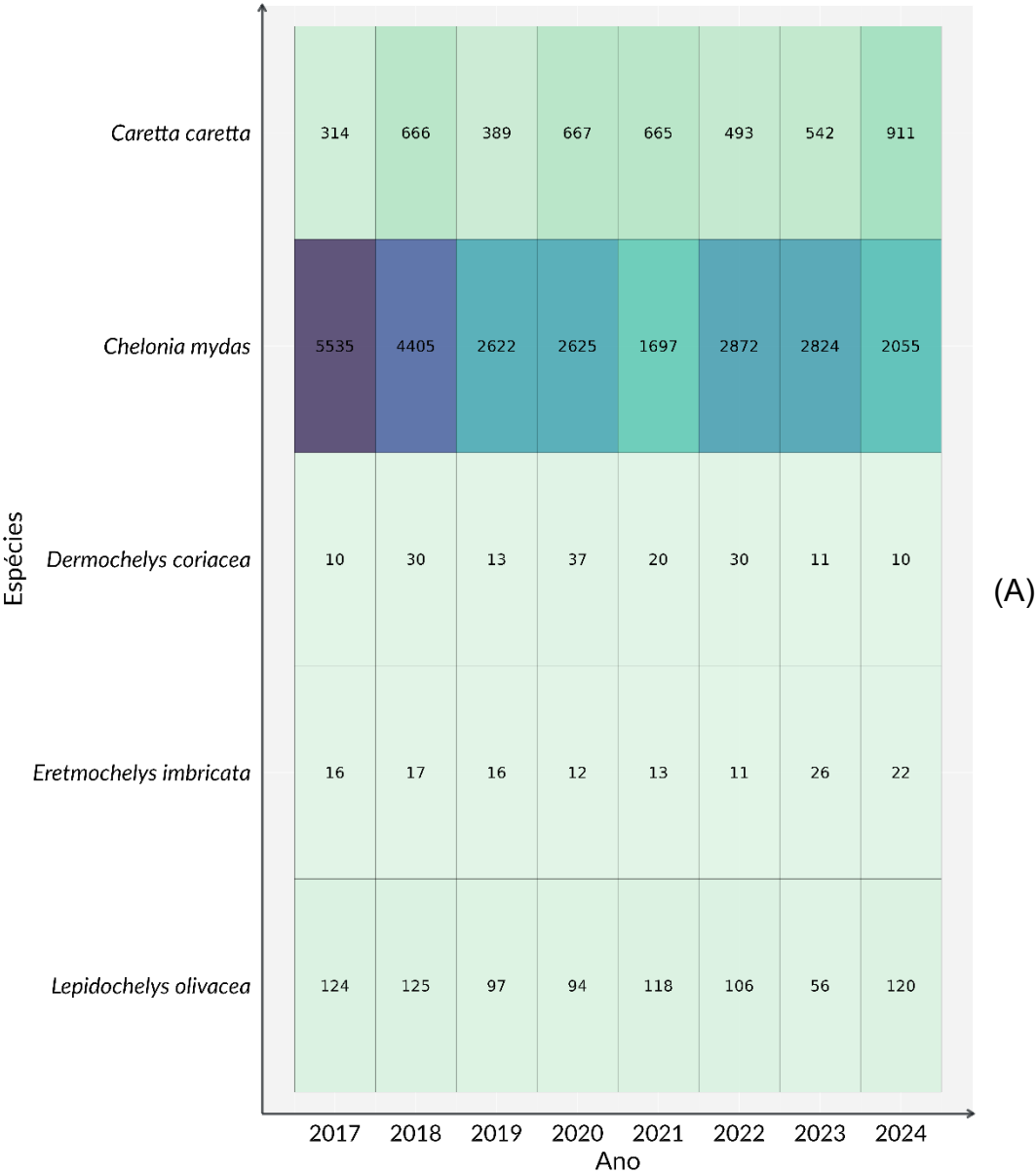
**Figura 5.2-4 (cont.)**

Espécies	Mesorregião										
	Litoral Sul Catarinense	Litoral Central Catarinense	Litoral Centro Norte Catarinense	Litoral Norte Catarinense	Litoral Paranaense	Litoral Sul Paulista	Litoral Central Paulista	Litoral Norte Paulista	Litoral Baía De Sepetiba	Litoral Baía Da Ilha Grande	Litoral Leste Fluminense
<i>Arctocephalus australis</i>	225	115	16	22	27	27	4	1	0	0	0
<i>Arctocephalus gazella</i>	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Arctocephalus tropicalis</i>	26	8	4	7	23	13	4	1	0	0	2
<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	1	1	1	1	2	4	0	0	0	0	0
<i>Balaenoptera borealis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Balaenoptera brydei</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Balaenoptera edeni</i>	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Balaenoptera physalus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Delphinus delphis</i>	0	0	2	3	2	1	1	2	0	0	2
<i>Eubalaena australis</i>	3	2	1	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Feresa attenuata</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Globicephala macrorhynchus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Globicephala melas</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Grampus griseus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Kogia breviceps</i>	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Kogia sima</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Lagenodelphis hosei</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lobodon carcinophaga</i>	0	0	0	1	3	0	0	0	0	1	0
<i>Megaptera novaeangliae</i>	4	0	4	10	16	31	5	1	0	1	6
<i>Mirounga leonina</i>	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Orcinus orca</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Otaria flavescens</i>	21	12	4	13	2	4	0	0	0	0	0
<i>Peponocephala electra</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Phocoena dioptrica</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Phocoena spinipinnis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Physeter macrocephalus</i>	1	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pontoporia blainvillei</i>	297	161	361	399	179	603	492	144	0	9	1
<i>Pseudorca crassidens</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sotalia guianensis</i>	0	2	8	41	348	209	31	54	43	44	4
<i>Stenella attenuata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stenella clymene</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stenella coeruleoalba</i>	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Stenella frontalis</i>	3	3	0	27	6	20	9	4	0	0	2
<i>Stenella longirostris</i>	0	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0
<i>Steno bredanensis</i>	1	5	1	2	2	9	1	4	0	3	2
<i>Tursiops truncatus</i>	27	18	20	42	34	13	10	1	0	0	10
<i>Tursiops truncatus gephyreus</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ziphius cavirostris</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

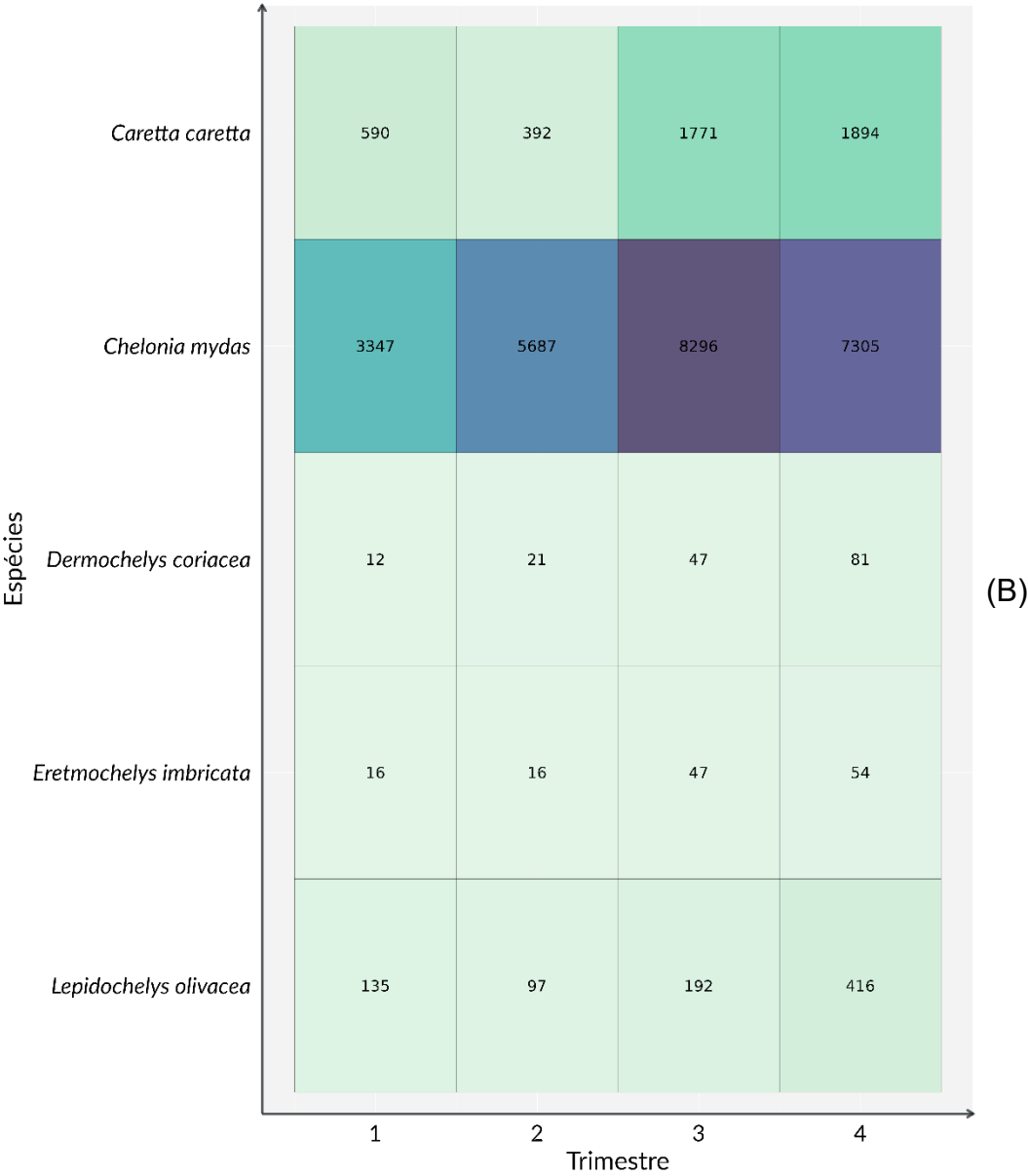
**Figura 5.2-5 – Mapa de calor da quantidade de exemplares de mamíferos registrados por mesorregião (período de 2017 a 2023). Mesorregiões ordenadas de sul (esquerda) para norte (direita).**

Para as tartarugas, a análise exploratória mostrou que a tartaruga-verde, *Chelonia mydas*, se mantém como a mais frequente ao longo dos anos. Uma clara redução na quantidade de registros, foi registrada entre 2017 e 2021, um aumento em 2022 e 2023, e novamente uma redução em 2024 (**Figura 5.2-6A**). Para todas as espécies se observa uma tendência de maior ocorrência no segundo semestre

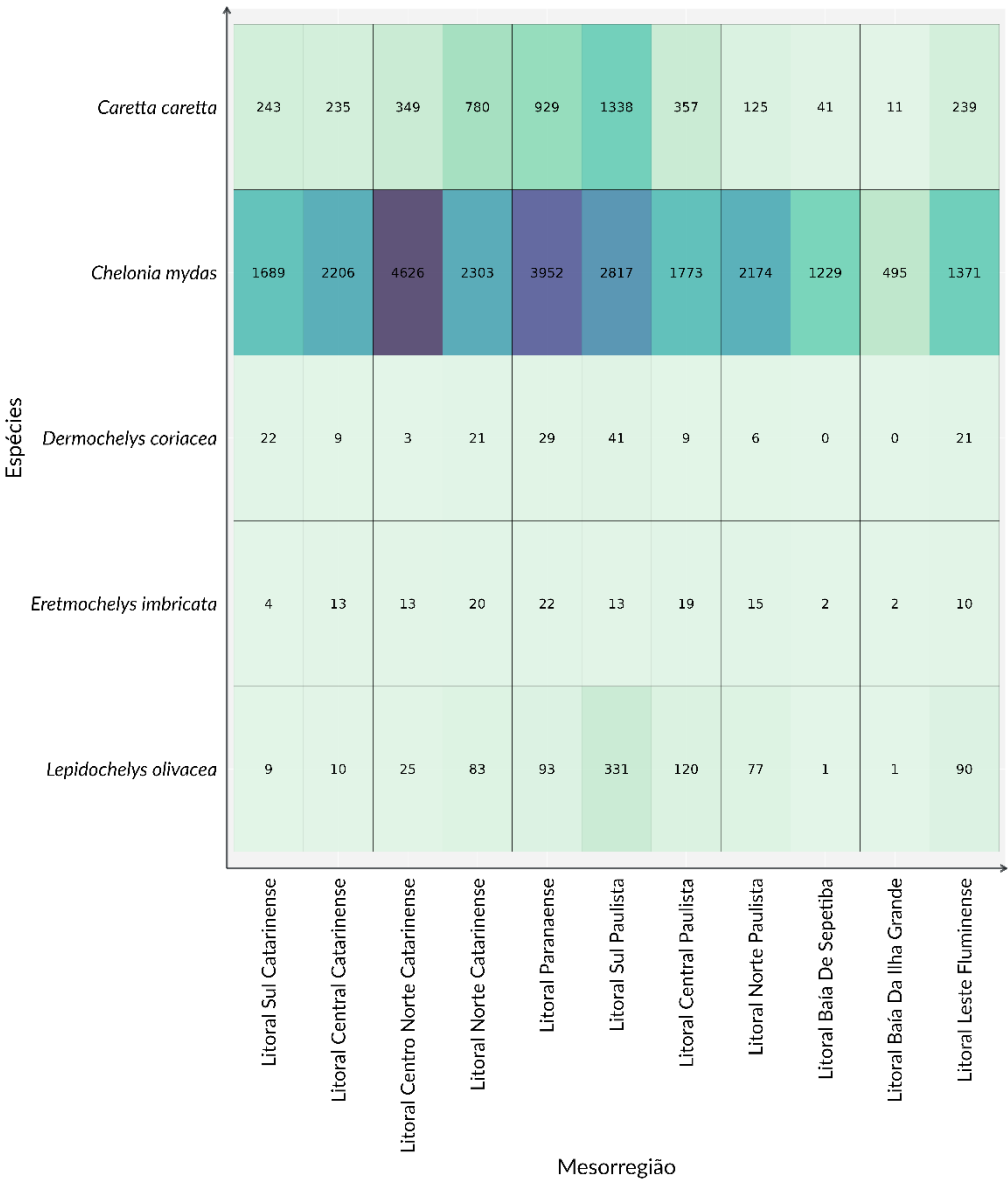
(**Figura 5.2-6B**), que está ligada aos padrões de migração reprodutiva das espécies. A tartaruga-cabeçuda, *Caretta caretta*, é a segunda espécie mais abundante em todos os anos, mas em 2024 apresentou um aumento considerável, sendo o maior da série histórica. As maiores quantidades foram registradas nas mesorregiões do Norte Catarinense e Sul Paulista. No litoral Sul Paulista, também se registra a maior concentração da tartaruga-oliva, *Lepidochelys olivacea*, 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. O Litoral Leste Fluminense apresenta quantidades consideráveis de *L. olivacea*, com poucos registros nas demais mesorregiões do estado do Rio de Janeiro. Vale lembrar, que apesar da mesorregião do Litoral Central Fluminense ter executado monitoramento regular terrestre no segundo semestre de 2023 e em 2024, os dados para essa mesorregião não estão sendo utilizados nestas análises, como apresentado na metodologia de análise (ver seção 5.1.1 *Padrões de Encalhes*).



**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**

Quando são avaliados os resultados da RDA para as aves, em 2024 se manteve a significância para fatores da análise já registrados em 2022 e 2023: tempo (trimestre e ano), espaço (mesorregião). Contudo, nas variáveis ambientais neste ano foi significativa a “média da Altura Significativa de Onda” e não mais a “variação da Altura Significativa de Onda” que apresentou significância em 2023. As demais variáveis ambientais e antrópicas não foram significativas para os encalhes de aves. A **Tabela 5.2-1** apresenta 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** – Resultados da análise de redundância para os dados ambientais e antrópicos (Model Final - Excluindo variáveis não significativas) para aves registradas pelo PMP-BS por monitoramento terrestre diário entre 2017 e 2024.

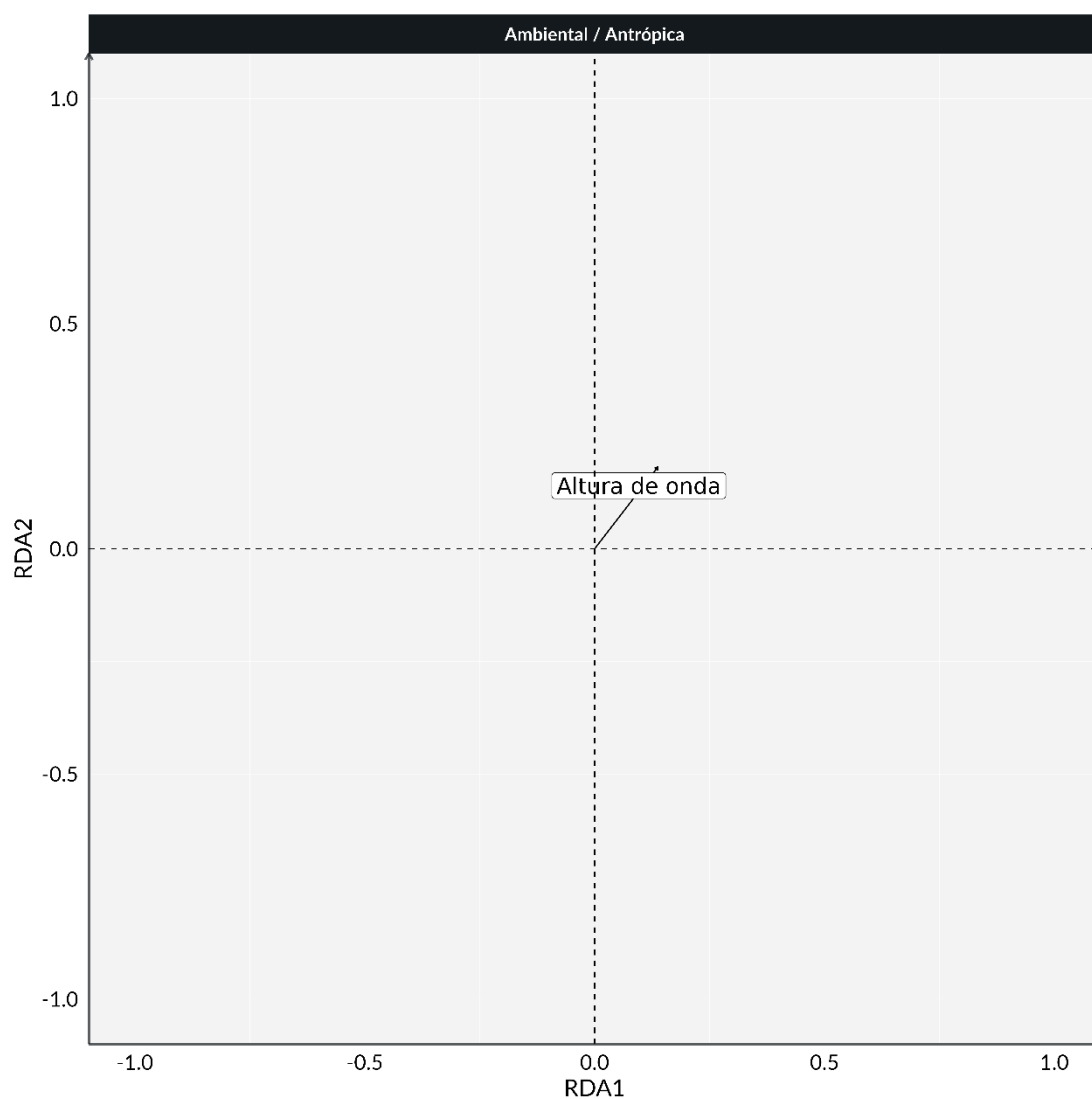
Parâmetro	G.L.	Variância	F	P-valor
Fator (ano)	7	0,025355	4,8895	0,001
Fator (trimestre)	3	0,124728	56,1224	0,001
Mesorregião	10	0,085250	11,5076	0,001
Altura Sign. Onda (0-20m) média	1	0,001479	1,9971	0,055
Residual	330	0,244468		
R <sup>2</sup> = 0,4920				
R <sup>2</sup> ajustado = 0,4597				

Dentre as variáveis ambientais e antrópicas incluídas na análise, apenas a média da altura de ondas apresentou significância para Aves em 2024 (**Figura 5.2-8**). Nas análises dos dados de 2022 e 2023 (PETROBRAS, 2023, 2024) também não houve variáveis antrópicas que apresentaram significância com a variabilidade dos encalhes de aves. Todavia a temperatura vinha se mantendo como uma variável que apresentava efeito nas análises, o que não aconteceu em 2024. Ao se examinar o modelo completo gerado pela RDA (Apêndice 5), se detecta uma significância marginal ( $p=0,075$ ) para a média da temperatura superficial da água. A ausência de significância em 2024 pode estar indicando que variações na temperatura da água em conjunto com as variações nos encalhes não foram tão fortes neste ano. Ao incluir os valores de temperatura de 2024 no conjunto de dados isto pode ter gerado um maior ruído para este fator e consequente perda da significância.

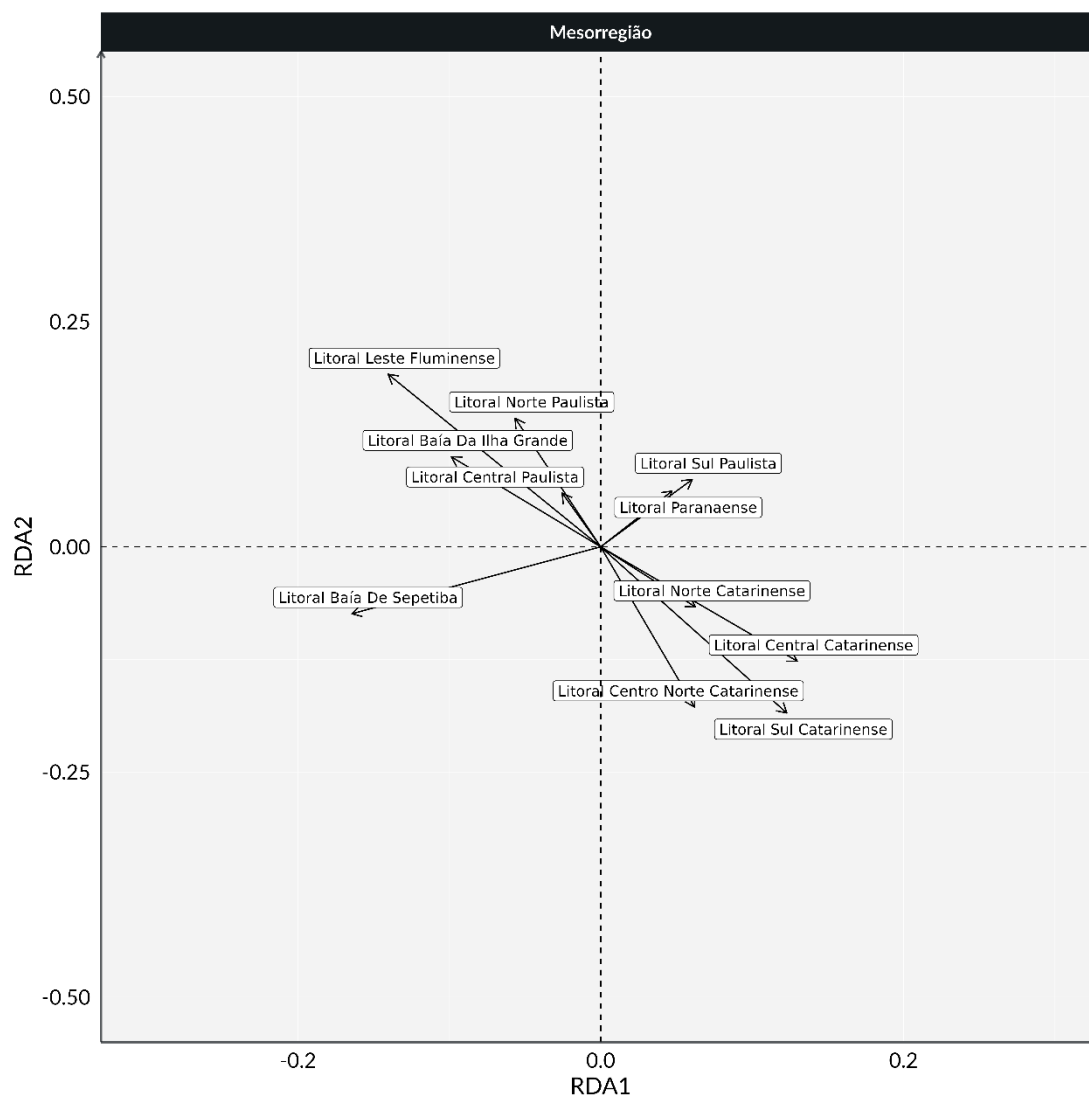
As cargas das mesorregiões nos eixos RDA1 e RDA2 apresentaram um padrão interessante, com uma clara interpretação geográfica (**Figura 5.2-9**). Os quadrantes 2 e 4 apresentam, respectivamente, as mesorregiões ao sul e ao norte da área do PMP-BS, com o quadrante 1 apresentando regiões intermediárias (Paraná e sul de São Paulo). O isolamento do Litoral da Baía de Sepetiba no quadrante 3 pode estar ligado à baixa ocorrência de pinguins-de-Magalhães naquela mesorregião, sendo menor do que as demais mesorregiões do Rio de Janeiro e São Paulo.

A interpretação dos efeitos temporais também é bem coerente, em especial para os trimestres (**Figura 5.2-10**). Os quatro trimestres estão quase ortogonais entre si, com verão (trimestre 1) e inverno (trimestre 3) com cargas opostas no eixo RDA1 e outono (trimestre 2) e primavera (trimestre 4) opostos no eixo RDA2. Isto sugere que os encalhes são fortemente regidos por fatores sazonais, e que os padrões de cada estação são bem diferentes entre si. A variação interanual (**Figura 5.2-11**) apresenta uma tendência de separar os primeiros anos (2017 – 2019, 2021) do PMP-BS no lado negativo do eixo RDA1 e os últimos anos (2020, 2022 – 2024) no lado positivo. 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. Uma vez que o eixo RDA1 também tem altas cargas positivas para o inverno, para as mesorregiões do sul e para os pinguins-de-Magalhães (ver abaixo), é possível que a variabilidade dos encalhes desta espécie tenha influenciado esse padrão. Mas como 2018 foi o ano com maior quantidade de pinguins e está em oposição a este, fica claro que o padrão observado não é unicamente causado por esta espécie.

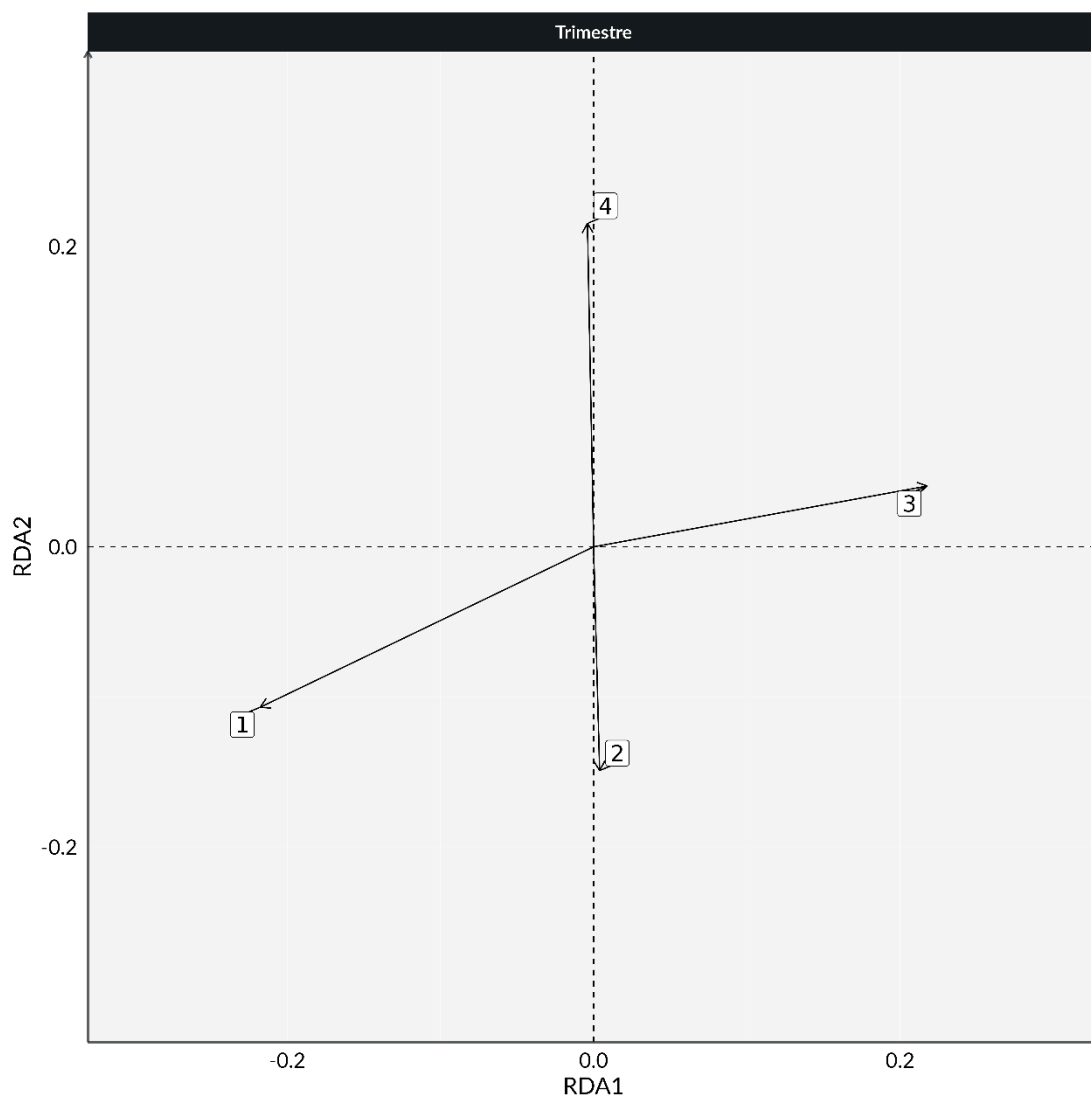
A análise dos resultados das espécies (**Figura 5.2-12**) mostra que o eixo RDA1 tem as cargas positivas mais altas para *Spheniscus magellanicus*, o pinguim-de-Magalhães. Ortogonal a estes, o eixo RDA2 tem valores altos para *Larus dominicanus* em oposição a *Puffinus puffinus*, sugerindo que os padrões de variabilidade destas duas espécies são independentes da primeira. Na análise dos dados até 2023 estas duas espécies estavam em oposição a *Phalacrocorax brasilianus*, que neste ano apresentou cargas baixas em ambos os eixos. Como colocado na análise exploratória, 2024 apresentou uma quantidade muito alta de biguás, fora dos padrões usuais da espécie. Isso deve ter aumentado muito a variabilidade de ocorrência da espécie, não se adequando mais aos padrões das demais espécies. O atobá, *S. leucogaster* se apresentou em oposição ao gaivotão no eixo RDA2, similar ao observado em anos anteriores. Isto reflete o padrão norte-sul observado nas mesorregiões para este mesmo eixo (**Figura 5.2-9**).



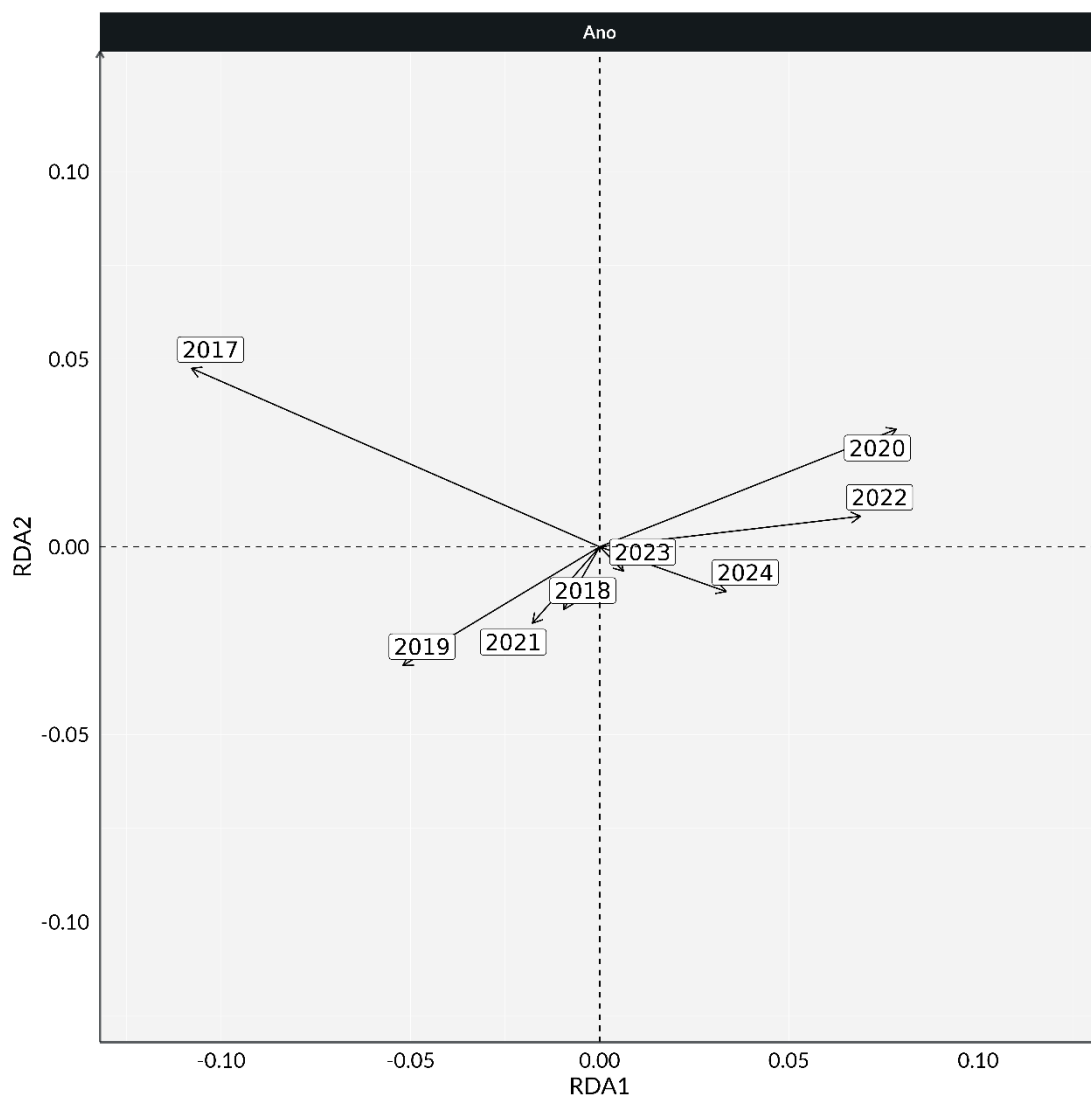
**Figura 5.2-8** – Resultados da RDA para aves: variáveis ambientais significativas. Nenhuma variável antrópica apresentou significância na análise.



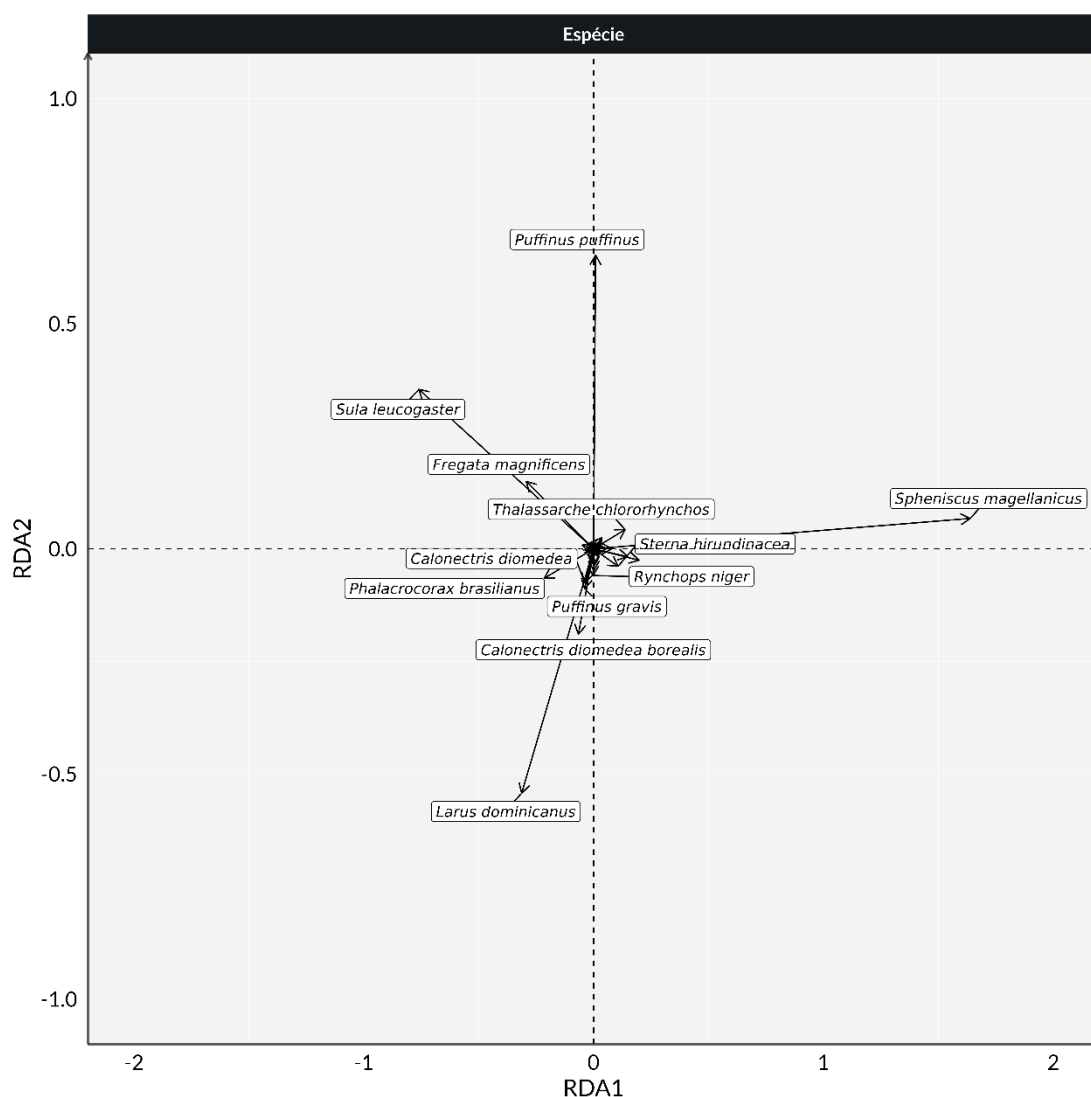
**Figura 5.2-9 – Resultados da RDA para aves: mesorregiões.**



**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**

Os resultados da RDA para as tartarugas apontaram significância para os fatores temporais (sazonalidade e ano) e espaciais (mesorregião), similar ao observado para as aves. Entretanto, apresentou diversas variáveis ambientais significativas: média e variabilidade da temperatura da água, média da altura de ondas e média das intensidades meridionais e zonais dos ventos (**Tabela 5.2-2**). Neste ano não houve nenhuma variável antrópica que apresentou significância no modelo selecionado. A tabela apresenta 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** – Resultados da análise de redundância para os dados ambientais e antrópicos (Model Final - Excluindo variáveis não significativas) para tartarugas marinhas registrados pelo PMP-BS entre 2017 e 2023.

Parâmetro	G.L.	Variância	F	P-valor
Fator (ano)	7	0,00752	12,3005	0,001
Fator (trimestre)	3	0,00445	16,9852	0,001
Mesorregião	10	0,00030	3,4425	0,038
Altura Sign. Onda (0-20m) média	1	0,02723	31,1815	0,001
Temperatura (0-20m) média	1	0,00049	5,7017	0,009
Temperatura (0-20m) desv. pad.	1	0,00027	3,0874	0,047
Vento (componente zonal u, 0-20m) médio	1	0,00021	2,4225	0,067
Vento (componente meridional v, 0-20m) médio	1	0,00018	2,0683	0,125
Residual	326	0,02848		

$R^2 = 0,58817$   
 $R^2 \text{ ajustado} = 0,55659$

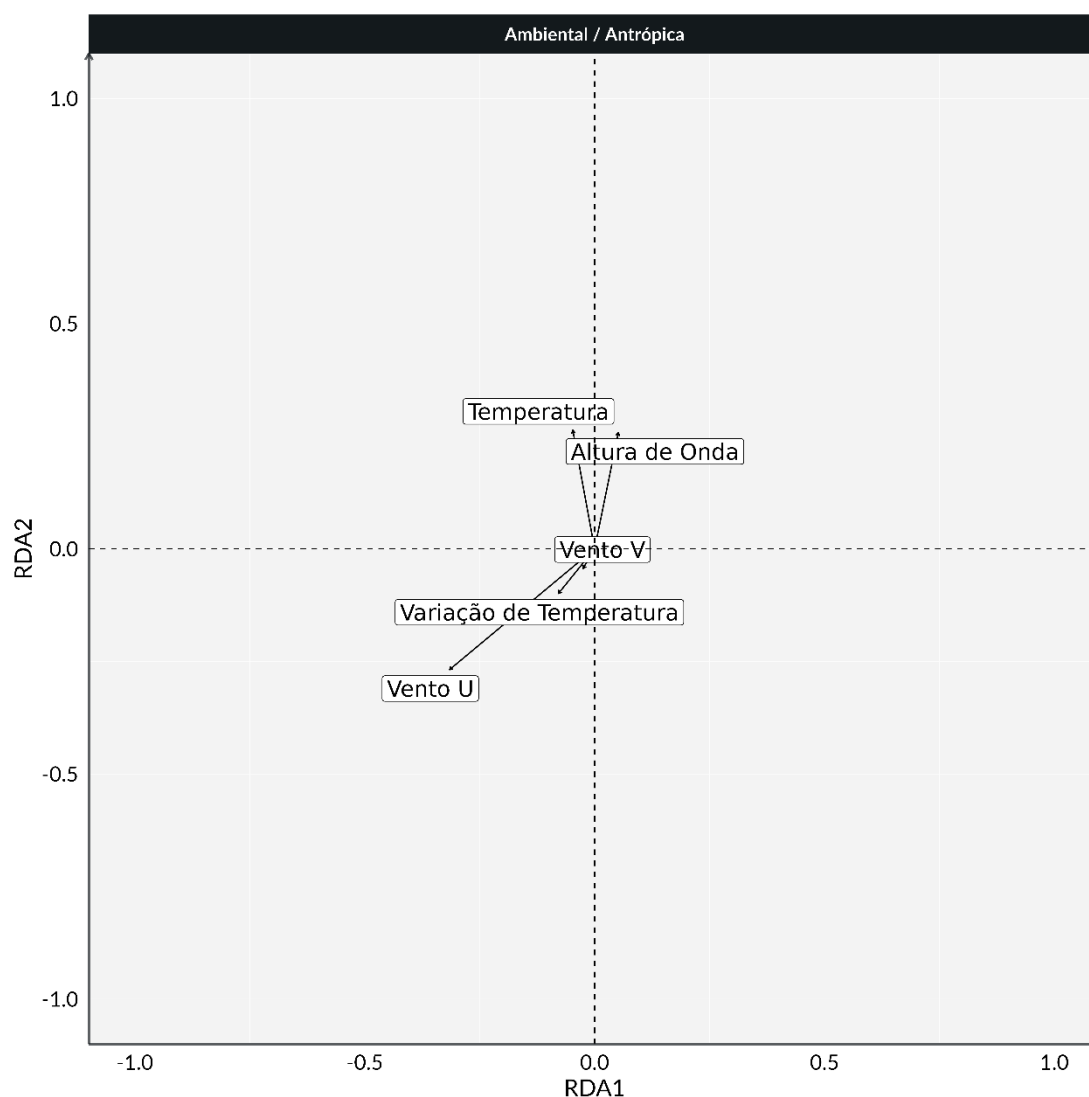
Para as tartarugas as análises de RDA nos relatórios com dados de 2021, 2022 e 2023 (PETROBRAS, 2022a, 2023, 2024) a temperatura e a clorofila foram variáveis significativas, apesar desta última alterar entre a variabilidade (desvio padrão) e o valor médio. Isto sugeriria uma importância consistente destas na variabilidade dos encalhes, mas com a inclusão dos dados de 2024 a clorofila deixou de ser significativa na explicação dos padrões de encalhes. Por outro lado, em 2023, foi a primeira vez que o parâmetro vento apresentou significância, com a direção deste. Na análise atual ambas as componentes da intensidade do vento se mostraram significativas e com cargas negativas no eixo RDA2 (**Figura 5.2-13**). A ausência de variáveis antrópicas significativas, difere de anos anteriores, quando usualmente o tráfego de embarcações, da Petrobras ou de terceiros, apresentavam alguma significância. Entretanto já se havia discutido de que esta significância provavelmente não representava uma relação causal, pois a carga do tráfego de embarcações se apresentava inversa no eixo em que as espécies estavam com maior carga, sugerindo um aumento de encalhes em áreas com menor tráfego.

Quando analisadas as cargas das mesorregiões, observa-se que estão distribuídas principalmente no eixo RDA2 (**Figura 5.2-14**), com exceção da Baía da Ilha Grande, que apresentou maior carga no eixo RDA1. Para os dados de 2023 houve uma situação semelhante com a mesorregião da Baía da Guanabara, que também apresentou uma situação quase ortogonal com as demais áreas, sugerindo

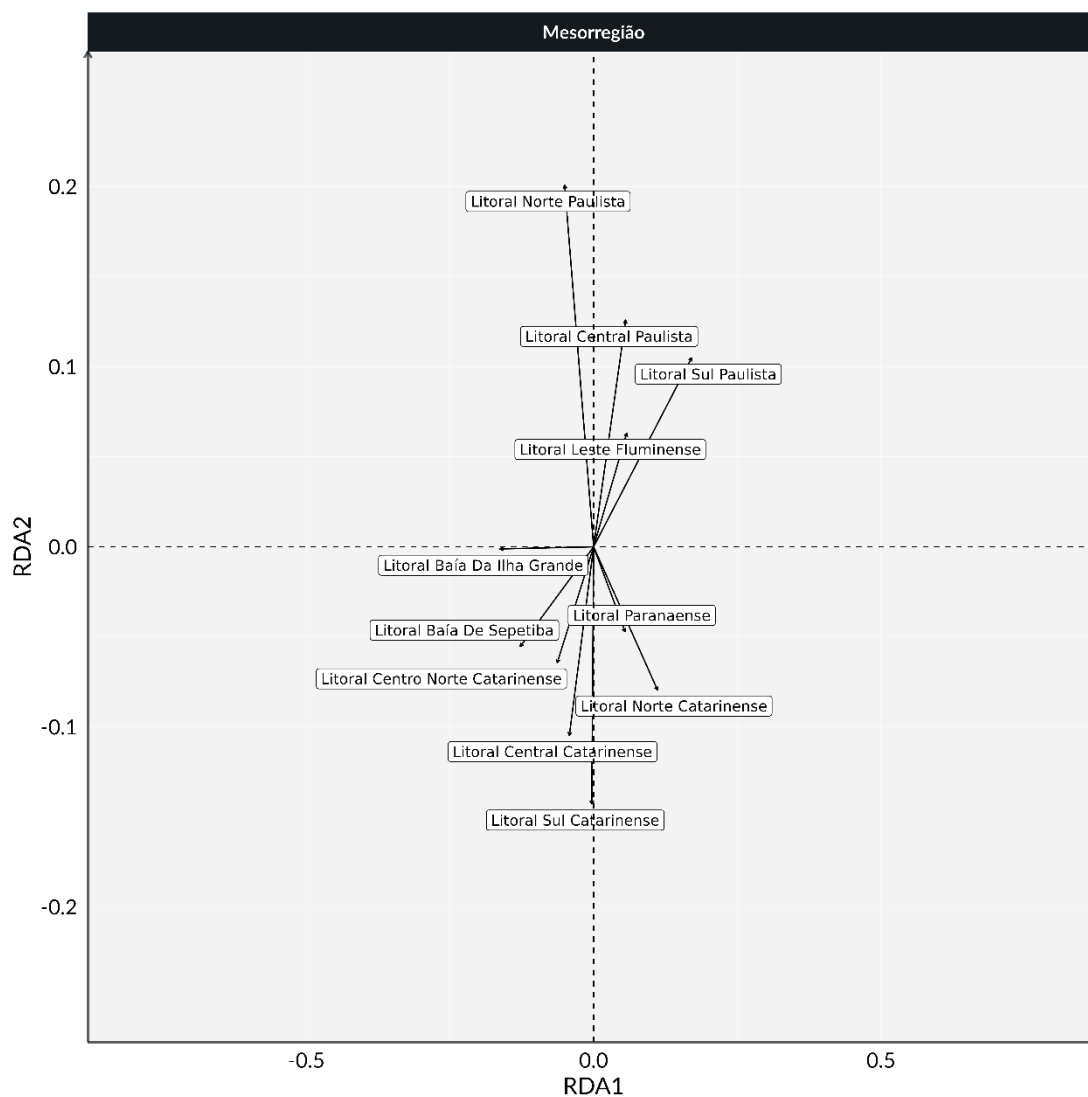
uma independência entre os padrões de encalhes observados nela e nas demais. O eixo RDA2 separa principalmente as mesorregiões de São Paulo e Leste Fluminense das demais. Na análise das cargas das espécies (**Figura 5.2-17**), se observa que é o mesmo eixo onde *Lepidochelys olivacea* também apresenta cargas positivas. Como discutido na análise exploratória, as mesorregiões com maiores quantidades de registros desta espécie são as mesmas que estão com cargas positivas no eixo RDA2.

Com relação aos fatores temporais, a separação dos trimestres em eixos diferentes indica sazonalidade no padrão de encalhes (**Figura 5.2-15**). Outono (trimestre 2) e primavera/verão (trimestres 4 e 1) estão em oposição no RDA1, e o inverno (trimestre 3) tem maiores cargas no eixo RDA2. Esta conformação indica que, enquanto primavera e outono têm padrões inversos, o inverno apresenta padrões independentes dos dois primeiros. As tartarugas se deslocam ao largo da costa brasileira entre áreas de desova em menores latitudes (sudeste e nordeste) e áreas de alimentação no sudeste e sul (ALMEIDA et al., 2011; SANTOS et al., 2011). Portanto, é possível que parte do padrão temporal e espacial observados estejam relacionados a esta movimentação e sua aproximação da costa em determinadas regiões. Em escalas temporais maiores, os padrões interanuais (**Figura 5.2-16**) apresentam uma semelhança com o observado nas aves, com os anos iniciais do PMP-BS (2017-2019) se agrupando e em oposição aos anos finais (2020-2024). Mas diferente do observado nas aves, as cargas tanto dos trimestres quanto dos anos estão em patamares similares, com valores próximos de 0,1 o que sugere forças semelhantes na estruturação dos padrões de encalhes.

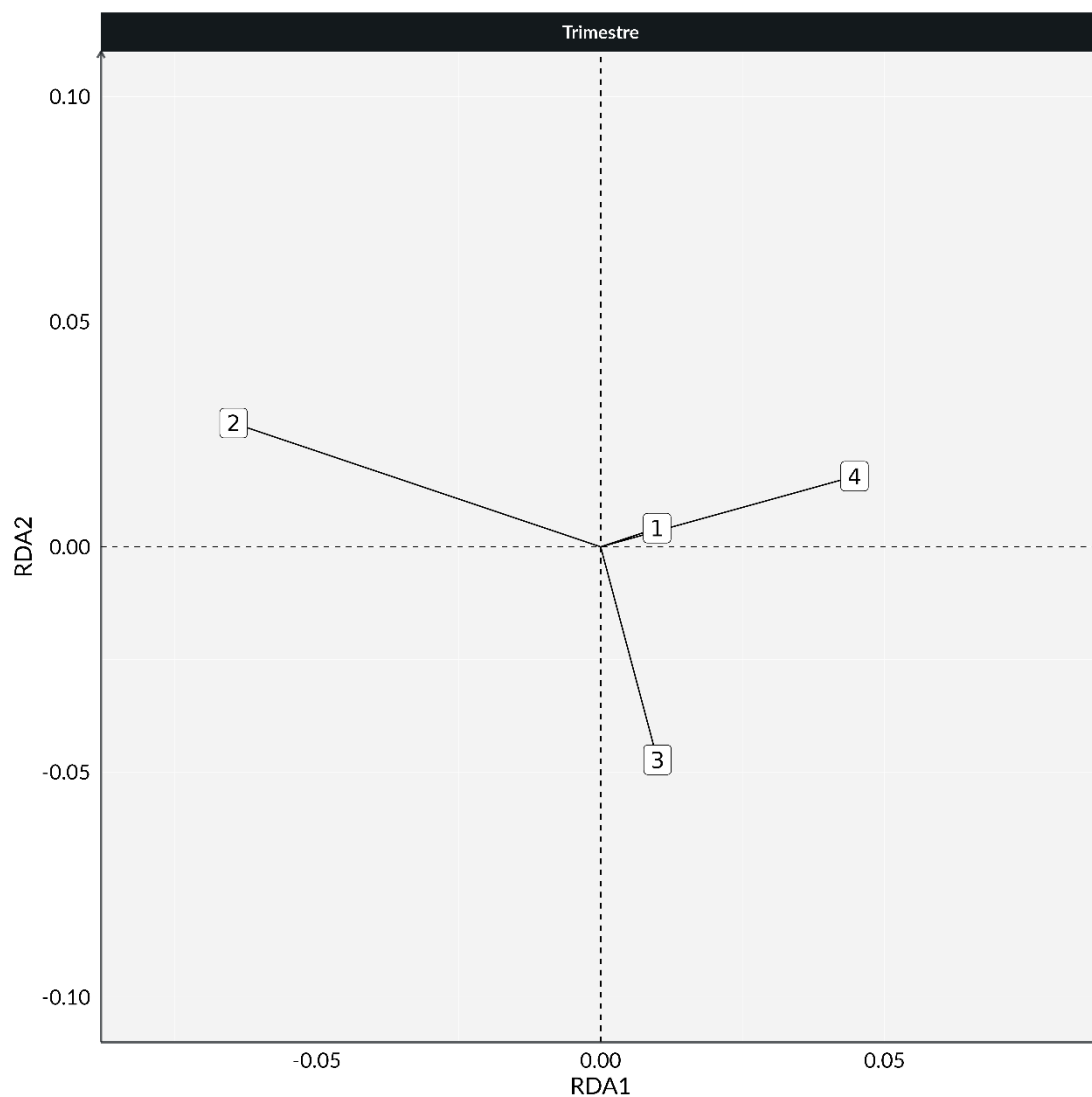
Ao observar as cargas das espécies nos eixos da RDA (**Figura 5.2-17**), se observa a tartaruga-verde, *C. mydas*, com valores altos no RDA1, em oposição às demais espécies. Para 2023, o padrão foi diferente, com *C. mydas* estando mais ortogonal às outras espécies. *Caretta caretta* e *L. olivacea* já apresentavam cargas positivas no mesmo eixo, o que se manteve em 2024, mas agora se passa a ver uma oposição destas com *C. mydas*. Como o eixo RDA1 também tem valores positivos para os últimos 4 anos, é possível que se esteja observando uma mudança de mais longo prazo no padrão de encalhe entre as espécies.



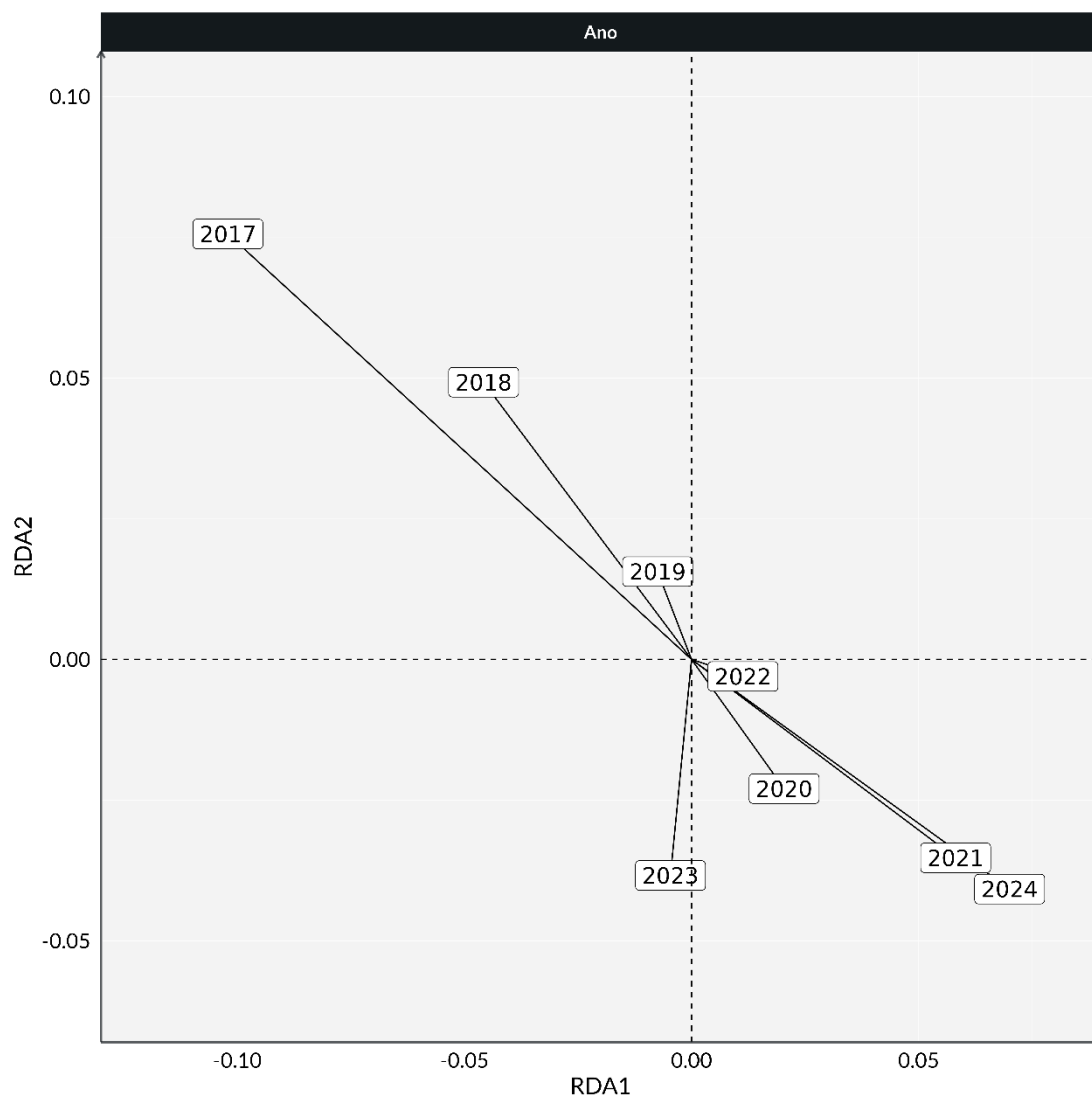
**Figura 5.2-13** – Resultados da RDA para tartarugas marinhas: variáveis ambientais significativas. Nenhuma variável antrópica apresentou significância na análise.



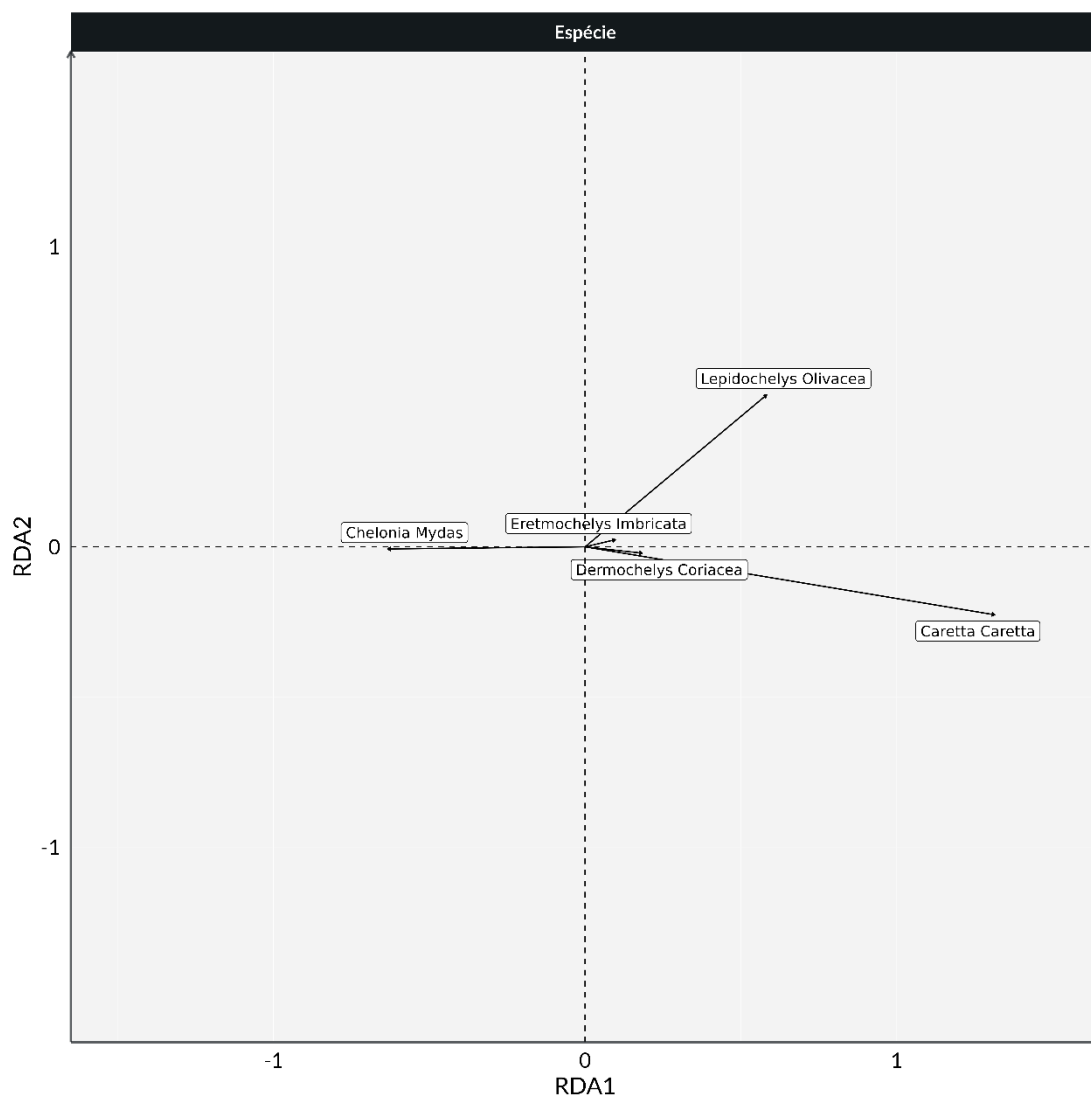
**Figura 5.2-14 – Resultados da RDA para tartarugas marinhas: mesorregiões.**



**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.**

### *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). Nos relatórios com dados de 2022 e 2023, as variáveis ambientais e antrópicas que apresentaram resultados significativos foram o valor médio da clorofila, temperatura média e a distância ao polo de produção, entretanto ao incluir os dados de 2024, somente a clorofila se manteve significativa (**Tabela 5.2-3**). As demais variáveis ambientais e antrópicas não foram significativas para os encalhes de mamíferos. Entretanto, ao se observar os resultados do modelo completo (Apêndice 5) se vê valores de significância

marginais para o valor médio da altura de onda ( $p=0,090$ ), intensidade média da navegação por terceiros ( $p=0,071$ ) e a distância do polo de produção da Bacia de Santos ( $p=0,054$ ).

**Tabela 5.2-3** – Resultados da análise de redundância para os dados ambientais e antrópicos (Model Final - Excluindo variáveis não significativas) para mamíferos registrados pelo PMP-BS entre 2017 e 2023.

Parâmetro	G.L.	Variância	F	P-valor
Fator (ano)	7	0,0082	1,8378	0,009
Fator (trimestre)	3	0,0079	5,0925	0,001
Mesorregião	10	0,2067	32,4260	0,001
Clorofila (0-20m) média	1	0,0021	3,2579	0,020
Residual	330	0,2104		
$R^2 = 0,5187$				
$R^2$ ajustado = 0,4880				

Em 2022 e 2023 as variáveis ambientais temperatura e clorofila apresentaram cargas opostas à distância do polo de produção no eixo RDA1, 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, apresentaram valores opostos no eixo RDA2, indicando aumentos de temperatura em momentos/regiões com menores valores de clorofila (PETROBRAS, 2024). Neste ano, como somente a clorofila apresentou significância no modelo (**Figura 5.2-18**), não é possível avaliar se estes padrões permanecem.

Com relação às mesorregiões o padrão deste ano (**Figura 5.2-19**) se manteve muito similar ao de 2023. Houve uma separação espacial das cargas das mesorregiões, com as de São Paulo no quadrante 1, Santa Catarina no quadrante 4, e as do Rio de Janeiro nos quadrantes 2 e 3, com as baías da área oeste do Rio de Janeiro separadas da área mais aberta do leste fluminense. O Paraná ficou no quadrante 2, mas com valores maiores no eixo RDA2, similar ao Litoral Sul Paulista, uma área geograficamente próxima.

A manutenção deste padrão provavelmente está relacionada com a quantidade de registros das duas espécies mais frequentes, o boto-cinza, *S. guianensis*, e a toninha, *P. blainvillei*. Estas duas apresentaram, respectivamente, altos valores positivos no eixo RDA2 e RDA1 (**Figura 5.2-22**). Ao se relacionar as cargas das mesorregiões e das espécies se observa que as mesorregiões com valores

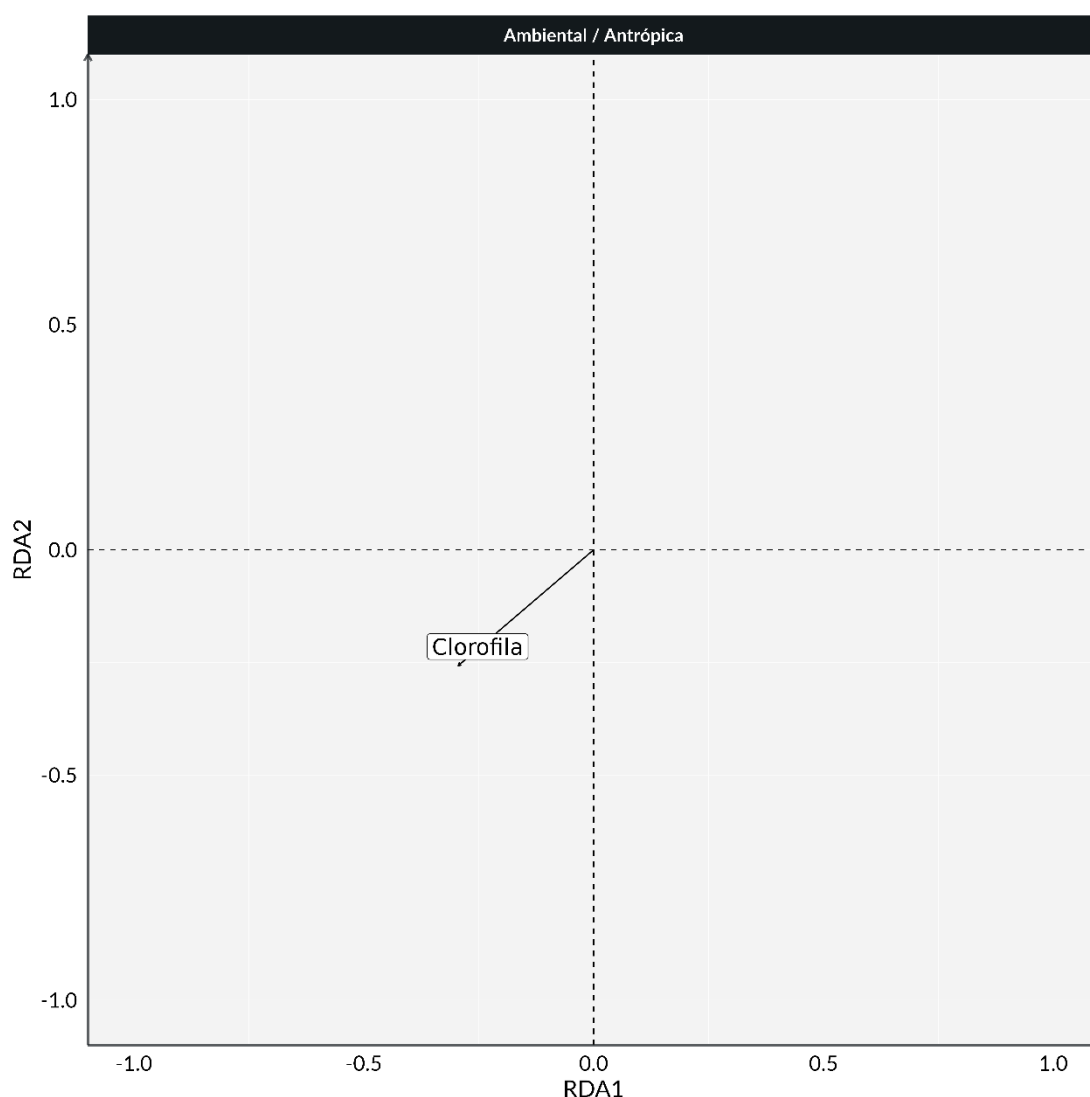
negativos em RDA1 são aquelas com poucos ou nenhum registro de toninhas. Por outro lado, valores altos no RDA2 são das mesorregiões com mais registros de botos-cinza. As mesorregiões no quadrante 4 (valores negativos no RDA2 e positivos no RDA1) foram as que apresentaram maior registro de pinípedes e *Tursiops truncatus*. Estes resultados reforçam o que já foi discutido 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 sazonalidade (trimestres; **Figura 5.2-20**) apresentou um padrão similar ao observado nos últimos três relatórios, 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. Já no relatório de 2023 se havia observado um “descolamento” de primavera-verão e outono-inverno, que anteriormente ficavam mais agrupados. Para 2024 isto se manteve, com os trimestres apresentaram maior ortogonalidade, indicando uma diferenciação dos padrões de encalhes entre as estações. Do ponto de vista interanual, 2024 se destacou dos demais anos, ficando isolado no quadrante 1, com altos valores tanto no RDA1 como RDA2 (**Figura 5.2-21**).

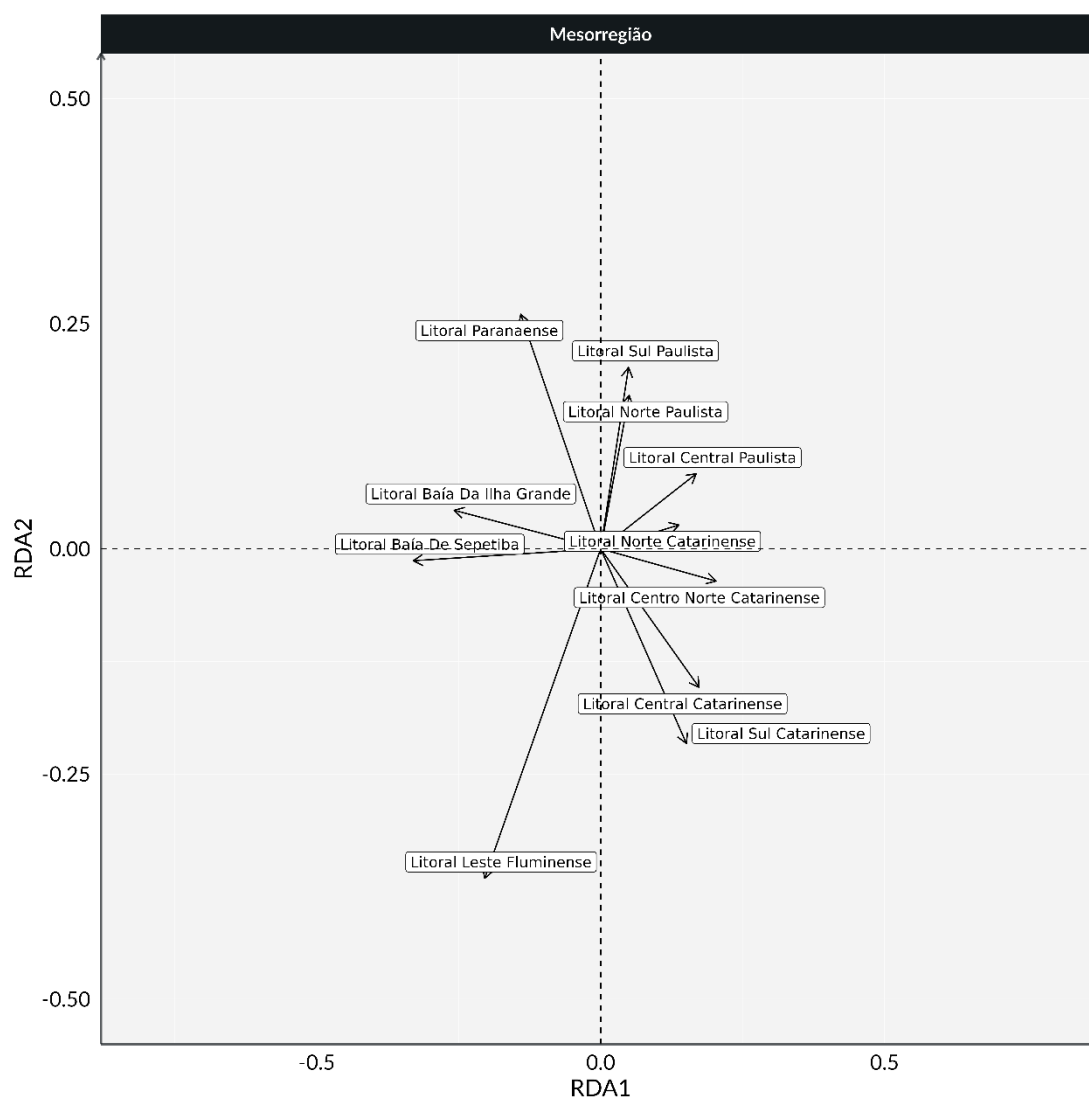
Como colocado anteriormente, na análise das espécies *P. blainvillei* e *S. guianensis* apresentaram valores altos em eixos diferentes (**Figura 5.2-22**), um padrão similar ao observado nos três últimos relatórios. Isto reflete o padrão de distribuição destas espécies, pois a primeira tende a ser mais frequente em regiões mais ao sul, sendo substituída pela segunda em direção norte. 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**). Mas, estas espécies tenderam a ter valores baixos, ficando próximas da origem dos dois eixos.

Este agrupamento das três espécies no mesmo quadrante onde estão as mesorregiões de Santa Catarina reflete os padrões naturais de distribuição destas espécies. O lobo-marinho-sulamericano, *A. australis*, possui colônias reprodutivas no Uruguai, com deslocamento 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*, habita a plataforma continental, mas no sul do Brasil, tende a

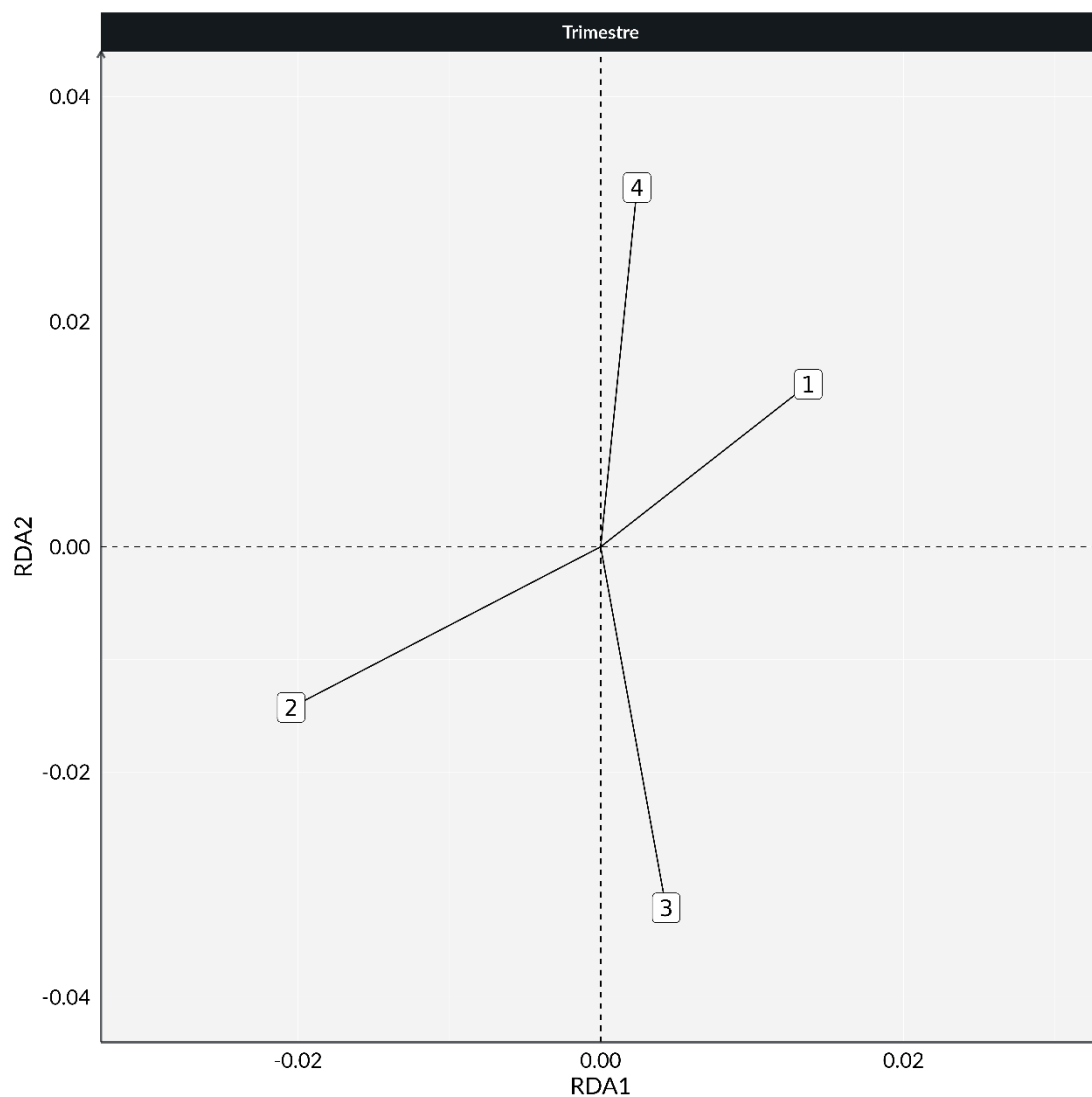
estar associado a estuários (LODI *et al.*, 2016). Um ponto que se deve ter atenção, é que o servidor de nomes utilizado pelo SIMBA não reconhece o boto-de-Lahille como a espécie *T. gephyreus* (WICKERT *et al.*, 2016; HOHL *et al.*, 2020), e sim como subespécie, seguindo o entendimento de parte da comunidade 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. gephyreus* nos estuários e zona costeira deste estado.



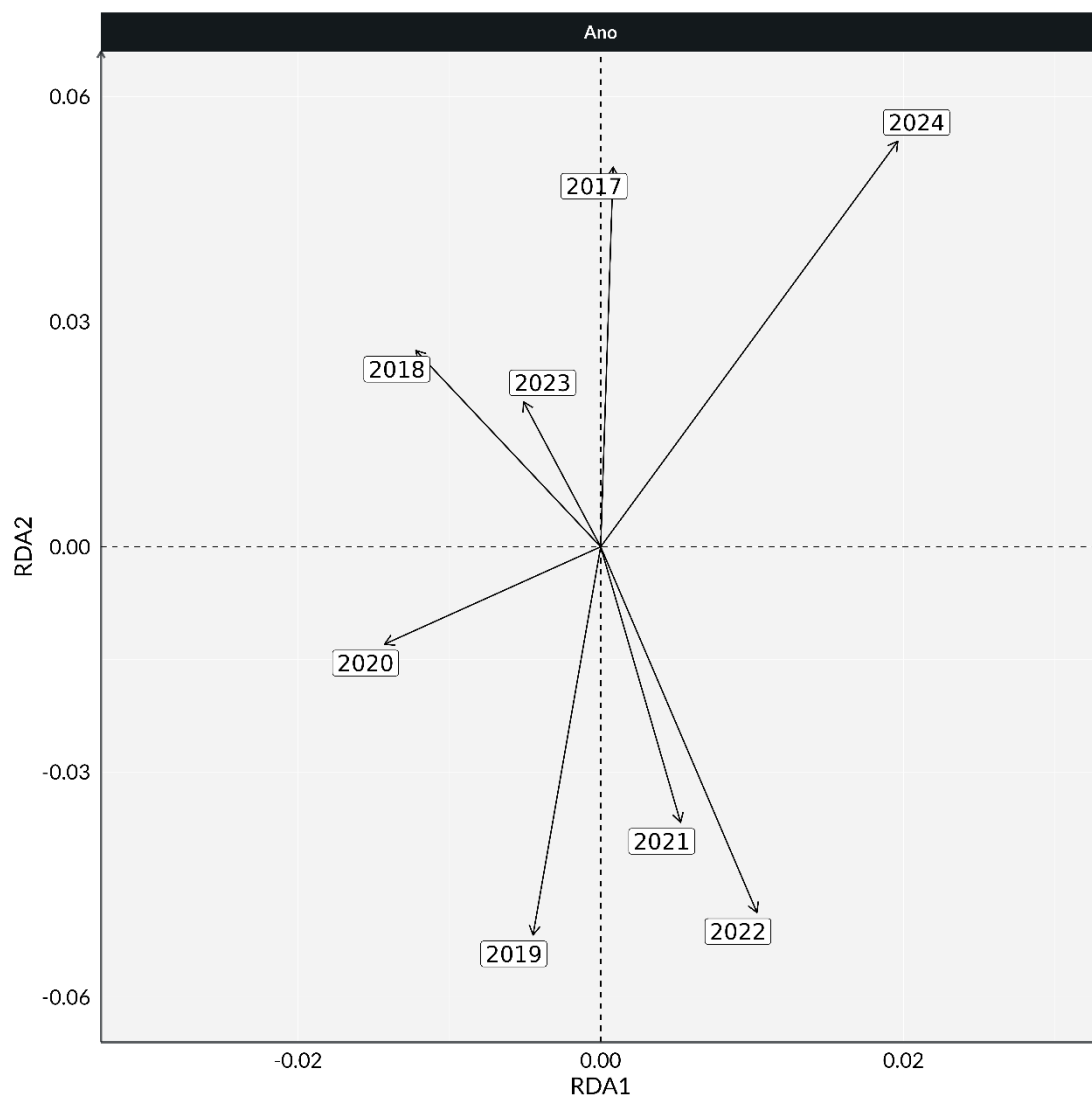
**Figura 5.2-18** – Resultados da RDA para mamíferos: variáveis ambientais significativas. Nenhuma variável antrópica apresentou significância na análise.



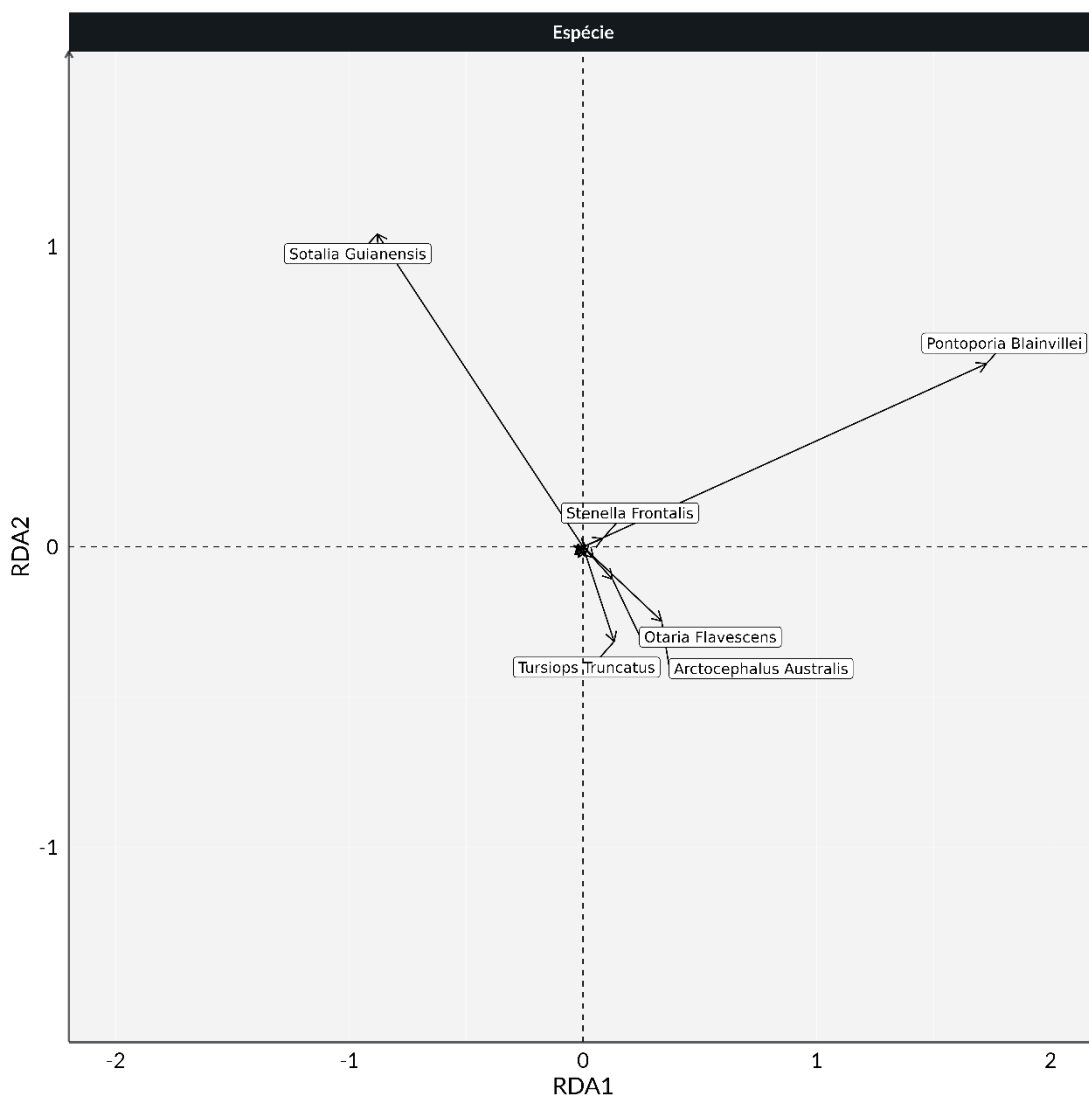
**Figura 5.2-19 – Resultados da RDA para mamíferos: mesorregiões.**



**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

O Índice de Saúde (IS) busca gerar uma visão integrada da saúde dos animais necropsiados, agregando diversos parâmetros. Já havia sido discutido se no cálculo deveria ser considerado o IS para os animais, que passaram por tratamento veterinário nas unidades da rede de atendimento veterinário do PMP-BS. A exclusão destes garantiria uma visão mais fiel da saúde dos animais em seu ambiente natural, sem intervenções. Mas por outro lado, especialmente para aves, se perde uma grande quantidade de animais para as análises (**Tabela 5.2-4**). Em relatórios anteriores as análises foram feitas incluindo e excluindo os animais que

passaram por tratamento veterinário (PETROBRAS, 2023). Se observou que apesar dos padrões do IS não se alterarem com e sem a inclusão de animais que passaram por tratamento, havia diferenças nos IS dos dois grupos, com o IS maiores (melhor condição de saúde) em animais que não passaram por tratamento nas bases do PMP-BS. Devido a esta diferença, no presente relatório foram utilizados todos os animais, mas incluindo a passagem ou não por tratamento veterinário com um dos fatores no GLM. Deste modo é possível tanto ter um tamanho amostral mais robusto, como verificar qual a influência da inclusão ou não destes animais nas análises.

**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			Reptilia			Total Geral
	Sem atend.	Com atend.	Total	Sem atend.	Com atend.	Total	Sem atend.	Com atend.	Total	
<b>Rio de Janeiro</b>	<b>301</b>	<b>1.335</b>	<b>1.636</b>	<b>20</b>	<b>2</b>	<b>22</b>	<b>267</b>	<b>339</b>	<b>606</b>	<b>2.264</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	39	39	78	451
2021	53	215	268	3		3	25	35	60	331
2022	77	225	302	9	1	10	41	33	74	386
2023	20	309	329	1		1	40	34	74	404
2024	2	138	140	7		7	26	11	37	184
<b>São Paulo</b>	<b>1.241</b>	<b>1.975</b>	<b>3.216</b>	<b>375</b>	<b>52</b>	<b>427</b>	<b>1.482</b>	<b>1.619</b>	<b>3.101</b>	<b>6.744</b>
2015	69	38	107	8	3	11	5	23	28	146
2016	33	99	132	17	1	18	104	124	228	378
2017	30	88	118	34	5	39	210	321	531	688
2018	98	126	224	32	10	42	271	248	519	785
2019	92	151	243	23	3	26	160	195	355	624
2020	192	491	683	22	7	29	93	155	248	960
2021	113	267	380	35	6	41	135	129	264	685
2022	148	256	404	34	5	39	130	129	259	702
2023	197	201	398	61	2	63	150	138	288	749
2024	269	258	527	109	10	119	224	157	381	1.027
<b>Paraná</b>	<b>658</b>	<b>699</b>	<b>1.357</b>	<b>133</b>	<b>20</b>	<b>153</b>	<b>408</b>	<b>125</b>	<b>533</b>	<b>2.043</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	80	24	104	173
2018	35	50	85	14	1	15	64	28	92	192
2019	61	66	127	6		6	25	8	33	166
2020	127	88	215	16	5	21	34	13	47	283
2021	85	82	167	20	1	21	28	10	38	226
2022	116	110	226	17	2	19	43	10	53	298

Estado / Ano	Aves			Mammalia			Reptilia			Total Geral
	Sem atend.	Com atend.	Total	Sem atend.	Com atend.	Total	Sem atend.	Com atend.	Total	
2023	7	102	109	12	5	17	54	6	60	186
2024	148	130	278	26	4	30	56	14	70	378
<b>Santa Catarina</b>	<b>3.015</b>	<b>4.116</b>	<b>7.131</b>	<b>250</b>	<b>60</b>	<b>310</b>	<b>404</b>	<b>348</b>	<b>752</b>	<b>8.193</b>
2015	34	31	65	3	2	5	5	7	12	82
2016	169	175	344	13	1	14	41	22	63	421
2017	137	253	390	10	3	13	38	76	114	517
2018	231	263	494	32	8	40	42	60	102	636
2019	264	404	668	34	9	43	44	23	67	778
2020	350	595	945	24	12	36	35	42	77	1.058
2021	570	707	1.277	24	4	28	34	27	61	1.366
2022	580	644	1.224	44	7	51	42	33	75	1.350
2023	43	465	508	22	7	29	51	29	80	617
2024	637	579	1.216	44	7	51	72	29	101	1.368
<b>Total Geral</b>	<b>5.215</b>	<b>8.125</b>	<b>13.340</b>	<b>778</b>	<b>134</b>	<b>912</b>	<b>2.561</b>	<b>2.431</b>	<b>4.992</b>	<b>19.244</b>

A partir do relatório com os dados de 2023 (PETROBRAS, 2024) se começou a incluir as idades como um fator nas análises do IS. Anteriormente, havia problemas com o tamanho amostral para animais que possuíam tanto idades como o cálculo do IS. Por isso, mesmo se assumindo que deveria haver um efeito da idade sobre a saúde dos animais, não era possível utilizar os resultados de determinação de idade como um fator nas análises de GLM. Atualmente já existem 601 mamíferos e 2.310 tartarugas com valores tanto de IS como de idades e de determinação do habitat, viabilizando assim as análises. Mesmo assim, ainda há 318 mamíferos e 2.419 tartarugas que não apresentam estimativas de idade e que poderiam ser utilizadas caso a idade não fosse um fator no GLM. 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.

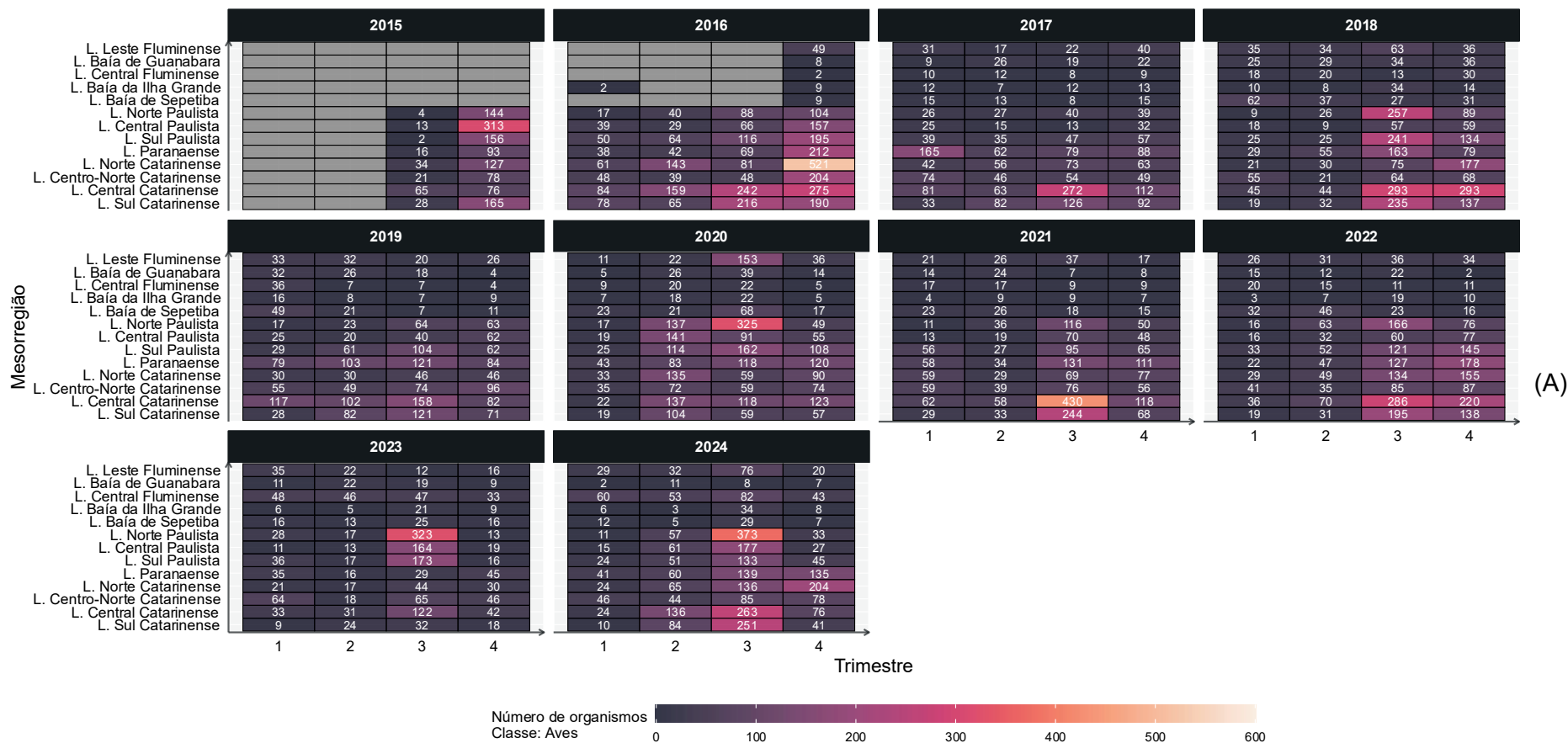
As análises exploratórias mostram a heterogeneidade na quantidade de dados de IS disponíveis para aves (**Figura 5.2-23A**), mamíferos (**Figura 5.2-23B**) e tartarugas (**Figura 5.2-23C**). O padrão se mantém similar entre anos, com uma maior quantidade de valores para as aves nos terceiro e quarto 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. É interessante notar que para estas análises não há um efeito tão forte da quantidade de pinguins como o observado nas análises de encalhes. Isto acontece pois o IS só pode ser calculado em animais frescos, devido à necessidade de se

observar diversos parâmetros durante a necropsia. Como a quantidade maior de pinguins encontradas nas praias está em decomposição avançada, não é possível calcular o IS dos mesmos. Mesmo assim, para todo o período utilizado nas análises (2017-2024), os pinguins-de-Magalhães correspondem a 31,5% dos 7.979 valores de IS de aves que passaram por tratamento veterinário, e 55,1% dos 5.162 que não passaram. Deste modo 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 alteração nos resultados (ver abaixo).

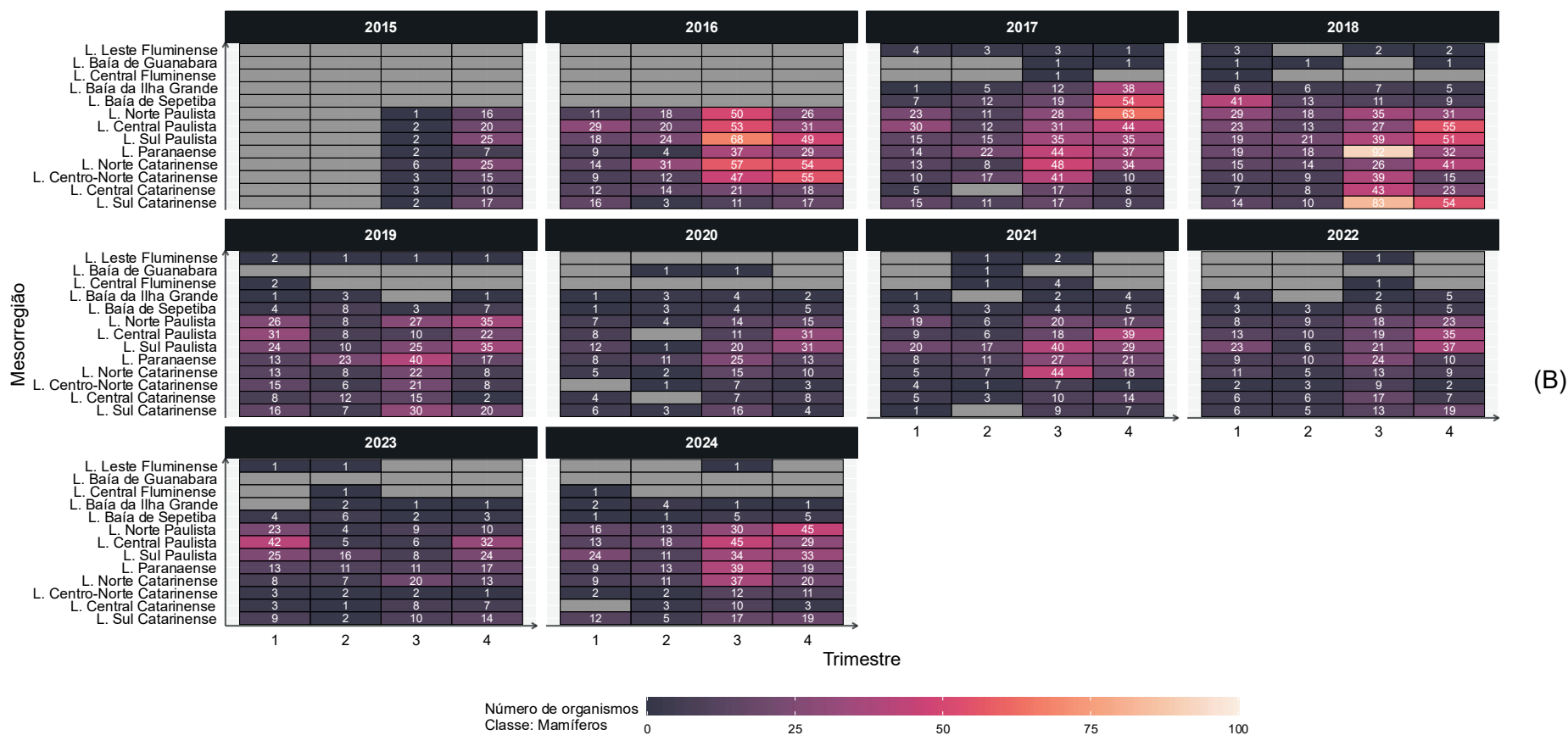
Para os mamíferos (**Figura 5.2-23B**), há uma maior quantidade de trimestres sem dados de IS. Isto ocorre tanto pela menor quantidade de encalhes quando comparados com aves e tartarugas, como por usualmente estarem em avançado estágio de decomposição. É importante ressaltar que entre os anos de 2016 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.

Para as tartarugas (**Figura 5.2-23C**) ao longo dos anos se observa uma maior quantidade de valores de IS nas mesorregiões do Litoral Norte Paulista (**Figura 5.2-7**). Este padrão é diferente do que se observa nos encalhes, onde o Litoral Centro-Norte Catarinense apresentou a maior quantidade de registros no monitoramento diário (**Figura 5.2-6A**). Essa diferença na estratégia utilizada em cada análise pode ser a base das diferenças nos tamanhos amostrais. Na presente análise estão sendo utilizados animais que passaram por necropsia, independentemente se do monitoramento ou acionamento. No Litoral Norte Paulista 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. Novamente se reforça a complementaridade das estratégias utilizadas no PMP-BS, pois cada uma delas tem o potencial de contribuir para

perguntas diferentes. Cabe ressaltar, que a tartaruga-verde corresponde a 93,6% dos 4.729 valores de IS utilizados nas análises. Assim, os padrões do IS observados devem estar fortemente influenciados pela condição de saúde desta espécie.

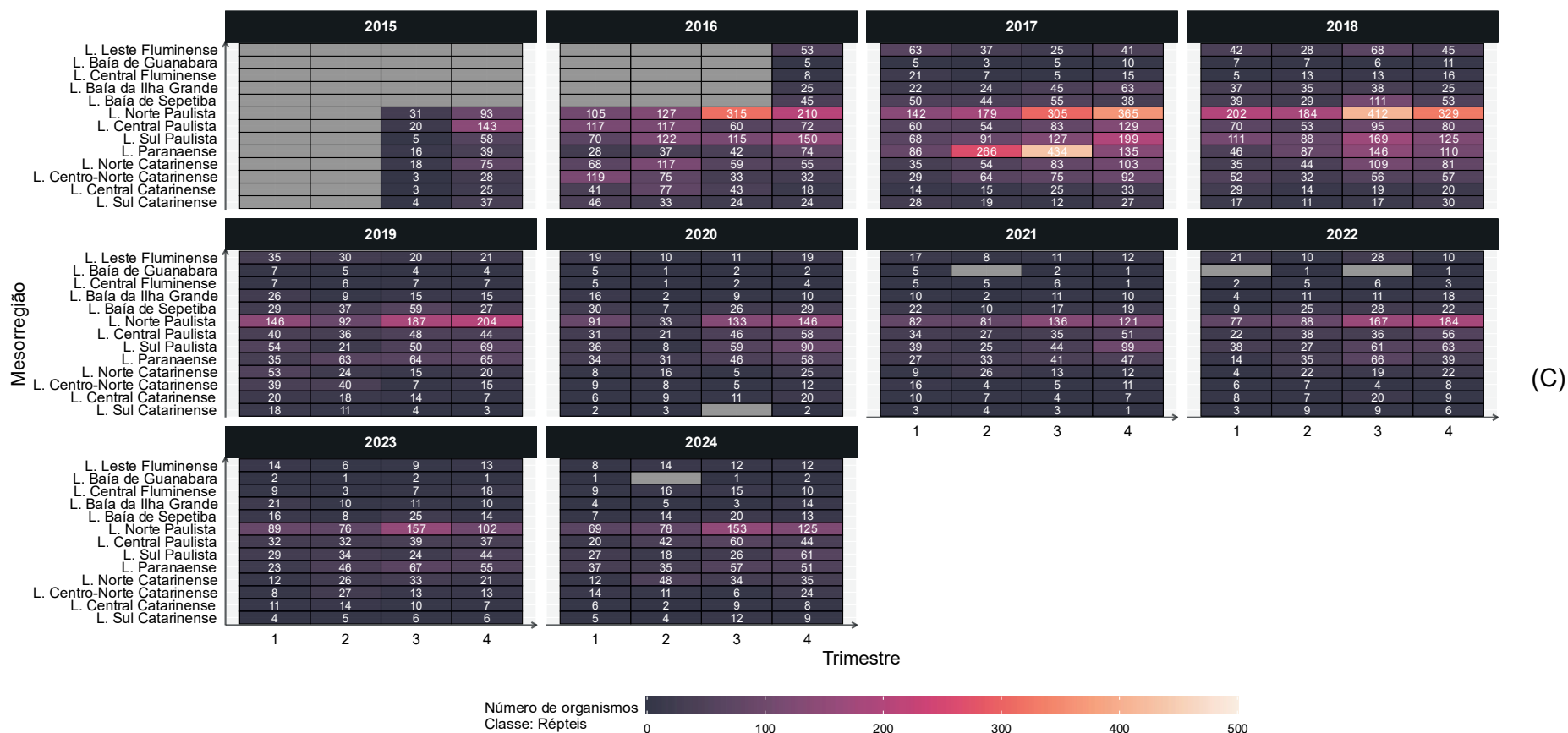


**Figura 5.2-23** – Mapa de calor com a distribuição do número de exemplares por mesorregião, trimestre e ano no PMP-BS onde foi possível calcular o IS para (A) aves, (B) mamíferos, e (C) tartarugas marinhas. Quadrantes em cinza indicam ausência de dados. Não foram incluídos animais que passaram por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



(B)

Figura 5.2-23 (cont.)



(C)

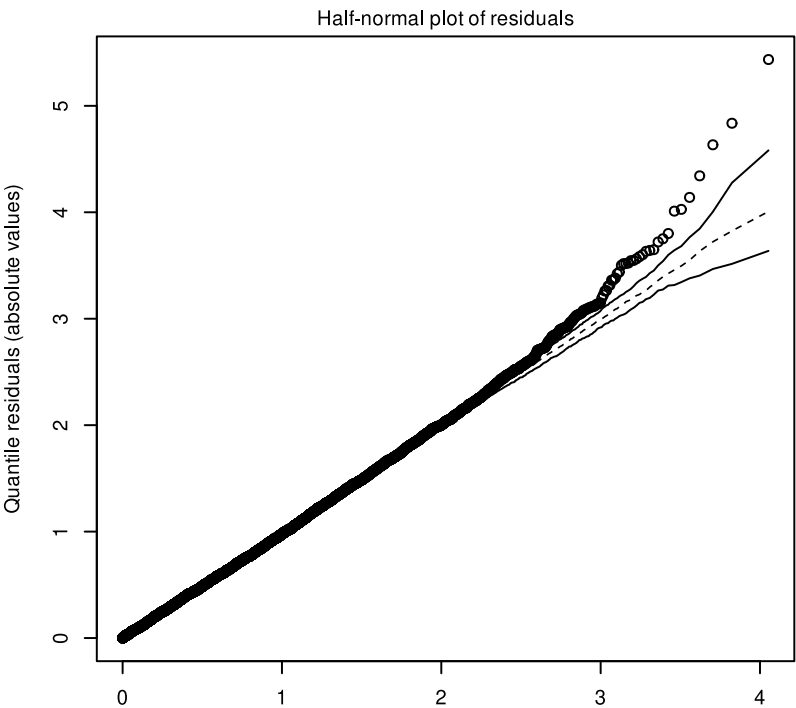
Figura 5.2-23 (cont.)

**Aves**

Os resultados da análise de GLM do IS para todas as aves mostrou que havia diferença significativa entre o modelo nulo e o modelo final (G.L. = 25; resid. GL = 12353;  $\chi^2 = 2999,2$ ;  $p < 0,0001$ ) 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 2024, incluindo animais que passaram por tratamento veterinário. “G.L.” – graus de liberdade.

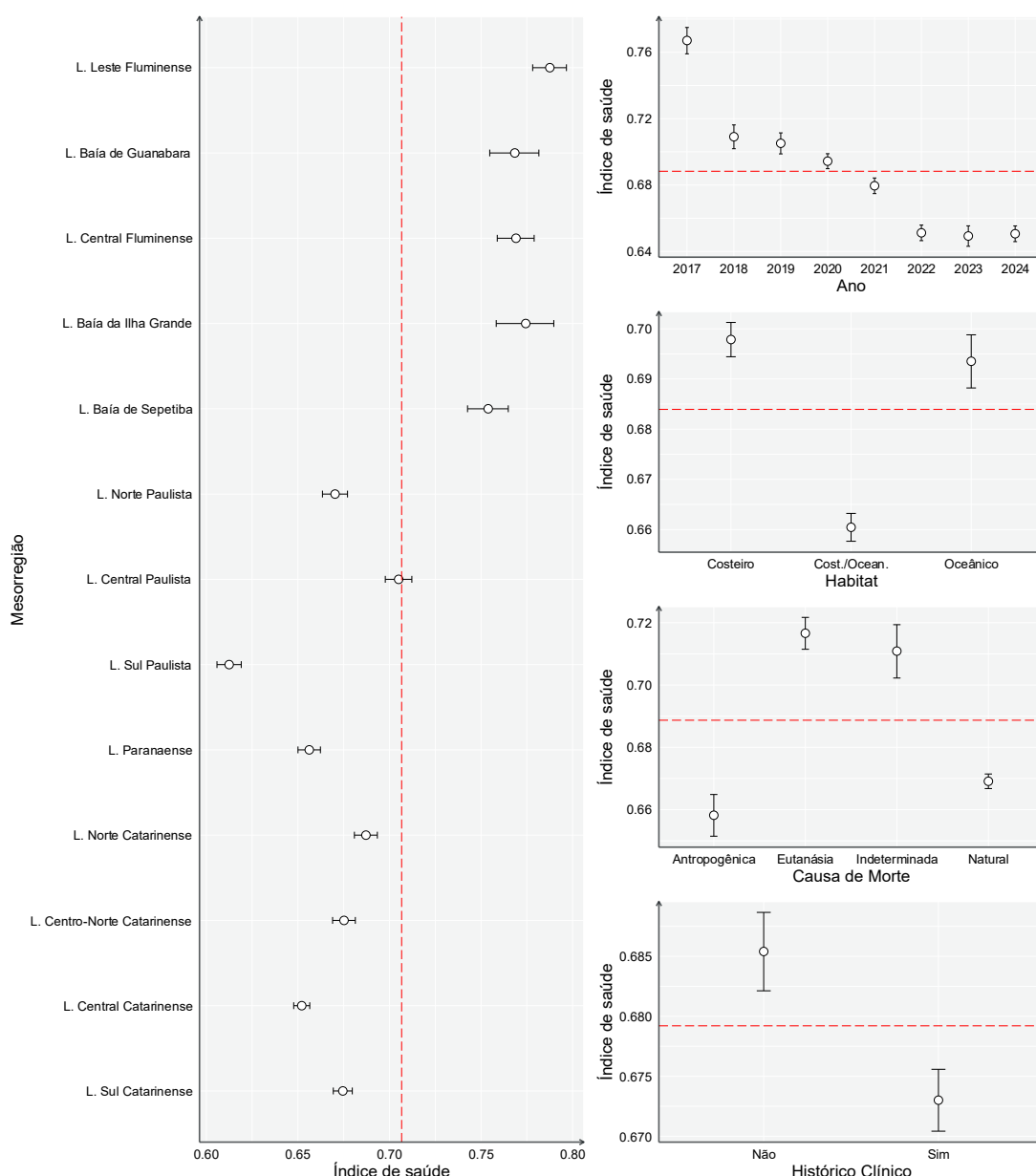
Parâmetro	ANOVA Modelo Final			Inflação de Variância	
	G.L.	Chi²	Pr(>Chi)	GVIF	GVIF^(1/(2*GL))
Ano	7	923,46	< 2,2E-16	1,207609	1,010356
Mesorregião	12	1621,01	< 2,2E-16	1,489833	1,016750
Habitat	2	302,75	< 2,2E-16	1,290245	1,065781
Causa de Morte	3	325,35	< 2,2E-16	1,387448	1,056094
Histórico clínico	1	31,08	2,48E-08	1,256124	1,120769



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

Uma vez que, o modelo se mostrou adequado, foi possível fazer a análise dos efeitos das covariáveis utilizadas no modelo final do GLM (**Figura 5.2-25**). O efeito espacial (mesorregiões) mostra um padrão similar ao observado com os dados de 2023, com uma diferença para os animais coletados no estado do Rio de Janeiro para as demais áreas. As cinco mesorregiões mais ao norte (RJ) apresentam IS maiores do que das demais mesorregiões de São Paulo, Paraná e Santa Catarina. Este padrão já havia sido observado desde o relatório de 2021, indicando que é um efeito de longo prazo.

A diferença do IS de aves no Rio de Janeiro havia sido explicada por uma provável junção de diversos fatores. Em primeiro lugar, os valores de IS mais altos podem estar ligados ao elevado número de fragatas (*Fregata magnificens*) que costumam vir à órbita 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). Um desdobramento deste efeito se observa ao comparar o IS entre as causas de morte, com valores de IS mais altos em animais eutanasiados, uma vez que a grande maioria de decisões por eutanásia está ligada a eventos traumáticos, que incluem os acidentes com linhas de pipa. Adicionalmente, as maiores quantidades de aves migratórias como pinguins-de-Magalhães e pardelas-sombrias nas mesorregiões mais ao sul podem acentuar a diferença, pois devido ao processo migratório estes animais costumam chegar com a saúde debilitada na área do PMP-BS. Como já colocado no início desta seção, devido à alta quantidade de pinguins-de-Magalhães na amostra, foi feita uma segunda rodada do GLM, removendo esta espécie.



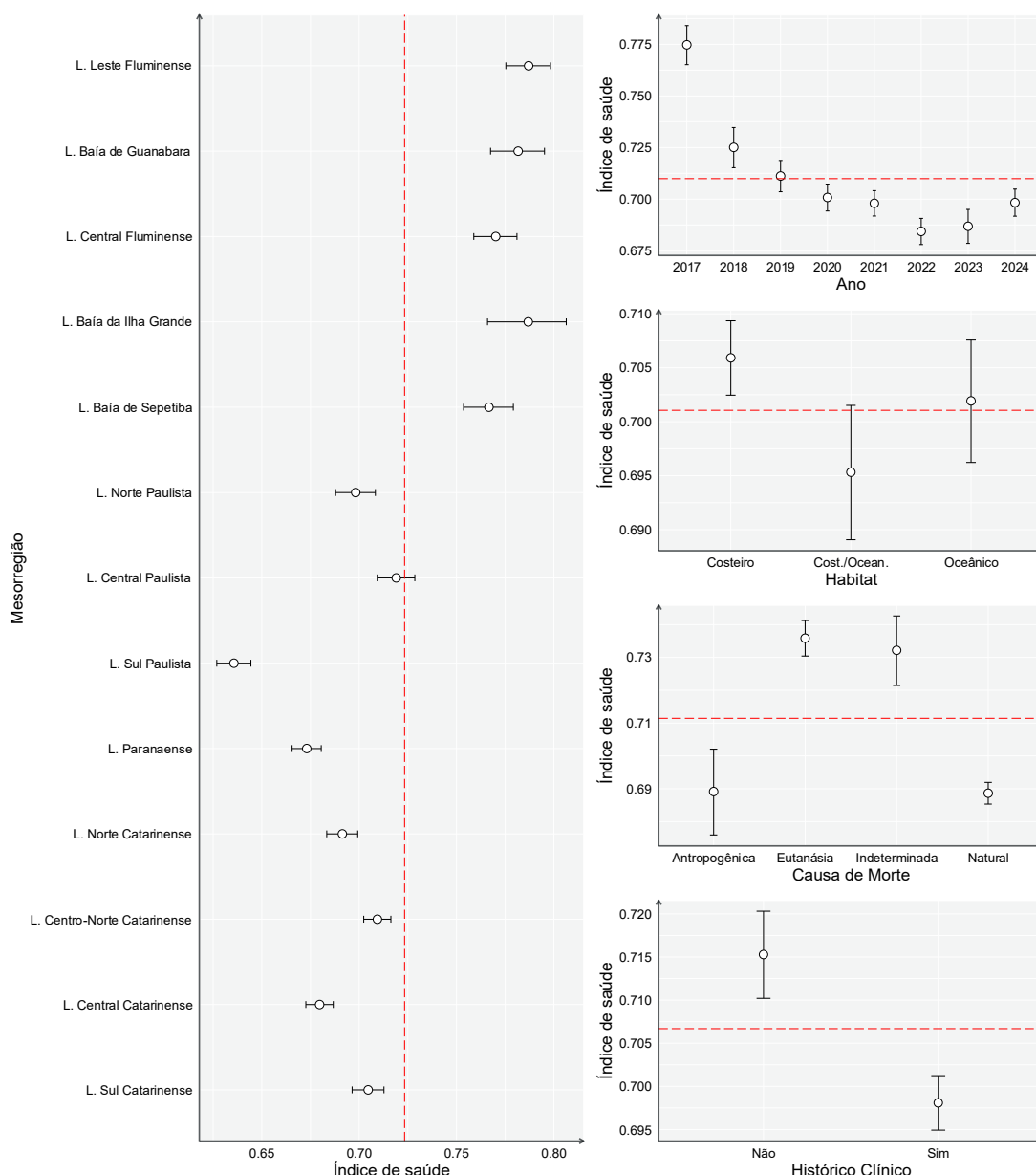
**Figura 5.2-25 – Análise de GLM do Índice de Saúde para todas as aves, entre os anos de 2017 e 2024, em todas as mesorregiões do PMP-BS.**

Ao se realizar as análises removendo os pinguins-de-Magalhães, o modelo final do GLM se manteve significativamente diferente do modelo nulo (G.L. = 25; resid. GL = 7146;  $\chi^2 = 1384,8$ ;  $p < 0,0001$ ), e todos os parâmetros também se mantiveram significativos (**Tabela 5.2-6, Figura 5.2-26**). O que se observou com a remoção dos pinguins-de-Magalhães foi um aumento do valor do efeito médio (IS mais alto), confirmando o efeito dos pinguins para redução do IS. Além disso se observa um aumento das barras de erro em quase todos os

fatores, devido à redução do número amostral. Por último, com a remoção dos pinguins o efeito temporal entre anos se alterou, com uma elevação do IS em 2023 e 2024. Os pinguins mantiveram o IS baixo em 2024, após uma queda entre 2018 e 2022, se estabilizando até 2024. A remoção dos pinguins não eliminou a queda do IS ao longo dos anos, mas sem eles se observa um aumento em 2024, retornando a níveis similares a 2021.

**Tabela 5.2-6 - Resultados da análise de modelos lineares generalizados (GLM) para o Índice de Saúde de aves, excluindo pinguins-de-Magalhães. “G.L.” – graus de liberdade.**

Parâmetro	G.L.	ANOVA Modelo Final		Inflação de Variância	
		Chi²	Pr(>Chi)	GVIF	GVIF^(1/(2*GL))
Ano	7	254,8441	<2,2E-16	1,184004	1,012138
Mesorregião	12	833,8436	<2,2E-16	1,470965	1,016210
Habitat	2	8,66077	1,32E-02	1,293455	1,066443
Causa de Morte	3	223,4582	<2,2E-16	1,338016	1,049728
Histórico clínico	1	29,5444	5,47E-08	1,239543	1,113348



**Figura 5.2-26 - Análise de GLM do Índice de Saúde para aves, excluindo pinguins-de-Magalhães, entre os anos de 2017 e 2024 em todas as mesorregiões do PMP-BS.**

Os pinguins são o grupo mais abundante dentre as espécies com habitat costeiro/oceânico, e no GLM com os mesmos a diferença do IS entre habitats é marcante. Ao removê-los o padrão se mantém, mas com barras de erro maiores, passando a haver sobreposição entre os três grupos. As espécies com hábito costeiro/oceânico com IS calculados são relativamente poucas, incluindo quatro do gênero *Stercorarius*, duas do gênero *Sterna*, *Sula*

*leucogaster* e *Spheniscus magellanicus*, mas as duas últimas espécies correspondem a 99,7% do total (6.731 de 6.750). Deste modo os resultados indicam que pinguins possuem um estado de saúde pior do que o atobá-pardo (valores médios das espécies costeiro/oceânicas aumentam com a remoção dos pinguins), mas que em conjunto estes apresentam piores saúde do que as espécies costeiras ou oceânicas. Esperava-se que o IS de espécies com hábitos costeiros fosse mais baixo, uma vez que no ambiente costeiro há mais atividades antrópicas com potencial de gerar efeitos nos animais. 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 costeiro/oceânicas que basicamente trata de duas espécies, como apresentado acima.

A causa de morte como efeito na análise do IS mostra padrões similares com e sem pinguins, com animais que vieram à óbito por causas indeterminadas e por eutanásia com IS maiores do que os com causas antropogênicas e naturais. 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. Entretanto se observa para causas antropogênicas e naturais que na análise com os pinguins (**Figura 5.2-25**) a primeira é significativamente menor do que a segunda. Possivelmente isto está ligado às frequentes mortes em redes de pesca, que acabam sendo a causa última, mas muitas vezes se originam de uma debilidade maior dos animais, que impede que escapem ou evitem as redes. Com a remoção dos pinguins (**Figura 5.2-26**), os valores passam a se sobrepor, não podendo mais se afirmar diferença dos valores. Essa diferença sugere que os pinguins com saúde debilitada estão mais sujeitos a interagir com a pesca, que é a principal causa antropogênica detectada. Esse resultado é diferente do observado em tartarugas (ver abaixo).

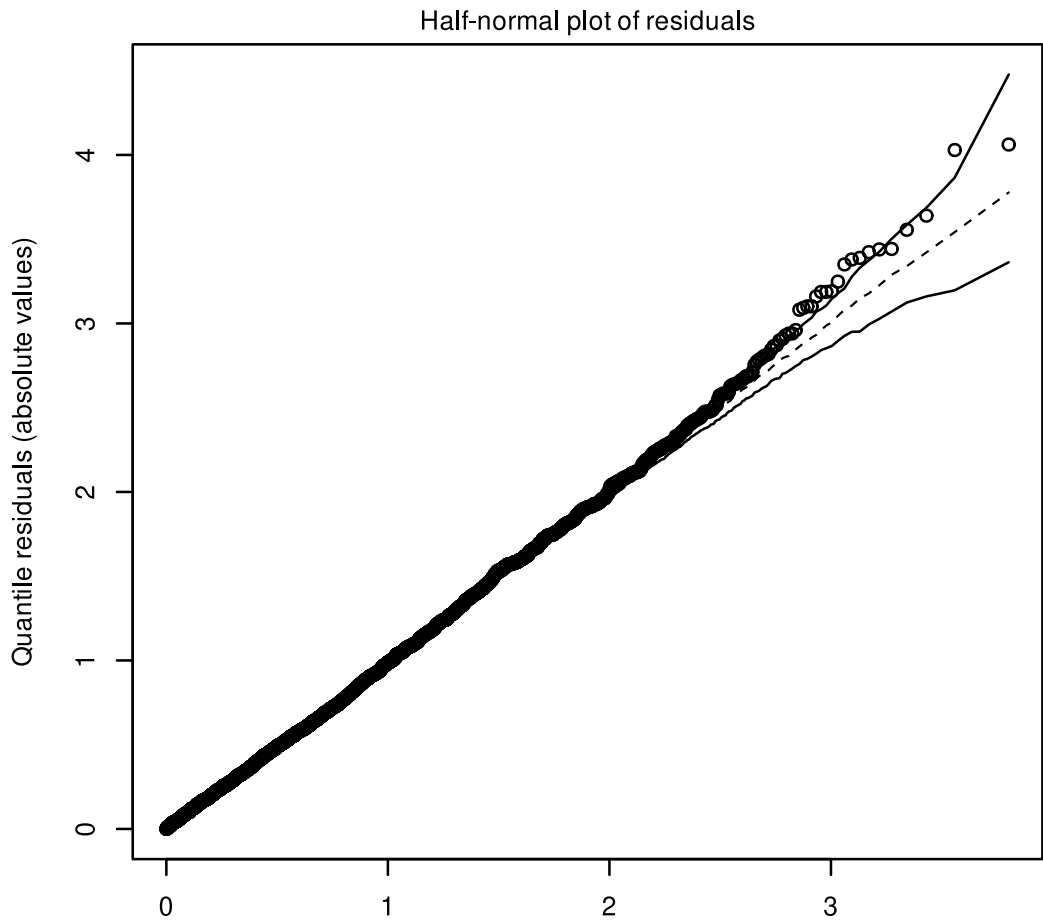
### **Tartarugas**

A análise de GLM para o Índice de Saúde (IS) das tartarugas indicou diferença significativa entre o modelo nulo e o modelo final (G.L. = 25; resid. G.L. = 4335;  $\text{Chi}^2 = 1481,1$ ;  $p < 0,0001$ ) e, com exceção do habitat, todas as

variáveis utilizadas apresentaram significância (**Tabela 5.2-7**). A avaliação dos resíduos da análise das tartarugas 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 entre 2017 e 2024. “G.L.” – graus de liberdade.

Parâmetro	G.L.	ANOVA Modelo Final		Inflação de Variância	
		Chi²	Pr(>Chi)	GVIF	GVIF^(1/(2*GL))
Ano	7	398,6425	< 2,2E-16	1,205150	1,013418
Mesorregião	12	559,0387	< 2,2E-16	1,480048	1,016471
Habitat	2	5,1625	0,07568	1,041376	1,010187
Causa de Morte	3	158,8888	< 2,2E-16	1,451523	1,064071
Histórico clínico	1	217,4199	< 2,2E-16	1,189040	1,090431



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

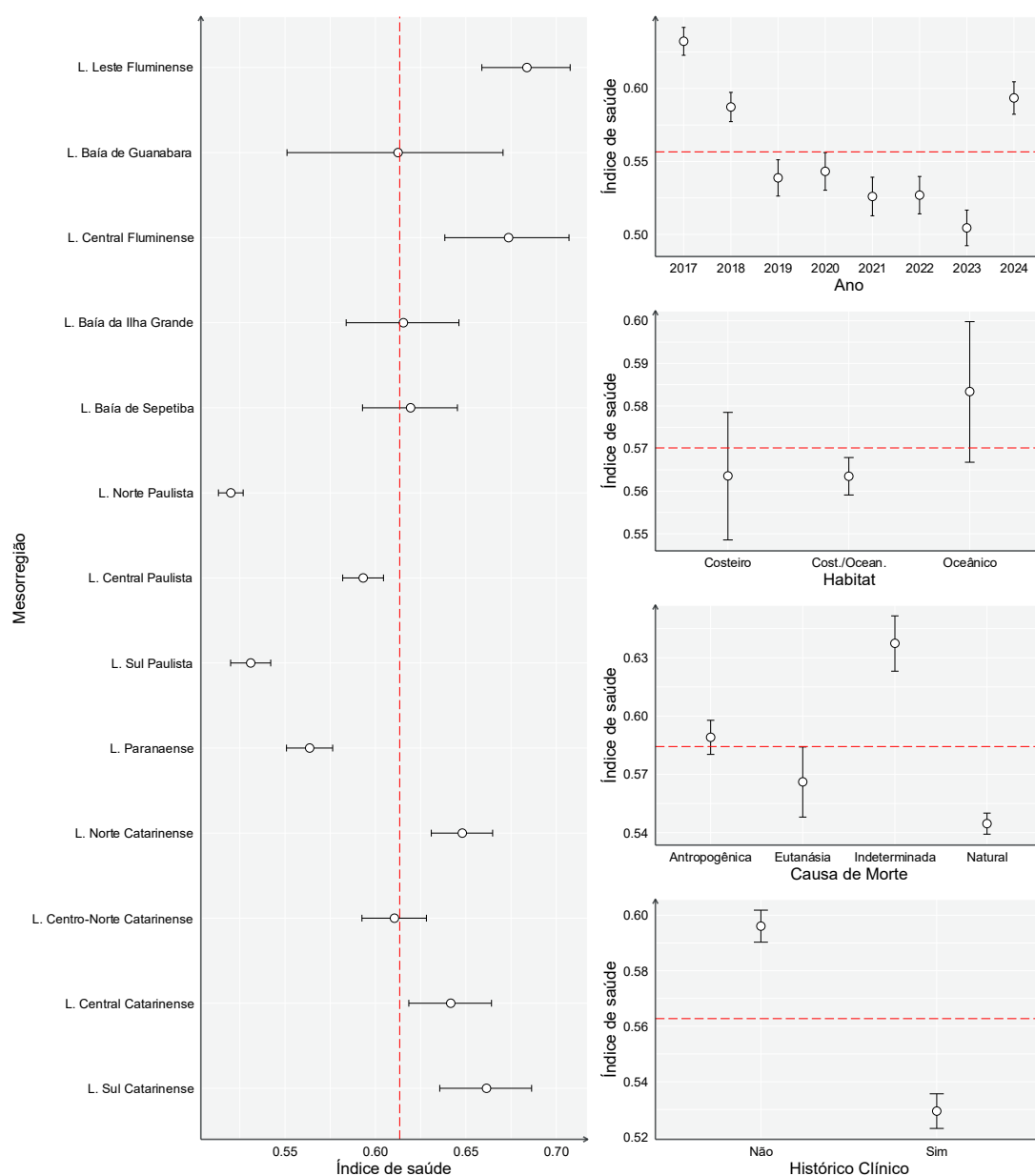
Foram observados efeitos tanto de aspectos espaciais como temporais nos resultados do GLM para as tartarugas (**Figura 5.2-28**). Para o estado do Rio de Janeiro foi observado um padrão interessante, com o IS de tartarugas coletadas em mesorregiões das baías da Guanabara, Sepetiba e Ilha Grande com valores mais baixos do que de áreas abertas (Leste Fluminense e Central Fluminense). Considerando todo o estado de São Paulo e Paraná o IS esteve abaixo do efeito médio, enquanto para Santa Catarina em sua maioria os valores estiveram acima deste.

Desde o início da série temporal, em 2017, se vem observando uma queda nos valores de IS das tartarugas, o que já foi apresentado de modo descritivo no Volume 1 (ver item 4.4.2.3 *Variação Temporal*). Esta queda vem sendo observada tanto na Área SC/PR como SP, enquanto a Área RJ apresentava um padrão inverso com aumento do IS das tartarugas. Entretanto, os resultados da análise do GLM mostram que em 2024 houve um forte efeito de aumento do IS, fazendo com que neste ano o valor ficasse acima do efeito médio. Vale lembrar que esta análise avalia todos os fatores em conjunto, destacando mudanças que podem não ser tão perceptíveis nas análises separadas.

Neste ano se manteve o padrão observado anteriormente, de animais com histórico clínico, que passaram por tratamento veterinário, apresentando valores de IS significativamente mais baixos do que aqueles que não passaram por tratamento. Esse padrão já havia sido detectado em relatórios anteriores, e poderia ser explicado por tartarugas mais saudáveis estarem sujeitas a efeitos agudos ligados a interações com a pesca. Esta possibilidade é apoiada pelo efeito no IS ligado às causas de morte, que também mostra que animais com causa de morte antrópica tem IS maior do que as com causa natural. Diferentemente do que se observou nas aves, tartarugas que morreram devido a interações antrópicas tinham saúde significativamente melhor do que as que morreram por causas naturais ou por eutanásia. 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.

Do ponto de vista dos habitats preferenciais das tartarugas, em 2023 se havia observado uma diferença marcante entre o IS, com animais costeiros apresentando saúde pior do que costeiro/oceânicos, e estes piores do que animais oceânicos. Com os dados de 2024, se manteve os animais oceânicos com melhor saúde do que os demais, mas passou a haver sobreposição dos intervalos de confiança dos valores médios, indicando ausência de diferenças significativas.

Enquanto nas aves e mamíferos o tipo de habitat utilizado é uma característica da espécie, nas tartarugas isso também pode ser alterado de acordo com a fase de desenvolvimento destas. A tartaruga-verde, *Chelonia mydas*, 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). Como a tartaruga-verde corresponde a 93,6% dos 4.729 valores de IS utilizados nas análises, 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.



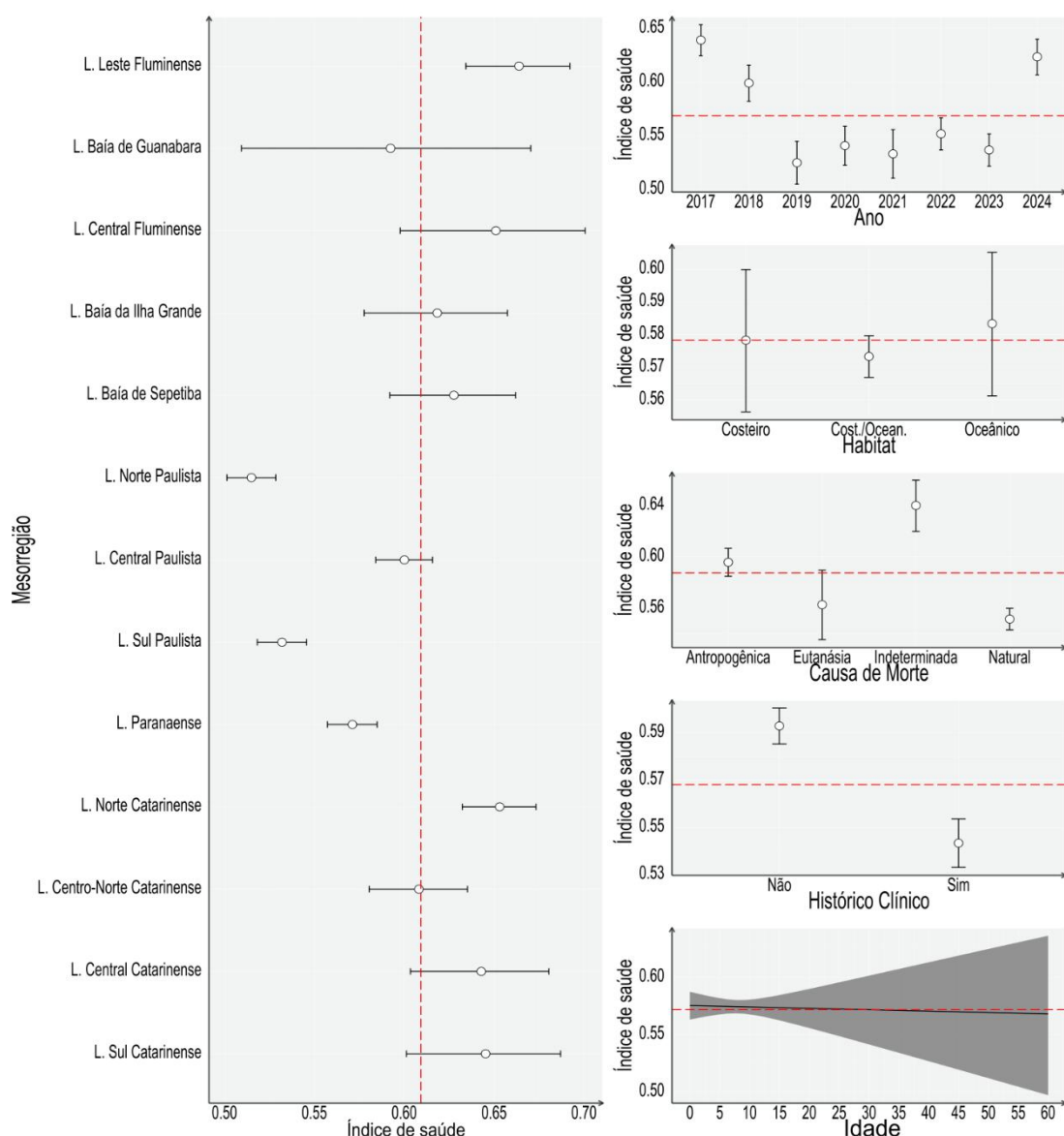
**Figura 5.2-28 – Análise de GLM do Índice de Saúde para tartarugas marinhas, entre os anos de 2017 e 2024 em todas as mesorregiões do PMP-BS.**

Como apresentado 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, de quase 50%. O modelo gerado com a inclusão da idade também foi significativo em comparação com o modelo nulo (G.L. = 26; resid. G.L. = 2167;  $\chi^2 = 693,49$ ;  $p < 0,0001$ ). No relatório com os dados de 2023, se observou um efeito da idade no IS, com maiores idades apresentando menores valores de IS, entretanto

com a inclusão dos dados de 2024 este efeito não foi mais observado, inclusive não sendo mais significativo (**Tabela 5.2-8, Figura 5.2-29**). Em 2023 foi alertado que 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. Em 2024 esse problema se manteve, e apesar de haver uma leve tendência de queda da saúde com a idade, a amplitude do intervalo de confiança não dá robustez para essa tendência. Com a inclusão da idade como um fator, os exemplares sem esse parâmetro são removidos da análise, o que fez que os intervalos de confiança dos demais fatores também se alterasse. A diferença entre habitats deixou de existir, mas o padrão espacial e temporal se manteve, mostrando sua robustez.

**Tabela 5.2-8** - Resultados da análise de modelos lineares generalizados (GLM) para o Índice de Saúde de tartarugas marinhas 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	7	180,561	< 2,2E-16	1,562445	1,032389
Mesorregião	12	252,2766	< 2,2E-16	1,871728	1,026463
Habitat	2	0,8579	6,51E-01	1,219684	1,050901
Causa de Morte	3	75,0073	3,61E-06	1,581842	1,079428
Histórico clínico	1	52,5373	4,22E-13	1,260361	1,122658
Idade	1	0,0316	0,8588	1,26653	1,125402



**Figura 5.2-29 - Análise de GLM do Índice de Saúde para tartarugas marinhas, incluindo a idade como fator, entre os anos de 2017 e 2024 em todas as mesorregiões do PMP-BS.**

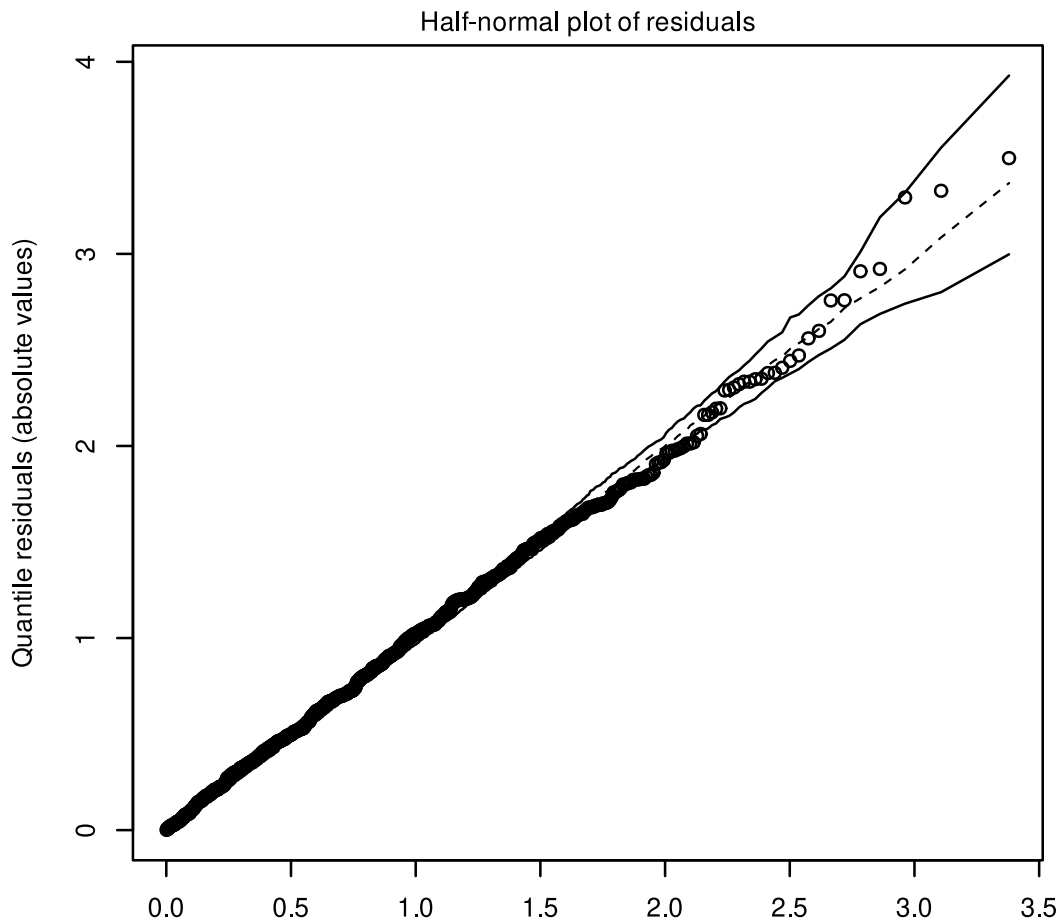
## Mamíferos

A análise de GLM para o Índice de Saúde (IS) dos mamíferos, utilizando animais com e sem históricos clínicos, mostrou diferença significativa entre o modelo nulo e o modelo final (G.L. = 21; resid. G.L. = 836,0;  $\chi^2 = 203,95$ ;  $p < 0,0001$ ) 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 2024. “G.L.” – graus de liberdade.

Parâmetro	G.L.	ANOVA Modelo Final		Inflação de Variância	
		Chi²	Pr(>Chi)	GVIF	GVIF^(1/(2*Df))
Ano	7	17,9253	0,0123116	1,475139	1,028157
Mesorregião	9	103,1496	< 2,2E-16	1,493136	1,022521
Habitat	2	44,9515	1,73E-10	1,097693	1,023576
Causa de Morte	2	17,1243	0,0001912	1,469604	1,101032
Histórico clínico	1	4,3671	0,0366389	1,166164	1,079891

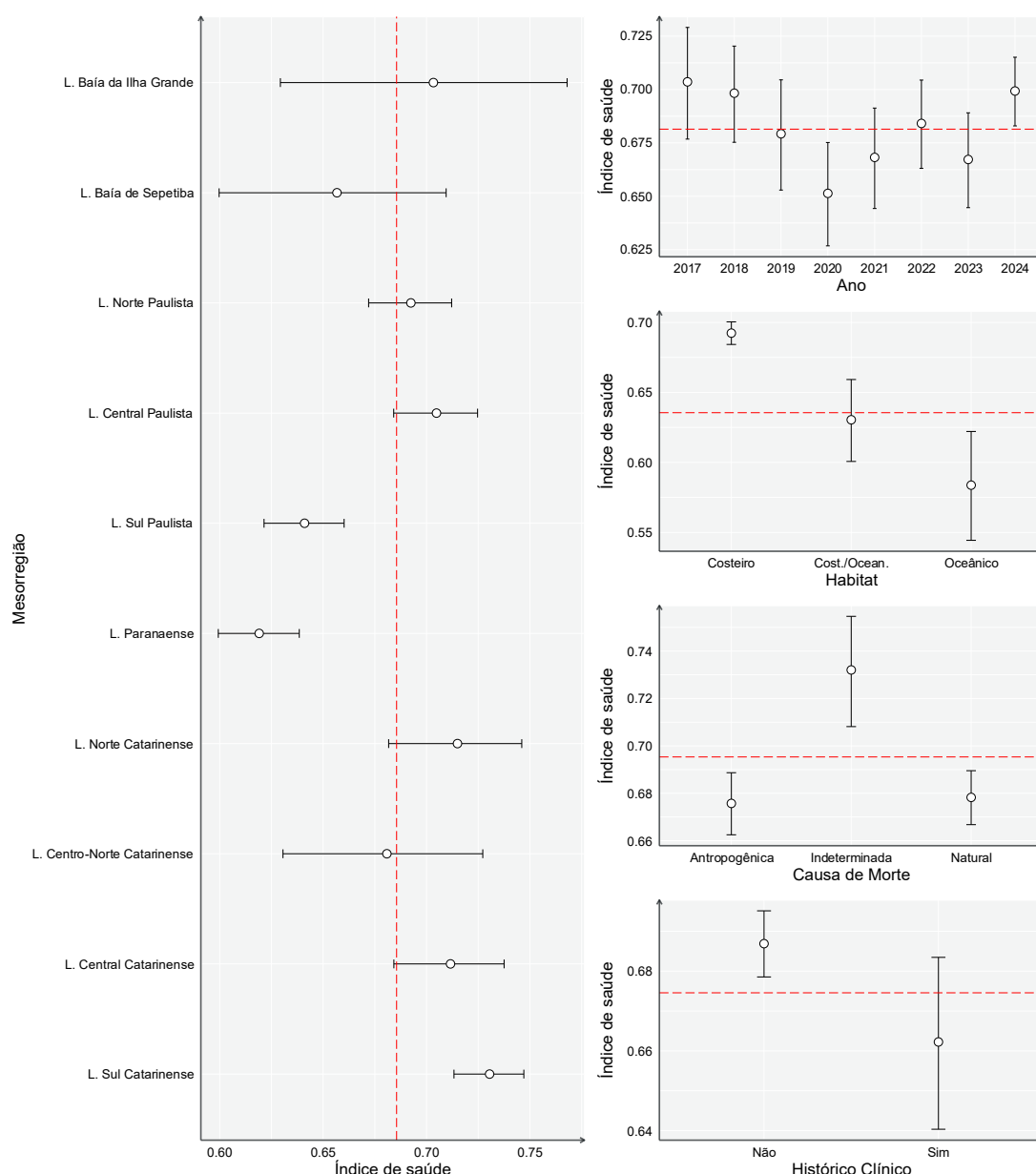


**Figura 5.2-30** – Distribuição de resíduos das análises de GLM de mamíferos marinhos.

Mesmo utilizando 8 anos de dados, os mamíferos continuam sendo o grupo com o menor tamanho amostral nas análises. Isto gera um aumento dos

intervalos de confiança em praticamente todos os fatores, e havendo sobreposição dos intervalos, não é possível afirmar que exista diferenças significativas entre os fatores. Deste modo, a avaliação do efeito espacial mostra diferenças significativas (sem sobreposição dos intervalos de confiança) entre valores mais altos no litoral central e norte de São Paulo e menores nos litorais do sul de São Paulo e do Paraná. De um modo geral, os valores de IS no litoral de Santa Catarina são mais altos do que o valor médio do efeito.

O efeito temporal no IS mostrou que 2024 teve valores acima do efeito médio, mas com sobreposição dos intervalos para quase todos os anos, exceto 2020. Há uma aparente tendência de queda do IS a partir do início da série em 2017 até 2020 e posterior aumento até 2022. É possível que a variação dos valores de IS entre 2022 e 2024 estejam representando uma oscilação normal ao redor do efeito médio, e será necessário um acompanhamento nos próximos anos, para verificar a existência de alguma tendência.



**Figura 5.2-31 – Análise de GLM do Índice de Saúde para mamíferos marinhos, entre os anos de 2017 e 2024 em todas as mesorregiões do PMP-BS.**

O padrão observado nos relatórios com dados de 2022 e 2023 se manteve, ao se avaliar o IS 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. O intervalo de confiança mais estreito para mamíferos costeiros provavelmente está ligado ao maior tamanho amostral de cetáceos costeiros. Possivelmente o maior valor do IS está ligado à frequente identificação de causa de morte ligada a asfixia. Este tipo de morte

muitas vezes está ligado a capturas acidentais em redes de pesca, que são eventos agudos e que não apresentam outros problemas de saúde. Entretanto não se observa um efeito da causa de morte entre causas naturais e antrópicas, e somente a causa de morte indeterminada se mostrou diferente das demais. Se for válido o argumento colocado anteriormente de que a melhor saúde dos animais costeiros está ligada a causas de morte ligadas à pesca, seria de se esperar que o IS de animais com causa antropogênica apresentasse 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.

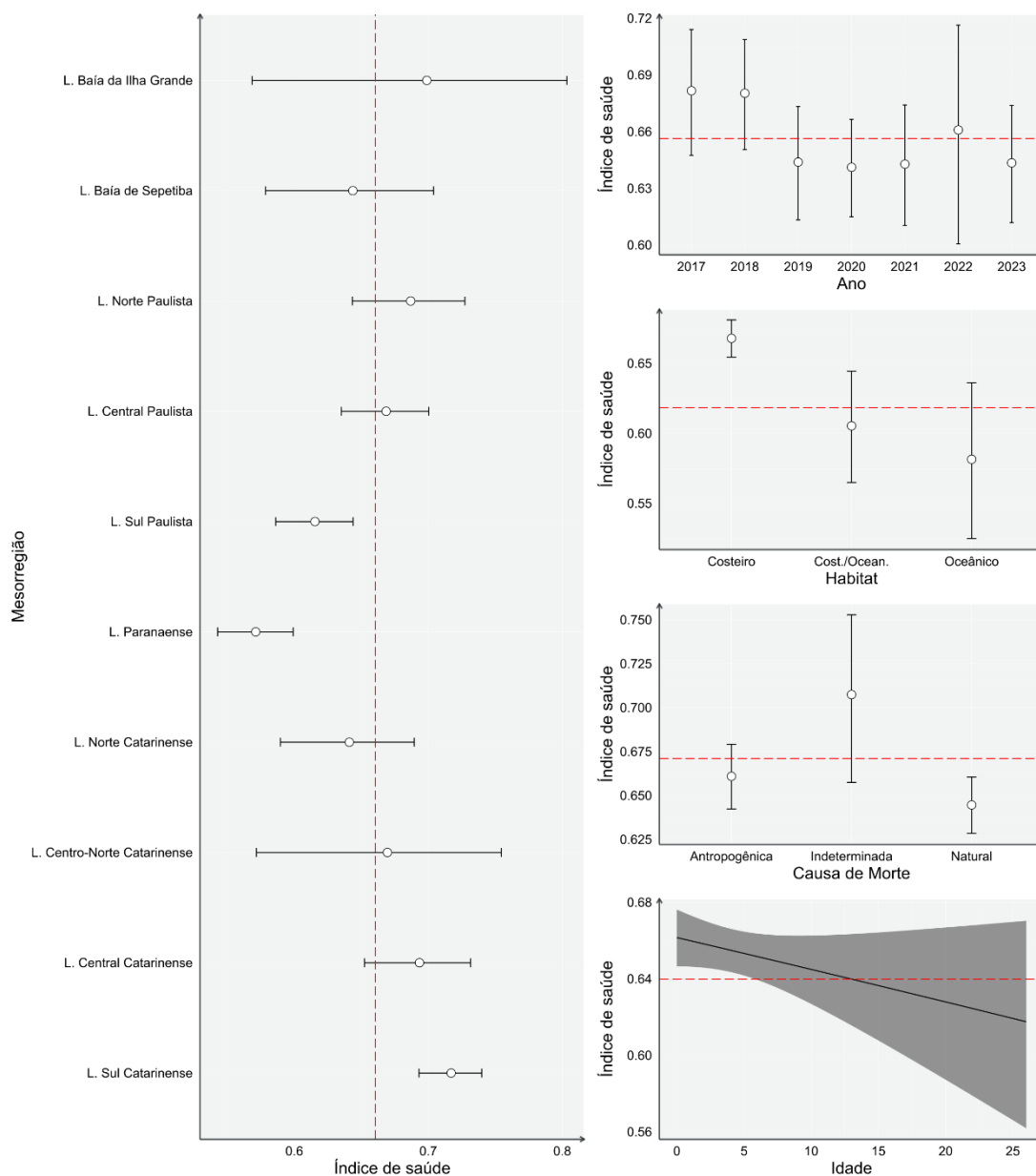
Um aspecto que foi discutido no relatório de 2023 e que se manteve nos resultados atuais está ligado ao menor valor de IS de espécies oceânicas. Isto pode estar relacionado com a necessidade da carcaça esteja fresca ou em estágio inicial de decomposição para que se consiga computar o IS. Animais que morrem em ambiente oceânico devido a causas agudas, como capturas acidentais e que teriam IS mais alto, levam mais tempo até chegarem à costa, levando a decomposição da carcaça e impossibilidade de se calcular o IS. Para estarem em condições de serem avaliados, os animais 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. Mesmo assim, não se pode descartar a possibilidade de que esteja havendo impactos no ambiente oceânico, mas que não podem ser detectados nos animais que estão sendo encontrados nas praias.

No relatório de 2023, se havia observado um efeito da idade sobre o IS. Deste modo, no presente relatório também foi realizada a análise incluindo a idade como um fator na variabilidade do IS. O modelo selecionado foi significativo (G.L. = 22; resid. G.L. = 528;  $\chi^2 = 186,18$ ;  $p < 0,0001$ ) mas o fator

anual e a idade não foram significativos (**Tabela 5.2-8**). Entretanto, o padrão geral observado anteriormente não muda, mas com a redução do tamanho amostral os intervalos de confiança ficam ainda maiores (**Figura 5.2-32**). A pequena amostra de animais mais velhos causou um amplo intervalo de confiança, mesmo assim se observa uma tendência, com uma diminuição do IS com aumento da idade. Este efeito foi similar ao observado em 2023 e é o esperado, pois animais senescentes tendem a ter mais problemas de saúde e maior mortalidade (CAUGHLEY, 1966; BARLOW & BOVENG, 1991). Assim, apesar da variável não ser sido significativa no modelo selecionado, 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 2024, 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	7	12,9995	0,07212	1,872802	1,045836
Mesorregião	9	101,619	< 2,2E-16	1,950903	1,037825
Habitat	2	24,7503	4,22E-06	1,275581	1,062740
Causa de Morte	2	13,1713	1,38E-03	1,637329	1,131186
Histórico clínico	1	6,7208	0,00953	1,182033	1,087213
Idade	1	3,033	0,08159	1,198567	1,094791



**Figura 5.2-32 – Análise de GLM do Índice de Saúde para mamíferos marinhos, entre os anos de 2017 e 2024 em todas as mesorregiões do PMP-BS, incluindo a idade como fator.**

### 5.2.3 Interações Antrópicas

No Volume 1 foram apresentas e discutidas a presença de interações antrópicas nos animais necropsiados (item 4.3.3.2 *Análise de Interações*

*Antrópicas*). Porém, o foco do volume anterior foi a descrição dos eventos registrados nos animais recolhidos em 2024. Nos resultados aqui apresentados, se buscou analisar as interações antrópicas de modo integrado, tanto espacial como temporalmente. Procedimento similar ao realizado para os padrões de encalhes e da saúde dos animais, de forma a compreender se tem havido alterações na probabilidade de ocorrência de interações com atividades humanas, e desta forma, poder auxiliar na interpretação dos próprios padrões de encalhe e da saúde.

Assim como nas análises anteriores, a avaliação das interações antrópicas foi feita separadamente para cada grupo animal (aves, mamíferos, tartarugas). Foram utilizadas as sete categorias de interação definidas no SIMBA (interação com atividade de petróleo e gás, interação com óleo, agressão / vandalismo / caça, interação com resíduo (lixo), interação com pesca, interação com embarcações, interação com dragagens) e avaliadas quanto a diferentes fatores espaciais (mesorregião), temporais (ano, trimestre) e ecológicos (habitat). Em diversos casos não foi possível gerar um modelo devido à ausência de amostras por nível dos fatores. A **Tabela 5.2-11** indica os fatores selecionados nos modelos finais, e no Apêndice 5 são apresentados os resultados dos modelos completos.

**Tabela 5.2-11** – *Resumo das análises de GLM para ocorrência de interações antrópicas e fatores espaço-temporais, indicando os fatores selecionados para o modelo final. “-” indica ausência de amostra por nível de fatores, impossibilitando a análise.*

	Aves	Tartarugas	Mamíferos
Interação com atividade de petróleo e gás	-	-	-
Interação com óleo	-	-	-
Agressão / vandalismo / caça	ano / trimestre / mesorregião / habitat	-	mesorregião
Interação com resíduo (lixo)	ano / trimestre / mesorregião / habitat	ano / trimestre / mesorregião	trimestre / mesorregião
Interação com pesca	ano / trimestre / mesorregião / habitat	ano / mesorregião	ano / trimestre / mesorregião / habitat
Interação com embarcações	-	ano / trimestre / mesorregião / habitat	-
Interação com dragagens	-	-	-

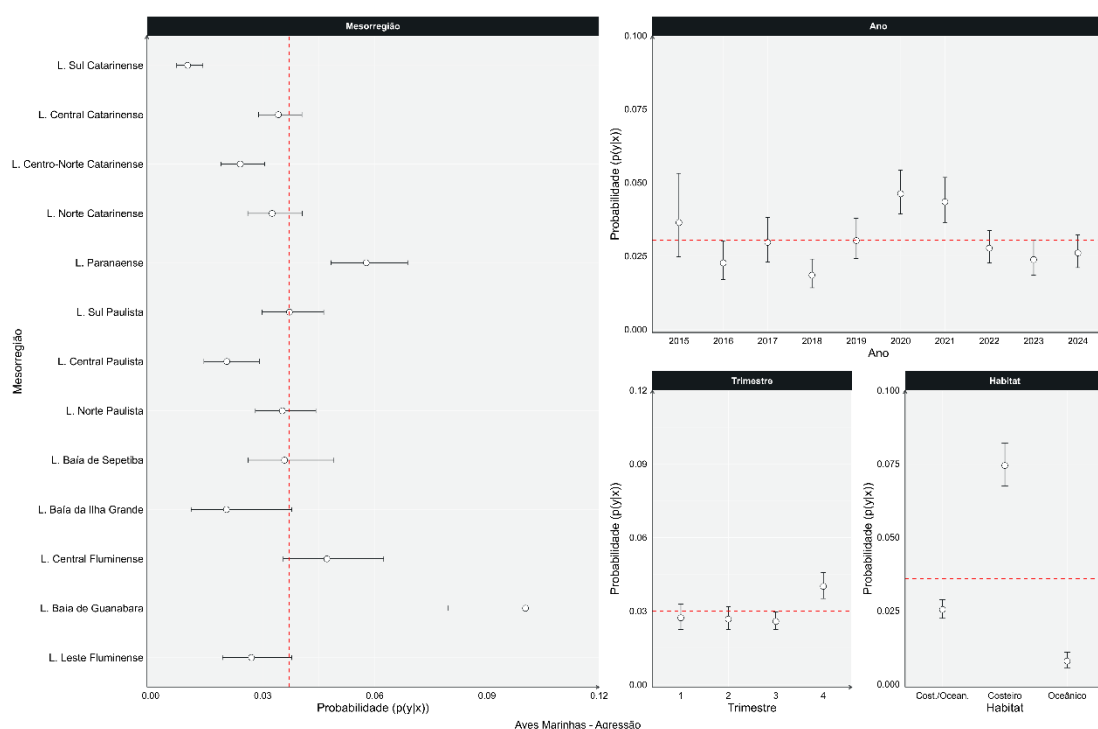
## Aves

Foi possível realizar as análises de GLM para interações antrópicas em aves com as interações ligadas à pesca, lixo e agressão/vandalismo/caça. Para os demais fatores, o tamanho amostral por nível dos fatores foi muito baixo. Nos três tipos de interação, o modelo final selecionado através do critério de informação de Akaike utilizou os fatores ano, trimestre, mesorregião e habitat (**Tabela 5.2-12**).

**Tabela 5.2-12** – Valores de *p* da ANOVA para os diferentes fatores selecionados nos modelos finais das análises de interações antrópicas com aves.

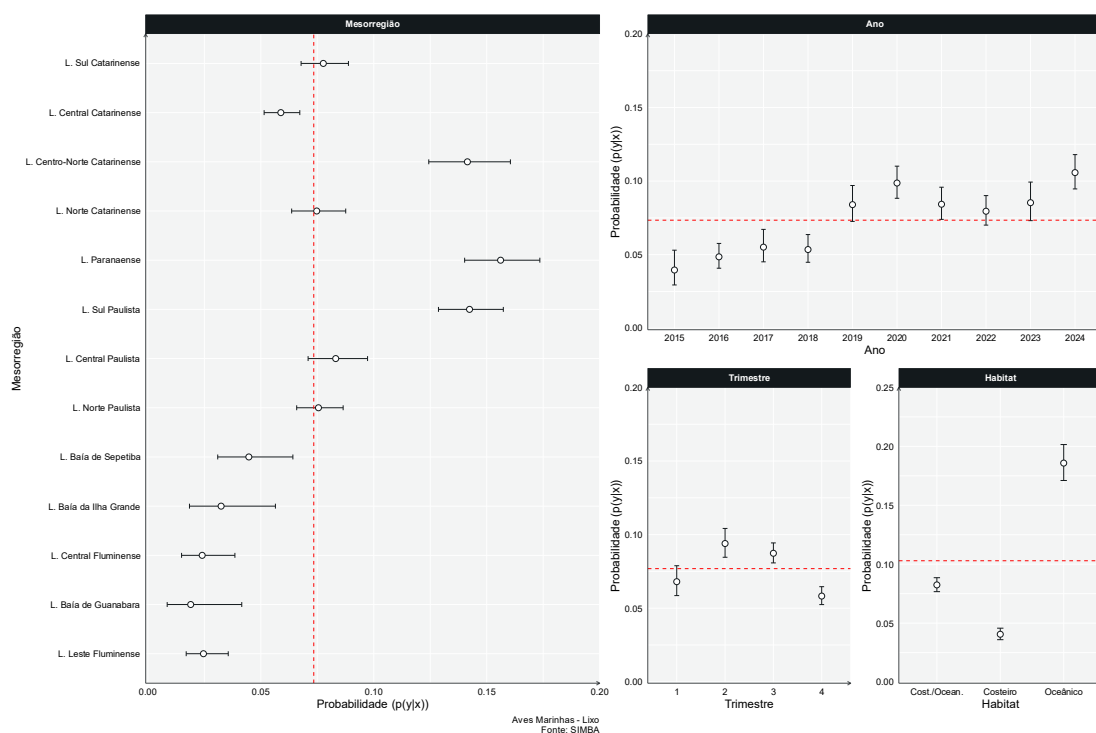
	Pesca	Agressão/vandalismo/caça	Lixo
Ano	<0,001	<0,001	<0,001
Trimestre	<0,001	<0,001	<0,001
Mesorregião	<0,001	<0,001	<0,001
Habitat	<0,001	<0,001	<0,001

A avaliação dos efeitos estimados pelo modelo para interações ligadas a agressão/vandalismo/caça mostra efeitos heterogêneos em diferentes fatores (**Figura 5.2-33**). Se observam probabilidades maiores deste tipo de interação em espécies costeiras, no 4º trimestre e nas mesorregiões do Litoral Paranaense, Central Fluminense e da Baía de Guanabara. No estado do Rio de Janeiro estes resultados estão ligados aos casos de interação com linhas de pipa em fragatas, discutidos anteriormente. Observa-se que para o fator ano, as probabilidades foram maiores em 2020 e 2021, e estes acidentes com linhas de pipas já foi relacionado com efeitos da pandemia de coronavírus (GOLDBERG *et al.*, 2021) que ocorreram nestes anos. Para o Litoral Paranaense as agressões prevaleceram em biguás, *Phalacrocorax brasilianus*, e atobás, *Sula leucogaster*, e têm sido atribuídas a conflitos com atividades pesqueiras.



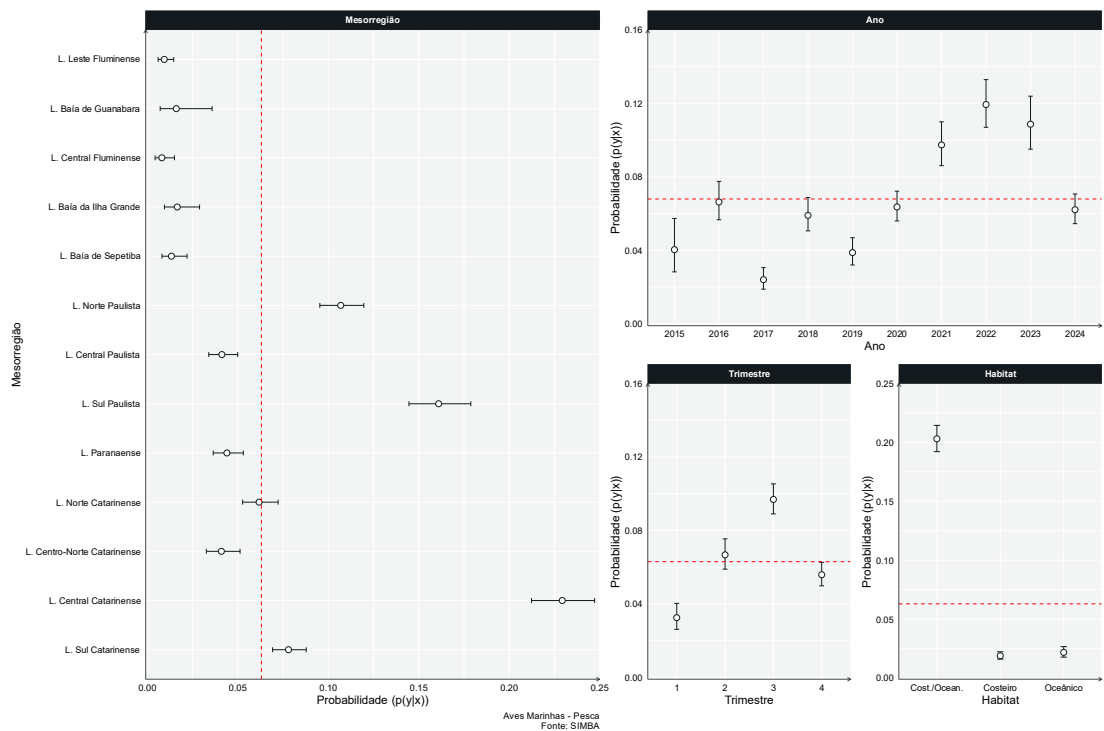
**Figura 5.2-33 - Resultados dos efeitos estimados para os diferentes fatores, gerados pela análise GLM da interação com Agressão/vandalismo/caça em aves.**

Quando são considerados os efeitos estimados para a interação com lixo (**Figura 5.2-34**) o padrão é diferente. Há uma maior probabilidade de ocorrência desta interação em espécies oceânicas, no outono e inverno, e parece estar aumentando nos últimos anos. Especialmente se observa maior probabilidade de entre o sul de São Paulo e centro-norte de Santa Catarina, com uma exceção para a mesorregião do Litoral Norte Catarinense. Possivelmente, estes padrões estão ligados à ocorrência de diversas espécies de procelariiformes, como *Puffinus puffinus*, *Procellaria aequinoctialis*, e *Calonectris* spp., que costumam apresentar interação com lixo. O problema de ingestão de lixo pela ordem Procellariiformes é um problema reconhecido em diversas partes do mundo (ROMAN *et al.*, 2019; CLARK *et al.*, 2023; BAES *et al.*, 2024) e a maior incidência do grupo em certas mesorregiões pode estar gerando os padrões espaciais observados, não necessariamente uma maior ocorrência de lixo nestas áreas. O padrão de aumento da probabilidade desta interação nos últimos cinco anos é preocupante e deve ser acompanhado nos próximos anos.



**Figura 5.2-34 - Resultados dos efeitos estimados para os diferentes fatores gerados pela análise GLM da interação com lixo em aves.**

As interações com a pesca (**Figura 5.2-35**) mostraram probabilidades altas em espécies costeiro/oceânicas, que neste caso se trata principalmente do pinguim-de-Magalhães, *Spheniscus magellanicus*. O efeito da maior ocorrência desta interação nesta espécie também se reflete nos padrões temporais, pois o inverno (3º trimestre) também foi o que apresentou maior probabilidade da ocorrência desta interação. Especialmente, o efeito dos pinguins aparece quando se observam altas probabilidades no Litoral Central Catarinense, que tradicionalmente apresenta alta quantidade de encalhes. O litoral Sul Paulista também apresentou altas probabilidades mesmo não sendo um local com ocorrência relativamente alta de pinguins, mas apresentou frequência de interações com a pesca proporcionalmente alta. Um aspecto interessante é a redução das probabilidades de interação em 2024, acompanhando a tendência de 2023, após aumentos consecutivos nos anos anteriores. Novamente será importante acompanhar em anos seguintes para avaliar se foi um ano anormalmente baixo ou se representa uma alteração do padrão anterior.



**Figura 5.2-35 - Resultados dos efeitos estimados para os diferentes fatores gerados pela análise GLM da interação com pesca em aves.**

### Tartarugas

Foi possível realizar as análises de GLM para interações antrópicas em tartarugas com as interações ligadas à pesca, embarcações e lixo. Para os demais fatores o tamanho amostral por nível dos fatores foi muito baixo. Nos três tipos de interação, o modelo final selecionado através do critério de informação de Akaike utilizou os fatores ano e mesorregião (**Tabela 5.2-13**).

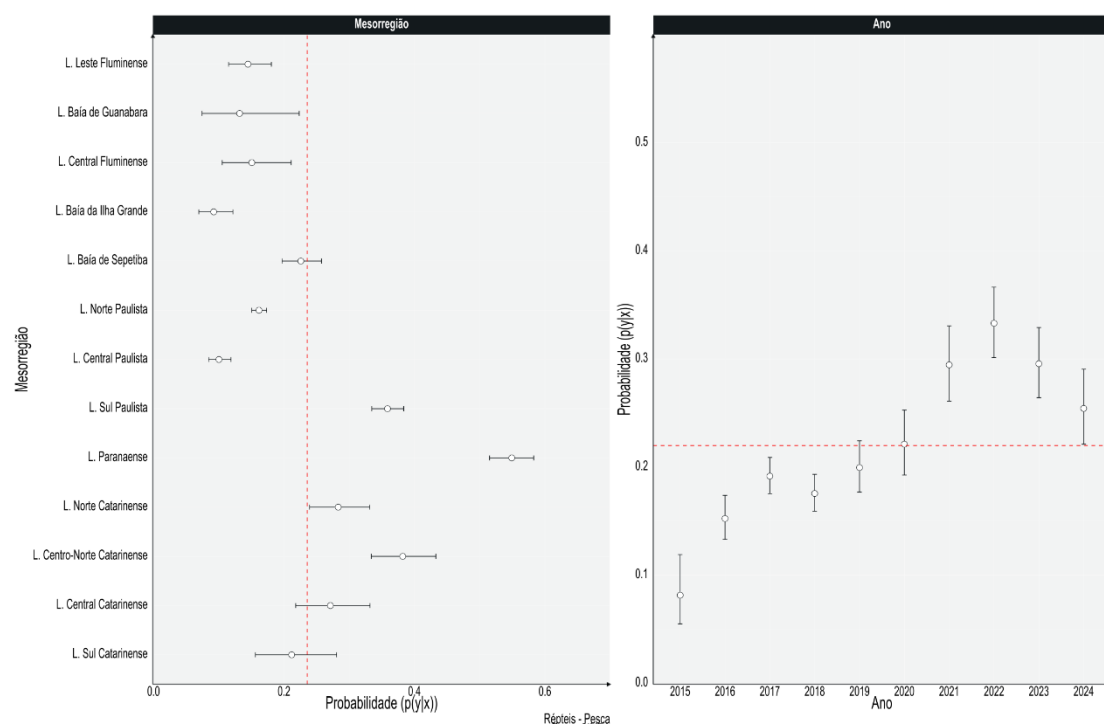
**Tabela 5.2-13 – Valores de *p* da ANOVA para os diferentes fatores selecionados nos modelos finais das análises de interações antrópicas com tartarugas. “N.S.” – não significativa.**

	Pesca	Embarcações	Lixo
Ano	<0,001	<0,001	<0,001
Trimestre	N.S.	0,003	<0,001
Mesorregião	<0,001	<0,001	<0,001
Habitat	N.S.	<0,001	N.S.

A avaliação dos resultados das probabilidades geradas pelo GLM para a interação com a pesca mostra alguns padrões tanto espaciais como temporais (**Figura 5.2-36**). Para as mesorregiões do Rio de Janeiro até o centro de São

Paulo, as probabilidades são abaixo do valor médio para toda a área. Entretanto, para as mesorregiões que vão do Litoral Sul Paulista ao Litoral Centro-norte Catarinense, estão acima da probabilidade média. Estas são áreas onde também são encontradas mais tartarugas encalhadas (ver item 3.2.1 *Riqueza e Abundância*, vol. 1), independentemente de se ter registrado interações nos animais. Isto reforça o que já é apontado na literatura, de que a morte causada por interações com atividades pesqueiras é uma das principais ameaças para este grupo (MARCOVALDI *et al.*, 2006).

Temporalmente se observa uma tendência clara de aumento das probabilidades de interações com a pesca de 2015 a 2022, e redução entre 2022 e 2024. Na presente análise não se buscou avaliar a interação entre os fatores, por isso será interessante avaliar se esta redução das probabilidades de interação tem ocorrido ao longo de toda a área do PMP-BS ou se é um efeito localizado.

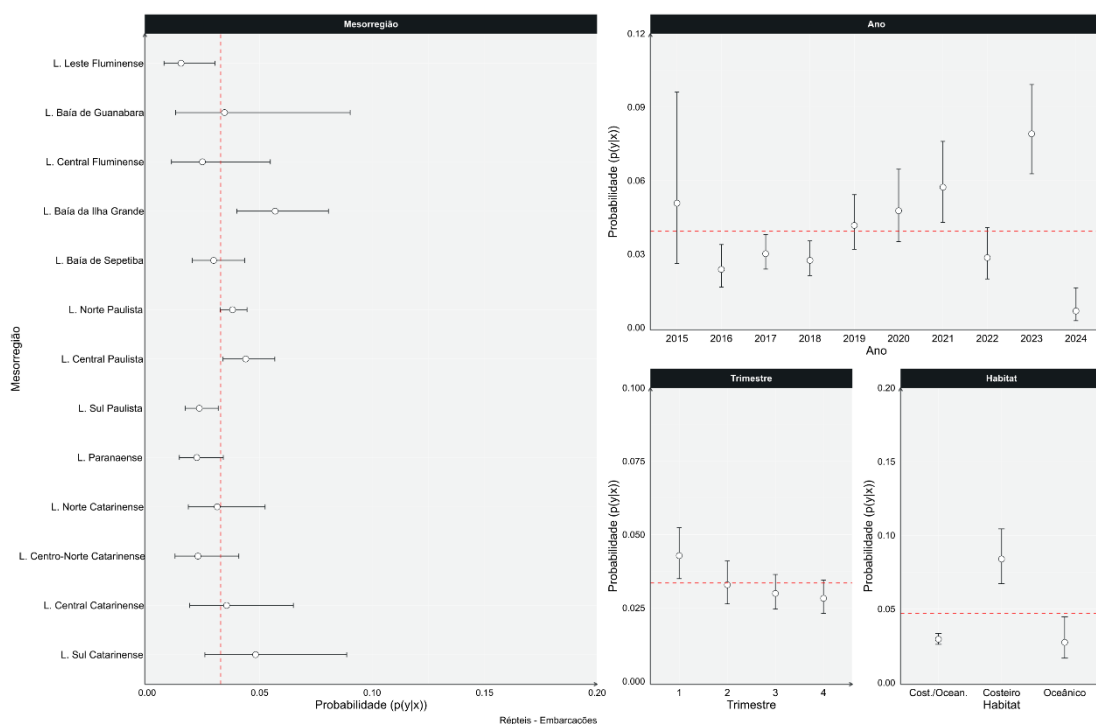


**Figura 5.2-36 - Resultados dos efeitos estimados para os diferentes fatores, gerados pela análise GLM da interação com pesca em tartarugas.**

Os resultados para a análise das interações com embarcações evidenciaram padrões menos claros do que para a pesca (**Figura 5.2-37**).

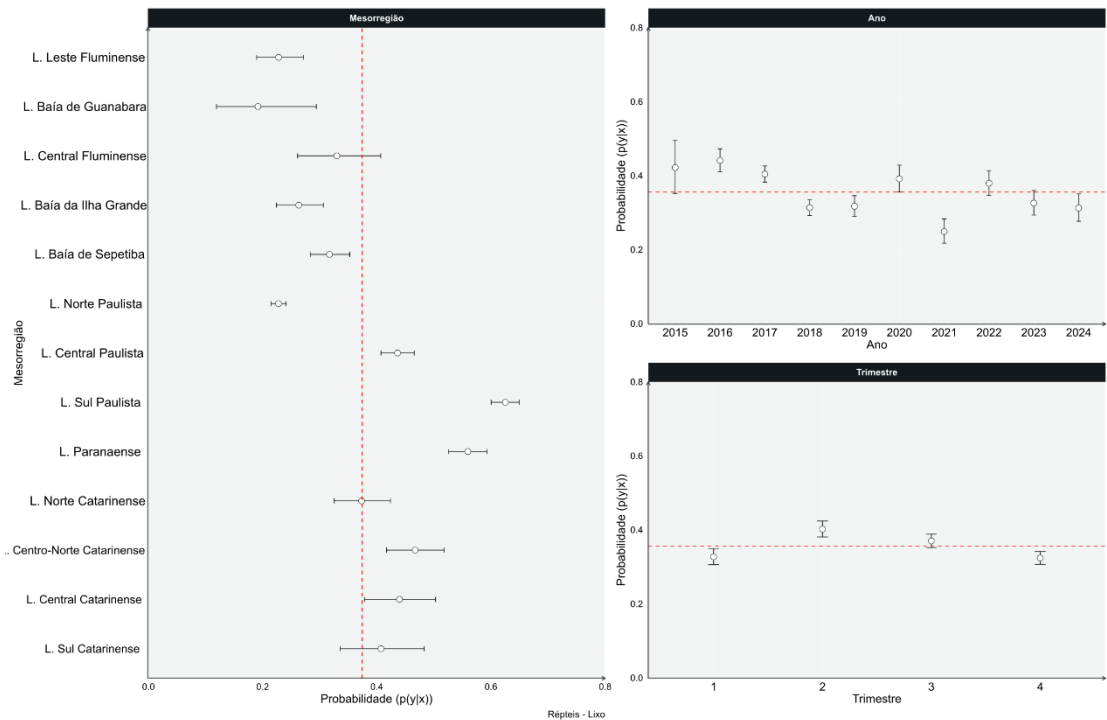
Espacialmente são poucas as mesorregiões que se destacam acima do efeito médio, apenas Baía da Ilha Grande, e os litorais Norte e Central paulista. Temporalmente há um padrão interessante entre anos, com um aumento quase contínuo das probabilidades de interação, entre 2018 e 2023, com exceção de 2022. Já em 2024 o valor foi o menor de todos para todo o conjunto de dados. Entre os trimestres o valor foi mais alto para o 1º trimestre, o que é interessante já que a maior frequência de registros de tartarugas está no 3º e 4º trimestres. Isto sugere que não apenas a interação com embarcações não é influenciada unicamente pela abundância dos animais no ambiente, provavelmente havendo fatores ligados com a presença de barcos. Considerando que muitas das interações são com barcos de menor porte, o maior trânsito destes no verão pode ser uma das causas do padrão observado.

Mas deve-se atentar que em todos os fatores significativos para interações com embarcações os valores de probabilidades foram baixos. Isto indica que apesar de haver diferenças significativas nos fatores analisados, a probabilidade de uma tartaruga apresentar interações com embarcações é baixa.



**Figura 5.2-37 - Resultados dos efeitos estimados para os diferentes fatores, gerados pela análise GLM da interação com embarcações em tartarugas.**

A interação com o lixo é um problema reconhecido para tartarugas e as análises de GLM evidenciaram probabilidades altas em todos os fatores que se mostraram significativos (**Figura 5.2-38**). A variabilidade interanual foi baixa, sem nenhum padrão claro, oscilando ao redor da probabilidade média. Entre trimestres parece haver um ciclo, com aumento no outono (2º trimestre) e redução na primavera e verão. Especialmente se observa menor probabilidades nas mesorregiões mais ao norte, incluindo todo o Rio de Janeiro até o Litoral Norte Paulista. Em seguida do Litoral Central Paulista até Santa Catarina, com exceção do Litoral Norte Catarinense, todas as mesorregiões estão acima da probabilidade média. Os valores de probabilidades de interação com lixo nestas áreas ficaram acima de 0,5, reforçando de que este é um problema sério para as tartarugas. Por outro lado, uma vez que praticamente 80% da amostra é composta pela tartaruga-verde, deve-se ter cautela ao generalizar estes resultados para todas as espécies.



**Figura 5.2-38** - Resultados dos efeitos estimados para os diferentes fatores, gerados pela análise GLM da interação com lixo em tartarugas.

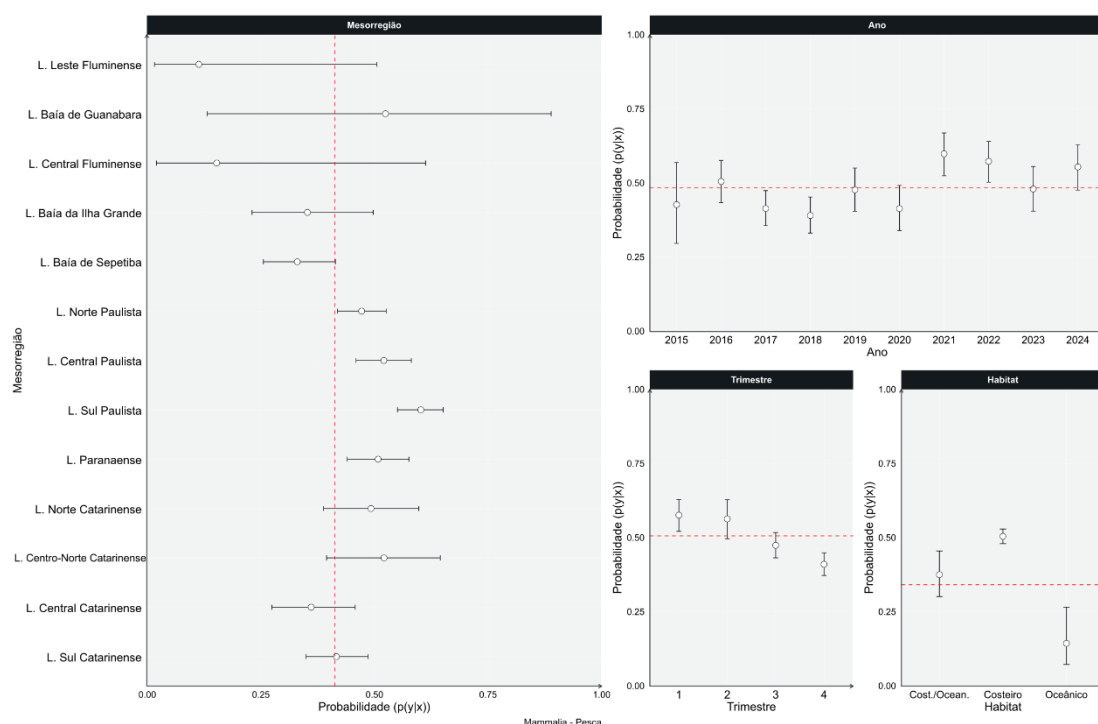
**Mamíferos**

Foi possível realizar as análises de GLM para interações antrópicas em mamíferos com as interações ligadas à pesca, agressão/vandalismo/caça e lixo. Para os demais fatores o tamanho amostral por nível dos fatores foi baixo, não permitindo a análise. Nos três tipos de interação, único fator comum aos modelos finais selecionado através do critério de informação de Akaike foi a mesorregião (**Tabela 5.2-14**).

**Tabela 5.2-14** – Valores de p da ANOVA para os diferentes fatores selecionados nos modelos finais das análises de interações antrópicas com mamíferos. “N.S.” – não significativa.

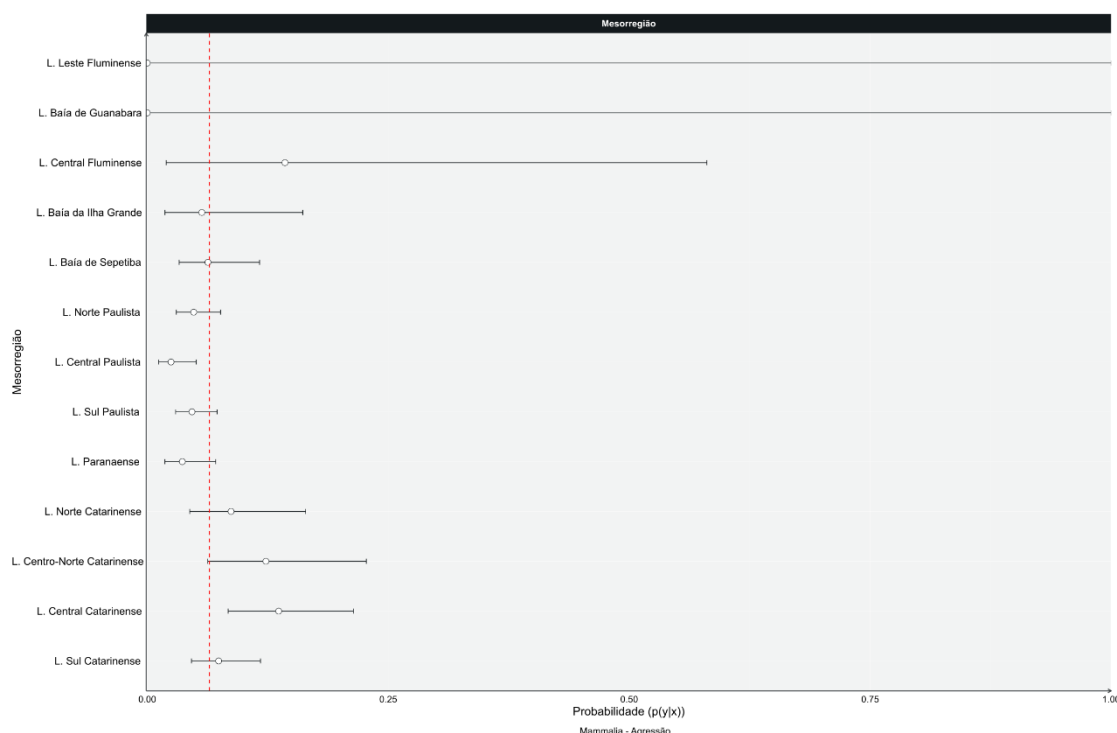
	Pesca	Agressão/vandalismo/caça	Lixo
Ano	<0,001	N.S.	N.S.
Trimestre	<0,001	N.S.	0,041
Mesorregião	<0,001	0,004	<0,001
Habitat	<0,001	N.S.	N.S.

Nos mamíferos, assim como nas tartarugas, a interação com a pesca é reconhecidamente um risco para diversas espécies, em especial nos pequenos cetáceos (NORTHRIDGE, 2018). Os resultados das análises de GLM para este tipo de interação nos mamíferos (**Figura 5.2-39**) mostrou que as maiores probabilidades estão nas espécies de hábitos costeiros, que na amostra utilizada são representadas principalmente por *P. blainvillei* e *S. guianensis*. Os efeitos interanuais não apresentaram um padrão claro, oscilando ao redor do valor médio, mas sempre com probabilidades altas, próximas de 0,5. A sazonalidade mostrou probabilidades de interação diferentes entre primavera (baixa) e verão (alta), com as demais estações indicando uma transição entre as duas. Espacialmente se observa muita variabilidade nas mesorregiões do Rio de Janeiro, porém mais ao sul as probabilidades de interação tendem a estar acima do efeito médio, com exceção para as duas mesorregiões mais ao sul, os litorais Central e Sul catarinenses, que ficaram próximos da média.



**Figura 5.2-39 - Resultados dos efeitos estimados para os diferentes fatores, gerados pela análise GLM da interação com a pesca em mamíferos.**

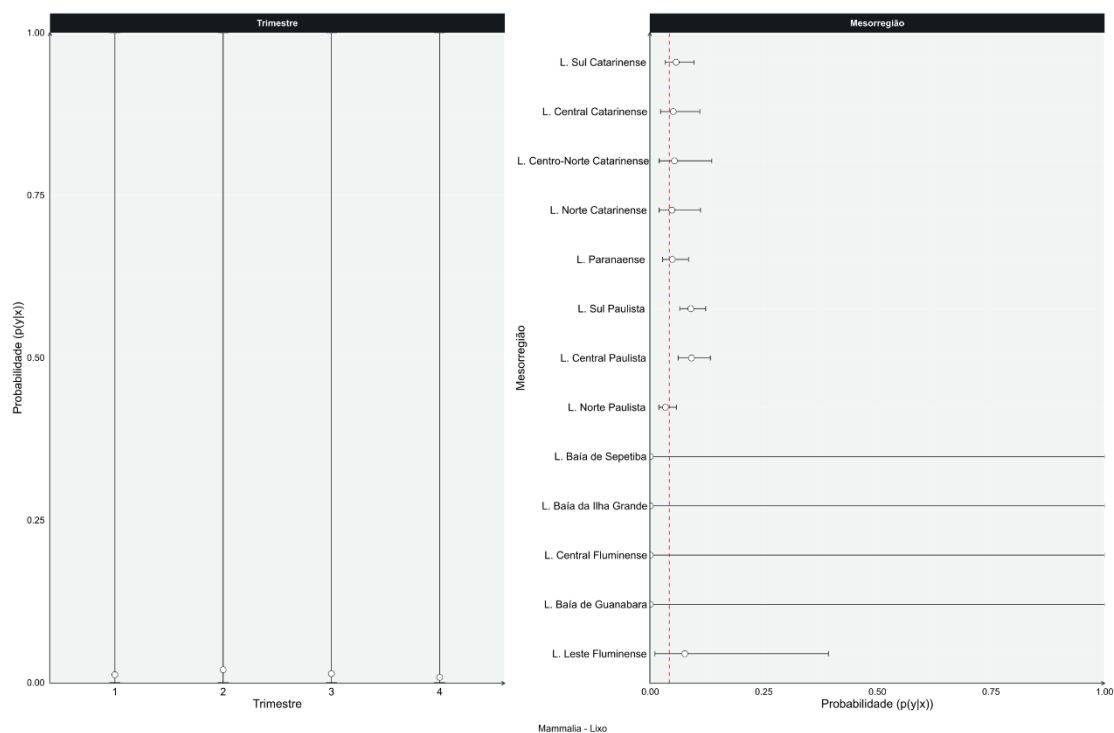
A análise das interações com agressão/vandalismo/caça, apesar de ter sido significativa, evidenciou efeitos unicamente espaciais (**Figura 5.2-40**). Nas duas mesorregiões mais ao norte, os intervalos de confiança foram muito altos e as probabilidades ficaram próximas de zero. Somente no litoral centro-norte e central catarinense se observam valores acima da média dos efeitos.



**Figura 5.2-40** - Resultados dos efeitos estimados para os diferentes fatores, gerados pela análise GLM da interação de agressão/vandalismo/caça em mamíferos.

A análise das interações com lixo apresentou resultados semelhantes, com grande variabilidade em alguns fatores (**Figura 5.2-41**). Apesar dos trimestres terem apresentado uma relação significativa, não foi possível detectar nenhum padrão, devido à alta variabilidade em todos os trimestres. Espacialmente, as mesorregiões do Rio de Janeiro voltaram a apresentar grande variabilidade, possivelmente devido ao baixo número de exemplares e se estar trabalhando com variáveis binárias (presença/ausência de interação). Nas mesorregiões com maiores amostras, somente o Litoral Sul Paulista e Litoral Central Paulista exibiram valores diferentes da média dos efeitos. Mas mesmo nestes casos as probabilidades foram baixas, ficando próximas de 0,1.

Estas baixas probabilidades reforçam de que apesar do lixo no mar ser indiscutivelmente um problema, dependendo do grupo da fauna que se avalia, ele pode ser mais ou menos preocupante.



**Figura 5.2-41 - Resultados dos efeitos estimados para os diferentes fatores, gerados pela análise GLM da interação com lixo em mamíferos.**

## 5.3 CONSIDERAÇÕES GERAIS

### 5.3.1 Padrões de encalhes

O objetivo das análises espaço-temporais integradas é permitir detectar padrões nos encalhes, considerando toda a extensão monitorada no PMP-BS e em todo o período de execução do projeto. Enquanto no Volume 1 deste relatório o foco esteve na descrição dos registros em 2024 e sua comparação com anos anteriores, aqui se busca uma visão integrada de aspectos espaciais e temporais, procurando identificar áreas ou momentos com alterações nos padrões de ocorrência das espécies.

A análise de redundância (RDA) aplicada aos dados de encalhes de aves, tartarugas e mamíferos em 2024, e sua comparação com anos anteriores

(predominantemente 2022 e 2023), revelou padrões consistentes, mas também divergências notáveis entre os grupos e ao longo do tempo.

Em todos os três grupos taxonômicos, os fatores temporais (sazonalidade trimestral e variação interanual) e espaciais (mesorregião) demonstraram consistentemente significância estatística na explicação da variabilidade dos encalhes. Este resultado reforça a importância fundamental das dinâmicas sazonais e das características geográficas regionais na modulação dos eventos de encalhe ao longo da costa monitorada pelo PMP-BS. Apesar de haver diferenças nos padrões espaciais de encalhe de cada classe, 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.

Já foi discutido em relatórios anteriores que toda a área do PMP-BS está inclusa na ecorregião do Sudeste do Brasil, que se estende do Cabo de Santa Marta, SC, até Arraial do Cabo, RJ. As ecorregiões foram propostas como um modo de representar áreas com características biogeográficas semelhantes, incluindo a distribuição de espécies, tipos de habitat e condições oceanográficas. As ecorregiões foram definidas focando em águas costeiras e de plataforma, combinando biotas bentônicas e pelágicas (neríticas) de plataforma (SPALDING *et al.*, 2007), o que as torna adequadas para interpretar as distribuições das espécies detectadas pelo PMP-BS.

Uma vez que, a área do PMP-BS engloba praticamente toda a ecorregião do Sudeste do Brasil, seria de se esperar que ao longo da área houvesse uma alteração na fauna, como resultado da transição para as ecorregiões adjacentes. Apesar de algumas mesorregiões não terem apresentado um agrupamento perfeito nas três classes, o que se observou nos resultados da RDA nas mesorregiões reflete claramente essa transição. Ao considerarmos que a RDA utiliza diversos outros fatores, o surgimento deste padrão nas análises deixa claro o forte papel biogeográfico no padrão de encalhes.

As mesorregiões do estado do Rio de Janeiro nem sempre apresentaram um padrão claro de agrupamento, possivelmente por uma combinação de fatores, tanto ecológicos (apresentam características mais fortes da ecorregião do Sudeste do Brasil) como amostrais. Nas baías da Ilha Grande e de

Sepetiba, devido à geografia recortada do litoral e à falta de acesso a muitas praias, a maior parte do esforço amostral é embarcado. Isto limita os dados utilizados nas análises, pois na RDA foram usados somente dados de praias com esforço diário, com objetivo de garantir uma homogeneidade no esforço amostral e taxas de encontro. Somado a isto, a natureza mais abrigada destas duas baías e em especial da Baía da Guanabara, provavelmente afeta a ocorrência de certas espécies, diferentes do que seria registrado em áreas de costa aberta. As áreas abertas do litoral do estado do Rio de Janeiro, estão concentradas nas mesorregiões do Litoral Leste Fluminense e Litoral Central Fluminense.

Como descrito na metodologia, ainda não foi possível utilizar os registros feitos na mesorregião do Litoral Central Fluminense após a alteração da metodologia amostral que ocorreu na metade de 2023. Se espera que com mais alguns anos de registros diários, seja possível gerar fatores de correção que incorporem os efeitos sazonais, e com isso utilizar esta mesorregião nas análises integradas.

Neste ano nenhuma das variáveis antrópicas utilizadas se mostrou significativa com os encalhes nos modelos selecionados. Nas aves isto mantém o padrão de anos anteriores, mas nos mamíferos o modelo completo de 2024 revelou significâncias marginais para a intensidade média da navegação por terceiros e a distância do polo de produção da Bacia de Santos. Esta última havia sido significativa em 2022 e 2023, mas se havia discutido que provavelmente estava 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.

Com a inclusão dos dados de 2024 nas análises de RDA se refinou a compreensão da influência de variáveis ambientais, com algumas (como clorofila para tartarugas e mamíferos, e temperatura para aves) perdendo ou ganhando significância. Neste ano houve uma ausência consistente de significância de fatores antrópicos diretos, embora interações mais complexas

ou indiretas não possam ser descartadas. Os padrões espaciais e temporais, tanto sazonais quanto interanuais, se mantêm como os vetores mais robustos na explicação da variabilidade dos encalhes, mesmo havendo nuances específicas para cada grupo taxonômico e, dentro deles, para as diferentes espécies. A análise integrada reforça a complexidade dos processos que levam aos encalhes, destacando a necessidade de monitoramento contínuo e análises multivariadas para discernir os múltiplos fatores em jogo.

### **5.3.2 Índice de Saúde**

Os resultados obtidos para a análise de GLM do Índice de Saúde (IS) revelou padrões complexos e, por vezes, divergentes entre os grupos, influenciadas por fatores espaciais, temporais, etiológicos e metodológicos. O IS, foi elaborado como uma métrica que agregasse diversos fatores ligados à condição de saúde e demonstrou sensibilidade a diferentes pressões ambientais e biológicas específicas a cada táxon.

Em aves, observou-se uma separação espacial no IS, com valores consistentemente superiores nas mesorregiões mais ao norte (Rio de Janeiro), um padrão atribuído à mortalidade de indivíduos hígidos por causas traumáticas específicas (e.g., linhas de cerol em fragatas) nestas áreas, e à chegada de migrantes debilitados em regiões mais austrais. Nas tartarugas, as áreas de baía no Rio de Janeiro apresentaram IS inferiores em comparação com áreas abertas, enquanto São Paulo e Paraná registraram valores abaixo da média, contrastando com Santa Catarina. Os mamíferos marinhos também exibiram variações espaciais, com IS mais elevados no litoral centro-norte paulista e mais baixos no sul de São Paulo e Paraná.

Temporalmente, após remoção dos pinguins-de-Magalhães das análises, as aves mostraram uma elevação do IS em 2023-2024. As tartarugas, por sua vez, apresentaram uma tendência de declínio do IS desde 2017, com uma notável recuperação em 2024. Nos mamíferos, 2024 registrou IS acima da média, porém com considerável sobreposição de intervalos de confiança com outros anos, indicando menor clareza na tendência temporal. Deste modo se

observa que nos três grupos houve um aumento do IS em 2024, um fato que precisará ser acompanhado em anos futuros.

Neste ano foram incluídos animais que haviam sido submetidos a tratamento veterinário como um fator no GLM. Nas três classes, indivíduos com histórico clínico apresentaram IS significativamente inferiores. Isto sugere que animais encontrados mortos incluem animais mais saudáveis, possivelmente pela inclusão de animais previamente sadios por eventos agudos e traumáticos, tais como atividades pesqueiras. Nos mamíferos, a causa de morte indeterminada destacou-se com IS mais elevado, enquanto não houve distinção clara entre causas naturais e antropogênicas. Isto pode estar relacionado à dificuldade de identificar sinais inequívocos de interação antrópica em alguns casos de asfixia por petrechos de pesca.

Houve também influencia do tipo de habitat no IS, mas de forma variada. Em aves, as espécies costeiro/oceânicas (principalmente atobás-pardos e pinguins) apresentaram IS inferior às estritamente costeiras ou oceânicas. Nas tartarugas, a relação entre habitat e IS, que em 2023 indicava pior condição em ambientes costeiros, tornou-se menos definida em 2024, possivelmente devido a efeitos ligados à ontogenia e plasticidade no uso do habitat pela tartaruga-verde. Mamíferos costeiros exibiram IS superior aos de outros habitats, uma observação que pode estar ligada tanto à maior frequência de mortes agudas por pesca em indivíduos sadios quanto a um viés de amostragem para espécies oceânicas, cujas carcaças frescas são menos prováveis de serem recuperadas. A idade, quando incluída como fator, não demonstrou efeito significativo no IS de tartarugas e mamíferos, apesar de uma tendência de declínio com a senescência ser biologicamente esperada e observada em análises anteriores. As análises de parâmetros biológicos (ver item 4.5.2 *Estrutura Etária*, vol. 1) já haviam evidenciado a menor presença de indivíduos mais velhos, o que tem diminuído a confiança do modelo para maiores idades, e dificulta a confirmação dessa relação.

A dominância de certas espécies nas amostras (pinguim-de-Magalhães em aves, tartaruga-verde em répteis) influencia consideravelmente os padrões gerais do IS em seus respectivos grupos. A necessidade de carcaças frescas para o cálculo do IS introduz um potencial viés, especialmente para espécies

oceânicas ou aquelas que sofrem decomposição rápida. Mesmo com essas limitações, o IS tem se mostrado uma ferramenta valiosa para monitorar a saúde de populações dos tetrápodes marinhos registrados pelo PMP-BS, evidenciando respostas complexas e grupo-específicas a um conjunto de variáveis ambientais, antrópicas e biológicas. As diferenças observadas entre aves, tartarugas e mamíferos sublinham a importância de abordagens taxon-específicas na avaliação e gestão da saúde ecossistêmica.

### **5.3.3 Interações Antrópicas**

A análise integrada das interações antrópicas em aves, tartarugas e mamíferos marinhos revelou um panorama complexo da influência das atividades humanas sobre estes grupos. A estratégia analítica empregou Modelos Lineares Generalizados (GLM) para avaliar a probabilidade de ocorrência de sete categorias de interações (atividade de petróleo e gás, óleo, agressão/vandalismo/caça, resíduos sólidos, pesca, embarcações e dragagens) em função de fatores espaciais (mesorregião), temporais (ano, trimestre) e ecológicos (habitat). Devido à insuficiência amostral em determinados níveis de fatores, nem todos os modelos puderam ser gerados para todas as interações e grupos.

As interações com pesca, resíduos sólidos (lixo) e agressão/vandalismo/caça foram as mais passíveis de modelagem nos três grupos taxonômicos, indicando sua relevância como pressões antrópicas. Apesar de haver registros dos demais tipos de interação, incluindo a com atividades da indústria de óleo e gás, somente para tartarugas a interação com embarcações também pôde ser modelada. A mesorregião emergiu como um fator espacial consistentemente significativo na modulação da probabilidade de diversas interações antrópicas para todos os grupos. Fatores temporais (ano e trimestre) e o habitat também se mostraram relevantes, embora sua influência tenha variado conforme o tipo de interação e o grupo taxonômico. A interação com pesca e resíduos sólidos representa ameaças persistentes e bem documentadas na literatura técnico-científica. Já as agressões e interações com embarcações também são registradas na literatura, mas exibem padrões

mais localizados ou sazonais (e.g. HAZEL *et al.*, 2006, 2007). A análise integrada ressalta a necessidade de estratégias de mitigação direcionadas, considerando as particularidades espaciais, temporais e ecológicas que estejam adequadas à vulnerabilidade de cada grupo às diferentes formas de pressão antrópica.

## 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.

BAES, L.; SANTIAGO, C. D.; ROMAN, L.; DOS SANTOS COSTA, P. C.; PUGLIESI, É.; REIGADA, C. Beached seabirds as plastic biomonitors in Brazil from the Beach Monitoring Project of the Santos Basin (PMP-BS). **Marine Pollution Bulletin**, v. 199, p. 115847, 1 fev. 2024. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2023.115847.

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

CLARK, B. L.; CARNEIRO, A. P. B.; PEARMAIN, E. J.; ROUYER, M.-M.; et al. Global assessment of marine plastic exposure risk for oceanic birds. **Nature Communications**, v. 14, n. 1, p. 3665, 4 jul. 2023. DOI: 10.1038/s41467-023-38900-z.

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

DE CARVALHO ARAUJO, A.; CHO, A. Y.; SILVA, L. M. N.; CORRÊA, T. C.; DE SOUZA, G. C.; ALBUQUERQUE, A. S.; MACAGNAN, E.; KOLESNIKVOAS, C. K. M.; MEURER, R.; VIEIRA, J. V.; LEMOS, G. G.; BARRETO, A. S.; DICK, J. L.; GROCH, K. R.; DE CASTILHO, P. V.; AMGARTEN, D.; MALTA, F.; MILLER, M.; DORLASS, E. G.; PALAMETA, S.; LEE, S.-H.; ARNS, C. W.; DURIGON, E. L.; PINHO, J. R. R.; LEE, D.-H.; FERREIRA, H. L. Mortality in sea lions is associated with the introduction of the H5N1 clade 2.3.4.4b virus in Brazil October 2023: whole genome sequencing and phylogenetic analysis. **BMC Veterinary Research**, v. 20, n. 1, p. 285, 2 jul. 2024. DOI : 10.1186/s12917-024-04137-1.

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 injuries 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., HOFMEYR, 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.; LIMA, E. P.; BELLINI, C. Sea Turtles and Fishery Interactions in Brazil: Identifying and Mitigating Potential Conflicts. **Marine Turtle Newsletter**, v. 112, p. 4–8, 2006.
- 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.

NISI, A. C.; WELCH, H.; BRODIE, S.; LEIPHARDT, C.; RHODES, R.; HAZEN, E. L.; REDFERN, J. V.; BRANCH, T. A.; BARRETO, A. S.; CALAMBOKIDIS, J.; CLAVELLE, T.; DARES, L.; DE VOS, A.; GERO, S.; JACKSON, J. A.; KENNEY, R. D.; KROODSMA, D.; LEAPER, R.; MCCAULEY, D. J.; MOORE, S. E.; OVSYANIKOVA, E.; PANIGADA, S.; ROBINSON, C. V.; WHITE, T.; WILSON, J.; ABRAHMS, B. 2024. Ship collision risk threatens whales across the world's oceans. **Science**, v. 386, n. 6724, p. 870–875. DOI: 10.1126/science.adp1950.

NORTHRIDGE, S. Bycatch. In: WÜRSIG, B.; THEWISSEN, J. G. M.; KOVACS, K. M. (eds.). **Encyclopedia of Marine Mammals** (Third Edition). Londres: Academic Press, 2018. p. 149-151. DOI : 10.1016/B978-0-12-804327-1.00130-8

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., MCGLINN, 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.

PETROBRAS/Socioambiental. 2023. Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos 7º Relatório Anual – Volume I: Apresentação e Discussão de Resultados Orientados aos Objetivos. (p. 531). PETROBRAS/Socioambiental

PLAZA, P. I.; GAMARRA-TOLEDO, V.; RODRÍGUEZ EUGUÍ, J.; ROSCIANO, N.; LAMBERTUCCI, S. A. Pacific and Atlantic sea lion mortality caused by highly pathogenic Avian Influenza A(H5N1) in South America. **Travel Medicine and Infectious Disease**, v. 59, p. 102712, 1 maio 2024. DOI: 10.1016/j.tmaid.2024.102712.

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.

ROMAN, L.; HARDESTY, B. D.; HINDELL, M. A.; WILCOX, C. A quantitative analysis linking seabird mortality and marine debris ingestion. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 3202, 1 mar. 2019. DOI: 10.1038/s41598-018-36585-9.

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.

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

SZTEREN, D.; FRANCO-TRECU, V. Incidence of highly pathogenic avian influenza H5N1 in pinnipeds in Uruguay. **Diseases of Aquatic Organisms**, v. 160, p. 65–74, 2024. DOI : 10.3354/dao03827.

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

TODD, V. L. G., & WILLIAMSON, L. D. (2022). Cetacean distribution in relation to oceanographic features at the Kerguelen Plateau. **Polar Biology**, 45(1), 113–126. DOI: 10.1007/s00300-021-02977-3

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

UHART, M. M.; VANSTREELS, R. E. T.; NELSON, M. I.; OLIVERA, V.; CAMPAGNA, J.; ZAVATTIERI, V.; LEMEY, P.; CAMPAGNA, C.; FALABELLA, V.; RIMONDI, A. Epidemiological data of an influenza A/H5N1 outbreak in elephant seals in Argentina indicates mammal-to-mammal transmission. **Nature Communications**, v. 15, n. 1, p. 9516, 2024. DOI : 10.1038/s41467-024-53766-5.

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 em função de sua ocorrência comum devido à produção por diversas fontes antrópicas, 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, pirogênica (VOLKMAN *et al.*, 1992; WANG *et al.*, 1999; BOEHM *et al.*, 2007) ou biogênica (WAKEHAN, SCHAFFNER, GIGER, 1980). 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).

Por fim, as fontes biogênicas incluem compostos produzidos por vegetais superiores, como perileno e reteno (JAFARABADI *et al.*, 2019). Estes compostos podem ser abundantes em áreas não impactadas pela ação antrópica, e podem ser usados como marcadores para reconstrução do aporte de matéria orgânica natural de origem continental (JAFARABADI *et al.*, 2019).

Os compostos organohalogenados englobam diversas categorias de contaminantes, como as bifenilas policloradas (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 (ar-água) mas, em geral, possuem grande hidrofobicidade (elevado 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 pelos organismos, através da sua metabolização, 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 habitat; (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 6691 amostras para análises de HPA e organohalogenados no PMP-BS desde o início das atividades até 31 de dezembro de 2024. Destas, 5753 amostras foram analisadas pelo Laboratório de Química Orgânica Marinha (LabQOM), 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 2024) contempla 939 amostras analisadas pela PUC-Rio em 2024.

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 a dezembro de 2024). 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.

## **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 817 amostras coletadas no ano de 2024. As amostras foram entregues no LabMAM congeladas ( $-80^{\circ}\text{C}$ ) juntamente com as cadeias de custódia. A partir de então foram mantidas em ultrafreezer ( $-80^{\circ}\text{C}$ ) 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 de recuperação (100 ng de p-terfenil-d14 e 100 ng de PCB-103) às amostras, a extração foi realizada com 200 mL de mistura diclorometano:hexano (1:1), durante oito horas. O volume do extrato bruto foi reduzido em evaporador rotatório com banho-maria a temperatura inferior a  $40^{\circ}\text{C}$ , 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 0,250 g (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  $60^{\circ}\text{C}$  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 × 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-d8, acenafteno-d10, fenantreno-d10, criseno-d12 e perileno-d12; 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-d8, acenafteno-d10, fenantreno-d10, criseno-d12 e perileno-d12), 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: C1 naftalenos, 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 e TCH 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<sup>-1</sup> 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 (SRM) 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 correspondente a cada lote encontram-se no Apêndice 6.

Em adição ao uso de material certificado de referência, 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<sup>-1</sup> 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 e TCH 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. 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.

Assim como na análise de HPAs, foi utilizado o material de referência certificado SRM 1945 (Standard Reference Material 1945 – Organics in Whale Blubber). Os valores encontrados foram tabelados, e os cromatogramas de cada branco do lote encontram-se no Apêndice 6.

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 e TCH 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.

## 6.3 RESULTADOS

### 6.3.1 Quantitativo de amostras de tetrápodes analisadas em 2024

Este relatório traz os resultados de todos os animais coletados (data de necropsia) entre 1º de janeiro de 2024 e 31 de dezembro de 2024. 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 2024 no laboratório, separadas por classe e espécie.

Foram analisadas 504 amostras da Classe Aves, distribuídas entre 23 espécies, incluindo: *Calonectris borealis*, *Calonectris sp.*, *Fregata magnificens*, *Haematopus palliatus*, *Himantopus melanurus*, *Larus dominicanus*, *Pachyptila desolata*, *Phalacrocorax brasilianus*, *Procellaria aequinoctialis*, *Pterodroma incerta*, *Pterodroma mollis*, *Puffinus gravis*, *Puffinus griseus*, *Puffinus puffinus*, *Rynchops niger*, *Spheniscus magellanicus*, *Sterna hirundinacea*, *Sterna*

*hirundo*, *Sula leucogaster*, *Thalassarche chlororhynchos*, *Thalassarche melanophris*, *Thalasseus acutifidus* e *Thalasseus maximus*. Destas 504 amostras, foram obtidas 476 amostras de fígado (TCH) e 28 de gordura (TCA), sendo a espécie mais representativa o *Spheniscus magellanicus* (pinguim-de-Magalhães), com 269 TCH e 15 TCA, seguida por *Larus dominicanus* (38 TCH, 13 TCA), *Phalacrocorax brasilianus* (26 TCH, 12 TCA), *Sula leucogaster* (19 TCH, 6 TCA) e *Fregata magnificens* (6 TCH).

Para a Classe Mammalia, foram 104 amostras de 12 espécies de mamíferos marinhos, incluindo *Arctocephalus australis*, *Mesoplodon*, *Otaria flavescens*, *Pontoporia blainvillei*, *Sotalia guianensis*, *Stenella frontalis* e *Tursiops truncatus*. Deste total, foram 62 amostras de TCH e 42 de TCA, das quais as espécies mais frequentes foram *Pontoporia blainvillei* (26 TCH, 24 TCA) e *Sotalia guianensis* (13 TCH, 13 TCA), que juntas totalizaram 76% das amostras de mamíferos em 2024.

Diferentemente de 2023, quando a Classe Reptilia foi a mais representativa, em 2024 foram analisadas 209 amostras desse grupo – 58,5% menor em comparação às amostras de Aves (n = 504). As espécies de répteis avaliadas incluíram *Caretta caretta*, *Chelonia mydas*, *Eretmochelys imbricata* e *Lepidochelys olivacea*.

Enquanto a Classe Mammalia apresentou uma distribuição equilibrada entre tecidos hepáticos (TCH) e adiposos (TCA), em Reptilia houve predomínio de amostras de fígado (n = 139) em relação às de gordura (n = 70), o que é evidenciado na espécie mais representativa, *Chelonia mydas* (tartaruga-verde), para a qual foram analisadas 125 amostras de fígado e 61 de tecido adiposo.

**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 2024 pelo PMP-BS.

Classe	Espécie	nº de amostras (Fígado)	nº de amostras (Gordura)	Total de amostras	Total de indivíduos
Aves	<i>Calonectris borealis</i>	24	0	24	24
	<i>Calonectris</i> sp.	5	0	5	5
	<i>Fregata magnificens</i>	6	0	6	6
	<i>Haematopus palliatus</i>	1	1	2	1
	<i>Himantopus melanurus</i>	1	0	1	1
	<i>Larus dominicanus</i>	38	13	51	38
	<i>Pachyptila desolata</i>	1	0	1	1
	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	26	12	38	26

Classe	Espécie	nº de amostras (Fígado)	nº de amostras (Gordura)	Total de amostras	Total de indivíduos
Aves	<i>Procellaria aequinoctialis</i>	12	0	12	12
	<i>Pterodroma incerta</i>	2	0	2	2
	<i>Pterodroma mollis</i>	3	0	3	3
	<i>Puffinus gravis</i>	2	0	2	2
	<i>Puffinus griseus</i>	1	0	1	1
	<i>Puffinus puffinus</i>	36	0	36	36
	<i>Rynchops niger</i>	1	0	1	1
	<i>Spheniscus magellanicus</i>	269	15	284	269
	<i>Sterna hirundinacea</i>	3	0	3	3
	<i>Sterna hirundo</i>	2	0	2	2
	<i>Sula leucogaster</i>	19	6	25	19
	<i>Thalassarche chlororhynchos</i>	1	0	1	1
	<i>Thalassarche melanophris</i>	2	0	2	2
	<i>Thalasseus acutiflavus</i>	2	0	2	2
<b>Soma Aves</b>				<b>504</b>	<b>457</b>
Mammalia	<i>Arctocephalus australis</i>	3	3	6	3
	<i>Arctocephalus tropicalis</i>	1	1	2	1
	<i>Eubalaena australis</i>	1	1	2	1
	<i>Megaptera novaeangliae</i>	1	1	2	1
	<i>Pontoporia blainvillei</i>	26	24	50	26
	<i>Sotalia guianensis</i>	13	13	26	13
	<i>Stenella Frontalis</i>	1	1	2	1
	<i>Stenella attenuata</i>	1	1	2	1
	<i>Stenella clymene</i>	1	1	2	1
	<i>Stenella frontalis</i>	3	3	6	3
	<i>Tursiops truncatus</i>	1	1	2	1
	<i>Tursiops truncatus gephyreus</i>	1	1	2	1
<b>Soma Mammalia</b>				<b>104</b>	<b>51</b>
Reptilia	<i>Caretta caretta</i>	11	8	19	11
	<i>Chelonia mydas</i>	125	61	186	125
	<i>Eretmochelys imbricata</i>	1	0	1	1
	<i>Lepidochelys olivacea</i>	2	1	3	2
<b>Soma Reptilia</b>				<b>209</b>	<b>139</b>

Os resultados da **Tabela 6.3-1** podem ser visualizados pelos histogramas de ocorrência de amostras por espécie em cada classe, trazendo 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 provenientes de Aves no Litoral Sul Catarinense (n = 102) e Litorais Paranaense e Norte Paulista (n = 60 em cada um deles).

Durante o ano de 2024, destacou-se a espécie de ave *Spheniscus magellanicus* na mesorregião Litoral Sul Catarinense (91 TCH e 12 TCA).

Amostras dessa espécie também foram obtidas do Litoral Central Catarinense (39 TCH), Litoral Norte Catarinense (31 TCH e 1 TCA) e Litoral Norte Paulista (35 TCH). Outras espécies com ampla distribuição foram *Larus dominicanus* (presente em pelo menos sete mesorregiões) e *Phalacrocorax brasilianus*, com destaque para o Litoral Paranaense (18 TCH e 9 TCA).

Para a Classe Mammalia, Toninha (*P. blainvillei*) foi a mais representativa (n = 45 TCH e 39 TCA), principalmente nas mesorregiões Litoral Central Paulista e Litoral Norte Paulista. O boto-cinza (*S. guianensis*) também apresentou ampla cobertura, com destaque para Baía de Sepetiba (n = 10 amostras). No grupo Reptilia, a tartaruga verde (*C. mydas*) foi predominante no Litoral Norte Paulista (53 TCH e 36 TCA), seguido do Litoral Central Paulista (27 TCH e 2 TCA), Litoral Paranaense (11 TCH e 10 TCA), e Litoral Sul Paulista (12 TCH e 9 TCA). Já a espécie *Caretta caretta* teve ocorrências relevantes no Litoral Central Paulista (5 TCH e 4 TCA) e Litoral Sul Paulista (1 TCH e 1 TCA).

A **Tabela 6.3-2** traz o resumo dos resultados de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA) para o período de referência, considerando-se o somatório ( $\Sigma 37\text{HPAs}$ ) 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.

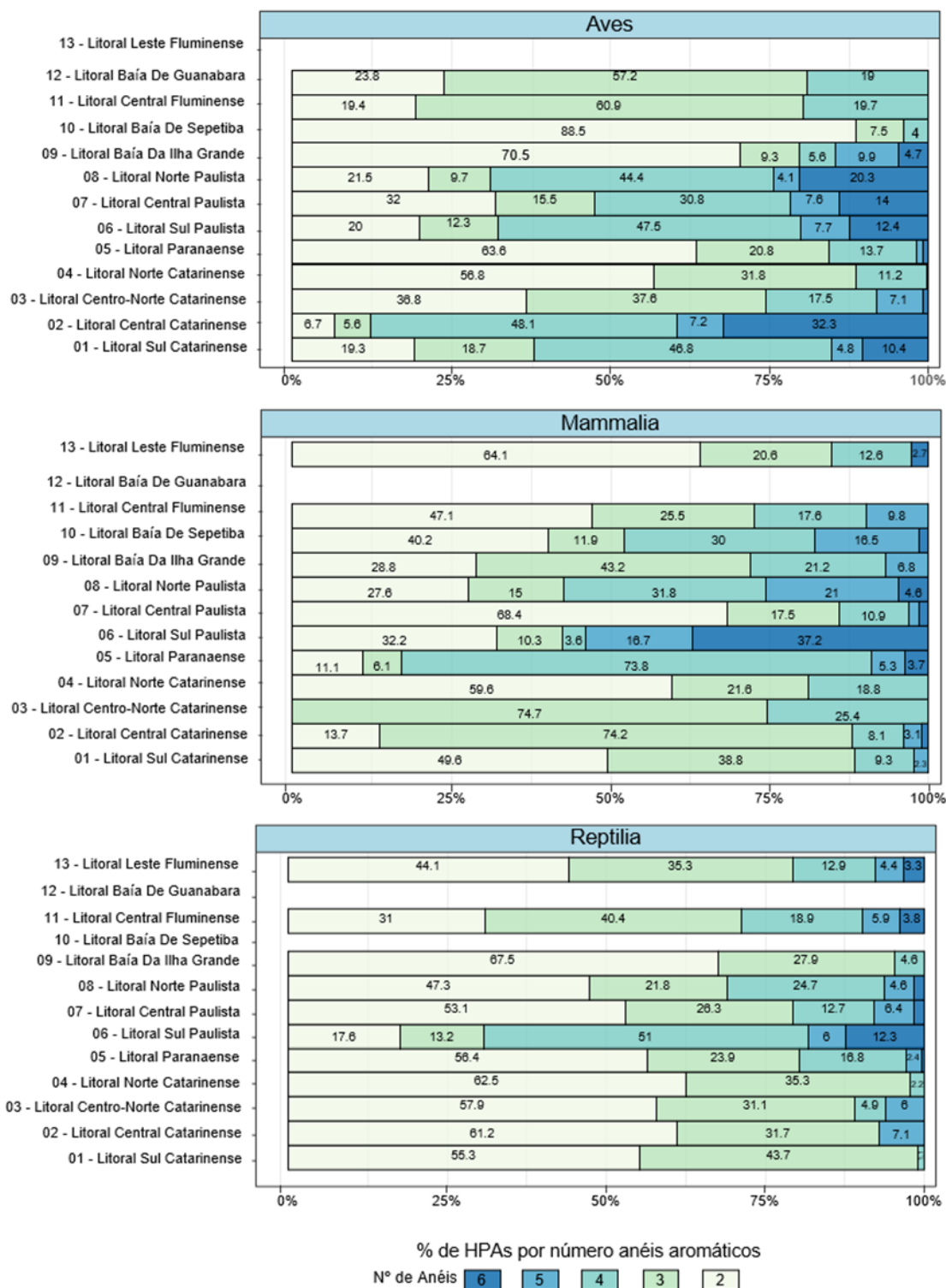
No ano de referência, 2024, foram analisadas 22,52% amostras a mais do que em 2023, sendo um total de 817 amostras, pertencentes a 649 indivíduos de 38 espécies. Destas 817 amostras, em 65 (7,96%), todos os HPAs individuais estiveram abaixo do limite de detecção. O perfil de HPAs observado nas amostras onde houve detecção foi dominado por compostos de dois anéis aromáticos, com predomínio de naftaleno e seus congêneres alquilados.

Nas aves, os HPAs de quatro anéis foram mais representativos no Litoral Sul Catarinense (46,8 %), Litoral Sul Paulista (47,5 %) e Baía da Ilha Grande

(44,4%) (**Figura 6.3-1**). Já os HPAs de cinco e seis anéis foram pouco representativos em aves, com destaque para os compostos de seis anéis no Litoral Central-Norte Catarinense (32,3%) e Baía da Ilha Grande (20,3%), além de valores de cinco anéis de 14,0% no Litoral Norte Paulista e 12,4% no Litoral Central Paulista.

Nos mamíferos marinhos, a distribuição de HPAs foi mais equilibrada (**Figura 6.3-1**), com participação de HPAs de dois anéis em diversas regiões, como Litoral Norte Catarinense (74,7%), Litoral Central Catarinense (74,2%) e Litoral Central Paulista (68,4%). Já compostos de três anéis apresentaram maior representatividade na Baía da Ilha Grande (43,2%), e compostos de cinco anéis tiveram maior contribuição no Litoral Norte Paulista (21%).

Entre as tartarugas-marinhas, o predomínio HPAs de dois e três anéis foi ainda mais marcante do que em aves, com valores mais elevados no Litoral Central Fluminense (87,5%), Litoral Paranaense (62,5%) e Litoral Central Catarinense (61,2%) (**Figura 6.3-1**). A exceção foi o Litoral Sul Paulista, onde HPAs de quatro anéis destacaram-se com maior frequência (51%). Compostos de quatro anéis aromáticos também foram observados na Baía de Sepetiba (24,7%) e Litoral Sul Paulista (16,8%).



**Figura 6.3-1** - Distribuição percentual dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) por número de anéis nas três classes de tetrápodes (Aves, Mamíferos Marinhos e Répteis) analisadas nas diferentes mesorregiões costeiras do PMP-BS em 2024.

**Tabela 6.3-2 – Resultados estatísticos de HPAs (ng g<sup>-1</sup>p.u.) – média, desvio-padrão, mediana, mínimo, máximo e percentual de amostras acima do limite de quantificação (%<LQ)– de HPAs em TCH para as amostras de Aves, Mammalia e Reptilia analisadas no ano de 2024 pelo PMP-BS.**

Classe	Espécie	Sexo	n	% >LQ	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
Aves	<i>Calonectris diomedea borealis</i>	Fêmea	8	62,5	126	149	80,6	<LQ	410
		Macho	16	87,5	113	199	44,3	<LQ	790
	<i>Calonectris sp.</i>	Fêmea	4	50	192	222	190	<LQ	387
		Macho	1	100	357	-	357	357	357
	<i>Fregata magnificens</i>	Fêmea	2	100	217	167	217	98,6	335
		Macho	4	100	193	123	203	40,9	326
	<i>Haematopus palliatus</i>	Macho	2	100	131	168	131	12,2	250
	<i>Himantopus melanurus</i>	Macho	1	100	416	-	416	416,1	416
	<i>Larus dominicanus</i>	Fêmea	22	100	116	101	77,0	11,4	389
		Macho	29	100	134	148	70,6	<LQ	460
	<i>Pachyptila desolata</i>	Fêmea	1	100	484	-	484	484	484
	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Fêmea	25	81,2	79	130	20,0	<LQ	482
		Macho	13	90	75	66,0	81,3	<LQ	197
	<i>Procellaria aequinoctialis</i>	Fêmea	8	100	315	292	302	22,6	939
		Macho	4	100	243	166	205	86,5	475
	<i>Pterodroma incerta</i>	Fêmea	2	100	101	119	101	17,0	185
	<i>Pterodroma mollis</i>	Fêmea	1	100	470	-	470	470	470
		Macho	2	100	159	79,2	159	103	215
	<i>Puffinus gravis</i>	Fêmea	1	100	161	-	161	161	161
		Macho	1	100	309	-	309	309	309
	<i>Puffinus griseus</i>	Fêmea	1	100	121	-	121	121	121
	<i>Puffinus puffinus</i>	Fêmea	17	100	152	156	84,9	29,2	561
		Macho	19	94,7	107	78,3	85,6	<LQ	289
	<i>Rynchops niger</i>	Fêmea	1	100	81	-	81,1	81,09	81,1
		Fêmea	221	96,7	786	2938	231	<LQ	27080
	<i>Spheniscus magellanicus</i>	Indefinido	1	100	705	-	705	705	705
		Macho	62	93,2	400	802	242	<LQ	5689
		Fêmea	209	100	772	2935	235	<LQ	27080
	<i>Sterna hirundinacea</i>	Indefinido	1	100	306	-	306	306	306
		Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Sterna hirundo</i>	Fêmea	2	100	292	118	292	209	375
	<i>Sula leucogaster</i>	Fêmea	12	100	228	231	142	19,8	703
		Macho	13	100	194	195	111	14,1	742
	<i>Thalassarche chlororhynchos</i>	Macho	1	100	122	-	122	122	122
	<i>Thalassarche melanophris</i>	Fêmea	2	100	178	114	178	98,0	259
		Fêmea	1	100	448	-	448	448	448
	<i>Thalasseus acutiflavus</i>	Macho	1	100	295	-	295	295	295
		Fêmea	2	50	54	76,4	54,0	<LQ	108
	<i>Arctocephalus australis</i>	Macho	4	0	409	719	77,7	<LQ	1482
	<i>Arctocephalus tropicalis</i>	Macho	2	100	241	34,0	241	217	265
	<i>Eubalaena australis</i>	Fêmea	2	100	273	153	273	165	381
	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Macho	2	100	111	35,3	111	85,6	136
		Fêmea	22	83,3	105	106	87,9	<LQ	365
Mammalia	<i>Pontoporia blainvillei</i>	Indefinido	2	100	264	284	264	62,6	464
		Macho	26	100	227	319	130	12,9	1545
	<i>Sotalia guianensis</i>	Fêmea	14	85,7	835	2568	61,2	<LQ	9729
		Macho	12	100	316	407	258	<LQ	1507
	<i>Stenella attenuata</i>	Macho	2	100	657	485	657	315	1000
	<i>Stenella clymene</i>	Macho	2	100	182	134	182	87,7	277
	<i>Stenella frontalis</i>	Macho	8	100	227	147	231	32,2	427
	<i>Tursiops truncatus</i>	Macho	2	100	225	318	225	<LQ	450
	<i>Tursiops truncatus gephyreus</i>	Fêmea	2	0	53,0	4,70	53,0	49,7	56,3
		Fêmea	14	100	154	103	120	38,1	397
Reptilia	<i>Caretta caretta</i>	Macho	5	100	1265	2602	110	<LQ	5917
		Fêmea	141	50	199	243	129	<LQ	2061
	<i>Chelonia mydas</i>	Macho	45	100	181	178	133	<LQ	847
	<i>Eretmochelys imbricata</i>	Fêmea	1	100	48,9	-	48,9	48,9	48,9
	<i>Lepidochelys olivacea</i>	Fêmea	3	94,7	337	92,6	305	264	441

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

**Tabela 6.3-3 – Resultados estatísticos de HPAs ( $\text{ng g}^{-1}$  p.u.) – média, desvio-padrão, mediana, mínimo, máximo) e percentual de amostras acima do limite de quantificação ( $\%<\text{LQ}$ ) de HPAs em TCA para as amostras de Aves, Mammalia e Reptilia analisadas no ano de 2024 pelo PMP-BS.**

Classe	Espécie	Sexo	n	% >LQ	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
Aves	<i>Haematopus palliatus</i>	Macho	1	100	250		250	250	250
	<i>Larus dominicanus</i>	Fêmea	4	100	156	169	110	14,01	389
	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Macho	9	88,9	115	127	70,6	<LQ	354
	<i>Spheniscus magellanicus</i>	Fêmea	9	33,3	9,05	16,0	<LQ	<LQ	46,8
	<i>Spheniscus magellanicus</i>	Macho	3	33,3	65,8	114	<LQ	<LQ	197
	<i>Spheniscus magellanicus</i>	Fêmea	12	91,7	1024	3107	104	<LQ	16889
	<i>Sula leucogaster</i>	Macho	3	66,7	176	178	172	<LQ	355
	<i>Sula leucogaster</i>	Fêmea	3	100	89,7	57,9	71,8	42,8	154
	<i>Sula leucogaster</i>	Macho	3	100	75,8	53,6	102	14,1	111
	<i>Arctocephalus australis</i>	Fêmea	1	100	108		108	108	108
	<i>Arctocephalus australis</i>	Macho	2	100	741	1048	741	<LQ	1482
	<i>Arctocephalus tropicalis</i>	Macho	1	100	265		265	265	265
	<i>Eubalaena australis</i>	Fêmea	1	100	381		381	381	381
	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Macho	1	100	85,6		85,6	85,6	85,6
	<i>Pontoporia blainvillei</i>	Fêmea	10	0	67,2	82,1	37,5	<LQ	248
Mammalia	<i>Pontoporia blainvillei</i>	Indefinido	1	50	464		464	464	464
	<i>Sotalia guianensis</i>	Macho	13	50	241	407	141	12,9	1545
	<i>Sotalia guianensis</i>	Fêmea	7	100	109	143	80,5	<LQ	390
	<i>Stenella attenuata</i>	Macho	6	100	205	151	237	<LQ	392
	<i>Stenella attenuata</i>	Macho	1	100	1000		1000	1000	1000
	<i>Stenella clymene</i>	Macho	1	100	87,7		87,7	87,7	87,7
	<i>Stenella frontalis</i>	Macho	4	100	246	144	231	92,9	427
	<i>Tursiops truncatus</i>	Macho	1	100	450		450	450	450
	<i>Tursiops truncatus</i>	Fêmea	1	60	49,7		49,7	49,7	49,7
	<i>Tursiops truncatus</i>	Fêmea	6	83,3	102	62,1	91,8	38,1	217
Reptilia	<i>Caretta caretta</i>	Macho	2	100	3013	4106	-	110	5917
	<i>Chelonia mydas</i>	Fêmea	47	100	186	315	117	<LQ	2061
	<i>Chelonia mydas</i>	Macho	14	100	146	149	88,1	<LQ	469
	<i>Lepidochelys olivacea</i>	Fêmea	1	100	305		305	305	305

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

### Aves Marinhas – Tecido hepático (TCH)

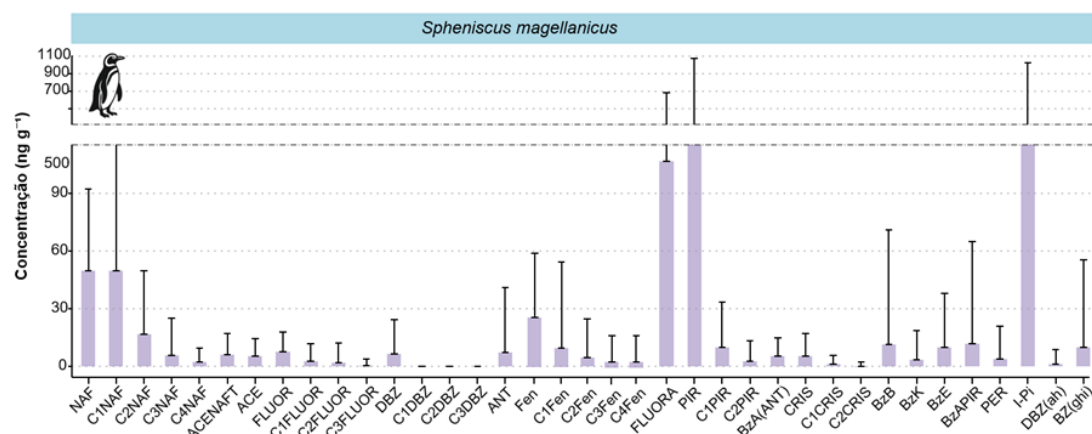
Dentre as espécies de ave com apenas uma amostra obtida, *Pachyptila desolata* (n = 1; fêmea) foi quem apresentou  $\Sigma 37\text{HPAs}$  mais elevado, com  $484 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido, pu), seguida por *Pterodroma mollis* (n = 1; fêmea) com  $470 \text{ ng g}^{-1}$ , pu. Embora sejam concentrações na faixa mais elevada para HPAs em aves, a ocorrência de apenas uma amostra não permite uma avaliação mais aprofundada sobre esses resultados.

A espécie com maior número de amostras de TCH analisadas entre as aves marinhas no período de referência foi *Spheniscus magellanicus* (pinguim-de-Magalhães), com 284 indivíduos ( $n = 221$  fêmeas, 62 machos e um indeterminado). As concentrações medianas de  $\Sigma 37$ HPAs foram de  $231 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido) para fêmeas,  $242 \text{ ng g}^{-1}$  para machos e  $705 \text{ ng g}^{-1}$  para o indivíduo de sexo não determinado. Uma curiosidade é que apesar da predominância de HPAs de dois a três anéis aromáticos descrita para aves, como relatado no item anterior, no pinguim-de-Magalhães observou-se uma contribuição mais expressiva de compostos com quatro a seis anéis (**Figura 6.3-2**). Destaque nestas amostras de *S. magellanicus* para pireno, com valores superiores a  $600 \text{ ng g}^{-1}$  e superiores a  $500 \text{ ng g}^{-1}$  para fluoranteno e indeno[1,2,3-cd]pireno. Assim, além de mais frequente na amostragem durante o ano de 2024, *Spheniscus magellanicus* se destaca por apresentar um perfil de HPAs que foge à tendência observada para outras aves em 2024 (**Tabela 6.3-2**).

Também se destacam a grande amplitude de valores (de <LQ a  $27.080 \text{ ng g}^{-1}$ ) e o altos desvios-padrões ( $2.938$  para fêmeas e  $802 \text{ ng g}^{-1}$  para machos) para o pinguim-de-Magalhães, o que indica variabilidade interindividual significativa, possivelmente associada a diferenças fisiológicas, alimentares ou regionais.

A espécie *Procellaria aequinoctialis* foi outra que apresentou concentrações medianas expressivas para as amostras coletadas em 2024, com  $302 \text{ ng g}^{-1}$  para fêmeas ( $n = 8$ ) e  $205 \text{ ng g}^{-1}$  para machos ( $n = 4$ ). Esses dados sugerem bioacumulação relevante de HPAs em indivíduos dessa espécie, possivelmente relacionada à sua ampla distribuição pelágica, embora o número relativamente pequeno de amostras para esta espécie limite maior interpretações sobre esses resultados. Outras espécies com valores de mediana relativamente elevados incluem *Thalasseus acutiflavus* (fêmea,  $448 \text{ ng g}^{-1}$ ,  $n = 1$ ; macho,  $295 \text{ ng g}^{-1}$ ,  $n = 1$ ), *Pterodroma incerta* (fêmeas,  $101 \text{ ng g}^{-1}$ ,  $n = 2$ ), e *Fregata magnificens* (macho,  $203 \text{ ng g}^{-1}$ ,  $n = 4$ ; fêmea,  $217 \text{ ng g}^{-1}$ ,  $n = 2$ ). Embora diversas espécies apresentem medianas elevadas, em

muitas outras os valores foram inferiores ao limite de quantificação (LQ), refletindo ausência ou níveis residuais desses contaminantes.



**Figura 6.3-2** - Histograma de ocorrência de HPAs no TCH dos 284 indivíduos de *Spheniscus magellanicus* (pinguim-de-Magalhães) analisados no ano de 2024 pelo PMP-BS.

### Aves Marinhas – Tecido adiposo (TCA)

Apenas cinco espécies de aves marinhas tiveram TCA coletado e analisado (**Tabela 6.3-3**), das quais, *S. magellanicus* apresentou os maiores valores de concentração, com medianas de  $\Sigma 37$ HPAs de  $104 \text{ ng g}^{-1}$  para fêmeas ( $n = 12$ ) e  $172 \text{ ng g}^{-1}$  para machos ( $n = 3$ ). Um dos indivíduos fêmea coletada em julho de 2024 no Litoral Sul Catarinense atingiu o valor máximo de  $16.889 \text{ ng g}^{-1}$ , representando a maior concentração detectada nesta matriz entre todas as aves analisadas.

A segunda maior concentração de HPAs no tecido adiposo de aves,  $250 \text{ ng g}^{-1}$ , foi observada no único indivíduo (macho) da espécie *Haematopus palliatus* (Piru-piru), oriundo do Litoral Central Catarinense. Em *Larus dominicanus* (Gaivotão), fêmeas ( $n = 4$ ) apresentaram uma mediana de  $110 \text{ ng g}^{-1}$ , enquanto machos ( $n = 9$ ) apresentaram  $70,6 \text{ ng g}^{-1}$ . Já *Phalacrocorax brasilianus* (Biguá) teve 12 amostras analisadas (9 fêmeas, três machos), mas as concentrações medianas no tecido adiposo foram  $< \text{LQ}$ . *Sula leucogaster* (Atobá-pardo) apresentou valores medianos de  $71,8 \text{ ng g}^{-1}$  para fêmeas ( $n =$

3) e 102 ng g<sup>-1</sup> para machos (n = 3), com amplitudes entre 14,1 e 154 ng g<sup>-1</sup> (peso úmido; **Tabela 6.3-3**).

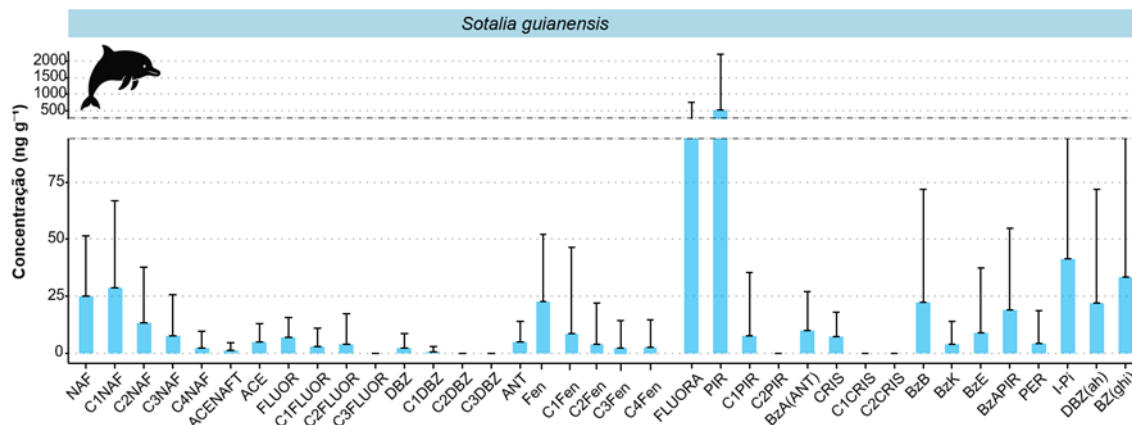
### **Mamíferos Marinhos – Tecido hepático (TCH)**

Dentre os mamíferos marinhos, a maior concentração mediana de Σ37HPAs em tecido hepático (TCH) foi registrada para *Pontoporia blainvillei* (sexo indefinido, n = 2; 264 ng g<sup>-1</sup>). Outras medianas elevadas foram observadas em indivíduos de *Stenella attenuata*, *Eubalaena australis* e *Arctocephalus tropicalis*, embora com n amostral reduzido, o que limita a robustez das comparações. A espécie *Stenella attenuata* (n = 2; machos), apesar do baixo número amostral, apresentou a maior mediana registrada, de 657 ng g<sup>-1</sup> (peso úmido), com valores variando entre 315 e 1.000 ng g<sup>-1</sup> (Tabela 6.3-2). Os indivíduos amostrados de *Eubalaena australis* (Baleia-franca, n = 2) e *Arctocephalus tropicalis* (n = 2) apresentaram, respectivamente, concentrações medianas de 273 e 241 ng g<sup>-1</sup>.

O teste de Mann–Whitney indicou que não houve diferença estatisticamente significativa nas concentrações de Σ37HPAs entre sexos para as espécies avaliadas. Em *Pontoporia blainvillei* (toninha), que apresentou o maior número de indivíduos analisados (n = 50; 22 fêmeas, 26 machos e 2 de sexo indefinido), as medianas foram de 87,9 ng g<sup>-1</sup> para fêmeas e 130 ng g<sup>-1</sup> para machos (p = 0,496). Para *Arctocephalus australis*, as medianas foram de 54 ng g<sup>-1</sup> para fêmeas (n = 2) e 77,7 ng g<sup>-1</sup> para machos (n = 4), também sem diferença significativa (p > 0,05).

Já indivíduos de *Sotalia guianensis* (Boto-cinza), coletados ao longo de todo o ano, apresentaram mediana de 61,2 ng g<sup>-1</sup> para fêmeas (n = 14) e 258 ng g<sup>-1</sup> para machos (n = 12). Notadamente, essa espécie apresentou ampla variação de concentrações em ambos os sexos. As fêmeas variaram de <LQ a 9729 ng g<sup>-1</sup>, enquanto os machos de menos de <LQ a 1.507 ng g<sup>-1</sup>. O perfil de HPAs observado em TCH de *Sotalia guianensis* é caracterizado pela predominância de compostos de três e quatro anéis aromáticos. Os compostos com maiores concentrações médias foram o fluoranteno e o pireno, com concentrações médias acima de 100 ng g<sup>-1</sup> (peso úmido). Já compostos como acenafteno, fenantreno e seus alquilados também foram detectados, mas em

menores concentrações ( $<10 \text{ ng g}^{-1}$ ). Compostos de maior toxicidade como benzo(a)pireno foram detectados em concentrações menores (**Figura 6.3-3**).



**Figura 6.3-3** - Histograma de ocorrência de HPAs no TCH para o conjunto de três indivíduos de *Sotalia guianensis* (boto-cinza) entre os 28 indivíduos coletados no ano de 2024 pelo PMP-BS. Valores medianos (barras), 1º e 3º percentis (caixas), min/máx. (traços) e extremos (pontos).

### Mamíferos Marinhos – Tecido adiposo (TCA)

As amostras de tecido adiposo foram obtidas de 11 espécies de mamíferos marinhos, totalizando 51 amostras analisadas (**Tabela 6.3-3**). A espécie com maior número de amostras foram *Pontoporia blainvillei* ( $n = 24$ ), seguida de *Sotalia guianensis* ( $n = 13$ ) e *Stenella frontalis* ( $n = 4$ ). Em *P. blainvillei*, valores quantificáveis de  $\Sigma 37\text{HPA}$  variaram de 12,9 a  $1.545 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido) com mediana de  $\Sigma 37\text{HPAs}$  variando conforme o sexo:  $37,5 \text{ ng g}^{-1}$  para fêmeas ( $n = 10$ ) e  $141 \text{ ng g}^{-1}$  para machos ( $n = 13$ ).

Para *Sotalia guianensis*, a mediana foi de  $80,5 \text{ ng g}^{-1}$  nas fêmeas ( $n = 7$ ), com máximo de  $390 \text{ ng g}^{-1}$ , enquanto os machos ( $n = 6$ ) apresentaram mediana de  $237 \text{ ng g}^{-1}$ , com máximo de  $392 \text{ ng g}^{-1}$ . Para *Stenella frontalis* ( $n = 4$ ), todos machos, a mediana foi de  $231 \text{ ng g}^{-1}$  e o valor máximo observado foi de  $427 \text{ ng g}^{-1}$ .

Entre as espécies com apenas uma amostra, os machos de *Stenella attenuata* e *Stenella clymene* apresentaram concentrações de 1000 e  $87,7 \text{ ng g}^{-1}$ , respectivamente. A fêmea de *Eubalaena australis* teve  $381 \text{ ng g}^{-1}$ , o macho de *Megaptera novaeangliae*  $85,6 \text{ ng g}^{-1}$ , o macho de *Arctocephalus tropicalis*

265 ng g<sup>-1</sup>. Para *Arctocephalus australis* (n = 3), a fêmea apresentou concentração mediana de 108 ng g<sup>-1</sup>, e os machos (n = 2) apresentaram mediana de 741 ng g<sup>-1</sup>, com máximo de 1.482 ng g<sup>-1</sup>(peso úmido; **Tabela 6.3-3**).

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

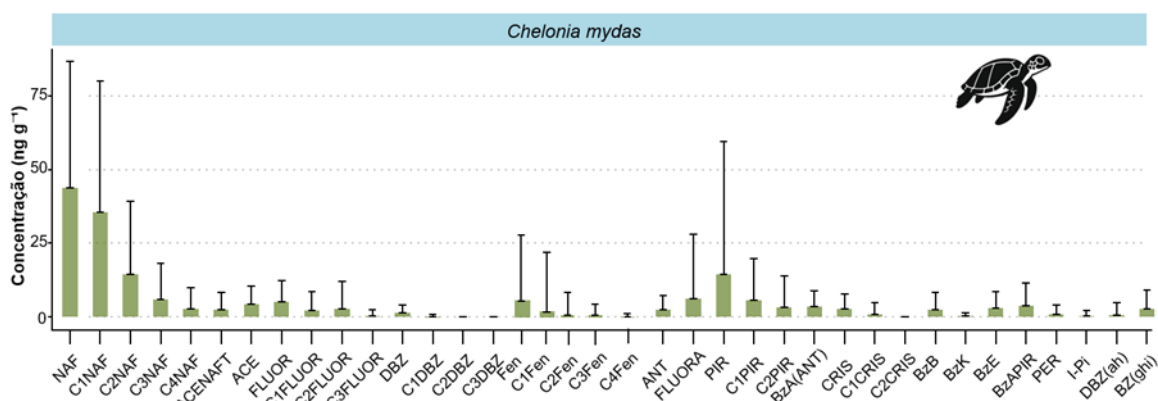
Nesta classe, apenas duas espécies de tartarugas-marinhas – *Chelonia mydas* (n = 186) e *Caretta caretta* (n = 19) – tiveram número representativo de amostras de tecido hepático (TCH) analisadas. As demais espécies (*Lepidochelys olivacea*, *Eretmochelys imbricata* e *Dermochelys coriacea*) apresentaram de uma a três amostras.

No caso de *Caretta caretta*, as fêmeas (n = 14) apresentaram mediana para Σ37HPAs de 120 ng g<sup>-1</sup>, enquanto os machos (n = 5) exibiram um valor próximo (110 ng g<sup>-1</sup>). Nos machos, nota-se a presença de valores extremos, com concentração máxima atingindo 5.917 ng g<sup>-1</sup>. Este indivíduo foi um macho coletado em junho de 2024 no Litoral Sul Paulista, com escore corporal bom e um perfil dominado por HPAs de alto peso molecular, com concentrações de fluoranteno = 1.161 ng g<sup>-1</sup>, pireno = 2.882 ng g<sup>-1</sup> e indeno[1,2,3-cd]pireno = 1.079 ng g<sup>-1</sup>, enquanto o naftaleno esteve abaixo do limite de quantificação. Já para a Tartaruga oliva – *Lepidochelys olivacea* (n = 3) – foi observada uma mediana de 305 ng g<sup>-1</sup>, enquanto *Eretmochelys imbricata* teve apenas uma amostra, com concentração de 48,9 ng g<sup>-1</sup>.

A espécie *Chelonia mydas* apresentou o maior número de amostras analisadas (n = 186), com ampla representatividade de fêmeas (n = 141). Além de maior n amostral, as fêmeas tiveram concentrações medianas de Σ37HPAs de 129 ng g<sup>-1</sup>, com o maior valor máximo observado para a espécie (2.061 ng g<sup>-1</sup>) (**Tabela 6.3-2**). Apesar disso, não houve diferença estatística significativa entre os sexos. As amostras de TCH de *C. mydas* foram coletadas em quase todos os meses de 2024, abrangendo principalmente o estado de São Paulo, além de registros no Rio de Janeiro, Paraná e um caso em Santa Catarina (Palhoça). O município de Ubatuba (SP) concentrou o maior número de coletas, com 38 registros. A maior frequência de coletas foi observada em

novembro (n = 30) e em muitas datas foram registradas duas ou mais amostras por praia, sugerindo coletas múltiplas em um mesmo evento.

Diferente dos representantes de aves e mamíferos destacados no item **Figura 6.3-2**, e **Figura 6.3-3**, respectivamente, o perfil de HPAs no tecido hepático de *Chelonia mydas* é caracterizado pela predominância de compostos de baixo peso molecular, especialmente os do grupo dos naftalenos, com média de 46,8 e desvio padrão de 42,9 ng g<sup>-1</sup>. Além do naftaleno e seus alquilados, foram detectadas concentrações consistentes de outros compostos de três anéis, como acenafteno e fluoreno, com concentrações menores, enquanto compostos de maior peso molecular, como pireno, também se destacou, com média de 30,9 e desvio padrão de 142 ng g<sup>-1</sup>, indicando grande dispersão nos dados. Os HPAs com quatro ou mais anéis, como benzo(a)antraceno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno e benzo(e)pireno, estiveram presentes em níveis mais baixos (**Figura 6.3-4**). Esse padrão evidencia predominância de compostos mais solúveis e voláteis em relação ao observado para Pinguim de Magalhães e Boto-cinza.



**Figura 6.3-4** - Histograma de ocorrência de HPAs no TCH para 61 amostras de *Chelonia mydas* (tartaruga-verde) coletadas entre setembro e dezembro de 2024 pelo PMP-BS.

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

Foram coletadas oito amostras de tecido adiposo (TCA) de *Caretta caretta*, sendo 6 fêmeas e 2 machos, e 61 amostras de *Chelonia mydas* (47 fêmeas e 14 machos), além de uma amostra de fêmea de *Lepidochelys olivacea*. Para *Caretta caretta*, a concentração de Σ37HPAs em TCA variou entre os sexos:

fêmeas ( $n = 6$ ) apresentaram mediana de  $91,8 \text{ ng g}^{-1}$  e valor máximo de  $217 \text{ ng g}^{-1}$ , enquanto os machos ( $n = 2$ ) tiveram mediana de  $3.013 \text{ ng g}^{-1}$  e máximo de  $5.917 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido).

Para *Chelonia mydas*, as fêmeas ( $n = 47$ ) apresentaram mediana de  $117 \text{ ng g}^{-1}$ , com valor máximo de  $2.061 \text{ ng g}^{-1}$ , e os machos ( $n = 14$ ) mediana de  $88,1 \text{ ng g}^{-1}$ , com máximo de  $469 \text{ ng g}^{-1}$ . Do total de 61 amostras analisadas, 45 delas (73,8%) não apresentaram detecção de HPAs. Nas amostras com compostos quantificáveis, o perfil químico dos HPAs foi semelhante ao observado no tecido hepático, com predominância de naftaleno, seus alquilados (C1–C3), além de HPAs com quatro a seis anéis, como pireno, benzo(a)antraceno, criseno e benzo(e)pireno.

A única amostra coletada de *Lepidochelys olivacea* (fêmea) apresentou mediana de  $305 \text{ ng g}^{-1}$ , valor que coincide com o mínimo e máximo registrados (peso úmido; **Tabela 6.3-3**).

### 6.3.2 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 3.1 – HPAs, não sendo aqui repetidos.

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

As concentrações de  $\Sigma$ PCBs em aves marinhas exibiram padrões distintos entre TCH e TCA, com destaque para a ampla variabilidade entre espécies e sexos.

No TCH, embora algumas espécies (**Tabela 6.3-4**) tenham apresentado concentrações medianas abaixo do limite de quantificação, algumas exibiram amplitudes de concentração bastante expressivas quando analisadas por sexo, como os machos de *Fregata magnificens* e as fêmeas de *Spheniscus magellanicus*. Em outros casos, essa variação foi ainda mais acentuada, como nos machos de *Larus dominicanus* ( $< \text{LQ a } 1.217 \text{ ng g}^{-1}$ ) e de *S. magellanicus*

(<LQ a 1.050 ng g<sup>-1</sup>). Por outro lado, *Pterodroma mollis* (n = 1 fêmea) apresentou concentração relativamente alta, mas que, devido ao baixo número amostral, não é representativa para comparações com espécies que exibiram faixas amplas de valores.

Em TCA, os maiores valores foram novamente observados em *S. magellanicus* (**Tabela 6.3-5**), especialmente entre os machos (mediana: 483 ng g<sup>-1</sup>, n = 3). A ocorrência de maiores concentrações neste tecido sugere que, para aves, o TCA pode atuar como um reservatório bioacumulativo mais sensível para detecção de PCBs, possivelmente refletindo maior exposição crônica ou capacidade diferencial de mobilização lipídica. No entanto, considerando o baixo número amostral em algumas combinações de espécie e sexo nos resultados de 2024, essas interpretações devem ser tratadas como suposições preliminares, que necessitam de um conjunto mais amplo de dados para ganhar robustez e representatividade estatística.

No TCH, considerando as espécies com n ≥ 10 (fêmeas + machos), observou-se que *Spheniscus magellanicus* (n = 269) apresentou um perfil de contaminação moderada, com médias de 120 – 140 ng g<sup>-1</sup>, contrastando com medianas significativamente menores (38,8 – 43,8 ng g<sup>-1</sup>). Esta disparidade revela uma distribuição assimétrica, onde a maioria dos indivíduos apresentou concentrações moderadas, enquanto uma minoria exibiu concentrações extremamente elevadas (máximo de 2.055 ng g<sup>-1</sup>). Já *Larus dominicanus* (n = 38) apresentou um padrão ainda mais acentuado de distribuição assimétrica, com médias de 44 – 100 ng g<sup>-1</sup> contrastando fortemente com medianas muito baixas (<LQ – 11,3 ng g<sup>-1</sup>). Este perfil sugere que a maioria dos indivíduos mantém níveis baixos de contaminação, enquanto poucos exemplares apresentam concentrações extremamente elevadas (até 1.217 ng g<sup>-1</sup>). Esta variabilidade poderia refletir seus hábitos alimentares generalistas e oportunistas, e proximidade a ambientes costeiros urbanizados. A espécie *Phalacrocorax brasilianus* (n = 26) exibiu médias moderadas (44 – 56 ng g<sup>-1</sup>) com medianas abaixo do limite de quantificação para ambos os sexos, indicando que a maioria dos indivíduos apresenta níveis de PCBs não detectáveis ou muito baixos. A homogeneidade entre sexos sugere níveis de

exposição similares. Já os *Puffinus puffinus* (n = 36) apresentaram medianas (36 – 90,6 ng g<sup>-1</sup>) mais próximas às médias correspondentes (50 – 99 ng g<sup>-1</sup>), sugerindo distribuição menos influenciada por valores extremos. Observou-se uma tendência a maiores concentrações em machos, embora a sobreposição dos desvios padrão indique cautela na interpretação deste achado. No TCA das aves marinhas analisadas, também com n ≥ 10, a espécie *Spheniscus magellanicus* (n = 15) exibiu as concentrações mais elevadas e consistentes, com médias substanciais (290 – 470 ng g<sup>-1</sup>) e medianas igualmente altas (170 – 483 ng g<sup>-1</sup>). A proximidade entre médias e medianas sugere contaminação mais homogênea nesta espécie, com acumulação consistente de PCBs. As concentrações são aproximadamente 2-3 vezes maiores que no tecido hepático, confirmando o padrão esperado para compostos lipofílicos. *Larus dominicanus* (n = 13) apresentou concentrações médias consideráveis (150 – 220 ng g<sup>-1</sup>), com medianas moderadas (68,4 – 101 ng g<sup>-1</sup>). Esta disparidade indica que, mesmo no tecido adiposo, a distribuição permanece assimétrica, com alguns indivíduos elevando consideravelmente as médias. Os machos mostraram tendência a concentrações mais elevadas, embora o desequilíbrio amostral (9 machos e 4 fêmeas) limite a confiabilidade desta comparação. A espécie *Phalacrocorax brasilianus* (n = 12) também mostrou um interessante contraste entre sexos, com fêmeas apresentando média de 100 ng g<sup>-1</sup> (mediana 43,8 ng g<sup>-1</sup>) e machos com média de apenas 8 ng g<sup>-1</sup> (mediana <LQ). Neste caso, as fêmeas é que mostraram uma aparente tendência a concentrações de PCBs mais elevadas, embora o baixo n para machos (n = 3) exija cautela interpretativa.

Entre os mamíferos marinhos, o Lobo-marinho-australiano (*Arctocephalus spp.*) e cetáceos (*Pontoporia blainvillei*, *Sotalia guianensis*, *Stenella frontalis*) exibiram as concentrações mais elevadas de ΣPCBs em TCA, com mediana de 1100ng g<sup>-1</sup> em machos de *S. guianensis*. O tecido hepático, por outro lado, apresentou níveis consideravelmente menores, ainda que *Arctocephalus australis* fêmea (n = 1; 1.560 ng g<sup>-1</sup>) (**Tabela 6.3-4**).

Os mamíferos marinhos, como predadores de topo de cadeia trófica e organismos de longa vida com extensas reservas lipídicas, são particularmente

suscetíveis à bioacumulação de bifenilos policlorados (PCBs). Nas amostras de TCH desta classe, *Pontoporia blainvillei* (n = 26) apresentou concentrações relativamente baixas, com médias de 20 – 25 ng g<sup>-1</sup> contrastando com medianas abaixo do limite de quantificação (<LQ) para ambos os sexos. Esta disparidade significativa revela uma distribuição fortemente assimétrica, onde a maioria dos indivíduos mantém níveis não detectáveis, enquanto poucos exemplares exibem concentrações moderadas a elevadas (máximo de 203 ng g<sup>-1</sup>). Quando considerados os desvios padrão, não há diferença estatisticamente significativa entre sexos. Estes níveis são surpreendentemente baixos para um cetáceo costeiro, considerando sua posição trófica e exposição a ambientes potencialmente contaminados. Esta observação pode refletir particularidades em sua dieta (predominantemente composta por pequenos peixes e cefalópodes) ou capacidade metabólica específica. Já *Sotalia guianensis* (n = 13) exibiu o padrão mais notável entre os mamíferos marinhos estudados, com médias bastante elevadas no tecido hepático, particularmente em machos (2.700 ng g<sup>-1</sup>, com máximo de 14.790 ng g<sup>-1</sup>). As medianas mostram contraste igualmente marcante entre fêmeas (<LQ) e machos (27,7 ng g<sup>-1</sup>), sugerindo possível dimorfismo sexual significativo na acumulação de PCBs. O alto desvio padrão (5.950 ng g<sup>-1</sup> para machos) indica extrema variabilidade individual, possivelmente relacionada a diferenças etárias, comportamentais ou de exposição específica. Apesar do tamanho amostral limitado (7 fêmeas, 6 machos), a magnitude da diferença pode sugerir um padrão biológico potencialmente relevante que merece investigação adicional. Dados para outras espécies de mamíferos marinhos, incluindo pinípedes (*Arctocephalus spp.*), mysticetos (*Eubalaena australis*, *Megaptera novaeangliae*) e outros odontocetos (*Stenella spp.*, *Tursiops truncatus*), fornecem registros pontuais valiosos, mas insuficientes para caracterizações populacionais confiáveis. Valores extremos em amostras pequenas devem ser interpretados com extrema cautela.

No tecido adiposo, a espécie *Pontoporia blainvillei* (n = 24) apresentou concentrações médias (100 – 120 ng g<sup>-1</sup>) aproximadamente 5 vezes maiores que no tecido hepático, confirmando o padrão esperado de maior acumulação

em tecido lipídico. As medianas, entretanto, mostram variabilidade entre sexos (<LQ para fêmeas e 21,6 ng g<sup>-1</sup> para machos), sugerindo possível diferença na dinâmica de acumulação, embora menos pronunciada que a sugerida pelas médias. Esta razão adiposo/hepático de aproximadamente 5:1 (baseada nas médias) é consistente com o comportamento lipofílico dos PCBs e sugere que o tecido adiposo representa o principal reservatório destes contaminantes em *P. blainvillei*, como esperado para mamíferos marinhos. A espécie *Sotalia guianensis* (n = 13) manteve o padrão de concentrações elevadas, com médias de 690 ng g<sup>-1</sup> em fêmeas e 3.100 ng g<sup>-1</sup> em machos, com máximo altíssimo de 12.330 ng g<sup>-1</sup>. As medianas evidenciaram contraste ainda mais acentuado (<LQ para fêmeas e 1.100 ng g<sup>-1</sup> para machos), reforçando a aparente diferenciação sexual na acumulação de PCBs. A razão entre concentrações em tecido adiposo e hepático para *S. guianensis* (aproximadamente 1:1 para machos e 8:1 para fêmeas) difere do padrão observado em *P. blainvillei*, sugerindo possíveis diferenças nos mecanismos de distribuição tecidual ou metabolização entre estas espécies. Já a espécie *Stenella frontalis* (n = 4, machos) apresentou concentrações elevadas em tecido adiposo (média 1.400 ng g<sup>-1</sup>, mediana 750 ng g<sup>-1</sup>), aproximadamente 13 vezes maiores que no tecido hepático (média 110 ng g, mediana 90,1 ng g<sup>-1</sup>). Esta razão adiposo/hepático particularmente alta pode refletir acumulação crônica no tecido adiposo com, mas a interpretação é severamente limitada pelo baixo n amostral. No caso das tartarugas-marinhas, os resultados foram majoritariamente abaixo do LQ, tanto para TCH quanto para TCA, com poucas exceções pontuais. Em *Chelonia mydas* e *Caretta caretta*, as concentrações máximas alcançaram, respectivamente, 1.987 ng g<sup>-1</sup> e 445 ng g<sup>-1</sup> no fígado, e 253 ng g<sup>-1</sup> e 162 ng g<sup>-1</sup> no tecido adiposo, mas as medianas ficaram abaixo do LQ em todas as subclasses.

Em resumo, das 649 amostras de TCH e 168 amostras de TCA analisadas em 2024, 343 de TCH e 69 de TCA apresentaram níveis quantificáveis de PCBs, com valores variando entre <LQ e 14.790 ng g<sup>-1</sup> (TCH) e entre <LQ e 12.330 ng g<sup>-1</sup> (TCA). A disparidade entre médias e medianas revela que a maioria dos indivíduos mantém níveis moderados de contaminação, enquanto uma minoria

apresenta concentrações extremamente elevadas. Já a variação entre espécies simpátricas como *Sotalia guianensis* vs. *Pontoporia blainvillei* e *Chelonia mydas* vs. *Caretta caretta* demonstram que posição trófica não é o único determinante da bioacumulação. Por fim, os répteis apresentam um padrão único de distribuição entre tecidos (TCH e TCA) que sugere mecanismos fisiológicos específicos de tartarugas marinhas para metabolização/compartimentalização de PCBs.

**Tabela 6.3-4 – Resultados estatísticos de PCBs ( $\text{ng g}^{-1}$  p.u.) – média, desvio-padrão, mínimo, máximo e percentual de amostras acima do limite de quantificação ( $\%<\text{LQ}$ ), de PCBs em TCH para as amostras de Aves, Mammalia e Reptilia analisadas no ano de 2024 pelo PMP-BS.**

Classe	Espécie	Sexo	n	% <LQ	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
Aves	<i>Calonectris borealis</i>	Fêmea	8	37,5	37,0	69,3	<LQ	<LQ	199
		Macho	16	37,5	23,0	44,4	<LQ	<LQ	165
	<i>Calonectris sp.</i>	Fêmea	4	50	150	266	23,0	<LQ	544
		Macho	1	100	670	-	673	673	672
	<i>Fregata magnificens</i>	Fêmea	2	100	410	471	411	78,0	744
		Macho	4	75	470	899	25,9	<LQ	1814
	<i>Haematopus palliatus</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Himantopus melanurus</i>	Macho	1	100	220	-	220	220	220
	<i>Larus dominicanus</i>	Fêmea	18	50	44,0	62,7	11,3	<LQ	188
		Macho	20	40	100	279	<LQ	<LQ	1217
	<i>Pachyptila desolata</i>	Fêmea	1	100	130	-	129	129	129
	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Fêmea	16	37,5	56,0	134	<LQ	<LQ	492
		Macho	10	30	44,0	121	<LQ	<LQ	386
	<i>Procellaria aequinoctialis</i>	Fêmea	8	50	110	164	11,0	<LQ	425
		Macho	4	75	32,0	39,6	19,6	<LQ	89,9
	<i>Pterodroma incerta</i>	Fêmea	2	0	<LQ	<LQ	-	<LQ	<LQ
		Fêmea	1	100	780	-	775	775	775
	<i>Pterodroma mollis</i>	Macho	2	100	130	19,8	128	114	142
		Fêmea	1	100	190	-	190	190	190
	<i>Puffinus gravis</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Puffinus puffinus</i>	Fêmea	17	70,6	50,0	51,0	36,0	<LQ	186
		Macho	19	73,7	99,0	106	90,6	<LQ	302
	<i>Rynchops niger</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	209	72,7	120	250	38,8	<LQ	2055
	<i>Spheniscus magellanicus</i>	Indefinido	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	59	71,2	140	229	43,8	<LQ	1050
	<i>Sterna hirundinacea</i>	Fêmea	1	100	46,0	-	45,7	45,7	45,7
		Indefinido	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Sterna hirundo</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	2	50	15,0	20,9	-	<LQ	29,6
	<i>Sula leucogaster</i>	Fêmea	9	66,7	80,0	118	19,6	<LQ	313
		Macho	10	60	71,0	157	7,90	<LQ	501
	<i>Thalassarche chlororhynchos</i>	Macho	1	100	120	-	120	120	120
	<i>Thalassarche melanophris</i>	Fêmea	2	50	32,0	45,6	-	<LQ	64,55
	<i>Thalasseus acutiflavus</i>	Fêmea	1	100	290	-	292	292	292
		Macho	1	100	370	-	371	371	371
Mammalia	<i>Arctocephalus australis</i>	Fêmea	1	100	1600	-	1560	1560	1560
		Macho	2	50	3,60	5,05	-	<LQ	7,14

Classe	Espécie	Sexo	n	% <LQ	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
Aves	<i>Arctocephalus tropicalis</i>	Macho	1	100	39,0	-	39,4	39,4	39,5
	<i>Eubalaena australis</i>	Fêmea	1	100	56,0	-	56,2	56,2	56,2
	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	12	33,3	25,0	58,3	<LQ	<LQ	203
	<i>Pontoporia blainvillei</i>	Indefinido	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	13	38,5	20,0	35,5	<LQ	<LQ	106
		Fêmea	7	28,6	88,0	216	<LQ	<LQ	576
	<i>Sotalia guianensis</i>	Macho	6	50	2700	5950	27,7	<LQ	14790
	<i>Stenella attenuata</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Stenella clymene</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Stenella frontalis</i>	Macho	4	0	110	105	90,1	<LQ	252
	<i>Tursiops truncatus</i>	Macho	1	100	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Tursiops truncatus</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	8	0	79,0	157	<LQ	<LQ	445
	<i>Caretta caretta</i>	Macho	3	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	94	60	46,0	209	<LQ	<LQ	1987
	<i>Chelonia mydas</i>	Macho	31	0	21,0	48,0	<LQ	<LQ	192
	<i>Eretmochelys imbricata</i>	Fêmea	1	0	8,80	-	8,83	8,83	8,83
	<i>Lepidochelys olivacea</i>	Fêmea	2	35,1	<LQ	<LQ	-	<LQ	<LQ

**Tabela 6.3-5 - Resultados estatísticos de PCBs (ng g<sup>-1</sup> p.u.) – média, desvio-padrão, mínimo, máximo e percentual de amostras acima do limite de quantificação (%<LQ), de PCBs em TCA para as amostras de Aves, Mammalia e Reptilia analisadas no ano de 2024 pelo PMP-BS.**

Classe	Espécie	Sexo	n	%<LQ	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
Aves	<i>Haematopus palliatus</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Larus dominicanus</i>	Fêmea	4	75	150	209	68,4	<LQ	459
	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Macho	9	66,7	220	318	101	<LQ	817
		Fêmea	9	66,7	100	138	43,8	<LQ	384
	<i>Spheniscus magellanicus</i>	Macho	3	33,3	8,00	13,8	<LQ	<LQ	24,0
		Fêmea	12	75	290	333	170	<LQ	1079
		Macho	3	100	470	338	483	124	799
	<i>Sula leucogaster</i>	Fêmea	3	66,7	230	276	165	<LQ	539
		Macho	3	66,7	260	427	31,9	<LQ	754
	<i>Arctocephalus australis</i>	Fêmea	1	100	770	-	771	771	771
		Macho	2	100	1100	1140	-	270	1888
	<i>Arctocephalus tropicalis</i>	Macho	1	100	45,4	-	45,4	45,4	45,4
	<i>Eubalaena australis</i>	Fêmea	1	100	65,3	-	65,3	65,3	65,3
	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
Mammalia	<i>Pontoporia blainvillei</i>	Fêmea	10	30	100	167	<LQ	<LQ	407
		Indefinido	1	100	5,3	-	5,34	5,34	5,34
		Macho	13	53,8	120	199	21,6	<LQ	662
	<i>Sotalia guianensis</i>	Fêmea	7	28,6	690	1340	<LQ	<LQ	3518
		Macho	6	83,3	3100	4690	1100	<LQ	12330
	<i>Stenella attenuata</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Stenella clymene</i>	Macho	1	100	350	-	355	355	355
	<i>Stenella frontalis</i>	Macho	4	100	1400	1500	750	431	3624
	<i>Tursiops truncatus</i>	Macho	1	100	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ

Classe	Espécie	Sexo	n	%<LQ	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
Reptilia	<i>Tursiops truncatus</i>	Fêmea	1	0	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Caretta caretta</i>	Fêmea	6	0	29,0	65,0	<LQ	<LQ	162
		Macho	2	33,3	<LQ	<LQ	-	<LQ	<LQ
	<i>Chelonia mydas</i>	Fêmea	47	33,3	19,0	56,5	<LQ	<LQ	253
		Macho	14	0	0,73	2,72	<LQ	<LQ	10,19
	<i>Lepidochelys olivacea</i>	Fêmea	1	19,1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ

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

Foram analisadas no período de referência 649 amostras de TCH (**Tabela 6.3-6**) e 168 de TCA para as três classes de animais (**Tabela 6.3-7**), das quais apenas 21,90% e 24,40%, apresentaram PBDEs totais >LQ para, respectivamente, Aves e Mammalia. No tecido hepático das tartarugas-marinhas, embora algumas amostras individuais tenham apresentado concentrações quantificáveis de PBDEs, as medianas por espécie foram inferiores ao limite de quantificação (LQ). Já para o TCH das aves, a ocorrência de PBDE no baixo percentual de amostras se deu pelas seguintes ocorrências: *Pachyptila desolata* (172 ng g<sup>-1</sup>) e *Pterodroma mollis* (198 ng g<sup>-1</sup>), ambas representadas por apenas um indivíduo; as fêmeas de *Procellaria aequinoctialis* apresentaram mediana: 61,5 ng g<sup>-1</sup> e máximo: 237 ng g<sup>-1</sup>) em 12 amostras. A espécie *Spheniscus magellanicus* também teve PBDE relativamente recorrente, com fêmeas (n = 209) apresentando mediana de 8,23 ng g<sup>-1</sup> e valores máximos de até 882 ng g<sup>-1</sup>. Entre os machos desta espécie, foi observado o valor máximo de 308 ng g<sup>-1</sup>, embora a distribuição das concentrações tenha sido mais dispersa e mediana inferior ao LQ. Outras espécies com valores relativamente mais altos incluíram machos de *Thalasseus acutiflavus* (152 ng g<sup>-1</sup>) e *Calonectris sp.* (56,7 ng g<sup>-1</sup>), ainda que representadas por poucos indivíduos (ntotal = 5 e 7, respectivamente).

Nos mamíferos marinhos, as concentrações de PBDEs também apresentaram ampla variação entre espécies e sexos. Entre os pinípedes, uma fêmea de *Arctocephalus australis* registrou 195 ng g<sup>-1</sup>, enquanto os dois machos apresentaram valores substancialmente inferiores (<LQ e 8,74 ng g<sup>-1</sup>). Entre os cetáceos, *Sotalia guianensis* apresentou os valores máximos mais elevados, com machos (n = 6) atingindo até 1603 ng·g<sup>-1</sup>, enquanto nas fêmeas

(n = 7) os valores variaram entre <LQ e 96,1 ng·g<sup>-1</sup>. Em *Pontoporia blainvillei*, as fêmeas (n = 12) apresentaram concentrações entre 0 e 155 ng·g<sup>-1</sup>, ao passo que os machos (n = 13) variaram de <LQ a 19 ng·g<sup>-1</sup>, indicando uma distribuição bastante heterogênea. Em outras espécies de mamíferos marinhos, como *Stenella frontalis* (máximo de 179 ng·g<sup>-1</sup>) e *Eubalaena australis* (19,6 ng·g<sup>-1</sup>), a frequência de quantificação foi baixa, observando-se, nessa e demais espécies, medianas inferiores ao LQ em todos os casos.

Entre os répteis marinhos, *Chelonia mydas* foi a única espécie com indivíduos apresentando concentrações quantificáveis de PBDEs, com fêmeas (n = 94) variando entre <LQ e 977 ng·g<sup>-1</sup>, e machos (n = 31) entre <LQ e 104 ng·g<sup>-1</sup>. No entanto, assim como em mamíferos, as medianas permaneceram <LQ em ambos os sexos. Nas demais espécies de tartarugas – *Caretta caretta*, *Eretmochelys imbricata* e *Lepidochelys olivacea* – todas as amostras apresentaram concentrações sistematicamente inferiores ao LQ. A ocorrência de PBDEs em aves marinhas demonstrou padrão heterogêneo, com concentrações quantificáveis em um número limitado de espécies. Para o tecido hepático, *Spheniscus magellanicus* destacou-se como importante bioindicador, apresentando amostragem robusta (n = 269) e concentrações consistentemente detectáveis. As fêmeas desta espécie (n = 209) exibiram mediana de 8,23 ng g<sup>-1</sup>, com valores máximos alcançando 882 ng g<sup>-1</sup> e maior variabilidade (desvio padrão de 127 ng g<sup>-1</sup>), enquanto os machos (n = 59) apresentaram mediana <LQ, valor máximo de 308 ng g<sup>-1</sup> e menor dispersão dos dados (desvio padrão de 76,2 ng g<sup>-1</sup>). Este padrão sugere que, embora a maioria dos machos mantenha níveis não detectáveis, as fêmeas apresentam distribuição mais heterogênea, com maior proporção de indivíduos exibindo concentrações detectáveis e maior amplitude de valores. A espécie *Procellaria aequinoctialis*, apesar da amostragem mais limitada (n = 12), também mostrou contaminação, com medianas relativamente elevadas no tecido hepático (61,5 ng g<sup>-1</sup> em fêmeas, n = 8, e 45,2 ng g<sup>-1</sup> em machos, n = 4) e máximo de 273 ng·g<sup>-1</sup>. Algumas espécies apresentaram concentrações notáveis em indivíduos isolados, como *Pachyptila desolata* (172 ng g<sup>-1</sup>), *Pterodroma mollis* (198 ng g<sup>-1</sup>), *Thalasseus acutiflavus* (152 ng g<sup>-1</sup>) e *Calonectris sp.* (56,7 ng g<sup>-1</sup>), porém

o baixo número amostral (frequentemente  $n = 1$ ) limita inferências para estas espécies.

No tecido adiposo, para as espécies com  $n$  amostral maior ou igual a 10, as concentrações foram consistentemente mais elevadas que no tecido hepático. *Spheniscus magellanicus* ( $n = 15$ ) apresentou medianas de 20,1 – 198  $\text{ng g}^{-1}$ , aproximadamente 2-24 vezes maiores que no tecido hepático. Já para *Larus dominicanus* ( $n = 13$ ), as medianas foram 9,88 (fêmeas,  $n = 4$ ) e 24,8  $\text{ng g}^{-1}$  (machos,  $n = 9$ ), contrastando com medianas <LQ, para ambos os sexos, no tecido hepático.

Nos mamíferos marinhos, observou-se variação nas concentrações de PBDEs entre espécies e possível dimorfismo sexual em alguns táxons, embora o tamanho amostral limite inferências robustas.

Em *Sotalia guianensis*, os dados preliminares sugerem potencial diferença entre sexos: os machos amostrados ( $n = 6$ ) apresentaram média de 399  $\text{ng g}^{-1}$  e máximo de 1.603  $\text{ng g}^{-1}$  no tecido hepático, enquanto as fêmeas ( $n = 7$ ) exibiram média de 23  $\text{ng g}^{-1}$  e máximo de 96,1  $\text{ng g}^{-1}$ . Esta aparente diferença (razão aproximada de 17:1 nos valores máximos) alinha-se com o padrão de transferência materna durante gestação e lactação observado para outros contaminantes persistentes em cetáceos, mas requer confirmação com amostragem mais robusta. As medianas <LQ em ambos os sexos indicam que a maioria dos indivíduos mantém níveis não detectáveis, com poucos exemplares apresentando concentrações elevadas.

Nesta mesma espécie, no tecido adiposo, as concentrações médias em fêmeas ( $n = 7$ ) foram de 36  $\text{ng g}^{-1}$ , com mediana <LQ e máximo de 191  $\text{ng g}^{-1}$ , enquanto em machos ( $n = 6$ ) foram 158  $\text{ng g}^{-1}$ , com mediana de 67,3  $\text{ng g}^{-1}$  e máximo de 715  $\text{ng g}^{-1}$ . É interessante notar que, para os machos, a média em tecido adiposo foi menor que no tecido hepático (399  $\text{ng g}^{-1}$ ), contrariando o padrão lipofílico tipicamente esperado para PBDEs. O pequeno número de indivíduos e a potencial influência de valores extremos exigem cautela significativa na interpretação deste padrão, mas esta observação preliminar poderia sugerir particularidades na distribuição tecidual ou metabolização

destes compostos nesta espécie e deve ser verificada com um n amostral mais robusto.

Para *Pontoporia blainvillei*, em tecido hepático, os dados sugerem uma potencial diferença entre sexos: fêmeas (n = 12) apresentaram concentrações de PBDEs aparentemente mais elevadas (média 13 ng g<sup>-1</sup>, máximo 155 ng g<sup>-1</sup>) que machos (n = 13, média 1,46 ng g<sup>-1</sup>, máximo 19 ng g<sup>-1</sup>), embora as medianas fossem <LQ em ambos os sexos. Este padrão, se confirmado com amostragem mais robusta, contrastaria com o observado nas amostras de *Sotalia guianensis* analisadas no mesmo período, bem como observado em estudo anterior com *Eschrichtius robustus* (baleia cinza) que demonstraram que, em adultos, machos podem acumular até três vezes mais POPs que em fêmeas resultado influenciado por fatores como transferência placentária, amamentação e metabolismo específica (HAYES et al., 2022). Já no tecido adiposo, as concentrações de PBDEs em *Pontoporia blainvillei* apresentaram medianas <LQ em ambos os sexos, refletindo níveis geralmente baixos nesta espécie costeira. Para machos (n = 13), a concentração média em TCA (1,58 ng g<sup>-1</sup>) foi praticamente idêntica à observada em TCH (1,46 ng g<sup>-1</sup>), com valores máximos também similares (20,6 ng g<sup>-1</sup> vs. 19 ng g<sup>-1</sup>). Para fêmeas (n = 10), contudo, TCA apresentou concentração média aproximadamente três vezes menor (4,23 ng g<sup>-1</sup>) que a observada em TCH (13 ng g<sup>-1</sup>), com valor máximo também consideravelmente inferior (21,3 ng g<sup>-1</sup> vs. 155 ng g<sup>-1</sup>). Esta menor concentração no tecido adiposo das fêmeas contrasta com o comportamento tipicamente lipofílico dos PBDEs, que geralmente tendem a se acumular preferencialmente em tecidos ricos em lipídios.

Entre os pinípedes, uma única fêmea de *Arctocephalus australis* registrou concentração hepática elevada (195 ng g<sup>-1</sup>), contrastando com valores substancialmente inferiores em machos (<LQ e 8,74 ng g<sup>-1</sup>), embora o baixo número amostral limite inferências populacionais.

Considerando-se os répteis marinhos, *Chelonia mydas* foi a única espécie com indivíduos apresentando concentrações quantificáveis de PBDEs. Os dados revelaram uma aparente diferença entre os sexos nesta espécie, com fêmeas apresentando concentrações médias aproximadamente 8,5 vezes

maiores que machos no tecido hepático (35,1 vs. 4,11 ng g<sup>-1</sup>) e diferença ainda mais acentuada no tecido adiposo (55,7 ng g<sup>-1</sup> vs. <LQ). Contudo, as medianas <LQ em ambos os sexos no tecido hepático indicam que esta diferença foi impulsionada por um subgrupo de fêmeas com concentrações particularmente elevadas, como evidenciado pelo alto desvio padrão (155 ng g<sup>-1</sup>).

No tecido adiposo, este padrão de diferença entre os sexos se manteve e intensificou, com fêmeas de *C. mydas* (n = 47) apresentando média de 55,7 ng g<sup>-1</sup> e máximo de 791 ng g<sup>-1</sup>, enquanto todos os machos (n = 14) exibiram concentrações consistentemente <LQ. O alto desvio padrão nas fêmeas (188 ng g<sup>-1</sup>) confirma a heterogeneidade observada também no tecido hepático.

A análise comparativa entre tecidos revelou que, para as fêmeas de *C. mydas*, a razão adiposo/hepático foi aproximadamente 1,6:1, confirmando o comportamento lipofílico esperado dos PBDEs. Contudo, esta preferência por tecido adiposo é consideravelmente menos pronunciada que a observada em aves marinhas, onde razões de 2-6:1 foram observadas. Esta diferença na distribuição tecidual entre classes taxonômicas pode refletir particularidades fisiológicas na metabolização e armazenamento de contaminantes orgânicos em répteis.

O padrão de diferença entre os sexos observado em *C. mydas* contrasta bastante com o observado em cetáceos como *Sotalia guianensis* analisados neste trabalho, onde machos apresentaram concentrações substancialmente maiores que fêmeas. Estudos demonstram que essa diferença se deve à mobilização materna de contaminantes transferidos para a prole, enquanto os machos tendem a acumular continuamente ao longo da vida (MUÑOZ et al., 2021). Esta inversão entre táxons sugere mecanismos subjacentes distintos regulando a bioacumulação de PBDEs, embora os dados não permitam determinar precisamente estes mecanismos. Nas demais espécies de tartarugas marinhas amostradas – *Caretta caretta*, *Eretmochelys imbricata* e *Lepidochelys olivacea* – todas as amostras apresentaram concentrações sistematicamente inferiores ao LQ em ambos os tecidos, impossibilitando análises comparativas e sugerindo exposição limitada ou maior capacidade de metabolização/eliminação destes compostos nestas espécies.

**Tabela 6.3-6 – Resultados estatísticos de PBDEs (ng g<sup>-1</sup> p.u) – média, desvio-padrão, mínimo, máximo e percentual de amostras acima do limite de quantificação (%<LQ), – de PBDEs em TCH para as amostras de Aves, Mammalia e Reptilia analisadas no ano de 2024 pelo PMP-BS.**

Classe	Espécie	Sexo	n	%<LQ	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
Aves	<i>Calonectris diomedea</i>	Fêmea	8	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>borealis</i>	Macho	16	6,2	1,02	4,09	<LQ	<LQ	16,4
	<i>Calonectris</i> sp.	Fêmea	4	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	1	100	56,7	NA	56,7	56,7	56,7
	<i>Fregata magnificens</i>	Fêmea	2	50	9,16	13,0	9,16	<LQ	18,3
		Macho	4	25	12,8	25,7	<LQ	<LQ	51,4
	<i>Haematopus palliatus</i>	Macho	1	0	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Himantopus melanurus</i>	Macho	1	0	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	18	5,6	1,19	5,06	<LQ	<LQ	21,5
	<i>Larus dominicanus</i>	Macho	20	15	7,24	23,5	<LQ	<LQ	103
	<i>Pachyptila desolata</i>	Fêmea	1	100	172	NA	172	172	172
	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Fêmea	16	12,5	3,35	9,53	<LQ	<LQ	34,1
		Macho	10	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Procellaria aequinoctialis</i>	Fêmea	8	62,5	87,3	95,2	61,5	<LQ	237
		Macho	4	75	90,9	127	45,2	<LQ	273
	<i>Pterodroma incerta</i>	Fêmea	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	1	100	198	NA	198	198	198
	<i>Pterodroma mollis</i>	Macho	2	50	9,54	13,5	9,54	<LQ	19,1
		Fêmea	1	0	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Puffinus gravis</i>	Macho	1	0	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	1	0	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Puffinus griseus</i>	Fêmea	17	5,9	1,16	4,77	<LQ	<LQ	19,7
	<i>Puffinus puffinus</i>	Macho	19	36,8	13,8	30,6	<LQ	<LQ	132
	<i>Rynchops niger</i>	Fêmea	1	0	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	209	52,2	67,1	127	8,23	<LQ	882
	<i>Spheniscus magellanicus</i>	Indefinido	1	100	95,5	NA	95,5	95,5	95,5
		Macho	59	40,7	41,3	76,2	<LQ	<LQ	308
		Fêmea	1	0	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Sterna hirundinacea</i>	Indefinido	1	0	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	1	0	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Sterna hirundo</i>	Fêmea	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	9	33,3	15	25,4	<LQ	<LQ	69,9
	<i>Sula leucogaster</i>	Macho	10	10	6,79	21,5	<LQ	<LQ	67,9
	<i>Thalassarche chlororhynchos</i>	Macho	1	0	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Thalassarche melanophris</i>	Fêmea	2	50	2,74	3,88	2,74	<LQ	5,49
		Fêmea	1	100	7,48	NA	7,48	7,48	7,48
	<i>Thalasseus acutifidus</i>	Macho	1	100	152	NA	152	152	152
		Fêmea	1	100	195	NA	195	195	195
	<i>Arctocephalus australis</i>	Macho	2	50	4,37	6,18	4,37	<LQ	8,74
	<i>Arctocephalus tropicalis</i>	Macho	1	0	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Eubalaena australis</i>	Fêmea	1	100	20	NA	19,6	19,6	19,6
	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Macho	1	0	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	12	8,3	13	44,8	<LQ	0	155
Mammalia	<i>Pontoporia blainvillei</i>	Indefinido	1	0	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	13	7,7	1,46	5,28	<LQ	<LQ	19,0
		Fêmea	7	28,6	23	40,5	<LQ	<LQ	96,1
	<i>Sotalia guianensis</i>	Macho	6	33,3	399	669	<LQ	<LQ	1603
	<i>Stenella attenuata</i>	Macho	1	0	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Stenella clymene</i>	Macho	1	0	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Stenella frontalis</i>	Macho	4	0	45	89,4	<LQ	<LQ	179
	<i>Tursiops truncatus</i>	Macho	1	33,3	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Tursiops truncatus gephyreus</i>	Fêmea	1	0	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	8	0	0,87	2,47	<LQ	<LQ	6,99
Reptilia	<i>Caretta caretta</i>	Macho	3	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Chelonia mydas</i>	Fêmea	94	20	35,1	155	<LQ	<LQ	977

Classe	Espécie	Sexo	n	%<LQ	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
		Macho	31	0	4,11	19,1	<LQ	<LQ	104
	<i>Eretmochelys imbricata</i>	Fêmea	1	0	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Lepidochelys olivacea</i>	Fêmea	2	13,8	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ

**Tabela 6.3-7 – Resultados estatísticos de PBDEs (ng g<sup>-1</sup> p.u.) – média, desvio-padrão, mediana, mínimo, máximo e percentual de amostras acima do limite de quantificação (%<LQ) – de PBDEs em TCA para as amostras de Aves, Mammalia e Reptilia analisadas no ano de 2024 pelo PMP-BS.**

Classe	Espécie	Sexo	n	%<LQ	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
Aves	<i>Haematopus palliatus</i>	Macho	1	0	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Larus dominicanus</i>	Fêmea	4	50	25,3	38,6	9,88	<LQ	81,5
	<i>Phalacrocorax brasiliensis</i>	Macho	9	55,6	44,0	60,8	24,8	<LQ	184
	<i>Spheniscus magellanicus</i>	Fêmea	9	11,1	2,57	7,71	<LQ	<LQ	23,1
	<i>Sula leucogaster</i>	Macho	3	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	12	58,3	83,5	145	20,1	<LQ	436
		Macho	3	100	161	116	198	30,7	255
		Fêmea	3	33,3	2,30	3,99	<LQ	<LQ	6,91
		Macho	3	33,3	9,55	16,5	<LQ	<LQ	28,7
		Fêmea	1	100	298	NA	298	298	298
Mammalia	<i>Arctocephalus australis</i>	Macho	2	100	127	151	127	20,2	234
	<i>Arctocephalus tropicalis</i>	Macho	1	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Eubalaena australis</i>	Fêmea	1	0	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Macho	1	0	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Pontoporia blainvillei</i>	Fêmea	10	20	4,23	8,93	<LQ	<LQ	21,3
		Indefinido	1	0	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	13	7,7	1,58	5,71	<LQ	<LQ	20,6
	<i>Sotalia guianensis</i>	Fêmea	7	42,9	36,0	69,7	<LQ	<LQ	191
	<i>Stenella attenuata</i>	Macho	6	66,7	158	276	67,3	<LQ	715
		Macho	1	0	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Stenella clymene</i>	Macho	1	0	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Stenella frontalis</i>	Macho	4	100	63,5	109	14,1	<LQ	226
	<i>Tursiops truncatus</i>	Macho	1	66,7	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	1	0	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Tursiops truncatus geophyreus</i>	Fêmea	1	0	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ
Reptilia	<i>Caretta caretta</i>	Fêmea	6	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Chelonia mydas</i>	Fêmea	47	0	55,7	188	<LQ	<LQ	791
		Macho	14	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Lepidochelys olivacea</i>	Fêmea	1	10,6	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ

### 6.3.3 Pesticidas organoclorados

No PMP-BS são analisados, em amostras de Aves, Mammalia e Reptilia, em tecido hepático (TCH) e em tecido adiposo (TCA), os seguintes pesticidas organoclorados: DDTs totais (Tabela 6.3-8;

Tabela 6.3-9), soma de HCH, drins totais (**Tabela 6.3-10; Tabela 6.3-11**), clordanas totais (**Tabela 6.3-12; Tabela 6.3-13**), endossulfans (**Tabela 6.3-14; Tabela 6.3-15**), metoxicloro (**Tabela 6.3-16; Tabela 6.3-17**) e mirex (**Tabela 6.3-18; Tabela 6.3-19**) .

Nas aves marinhas, as concentrações de  $\Sigma$ DDTs, drins totais, clordanas, metoxicloro e mirex foram geralmente mais elevadas no fígado do que na gordura. *Spheniscus magellanicus* apresentou os maiores teores em TCH (**Tabela 6.3-8**), com medianas de 231 ng g<sup>-1</sup> nas fêmeas (n = 209) e 59 ng g<sup>-1</sup> nos machos (n = 59) (**Tabela 6.3-12**). Outras espécies oceânicas de Aves, como *Procellaria aequinoctialis* e *Pterodroma mollis*, exibiram medianas de até 470 ng g<sup>-1</sup> para  $\Sigma$ DDTs (**Tabela 6.3-8**). Para as medianas de metoxicloro, destacaram-se fêmeas de *S. magellanicus* (357 ng g<sup>-1</sup>), machos de *Calonectris borealis* (42,1 ng g<sup>-1</sup>) e *Puffinus puffinus* (20,9 ng g<sup>-1</sup>) (**Tabela 6.3-8**), enquanto para  $\Sigma$ mirex, foram observados valores relativamente elevados em *Calonectris sp* e *P. aequinoctialis* (medianas: 201 ng g<sup>-1</sup> e 13,4 ng g<sup>-1</sup> respectivamente) (**Tabela 6.3-18**). Já no TCA, a maioria das amostras apresentou concentrações <LQ, com exceções de ocorrências pontuais, geralmente com valores relativamente mais elevados: DDTs em *S. magellanicus* (

**Tabela 6.3-9**), clordanas em uma fêmea da mesma espécie (783 ng g<sup>-1</sup>) (**Tabela 6.3-13**), metoxicloro em *L. dominicanus* (70,1 ng g<sup>-1</sup>) e *P. brasilianus* (185 ng g<sup>-1</sup>) (**Tabela 6.3-17**), e mirex em *L. dominicanus* (93,1 ng g<sup>-1</sup>) (**Tabela 6.3-19**).

Nos mamíferos marinhos, o fígado também concentrou níveis maiores para todos os compostos em relação a TCA.  $\Sigma$ DDTs atingiu a maior mediana para machos de *Pontoporia blainvillei* (n = 13, 211 ng g<sup>-1</sup>) (**Tabela 6.3-8**). Foram detectadas máximas de clordanas em TCH de *P. blainvillei* (29,3 ng g<sup>-1</sup>) e *Megaptera novaeangliae* (31,1 ng g<sup>-1</sup>) (**Tabela 6.3-12**), metoxicloro em *M. novaeangliae* (20,8 ng g<sup>-1</sup>) e *P. blainvillei* (11,3 ng g<sup>-1</sup>) (**Tabela 6.3-16**), e mirex em machos de *P. blainvillei* (128 ng g<sup>-1</sup>) e *S. guianensis* (34,3 ng g<sup>-1</sup>) (**Tabela 6.3-17**). No TCA, embora a maioria das amostras estivesse <LQ, foram observados valores detectáveis em fêmeas e machos de *P. blainvillei*. *M.*

*novaeangliae*, *Arctocephalus australis* para DRINs metoxicloro e mirex (**Tabela 6.3-11, Tabela 6.3-17, Tabela 6.3-19**).

Nos répteis, as concentrações também foram mais expressivas em TCH. *Chelonia mydas* apresentou os maiores valores para DDTs ( $2.061 \text{ ng g}^{-1}$ ), clordanas ( $30,8 \text{ ng g}^{-1}$ ), metoxicloro ( $374 \text{ ng g}^{-1}$ ) e mirex ( $528 \text{ ng g}^{-1}$ ). Em *Caretta caretta*, os máximos foram de  $5.917 \text{ ng g}^{-1}$  para DDTs e DRINs,  $12,8 \text{ ng g}^{-1}$  para clordanas e  $49,8 \text{ ng g}^{-1}$  para metoxicloro. No TCA, as amostras apresentaram majoritariamente valores <LQ, com detecções pontuais de clordanas ( $71,2 \text{ ng g}^{-1}$ , metoxicloro ( $17 \text{ ng g}^{-1}$ ) em fêmeas de *C. mydas*.

As concentrações de pesticidas organoclorados foram geralmente mais elevadas no fígado do que na gordura das aves marinhas. Para  $\Sigma$ DDTs em TCH (**Tabela 6.3-8**), *Spheniscus magellanicus* apresentou medianas de  $231 \text{ ng g}^{-1}$  nas fêmeas ( $n = 209$ ) e  $242 \text{ ng g}^{-1}$  nos machos ( $n = 59$ ). Outras espécies oceânicas como *Procellaria aequinoctialis* exibiram medianas de  $302 \text{ ng g}^{-1}$  (fêmeas) e  $205 \text{ ng g}^{-1}$  (machos), enquanto *Pterodroma mollis* apresentou mediana de  $470 \text{ ng g}^{-1}$  (fêmeas). Para drins totais em TCH (**Tabela 6.3-10**), os valores mais elevados foram observados em *Pachyptila desolata* ( $484 \text{ ng g}^{-1}$ ), *Pterodroma mollis* ( $470 \text{ ng g}^{-1}$ , fêmeas) e *Himantopus melanurus* ( $416 \text{ ng g}^{-1}$ ). Em relação às clordanas totais em TCH (**Tabela 6.3-12**), as concentrações mais significativas foram quantificadas em *Procellaria aequinoctialis* (machos, até  $130 \text{ ng g}^{-1}$ ), *Phalacrocorax brasilianus* (fêmeas, até  $143 \text{ ng g}^{-1}$ ) e *Spheniscus magellanicus* (fêmeas, até  $542 \text{ ng g}^{-1}$ ). Para metoxicloro em TCH (**Tabela 6.3-16**), destacaram-se *Himantopus melanurus* ( $52,5 \text{ ng g}^{-1}$ ), machos de *Calonectris borealis* (até  $42,1 \text{ ng g}^{-1}$ ) e fêmeas de *S. magellanicus* (até  $357 \text{ ng g}^{-1}$ ). Quanto ao mirex em TCH (**Tabela 3.3 11**), foram observados valores elevados em *Calonectris sp.* (mediana:  $201 \text{ ng g}^{-1}$ ), *P. aequinoctialis* (mediana:  $13,4 \text{ ng g}^{-1}$ ) e *P. mollis* ( $198 \text{ ng g}^{-1}$ , fêmeas).

No tecido adiposo das aves, a maioria das amostras apresentou concentrações abaixo do limite de quantificação (<LQ), com algumas exceções notáveis. Para  $\Sigma$ DDTs em TCA (

**Tabela 6.3-9**), foram quantificados valores em *S. magellanicus* (fêmeas, até  $592 \text{ ng g}^{-1}$ ), *L. dominicanus* (machos, até  $414 \text{ ng g}^{-1}$ ) e *P. brasilianus*

(fêmeas, até 248 ng g<sup>-1</sup>). Para drins totais em TCA (**Tabela 6.3-11**), *S. magellanicus* apresentou valores significativos em fêmeas (mediana: 141 ng g<sup>-1</sup>, máximo: 1.437 ng g<sup>-1</sup>) e *L. dominicanus* em machos (até 430 ng g<sup>-1</sup>). Para clordanas totais em TCA (**Tabela 6.3-13**), uma fêmea de *S. magellanicus* apresentou concentração de 783 ng g<sup>-1</sup>, e machos de *L. dominicanus* atingiram até 186 ng g<sup>-1</sup>. Para metoxicloro em TCA (**Tabela 6.3-17**), destacaram-se *L. dominicanus* (machos, até 70,1 ng g<sup>-1</sup>) e *P. brasilianus* (fêmeas, até 185 ng g<sup>-1</sup>). Para mirex em TCA (**Tabela 6.3-19**), *L. dominicanus* apresentou valor máximo de 93,1 ng g<sup>-1</sup> em machos.

O fígado dos mamíferos marinhos também concentrou níveis mais elevados de pesticidas em comparação ao tecido adiposo. Para  $\Sigma$ DDTs em TCH (**Tabela 6.3-8**), machos de *Pontoporia blainvillei* (n = 13) apresentaram mediana de 130 ng g<sup>-1</sup> (máximo: 1.545 ng g<sup>-1</sup>), enquanto fêmeas de *Sotalia guianensis* atingiram máximo de 9.729 ng g<sup>-1</sup>. Para drins totais em TCH (**Tabela 6.3-10**), machos de *Arctocephalus australis* apresentaram valores até 1.482 ng g<sup>-1</sup>, e fêmeas de *S. guianensis* até 9.729 ng g<sup>-1</sup>. Para clordanas totais em TCH (**Tabela 6.3-12**), foram detectados valores máximos em *M. novaeangliae* (31,1 ng g<sup>-1</sup>) e machos de *P. blainvillei* (29,3 ng g<sup>-1</sup>). Para metoxicloro em TCH (**Tabela 6.3-16**), destacaram-se *M. novaeangliae* (20,8 ng g<sup>-1</sup>) e machos de *P. blainvillei* (até 11,3 ng g<sup>-1</sup>). Para mirex em TCH (**Tabela 6.3-18**), foram observados valores elevados em machos de *P. blainvillei* (até 128 ng g<sup>-1</sup>) e machos de *S. guianensis* (até 34,3 ng g<sup>-1</sup>).

No tecido adiposo dos mamíferos marinhos, embora a maioria das amostras estivesse <LQ, foram observados casos significativos. Para  $\Sigma$ DDTs em TCA (

**Tabela 6.3-9**), machos de *P. blainvillei* apresentaram valores até 767 ng g<sup>-1</sup>, *M. novaeangliae* até 348 ng g<sup>-1</sup>, e fêmeas de *S. guianensis* até 139 ng g<sup>-1</sup>. Para drins totais em TCA (**Tabela 6.3-11**), foram quantificados valores em machos de *P. blainvillei* (até 556 ng g<sup>-1</sup>), fêmeas de *S. guianensis* (até 361 ng g<sup>-1</sup>), e machos de *S. frontalis* (até 194 ng g<sup>-1</sup>). Para clordanas totais em TCA (**Tabela 6.3-13**), *M. novaeangliae* apresentou 45,6 ng g<sup>-1</sup>, fêmeas de *P. blainvillei* até 758 ng g<sup>-1</sup>, e machos de *S. frontalis* até 42,9 ng g<sup>-1</sup>. Para

metoxicloro em TCA (**Tabela 6.3-17**), foram detectados valores em machos de *A. australis* (até 24,5 ng g<sup>-1</sup>) e machos de *P. blainvillei* (até 32,4 ng g<sup>-1</sup>). Para mirex em TCA (**Tabela 6.3-19**), foram observados valores em fêmea de *A. australis* (408 ng g<sup>-1</sup>), macho de *M. novaeangliae* (246 ng g<sup>-1</sup>) e machos de *P. blainvillei* (até 556 ng g<sup>-1</sup>).

Em répteis marinhos, as concentrações também foram mais expressivas em TCH. Para  $\Sigma$ DDTs em TCH (**Tabela 6.3-8**), *C. mydas* apresentou medianas de 129 ng g<sup>-1</sup> (fêmeas) e 133 ng g<sup>-1</sup> (machos), com máximo de 2.061 ng g<sup>-1</sup>. Em *C. caretta*, machos atingiram até 5.917 ng g<sup>-1</sup>. Para drins totais em TCH (**Tabela 6.3-10**), padrão similar foi observado, com valores máximos de 2.061 ng g<sup>-1</sup> em fêmeas de *C. mydas* e 5.917 ng g<sup>-1</sup> em machos de *C. caretta*. Para clordanas totais em TCH (**Tabela 6.3-12**), foram quantificados valores máximos de 30,8 ng g<sup>-1</sup> em *C. mydas*. Para metoxicloro em TCH (**Tabela 6.3-16**), machos de *C. mydas* apresentaram valores até 374 ng g<sup>-1</sup> e fêmeas de *C. caretta* até 49,8 ng g<sup>-1</sup>. Para mirex em TCH (**Tabela 6.3-18**), foram observados valores máximos de 528 ng g<sup>-1</sup> em *C. mydas*.

No tecido adiposo dos répteis, as amostras apresentaram majoritariamente valores <LQ, com detecções pontuais. Para  $\Sigma$ DDTs em TCA (

**Tabela 6.3-9**), fêmeas de *C. caretta* apresentaram valores até 101 ng g<sup>-1</sup>, e fêmeas de *C. mydas* até 117 ng g<sup>-1</sup>. Para clordanas em TCA (**Tabela 6.3-13**), fêmeas de *C. mydas* apresentaram valores até 71,2 ng g<sup>-1</sup>. Para metoxicloro em TCA (**Tabela 6.3-17**), fêmeas de *C. mydas* atingiram 17 ng g<sup>-1</sup>. Para endossulfans em TCA (**Tabela 6.3-15**), fêmeas de *C. mydas* apresentaram valores até 108 ng g<sup>-1</sup>.

**Tabela 6.3-8 – Resultados estatísticos de  $\Sigma$ DDTs (ng g<sup>-1</sup>) – média, desvio-padrão, mediana, mínimo, máximo e percentual de amostras acima do limite de limite de quantificação (% >LQ), de DDTs em TCH para as amostras de Aves, Mammalia e Reptilia analisadas no ano de 2024 pelo PMP-BS.**

Classe	Espécie	Sexo	n	% > LQ	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
Aves	<i>Calonectris borealis</i>	Fêmea	8	12,5	126	149	80,6	<LQ	410
		Macho	16	37,5	113	199	44,3	<LQ	790
	<i>Calonectris</i> sp.	Fêmea	4	25	192	222	190	<LQ	387
		Macho	1	100	357	-	357	357	357
	<i>Fregata magnificens</i>	Fêmea	2	0	217	167	217	98,6	335
		Macho	4	25	193	123	203	40,9	326

Classe	Espécie	Sexo	n	% > LQ	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
Mammalia	<i>Haematopus palliatus</i>	Macho	1	0	131	168	131	12,2	250
	<i>Himantopus melanurus</i>	Macho	1	100	416	-	416	416	416
	<i>Larus dominicanus</i>	Fêmea	18	11,1	116	101	77,0	11,4	389
		Macho	20	5	134	148	70,6	<LQ	460
	<i>Pachyptila desolata</i>	Fêmea	1	0	484	-	484	484	484
	<i>Phalacrocorax brasiliensis</i>	Fêmea	16	6,2	78,8	130	20,0	<LQ	482
		Macho	10	10	75,2	66,0	81,3	<LQ	197,3
	<i>Procellaria aequinoctialis</i>	Fêmea	8	25	315	292	302	22,6	939
		Macho	4	50	243	166	205	86,5	475
	<i>Pterodroma incerta</i>	Fêmea	2	0	101	119	101	17,0	185
		Fêmea	1	0	470	-	470	470	470
	<i>Pterodroma mollis</i>	Macho	2	0	159	79,2	159	103	215
		Fêmea	1	100	161	-	161	161	161
	<i>Puffinus gravis</i>	Macho	1	0	309	-	309	309	309
	<i>Puffinus griseus</i>	Fêmea	1	0	121	-	121	121	121
		Fêmea	17	0	152	156	84,9	29,2	561
	<i>Puffinus puffinus</i>	Macho	19	5,3	107	78,3	85,6	<LQ	289
	<i>Rynchops niger</i>	Fêmea	1	0	81,1	-	81,1	81,1	81,1
		Fêmea	209	20,1	786	2938	231	<LQ	27080
	<i>Spheniscus magellanicus</i>	Indefinido	1	0	705	-	705	705	705
		Macho	59	15,3	400	802	242	<LQ	5689
		Fêmea	1	0	41,4	-	41,4	41,4	41,4
	<i>Sterna hirundinacea</i>	Indefinido	1	0	306	-	306	306	306
		Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Sterna hirundo</i>	Fêmea	2	0	292	118	292	209	375
		Fêmea	9	11,1	228	231	142	19,78	703
	<i>Sula leucogaster</i>	Macho	10	10	194	195	111	14,12	742
	<i>Thalassarche chlororhynchos</i>	Macho	1	100	122	-	122	122	122
	<i>Thalassarche melanophris</i>	Fêmea	2	0	178	114	178	98,0	259
	<i>Thalasseus acutifidus</i>	Fêmea	1	0	448	-	448	448	448
		Macho	1	0	295	-	295	295	295
	<i>Arctocephalus australis</i>	Fêmea	1	0	54,0	76,4	54,0	<LQ	108
		Macho	2	50	409	719	409	<LQ	1482
	<i>Arctocephalus tropicalis</i>	Macho	1	0	241	34,0	241	217	265
	<i>Eubalaena australis</i>	Fêmea	1	0	273	153	273	165	381
	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Macho	1	100	111	35,26	111	85,6	136
		Fêmea	12	0	105	106	87,9	<LQ	365
	<i>Pontoporia blainvillei</i>	Indefinido	1	0	264	284	264	62,6	464
		Macho	13	15,4	227	319	130	12,9	1545
		Fêmea	7	0	835	2568	61,2	<LQ	9729
	<i>Sotalia guianensis</i>	Macho	6	33,3	316	407	258	<LQ	1507
	<i>Stenella attenuata</i>	Macho	1	0	657	485	657	315	1000
	<i>Stenella clymene</i>	Macho	1	0	182	134	182	87,7	277
	<i>Stenella frontalis</i>	Macho	4	0	227	147	231	32,2	427
	<i>Tursiops truncatus</i>	Macho	1	33,3	225	318	225	<LQ	450
	<i>Tursiops truncatus gephyreus</i>	Fêmea	1	0	53,0	4,70	53,0	49,7	56,3
		Fêmea	8	0	154	103	120	38,1	397
	<i>Caretta caretta</i>	Macho	3	0	1265	2602	110	<LQ	5917
Reptilia		Fêmea	94	0	199	243	129	<LQ	2061
	<i>Chelonia mydas</i>	Macho	31	0	181	178	133	<LQ	847
	<i>Eretmochelys imbricata</i>	Fêmea	1	0	48,9		48,9	48,9	48,92

Classe	Espécie	Sexo	n	% > LQ	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
	<i>Lepidochelys olivacea</i>	Fêmea	2	5,3	337	92,6	337	264	441

**Tabela 6.3-9 – Resultados estatísticos de  $\Sigma$ DDTs ( $\text{ng g}^{-1}$ ) – média, desvio-padrão, mínimo, máximo e percentual de amostras acima do limite de limite de quantificação (% >LQ), de DDTs em TCA para as amostras de Aves, Mammalia e Reptilia analisadas no ano de 2024 pelo PMP-BS.**

Classe	Espécie	Sexo	n	% > LQ	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
Aves	<i>Haematopus palliatus</i>	Macho	1	33,3	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Larus dominicanus</i>	Fêmea	4	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	9	0	68,0	135	<LQ	<LQ	414
	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Fêmea	9	10,6	95,1	115	<LQ	<LQ	248
	<i>Spheniscus magellanicus</i>	Macho	3	14,3	34,5	59,8	<LQ	<LQ	104
		Fêmea	12	0	56,9	171	<LQ	<LQ	592
	<i>Sula leucogaster</i>	Macho	3	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	3	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Arctocephalus australis</i>	Macho	2	100	16,3	23,0	16,3	<LQ	32,5
	<i>Arctocephalus tropicalis</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Eubalaena australis</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Macho	1	30,8	348	-	348	348	348
Mammalia	<i>Pontoporia blainvillei</i>	Fêmea	10	28,6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Sotalia guianensis</i>	Indefinido	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	13	0	68,1	211	<LQ	<LQ	767
	<i>Stenella attenuata</i>	Fêmea	7	0	23,1	51,7	<LQ	<LQ	139
		Macho	6	100	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Stenella clymene</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Stenella frontalis</i>	Macho	4	0	6,90	13,8	<LQ	<LQ	27,6
	<i>Tursiops truncatus</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Tursiops truncatus gephyreus</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Caretta caretta</i>	Fêmea	6	44,4	16,8	41,0	<LQ	<LQ	101
Reptilia	<i>Chelonia mydas</i>	Macho	2	44,4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	47	33,3	7,35	23,5	<LQ	<LQ	117
	<i>Lepidochelys olivacea</i>	Macho	14	16,7	3,66	9,39	<LQ	<LQ	28,6
		Fêmea	1	33,3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ

**Tabela 6.3-10 – Resultados estatísticos de Drins totais ( $\text{ng g}^{-1}$ ) – média, desvio-padrão, mínimo, máximo ) e percentual de amostras acima do limite de limite de quantificação (% >LQ) – de Drins em TCH para as amostras de Aves, Mammalia e Reptilia analisadas no ano de 2024 pelo PMP-BS.**

Classe	Espécie	Sexo	n	%>LQ	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
Aves	<i>Calonectris borealis</i>	Fêmea	8	12,5	126	149	80,6	<LQ	410
		Macho	16	12,5	113	199	44,3	<LQ	790
	<i>Calonectris sp.</i>	Fêmea	4	50,0	192	222	190	<LQ	387
		Macho	1	0	357	-	357	357	357
	<i>Fregata magnificens</i>	Fêmea	2	0	217	167	217	98,6	335
		Macho	4	25	193	123	203	40,9	326
	<i>Haematopus palliatus</i>	Macho	2	0	131	168	131	12,2	250

Classe	Espécie	Sexo	n	%>LQ	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
	<i>Himantopus melanurus</i>	Macho	1	100	416	-	416	416	416
		Fêmea	22	5,61	116	101	77,0	11,4	389
	<i>Larus dominicanus</i>	Macho	29	30,0	134	148	70,6	<LQ	460
	<i>Pachyptila desolata</i>	Fêmea	1	0	484	-	484	484	484
		Fêmea	25	0	78,8	130	20,0	<LQ	482
	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Macho	13	10,0	75,2	66,0	81,3	<LQ	197
		Fêmea	8	50,0	315	292	302	22,6	939
	<i>Procellaria aequinoctialis</i>	Macho	4	50,0	243	166	205	86,5	475
		Fêmea	2	0	101	119	101	17,0	185
	<i>Pterodroma incerta</i>	Fêmea	1	100	470	-	470	470	470
	<i>Pterodroma mollis</i>	Macho	2	0	159	79,2	159	103	215
		Fêmea	1	0	161	-	161	161	161
	<i>Puffinus gravis</i>	Macho	1	100	309	-	309	309	309
	<i>Puffinus griseus</i>	Fêmea	1	0	121	-	121	121	121
		Fêmea	17	0	152	156	84,9	29,2	561
	<i>Puffinus puffinus</i>	Macho	19	0	107	78,3	85,6	<LQ	289
	<i>Rynchops niger</i>	Fêmea	1	0	81,1	-	81,1	81,1	81,1
		Fêmea	221	39,2	786	2938	231	0	27080
	<i>Spheniscus magellanicus</i>	Indefini do	1	100	705	-	705	705	705
		Macho	62	30,5	400	802	242	<LQ	5689
		Fêmea	1	100	41,4	-	41,4	41,4	41,4
	<i>Sterna hirundinacea</i>	Indefini do	1	100	306	-	306	306	306
		Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Sterna hirundo</i>	Fêmea	2	0	292	118	292	209	375
	<i>Sula leucogaster</i>	Fêmea	12	11,1	228	231	142	19,8	703
		Macho	13	20,0	194	195	111	14,1	742
	<i>Thalassarche chlororhynchos</i>	Macho	1	0	122	-	122	122	122
	<i>Thalassarche melanophris</i>	Fêmea	2	50,0	178	114	178	98,0	259
		Fêmea	1	0	448	-	448	448	448
	<i>Thalasseus acuflavidus</i>	Macho	1	0	295	-	295	295	295
		Fêmea	2	0	54,0	76,4	54,0	<LQ	108
	<i>Arctocephalus australis</i>	Macho	4	50,0	409	719	77,7	<LQ	1482
	<i>Arctocephalus tropicalis</i>	Macho	2	0	241	34,0	241	217	265
	<i>Eubalaena australis</i>	Fêmea	2	0	273	153	273	165	381
	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Macho	2	100	111	35,3	111	85,6	136
		Fêmea	22	16,7	105	106	87,9	<LQ	365
	<i>Pontoporia blainvillei</i>	Indefini do	2	0	264	284	264	62,6	464
		Macho	26	15,4	227	319	130	12,9	1545
	<i>Sotalia guianensis</i>	Fêmea	14	14,3	835	2568	61,2	<LQ	9729
		Macho	12	0	316	407	258	<LQ	1507
	<i>Stenella attenuata</i>	Macho	2	0	657	485	657	315	1000
	<i>Stenella clymene</i>	Macho	2	100	182	134	182	87,7	277
	<i>Stenella frontalis</i>	Macho	8	100	227	147	231	32,2	427
	<i>Tursiops truncatus</i>	Macho	2	0	225	318	225	<LQ	450
	<i>Tursiops truncatus gephyreus</i>	Fêmea	2	0	53,0	4,70	53,0	49,7	56,3
		Fêmea	14	0	154	103	120	38,1	397
	<i>Caretta caretta</i>	Macho	5	33,3	1265	2602	110	<LQ	5917
Reptilia	<i>Chelonia mydas</i>	Fêmea	141	20,0	199	243	129	<LQ	2061
		Macho	45	0	181	178	133	<LQ	847
	<i>Eretmochelys imbricata</i>	Fêmea	1	0	48,9	-	48,9	48,9	48,9
	<i>Lepidochelys olivacea</i>	Fêmea	3	6,4	337	92,6	305	264	441

**Tabela 6.3-11 – Resultados estatísticos de Drins totais (ng g<sup>-1</sup>) – média, desvio-padrão, mínimo, máximo e percentual de amostras acima do limite de limite de quantificação (% >LQ) – de Drins em TCA para as amostras de Aves, Mammalia e Reptilia analisadas no ano de 2024 pelo PMP-BS.**

Classe	Espécie	Sexo	n	% >LQ	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
Aves	<i>Haematopus palliatus</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Larus dominicanus</i>	Fêmea	4	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Macho	9	22,2	77	158	<LQ	<LQ	430
		Fêmea	9	11,1	1,89	5,67	<LQ	<LQ	17,0
	<i>Spheniscus magellanicus</i>	Macho	3	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	12	58,3	366	526	141	<LQ	1437
	<i>Sula leucogaster</i>	Macho	3	33,3	80,1	139	<LQ	<LQ	240
		Fêmea	3	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Arctocephalus australis</i>	Macho	3	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	1	100	408	-	408	408	408
	<i>Eubalaena australis</i>	Macho	2	50	72,6	103	72,6	<LQ	145
		Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	1	100	246	-	246	246	246
Mammalia	<i>Pontoporia blainvillei</i>	Fêmea	10	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Indefinido	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Sotalia guianensis</i>	Macho	13	30,8	50,6	153	<LQ	<LQ	556
		Fêmea	7	14,3	51,6	137	<LQ	<LQ	361
	<i>Stenella attenuata</i>	Macho	6	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Stenella clymene</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Stenella frontalis</i>	Macho	4	100	72,8	90,1	48,5	<LQ	194
		Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
Reptilia	<i>Tursiops truncatus</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Tursiops truncatus</i>	Macho	6	33,3	24,1	59,0	<LQ	<LQ	145
		Fêmea	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Caretta caretta</i>	Macho	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	47	6,4	3,26	16,7	<LQ	<LQ	111
	<i>Chelonia mydas</i>	Macho	14	21,4	21,7	74,3	<LQ	<LQ	280
		Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Lepidochelys olivacea</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ

**Tabela 6.3-12 – Resultados estatísticos de clordanas totais (ng g<sup>-1</sup>p.u.) – média, desvio-padrão, mínimo, máximo e percentual de amostras acima do limite de quantificação (%<LQ) – , de Clordanas em TCH para as amostras de Aves, Mammalia e Reptilia analisadas no ano de 2024 pelo PMP-BS.**

Classe	Espécie	Sexo	n	%<LQ	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
Aves	<i>Calonectris borealis</i>	Fêmea	8	25	4,82	10,3	<LQ	<LQ	29,0
		Macho	16	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Calonectris sp.</i>	Fêmea	4	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Fregata magnificens</i>	Fêmea	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	4	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Haematopus palliatus</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Himantopus melanurus</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	18	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Larus dominicanus</i>	Macho	20	15	3,58	10,23	<LQ	<LQ	35,3
		Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Pachyptila desolata</i>	Fêmea	16	6,2	8,92	35,7	<LQ	<LQ	143
		Macho	10	10	3,16	9,99	<LQ	<LQ	31,6
	<i>Procellaria</i>	Fêmea	8	25	10,6	20,9	<LQ	<LQ	55,4
		Macho	4	25	32,5	65	<LQ	<LQ	130
	<i>aequinoctialis</i>	Fêmea	2	50	12,8	18,1	12,8	<LQ	25,6
		Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ

Classe	Espécie	Sexo	n	%<LQ	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
Mammalia	<i>Puffinus gravis</i>	Macho	2	50	41,85	59,18	<LQ	<LQ	83,7
		Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	1	100	22,8	-	22,8	22,8	22,8
	<i>Puffinus griseus</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	17	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Puffinus puffinus</i>	Macho	19	5,3	<LQ	1,59	<LQ	<LQ	6,94
		Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Rynchops niger</i>	Fêmea	209	19,6	12,2	54,4	<LQ	<LQ	542
		Indefinido	1	100	17,3	-	17,3	17,3	17,3
	<i>Sterna hirundinacea</i>	Macho	59	10,2	7,60	28,7	<LQ	<LQ	154
		Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Indefinido	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Sterna hirundo</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Sula leucogaster</i>	Fêmea	9	11,1	4,49	13,5	<LQ	<LQ	40,4
		Macho	10	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Thalassarche chlororhynchos</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Thalassarche melanophris</i>	Fêmea	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Thalasseus acutiflavus</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Arctocephalus australis</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Arctocephalus tropicalis</i>	Macho	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Arctocephalus tropicalis</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Eubalaena australis</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Macho	1	100	31,1	-	31,1	31,1	31,1
	<i>Pontoporia blainvillei</i>	Fêmea	12	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Indefinido	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	13	7,7	2,25	8,13	<LQ	<LQ	29,3
	<i>Sotalia guianensis</i>	Fêmea	7	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	6	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Stenella attenuata</i>	Macho	1	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Stenella clymene</i>	Macho	1	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Stenella frontalis</i>	Macho	4	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Tursiops truncatus</i>	Macho	1	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Tursiops truncatus</i>	Fêmea	1	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Tursiops truncatus</i>	Fêmea	1	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Caretta caretta</i>	Fêmea	8	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Caretta caretta</i>	Macho	3	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Reptilia	<i>Chelonia mydas</i>	Fêmea	94	2,1	0,44	3,18	<LQ	<LQ	27,9
		Macho	31	6,5	1,31	5,75	<LQ	<LQ	30,8
	<i>Eretmochelys imbricata</i>	Fêmea	1	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Lepidochelys olivacea</i>	Fêmea	2	0	<LQ	<LQ	-	<LQ	<LQ

**Tabela 6.3-13 – Resultados estatísticos de clordanas totais ( $\text{ng g}^{-1}$  p.u.) – média, desvio-padrão, mínimo, máximo e percentual de amostras acima do limite de quantificação ( $\%<\text{LQ}$ ) – de Clordanas em TCA para as amostras de Aves, Mammalia e Reptilia analisadas no ano de 2024 pelo PMP-BS.**

Classe	Espécie	Sexo	n	$\%>\text{LQ}$	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
Aves	<i>Haematopus palliatus</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	4	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Larus dominicanus</i>	Macho	9	33,3	31,5	65,1	<LQ	<LQ	186
		Fêmea	9	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Macho	3	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	12	41,7	130	243	<LQ	<LQ	783
	<i>Spheniscus magellanicus</i>	Macho	3	33,3	5,33	9,24	<LQ	<LQ	16
		Fêmea	3	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Sula leucogaster</i>	Macho	3	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Arctocephalus australis</i>	Macho	2	50	8,95	12,7	8,95	<LQ	17,9
	<i>Arctocephalus tropicalis</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Eubalaena australis</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Macho	1	100	45,6	-	45,6	45,6	45,6
Mammalia		Fêmea	10	20	88,0	239	<LQ	<LQ	758
	<i>Pontoporia blainvillei</i>	Indefinido	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	13	23,1	10,4	28,3	<LQ	<LQ	99,9
		Fêmea	7	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Sotalia guianensis</i>	Macho	6	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Stenella attenuata</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Stenella clymene</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Stenella frontalis</i>	Macho	4	25	10,7	21,5	<LQ	<LQ	42,9
	<i>Tursiops truncatus</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Tursiops truncatus gephyreus</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
Reptilia		Fêmea	6	16,7	2,13	5,23	<LQ	<LQ	12,8
	<i>Caretta caretta</i>	Macho	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	47	4,3	1,69	10,4	<LQ	<LQ	71,2
	<i>Chelonia mydas</i>	Macho	14	7,1	0,32	1,20	<LQ	<LQ	4,50
	<i>Lepidochelys olivacea</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ

**Tabela 6.3-14 – Resultados estatísticos de  $\Sigma$  endossulfans ( $\text{ng g}^{-1}$  p.u.) – média, desvio-padrão, mínimo, máximo e percentual de amostras acima do limite de quantificação ( $\%<\text{LQ}$ ) – , de Endossulfans em TCH para as amostras de Aves, Mammalia e Reptilia analisadas no ano de 2024 pelo PMP-BS.**

Classe	Espécie	Sexo	n	$\%>\text{LQ}$	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
Aves	<i>Calonectris borealis</i>	Fêmea	8	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	16	6,2	6,83	27,3	<LQ	<LQ	109
	<i>Calonectris sp.</i>	Fêmea	4	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Fregata magnificens</i>	Fêmea	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	4	25	11,5	22,9	<LQ	<LQ	45,8
	<i>Haematopus palliatus</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Himantopus melanurus</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	18	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Larus dominicanus</i>	Macho	20	5	0,72	3,20	<LQ	<LQ	14,3
	<i>Pachyptila desolata</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Fêmea	16	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	10	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Procellaria aequinoctialis</i>	Fêmea	8	12,5	1,41	4,00	<LQ	<LQ	11,3
		Macho	4	25	1,70	3,40	<LQ	<LQ	6,80
	<i>Pterodroma incerta</i>	Fêmea	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Pterodroma mollis</i>	Macho	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ

Classe	Espécie	Sexo	n	%>LQ	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
Mammalia	<i>Puffinus gravis</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Puffinus griseus</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Puffinus puffinus</i>	Fêmea	17	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	19	5,3	2,09	9,11	<LQ	<LQ	39,7
	<i>Rynchops niger</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Spheniscus magellanicus</i>	Fêmea	209	4,3	1,22	8,06	<LQ	<LQ	85,2
		Indefinido	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	59	5,1	0,56	2,69	<LQ	<LQ	18,0
	<i>Sterna hirundinacea</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Indefinido	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Sterna hirundo</i>	Fêmea	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Sula leucogaster</i>	Fêmea	9	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	10	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Thalassarche chlororhynchos</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Thalassarche melanophris</i>	Fêmea	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Thalasseus acutiflavus</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Arctocephalus australis</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Arctocephalus tropicalis</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Eubalaena australis</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	12	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Pontoporia blainvillei</i>	Indefinido	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	13	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Sotalia guianensis</i>	Fêmea	7	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	6	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Stenella attenuata</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Stenella clymene</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Stenella frontalis</i>	Macho	4	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Tursiops truncatus</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Tursiops truncatus</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
Reptilia	<i>Caretta caretta</i>	Fêmea	8	25	4,29	12,1	<LQ	<LQ	34,3
		Macho	3	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Chelonia mydas</i>	Fêmea	94	2,1	0,48	3,64	<LQ	<LQ	33,4
		Macho	31	3,2	0,17	0,95	<LQ	<LQ	5,30
	<i>Eretmochelys imbricata</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Lepidochelys olivacea</i>	Fêmea	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ

**Tabela 6.3-15 – Resultados estatísticos de  $\Sigma$ Endosulfans (ng g<sup>-1</sup> p.u.) – média, desvio-padrão, mínimo, máximo e percentual de amostras acima do limite de quantificação (%>LQ) – de Endosulfans em TCA para as amostras de Aves, Mammalia e Reptilia analisadas no ano de 2024 pelo PMP-BS.**

Classe	Espécie	Sexo	n	% >LQ	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
Aves	<i>Haematopus palliatus</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Larus dominicanus</i>	Fêmea	4	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	9	11,1	1,18	3,53	<LQ	<LQ	10,6
	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Fêmea	9	11,1	26,1	78,2	<LQ	<LQ	235
		Macho	3	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Spheniscus magellanicus</i>	Fêmea	12	8,3	3,42	11,8	<LQ	<LQ	41,0
		Macho	3	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Sula leucogaster</i>	Fêmea	3	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ

Classe	Espécie	Sexo	n	% >LQ	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
Mammalia	<i>Arctocephalus australis</i>	Macho	3	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Eubalaena australis</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Macho	1	100	298	-	298	298	298
		Fêmea	10	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Pontoporia blainvillei</i>	Indefinido	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	13	7,7	<LQ	2,00	<LQ	<LQ	7,20
	<i>Sotalia guianensis</i>	Fêmea	7	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	6	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Stenella attenuata</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Stenella clymene</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Stenella frontalis</i>	Macho	4	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Tursiops truncatus</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Tursiops truncatus gephyreus</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	6	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Caretta caretta</i>	Macho	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	47	6,4	3,03	16,2	<LQ	<LQ	108
Reptilia	<i>Chelonia mydas</i>	Macho	14	7,1	<LQ	2,39	<LQ	<LQ	8,95
	<i>Lepidochelys olivacea</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ

**Tabela 6.3-16 – Resultados estatísticos de  $\Sigma$ metoxicloro ( $\text{ng g}^{-1}$  p.u.) – média, desvio-padrão, mínimo), máximo e percentual de amostras acima do limite de quantificação (%<LQ) – de Metoxicloro em TCH para as amostras de Aves, Mammalia e Reptilia analisadas no ano de 2024 pelo PMP-BS.**

Classe	Espécie	Sexo	n	%<LQ	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
Aves	<i>Calonectris borealis</i>	Fêmea	8	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	16	6,2	2,63	10,5	<LQ	<LQ	42,1
	<i>Calonectris sp.</i>	Fêmea	4	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Fregata magnificens</i>	Fêmea	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	4	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Haematopus palliatus</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Himantopus melanurus</i>	Macho	1	100	52,5	-	52,5	52,5	52,5
	<i>Larus dominicanus</i>	Fêmea	18	5,6	0,50	2,13	<LQ	<LQ	9,04
		Macho	20	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Pachyptila desolata</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	16	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Macho	10	10	18	56,3	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	8	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Procellaria aequinoctialis</i>	Macho	4	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Pterodroma incerta</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Pterodroma mollis</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Puffinus gravis</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Puffinus griseus</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	17	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Puffinus puffinus</i>	Macho	19	10,5	1,37	4,88	<LQ	<LQ	20,9
		Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Rynchops niger</i>	Fêmea	209	5,7	4,48	32,5	<LQ	<LQ	357
		Indefinido	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Spheniscus magellanicus</i>	Macho	59	1,7	0,60	4,60	<LQ	<LQ	35,3
		Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Sterna hirundinacea</i>	Indefinido	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Sterna hirundo</i>	Fêmea	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	9	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ

Classe	Espécie	Sexo	n	%<LQ	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
Mammalia	<i>Thalassarche chlororhynchos</i>	Macho	10	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Thalassarche melanophris</i>	Fêmea	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Thalasseus acutiflavus</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Arctocephalus australis</i>	Macho	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Arctocephalus tropicalis</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Eubalaena australis</i>	Macho	1	100	20,8	-	20,8	20,8	20,8
		Fêmea	12	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Pontoporia blainvillei</i>	Indefinido	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	13	7,7	0,87	3,13	<LQ	<LQ	11,3
	<i>Sotalia guianensis</i>	Fêmea	7	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	6	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Stenella attenuata</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Stenella clymene</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	4	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Stenella frontalis</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
Reptilia	<i>Tursiops truncatus</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Tursiops truncatus gephyreus</i>	Fêmea	8	12,5	6,23	17,6	<LQ	<LQ	49,8
		Macho	3	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Caretta caretta</i>	Fêmea	94	2,1	0,47	3,40	<LQ	<LQ	29,4
		Macho	31	12,9	17,9	69,9	<LQ	<LQ	374
	<i>Chelonia mydas</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Eretmochelys imbricata</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ

**Tabela 6.3-17 – Resultados estatísticos de  $\Sigma$ metoxicloro (ng g<sup>-1</sup> p.u.) –média, desvio-padrão, mínimo, máximo e percentual de amostras acima do limite de quantificação (%<LQ) – de Metoxicloro em TCA para as amostras de Aves, Mammalia e Reptilia analisadas no ano de 2024 pelo PMP-BS.**

Classe	Espécie	Sexo	n	% >LQ	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
Aves	<i>Haematopus palliatus</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	4	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Larus dominicanus</i>	Macho	9	33,3	18,9	29,3	<LQ	<LQ	70,1
		Fêmea	9	33,3	31,4	63,4	<LQ	<LQ	185
	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Macho	3	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	12	8,3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	3,40
	<i>Spheniscus magellanicus</i>	Macho	3	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	3	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Sula leucogaster</i>	Macho	3	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Arctocephalus australis</i>	Macho	2	50	12,3	17,3	<LQ	<LQ	24,5
		Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Arctocephalus tropicalis</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
Mammalia	<i>Eubalaena australis</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	10	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Pontoporia blainvillei</i>	Indefinido	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	13	23,1	5,55	11,0	<LQ	<LQ	32,4
	<i>Sotalia guianensis</i>	Fêmea	7	14,3	7,09	18,8	<LQ	<LQ	49,6
		Macho	6	16,7	4,25	10,4	<LQ	<LQ	25,5
	<i>Stenella attenuata</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Stenella clymene</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	4	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Stenella frontalis</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
Reptilia	<i>Tursiops truncatus</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Tursiops truncatus gephyreus</i>	Fêmea	6	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Chelonia mydas</i>	Fêmea	47	4,3	<LQ	2,52	<LQ	<LQ	17,0

Classe	Espécie	Sexo	n	% >LQ	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
	<i>Lepidochelys olivacea</i>	Macho	14	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ

**Tabela 6.3-18 – Resultados estatísticos de  $\Sigma$ mirex (ng g<sup>-1</sup> p.u.) – média, desvio-padrão, mínimo, máximo e percentual de amostras acima do limite de quantificação (%<LQ) – de Mirex em TCH para as amostras de Aves, Mammalia e Reptília analisadas no ano de 2024 pelo PMP-BS.**

Classe	Espécie	Sexo	n	%<LQ	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
Aves	<i>Calonectris borealis</i>	Fêmea	8	12,5	3,13	8,84	<LQ	<LQ	25
		Macho	16	6,2	<LQ	2,55	<LQ	<LQ	10,2
	<i>Calonectris sp.</i>	Fêmea	4	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	1	100	201	-	201	201	201
	<i>Fregata magnificens</i>	Fêmea	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	4	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Haematopus palliatus</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Himantopus melanurus</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Larus dominicanus</i>	Fêmea	18	5,6	1,69	7,19	<LQ	<LQ	30,5
		Macho	20	5	5,07	22,7	<LQ	<LQ	101
	<i>Pachyptila desolata</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	0
	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Fêmea	16	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	10	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Procellaria aequinoctialis</i>	Fêmea	8	12,5	40,2	114	<LQ	<LQ	321
		Macho	4	50	102	186	13,4	<LQ	381
	<i>Pterodroma incerta</i>	Fêmea	2	50	61,4	86,8	61,4	<LQ	123
	<i>Pterodroma mollis</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Puffinus gravis</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	1	100	10,4	-	10,4	10,4	10,4
	<i>Puffinus griseus</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Puffinus puffinus</i>	Fêmea	17	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	19	10,5	1,46	4,99	<LQ	<LQ	21,1
	<i>Rynchops niger</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Spheniscus magellanicus</i>	Fêmea	209	14,4	21,1	80,4	<LQ	<LQ	524
		Indefinido	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	59	6,8	11,3	53,4	<LQ	<LQ	362
	<i>Sterna hirsutina</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Indefinido	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Sterna hirundo</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Sula leucogaster</i>	Fêmea	9	22,2	23,6	48,4	<LQ	<LQ	130
		Macho	10	20	38,2	118	<LQ	<LQ	373
	<i>Thalassarche chlororhynchos</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Thalassarche melanophris</i>	Fêmea	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Thalasseus acutiflavus</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Arctocephalus australis</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Arctocephalus tropicalis</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Eubalaena australis</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Fêmea	12	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mammalia	<i>Pontoporia blainvillei</i>	Indefinido	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
		Macho	13	7,7	9,85	35,5	<LQ	<LQ	128
		Fêmea	7	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Sotalia guianensis</i>	Macho	6	16,7	5,72	14,0	<LQ	<LQ	34,3
		Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Stenella attenuata</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Stenella clymene</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Stenella frontalis</i>	Macho	4	25	4,55	9,10	<LQ	<LQ	18,2

Classe	Espécie	Sexo	n	%<LQ	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
Reptilia	<i>Tursiops truncatus</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Tursiops truncatus gephyreus</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Caretta caretta</i>	Fêmea	8	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Caretta caretta</i>	Macho	3	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Chelonia mydas</i>	Fêmea	94	3,2	1,19	6,98	<LQ	<LQ	47,3
	<i>Chelonia mydas</i>	Macho	31	6,5	20,2	95,9	<LQ	<LQ	528
	<i>Eretmochelys imbricata</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Lepidochelys olivacea</i>	Fêmea	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ

**Tabela 6.3-19 – Resultados estatísticos de  $\Sigma$ mirex ( $\text{ng g}^{-1}$  p.u.) – média, desvio-padrão, mínimo, máximo e percentual de amostras acima do limite de quantificação (%<LQ) – de Mirex em TCA para as amostras de Aves, Mammalia e Reptilia analisadas no ano de 2024 pelo PMP-BS.**

Classe	Espécie	Sexo	n	%<LQ	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
Aves	<i>Haematopus palliatus</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Larus dominicanus</i>	Fêmea	4	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Larus dominicanus</i>	Macho	9	33,3	21,9	35,3	<LQ	<LQ	93,1
	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Fêmea	9	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Macho	3	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Spheniscus magellanicus</i>	Fêmea	12	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Spheniscus magellanicus</i>	Macho	3	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Sula leucogaster</i>	Fêmea	3	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Sula leucogaster</i>	Macho	3	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Arctocephalus australis</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Arctocephalus australis</i>	Macho	2	50	15,7	22,2	15,7	<LQ	31,4
	<i>Eubalaena australis</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Eubalaena australis</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Macho	1	100	8,80	-	8,80	8,80	8,80
	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Fêmea	10	10	35,3	112	<LQ	<LQ	353
Mammalia	<i>Pontoporia blainvillei</i>	Indefinido	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Pontoporia blainvillei</i>	Macho	13	38,5	10,0	19,7	<LQ	<LQ	70,1
	<i>Sotalia guianensis</i>	Fêmea	7	28,6	37,5	64,9	<LQ	<LQ	149
	<i>Sotalia guianensis</i>	Macho	6	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Stenella attenuata</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Stenella clymene</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Stenella frontalis</i>	Macho	4	50	56,5	98,5	11,3	<LQ	203
	<i>Tursiops truncatus</i>	Macho	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Tursiops truncatus gephyreus</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Tursiops truncatus gephyreus</i>	Fêmea	6	33,3	11,0	20,9	<LQ	<LQ	52,0
Reptilia	<i>Caretta caretta</i>	Macho	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Chelonia mydas</i>	Fêmea	47	8,5	6,94	31,2	<LQ	<LQ	163
	<i>Chelonia mydas</i>	Macho	14	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	<i>Lepidochelys olivacea</i>	Fêmea	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ

## 6.4 Discussão

O PMP-BS vem acumulando um conjunto significativo 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 2024, há um total de 6688 amostras, divididas entre 5.139 de TCH e

1.552 TCA, que foram analisadas para HPAs e/ou organohalogenados. Deste total de amostras, 5.750 foram analisadas pelo LabQOM do IO/USP e 938 pelo LabMAM – PUC-Rio.

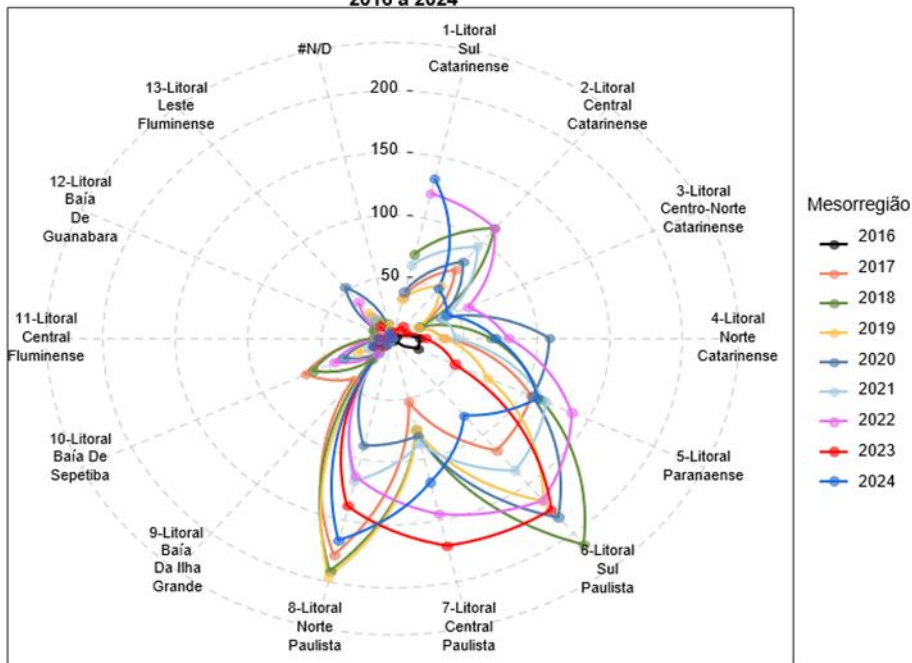
A avaliação dos dados será feita com base no banco de dados consolidado e validado, contendo todos os resultados obtidos pelo IO/USP e PUC-Rio entre 2016 e agosto de 2024. Desta forma, os dados de 2024 (com amostras analisadas pelos dois laboratórios) sobre  $\Sigma 37$ HPAs, PCBs, PBDEs e pesticidas organoclorados (DDTs totais, soma HCH, drins totais, clordanas totais, endosulfan, metoxicloro e mirex) serão avaliados, quando 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**

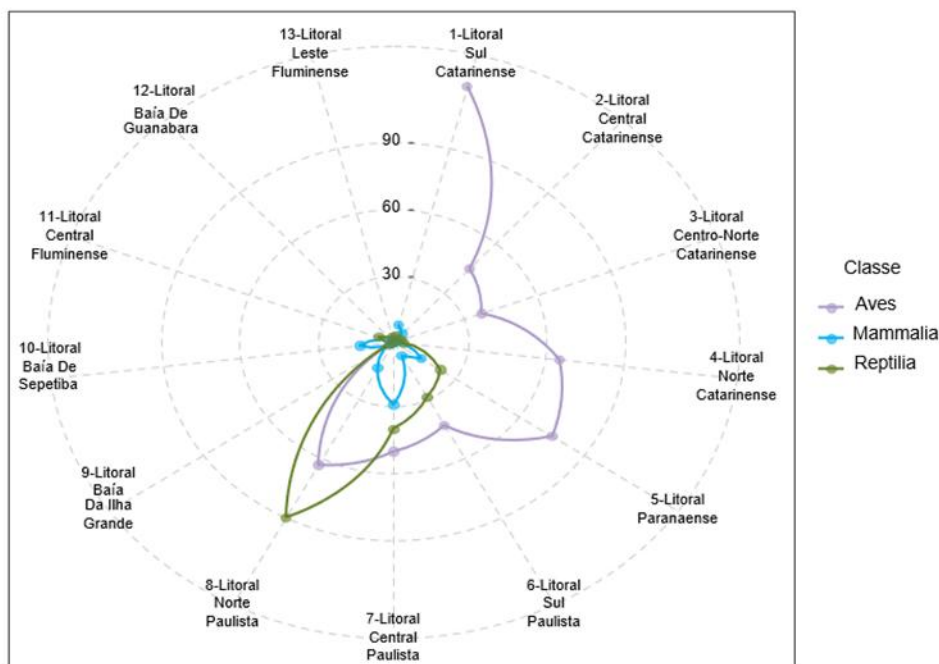
Entre os anos de 2016 e 2024, observou-se uma variação significativa na distribuição de amostras de tetrápodes marinhos ao longo da costa sudeste-sul brasileira (**Figura 6.4-1**). O ano de 2017 concentrou o maior número de coletas para as três classes zoológicas, com destaque para Aves ( $n = 204$ ) e Reptilia ( $n = 475$ ), principalmente nas mesorregiões do Litoral Norte Paulista e Litoral Sul Paulista. Entre os mamíferos marinhos (Mammalia), o maior número de registros também ocorreu em 2017 ( $n = 129$ ), seguido de 2018 ( $n = 135$ ), com predominância de indivíduos coletados no Litoral Norte e Central Paulista. Nas análises espaciais, o Litoral Norte Paulista se destacou como a mesorregião com maior número absoluto de amostras de Reptilia (mais de 650 registros somados entre os anos), especialmente entre indivíduos da espécie *Chelonia mydas*. Para Aves, o maior número de registros em 2024 se concentrou no Litoral Central Catarinense, enquanto os mamíferos foram mais frequentemente registrados no Litoral Central e Sul Paulista (**Figura 6.4-1**). Em contraste, os menores números de amostras para todas as classes foram observados nas mesorregiões fluminenses, como a Baía da Ilha Grande, Baía

de Guanabara e Leste Fluminense, sugerindo uma sub-representação geográfica recorrente nesse trecho da costa.

**A. Indivíduos com amostras coletadas para análise de Contaminantes Orgânicos - 2016 a 2024**



**B. Indivíduos com amostras coletadas para análise de Contaminantes Orgânicos - 2024**



**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 2016-2024 e (ii) por classe apenas para o ano de 2024.**

### 6.4.2 Ocorrência e distribuição de HPA

Uma característica marcante na distribuição de HPAs, tanto em TCH quanto em 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)**

Entre as espécies de Aves mais frequentemente amostradas no PMP-BS para análise de  $\Sigma 37$ HPAs entre 2016 e 2024, destaca-se novamente *Spheniscus magellanicus* (n = 1525), cuja concentração máxima registrada atingiu 27.080 ng g<sup>-1</sup> (peso úmido) no ano de 2024. Por outro lado, a mediana permaneceu inferior ao limite de quantificação, evidenciando que a maior parte dos indivíduos não apresentou níveis quantificáveis de HPAs, o que reforça a ocorrência pontual de indivíduos altamente contaminados. Essa mesma situação foi observada para as demais espécies com maior representatividade amostral, como *Puffinus puffinus* (n = 366, máximo de 596 ng g<sup>-1</sup>), *Larus dominicanus* (n = 348, máximo de 2.617 ng g<sup>-1</sup>), *Sula leucogaster* (n = 216, máximo de 8.179 ng g<sup>-1</sup>), *Phalacrocorax brasilianus* (n = 157, máximo de 702 ng g<sup>-1</sup>) e *Fregata magnificens* (n = 99, máximo de 335 ng g<sup>-1</sup>), todas com medianas <LQ.

Em comparação com dados da literatura, podemos citar: (i) em seis espécies (n = 102) de Aves marinhas predatórias das Ilhas Canárias (*Buteo*, *Accipiter*, *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> p.u) (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> p.u, 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, foram encontradas concentrações de  $\Sigma 37$ 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 dados, quando comparados aos resultados das amostras de aves coletadas e analisadas pelo PMP-BS, cujas concentrações variaram entre valores inferiores ao limite de quantificação até máximo de até 27.080 ng g<sup>-1</sup>, com medianas <LQ para a maioria das espécies, ilustram que, apesar da ampla faixa de variação, os valores reportados ao longo do PMP-BS estão no nível ou abaixo do que é encontrado em animais desta classe mortos em praias de outras regiões do planeta.

Uma curiosidade é que, embora ao menos 15% das amostras de cada uma dessas espécies tenham apresentado ocorrência de HPAs, os valores medianos frequentemente ficaram abaixo do limite de detecção. Esse contraste com algumas concentrações máximas elevadas – especialmente observadas em 2024 – indica uma distribuição assimétrica dos dados, possivelmente associada a fatores como diferenças na dieta, idade, metabolismo ou exposição pontual a fontes de contaminação (**Tabela 6.4-1**). A despeito da diferença destes valores de 2024 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 anéis aromáticos. Este mesmo perfil foi encontrado nas amostras de *S. magellanicus* de 2024 do PMP-BS.

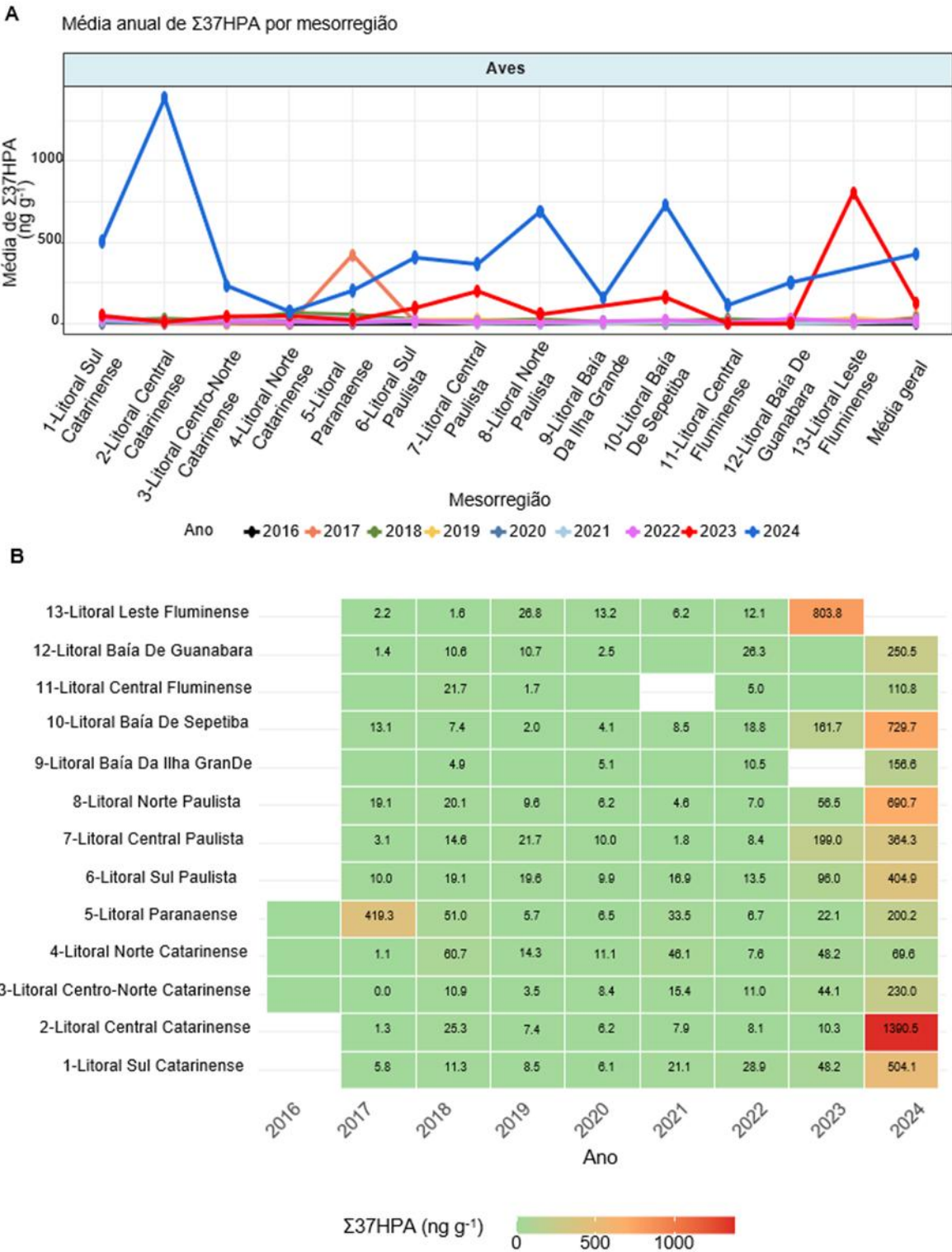
**Tabela 6.4-1 – Concentração média, desvio-padrão, mediana, percentual de amostras com compostos quantificáveis (%>LQ), mínimo e máximo para  $\Sigma 37$ HPAs em amostras de TCH nas 51 espécies de Aves analisadas entre 2016 e 2024 pelo PMP-BS.**

Espécie	n	% >LQ	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
<i>Anous stolidus</i>	1	100	2159		2159	2159	2159
<i>Ardea alba</i>	11	27,3	6,2	13,7	<LQ	<LQ	45,2
<i>Ardea cocoi</i>	1	0	<LQ		<LQ	<LQ	<LQ
<i>Calidris alba</i>	1	0	<LQ		<LQ	<LQ	<LQ
<i>Calonectris diomedea</i>	13	23,1	6,9	16,2	<LQ	<LQ	56,7
<i>Calonectris diomedea borealis</i>	49	53,1	62,1	137	12,3	<LQ	790
<i>Calonectris diomedea diomedea</i>	1	100	14,0		14	14	14
<i>Calonectris edwardsii</i>	1	0	<LQ		<LQ	<LQ	<LQ
<i>Calonectris sp.</i>	20	30	59,6	136	<LQ	<LQ	387
<i>Charadrius collaris</i>	1	0	<LQ		<LQ	<LQ	<LQ
<i>Charadrius semipalmatus</i>	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
<i>Daption capense</i>	1	0	<LQ		<LQ	<LQ	<LQ
<i>Egretta thula</i>	2	100	21,9	2,48	21,9	20,1	23,6
<i>Fregata magnificens</i>	99	26,3	20,1	58,3	<LQ	<LQ	335
<i>Fulmarus glacialis</i>	1	100	17,8		17,8	17,8	17,8
<i>Haematopus palliatus</i>	5	40	20,1	38,5	<LQ	<LQ	88,3
<i>Halobaena caerulea</i>	1	0	<LQ		<LQ	<LQ	<LQ
<i>Himantopus melanurus</i>	4	25	104	208	<LQ	<LQ	416
<i>Larus dominicanus</i>	348	38,8	39,0	163	<LQ	<LQ	2617
<i>Macronectes giganteus</i>	3	33,3	8,9	15,5	<LQ	<LQ	26,8
<i>Nycticorax nycticorax</i>	17	35,3	22,1	59,2	<LQ	<LQ	245
<i>Oceanites oceanicus</i>	6	50	10,0	12,5	6,00	<LQ	30,4
<i>Pachyptila desolata</i>	4	25	121	242	<LQ	<LQ	484
<i>Pachyptila sp.</i>	1	0	<LQ		<LQ	<LQ	<LQ
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	157	33,8	27,7	83,1	<LQ	<LQ	702

Espécie	n	% >LQ	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
<i>Phimosus infuscatus</i>	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
<i>Pluvialis dominica</i>	1	0	<LQ		<LQ	<LQ	<LQ
<i>Procellaria aequinoctialis</i>	51	43,1	80,4	170	<LQ	<LQ	939
<i>Procellaria</i> sp.	1	0	<LQ		<LQ	<LQ	<LQ
<i>Pterodroma incerta</i>	4	50	50,6	90,2	8,49	<LQ	185
<i>Pterodroma mollis</i>	12	50	86,0	145	11,0	<LQ	470
<i>Pterodroma</i> sp.	1	0	<LQ		<LQ	<LQ	<LQ
<i>Puffinus gravis</i>	27	33,3	106	338	<LQ	<LQ	1727
<i>Puffinus griseus</i>	8	12,5	15,1	42,6	<LQ	<LQ	121
<i>Puffinus puffinus</i>	366	33,1	26,5	71,1	<LQ	<LQ	596
<i>Rynchops niger</i>	3	33,3	27,0	46,8	<LQ	<LQ	81,1
<i>Spheniscus magellanicus</i>	1525	33,2	145	1139	<LQ	<LQ	27080
<i>Stercorarius antarcticus</i>	1	100	12,7		12,7	12,7	12,7
<i>Stercorarius parasiticus</i>	1	0	<LQ		<LQ	<LQ	<LQ
<i>Stercorarius</i> sp.	1	0	<LQ		<LQ	<LQ	<LQ
<i>Sterna hirundinacea</i>	29	20,7	23,3	72,4	<LQ	<LQ	306
<i>Sterna hirundo</i>	14	28,6	45,6	110	<LQ	<LQ	375
<i>Sterna paradisaea</i>	1	0	<LQ		<LQ	<LQ	<LQ
<i>Sterna</i> sp.	4	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
<i>Sterna trudeaui</i>	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
<i>Sula leucogaster</i>	216	31,5	78,1	571	<LQ	<LQ	8179
<i>Thalassarche chlororhynchos</i>	9	33,3	22,7	43,8	<LQ	<LQ	122
<i>Thalassarche melanophrys</i>	21	38,1	29,8	63,1	<LQ	<LQ	259
<i>Thalasseus acutiflavus</i>	24	20,8	43,1	115	<LQ	<LQ	448
<i>Thalasseus maximus</i>	6	33,3	55,2	102	<LQ	<LQ	252

A avaliação temporal das concentrações de Σ37HPAs em tecido hepático (TCH) de aves marinhas ao longo das 13 mesorregiões litorâneas monitoradas no período de 2016 a 2024 revela, em termos gerais, medianas abaixo do limite

de quantificação (LQ), sem indicação de tendência temporal crescente ou decrescente nas concentrações dos compostos (**Figura 6.4-2**). Ainda assim, registros pontuais de concentração elevada foram observados em anos e locais específicos, relacionados a um número reduzido de amostras com perfil atípico. Um dos casos mais expressivos ocorreu em 2023, no Litoral Leste Fluminense, com a maior concentração de  $\Sigma 37\text{HPAs}$  registrada no período ( $2.120 \text{ ng g}^{-1}$ , peso úmido), detectada em um único indivíduo da espécie *Anous stolidus*. No mesmo ano, duas amostras provenientes do Litoral Norte Catarinense (*Larus dominicanus* e *Puffinus puffinus*) apresentaram perfis mistos de HPAs leves (como naftaleno) e pesados (de quatro a seis anéis), padrão também verificado nas duas amostras de *Puffinus puffinus* coletadas na Baía da Ilha Grande. Já em 2017, o pico registrado no Litoral Paranaense foi atribuído a duas amostras com presença marcante de naftalenos e compostos de alto peso molecular.



**Figura 6.4-2** - Distribuição espacial e temporal da média de  $\Sigma 37\text{HPA}$  (ng g<sup>-1</sup>) em aves ao longo do PMP-BS (2016–2024). (A) Variação anual da média por mesorregião. (B) Heatmap com as médias anuais de  $\Sigma 37\text{HPA}$  por mesorregião. Células verdes sem valor numérico correspondem a concentrações inferiores ao limite de quantificação (<LQ).

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

No período entre 2016 e 2024, foram analisadas 334 amostras de tecido adiposo (TCA) de 15 espécies de aves marinhas no âmbito do PMP-BS, considerando os somatórios de  $\Sigma 37$ HPAs (**Tabela 6.4-2**). Alinhado aos resultados obtidos para o tecido hepático, a maioria das espécies apresentou medianas abaixo do limite de quantificação (LQ), inclusive entre aquelas com maior representatividade amostral, como *Spheniscus magellanicus* (n = 123 TCA; máximo = 10.880 ng g<sup>-1</sup>, peso úmido), *Larus dominicanus* (n = 80 TCA; máx. = 389 ng g<sup>-1</sup>) e *Sula leucogaster* (n = 53 TCA; máx. = 237 ng g<sup>-1</sup>). Apesar de concentrações máximas registradas, as medianas abaixo do LQ confirmam a baixa ocorrência de HPAs, reforçando o caráter pontual da contaminação e a distribuição altamente assimétrica dos dados (**Tabela 6.4-2**).

O estudo de MONTONE *et al.*, 2016, com TCA de três espécies de pinguins da Antártica (*Pygoscelis papus*, *Pygoscelis antarcticus* e *Pygoscelis adeliae*), registrou concentrações do  $\Sigma 29$ HPAs variando de 76,7 a 239 ng g<sup>-1</sup> (peso úmido) e com predomínio de HPAs com dois e três anéis, indicando origem petrogênica 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 relativamente 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  $\Sigma 37$ HPAs em amostras de TCA nas espécies de Aves analisadas entre 2016 e 2024 pelo PMP-BS.**

Espécie	n	% > LQ	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
<i>Fregata magnificens</i>	33	36,4	15,9	27,4	<LQ	<LQ	114
<i>Haematopus palliatus</i>	3	33,3	83,3	144	<LQ	<LQ	250
<i>Himantopus melanurus</i>	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
<i>Larus dominicanus</i>	80	45,0	33,6	73,8	<LQ	<LQ	389
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	28	32,1	17,1	44,7	<LQ	<LQ	197
<i>Phimosus infuscatus</i>	1	100	18,2	-	18,2	18,2	18,2
<i>Procellaria cinerea</i>	1	0	<LQ		<LQ	<LQ	<LQ
<i>Puffinus gravis</i>	2	50,0	27,0	38-,2	27,0	<LQ	54,0
<i>Puffinus puffinus</i>	2	50,0	15,1	21,3	15,1	<LQ	30,2
<i>Spheniscus magellanicus</i>	12 3	43,9	119	981	<LQ	<LQ	10880
<i>Stercorarius parasiticus</i>	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
<i>Sterna hirundinacea</i>	2	50,0	10,3	14,57	10,3	<LQ	20,6
<i>Sula leucogaster</i>	53	49,1	31,6	49,6	<LQ	<LQ	237
<i>Thalasseus acutiflavus</i>	1	0	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ
<i>Thalasseus maximus</i>	2	100	524	705	524	25,3	1022

*Sula leucogaster* apresentou 53 amostras analisadas entre 2016 e 2024, com concentração média de 31,6 ng g<sup>-1</sup>, enquanto *Thalasseus maximus* teve apenas 2 amostras analisadas. Entre as espécies com apenas uma amostra nesse período, destacam-se *Phimosus infuscatus* (18,2 ng g<sup>-1</sup>), *Sula leucogaster* (54,0 ng g<sup>-1</sup>), *Thalasseus acutiflavus* (25,3 ng g<sup>-1</sup>) e *Thalasseus maximus* (524 ng g<sup>-1</sup>). Embora os valores não permitam inferências populacionais, eles indicam que, mesmo em casos isolados, podem ocorrer níveis mensuráveis de HPAs em aves marinhas.

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

Entre 2016 e 2024, foram analisadas 404 amostras de tecido hepático (TCH) de 24 espécies de mamíferos marinhos, incluindo exemplares identificados apenas até o nível de gênero, no âmbito do monitoramento de

$\Sigma 37$ HPAs (**Tabela 6.4-3**). Em todas as espécies mais representativas (*Pontoporia blainvillei*; n = 205), *Sotalia guianensis*; n = 137 e *Arctocephalus australis*; n = 36) as medianas de concentração foram inferiores ao limite de quantificação (LQ), embora os valores máximos tenham alcançado níveis comparativamente elevados, como 9.729 ng g<sup>-1</sup> em *S. guianensis* e 747 ng g<sup>-1</sup> em *P. blainvillei*.

Outros registros de concentrações mais elevadas de HPAs ocorreram em *Tursiops truncatus* (n = 11), cuja concentração máxima de  $\Sigma 37$ HPAs chegou a 1.295 ng g<sup>-1</sup>, mas apesar de valores elevados também foi observada para essa classe uma alta diferença entre média e mediana. Além disso, foram registradas poucas elevações abruptas de concentração, como no Litoral Norte Catarinense em 2019, devido a dois indivíduos de *A. australis* que apresentaram concentrações entre 497 e 784 ng g<sup>-1</sup>.

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, têm sido reportadas concentrações de HPAs em mamíferos marinhos de diferentes espécies, o que sugere uma exposição contínua (embora em baixos níveis) desses animais à 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  $\Sigma 37$ 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 ± 59,0 ng g<sup>-1</sup> e 109 ± 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  $\Sigma 37$ 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 avaliação espaço-temporal das concentrações de  $\Sigma 37$ HPAs em tecido hepático (TCH) de mamíferos marinhos ao longo das 13 mesorregiões do PMP-BS entre 2016 e 2024 não evidencia uma tendência consistente de aumento ou redução nos níveis de contaminação. Entretanto, observa-se a ocorrência de picos agudos e localizados, frequentemente associados a número amostral pequeno ou a exemplares isolados altamente contaminados, o que reforça a natureza episódica e assimétrica da bioacumulação de HPAs nesses organismos (**Figura 6.4-3**). Em 2023, registros elevados de  $\Sigma 37$ HPAs ocorreram no Litoral Leste Fluminense, com *Pontoporia blainvillei* atingindo 424,9 ng g<sup>-1</sup>, e na Baía de Sepetiba, onde a mesma espécie apresentou máximos de 149,1 ng g<sup>-1</sup>. Em ambos os casos, os valores medianos foram significativamente inferiores em comparação com a distribuição total de HPAs no PMP-BS. Outro destaque relevante é o ano de 2017 no Litoral Paranaense, onde indivíduos de *Tursiops truncatus* apresentaram concentrações de  $\Sigma 37$ HPAs entre 143 e 1.295 ng g<sup>-1</sup>, compatíveis com perfis contendo tanto naftalenos quanto HPAs de alto peso molecular (entre quatro e seis anéis), indicando provável exposição a misturas de fontes petrogênicas e urbanas.

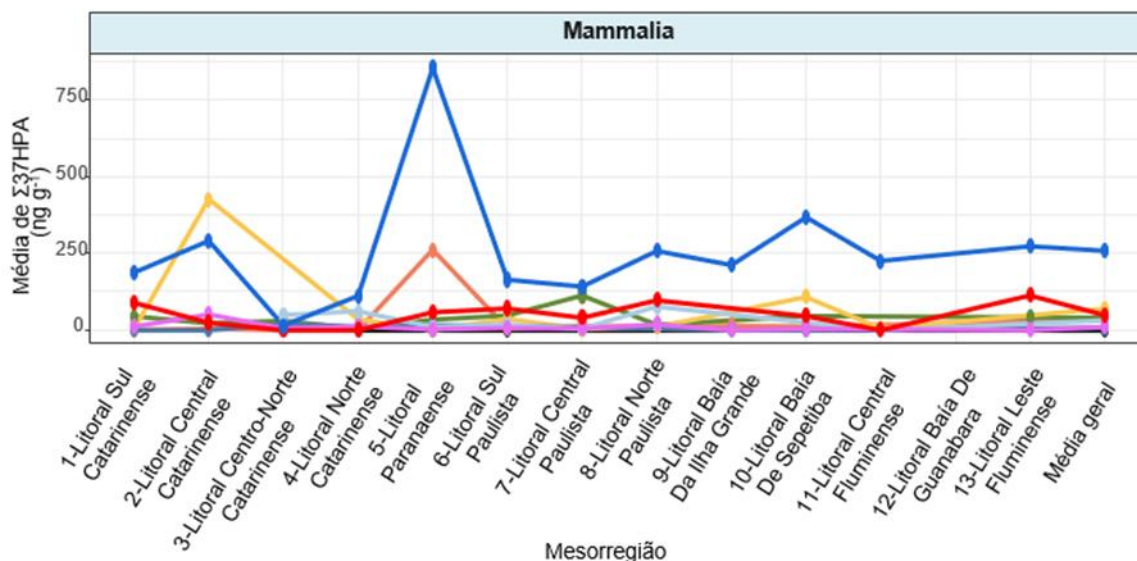
A persistência de valores <LQ na maioria das amostras, mesmo em regiões com eventos de contaminação aguda, evidencia a heterogeneidade intraespecífica e a importância de considerar análises baseadas em valores de mediana e máximos, em vez de médias simples, para evitar interpretações enviesadas; Entre as poucas amostras com quantificação de  $\Sigma 37$ HPA, 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).

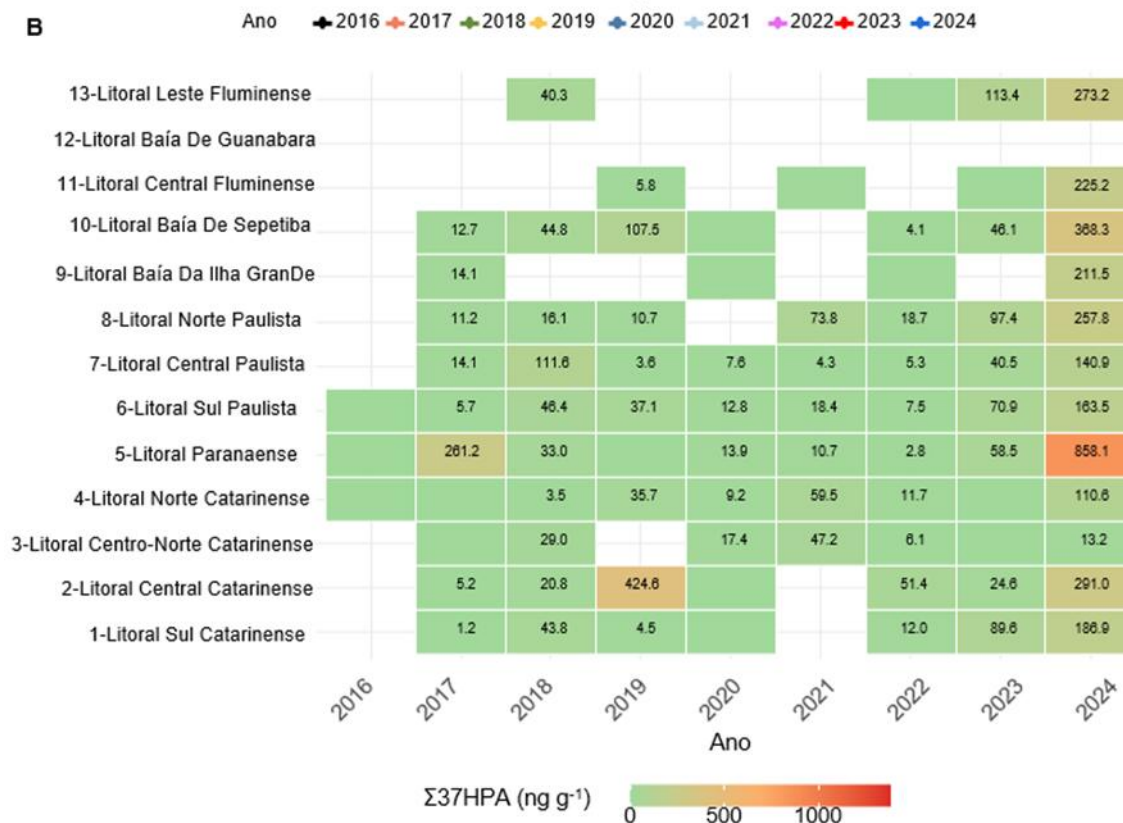
**Tabela 6.4-3 – Concentração média, desvio-padrão, mediana, percentual de amostras com compostos quantificáveis (%>LQ), mínimo e máximo para  $\Sigma 37$ HPAs em amostras de TCH nas 24 espécies de Mammalia analisadas entre 2016 e 2024 pelo PMP-BS.**

<b>Espécie</b>	<b>n</b>	<b>%&gt;LQ</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio padrão</b>	<b>Mediana</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<i>Arctocephalus australis</i>	36	30,6	41,3	135	<LQ	<LQ	784
<i>Arctocephalus tropicalis</i>	5	20	43,5	97,2	<LQ	<LQ	217
<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Delphinidae	1	100	397		397	397	397
<i>Delphinus delphis</i>	3	33,3	9,9	17,2	<LQ	<LQ	29,7
<i>Eubalaena australis</i>	1	100	165		165	165,3	165
<i>Globicephala macrorhynchus</i>	2	50	12,4	17,5	12,4	<LQ	24,7
<i>Grampus griseus</i>	1	0	<LQ		<LQ	<LQ	<LQ
<i>Kogia breviceps</i>	5	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
<i>Kogia sima</i>	1	100	24,9		24,9	24,9	24,9
<i>Lagenodelphis hosei</i>	3	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
<i>Lobodon carcinophaga</i>	1	0	<LQ		<LQ	<LQ	<LQ
<i>Lontra longicaudis</i>	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
<i>Megaptera novaeangliae</i>	5	40	42,3	61,6	<LQ	<LQ	136
<i>Mesoplodon</i>	1	100	12,5		12,5	12,5	12,5
<i>Otaria flavescens</i>	1	0	<LQ		<LQ	<LQ	<LQ
<i>Phocoena dioptrica</i>	1	0	<LQ		<LQ	<LQ	<LQ
<i>Pontoporia blainvillei</i>	205	40,5	44,4	100	<LQ	<LQ	747
<i>Sotalia guianensis</i>	137	33,6	110	842	<LQ	<LQ	9729
<i>Stenella attenuata</i>	2	100	157	223	157	<LQ	315
<i>Stenella clymene</i>	1	50	277		277	277	277
<i>Stenella frontalis</i>	27	100	52,0	102	<LQ	<LQ	385
<i>Stenella longirostris</i>	3	46,2	9,6	16,7	<LQ	<LQ	28,9
<i>Stenella sp.</i>	1	33,3	<LQ		<LQ	<LQ	<LQ
<i>Steno bredanensis</i>	4	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
<i>Tursiops truncatus</i>	11	0	119	390	<LQ	<LQ	1295
<i>Tursiops truncatus gephyreus</i>	1	18,2	56,3		56,3	56,3	56,3
<i>Ziphius cavirostris</i>	1	100	39,2		39,2	39,2	39,2

**A** Média anual de  $\Sigma 37\text{HPA}$  por mesorregião



**B**



**Figura 6.4-3 - Distribuição espacial e temporal da média de  $\Sigma 38\text{HPA}$  ( $\text{ng g}^{-1}$ ) em aves ao longo do PMP-BS (2016–2024). (A) Variação anual da média por mesorregião. (B) Heatmap com as médias anuais de  $\Sigma 37\text{HPA}$  por mesorregião. Células verdes sem valor numérico correspondem a concentrações inferiores ao limite de quantificação (<LQ).**

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

Desde o início das análises de HPA no PMP-BS até o final de 2024, foram analisadas 410 amostras de tecido adiposo (TCA) de 26 espécies de mamíferos marinhos, além de indivíduos identificados apenas até o gênero. As espécies com maior número de registros permaneceram *Pontoporia blainvillei* (n = 182) e *Sotalia guianensis* (n = 133) tal qual em 2023, porém com concentrações máximas que alcançaram 1.910 ng g<sup>-1</sup> e 1.086 ng g<sup>-1</sup>, respectivamente, em 2024. Ainda assim, as medianas continuam inferiores ao limite de quantificação. Para *Stenella frontalis* (n = 26), a concentração segue próxima <LQ em grande parte das amostras, com exceção de valores pontuais elevados observados em 2024, como em um indivíduo do litoral norte paulista, com concentração de 427 ng g<sup>-1</sup>.

Já a espécie *Tursiops truncatus* apresentou, em 2024, uma concentração para Σ37HPA de até 450 ng g<sup>-1</sup>, com amplitude geral variando entre 14,8 e 2.020 ng g<sup>-1</sup>. Já a espécie *Arctocephalus tropicalis*, também em 2024, apresentou 265 ng g<sup>-1</sup> em uma única amostra, valor acima da média geral das demais espécies. Outras espécies esporádicas (n = 1) incluem *Mesoplodon sp.* (271 ng g<sup>-1</sup>), *Stenella clymene* (87,7 ng g<sup>-1</sup>), *Eubalaena australis* (381 ng g<sup>-1</sup>) e Delphinidae (123 ng g<sup>-1</sup>) (**Tabela 6.4-4**).

Assim, é possível perceber que os picos de concentração de HPAs estão associados a poucos indivíduos, enquanto a maior parte das amostras segue com concentrações baixas ou não detectáveis para esta categoria de contaminantes. Os episódios isolados parecem associados, em parte, à presença de HPAs específicos, com destaque para o naftaleno e seus derivados alquilados. Por exemplo, as maiores concentrações medianas foram registradas justamente em *Tursiops truncatus* (2017, litoral paranaense), com 835,7 ng g<sup>-1</sup> de naftaleno e *Stenella attenuata* (2024 e 2018, Baía de Sepetiba), com 397 ng g<sup>-1</sup> de C1-naftaleno e 181 ng g<sup>-1</sup> de dibenzo[a,h]antraceno, respectivamente. Além disso, compostos de maior peso molecular, como dibenzo[a,h]antraceno e pireno (75,42 ng g<sup>-1</sup> em *Pontoporia blainvillei*), também figuram entre os mais elevados, embora com menor frequência

Os resultados de *Pontoporia blainville* 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 reportado no estudo 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, mediana, percentual de amostras com compostos quantificáveis (%>LQ), mínimo e máximo para  $\Sigma 37\text{HPAs}$  em amostras de TCA nas espécies de Mammalia analisadas entre 2016 e 2024 pelo PMP-BS.**

Espécie	n	% <LQ	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
<i>Arctocephalus australis</i>	18	50	131	347	8,4	<LQ	1482
<i>Arctocephalus tropicalis</i>	1	100	265		265	265	265
<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	3	33,3	17,9	31,0	<LQ	<LQ	53,6
Delphinidae	1	100	123		123	123	123
<i>Delphinus delphis</i>	3	100	29,3	15,7	34,8	11,6	41,4
<i>Eubalaena australis</i>	1	100	381		381	381	381
<i>Globicephala macrorhynchus</i>	2	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
<i>Grampus griseus</i>	1	0	<LQ		<LQ	<LQ	<LQ
<i>Kogia breviceps</i>	4	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
<i>Kogia sima</i>	1	0	<LQ		<LQ	<LQ	<LQ

Espécie	n	% <LQ	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
<i>Lagenodelphis hosei</i>	3	0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
<i>Lontra longicaudis</i>	1	0	<LQ		<LQ	<LQ	<LQ
<i>Megaptera novaeangliae</i>	6	50	32,3	39,6	16,5	<LQ	85,6
<i>Mesoplodon sp.</i>	1	100	271		271	271	271
<i>Phocoena dioptrica</i>	1	0	<LQ		<LQ	<LQ	<LQ
<i>Pontoporia blainvillei</i>	182	37,9	57,1	199	<LQ	<LQ	1910
<i>Sotalia guianensis</i>	133	45,1	49,6	138	<LQ	<LQ	1086
<i>Stenella attenuata</i>	2	100	500	707	500	<LQ	1000
<i>Stenella clymene</i>	1	50	87,7		87,7	87,7	87,7
<i>Stenella frontalis</i>	26	100	66,1	123	<LQ	<LQ	427
<i>Stenella longirostris</i>	1	36	<LQ		<LQ	<LQ	<LQ
<i>Stenella sp.</i>	1	0	<LQ		<LQ	<LQ	<LQ
<i>Steno bredanensis</i>	4	0	9,85	19,7	<LQ	<LQ	39,4
<i>Tursiops truncatus</i>	11	25	251	619	14,8	<LQ	2074
<i>Tursiops truncatus gephyreus</i>	1	54,5	49,7		49,7	49,7	49,7
<i>Ziphius cavirostris</i>	1	100	<LQ		<LQ	<LQ	<LQ

\*\* Espécies que foram excluídas em 2019 da lista de fauna alvo, Anexo IX do projeto executivo do PMP-BS

### 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, totalizando 1566 amostras com resultados para  $\Sigma 37$ HPAs.

A espécie *Chelonia mydas* concentra a maior parte das amostras (n = 1467) (Tabela 6.4-5), com detecção de HPAs em aproximadamente 29,79% das amostras (n = 1030). Mesmo considerando esses casos, as medianas de concentração para o somatório permaneceram abaixo do limite de quantificação. Padrão semelhante foi observado para *Caretta caretta* (n = 83), também com medianas abaixo ou no limite de quantificação.

Ao se considerar apenas as amostras de Reptilia com  $\Sigma$ HPAs acima do limite de quantificação (n = 437), observa-se que o naftaleno foi o composto mais frequentemente detectado. No entanto, 46 amostras não apresentaram

detecção de naftaleno, embora todas essas possuíssem outros HPAs, como fenantreno ou derivados. Entre as 391 amostras com naftaleno quantificado, 189 continham exclusivamente esse composto, sem presença de nenhum outro HPA associado. Esse padrão reforça o papel do naftaleno como indicador predominante entre tartarugas-marinhas. Corroborando essa observação, os maiores valores de concentração mediana de HPAs individuais observados em tartarugas-marinhas incluem não só o naftaleno – com valores entre 48,22 e 100,83 ng g<sup>-1</sup> em *Caretta caretta*, *Chelonia mydas* e *Lepidochelys olivacea* – como ainda C1-Naftaleno, com 143,85 ng g<sup>-1</sup> em *Caretta caretta* (2018, litoral norte paulista) e 57,82 ng g<sup>-1</sup> em amostra de 2024.

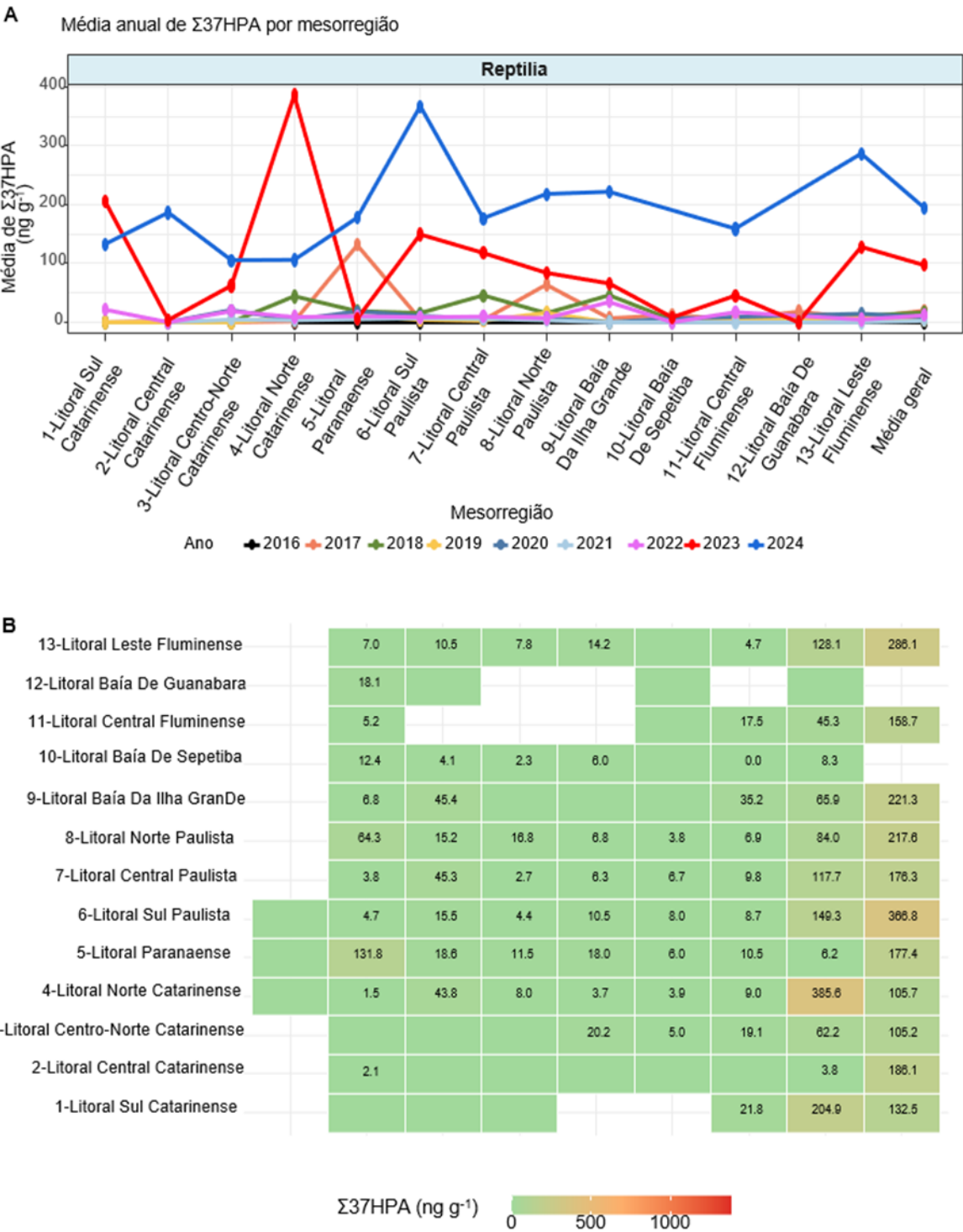
Dados de literatura para TCH em *C. mydas* reportam valores de 14,7 ± 7,1 ng g<sup>-1</sup> (peso úmido) para soma de HPAs parentais e alquilados (>40 compostos) de animais não-oleados no Golfo do México após vazamento do Deep-Water Horizon (YLITALO *et al.*, 2017). Em outro trabalho, no Mediterrâneo, embora para outra espécie (*C. caretta*, n = 19), a média do Σ16HPAs foi de 139 ± 55,0 ng g<sup>-1</sup> (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 Σ16HPAs foram de 1,48 ng g<sup>-1</sup> (peso úmido) para animais sem tumor e de 17,3 ng g<sup>-1</sup> (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 (2016-2024) 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 (Σ37HPAs = 1.623 ng g<sup>-1</sup>). 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 ng g<sup>-1</sup> (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.

**Tabela 6.4-5** – Concentração média, desvio-padrão (DP), mediana, percentual de amostras com compostos quantificáveis (%>LQ), mínimo e máximo para  $\Sigma 37$ HPAs em amostras de TCH nas espécies de Reptilia analisadas entre 2016 e 2024 pelo PMP-BS.

Espécie	n	%>LQ	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
<i>Caretta caretta</i>	83	83,3	55,0	153	<LQ	<LQ	1159
<i>Chelonia mydas</i>	1467	29,9	44,9	222	<LQ	<LQ	6405
<i>Dermochelys coriacea</i>	4	29,8	97,2	178	12,4	<LQ	364
<i>Eretmochelys imbricata</i>	4	50,0	12,2	24,5	<LQ	<LQ	48,9
<i>Lepidochelys olivacea</i>	8	25,0	89,6	169	<LQ	<LQ	441



**Figura 6.4-4 - Distribuição espacial e temporal da média de  $\Sigma 37\text{HPA}$  ( $\text{ng g}^{-1}$ ) em aves ao longo do PMP-BS (2016–2024). (A) Variação anual da média por mesorregião. (B) Heatmap com as médias anuais de  $\Sigma 37\text{HPA}$  por mesorregião. Células verdes sem valor numérico correspondem a concentrações inferiores ao limite de quantificação (<LQ).**

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

Desde o início das análises de HPAs no PMP-BS até o final do período de referência (2024), foram analisadas amostras de TCA de todas as cinco espécies de tartarugas-marinhas, totalizando 799 amostras com resultados válidos para  $\Sigma 37$ HPAs. Esse número representa cerca de 51% do total de amostras processadas para tecido hepático (TCH) nesta classe.

A espécie *Chelonia mydas* foi a mais representada ( $n = 719$ ), com valor máximo de  $2.061 \text{ ng g}^{-1}$ , embora a mediana permaneça inferior ao limite de quantificação (LQ) da metodologia. Entre as demais espécies, *Caretta caretta* ( $n = 71$ ) apresentou as maiores concentrações registradas, também com mediana inferior ao LQ porém com pico de até  $5.917 \text{ ng g}^{-1}$ . Já para *Lepidochelys olivacea*, com cinco amostras processadas, observou-se uma média de  $64,4 \pm 135 \text{ ng g}^{-1}$ , também com mediana  $< \text{LQ}$  assim como para *Dermochelys coriacea* ( $n = 3$ ) e *Eretmochelys imbricata* ( $n = 1$ ) (**Tabela 6.4-6**). Já a análise por ano e mesorregião revelou que os valores mais elevados para *C. mydas* se concentraram em 2023 e 2024, especialmente nas regiões do litoral norte paulista, litoral sul paulista e litoral norte catarinense, com medianas locais de  $129 \text{ ng g}^{-1}$ , e máximos superiores a  $2.000 \text{ ng g}^{-1}$ . Para *C. caretta*, os maiores valores também ocorreram em 2024, com destaque para o litoral sul paulista, onde se registrou a maior concentração individual ( $5.917 \text{ ng g}^{-1}$ ).

A título de comparação, em 23 amostras de TCA de *Caretta caretta* encontradas mortas no litoral sudeste da Espanha, no Mediterrâneo, a média do  $\Sigma 16$ 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 6.4-6 – Concentração média, desvio-padrão (DP), mediana, percentual de amostras com compostos quantificáveis ( $\%>LQ$ ), mínimo e máximo para  $\Sigma 37HPAs$  em amostras de TCA nas espécies de Reptília analisadas entre 2016 e 2024 pelo PMP-BS.**

Espécie	n	$\%>LQ$	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
<i>Caretta caretta</i>	71	100	136	723	<LQ	<LQ	5917
<i>Chelonia mydas</i>	719	38,5	39,3	132	<LQ	<LQ	2061
<i>Dermochelys coriacea</i>	3	36,3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
<i>Eretmochelys imbricata</i>	1	0	<LQ		<LQ	<LQ	<LQ
<i>Lepidochelys olivacea</i>	5	0	64,4	135	<LQ	<LQ	305

### 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 (PBDE), dicloro-difenil-tricloroetano (o,p'-DDT e p,p'-DDT) e seus metabólitos (p,p'-DDE, o,p'-DDD, p,p'-DDD), soma de hexaciclohexano (HCH), drins totais, clordanas totais, endosulfan, metoxicloro e mirex.

Com base nos resultados de 2024 – 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 no PMP da Bacia de Santos

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

Entre as 3.432 amostras de aves analisadas para contaminantes organoclorados no período do PMP-BS, foram registradas concentrações  $>LQ$  em 984 amostras para  $\Sigma PCBs$ , 29 %, e 728 amostras para  $\Sigma DDTs$ , 21 % (**Figura 6.4-5**). Esta distribuição, no entanto, deve ser interpretada com cautela, considerando as grandes diferenças no número de amostras entre as espécies (**Figura 6.4-5**).

Diversas espécies apresentaram número muito reduzido de amostras, o que limita a confiabilidade estatística desses resultados. É o caso, por exemplo, de *Oceanites oceanicus*, *Macronektes giganteus* e *Nycticorax*

*nycticorax*, cujas concentrações reportadas – da ordem de 2.000 a 5.000 ng g<sup>-1</sup> para PCBs e entre 209 e 2.353 ng g<sup>-1</sup> para DDTs – referem-se a apenas uma amostra por espécie. Essa dificuldade de comparação também se aplica a *Fregata magnificens* e *Phalacrocorax brasilianus*, com 7 e 19 amostras totais, respectivamente, embora no caso desta última apenas quatro amostras tenham sido efetivamente analisadas para organoclorados em tecido hepático. Dessa forma, recomenda-se cautela na extrapolação de tais valores máximos, especialmente quando provenientes de indivíduos isolados.

Espécies com altas concentrações de organoclorados em determinadas mesorregiões e anos, como *Calonectris diomedea borealis* (6.494 ng g<sup>-1</sup> de  $\Sigma$ DDTs e 10.403 ng g<sup>-1</sup> de  $\Sigma$ PCBs em 2020 no Litoral Sul Paulista), *Calonectris sp.* (2.400 ng g<sup>-1</sup> de  $\Sigma$ DDTs em 2021 no Centro-Norte Catarinense), *Nycticorax nycticorax* (2.353 ng g<sup>-1</sup> de  $\Sigma$ DDTs e 5.154 ng g<sup>-1</sup> de  $\Sigma$ PCBs em 2017 na Baía de Guanabara) e *Macronectes giganteus* (693 ng g<sup>-1</sup> de  $\Sigma$ DDTs e 3.369 ng g<sup>-1</sup> de  $\Sigma$ PCBs no mesmo local e ano) ocorreram apenas de forma pontual. Por outro lado, há outras espécies com resultados de PCBs e DDTs mais consistentes, devido ao maior número amostras, como detalhado a seguir:

i. *Calonectris diomedea*, com 11 amostras de TCH para  $\Sigma$ PCBs, apresentou mediana de 433 ng g<sup>-1</sup> (peso úmido), além de mediana de  $\Sigma$ DDTs de 107 ng g<sup>-1</sup> (peso úmido);

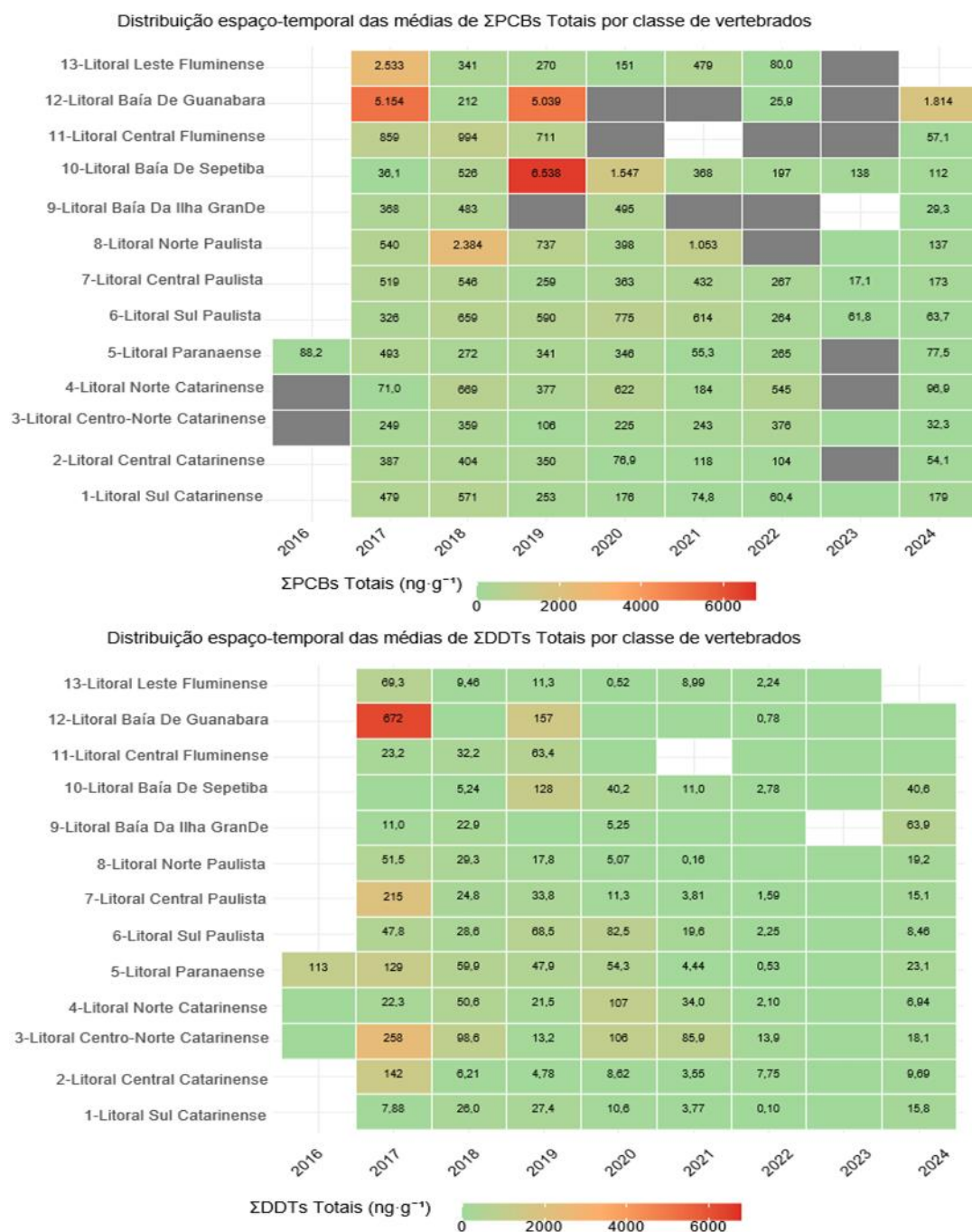
ii. *Fregata magnificens* apresentou  $\Sigma$ DDTs quantificáveis em 99 amostras e  $\Sigma$ PCBs em oito amostras. A mediana foi de 411 ng g<sup>-1</sup> para  $\Sigma$ DDTs; para  $\Sigma$ PCBs, a maioria das amostras ficou <LQ.

iii. *Calonectris sp.* (n = 16 para PCBs e n = 20 para DDTs) apresentou medianas de 245 ng g<sup>-1</sup> e 21,3 ng g<sup>-1</sup> (peso úmido), respectivamente.

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 ng g<sup>-1</sup> (peso úmido) de *Puffinus laureanous* (COSTA *et al.*, 2016) e entre 6 e 8.431 ng g<sup>-1</sup> (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 5, 6, 6 e 7 cloros na estrutura, respectivamente. 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 relatado 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 ng g<sup>-1</sup> (peso úmido), 60 – 7.150 ng g<sup>-1</sup> (peso úmido) e 143 – 1.051 ng g<sup>-1</sup> (peso úmido) A mesma predominância e faixas de concentrações foram observados no PMP-BS.



**Figura 6.4-5 - Distribuição espaço-temporal das concentrações médias de ΣPCBs Totais (painel superior) e ΣDDTs Totais (painel inferior) aves coletadas entre 2016 e 2024. Células em cinza correspondem à ausência de dados para o respectivo ano e mesorregião. Células verdes sem valor numérico correspondem a concentrações inferiores ao limite de quantificação (<LQ).**



**Figura 6.4-6 - Distribuição dos congêneres clorados de PCBs em TCH Aves durante 2016-2024 no PMP-BS.**

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

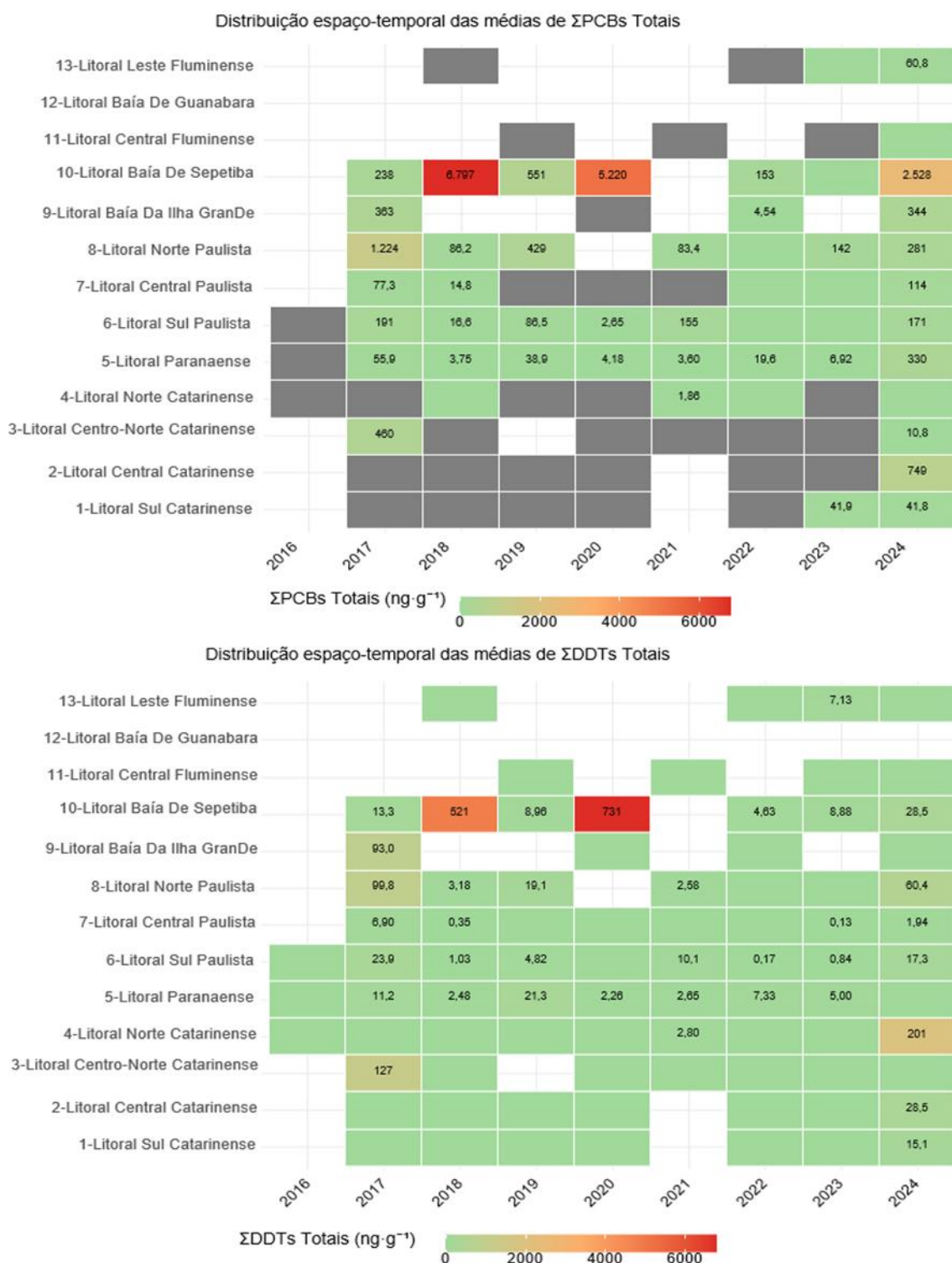
Entre os 478 indivíduos de 28 espécies de Mammalia com amostras de TCH analisadas para contaminantes organoclorados no âmbito do PMP-BS, foram registradas concentrações quantificáveis de  $\Sigma$ PCBs em 11 espécies e de  $\Sigma$ DDTs em 7. No entanto, em grande parte dessas espécies, o número de amostras com quantificação foi bastante reduzido. Por exemplo, *Arctocephalus australis* apresentou a maior mediana de  $\Sigma$ PCBs (699 ng g<sup>-1</sup>, peso úmido), com 5 amostras quantificadas entre 36 analisadas. *Steno bredanensis* também apresentou mediana elevada (369 ng g<sup>-1</sup>), embora com apenas uma amostra quantificável.

*Stenella frontalis*, com 5 amostras quantificáveis para PCBs, apresentou mediana de 87,4 ng g<sup>-1</sup>, enquanto *Eubalaena australis*, *Mesoplodon* e *Arctocephalus tropicalis* tiveram valores medianos entre 28,4 e 56,2 ng g<sup>-1</sup>, com apenas uma amostra quantificada por espécie. A espécie com maior número de quantificações foi *Sotalia guianensis*, com 114 amostras quantificadas para  $\Sigma$ PCBs (mediana = 10,7 ng g<sup>-1</sup>).

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 por POPs em cetáceos (LAILSON-BRITO *et al.*, 2010; LAILSON-BRITO *et al.*, 2012; DE OLIVEIRA-FERREIRA *et al.*, 2021; BRIÃO *et al.*, 2024). As concentrações observadas nesses trabalhos reforçam essa caracterização, com níveis de  $\Sigma$ PCBs variando entre 600 e 257.200 ng g<sup>-1</sup> de lipídios, sendo as maiores concentrações detectadas em orcas (*Orcinus orca*) e falsas orcas (*Pseudorca crassidens*), enquanto os menores níveis foram encontrados em golfinhos-de-Fraser (*Lagenodelphis hosei*). Os animais analisados foram capturados incidentalmente pela pesca com redes de emalhe entre 1995 e 2005 e apresentaram concentrações de  $\Sigma$ DDT entre 652 e 23.555 ng g<sup>-1</sup>,  $\Sigma$ PCB entre 765 e 99.175 ng g<sup>-1</sup>, e HCB entre 4,4 e 156 ng g<sup>-1</sup>, todos referidos ao teor lipídico. Esses achados estão alinhados aos resultados

obtidos no presente estudo e reforçam a constatação de que os mamíferos marinhos apresentam elevado potencial de bioacumulação de POPs, conforme já discutido por Jepson *et al.* (2016).

Os descritos para mamíferos aquáticos indicam concentrações de  $\Sigma$ PCBs e  $\Sigma$ DDTs, em geral, inferiores ao limite de quantificação ao longo do período de 2016 a 2024, com exceção de alguns indivíduos pontuais, cujas concentrações elevadas impactam as médias, mas não as medianas das espécies. Isso é particularmente evidente em *Arctocephalus australis*, *Steno bredanensis* e *Eubalaena australis*, que contribuíram com os maiores valores registrados, ainda que com número reduzido de amostras. A **Figura 6.4-7** corrobora essa interpretação, evidenciando que os maiores picos de concentração de PCBs (A) e DDTs (B) em mamíferos estão associados aos anos e mesorregiões específicas em que esses indivíduos dessas espécies foram obtidos, porém sem indicar uma tendência sistemática de aumento ao longo do tempo.

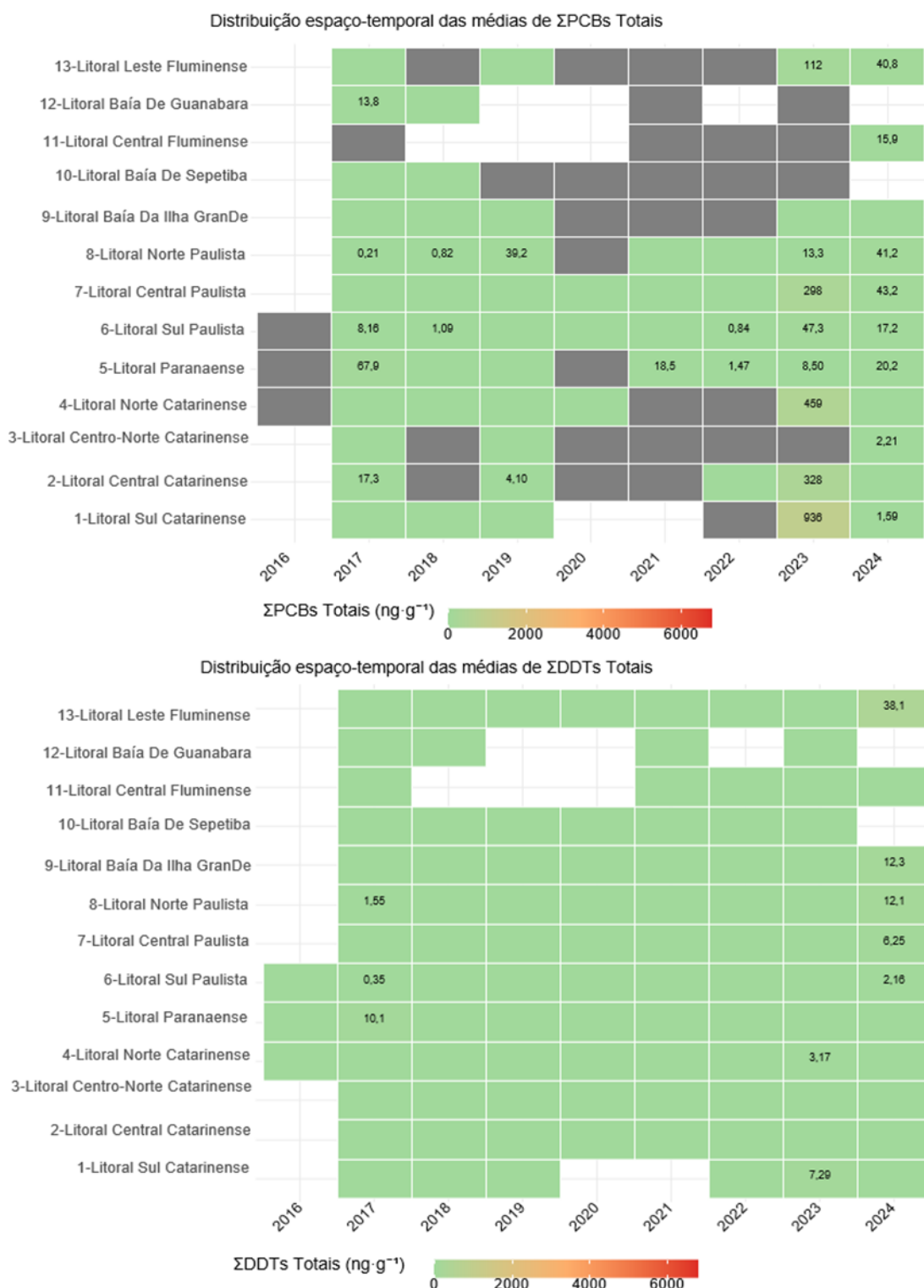


**Figura 6.4-7 - Distribuição espaço-temporal das concentrações médias de ΣPCBs Totais (painel superior) e ΣDDTs Totais (painel inferior) mamíferos coletados entre 2016 e 2024. Células em cinza correspondem à ausência de dados para o respectivo ano e mesorregião. Células verdes sem valor numérico correspondem a concentrações inferiores ao limite de quantificação (<LQ).**

### ***Tartarugas-marinhas – $\Sigma$ PCBs e $\Sigma$ DDTs***

Entre as cinco espécies de tartarugas-marinhas com amostras de TCH analisadas para contaminantes organoclorados ao longo do PMP-BS, foram detectadas concentrações de  $\Sigma$ PCBs acima do limite de quantificação (LQ) em quatro delas. Embora a mediana de concentração para *Chelonia mydas* (n = 547) permaneça abaixo do limite de quantificação, há anos e regiões com médias elevadas, como em 2023 (média = 164,1 ng g<sup>-1</sup>) e 2024 (média = 39,4 ng g<sup>-1</sup>), evidenciando episódios pontuais. Também se observam variações do  $\Sigma$ PCBs em *Caretta caretta* – com média de 57,2 ng g<sup>-1</sup> em 2024 – apesar de as medianas permanecerem próximas ou abaixo do LQ.

No caso dos DDTs, nenhuma das cinco espécies avaliadas apresentou mediana acima do LQ, embora *Chelonia mydas* tenha registrado médias discretas em alguns anos, como em 2024 (8,4 ng g<sup>-1</sup>) e 2017 (0,6 ng g<sup>-1</sup>). A **Figura 6.4-8** ilustra essas variações temporais e espaciais, destacando especialmente os anos de 2023 e 2024 no Litoral Sul Paulista e Baía de Sepetiba, cujas médias elevadas reforçam a ocorrência localizada de exposição a PCBs em répteis marinhos.



**Figura 6.4-8** - Distribuição espaço-temporal das concentrações médias de ΣPCBs Totais (painel superior) e ΣDDTs Totais (painel inferior) Repetilia coletados entre 2016 e 2024. Células em cinza correspondem à ausência de dados para o respectivo ano e mesorregião. Células verdes sem valor numérico correspondem a concentrações inferiores ao limite de quantificação (<LQ).

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

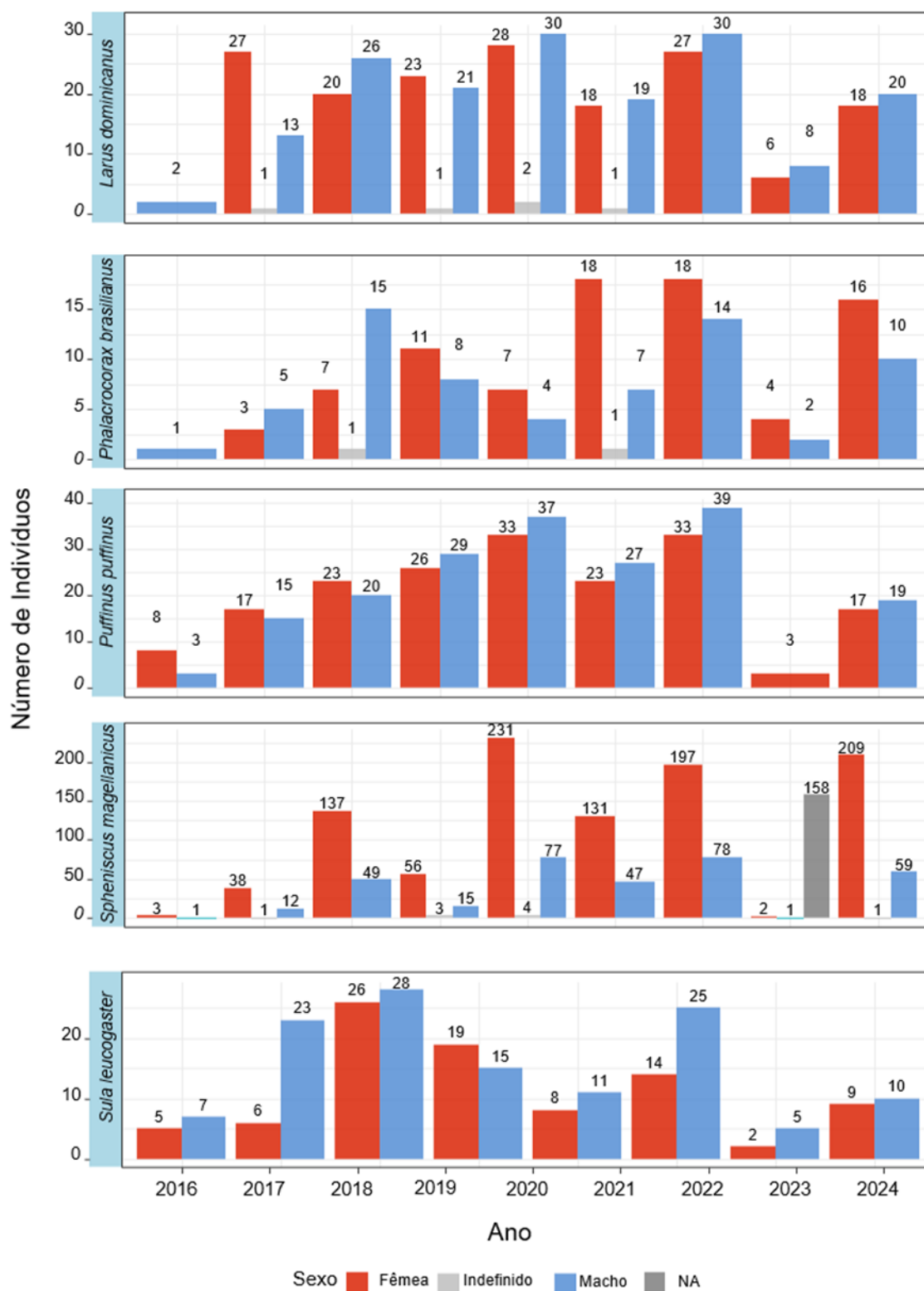
Para refinar a avaliação sobre a presença e distribuição de HPAs e contaminantes halogenados nos tetrápodes marinhos, os dados temporais como registrado no SIMBA foram comparados em função do sexo dos animais (macho, fêmea, indefinido) e estágio de desenvolvimento (feto, filhote, juvenil, adulto e indeterminado), 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 filtragem por número de amostras, foram escolhidos três grupos de contaminantes –  $\Sigma$ HPAs,  $\Sigma$ PCBs e  $\Sigma$ DDTs – cujas ocorrências, foram mais relevantes ao longo do PMP-BS.

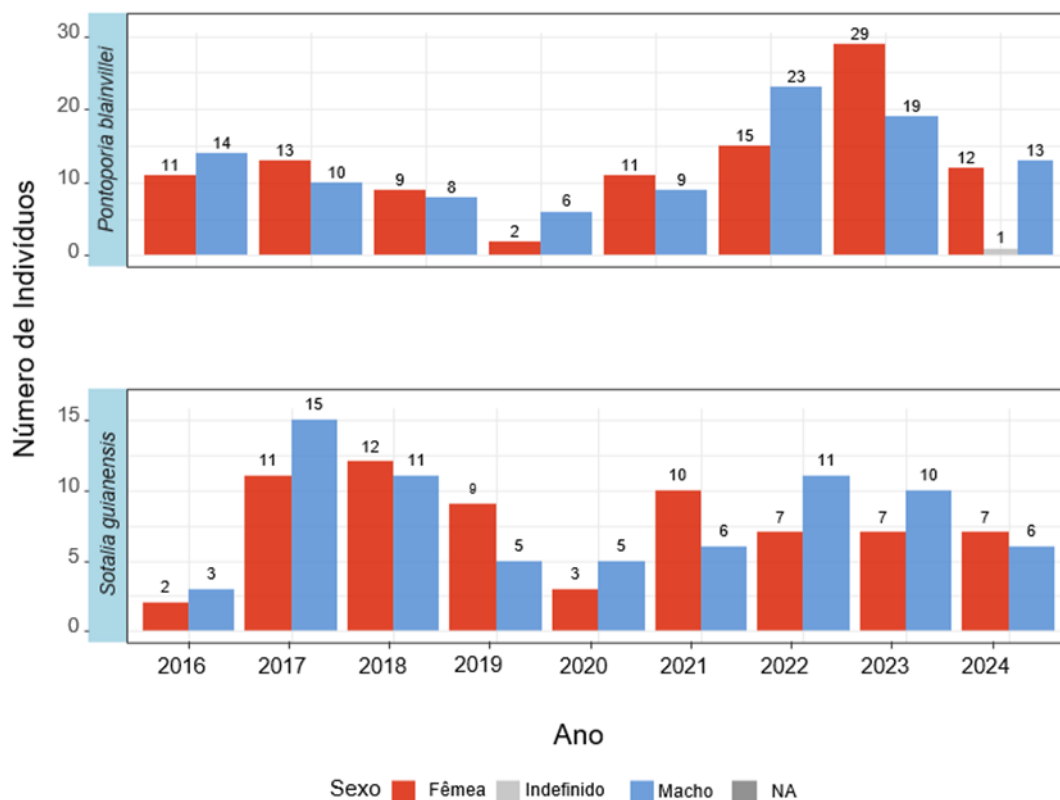
A contagem e as subsequentes análises sobre variação de HPAs e organohalogenados segundo as variáveis definidas serão discutidas a seguir, para cada tecido analisado (TCH e TCA).

##### ***Sexo × TCH: variação de contaminantes orgânicos no período 2016-2024***

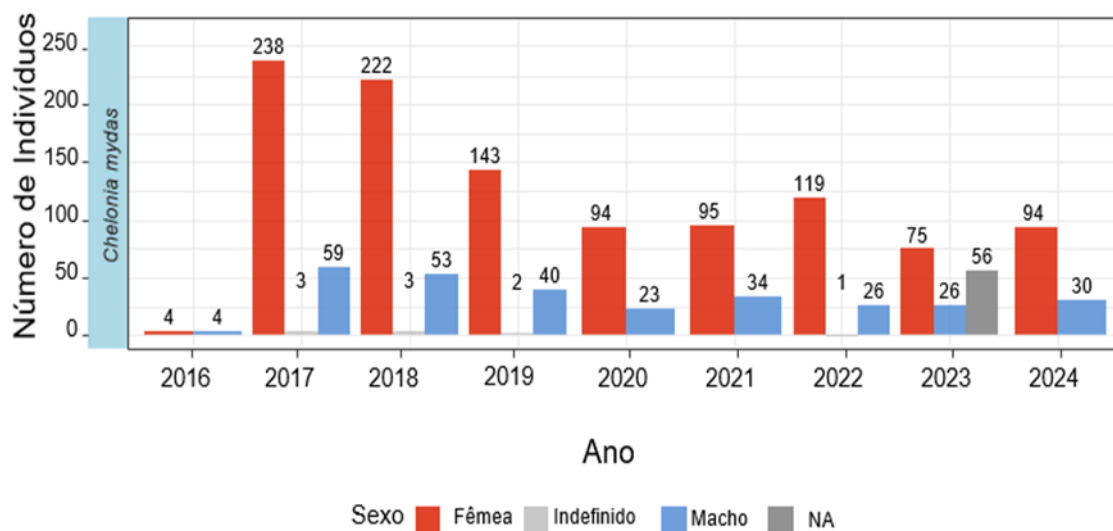
Foram coletadas amostras de 50 espécies de aves ao longo do PMP-BS. No entanto, somente em cinco espécies houve mais de 50 amostras de tecido hepático (TCH) para cada sexo: *Puffinus puffinus*, *Spheniscus magellanicus*, *Sula leucogaster* e *Larus dominicanus* e *Phalacrocorax brasilianus*, (**Figura 6.4-9**). Entre os mamíferos marinhos, das 24 espécies amostradas no projeto, apenas duas atingiram mais de 50 amostras de TCH para fêmeas e machos: *Pontoporia blainvillei* e *Sotalia guianensis* (**Figura 6.4-10**). Por fim, entre os répteis marinhos, embora cinco espécies tenham sido registradas com amostras de TCH no PMP-BS, apenas *Chelonia mydas* apresentou mais de 50 indivíduos de cada sexo, sendo a única espécie da Classe Reptilia com esse nível de representatividade amostral (**Figura 6.4-11**).



**Figura 6.4-9 - Contagem de amostras de TCH de AVES segundo o sexo dos animais, considerando resultados gerados pelo PMP-BS entre 2016 e 2024.**



**Figura 6.4-10** - Contagem de amostras de TCH de MAMMALIA segundo o sexo dos animais, considerando resultados gerados pelo PMP-BS entre 2016 e 2024.



**Figura 6.4-11** - Contagem de amostras de TCH de REPTILIA segundo o sexo dos animais, considerando resultados gerados pelo PMP-BS entre 2016 e 2024.

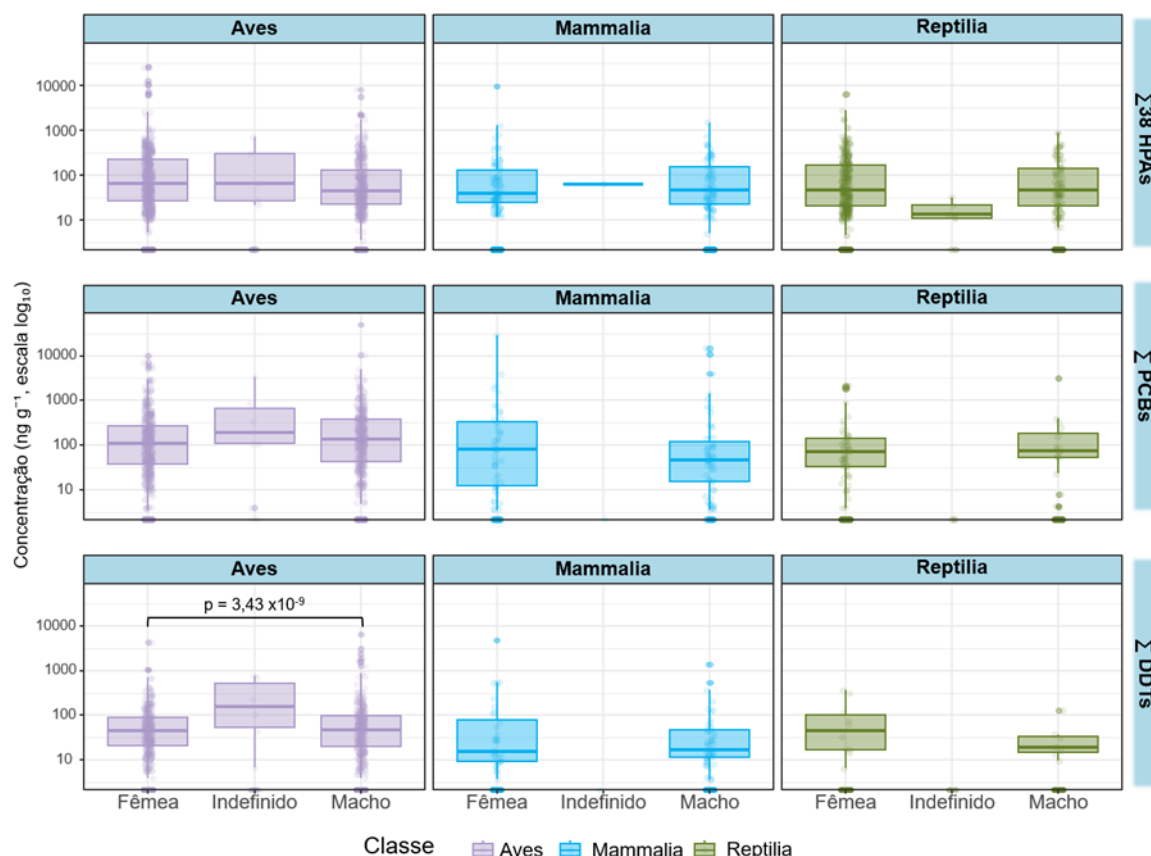
Para algumas espécies como a ave *Spheniscus magellanicus* e a tartaruga-marinha *C. mydas*, há muita diferença no número amostral de cada

sexo na comparação anual, assim como o número de amostras de determinado sexo difere significativamente em alguns anos. Estas características na distribuição dos dados dificulta uma comparação ano a ano para cada sexo 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 6.4-12)**:

i. Para o  $\Sigma$ 37HPAs, muitas medianas de concentração permaneceram equivalentes ao limite de quantificação, tendo 465 amostras de aves macho e 672 de fêmeas reportadas com valores >LQ. Apesar disso, não houve diferenças estatisticamente significativas entre  $\Sigma$ 37HPAs para machos e fêmeas mesmo nas espécies com maior número de registros como (*Spheniscus magellanicus*: 42 fêmeas e 44 machos);

ii. para o  $\Sigma$ PCBs, pode-se observar uma tendência a concentrações na ordem Aves>Reptilia >Mammalia;

iii.as concentrações de  $\Sigma$ DDTs também apresentaram um gradiente decrescente entre aves, mamíferos e répteis. Para DDT, a análise por sexo dentro de cada classe revelou diferenças significativas com maiores valores para machos em relação às fêmeas de aves.



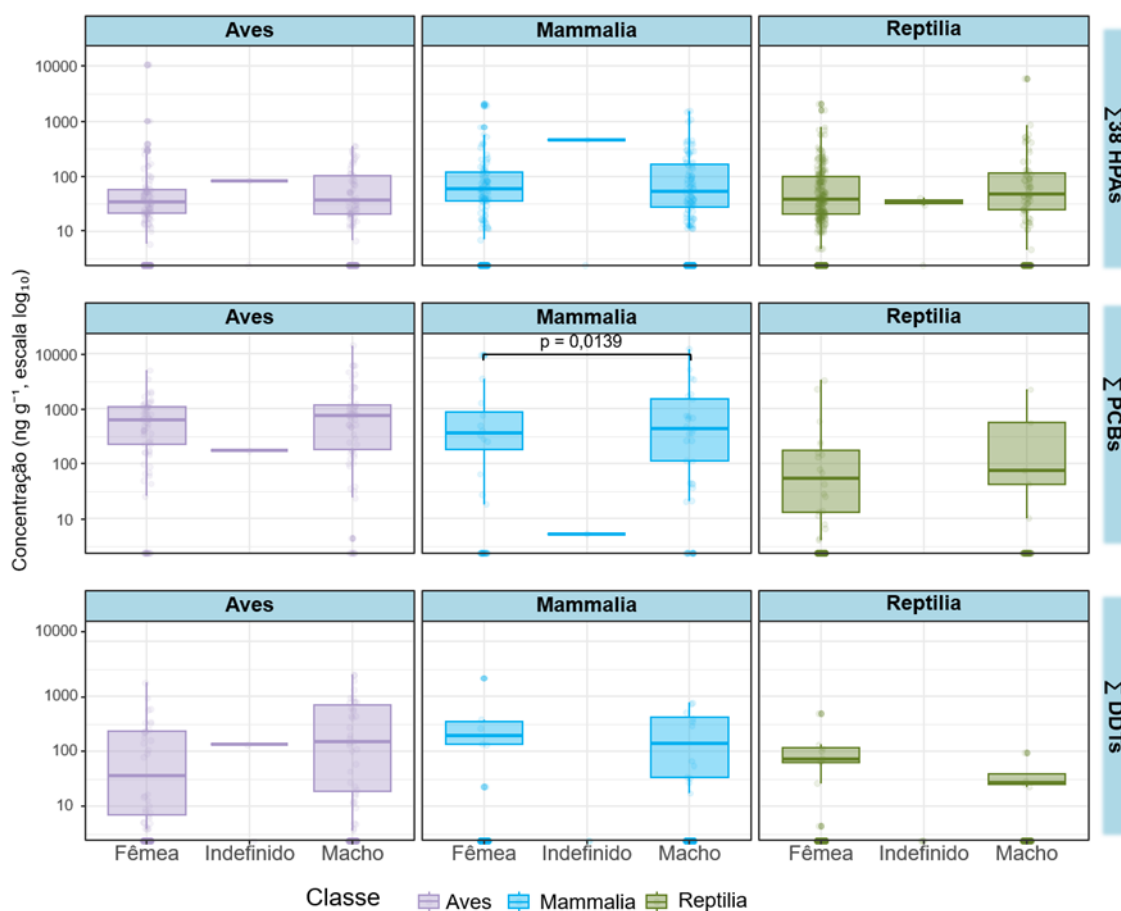
**Figura 6.4-12 - Tecido hepático: variação da concentração ( $\text{ng g}^{-1}$ ; escala log) de HPAs (a), PCB (b) e DDTs (c) para as três classes de tetrápodes em função de sexo, considerando resultados gerados pelo PMP-BS entre 2016 e 2024. Legenda: mediana (linha horizontal), percentis (caixas), faixa entre outliers (whiskers) e outliers (pontos pretos); pontos vazados representam cada amostra individual.**

### **Sexo × TCA: variação de contaminantes orgânicos no período 2016-2024**

Para o TCA, existem mais de 50 amostras coletadas no PMP-BS (2016-2024) 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 4.4.1), o que limita ainda mais a comparação estatística de contaminantes na gordura em função do sexo dos animais.

No caso do  $\Sigma 37\text{HPAs}$ , as medianas de TCA para as três classes de tetrápodes são, em sua maioria, próximas ou equivalentes ao limite de quantificação da metodologia. Além disso, as figuras indicam os valores de

concentração em escala logarítmica, tornando as medianas visualmente próximas, porém as classes apresentam as diferenças estatística conforme descrito adiante para os grupos de sexo e estágio de desenvolvimento. Nas aves, os valores medianos observados foram de 24,4 ng g<sup>-1</sup> para fêmeas e 36,3 ng g<sup>-1</sup> para machos. Esses valores são menores que em mamíferos; (35,9 ng g<sup>-1</sup> para fêmeas e 62,6 ng g<sup>-1</sup> para machos) e similar aos répteis 37,3 ng g<sup>-1</sup>, 32,8 ng g<sup>-1</sup> e 46,3 ng g<sup>-1</sup> para fêmeas, indefinidos e machos respectivamente (**Figura 6.4-13**). Para os ΣPCBs, os valores medianos variaram entre 84,4 e 173,7 ng g<sup>-1</sup> em aves fêmeas e machos, respectivamente, de 368,2 ng g<sup>-1</sup> para fêmeas e 430,7 ng g<sup>-1</sup> para machos de mamíferos, e entre 53,9 para fêmeas e 75,2 ng g<sup>-1</sup> para machos entre os répteis. Apesar da diferença estatisticamente significativa entre sexos de mamífero (p = 0,0139), a distribuição geral dos dados revela uma sobreposição entre os grupos. Já para o ΣDDTss (**Figura 6.4-13**), os valores medianos oscilaram entre 36,1 e 161,3 ng g<sup>-1</sup> nas aves, 141,4 a 191,7 ng g<sup>-1</sup> em mamíferos e 28,9 a 73,9 ng g<sup>-1</sup> nos répteis, sem diferenças significativas entre os sexos dentro de cada classe.

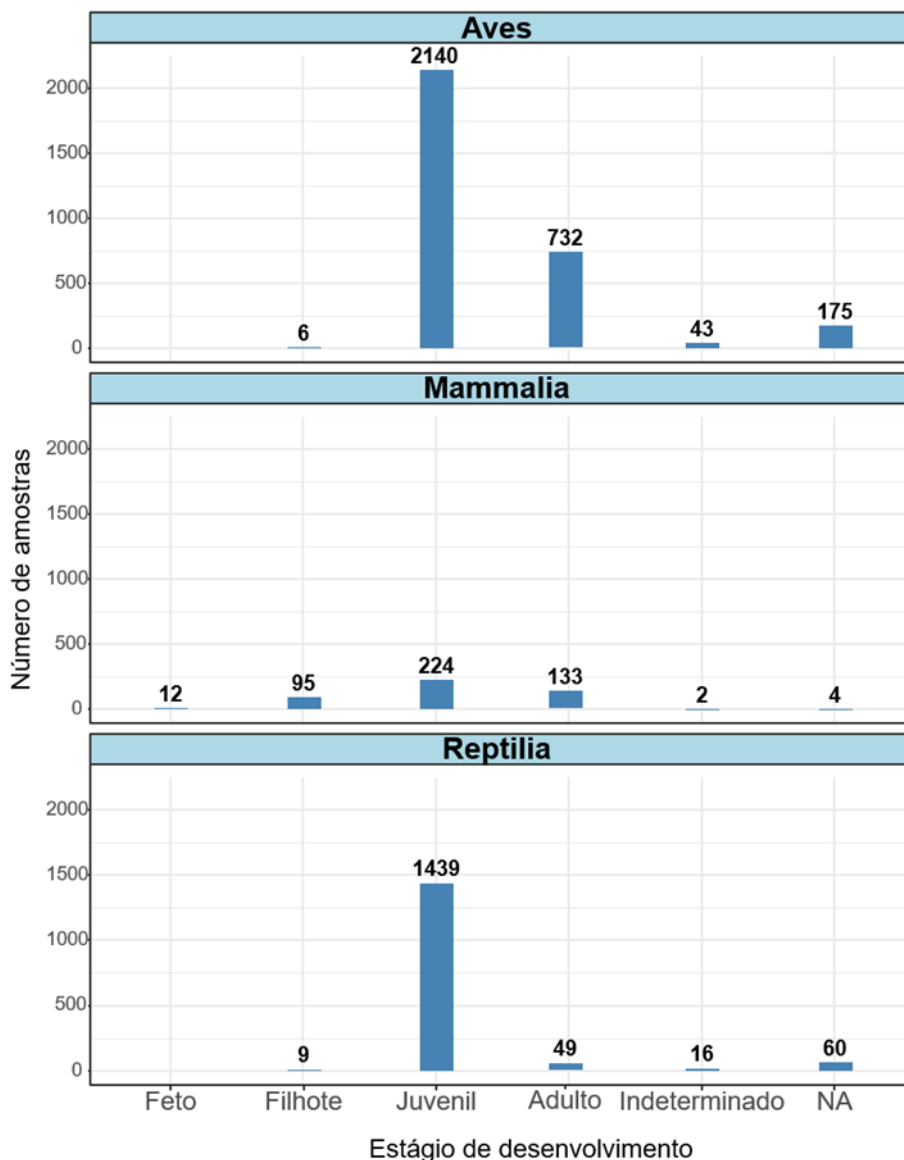


**Figura 6.4-13** - Tecido adiposo: variação da concentração (ng g<sup>-1</sup>; escala log) de HPAs (a), PCB (b) e DDTs (c) para as três classes de tetrápodes em função de sexo, considerando resultados gerados pelo PMP-BS entre 2016 e 2024. São consideradas apenas as espécies com mais de 50 amostras 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 2016-2024**

A **Figura 6.4-14** apresenta a contagem de amostras em cada classe de tetrápodes de acordo com os estágios de desenvolvimento definidos no projeto (feto, filhote, juvenil, adulto e indeterminado). Nota-se uma grande diferença na contagem para cada estágio para Aves, na qual a maior parte das amostras corresponde a indivíduos juvenis (n = 2.140). Nos mamíferos, a distribuição é mais equilibrada entre juvenis (224 amostras) e adultos (133 amostras), com 12 registros de feto. Por outro lado, entre os répteis observa-se um padrão

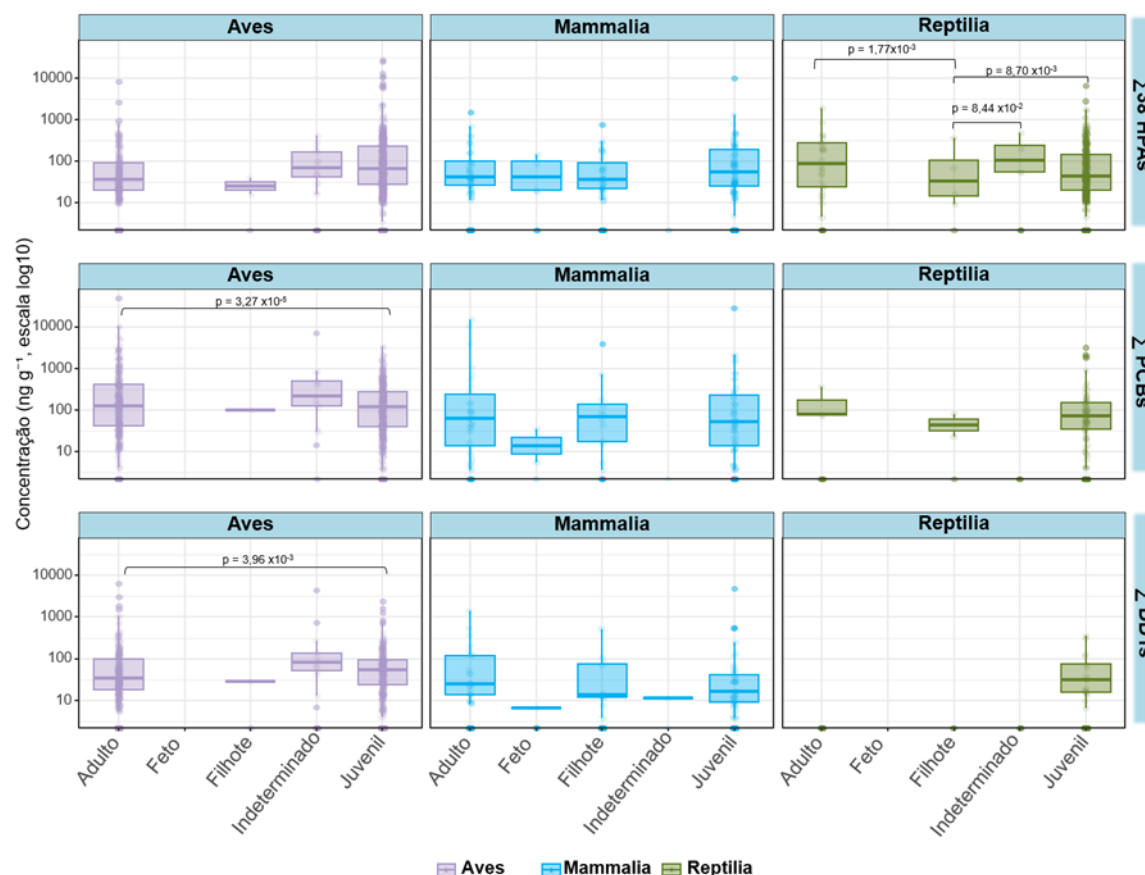
semelhante ao das aves, com predominância de juvenis ( $n = 1.439$ ) e indivíduos adultos representando apenas 49 registros. Esse perfil de repteis reflete justamente o aumento de encalhes de tartarugas-marinhas no Brasil em 2024 em relação a 2023, em que juvenis de *Chelonia mydas* são mais frequentemente encontrados no litoral.



**Figura 6.4-14** - 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 2024.

Os indivíduos juvenis apresentaram os maiores valores para  $\Sigma 37\text{HPAs}$  e  $\Sigma \text{DDTs}$  em Aves ( $84,6$  e  $82,9 \text{ ng g}^{-1}$ , respectivamente), bem como os maiores valores de  $\Sigma \text{PCBs}$  ( $218,6 \text{ ng g}^{-1}$ ), refletindo possível maior exposição ou

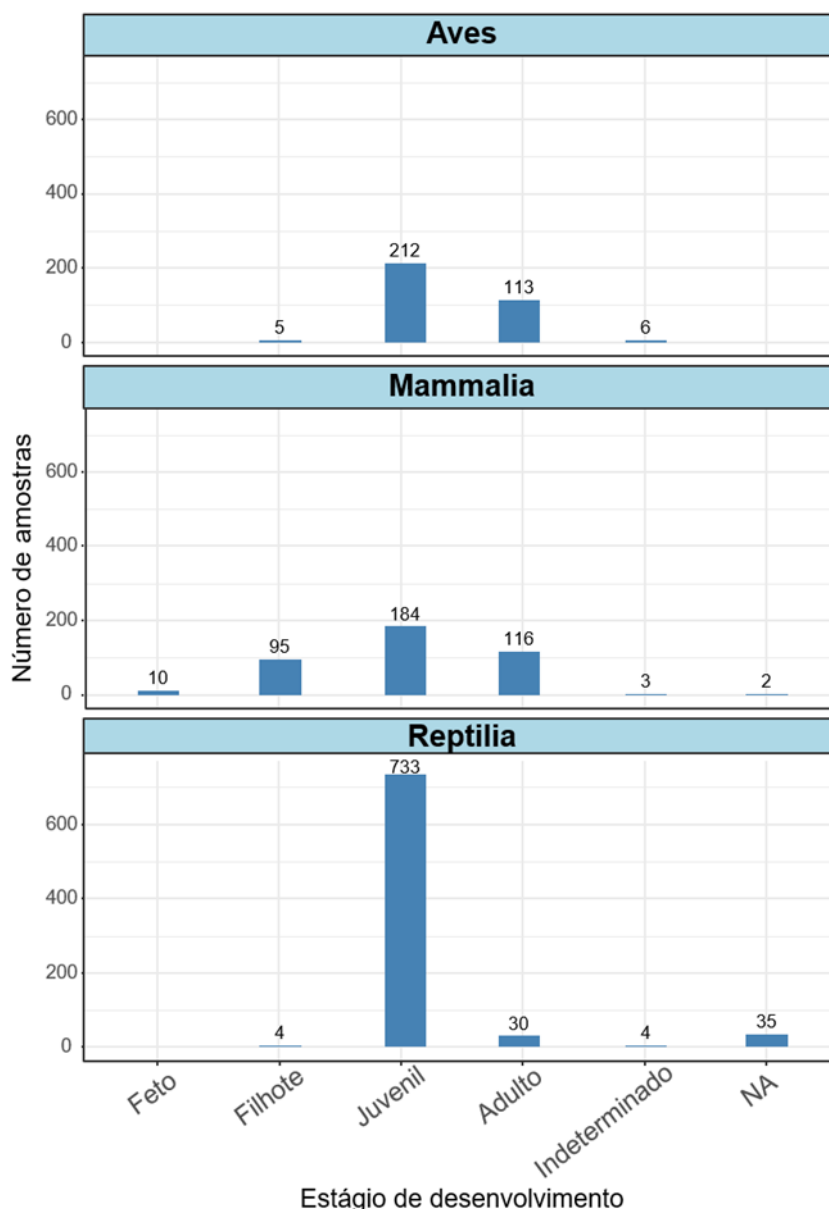
limitação na capacidade de depuração nessa fase da vida (**Figura 6.4-15**). Em mamíferos, os juvenis também se destacaram com os maiores níveis de  $\Sigma 37\text{HPAs}$  ( $66,3 \text{ ng g}^{-1}$ ) e  $\Sigma\text{PCBs}$  ( $53,9 \text{ ng g}^{-1}$ ), embora os filhotes tenham apresentado o pico de DDTs ( $13,27 \text{ ng g}^{-1}$  ou  $\log_{10}(13,27) - 2$ , conforme Figura 6.4-15).



**Figura 6.4-15 - Tecido hepático: variação da concentração ( $\text{ng g}^{-1}$ ; 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 2024. 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 2016-2024***

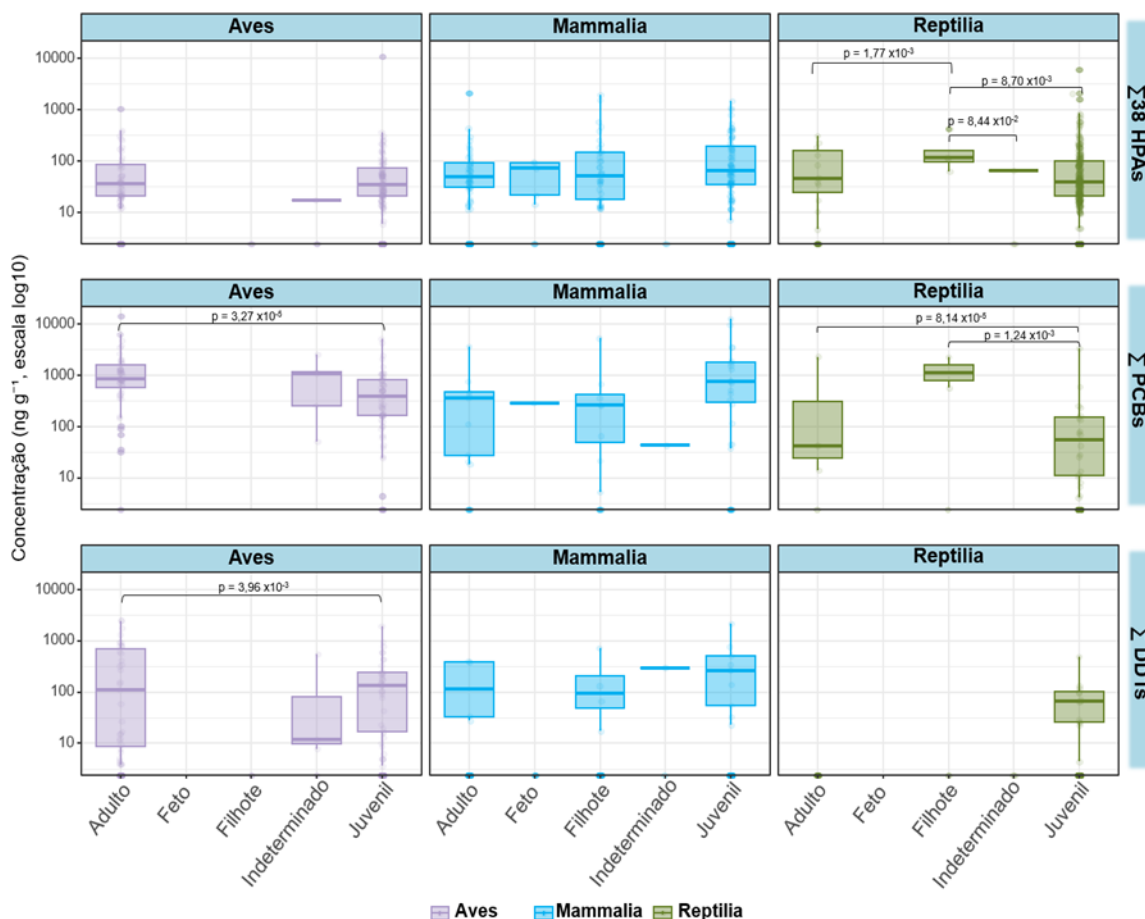
Como já discutido em relação à comparação por sexo para TCA (item 4.4.2), há um número comparativamente pequeno de amostras de TCA em relação ao TCH. Para Aves (*Spheniscus magellanicus* com  $n > 50$ ) predominaram indivíduos juvenis, contudo é em Reptilia (*Chelonia mydas* com  $n > 50$ ) que se nota uma diferença mais expressiva com 733 juvenis e apenas 73 amostras dos demais estágios de desenvolvimento. Já para Mammalia, que é majoritariamente representada pelas espécies *Pontoporia blainvillei* e *Sotalia guianensis* (com  $n > 50$ ), embora em número relativamente reduzido de amostras, há uma melhor distribuição entre as tipologias adultos, filhotes e juvenis (**Figura 6.4-16**).



**Figura 6.4-16** - 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 2024.

A Figura 6.4-17 traz as variações de concentração para HPAs, PCBs e DDTs. No caso dos  $\Sigma 37$ HPAs, não são verificadas diferenças entre os estágios de desenvolvimento para aves (de 16,95 ng g<sup>-1</sup> em indeterminado) a 38,3 ng g<sup>-1</sup> em juvenil), ou em mamíferos, nos quais as medianas foram de 46,99 ng g<sup>-1</sup> (adulto) até 74,2 ng g<sup>-1</sup> (feto). No caso dos  $\Sigma$ DDTs, novamente foi

observada diferença estatística entre juvenis (mediana = 132,3 ng g<sup>-1</sup>) e adultos (mediana = 111,0 ng g<sup>-1</sup>) ( $p = 0,00396$ ) para a classe de aves.



**Figura 6.4-17 - 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 2024. 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 (Σ37HPAs), 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 dos tecidos hepáticos (TCH) e adiposos (TCA), foram analisadas em 2024, exclusivamente pelo LabMAM – PUC-Rio, um total de 504 amostras de aves, 104 de mamíferos marinhos e 209 de répteis, totalizando 817 amostras com resultados para ao menos um contaminante orgânico.

As aves analisadas em 2024 incluíram 22 espécies, com destaque para *Spheniscus magellanicus* (n = 284), *Larus dominicanus* (n = 51) e *Phalacrocorax brasilianus* (n = 38). Entre os mamíferos, foram contempladas 12 espécies, sendo as mais representativas *Pontoporia blainvillei* (n = 50) e *Sotalia guianensis* (n = 26). Já os répteis compreenderam quatro espécies, com predominância de *Chelonia mydas* (n = 186) e *Caretta caretta* (n = 19).

Desde o início do PMP-BS, considerando os dados consolidados da USP e PUC-Rio, já foram analisadas 3.432 amostras correspondentes a 50 espécies de aves, 880 amostras de 29 espécies de mamíferos e 2.379 amostras de cinco espécies de tartarugas-marinhas, totalizando 6.691 amostras com dados disponíveis para ao menos um contaminante orgânico em tecidos hepáticos e/ou adiposos.

Entre as aves, as mesorregiões com maior número de amostras de tecido hepático (TCH) analisadas em 2024 foram: Litoral Sul Catarinense (n = 102), Litoral Paranaense (n = 60) e Litoral Norte Paulista (n = 60). Juntas, essas três mesorregiões respondem pela maior parte das amostras obtidas, com destaque para a obtenção de mais de 100 indivíduos de *Spheniscus magellanicus*. Apesar desse destaque em termos de frequência em 2024, temporalmente, não foram observadas tendências de aumento nas concentrações médias dos contaminantes orgânicos avaliados entre 2016 e 2024.

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 quelônios, 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  $[PCB-180] > [PCB\ 101] > [PCB\ 118] > [PCB138]$ . O PCB-180, que apresentou as maiores concentrações, é particularmente preocupante do ponto de vista toxicológico por sua alta lipofilicidade, persistência ambiental e longa meia-vida biológica. Trata-se de um congênere altamente clorado (heptaclorado), o que o torna mais resistente à degradação e mais propenso a bioacumular e biomagnificar ao longo das cadeias tróficas. 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 2016-2024. Por fim, as comparações por sexo e estágio de desenvolvimento, realizadas por meio de testes de Mann-Whitney e Kruskal-Wallis, revelaram diferenças estatisticamente significativas apenas em alguns casos específicos, como por exemplo, para Mammalia em que foi observada uma diferença significativa na concentração de PCBs totais entre machos e fêmeas e para Reptilia, em que os testes apontaram diferenças significativas nos níveis de  $\Sigma 37HPAs$ ,  $\Sigma PCBs$  e  $\Sigma DDTs$  entre estágios de desenvolvimento, com destaque para a maior contaminação em indivíduos juvenis.

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. Sugere-se, portanto, que também sejam consideradas concentrações de contaminantes orgânicos na base lipídica.

## 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.* Assessment of polycyclic aromatic hydrocarbon exposure in the waters of Prince William Sound after the Exxon Valdez oil spill: 1989–2005, **Marine Pollution Bulletin**, v. 54, n. 3, p. 339-356, 2007

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 *Paralonchurus 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*. A presente seção 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 2024), 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.

### 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.

#### **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 2024, 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 2024.

**Tabela 7.2-1** – Número de amostras recebidas e analisadas quanto aos elementos traço em 2024, por área do PMP-BS, os números entre parênteses representam o quantitativo recebido pela PUC-Rio.

Período	Área	Quantidade	Total
01/2024 a 12/2024	ÁREA RJ	25	574
	ÁREA SP	264	
	ÁREA SC/PR	285	

### 7.2.2 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 centrifuga 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 centrifuga de polipropileno (PP) em ultrafreezer a - 80°C para os casos de necessidade de análise confirmatória ou evidência de erros analíticos nas determinações.

## **7.2.3 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<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em mistura de HNO<sub>3</sub> e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 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<sub>4</sub> 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.

### **7.2.4 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<sup>-1</sup> 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 (LODinst) 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 LODinst 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 2024 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  $\text{KMnO}_4$ , 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 ( $\text{Hg}^{2+}$ ) a mercúrio elementar ( $\text{Hg}^0$ ) foi realizada com a adição de 1,0 mL de solução de cloreto estanoso 20% m/v ao frasco reacional do equipamento. Utilizou-se ar comprimido, numa vazão de 2,0 L  $\text{min}^{-1}$ , 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  $\text{mg kg}^{-1}$ . 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.

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

PUC-Rio		
Elemento	LD	LQ
As	0,02	0,06
Cd	0,02	0,05
Cr	0,05	0,16
Cu	0,02	0,06
Pb	0,01	0,03
Mn	0,01	0,03
Mo	0,005	0,02
Zn	0,10	0,30
Ni	0,025	0,078
Ba	0,01	0,03
V	0,05	0,17
Hg	0,005	0,01

### 7.2.5 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 2024.

Primeiramente, foram realizadas as análises descritivas as oito espécies de maior ocorrência no período de referência (*Spheniscus magellanicus*, n = 268; *Larus dominicanus*, n = 38; *Phalacrocorax brasilianus*, n = 24; *Sula leucogaster* n = 19, *Chelonia mydas*, n = 121; *Caretta caretta*, n = 11; *Pontoporia blainvillei*, n = 26; *Sotalia guianensis*, n = 13).

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%.

### 7.2.6 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./2024).**

Espécie	Classe	Frequência
<i>Spheniscus magellanicus</i>	Aves	268
<i>Larus dominicanus</i>	Aves	38
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Aves	24
<i>Sula leucogaster</i>	Aves	19
<i>Calonectris diomedea borealis</i>	Aves	11
<i>Fregata magnificens</i>	Aves	6
<i>Procellaria aequinoctialis</i>	Aves	6
<i>Puffinus puffinus</i>	Aves	4
<i>Thalassarche melanophris</i>	Aves	2
<i>Puffinus gravis</i>	Aves	2
<i>Thalassarche chlororhynchos</i>	Aves	1
<i>Calonectris sp.</i>	Aves	1
<i>Pterodroma incerta</i>	Aves	1
<i>Puffinus griseus</i>	Aves	1
<i>Sterna hirundinacea</i>	Aves	1
<i>Sterna hirundo</i>	Aves	1
<i>Chelonia mydas</i>	Reptilia	121
<i>Caretta caretta</i>	Reptilia	11
<i>Lepidochelys olivacea</i>	Reptilia	2
<i>Eretmochelys imbricata</i>	Reptilia	1
<i>Pontoporia blainvillei</i>	Mammalia	26
<i>Sotalia guianensis</i>	Mammalia	13
<i>Stenella frontalis</i>	Mammalia	4
<i>Arctocephalus australis</i>	Mammalia	4
<i>Stenella clymene</i>	Mammalia	1
<i>Stenella attenuata</i>	Mammalia	1
<i>Tursiops truncatus</i>	Mammalia	1
<i>Arctocephalus tropicalis</i>	Mammalia	1
<i>Eubalaena australis</i>	Mammalia	1
<i>Megaptera novaeangliae</i>	Mammalia	1
Total de Indivíduos		574

**Tabela 7.2-6 – Frequência por localização de indivíduos que tiveram amostras analisadas de elementos traço no período de referência (jan.-dez./2024).**

Local (Mesorregião)	Código	Frequência
LITORAL SUL CATARINENSE	MS-01	97
LITORAL CENTRAL CATARINENSE	MS-02	45
LITORAL CENTRO NORTE CATARINENSE	MS-03	31
LITORAL NORTE CATARINENSE	MS-04	52
LITORAL PARANAENSE	MS-05	60
LITORAL SUL PAULISTA	MS-06	61
LITORAL CENTRAL PAULISTA	MS-07	94
LITORAL NORTE PAULISTA	MS-08	109
LITORAL BAÍA DA ILHA GRANDE	MS-09	6
LITORAL BAÍA DE SEPETIBA	MS-10	17
LITORAL CENTRAL FLUMINENSE	MS-11	0
LITORAL BAÍA DE GUANABARA	MS-12	0
LITORAL LESTE FLUMINENSE	MS-13	2
Total		574

**Tabela 7.2-7 – Frequência por estágio do desenvolvimento dos indivíduos que tiveram amostras analisadas de elementos traço no período de referência (jan.-dez./2024).**

Estágio do desenvolvimento	Frequência
Juvenil	472
Adulto	83
Filhote	13
Indeterminado	5
Feto	1
Total	574

**Tabela 7.2-8 – Frequência por sexo de indivíduos que tiveram amostras analisadas de elementos traço no período de referência (jan.-dez./2024).**

Sexo	Frequência
Fêmea	385
Macho	180
Indefinido	9
Total	574

## 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 = 268), *Larus dominicanus* (n = 38) *Phalacrocorax brasilianus* (n = 24) e *Sula leucogaster* (n = 19), tartarugas, sendo *Chelonia mydas* (n = 121) e *Caretta caretta* (n = 11) e mamíferos, sendo *Pontoporia blainvillei* (n = 26) e *Sotalia guianensis* (n = 13). Estas oito espécies correspondem a 90,6% das amostras no período de referência, as amostras restantes (9,4%) correspondem juntas a 22 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 574 indivíduos do PMP-BS analisados durante o ano de 2024.

#### 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 (274 mg kg<sup>-1</sup>) e a menor para Pb (0,024 mg

kg<sup>-1</sup>), sendo a seguinte sequência obtida: [Zn] > [Cd] > [Cu] > [Hg] > [Mn] > [As] > [Mo] > [Cr] > [V] > [Ni] > [Pb] > [Ba]. O maior desvio padrão relativo (DPR) é observado para o Pb (190%) e o menor é verificado para Mn (27%). Os elementos Pb, 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 ( $n = 268$ ) no ano de 2024, considerando o critério LD / 2 para valores abaixo do LD.**

Elemento	Média	DP	Mediana	Mínimo	Máximo	DPR (%)
As (mg/kg)	5,56	4,33	4,50	0,01	33,9	78
Cd (mg/kg)	27,2	29,4	17,1	0,01	213	108
Cr (mg/kg)	0,65	0,40	0,52	0,01	2,3	60
Cu (mg/kg)	28,9	15,5	27,4	0,01	156	54
Pb (mg/kg)	0,024	0,046	0,010	0,007	0,411	190
Mn (mg/kg)	6,62	1,79	6,65	0,01	12,5	27
Mo (mg/kg)	5,07	1,81	4,83	0,01	10,6	36
Zn (mg/kg)	274	96,6	266	0,01	601	35
Ni (mg/kg)	0,21	0,22	0,15	0,01	0,9	101
Ba (mg/kg)	0,022	0,026	0,010	0,010	0,160	118
V (mg/kg)	0,30	0,22	0,24	0,01	1,5	72
Hg (mg/kg)	6,77	2,90	6,81	0,52	20,2	43

### ***Larus dominicanus***

A Tabela 7.3-2 apresenta a estatística descritiva para *Larus dominicanus*. A maior concentração média foi a do elemento traço Zn (94,7 mg kg<sup>-1</sup>), enquanto a menor concentração foi para Pb (0,040 mg kg<sup>-1</sup>), sendo a seguinte sequência obtida: [Zn] > [Cu] > [Mn] > [Hg] > [As] > [Mo] > [Cr] > [Cd] > [V] > [Ni] > [Ba] > [Pb]. O maior desvio padrão relativo (DPR) é observado para o Ba (455%) e o menor é verificado para Mn (25%). Como observado para a espécie *Spheniscus magellanicus*, também, no caso da *Larus dominicanus*, os elementos Pb, Ba e Ni apresentaram mais do que 50% dos valores abaixo do LD.

**Tabela 7.3-2 – Estatística descritiva para *Larus dominicanus* dos elementos-traço ( $n = 38$ ) no ano de 2024, considerando o critério LD / 2 para valores abaixo do LD.**

Elemento	Média	DP	Mediana	Mínimo	Máximo	DPR (%)
As (mg/kg)	2,17	1,76	1,29	0,17	6,7	81
Cd (mg/kg)	0,26	0,23	0,20	0,03	1,3	89
Cr (mg/kg)	0,88	1,10	0,49	0,16	5,5	124

Elemento	Média	DP	Mediana	Mínimo	Máximo	DPR (%)
Cu (mg/kg)	11,9	3,07	12,1	6,68	19,0	26
Pb (mg/kg)	0,040	0,066	0,010	0,010	0,3	164
Mn (mg/kg)	10,1	2,52	9,80	5,11	17,1	25
Mo (mg/kg)	1,88	0,51	1,95	0,87	3,2	27
Zn (mg/kg)	94,7	78,3	69,6	35,0	394	83
Ni (mg/kg)	0,16	0,30	0,01	0,01	1,6	182
Ba (mg/kg)	0,06	0,29	0,01	0,01	1,8	455
V (mg/kg)	0,17	0,08	0,16	0,06	0,4	48
Hg (mg/kg)	2,57	1,89	2,07	0,19	8,3	73

### ***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 (133 mg kg<sup>-1</sup>) e a menor para Cd (0,15 mg kg<sup>-1</sup>), sendo a seguinte sequência obtida, [Zn] > [Cu] > [Mn] > [Hg] > [As] > [Mo] > [Cr] > [V] > [Cd]. O maior desvio padrão relativo (DPR) é observado para o As (98%) e o menor é verificado para Mn (18%). Como observado para a espécie *Spheniscus magellanicus*, também, no caso da *Phalacrocorax brasilianus*, os elementos Pb, Ba e Ni apresentaram mais do que 50% dos valores abaixo do LD, sendo que nenhum dos valores de Pb, apenas um de Ba e apenas dois de Ni estiveram acima do LD, por essa razão, a estatística descritiva desses elementos não foi calculada.

**Tabela 7.3-3 – Estatística descritiva para *Phalacrocorax brasilianus* dos elementos-traço (n = 24) no ano de 2024, considerando o critério LD / 2 para valores abaixo do LD.**

Elemento	Média	DP	Mediana	Mínimo	Máximo	DPR (%)
As (mg/kg)	2,51	2,46	1,37	0,10	10,1	98
Cd (mg/kg)	0,15	0,10	0,13	0,06	0,5	67
Cr (mg/kg)	0,54	0,16	0,49	0,34	1,1	30
Cu (mg/kg)	42,8	22,8	32,0	21,2	95,4	53
Mn (mg/kg)	11,2	2,03	11,3	7,71	16,0	18
Mo (mg/kg)	2,43	0,46	2,36	1,58	3,4	19
Zn (mg/kg)	133	60,0	123	33,6	291	45
V (mg/kg)	0,33	0,15	0,27	0,12	0,7	46
Hg (mg/kg)	6,85	5,04	5,47	0,56	19,3	74

### ***Sula leucogaster***

Na **Tabela 7.3-4** são apresentados os dados referentes a estatística descritiva para *Sula leucogaster*, que apresentou a maior concentração média para Zn (139 mg kg<sup>-1</sup>) e a menor para Ba (0,019 mg kg<sup>-1</sup>), sendo a seguinte sequência obtida, [Zn] > [Cu] > [Mn] > [Hg] > [As] > [Mo] > [Cd] > [Cr] > [V] > [Ni] > [Ba]. O maior desvio padrão relativo (DPR) é observado para o Ni (172%) e o menor é verificado para Mn (38%). Como observado para as demais espécies de aves, também, no caso da *Sula leucogaster*, os elementos Pb, Ba e Ni apresentaram mais do que 50% dos valores abaixo do LD. Como apenas três indivíduos apresentaram concentração de Pb acima do LD, a estatística descritiva para esse elemento não foi calculada.

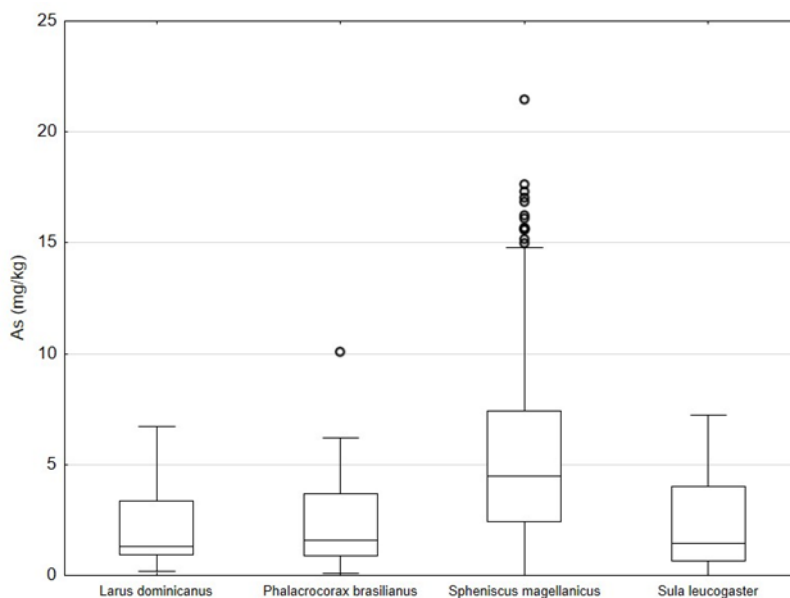
**Tabela 7.3-4 – Estatística descritiva para *Sula leucogaster* dos elementos-traço (n = 19) no ano de 2024, considerando o critério LD / 2 para valores abaixo do LD.**

Elemento	Média	DP	Mediana	Mínimo	Máximo	DPR (%)
As (mg/kg)	2,16	1,95	1,47	0,01	7,2	90
Cd (mg/kg)	1,07	0,87	0,70	0,01	2,8	82
Cr (mg/kg)	0,75	0,79	0,57	0,01	3,6	105
Cu (mg/kg)	16,0	8,36	14,4	0,01	35,6	52
Mn (mg/kg)	15,2	5,85	16,1	0,01	25,5	38
Mo (mg/kg)	1,70	0,71	1,64	0,01	3,4	42
Zn (mg/kg)	139	85,9	141	0,0	335	62
Ni (mg/kg)	0,09	0,15	0,01	0,01	0,56	172
Ba (mg/kg)	0,019	0,017	0,010	0,010	0,075	94
V (mg/kg)	0,27	0,14	0,23	0,01	0,54	51
Hg (mg/kg)	7,45	5,68	6,07	0,87	19,9	76

### **Aves – Gráficos de Caixa**

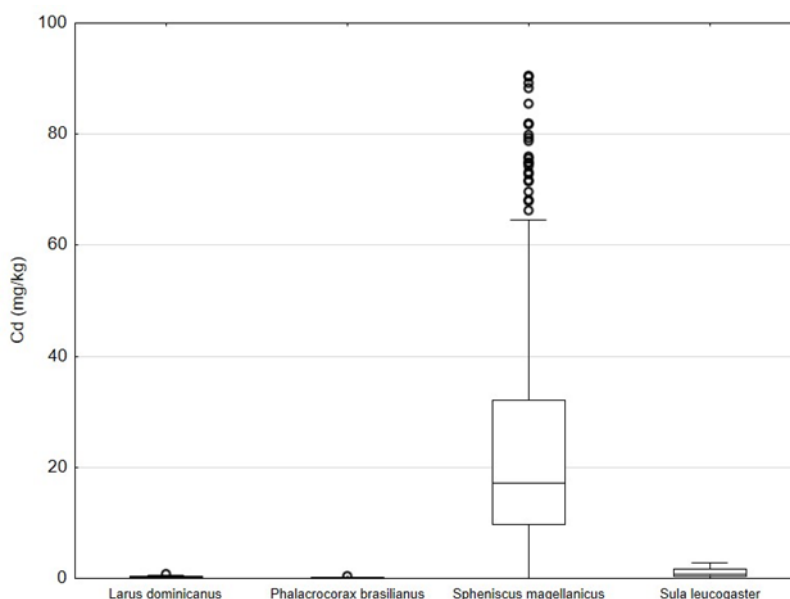
De modo a possibilitar uma comparação visual das concentrações elementares entre as diferentes espécies de aves, durante o ano de 2024, optou-se de adoção do gráfico de caixas, com o valor central representado pela mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam 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 Pb, Ni e Ba com mais de 50% dos valores abaixo do LD foram excluídos dessa avaliação.



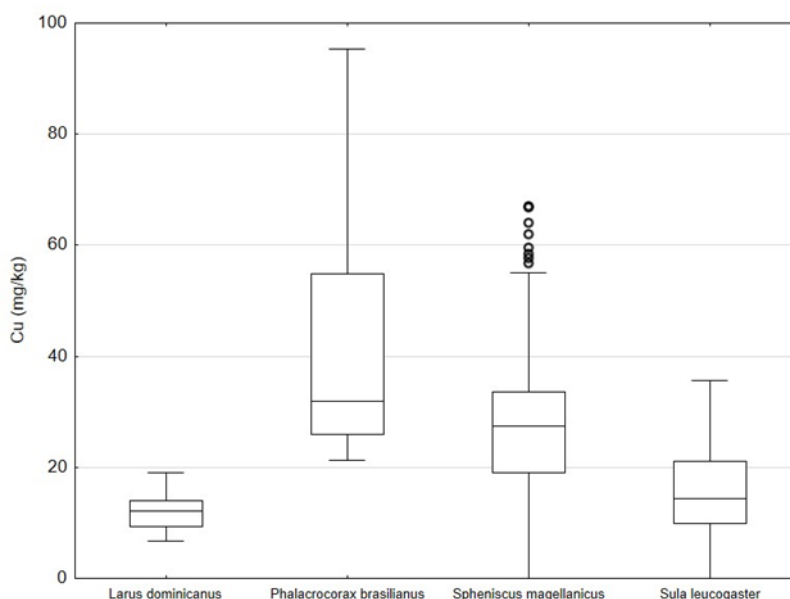
**Figura 7.3-1** - Gráfico de caixas para As em aves durante o ano de 2024 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).

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



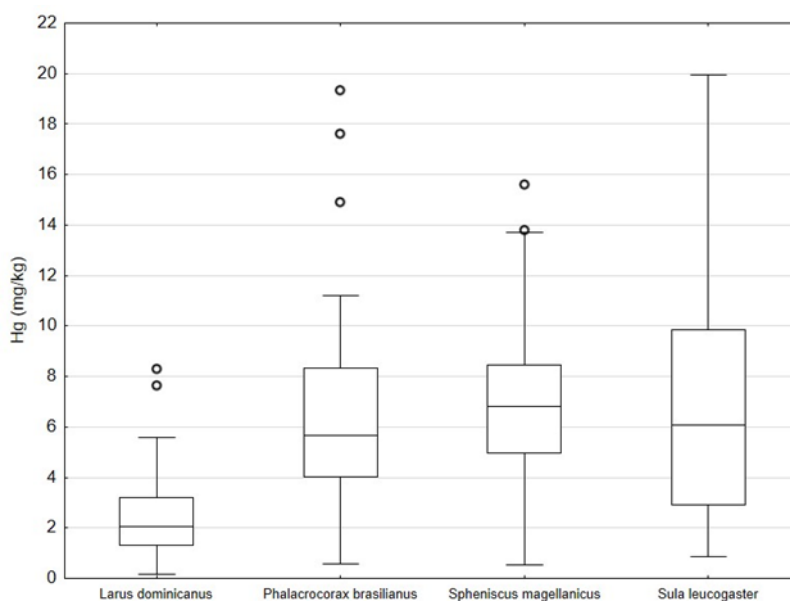
**Figura 7.3-2 - Gráfico de caixas para Cd em aves durante o ano de 2024 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).**

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 três espécies, não, apenas, em termos de uma maior mediana como, também, em termos de dispersão de dados, além de um elevado número de outliers.



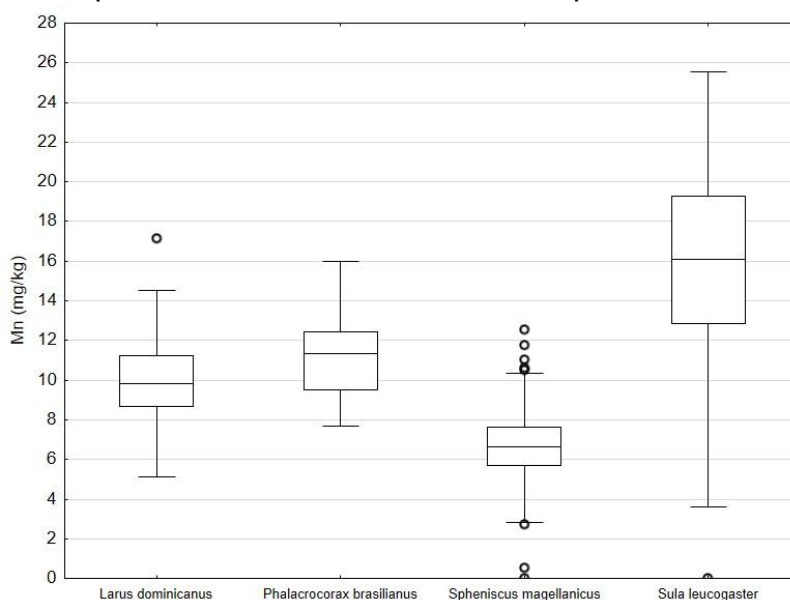
**Figura 7.3-3** - Gráfico de caixas para Cu em aves durante o ano de 2024 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).

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



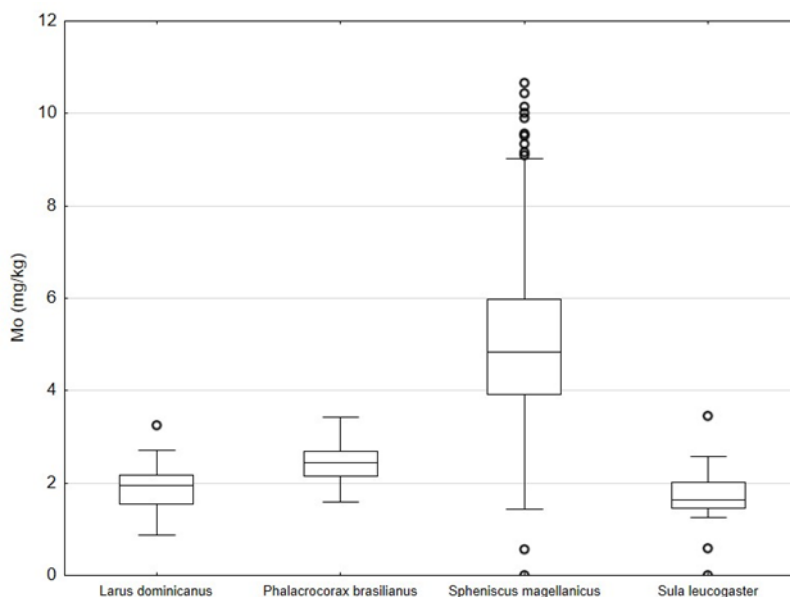
**Figura 7.3-4 - Gráfico de caixas para Hg em aves durante o ano de 2024 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).**

O gráfico de caixas para Hg em Aves aparece na **Figura 7.3-4**, observa-se uma tendência para menores concentrações de Hg na espécie *Larus dominicanus* e equivalentes entre as outras três espécies.



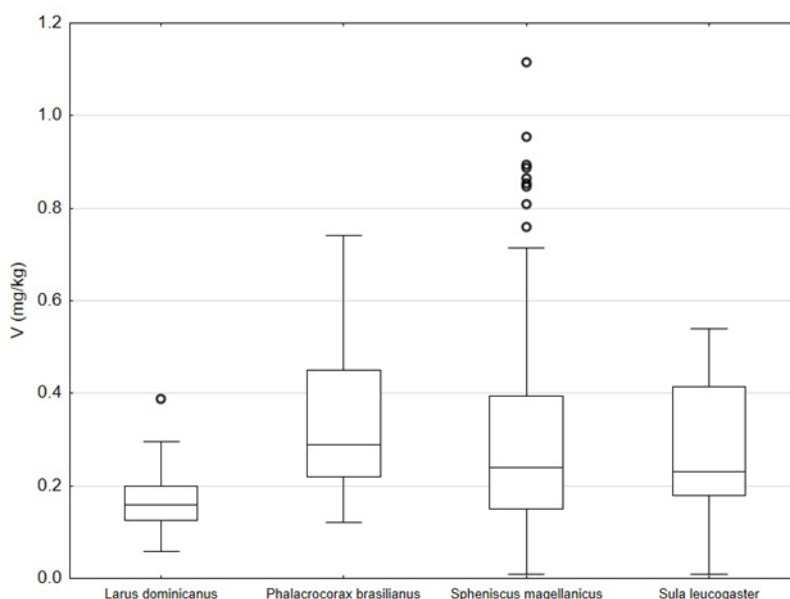
**Figura 7.3-5 - Gráfico de caixas para Mn em aves durante o ano de 2024 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).**

O gráfico de caixas para Mn em Aves é ilustrado na **Figura 7.3-5**, observa-se uma tendência para menores concentrações de Mn na espécie *Spheniscus magellanicus* e maiores para as espécies *Larus dominicanus* e *Phalacrocorax brasilianus*, em especial, para a espécie *Sula leucogaster*. Verifica-se, também, muitos valores outliers para *Spheniscus magellanicus*.



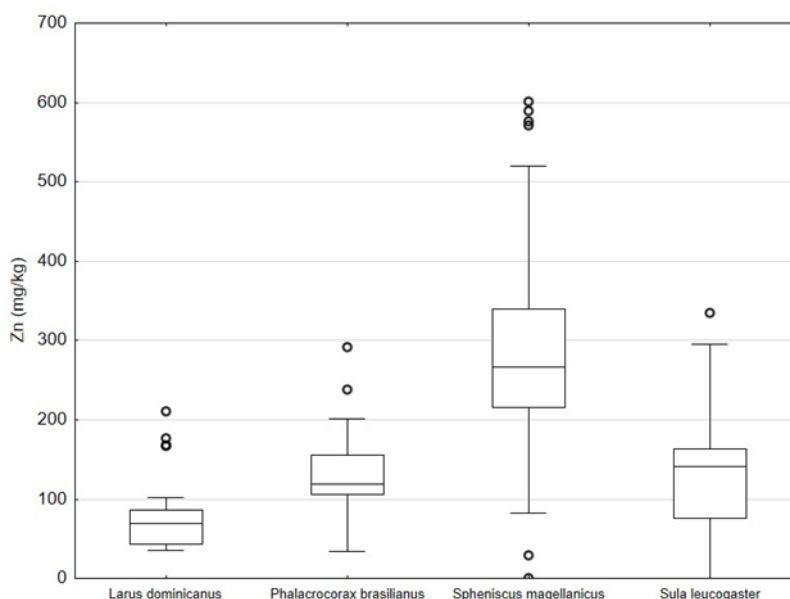
**Figura 7.3-6-** Gráfico de caixas para Mo em aves durante o ano de 2024 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).

Na **Figura 7.3-6** é ilustrado o gráfico de caixas para Mo em Aves. Observa-se uma diferença bem significativa entre as medianas das quatro espécies com *Spheniscus magellanicus* muito superior ao observado para as outras três espécies.



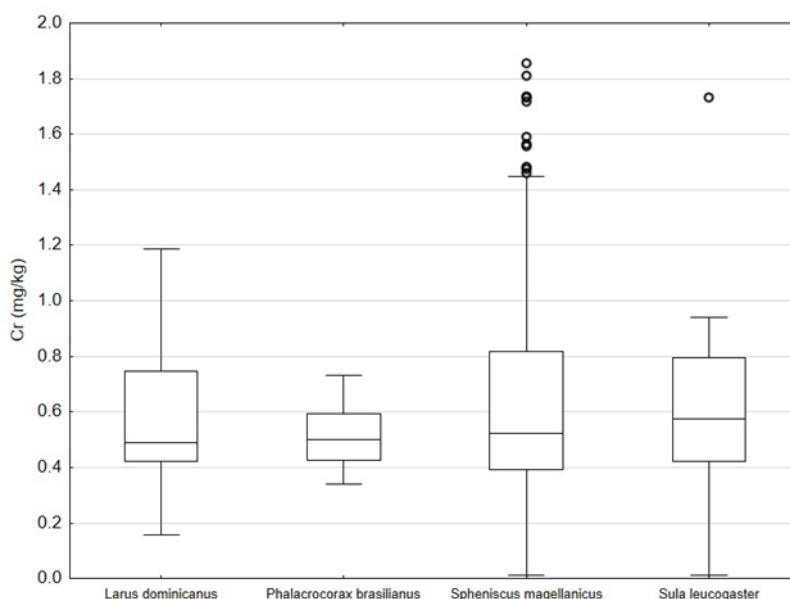
**Figura 7.3-7** - Gráfico de caixas para V em aves durante o ano de 2024 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).

O gráfico de caixas para V é apresentado na **Figura 7.3-7**. 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. As *Spheniscus magellanicus*, *Phalacrocorax brasilianus* e *Sula leucogaster* apresentam concentrações equivalentes entre si.



**Figura 7.3-8** - Gráfico de caixas para Zn em aves durante o ano de 2024 (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 7.3-8**. 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 maiores concentrações na espécie *Spheniscus magellanicus*, e *Phalacrocorax brasilianus* e *Sula Leocogaster* serem iguais entre si e *Larus dominicanus* ser menor do que essas três espécies.



**Figura 7.3-9** - Gráfico de caixas para Cr em aves durante o ano de 2024 (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 Cr é apresentado na **Figura 7.3-9**. Verifica-se que as concentrações de Cr são equivalentes entre as quatro espécies. Nota-se, como relatado para outros elementos, muitos valores outliers na espécie *Spheniscus magellanicus*, talvez, um reflexo do grande número de indivíduos analisados.

### Tartarugas-marinhas

#### *Chelonia mydas*

A **Tabela 7.3-5** apresenta a estatística descritiva para *Chelonia mydas*. A máxima concentração média foi a de Cu (230 mg kg<sup>-1</sup>) enquanto a menor foi a de Ba (0,32 mg kg<sup>-1</sup>), sendo a seguinte sequência obtida: [Cu] > [Zn] > [Cd] > [Mn] > [As] > [Hg] > [Cr] > [Pb] > [Mo] > [V] > [Hg] > [Ba]. O maior desvio padrão relativo (DPR) é observado para o Hg (133%) e o menor é verificado para Zn e Mn (42%).

**Tabela 7.3-5 – Estatística descritiva para *Chelonia mydas* dos elementos-traço (n = 122) no ano de 2024, considerando o critério LD / 2 para valores abaixo do LD.**

Elemento	Média	DP	Mediana	Mínimo	Máximo	DPR (%)
As (mg/kg)	8,14	8,34	4,96	0,96	53,8	102
Cd (mg/kg)	29,6	22,8	21,2	5,03	107	77
Cr (mg/kg)	1,40	1,13	0,89	0,38	4,8	81
Cu (mg/kg)	230	117	202	50,4	691	51
Pb (mg/kg)	1,25	1,80	0,66	0,01	12,8	144
Mn (mg/kg)	9,45	3,96	9,25	2,03	19,0	42
Mo (mg/kg)	1,33	0,88	1,11	0,27	7,2	66
Zn (mg/kg)	150	62,7	142	27,0	373	42
Ni (mg/kg)	0,63	0,56	0,54	0,01	3,3	90
Ba (mg/kg)	0,24	0,31	0,16	0,01	2,5	129
V (mg/kg)	1,12	1,00	0,89	0,17	5,8	89
Hg (mg/kg)	0,98	0,87	0,73	0,06	5,9	89

### ***Caretta caretta***

A Tabela 7.3-6 apresenta a estatística descritiva para *Caretta caretta* (n = 11). A maior concentração média de todos os elementos-traço analisados foi obtida para Zn (88,5 mg kg<sup>-1</sup>) e, as menores para Ba (0,14 mg kg<sup>-1</sup>). A sequência das concentrações foi: [Zn] > [Cu] > [Cd] > [As] > [Mn] > [Hg] > [Cr] > [V] > [Mo] > [Ni] > [Pb] > [Ba]. O maior desvio padrão relativo (DPR) é observado para o Cu (179%) e o menor é verificado para Mn (55%).

**Tabela 7.3-6 – Estatística descritiva para *Caretta caretta* dos elementos-traço (n = 11) no ano de 2024, considerando o critério LD / 2 para valores abaixo do LD.**

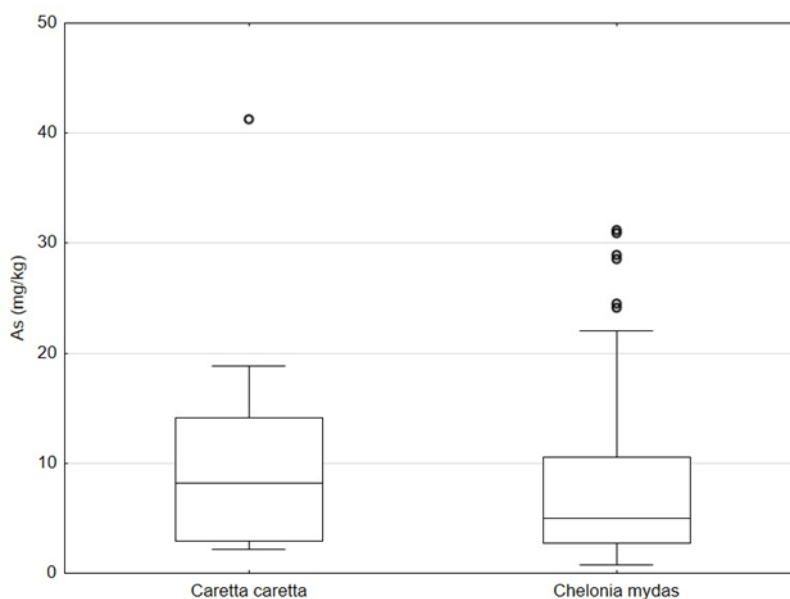
Elemento	Média	DP	Mediana	Mínimo	Máximo	DPR (%)
As (mg/kg)	10,6	11,5	8,18	2,14	41,2	108
Cd (mg/kg)	38,9	34,5	24,5	5,54	107	89
Cr (mg/kg)	1,32	1,26	0,64	0,31	3,4	95
Cu (mg/kg)	49,4	88,6	14,0	4,01	311	179
Pb (mg/kg)	0,31	0,38	0,16	0,01	1,1	125
Mn (mg/kg)	4,71	2,58	5,20	1,64	10,6	55
Mo (mg/kg)	0,74	0,43	0,58	0,33	1,5	58
Zn (mg/kg)	88,5	57,5	74,3	20,3	187	65
Ni (mg/kg)	0,32	0,27	0,31	0,01	0,8	87
Ba (mg/kg)	0,14	0,15	0,07	0,01	0,5	109

Elemento	Média	DP	Mediana	Mínimo	Máximo	DPR (%)
V (mg/kg)	1,19	0,91	0,78	0,22	3,4	77
Hg (mg/kg)	1,54	2,36	0,81	0,38	8,5	153

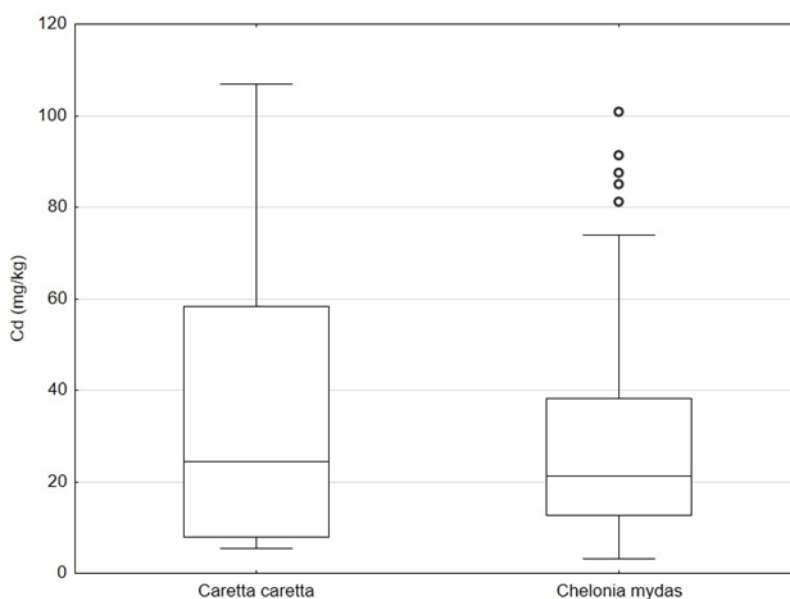
### Tartarugas-marinhas – Gráfico de Caixa

De modo a possibilitar uma comparação visual das concentrações elementares entre as diferentes espécies de quelônios, durante o ano de 2024, 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.

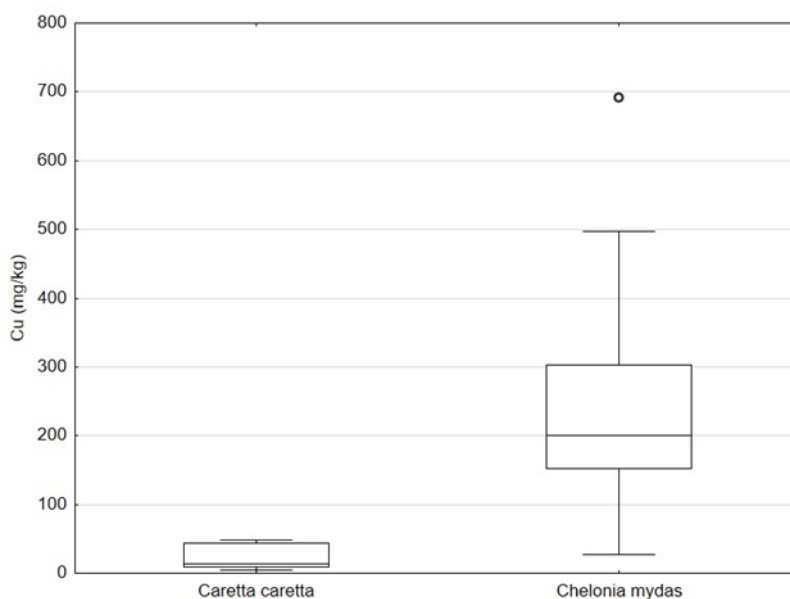
Os gráficos de caixas aparecem da **Figura 7.3-10** a **Figura 7.3-21**, verifica-se, de um modo geral, uma assimetria, para valores maiores, na distribuição dos valores de concentração dos elementos na espécie *Caretta caretta*. Verifica-se, também, um número maior de outliers para a espécie *Chelonia mydas*, em função de um N muito maior (122). Para os elementos As, Ba, Cd, Cr, Pb, Mo, Ni, 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, Mn, Pb e Zn na espécie *Chelonia mydas*.



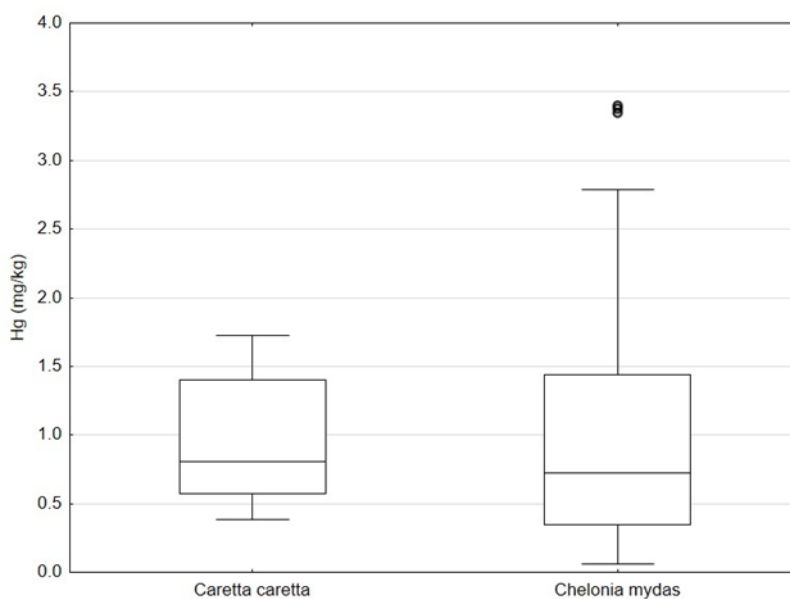
**Figura 7.3-10 - Gráfico de caixas para As em quelônios durante o ano de 2024**  
(valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



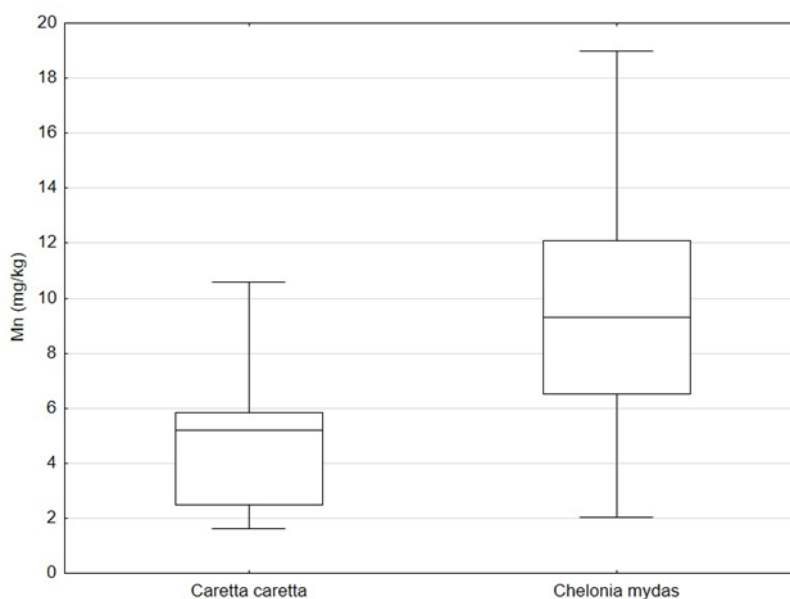
**Figura 7.3-11 - Gráfico de caixas para Cd em quelônios durante o ano de 2024**  
(valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



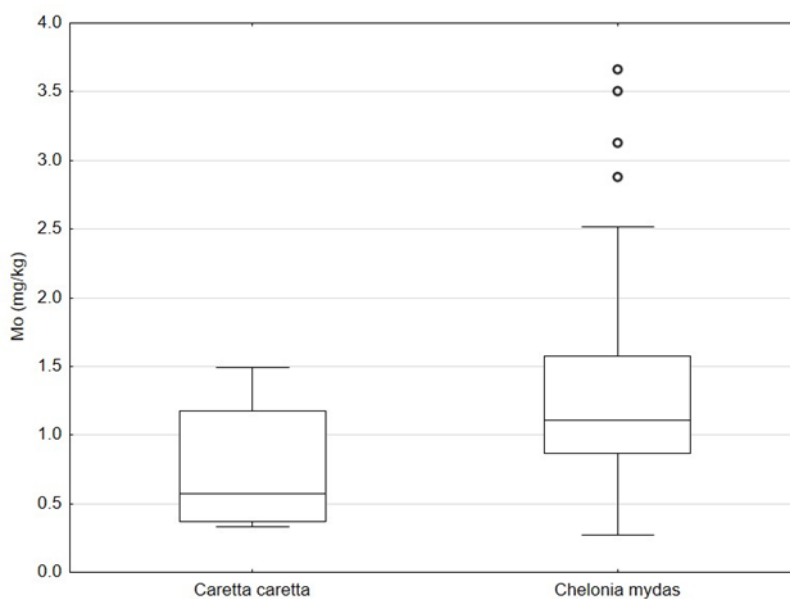
**Figura 7.3-12 - Gráfico de caixas para Cu em quelônios durante o ano de 2024** (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



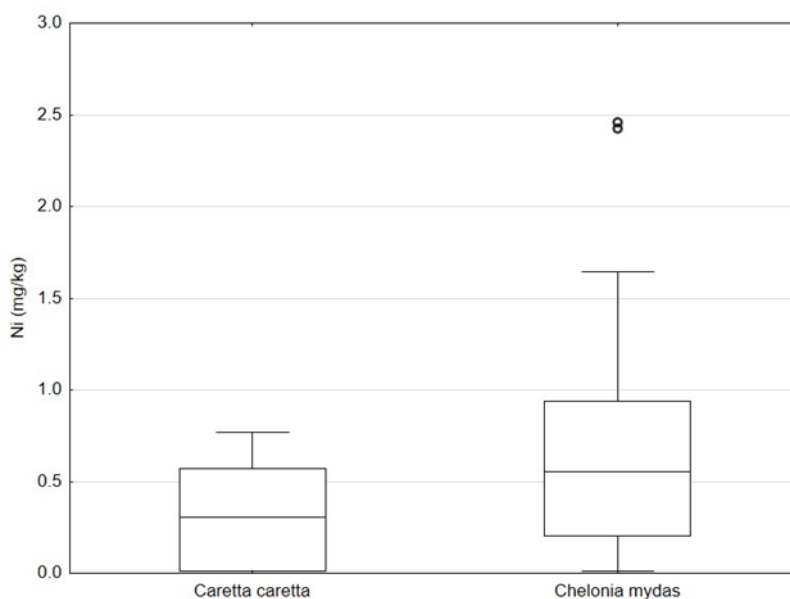
**Figura 7.3-13 - Gráfico de caixas para Hg em quelônios durante o ano de 2024** (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



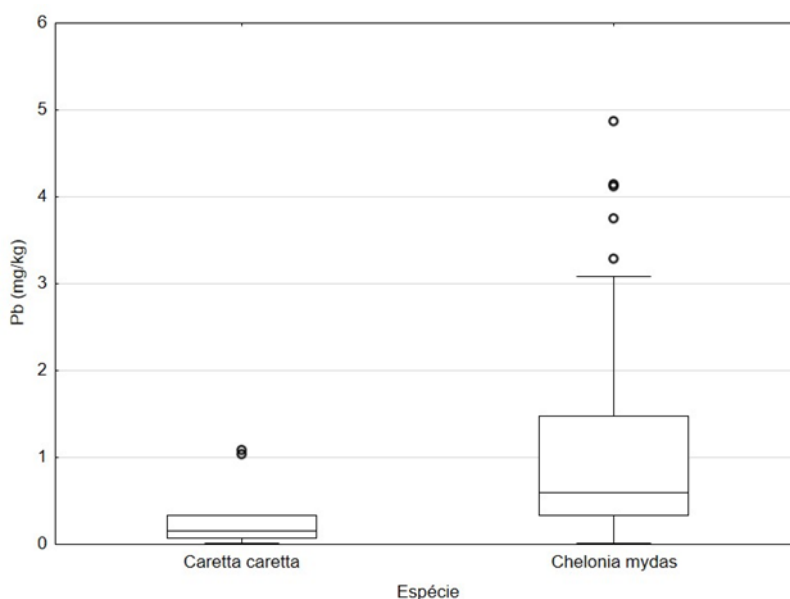
**Figura 7.3-14 - Gráfico de caixas para Mn em quelônios durante o ano de 2024** (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



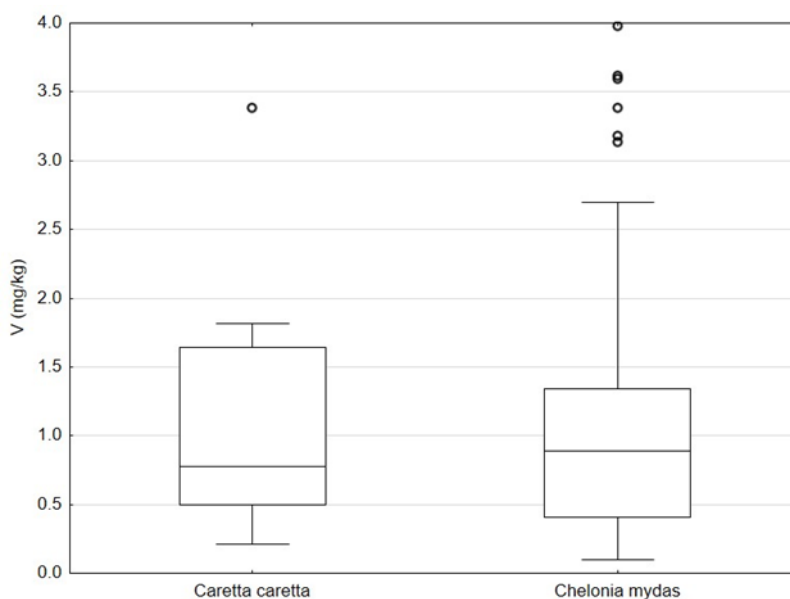
**Figura 7.3-15 - Gráfico de caixas para Mo em quelônios durante o ano de 2024** (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



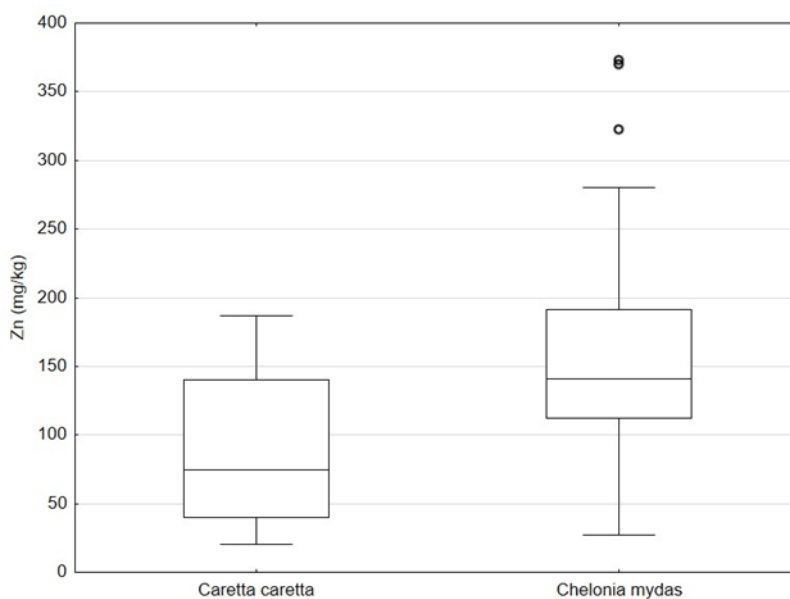
**Figura 7.3-16 - Gráfico de caixas para Ni em quelônios durante o ano de 2024** (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



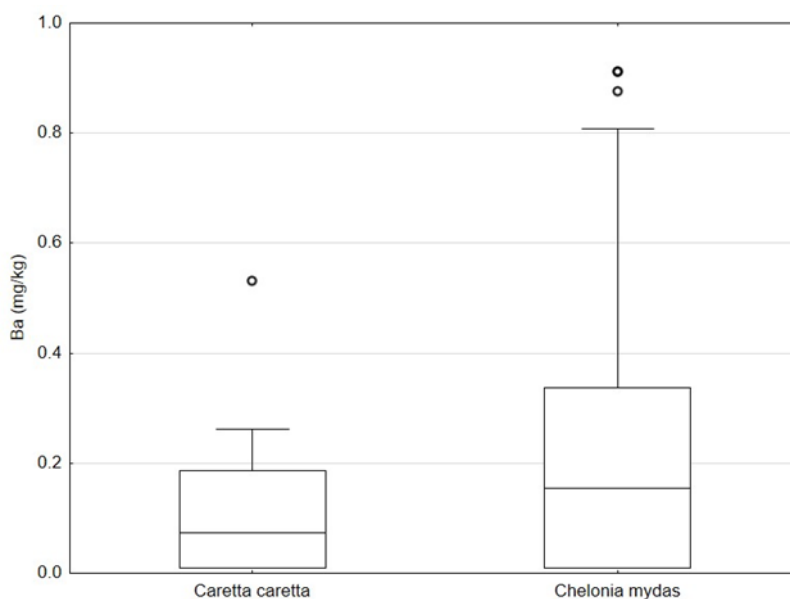
**Figura 7.3-17 - Gráfico de caixas para Pb em quelônios durante o ano de 2024** (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



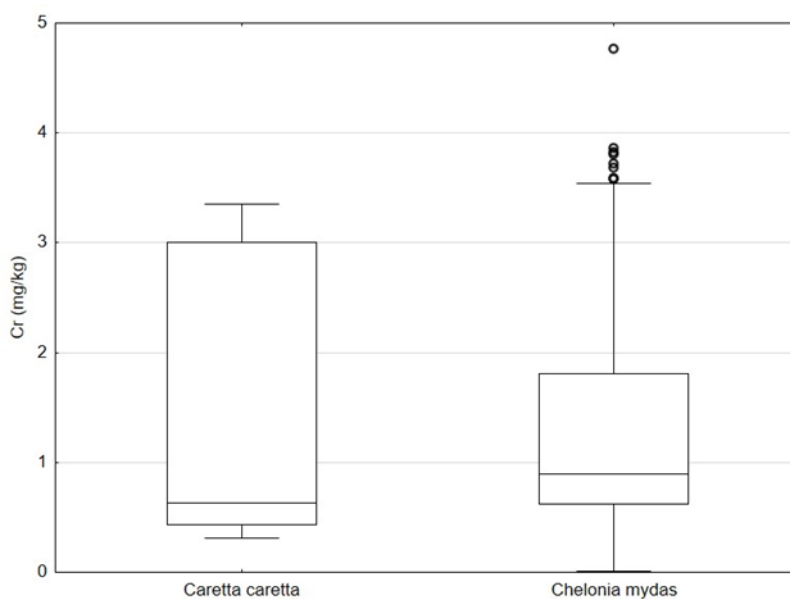
**Figura 7.3-18** - Gráfico de caixas para V em quelônios durante o ano de 2024 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



**Figura 7.3-19** - Gráfico de caixas para Zn em quelônios durante o ano de 2024 (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 Ba em quelônios durante o ano de 2024** (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 Cr em quelônios durante o ano de 2024** (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 7.3-7** apresenta a estatística descritiva para *Sotalia guianensis*. A concentração média máxima, foi a de Zn (164 mg kg<sup>-1</sup>) enquanto a menor foi a de Ba (0,022 mg kg<sup>-1</sup>); sendo a seguinte a sequência obtida: [Zn] > [Cu] > [Hg] > [Mn] > [Mo] > [Cr] > [As] > [Cd] > [Ni] > [V] > [Pb] > [Ba]. O maior desvio padrão relativo (DPR) é observado para o Cu (232%) e o menor é verificado para Mo (28%). 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 7.3-7 – Estatística descritiva para *Sotalia guianensis* dos elementos-traço (n = 13) no ano de 2024, considerando o critério LD / 2 para valores abaixo do LD.**

Elemento	Média	DP	Mediana	Mínimo	Máximo	DPR (%)
As (mg/kg)	1,02	0,27	0,87	0,57	1,73	26
Cd (mg/kg)	0,77	0,69	0,27	0,03	2,85	89
Cr (mg/kg)	1,20	1,23	0,61	0,01	3,69	102
Cu (mg/kg)	152	353	28,9	12,3	1237	232
Pb (mg/kg)	0,026	0,022	0,010	0,010	0,069	84
Mn (mg/kg)	11,9	3,72	11,6	7,20	18,8	31
Mo (mg/kg)	1,94	0,54	1,83	1,04	2,91	28
Zn (mg/kg)	164	51,4	144	124	291	31
Ni (mg/kg)	0,25	0,24	0,30	0,01	0,54	94
Ba (mg/kg)	0,022	0,017	0,010	0,010	0,064	78
V (mg/kg)	0,18	0,08	0,17	0,05	0,35	44
Hg (mg/kg)	50,7	92,1	4,15	0,71	278	182

### *Pontoporia blainvillei*

Os dados referentes a estatística descritiva para *Pontoporia blainvillei* são apresentados na **Tabela 7.3-8**. A concentração média máxima, foi a de Zn (238 mg kg<sup>-1</sup>) enquanto a menor foi a de Pb (0,049 mg kg<sup>-1</sup>); sendo a seguinte a sequência obtida: [Zn] > [Cu] > [Mn] > [Hg] > [Mo] > [Cr] > [As] > [Cd] > [Ni] > [V] > [Ba] > [Pb]. O maior desvio padrão relativo (DPR) é observado para o Cd

(200%) e o menor é verificado para Mn (38%). Nota-se, também para essa espécie, o efeito da adoção dos valores abaixo do LD por LD/2 para Pb com a mediana sendo igual a LD/2.

**Tabela 7.3-8 – Estatística descritiva para *Pontoporia blainvillei* dos elementos-traço ( $n = 27$ ) no ano de 2024, considerando o critério LD / 2 para valores abaixo do LD.**

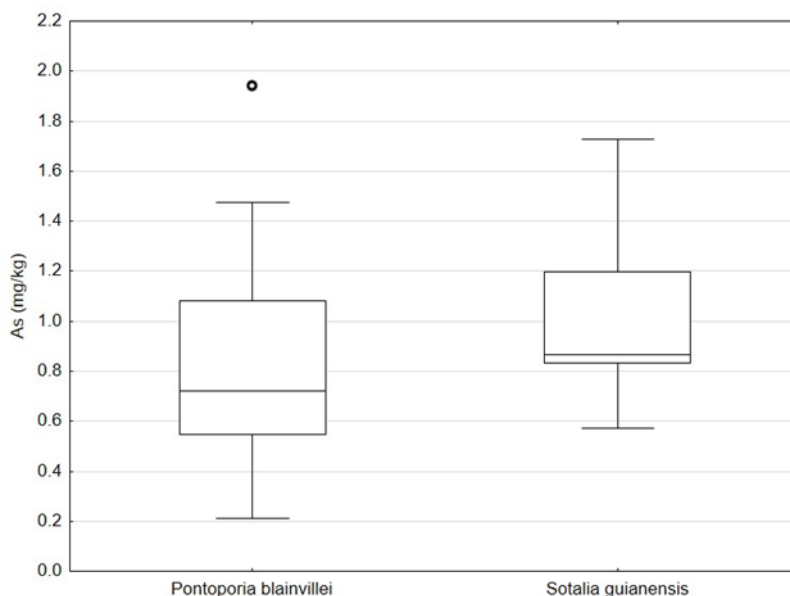
Elemento	Média	DP	Mediana	Mínimo	Máximo	DPR (%)
As (mg/kg)	0,83	0,45	0,72	0,21	1,94	54
Cd (mg/kg)	0,56	1,12	0,083	0,003	5,19	200
Cr (mg/kg)	1,14	1,05	0,68	0,31	3,50	92
Cu (mg/kg)	87,9	86,8	39,7	11,2	317	99
Pb (mg/kg)	0,049	0,034	0,028	0,021	0,107	68
Mn (mg/kg)	14,8	5,62	13,6	6,46	26,72	38
Mo (mg/kg)	1,33	1,04	0,99	0,12	4,72	79
Zn (mg/kg)	238	249	140	56,1	1153	105
Ni (mg/kg)	0,38	0,16	0,39	0,13	0,67	42
Ba (mg/kg)	0,053	0,027	0,038	0,035	0,099	51
V (mg/kg)	0,158	0,080	0,157	0,050	0,395	51
Hg (mg/kg)	1,93	1,97	1,21	0,38	7,79	102

## Mamíferos – Gráficos de Caixa

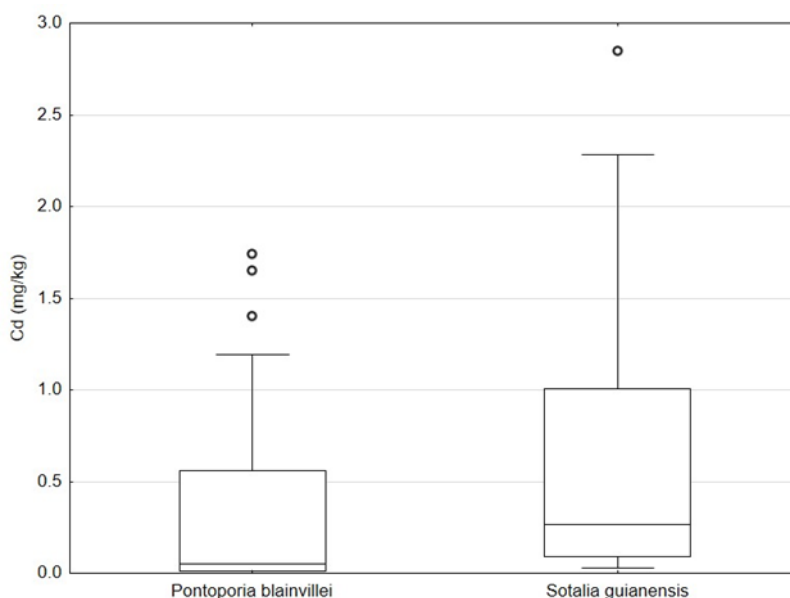
De modo a possibilitar uma comparação visual das concentrações elementares entre as diferentes espécies de quelônios, durante o ano de 2024, optou-se de adoção do gráfico de caixas, com o valor central representado pela mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras 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 Pb, Ni e Ba com mais de 50% dos valores abaixo do LD foram excluídos dessa avaliação

Os gráficos de caixa para As, Cd, Cu, Hg, Mn, Mo, V, Zn e Cr aparecem da **Figura 7.3-22** a **Figura 7.3-29**. Já a partir dos dados das tabelas com a estatística descritiva das duas espécies de mamíferos era possível verificar que as medianas para As, Cd, Cu, Mn, Mo e Zn eram estatisticamente iguais, o que pode ser corroborado nos gráficos de caixa. O gráfico de caixa para Hg (**Figura 7.3-25**) reflete a grande dispersão de dados para a espécie *Sotalia*

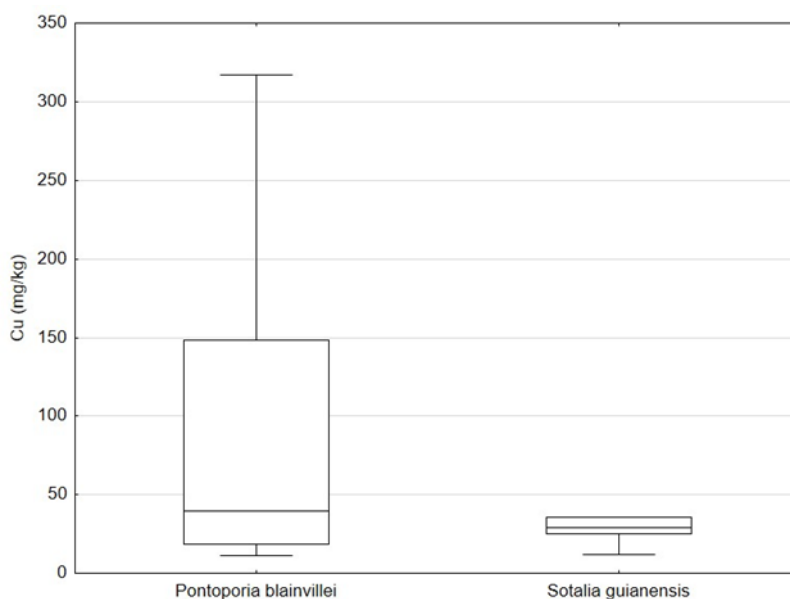
*guianensis* e com 50% dos dados acima do valor máximo observados para a espécie *Pontoporia blainvillei*.



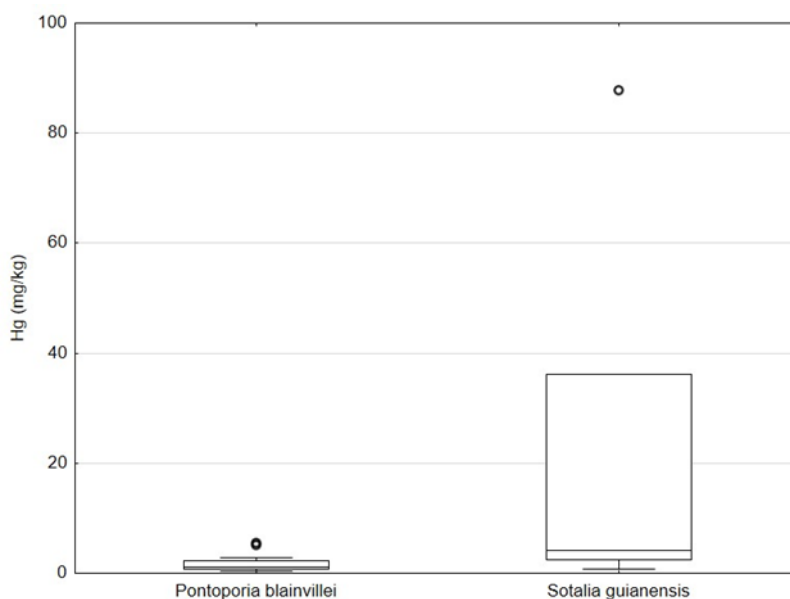
**Figura 7.3-22** - Gráfico de caixas para As em mamíferos durante o ano de 2024 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



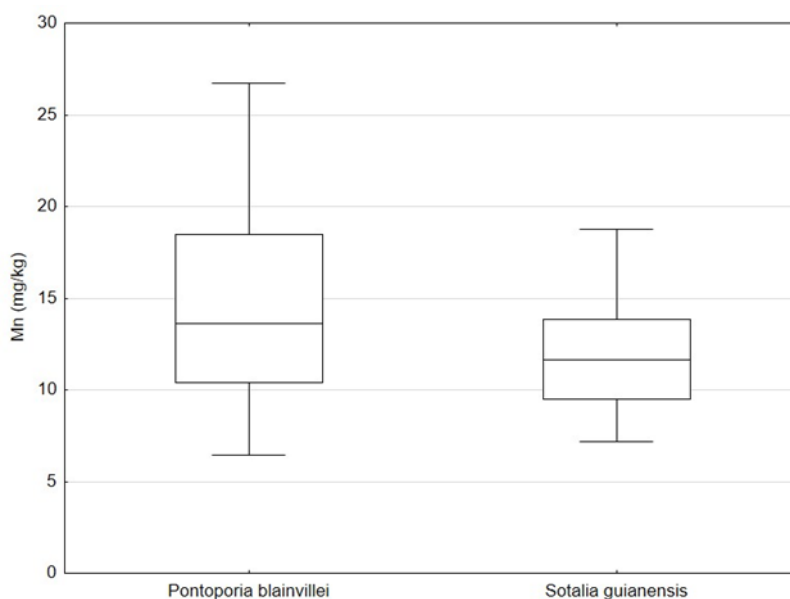
**Figura 7.3-23** - Gráfico de caixas para Cd em mamíferos durante o ano de 2024 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



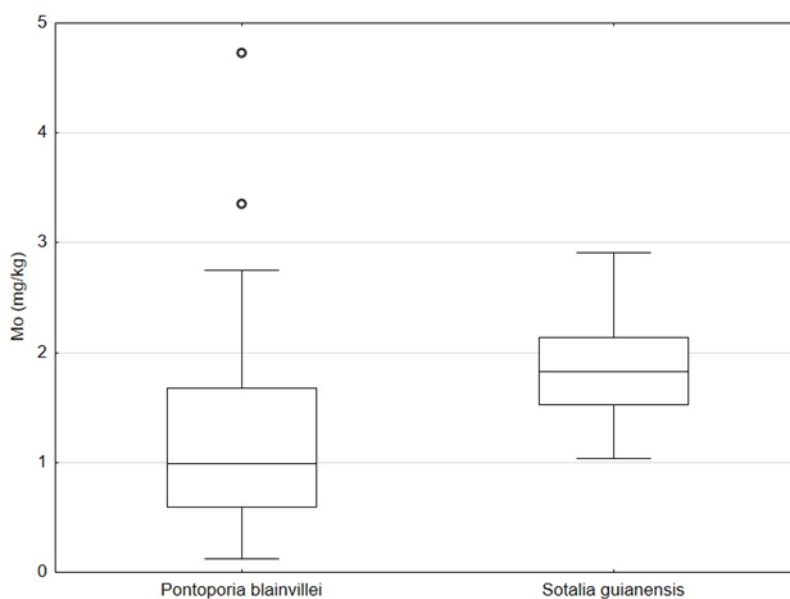
**Figura 7.3-24 - Gráfico de caixas para Cu em mamíferos durante o ano de 2024** (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



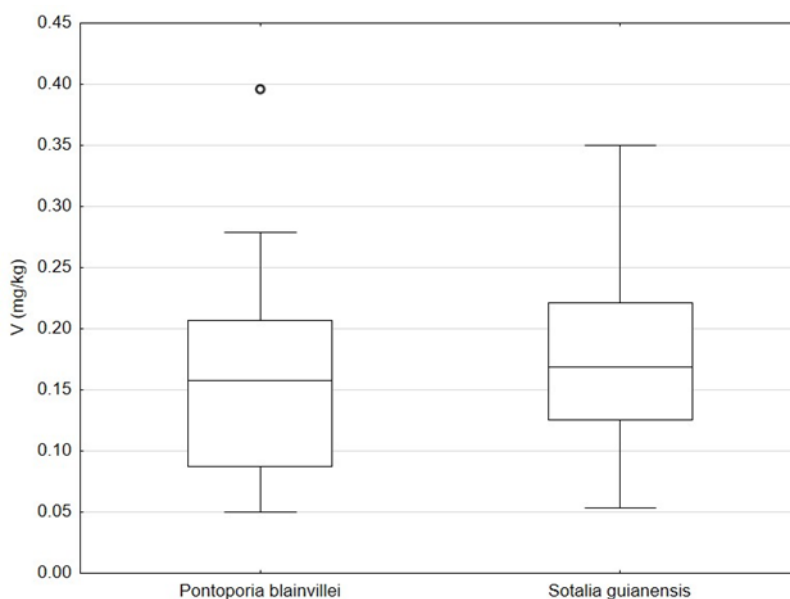
**Figura 7.3-25 - Gráfico de caixas para Hg em mamíferos durante o ano de 2024** (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



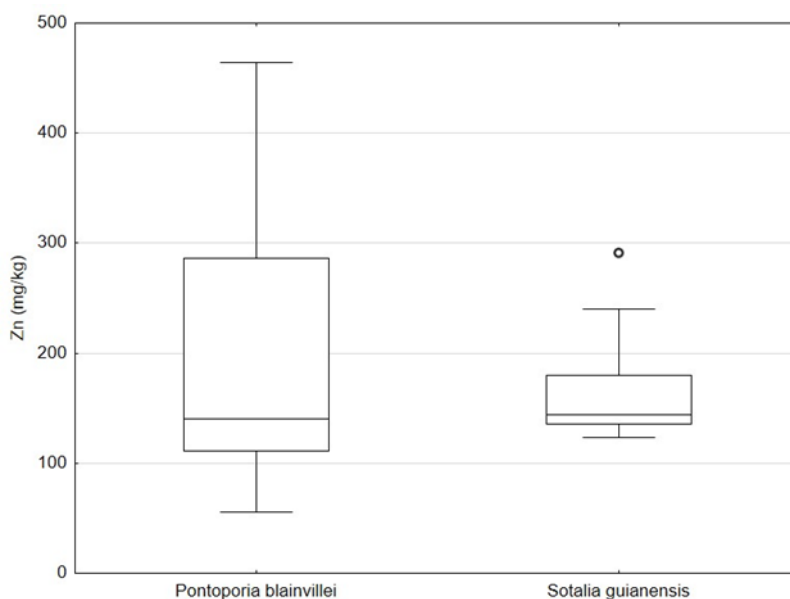
**Figura 7.3-26** - Gráfico de caixas para Mn em mamíferos durante o ano de 2024 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



**Figura 7.3-27** - Gráfico de caixas para Mo em mamíferos durante o ano de 2024 (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 V em mamíferos durante o ano de 2024**  
(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 Zn em mamíferos durante o ano de 2024**  
(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 7.3-9** a **Tabela 7.3-11** são apresentadas, respectivamente, a frequência e o respectivos sexos das aves (*Larus dominicanus*, *Phalacrocorax brasilianus*, *Spheniscus magellanicus* e *Sula leucogaster*), dos mamíferos (*Pontoporia blainvillei*, *Sotalia guianensis*) e dos quelônios (*Caretta caretta* e *Chelonia mydas*).

**Tabela 7.3-9** – Frequência de sexo para aves marinhas nas amostras analisadas para elementos traço no ano de 2024.

Espécie	Sexo		
	Indefinido	Feminino	Masculino
<i>Larus dominicanus</i>		14	23
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>		14	10
<i>Spheniscus magellanicus</i>	4	206	58
<i>Sula leucogaster</i>		9	10

**Tabela 7.3-10** – Frequência de sexo para mamíferos marinhos nas amostras analisadas para elementos traço no ano de 2024.

Espécie	Sexo		
	Indefinido	Feminino	Masculino
<i>Pontoporia blainvillei</i>	1	14	12
<i>Sotalia guianensis</i>		6	7

**Tabela 7.3-11** – Frequência de sexo para tartarugas-marinhas nas amostras analisadas para elementos traço no ano de 2024.

Espécie	Sexo		
	Indefinido	Feminino	Masculino
<i>Caretta caretta</i>		8	3
<i>Chelonia mydas</i>	3	89	29

## Comparações entre sexos

### Aves marinhas

Como nas avaliações estatísticas anteriores, não foram considerados os casos do 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 7.3-12** 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 poucas diferenças significativas entre sexos para todas as quatro espécies: V para *Larus dominicanus*, com fêmea>macho. e Cu e V para *Phalacrocorax brasilianus*, com macho>fêmea.

**Tabela 7.3-12** – 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 2024.

Elemento	Espécie			
	<i>Larus dominicanus</i>	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	<i>Spheniscus magellanicus</i>	<i>Sula leucogaster</i>
As	0.36	-0.48	1.86	-1.08
Cd	-1.49	1.90	-0.65	-0.49
Cu	1.12	<b>-2.22</b>	1.40	0.38
Cr	0.53	0.46	-0.44	-0.59
Mn	0.15	0.20	-0.77	-1.02
Mo	-0.65	-1.13	0.22	-0.75
Zn	1.25	-0.25	0.30	-0.89
V	<b>2.02</b>	<b>-2.87</b>	0.59	0.34
Hg	0.70	0.85	-0.60	0.59

### 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 7.3-13** 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. Não é verificado um efeito do fator sexo na concentração dos elementos traço estudados para espécie *Caretta caretta*. No caso da espécie *Chelonia mydas*, existe uma diferença significativa para Cu, Mo, V e Hg, com fêmea>macho.

**Tabela 7.3-13** – 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 2024.

Elemento	Espécie	
	<i>Caretta caretta</i>	<i>Chelonia mydas</i>
As	-1.42	0.10
Cd	-0.83	0.52
Cu	0.06	<b>10.85</b>
Cr	-0.21	0.18
Pb	1.33	-0.53
Mn	-0.51	0.43
Mo	0.01	<b>9.36</b>
Zn	0.00	0.20
Ni	0.24	0.23
Ba	0.44	1.44
V	-0.13	<b>4.21</b>
Hg	-0.62	<b>5.39</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 7.3-14** 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, apenas uma única diferença significativa: Cr na espécie *Pontoporia blainvillei* com fêmea>macho.

**Tabela 7.3-14** – 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 2024.

Elemento	Espécie	
	<i>Pontoporia blainvillei</i>	<i>Sotalia guianensis</i>
As	0.39	0.41
Cd	<b>2.17</b>	0.06
Cr	-0.55	0.23
Cu	-1.48	-0.08
Mn	-1.06	1.53
Mo	0.23	0.29
Zn	0.33	0.09
V	1.46	0.06
Hg	0.39	0.41

### **Estágio de desenvolvimento**

Da **Tabela 7.3-15** a **Tabela 7.3-17**, 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*, *Sula Leocogaster*), dos mamíferos (*Pontoporia blainvillei*, *Sotalia guianensis*) e dos quelônios (*Caretta caretta* e *Chelonia mydas*). Verifica-se que, as espécies *Caretta caretta* e *Chelonia mydas* apresentam um único ou, mesmo, nenhum indivíduo adulto o que impossibilita uma comparação entre estágios de desenvolvimento para essas duas espécies.

**Tabela 7.3-15 – Frequência de estágio de desenvolvimento para aves marinhas nas amostras analisadas para elementos traço no ano de 2024.**

Espécie	Desenvolvimento			
	Adulto	Jovem	Infantil	Indeterminado
<i>Larus dominicanus</i>	17	19	1	
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	8	16		
<i>Spheniscus magellanicus</i>	12	254		2
<i>Sula Leocogaster</i>	8	11		

**Tabela 7.3-16 – Frequência de estágio de desenvolvimento para mamíferos marinhos nas amostras analisadas para elementos traço no ano de 2024**

Espécie	Desenvolvimento				
	Adulto	Jovem	Infantil	Feto	Indeterminado
<i>Pontoporia blainvillei</i>	7	9	11	1	
<i>Sotalia guianensis</i>	4	7			2

**Tabela 7.3-17 – Frequência de estágio de desenvolvimento para tartarugas-marinhas nas amostras analisadas para elementos traço no ano de 2024.**

Espécie	Desenvolvimento	
	Adulto	Jovem
<i>Caretta caretta</i>	1	10
<i>Chelonia mydas</i>	0	120

## 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 7.3-18** mostra os resultados da comparação entre as médias logarítmicas, realizada através do teste Z, os valores em negrito significam valores acima do valor de Zcrit (1,96), com resultados positivos de Z relacionados com uma concentração maior no estágio de desenvolvimento mais avançado.

Durante o ano de 2024, verificou-se pouca influência do estágio de desenvolvimento na concentração dos elementos estudados nas quatro espécies avaliadas. Duas únicas exceções foram notadas: Cr na espécie

*Spheniscus magellanicus*, com jovem>adulto, e Cd na espécie *Sula Leocogaster*, com adulto>jovem.

**Tabela 7.3-18** – 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  $Z_{crit} = 1,96$ , adulto>jovem), das amostras analisadas para elementos traço no ano de 2024.

Elemento	Espécie			
	<i>Larus dominicanus</i>	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	<i>Spheniscus magellanicus</i>	<i>Sula Leocogaster</i>
As	-0.43	-0.63	-1.51	-0.14
Cd	-0.24	1.55	-0.83	<b>2.97</b>
Cr	-0.18	0.66	<b>-2.15</b>	-0.44
Cu	0.79	-0.86	0.66	-0.78
Mn	-0.77	-1.09	0.21	-1.13
Mo	-0.53	0.20	-1.77	-1.16
Zn	-0.31	0.12	-0.40	0.60
V	-1.01	0.05	0.11	0.13
Hg	-1.07	0.66	0.19	1.34

### Tartarugas-marinhas

Não foi possível avaliar a variável estágio de desenvolvimento para as duas espécies de quelônios devido a indisponibilidade de indivíduos adultos.

### 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* (4 adultos, 7 juvenis). Em termos de comparação entre adultos/jovens, cinco elementos não apresentaram dependência com o estágio de desenvolvimento (As, Cr, Cu, Zn e Hg), para Mn tem-se adulto>jovem, enquanto para Cd, Mo e V jovens>adultos.

**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 2024.

Elemento	Diferença entre estágios		
	Adulto/Jovem	Adulto/Infantil	Jovem/Infantil
As	-0.41	Não aplicável	Não aplicável
Cd	<b>-2.86</b>	Não aplicável	Não aplicável
Cr	-1.85	Não aplicável	Não aplicável
Cu	1.94	Não aplicável	Não aplicável
Mn	<b>2.08</b>	Não aplicável	Não aplicável
Mo	<b>-4.51</b>	Não aplicável	Não aplicável
Zn	1.10	Não aplicável	Não aplicável
V	<b>-2.52</b>	Não aplicável	Não aplicável
Hg	-1.47	Não aplicável	Não aplicável

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* (7 adultos, 9 juvenis e 11 filhotes). Na comparação entre indivíduos adultos e filhotes, quase todos os elementos apresentam uma diferença significativa entre esses estágios de desenvolvimento. Por outro lado, ao comparar-se jovens com filhotes, verifica-se, uma diferença significativa apenas nos casos do As e do Mo com jovem>filhote. Entre adultos e jovens, nota-se que a concentração de Cd e Mo nos adultos>jovens. Para alguns elementos como o Mo verifica-se a tendência adulto>jovem>filhote e para Cd adulto>jovem=filhote.

**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 2024.

Elemento	Diferença entre estágios		
	Adulto/Jovem	Adulto/Infantil	Jovem/Infantil
As	-1.10	<b>2.67</b>	<b>3.31</b>
Cd	<b>2.61</b>	<b>4.76</b>	1.64
Cr	-0.15	-1.12	-1.06
Cu	-0.65	<b>-2.67</b>	-1.74

Elemento	Diferença entre estágios		
	Adulto/Jovem	Adulto/Infantil	Jovem/Infantil
Mn	-1.51	-1.43	-0.33
Mo	<b>2.91</b>	<b>5.57</b>	<b>2.87</b>
Zn	-1.33	<b>-2.70</b>	-0.90
V	1.20	1.59	0.58
Hg	1.05	<b>2.11</b>	1.21

**Local (Mesorregião)**

Dado o baixo número de indivíduos para a maioria das espécies, optou-se por escolher a espécie com o maior número de indivíduos dentre cada uma das classes, a saber: *Spheniscus magellanicus* (n = 268), *Pontoporia blainvillei* (n = 26) e *Chelonia mydas* (n = 121). 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 2024.

Local (Mesorregião)	Frequência
MS-01	79
MS-02	39
MS-03	17
MS-04	31
MS-05	19
MS-06	21
MS-07	23
MS-08	35
MS-09	1
MS-10	3
MS-11	
MS-12	
MS-13	3
Total	268

**Tabela 7.3-22 – Frequência de local para a espécie *Pontoporia blainvillei* nas amostras analisadas para elementos traço no ano de 2024.**

Local (Mesorregião)	Frequência
MS-01	3
MS-02	0
MS-03	1
MS-04	0
MS-05	2
MS-06	1
MS-07	15
MS-08	5
MS-09	0
MS-10	0
MS-11	0
MS-12	0
MS-13	0
Total	26

**Tabela 7.3-23 – Frequência de local para *Chelonia mydas*, nas amostras analisadas para elementos traço no ano de 2024.**

Local (Mesorregião)	Frequência
MS-01	2
MS-02	0
MS-03	3
MS-04	3
MS-05	11
MS-06	12
MS-07	27
MS-08	53
MS-09	3
MS-10	6
MS-11	0
MS-12	0
MS-13	1
Total	121

## Comparação entre locais (Mesorregiões)

### Aves marinhas

Comparou-se as concentrações dos elementos-traço obtidos para indivíduos coletados em diferentes locais (oito mesorregiões) para *Spheniscus magellanicus* (Mesorregiões 01-08). 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: Pb, Ni e Ba.

As estatísticas descritivas para arsênio, cádmio, cobre, manganês, molibdênio, zinco, vanádio, mercúrio e cromo nos indivíduos de *Spheniscus magellanicus* nas diferentes mesorregiões são apresentadas nas tabelas pares entre a **Tabela 7.3-24** e a **Tabela 7.3-41**.

Uma vez que os dados seguem uma distribuição lognormal, os testes de comparação de médias foram realizados empregando-se a média geométrica (tabelas ímpares entre as **Tabela 7.3-24** e a **Tabela 7.3-41**). Verifica-se que as mesorregiões 6-8 são, estatisticamente, equivalentes, entre si para todos os elementos. Para as demais mesorregiões é difícil encontrar um padrão fixo, dependendo do elemento são ora equivalentes entre si e ora diferentes. Nota-se, entretanto, que alguns elementos apresentam uma maior uniformidade entre as regiões como Cd e V enquanto outros como Cr e Mn parecem diferir, praticamente, entre todas as regiões a menos do verificado entre as mesorregiões 6-8.

**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 2024.**

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-01	79	6.90	4.10	5.72	1.92	1.08	21.46
MS-02	39	7.62	5.67	6.11	2.02	0.58	33.87
MS-03	17	7.25	5.40	5.41	2.31	0.88	17.62
MS-04	31	5.05	3.14	4.03	2.10	0.68	11.85
MS-05	19	4.77	4.86	3.15	2.50	0.74	17.29
MS-06	21	4.00	3.35	3.04	2.14	0.92	15.63
MS-07	23	2.98	1.54	2.62	1.69	1.06	6.24
MS-08	34	3.47	2.37	2.74	2.06	0.54	9.61

**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 2024.**

Mesorregião	01	02	03	04	05	06	07	08
MS-01		=	=	<>	<>	<>	<>	<>
MS-02	=		=	<>	<>	<>	<>	<>
MS-03	=	=		=	=	<>	<>	<>
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 2024.**

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-01	79	23.5	30.4	14.1	2.7	1.1	212.8
MS-02	39	22.9	21.7	17.6	2.0	4.7	112.9
MS-03	17	31.5	36.6	19.0	2.8	4.8	140.9
MS-04	31	22.9	19.7	16.9	2.2	3.1	74.3
MS-05	19	45.3	51.3	25.0	3.2	3.1	187.1
MS-06	21	31.8	25.6	20.0	3.5	0.3	82.0
MS-07	23	24.5	21.9	17.8	2.2	3.3	88.3
MS-08	34	32.3	26.9	23.5	2.3	4.7	122.2

**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 2024.**

Mesorregião	01	02	03	04	05	06	07	08
MS-01		=	=	=	<>	=	=	<>
MS-02	=		=	=	=	=	=	=
MS-03	=	=		=	=	=	=	=
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 2024.**

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-01	79	26.7	16.1	22.3	1.9	3.3	96.0
MS-02	39	30.7	14.1	28.4	1.5	12.9	93.6
MS-03	17	28.5	9.2	27.2	1.4	17.1	50.0
MS-04	31	25.0	9.7	23.4	1.4	13.0	51.5
MS-05	19	27.9	16.4	25.0	1.6	11.6	87.8
MS-06	21	37.2	28.8	32.3	1.6	12.7	156.1
MS-07	23	29.2	7.5	28.2	1.3	14.2	42.5
MS-08	34	30.6	12.6	28.6	1.4	16.3	66.8

**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 2024.**

Mesorregião	01	02	03	04	05	06	07	08
MS-01		<>	=	=	=	<>	<>	<>
MS-02	<>		=	<>	=	=	=	=
MS-03	=	=		=	=	=	=	=
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 2024.**

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-01	79	6.73	1.74	6.41	1.46	0.53	11.04
MS-02	39	7.21	1.58	7.01	1.29	2.74	10.61
MS-03	17	6.07	1.88	5.76	1.42	2.84	9.13
MS-04	31	6.08	1.73	5.83	1.36	3.00	10.33
MS-05	19	5.74	1.62	5.49	1.38	2.85	8.65
MS-06	21	7.67	1.73	7.51	1.23	5.57	12.54
MS-07	23	6.12	1.68	5.89	1.34	3.18	10.13
MS-08	34	6.71	1.51	6.56	1.25	3.56	11.78

**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 2024.**

Mesorregião	01	02	03	04	05	06	07	08
MS-01		=	=	=	=	<>	=	=
MS-02	=		<>	<>	<>	=	<>	=
MS-03	=	<>		=	=	<>	=	=
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 2024.**

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-01	79	4.69	1.88	4.28	1.58	0.56	9.89
MS-02	39	4.98	1.32	4.82	1.29	2.78	7.90
MS-03	17	4.70	1.51	4.50	1.35	2.90	7.95
MS-04	31	4.60	1.34	4.41	1.34	2.49	7.18
MS-05	19	4.57	1.44	4.28	1.51	1.44	7.07
MS-06	21	5.77	1.78	5.46	1.44	1.72	10.13
MS-07	23	5.95	1.86	5.70	1.35	2.87	10.42
MS-08	34	5.87	1.96	5.56	1.40	3.08	10.02

**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 2024.**

Mesorregião	01	02	03	04	05	06	07	08
MS-01		=	=	=	=	<>	<>	<>
MS-02	=		=	=	=	=	<>	<>
MS-03	=	=		=	=	=	<>	<>
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 2024.**

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-01	79	244	104	220	1.65	29	589
MS-02	39	294	84	282	1.36	103	577
MS-03	17	260	72	248	1.41	89	378
MS-04	31	240	75	230	1.33	131	456
MS-05	19	287	126	260	1.59	97	571
MS-06	21	304	99	288	1.44	87	601
MS-07	23	296	86	284	1.34	162	519
MS-08	34	314	64	307	1.24	190	434

**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 2024.**

Mesorregião	01	02	03	04	05	06	07	08
MS-01		<>	=	=	=	<>	<>	<>
MS-02	<>		=	<>	=	=	=	=
MS-03	=	=		=	=	=	=	<>
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 2024.**

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-01	79	0.24	0.21	0.18	2.15	0.02	1.14
MS-02	39	0.34	0.15	0.31	1.60	0.10	0.70
MS-03	17	0.25	0.09	0.23	1.50	0.11	0.41
MS-04	31	0.25	0.17	0.21	1.70	0.10	0.85
MS-05	19	0.24	0.15	0.20	1.96	0.08	0.51
MS-06	21	0.43	0.28	0.35	1.93	0.09	1.11
MS-07	23	0.34	0.19	0.30	1.67	0.11	0.95
MS-08	34	0.38	0.25	0.32	1.82	0.10	1.30

**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 2024.**

Mesorregião	01	02	03	04	05	06	07	08
MS-01		<>	=	=	=	<>	<>	<>
MS-02	<>		<>	<>	<>	=	=	=
MS-03	=	<>		=	=	<>	=	<>
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 2024.

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-01	79	5.92	2.82	5.12	1.80	1.22	13.69
MS-02	39	6.47	2.01	5.97	1.65	0.52	10.54
MS-03	17	7.54	3.18	6.56	1.87	1.46	11.32
MS-04	31	6.64	3.93	5.55	1.90	1.47	20.15
MS-05	19	6.66	3.01	5.86	1.76	1.78	11.79
MS-06	21	7.06	1.70	6.85	1.28	4.28	10.40
MS-07	23	6.82	2.08	6.47	1.42	2.56	11.89
MS-08	34	8.43	2.79	8.02	1.38	4.42	15.62

**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 2024.

Mesorregião	01	02	03	04	05	06	07	08
MS-01		=	=	=	=	<>	<>	<>
MS-02	=		=	=	=	=	=	<>
MS-03	=	=		=	=	=	=	=
MS-04	=	=	=		=	=	=	<>
MS-05	=	=	=	=		=	=	<>
MS-06	<>	=	=	=	=		=	=
MS-07	<>	=	=	=	=	=		<>
MS-08	<>	<>	=	<>	<>	=	<>	

**Tabela 7.3-40** – Concentrações médias encontradas para cromo nos indivíduos de *Spheniscus magellanicus* nos diferentes locais de coleta (valores em mg/kg), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2024.

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-01	79	0.52	0.29	0.46	1.62	0.04	1.56
MS-02	39	0.95	0.33	0.89	1.50	0.34	1.48
MS-03	17	0.53	0.13	0.52	1.21	0.41	1.02
MS-04	31	0.57	0.10	0.57	1.18	0.39	0.80
MS-05	19	0.35	0.28	0.21	4.14	0.01	1.24
MS-06	21	0.74	0.43	0.61	2.02	0.17	1.34
MS-07	23	0.80	0.52	0.66	1.90	0.22	1.85
MS-08	34	0.81	0.55	0.52	3.90	0.01	2.33

**Tabela 7.3-41** – Teste comparativo para as médias geométricas de cromo 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 2024.

Mesorregião	01	02	03	04	05	06	07	08
MS-01		<>	=	<>	<>	=	<>	=
MS-02	<>		<>	<>	<>	<>	=	<>
MS-03	=	<>		=	<>	=	=	=
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 (cinco mesorregiões) para *Chelonia mydas* (MS-05 a MS-08 e a MS-10). Foram excluídos os locais com frequência inferior ao mínimo satisfatório para análise estatística ( $n \geq 4$ ).

As estatísticas descritivas para arsênio nos indivíduos de *Chelonia mydas* nas diferentes mesorregiões 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.** Pode-se verificar na

**Tabela 7.3-43** todas as mesorregiões possuem média geométrica, estatisticamente, equivalentes entre si.

**Tabela 7.3-42** – 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 2024.

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-05	11	9.23	7.47	5.83	3.23	0.76	24.1
MS-06	12	5.06	4.93	3.70	2.19	1.49	19.0
MS-07	27	9.20	11.76	5.58	2.58	0.96	53.8
MS-08	53	8.95	7.94	5.95	2.58	1.13	31.2
MS-10	6	6.42	4.51	5.31	1.97	1.99	14.8

**Tabela 7.3-43** – 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 2024.

Mesorregião	05	06	07	08	10
MS-05		=	=	=	=
MS-06	=		=	=	=
MS-07	=	=		=	=
MS-08	=	=	=		=
MS-10	=	=	=	=	

As estatísticas descritivas para cádmio nos indivíduos de *Chelonia mydas* nos diferentes locais são apresentadas na **Tabela 7.3-44** e os resultados do teste de comparação entre as médias geométricas encontram-se na **Tabela 7.3-45**. Pode-se verificar que as mesorregiões 05, 06 e 10 possuem médias geométricas equivalentes entre si mas são inferiores as mesorregiões 07 e 08, que equivalem entre si.

**Tabela 7.3-44 – 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 2024.**

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-05	11	13.6	5.77	12.5	1.55	6.47	26.5
MS-06	12	13.3	4.12	12.7	1.37	7.94	19.5
MS-07	27	31.1	17.5	25.8	1.95	5.71	62.7
MS-08	53	37.0	25.2	28.7	2.14	5.03	101
MS-10	6	15.0	6.14	13.9	1.58	6.54	24.0

**Tabela 7.3-45 – 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 2024.**

Mesorregião	05	06	07	08	10
MS-05		=	<>	<>	=
MS-06	=		<>	<>	=
MS-07	<>	<>		=	<>
MS-08	<>	<>	=		<>
MS-10	=	=	<>	<>	

As estatísticas descritivas para cobre aparecem na **Tabela 7.3-46** e os resultados do teste de comparação entre as médias geométricas encontram-se na **Tabela 7.3-47**. Cobre apresenta o mesmo perfil verificado para o cádmio com que as mesorregiões 05, 06 e 10 possuem médias geométricas equivalentes entre si mas são inferiores as mesorregiões 07 e 08, que equivalem entre si.

**Tabela 7.3-46 – 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 2024.**

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-05	11	170	77.1	147	1.94	26.7	317
MS-06	12	168	51.6	159	1.41	73.0	251
MS-07	27	256	114	232	1.58	71.5	497
MS-08	53	259	125	226	1.76	50.4	691
MS-10	6	184	136	148	2.04	59.4	434

**Tabela 7.3-47 – 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 2024.**

Mesorregião	05	06	07	08	10
MS-05		=	<>	<>	=
MS-06	=		<>	<>	=
MS-07	<>	<>		=	=
MS-08	<>	<>	=		=
MS-10	=	=	=	=	

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 7.3-48** e os resultados do teste de comparação entre as médias geométricas encontram-se na **Tabela 7.3-49**. Pode-se verificar na

**Tabela 7.3-43** todas as mesorregiões possuem média geométrica, estatisticamente, equivalentes entre si.

**Tabela 7.3-48 – 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 2024.**

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-05	11	1.48	2.81	0.37	6.16	0.01	8.86
MS-06	12	1.97	2.24	0.84	6.02	0.01	7.87
MS-07	27	1.42	1.38	0.85	3.51	0.01	5.74
MS-08	53	1.16	1.88	0.56	4.27	0.01	12.84
MS-10	6	0.91	0.89	0.41	6.95	0.01	2.45

**Tabela 7.3-49** – 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 2024.

Mesorregião	05	06	07	08	10
MS-05		=	=	=	=
MS-06	=		=	=	=
MS-07	=	=		=	=
MS-08	=	=	=		=
MS-10	=	=	=	=	

Na **Tabela 7.3-50** 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 7.3-51**. Verifica-se que com exceção da mesorregião 06, que é inferior à todas as demais, as outras regiões equivalem entre si.

**Tabela 7.3-50** – 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 2024.

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-05	11	10.30	3.08	9.81	1.41	4.98	14.6
MS-06	12	6.35	2.13	5.92	1.54	2.03	10.0
MS-07	27	9.84	3.71	9.10	1.53	3.15	18.2
MS-08	53	10.02	4.11	9.03	1.64	2.56	19.0
MS-10	6	10.28	3.88	9.60	1.53	4.77	15.9

**Tabela 7.3-51** – 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 2024.

Mesorregião	05	06	07	08	10
MS-05		<>	=	=	=
MS-06	<>		<>	<>	<>
MS-07	=	<>		=	=
MS-08	=	<>	=		=
MS-10	=	<>	=	=	

As estatísticas descritivas para molibdênio aparecem na **Tabela 7.3-52** e os resultados do teste de comparação entre as médias geométricas encontram-se na **Tabela 7.3-53**. Nota-se que, todas as mesorregiões possuem média geométrica equivalentes entre si com exceção da mesorregião 10 que é inferior às mesorregiões 07 e 08.

**Tabela 7.3-52** – 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 2024.

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-05	11	1.10	0.61	0.98	1.63	0.57	2.34
MS-06	12	1.19	0.48	1.11	1.48	0.53	2.12
MS-07	27	1.33	0.53	1.22	1.59	0.42	2.52
MS-08	53	1.57	1.16	1.30	1.82	0.27	7.16
MS-10	6	0.79	0.22	0.76	1.38	0.43	1.03

**Tabela 7.3-53** – 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 2024.

Mesorregião	05	06	07	08	10
MS-05		=	=	=	=
MS-06	=		=	=	=
MS-07	=	=		=	<>
MS-08	=	=	=		<>
MS-10	=	=	<>	<>	

Na **Tabela 7.3-54** 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 7.3-55**. 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 07, que apresenta a maior média geométrica e é, estatisticamente, superior às regiões 05 e 06.

**Tabela 7.3-54 – 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 2024.**

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-05	11	112	45.3	103.8	1.52	52.2	203
MS-06	12	125	19.7	123.1	1.19	83.1	152
MS-07	27	170	53.0	159.7	1.50	37.3	280
MS-08	53	155	67.4	139.4	1.66	27.0	370
MS-10	6	131	58.2	119.2	1.67	49.8	202

**Tabela 7.3-55 – 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 2024.**

Mesorregião	05	06	07	08	10
MS-05		=	<>	=	=
MS-06	=		<>	=	=
MS-07	<>	<>		=	=
MS-08	=	=	=		=
MS-10	=	=	=	=	

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 7.3-56** e os resultados do teste de comparação entre as médias geométricas encontram-se na

**Tabela 7.3-57.** Pode-se verificar na **Tabela 7.3-25** todas as mesorregiões possuem média geométrica, estatisticamente, equivalentes entre si.

**Tabela 7.3-56 – 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 2024.**

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-05	11	0.64	0.48	0.25	8.05	0.01	1.31
MS-06	12	0.54	0.36	0.30	5.17	0.01	1.12
MS-07	27	0.74	0.41	0.46	4.30	0.01	1.51
MS-08	53	0.62	0.58	0.27	5.78	0.01	2.46
MS-10	6	0.59	0.48	0.19	10.01	0.01	1.18

**Tabela 7.3-57** – 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 2024.

Mesorregião	05	06	07	08	10
MS-05		=	=	=	=
MS-06	=		=	=	=
MS-07	=	=		=	=
MS-08	=	=	=		=
MS-10	=	=	=	=	

Na **Tabela 7.3-58** 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 7.3-59**. Pode-se concluir que a mediana referente ao vanádio na mesorregião 10 é superior àquela verificada nas mesorregiões 05, 06, e 10, que equivalem entre si. Já a mesorregião 07 equivale à todas as demais regiões, com exceção da região 05, aquela com a menor mediana.

**Tabela 7.3-58** – 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 2024.

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-05	11	0.58	0.48	0.43	2.25	0.10	1.70
MS-06	12	0.69	0.34	0.61	1.71	0.27	1.28
MS-07	27	1.10	0.94	0.82	2.14	0.25	3.98
MS-08	53	1.46	1.19	1.08	2.30	0.17	5.82
MS-10	6	0.60	0.32	0.53	1.79	0.23	1.08

**Tabela 7.3-59** – 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 2024.

Mesorregião	05	06	07	08	10
MS-05		=	<>	<>	=
MS-06	=		=	<>	=
MS-07	<>	=		=	=
MS-08	<>	<>	=		<>
MS-10	=	=	=	<>	

A estatística descritiva referente aos dados de mercúrio em amostras de fígado de *Chelonia mydas*, discriminados em relação às mesorregiões, é apresentada na **Tabela 7.3-60** e os resultados do teste de comparação entre as médias geométricas na **Tabela 7.3-61**. Verifica-se que as regiões com a maior (08) e a com menor mediana (06) diferem entre si. A mediana da mesorregião 06, também, é inferior a região 07. As regiões 07, 08 e 10 com as maiores médias equivalem entre si, assim como as mesorregiões 05 e 06.

**Tabela 7.3-60** – 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 2024.

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-05	11	0.53	0.27	0.47	1.63	0.23	1.11
MS-06	12	0.39	0.24	0.33	1.87	0.13	0.82
MS-07	27	0.95	1.14	0.61	2.51	0.13	5.90
MS-08	53	1.27	0.89	0.92	2.47	0.10	3.40
MS-10	6	1.00	0.62	0.69	3.51	0.06	1.81

**Tabela 7.3-61** – 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 2024.

Mesorregião	05	06	07	08	10
MS-05		=	=	<>	=
MS-06	=		<>	<>	=
MS-07	=	<>		=	=
MS-08	<>	<>	=		=
MS-10	=	=	=	=	

Na **Tabela 7.3-62** apresenta-se a estatística descritiva referente ao cromo em amostras de fígado de *Chelonia mydas* e os resultados do teste de comparação entre as médias geométricas na **Tabela 7.3-63**. Pode-se verificar na **Tabela 7.3-25** todas as mesorregiões possuem média geométrica, estatisticamente, equivalentes entre si, com exceção da mesorregião 07 que é superior às regiões 05 e 08.

**Tabela 7.3-62** – Concentrações médias encontradas para cromo nos indivíduos de *Chelonia mydas* nos diferentes locais de coleta (valores em mg/kg), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2024.

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-05	11	1.19	1.26	0.82	2.28	0.36	3.80
MS-06	12	1.55	1.49	0.98	2.72	0.23	3.87
MS-07	27	1.94	1.25	1.57	1.98	0.38	4.77
MS-08	53	1.35	1.02	1.04	2.07	0.21	3.82
MS-10	6	0.99	0.29	0.95	1.36	0.66	1.33

**Tabela 7.3-63** – Teste comparativo para as médias geométricas de cromo 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 2024.

Mesorregião	05	06	07	08	10
MS-05		=	<>	=	=
MS-06	=		=	=	=
MS-07	<>	=		<>	=
MS-08	=	=	<>		=
MS-10	=	=	=	=	

Na **Tabela 7.3-64** apresenta-se a estatística descritiva referente ao bário em amostras de fígado de *Chelonia mydas* e os resultados do teste de comparação entre as médias geométricas na **Tabela 7.3-65**. Pode-se concluir que as medianas referente ao bário são equivalentes entre si para todas as regiões, com a exceção da mesorregião 10, aquela com menor mediana, é inferior às regiões 07 e 08.

**Tabela 7.3-64** – Concentrações médias encontradas para bário nos indivíduos de *Chelonia mydas* nos diferentes locais de coleta (valores em mg/kg), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2024.

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-05	11	0.31	0.73	0.09	4.68	0.01	2.50
MS-06	12	0.13	0.12	0.07	3.88	0.01	0.38
MS-07	27	0.22	0.17	0.12	4.23	0.01	0.55
MS-08	53	0.31	0.28	0.13	5.05	0.01	0.91
MS-10	6	0.08	0.12	0.03	4.83	0.01	0.32

**Tabela 7.3-65** – Teste comparativo para as médias geométricas de bário 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 2024.

Mesorregião	05	06	07	08	10
MS-05		=	=	=	=
MS-06	=		=	=	=
MS-07	=	=		=	<>
MS-08	=	=	=		<>
MS-10	=	=	<>	<>	

### Mamíferos marinhos

Comparou-se as concentrações dos elementos-traço obtidos para indivíduos coletados em apenas dois locais (Mesorregiões: 07 e 08) para *Pontoporia blainvillei*. Foram excluídos os locais com frequência inferior ao mínimo satisfatório para análise ( $n \geq 4$ ). Foram excluídos, também, os elementos Pb, Ni e Ba em função do critério de 50% dos valores iguais a LD/2.

As estatísticas descritivas são apresentadas nas tabelas pares enquanto o teste comparativo das médias geométricas encontra-se nas tabelas ímpares, nas quais pode-se verificar que a concentração de todos elementos estudados são equivalentes nas duas mesorregiões.

**Tabela 7.3-66** – 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 2024.

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-07	15	0.85	0.45	0.74	1.75	0.24	1.94
MS-08	5	0.69	0.45	0.58	1.97	0.21	1.43

**Tabela 7.3-67** – 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 2024.

Mesorregião	07	08
MS-07		=
MS-10	=	=

**Tabela 7.3-68** – 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 2024.

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-07	15	58.3	63.6	34.4	2.8	11	205
MS-08	5	186	47	180	1.4	106	227

**Tabela 7.3-69** – 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 2024.

Mesorregião	07	08
MS-07		=
MS-10	=	=

**Tabela 7.3-70 – Concentrações médias encontradas para manganês nos indivíduos de Pontoporia blainvillei nos diferentes locais de coleta (valores em mg/kg), para amostras analisadas para elementos**

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-07	15	13.74	4.73	12.97	1.43	7.05	21.98
MS-08	5	15.36	8.05	13.60	1.77	6.46	26.72

**Tabela 7.3-71 – 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 2024.**

Mesorregião	07	08
MS-07		=
MS-10	=	=

**Tabela 7.3-72 – Concentrações médias encontradas para molibdênio nos indivíduos de Pontoporia blainvillei nos diferentes locais de coleta (valores em mg/kg), para amostras analisadas para elementos**

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-07	15	1.48	0.92	1.11	2.54	0.12	3.35
MS-08	5	1.45	1.85	0.81	3.39	0.15	4.72

**Tabela 7.3-73 – 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 2024.**

Mesorregião	07	08
MS-07		=
MS-10	=	=

**Tabela 7.3-74 – 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**

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-07	15	162	112	136	1.8	56.1	464
MS-08	5	363	301	286	2.1	133	871

**Tabela 7.3-75 – 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 2024.**

Mesorregião	07	08
MS-07		=
MS-10	=	=

**Tabela 7.3-76 – 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**

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-07	15	1.94	2.27	1.22	2.54	0.38	7.79
MS-08	5	1.84	1.82	1.36	2.26	0.61	5.03

**Tabela 7.3-77 – 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 2024.**

Mesorregião	07	08
MS-07		=
MS-10	=	=

**Tabela 7.3-78 – Concentrações médias encontradas para cádmio nos indivíduos de *Pontoporia blainvillei* nos diferentes locais de coleta (valores em mg/kg), para amostras analisadas para elementos traço no**

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-07	15	0.38	0.55	0.10	7.89	0.01	1.65
MS-08	5	1.39	2.25	0.08	28.43	0.01	5.19

**Tabela 7.3-79 – Teste comparativo para as médias geométricas de cádmio 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 2024.**

Mesorregião	07	08
MS-07		=
MS-10	=	=

**Tabela 7.3-80 – Concentrações médias encontradas para cromo nos indivíduos de *Pontoporia blainvillei* nos diferentes locais de coleta (valores em mg/kg), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2024.**

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-07	15	0.94	0.89	0.73	1.93	0.31	3.14
MS-08	5	1.25	1.08	0.96	2.23	0.35	3.10

**Tabela 7.3-81 – Teste comparativo para as médias geométricas de cromo 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 2024.**

Mesorregião	07	08
MS-07		=
MS-10	=	=

**Tabela 7.3-82 – Concentrações médias encontradas para vanádio nos indivíduos de *Pontoporia blainvillei* nos diferentes locais de coleta (valores em mg/kg), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2024.**

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-07	15	0.16	0.09	0.14	1.78	0.05	0.40
MS-08	5	0.16	0.06	0.15	1.73	0.06	0.21

**Tabela 7.3-83 – Teste comparativo para as médias geométricas de vanádio 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 2024.**

Mesorregião	07	08
MS-07		=
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 = 1505) e *Larus dominicanus* (n = 311); 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%.

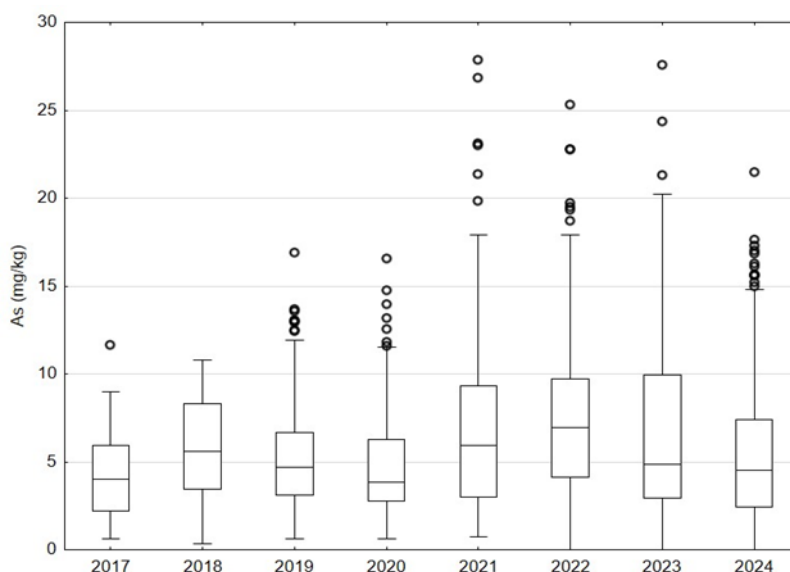
### *Spheniscus magellanicus*

Na **Tabela 7.3-84** 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 ( $>LD$ ,  $n \geq 4$ ).

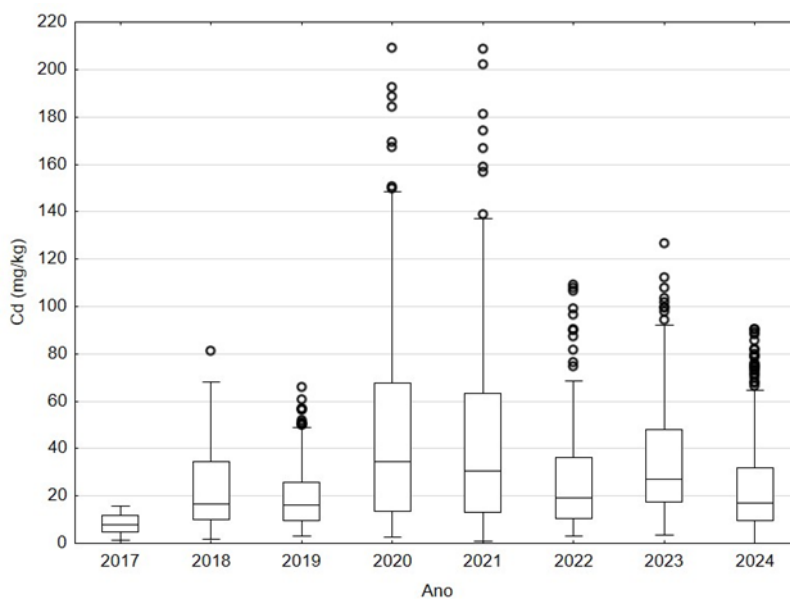
**Tabela 7.3-84** – Mediana das concentrações dos elementos-traço analisados em amostras de tecido hepático de indivíduos da espécie *Spheniscus magellanicus* nos diferentes anos de coleta, considerando somente os anos e elementos com n amostral adequado ( $>LD$ ,  $n \geq 4$ ). Valores em mg/kg.

Ano	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Elemento	N = 23	N = 50	N = 171	N = 214	N = 312	N = 186	N = 156	N = 268
As	3,51	4,87	4,43	4,01	5,37	6,02	4,7	4.50
Cd	8,1	16,2	16,6	30,3	28,1	20,4	33	17.1
Cu	15,6	24,3	21,3	30,0	30,4	23,7	29	27.4
Mn	6,43	7,85	6,84	7,50	7,44	7,41	7,0	6.65
Mo	3,65	3,16	3,46	4,25	4,43	3,81	5,1	4.83
Zn	153	233	209	253	251	234	303	266
V	0,05	0,21	0,06	0,17	0,22	0,20	0,42	0.24
Hg	2,64	2,97	5,53	5,24	6,58	5,69	10,1	6.81

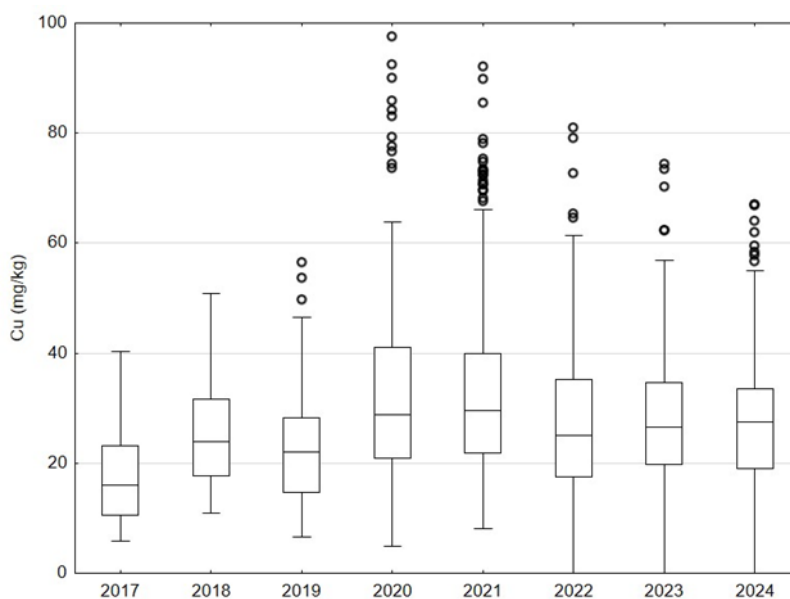
Os gráficos de caixa para a concentração, dos elementos considerados, nas amostras de fígado de *Spheniscus magellanicus*, ao longo do período 2017-2024, são apresentados da **Figura 7.3-30** a **Figura 7.3-37**. Para todos os elementos avaliados, não é verificada uma clara tendência de variação temporal.



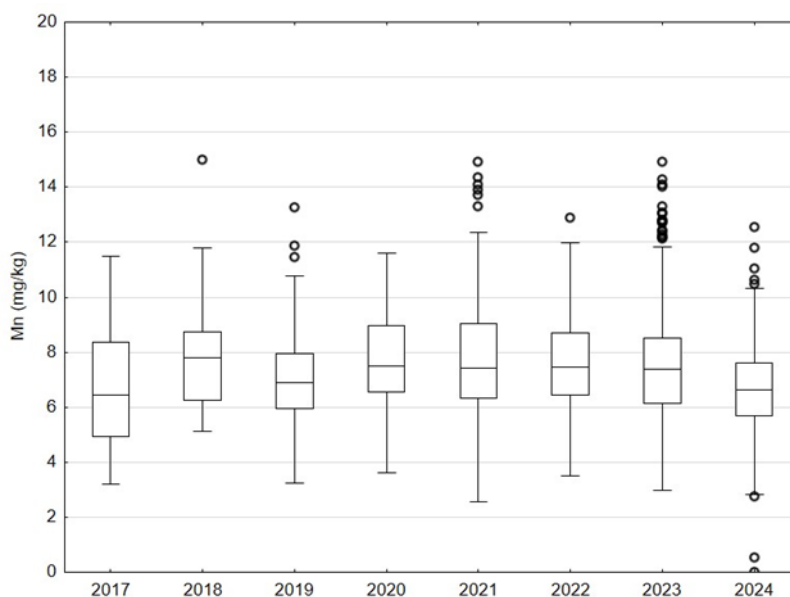
**Figura 7.3-30** - Gráfico de caixas para As em amostras de fígado de *Spheniscus magellanicus* ao longo do período 2017-2024 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



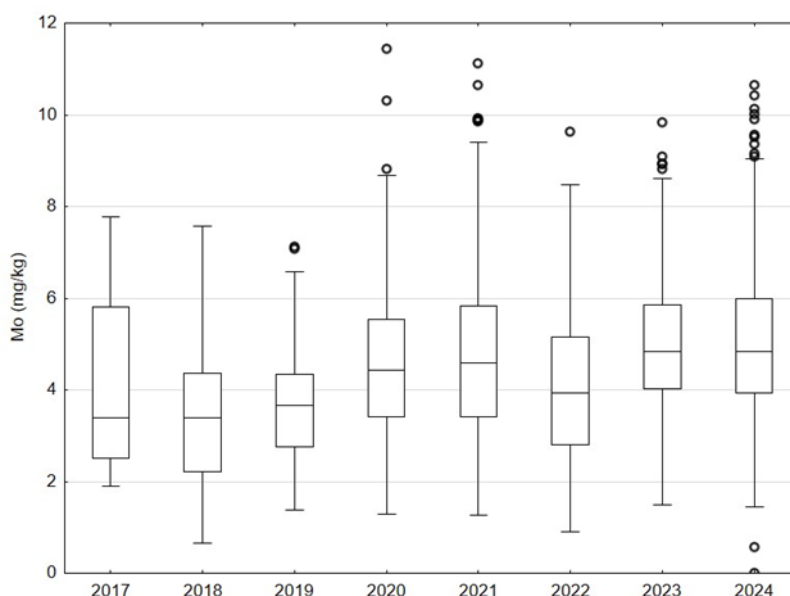
**Figura 7.3-31** - Gráfico de caixas para Cd em amostras de fígado de *Spheniscus magellanicus* ao longo do período 2017-2024 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



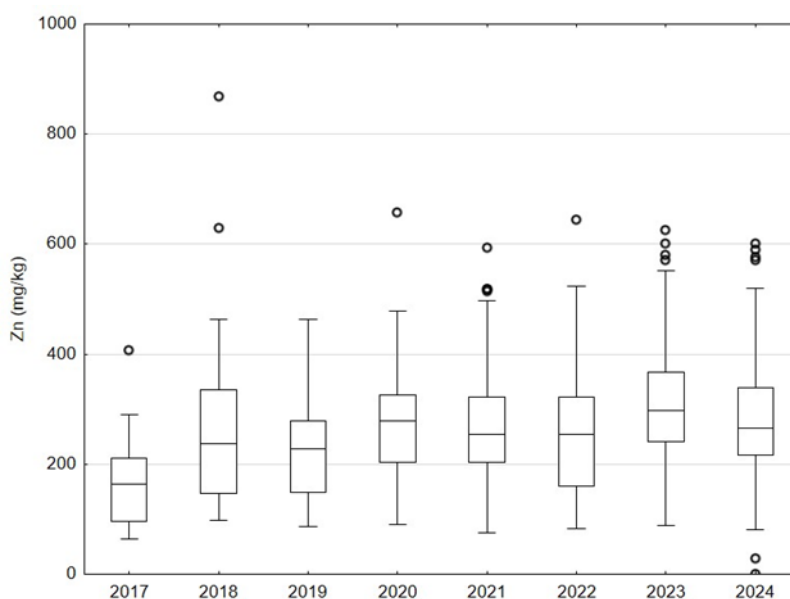
**Figura 7.3-32 - Gráfico de caixas para Cu em amostras de fígado de *Spheniscus magellanicus* ao longo do período 2017-2024 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).**



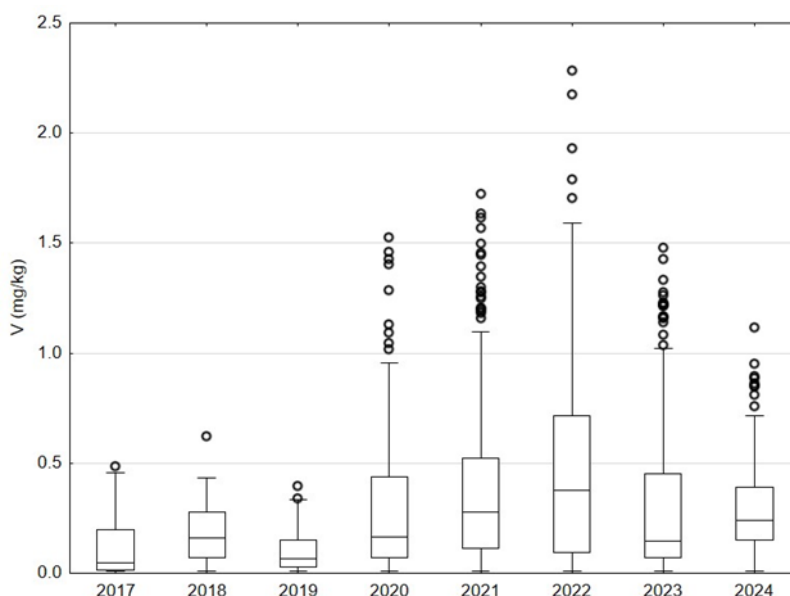
**Figura 7.3-33 - Gráfico de caixas para Mn em amostras de fígado de *Spheniscus magellanicus* ao longo do período 2017-2024 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).**



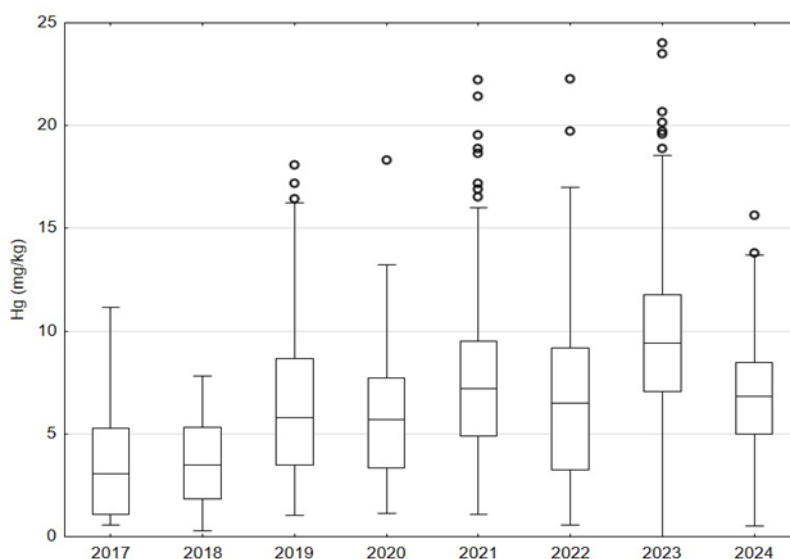
**Figura 7.3-34 - Gráfico de caixas para Mo em amostras de fígado de *Spheniscus magellanicus* ao longo do período 2017-2024 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).**



**Figura 7.3-35 - Gráfico de caixas para Zn em amostras de fígado de *Spheniscus magellanicus* ao longo do período 2017-2024 (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 V em amostras de fígado de *Spheniscus magellanicus* ao longo do período 2017-2024 (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 Hg em amostras de fígado de *Spheniscus magellanicus* ao longo do período 2017-2024 (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).

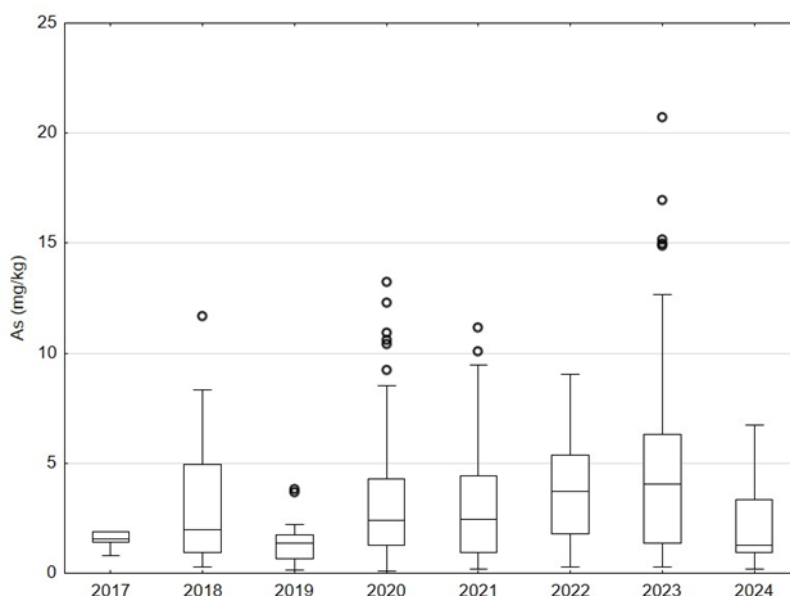
***Larus dominicanus***

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 7.3-85**.

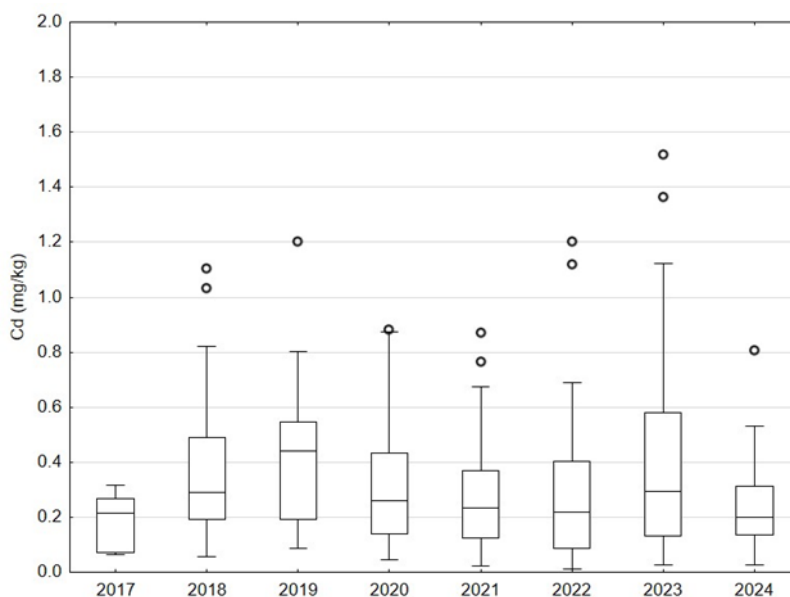
**Tabela 7.3-85** – Concentrações médias dos elementos-traço analisados em amostras de tecido hepático de indivíduos da espécie *Larus dominicanus* nos diferentes anos de coleta, considerando somente os anos com *n* amostral adequado ( $>LD$ ,  $n \geq 4$ ).

Ano	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Elemento	N = 4	N = 32	N = 14	N = 83	N = 45	N = 43	N = 20	N = 35
As	1,88	2,01	1,14	2,31	2,16	2,73	3,0	1.29
Cd	0,15	0,30	0,36	0,26	0,23	0,19	0,19	0.20
Cu	12,1	14,3	12,7	14,6	13,2	14,9	18,3	12.1
Mn	11,5	11,6	10,6	12,1	11,8	13,3	13,0	9.80
Mo	2,05	1,84	1,88	1,85	1,80	2,04	2,28	1.95
Zn	156	121	90,1	117	117	130	111	69.6
V	0,36	0,13	0,14	0,42	0,21	0,30	0,056	0.16
Hg	2,32	2,67	2,12	2,84	3,28	2,68	2,6	2.07

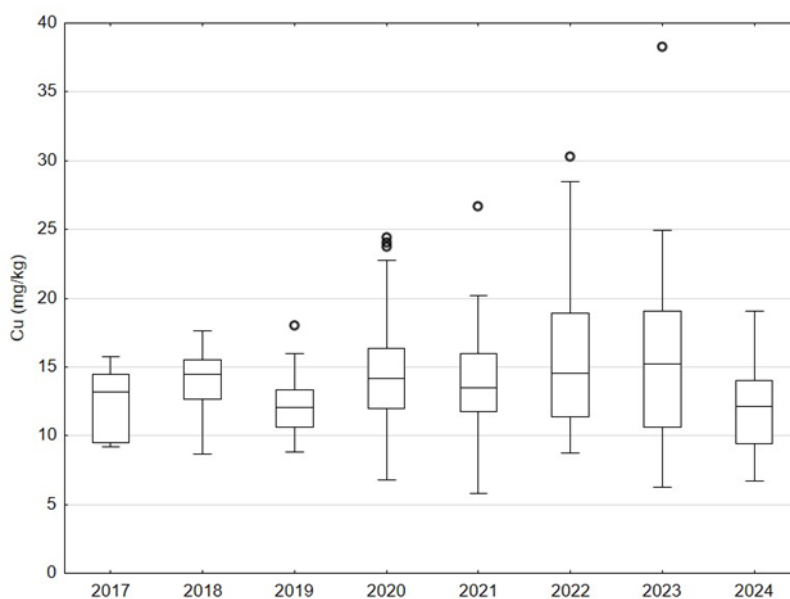
Os gráficos de caixa para a concentração, dos elementos considerados, nas amostras de fígado de *Larus dominicanus*, ao longo do período 2017-2024, são apresentados da **Figura 7.3-38** a **Figura 7.3-45**. Assim como no caso dos pinguins, para todos os elementos avaliados não é verificada uma clara tendência de variação temporal para a espécie *Larus dominicanus*.



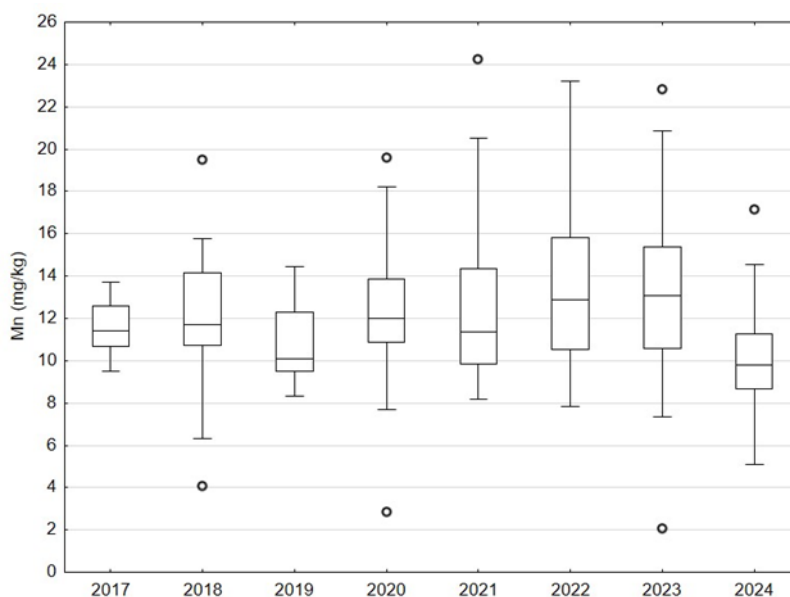
**Figura 7.3-38 - Gráfico de caixas para As em amostras de fígado de *Larus dominicanus* ao longo do período 2017-2024 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).**



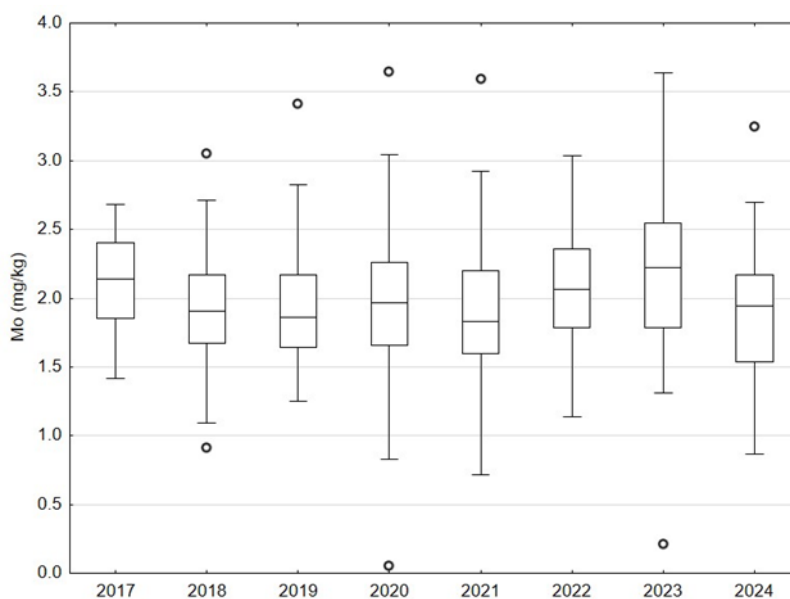
**Figura 7.3-39 - Gráfico de caixas para Cd em amostras de fígado de *Larus dominicanus* ao longo do período 2017-2024 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).**



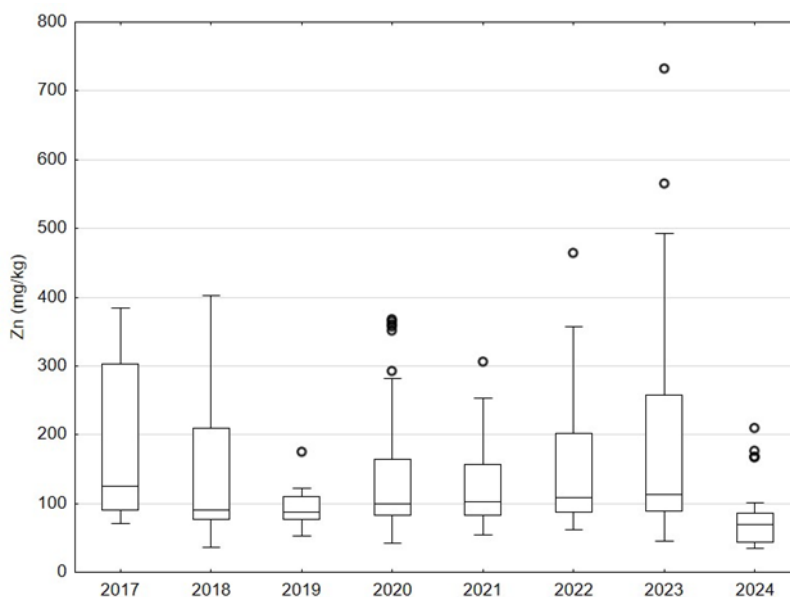
**Figura 7.3-40** - Gráfico de caixas para Cu em amostras de fígado de *Larus dominicanus* ao longo do período 2017-2024 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



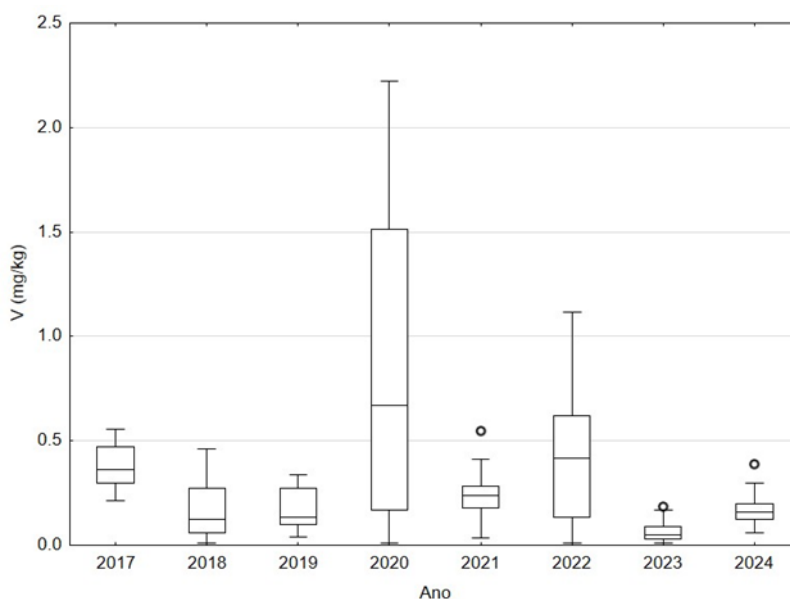
**Figura 7.3-41** - Gráfico de caixas para Mn em amostras de fígado de *Larus dominicanus* ao longo do período 2017-2024 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



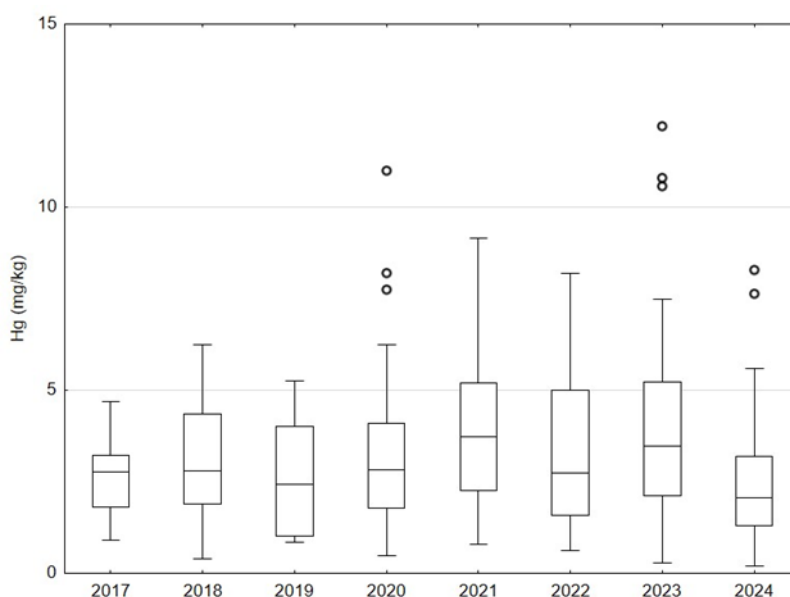
**Figura 7.3-42 - Gráfico de caixas para Mo em amostras de fígado de *Larus dominicanus* ao longo do período 2017-2024 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).**



**Figura 7.3-43 - Gráfico de caixas para Zn em amostras de fígado de *Larus dominicanus* ao longo do período 2017-2024 (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 V em amostras de fígado de *Larus dominicanus* ao longo do período 2017-2024 (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 Hg em amostras de fígado de *Larus dominicanus* ao longo do período 2017-2024 (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

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*

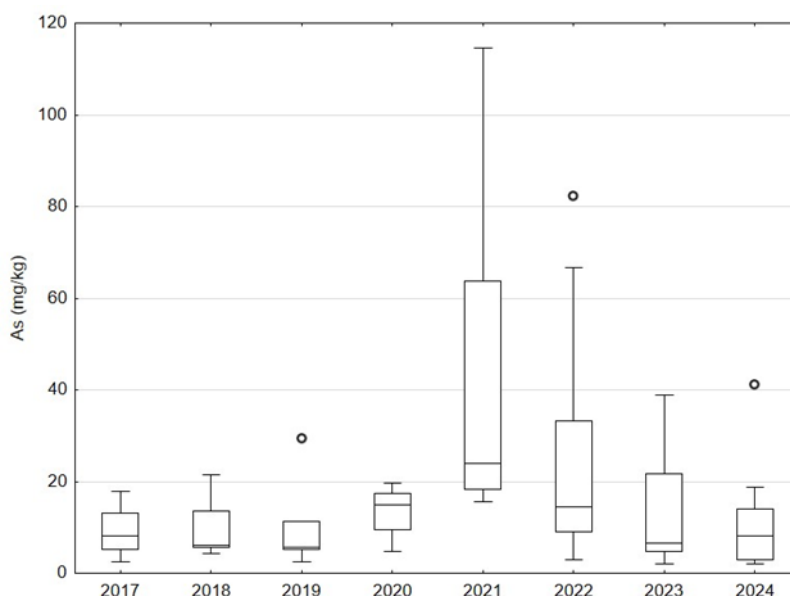
Na

**Tabela 7.3-86** 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 ( $>LD$ ,  $n \geq 4$ ).

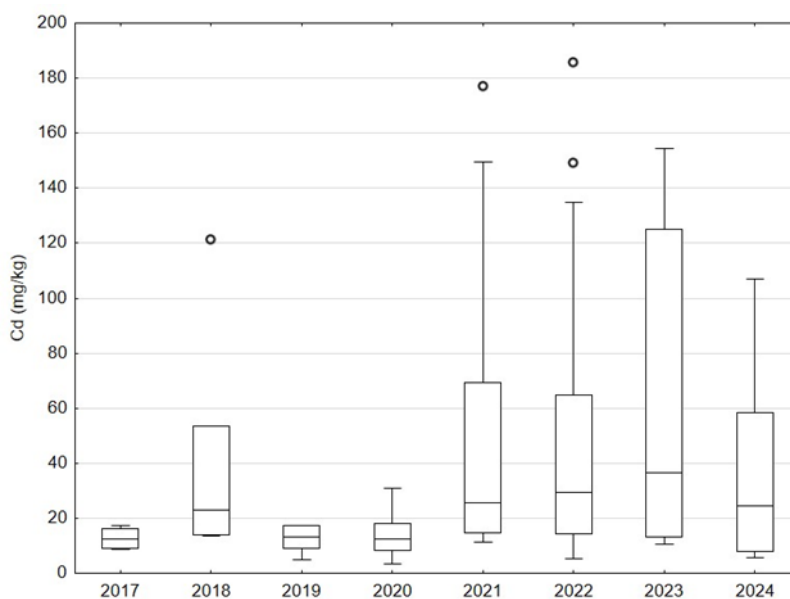
**Tabela 7.3-86** – Mediana dos elementos-traço analisados em amostras de tecido hepático de indivíduos da espécie *Caretta caretta* nos diferentes anos de coleta, considerando somente os anos com n amostral adequado ( $>LD$ ,  $n \geq 4$ ).

Ano	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Elemento	N = 4	N = 5	N = 6	N = 8	N = 11	N = 24	N = 12	N = 11
As	7,4	8,5	7,3	16,3	32,7	16,7	8,6	8.18
Cd	12,3	30,9	14,7	11,6	32,9	30,7	41	24.5
Cu	27,1	24,1	11,9	19,4	27,1	18,7	24	14.0
Pb	0,19	0,28	0,15	0,21	0,25	0,21	0,15	0.16
Mn	4,18	5,98	5,04	4,25	7,05	6,60	4,3	5.20
Mo	0,47	0,88	0,63	0,22	0,46	0,66	1,1	0.58
Zn	74,8	90,9	72,6	84,3	105	102	106	74.3
V	0,35	1,28	0,55	0,61	1,56	1,95	1,03	0.78
Hg	0,47	1,27	1,51	0,83	1,28	1,39	1,7	0.81

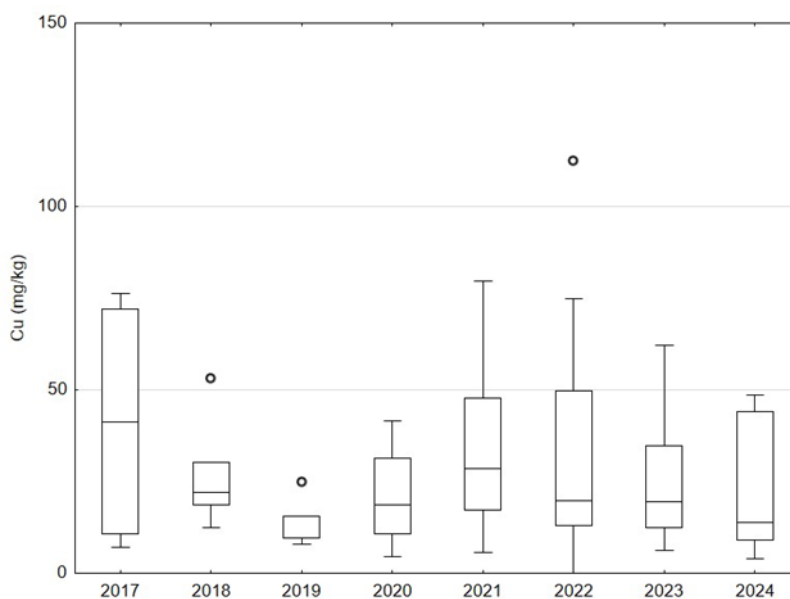
Os gráficos de caixa para a concentração, dos elementos considerados, nas amostras de fígado de *Caretta caretta*, ao longo do período 2017-2024, são apresentados da **Figura 7.3-46** a **Figura 7.3-54**. Uma das características observadas nos gráficos de caixa para a espécie *Caretta caretta* é a grande dispersão dos valores, que por sua vez acaba influenciando na avaliação da diferença dos valores médios entre anos



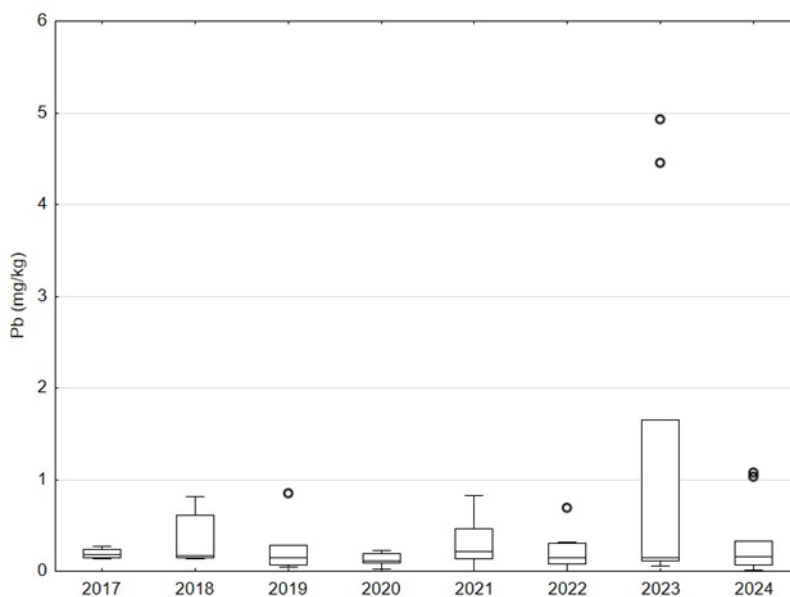
**Figura 7.3-46 - Gráfico de caixas para As em amostras de fígado de *Caretta caretta* ao longo do período 2017-2024 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).**



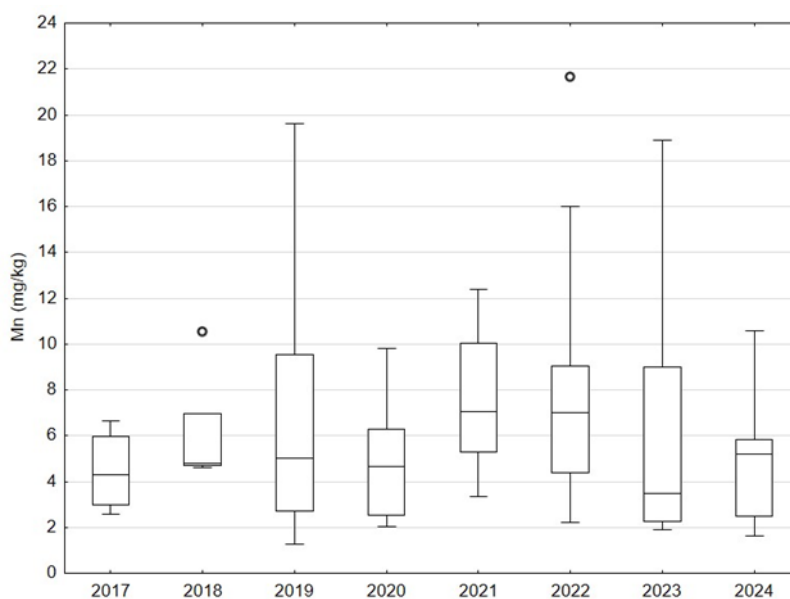
**Figura 7.3-47- Gráfico de caixas para Cd em amostras de fígado de *Caretta caretta* ao longo do período 2017-2024 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).**



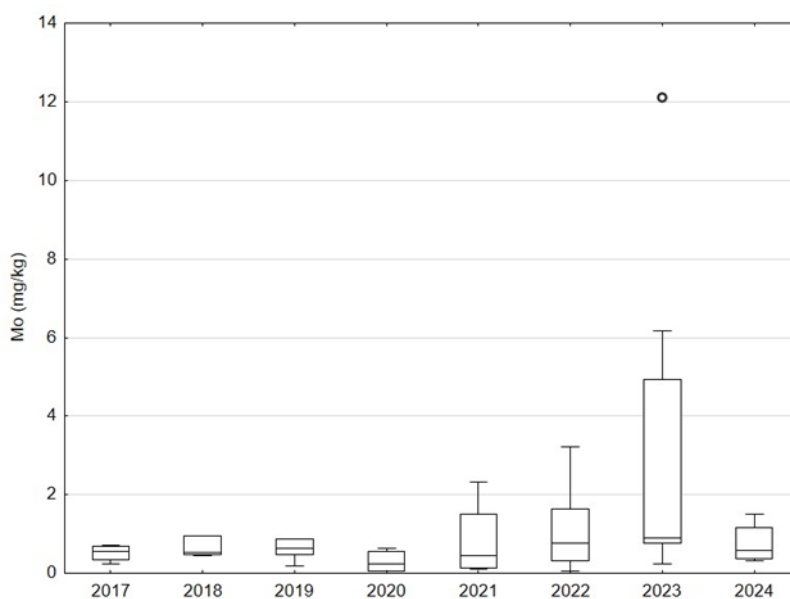
**Figura 7.3-48** - Gráfico de caixas para Cu em amostras de fígado de *Caretta caretta* ao longo do período 2017-2024 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



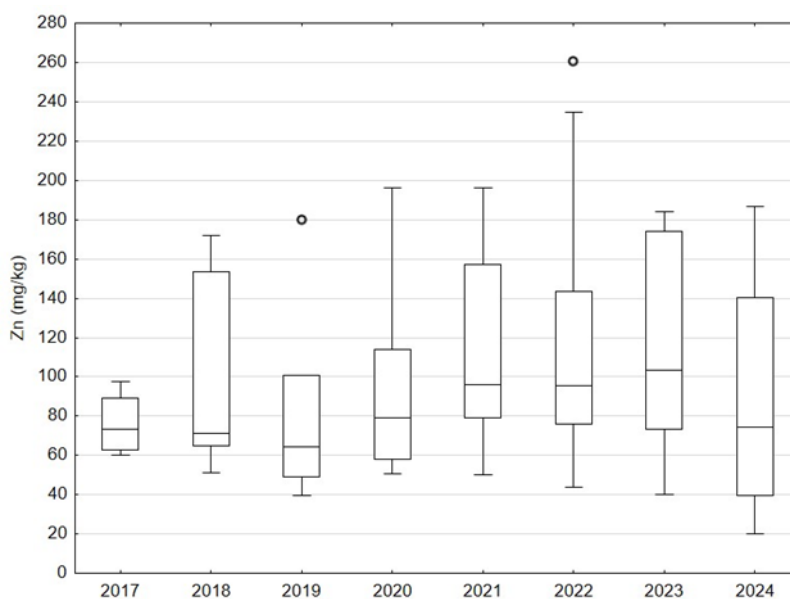
**Figura 7.3-49** - Gráfico de caixas para Pb em amostras de fígado de *Caretta caretta* ao longo do período 2017-2024 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



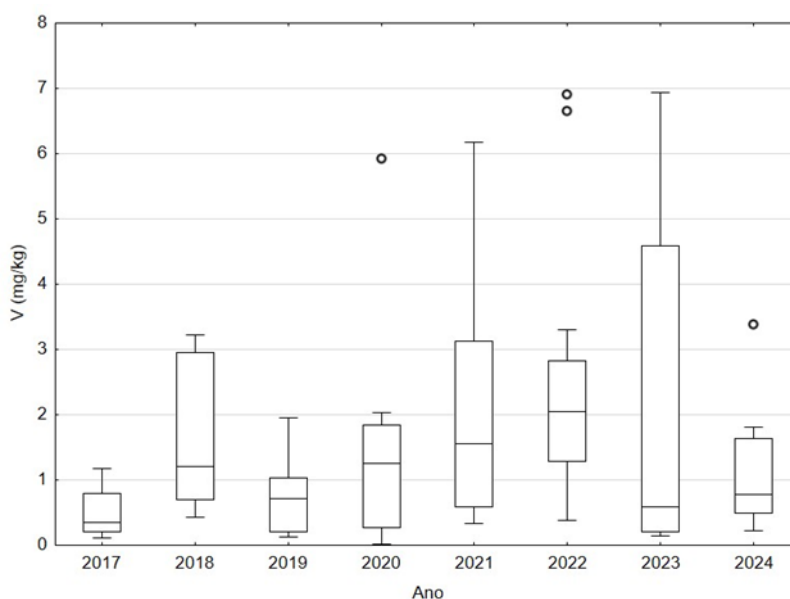
**Figura 7.3-50** - Gráfico de caixas para Mn em amostras de fígado de *Caretta caretta* ao longo do período 2017-2024 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



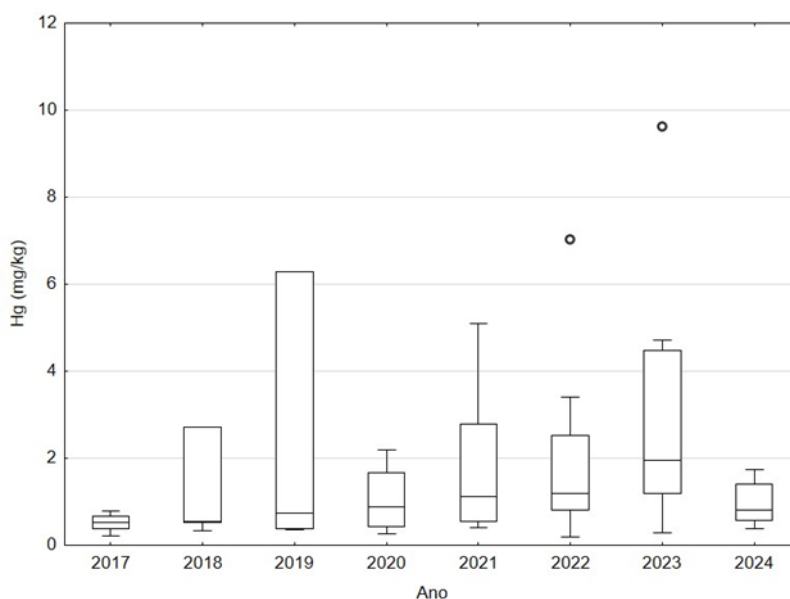
**Figura 7.3-51** - Gráfico de caixas para Mo em amostras de fígado de *Caretta caretta* ao longo do período 2017-2024 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



**Figura 7.3-52** - 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 7.3-53** - Gráfico de caixas para V em amostras de fígado de *Caretta caretta* ao longo do período 2017-2024 (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 Hg em amostras de fígado de *Caretta caretta* ao longo do período 2017-2024 (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

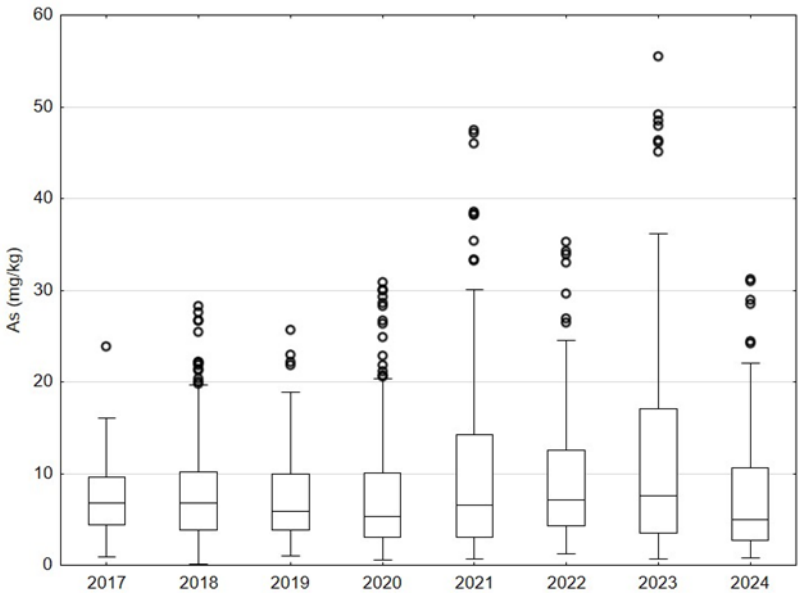
**Tabela 7.3-87 – Mediana dos elementos-traço analisados em amostras de tecido hepático de indivíduos da espécie *Chelonia mydas* nos diferentes anos de coleta, considerando somente os anos com n amostral adequado (>LD, n ≥ 4).** são apresentadas a mediana das concentrações dos elementos-traço analisados 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 ≥ 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 7.3-87 – 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).**

Ano	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Elemento	N = 122	N = 297	N = 122	N = 262	N = 159	N = 152	N = 133	N = 121
As	6,59	6,74	6,13	6,02	7,22	7,19	6,6	4.96

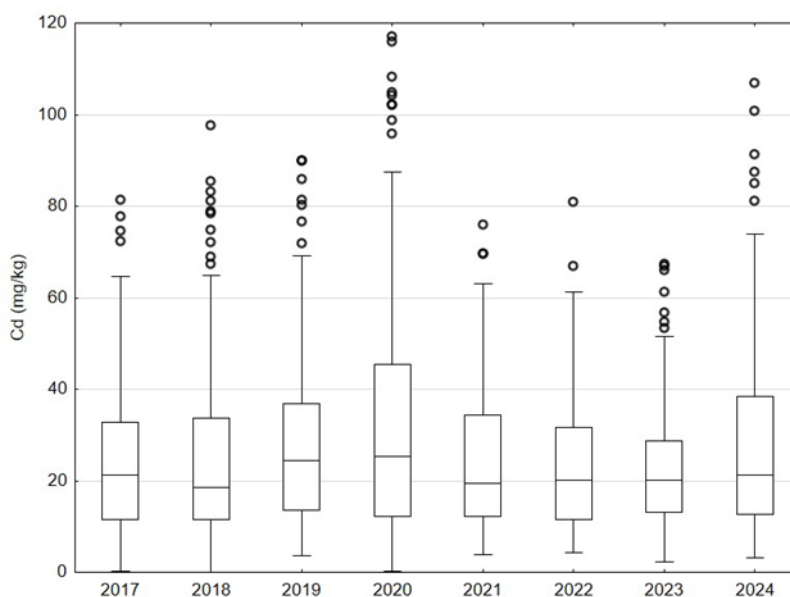
Ano	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Elemento	N = 122	N = 297	N = 122	N = 262	N = 159	N = 152	N = 133	N = 121
Cd	18,1	18,9	23,7	23,4	20,0	19,7	20	21.2
Cu	174	173	179	178	198	182	174	202
Pb	0,43	0,42	0,55	0,74	0,47	0,29	0,64	0.66
Mn	11,0	11,3	10,0	11,0	10,9	11,6	9,9	9.25
Mo	0,92	0,85	0,98	0,95	0,77	0,70	0,8	1.11
Zn	145	137	143	143	131	144	138	142
V	0,42	0,37	0,58	1,06	0,71	0,66	0,49	0.89
Hg	0,52	0,70	0,88	0,88	0,77	0,72	0,7	0.73

Os gráficos de caixa para a concentração, dos elementos considerados, nas amostras de fígado de *Chelonia mydas*, ao longo do período 2017-2024, são apresentados da **Figura 7.3-55** a **Figura 7.3-63**. 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 = 1393). Verifica-se, para todos os elementos, uma distribuição bem homogênea ao longo dos anos, não havendo nenhuma tendência temporal

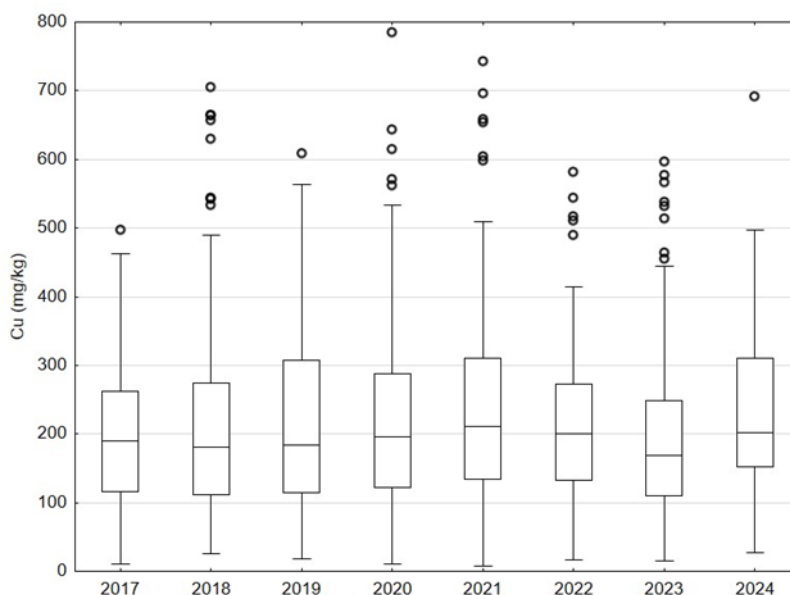


**Figura 7.3-55** - Gráfico de caixas para As em amostras de fígado de *Chelonia mydas* ao longo do período 2017-2024 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis,

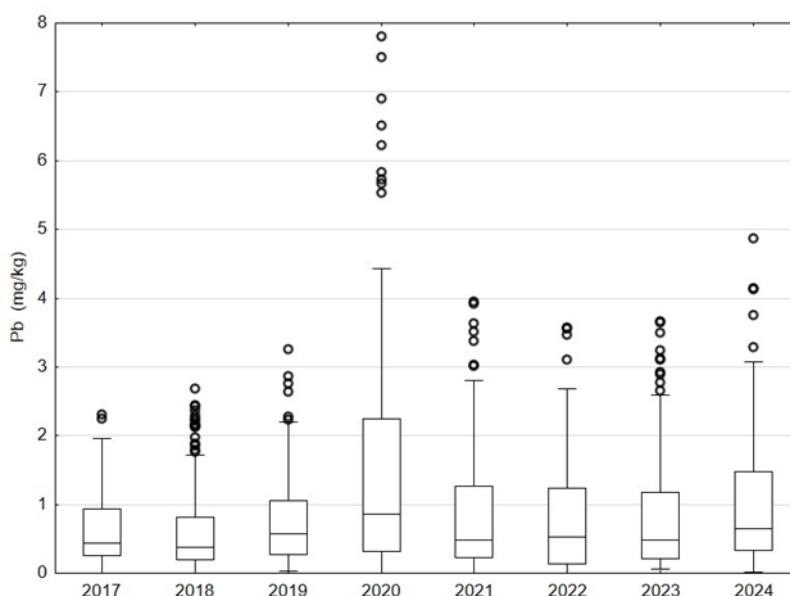
as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



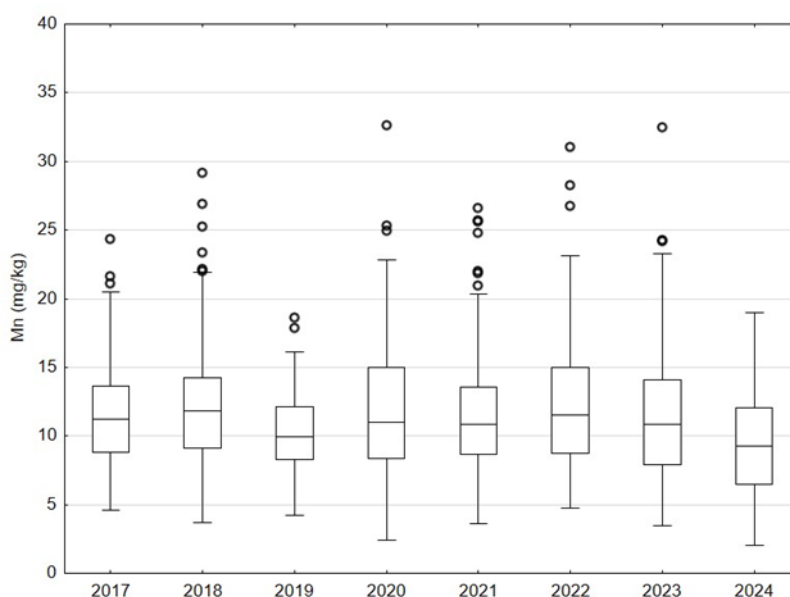
**Figura 7.3-56** - Gráfico de caixas para Cd em amostras de fígado de *Chelonia mydas* ao longo do período 2017-2024 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



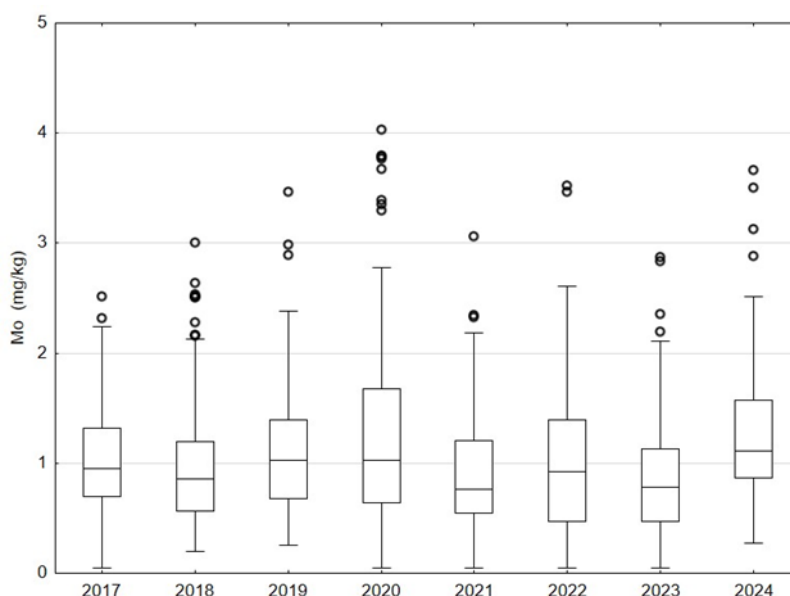
**Figura 7.3-57** - Gráfico de caixas para Cu em amostras de fígado de *Chelonia mydas* ao longo do período 2017-2024 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



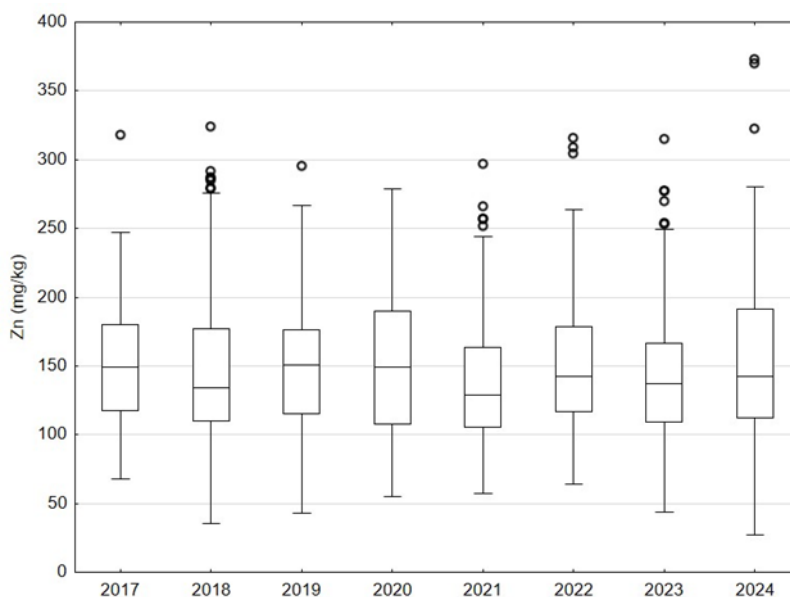
**Figura 7.3-58 - Gráfico de caixas para Pb em amostras de fígado de *Chelonia mydas* ao longo do período 2017-2024 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).**



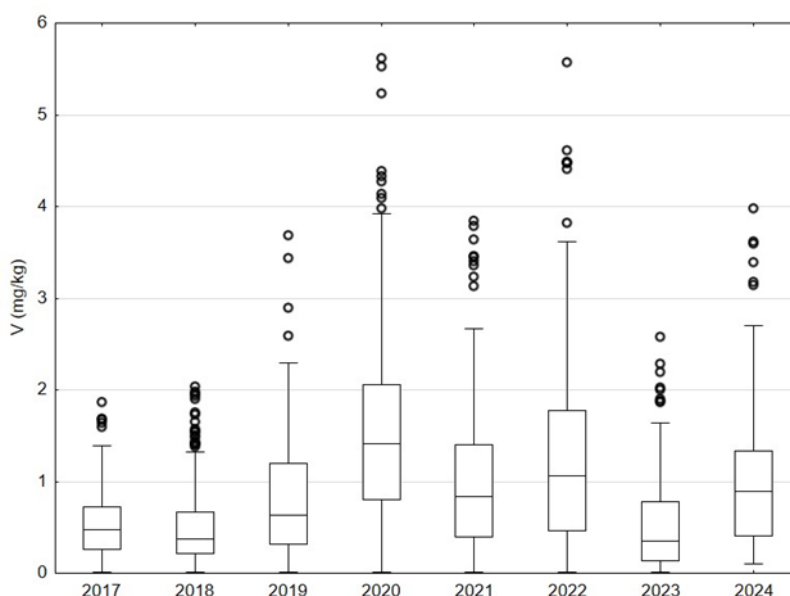
**Figura 7.3-59 - Gráfico de caixas para Mn em amostras de fígado de *Chelonia mydas* ao longo do período 2017-2024 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).**



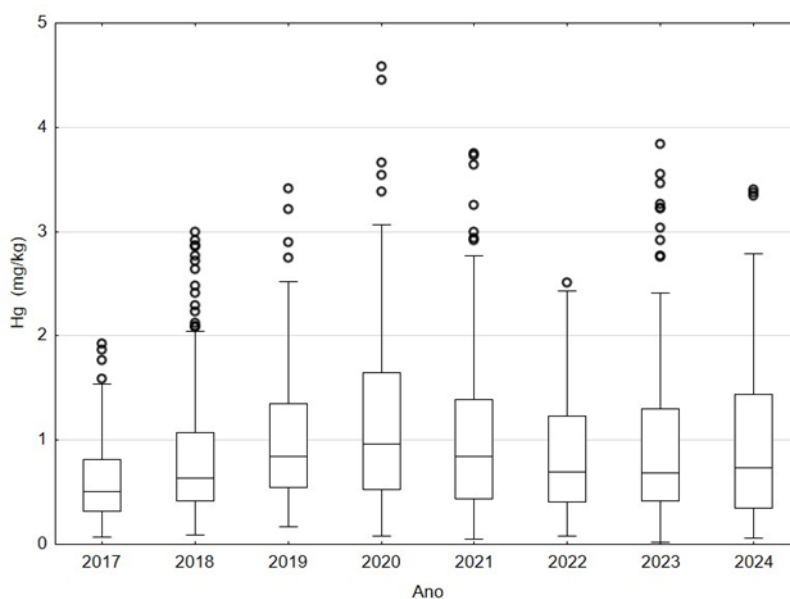
**Figura 7.3-60** - Gráfico de caixas para Mo em amostras de fígado de *Chelonia mydas* ao longo do período 2017-2024 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



**Figura 7.3-61** - 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 7.3-62 - Gráfico de caixas para V em amostras de fígado de *Chelonia mydas* ao longo do período 2017-2024 (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 Hg em amostras de fígado de *Chelonia mydas* ao longo do período 2017-2024 (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.

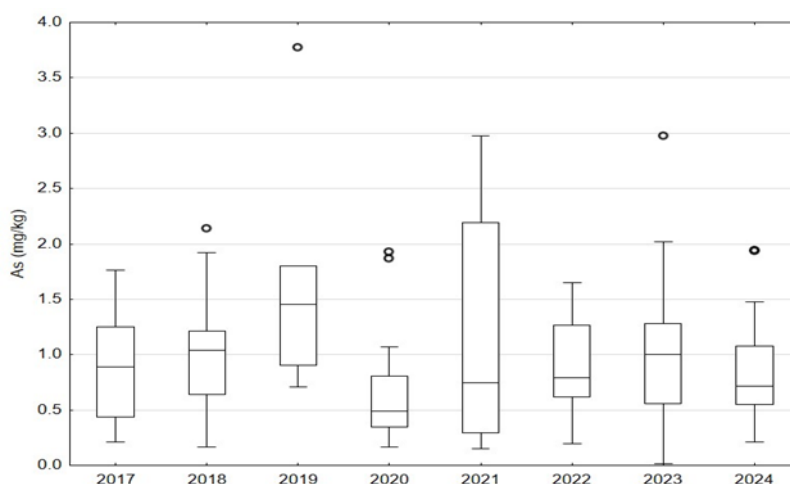
### *Pontoporia blainvillei*

Na **Tabela 7.3-88** 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 ( $>LD$ ,  $n \geq 4$ ).

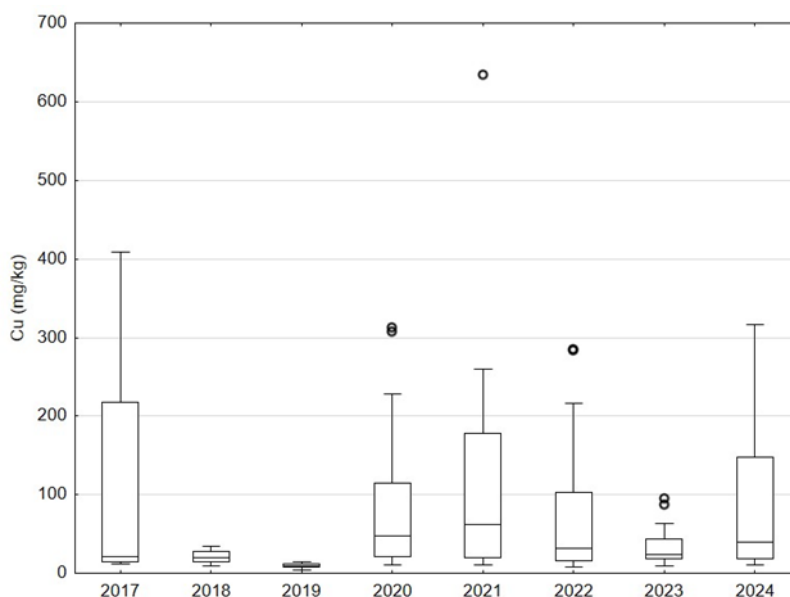
**Tabela 7.3-88** – Mediana dos elementos-traço analisados em amostras de tecido hepático de indivíduos da espécie *Pontoporia blainvillei* nos diferentes anos de coleta, considerando somente os anos com n amostral adequado ( $>LD$ ,  $n \geq 4$ ).

Ano	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Elemento	N = 12	N = 25	N = 7	N = 29	N = 27	N = 30	N = 36	N = 27
As	0.74	0.89	1.41	0.53	0.78	0.84	1,14	0.72
Cu	44.1	25.1	9.5	52.3	62.2	43.7	22	39.7
Mn	13.9	13.9	12.7	12.8	12.8	15.1	16,4	13.6
Mo	0.69	1.10	1.03	0.53	0.42	0.91	2,2	0.99
Zn	177	124	96	190	208	167	160	140
V	0.188	0.066	0.052	0.510	0.237	0.311	0,057	0.16
Hg	3.01	1.86	0.97	1.80	2.30	2.42	2,7	1.21

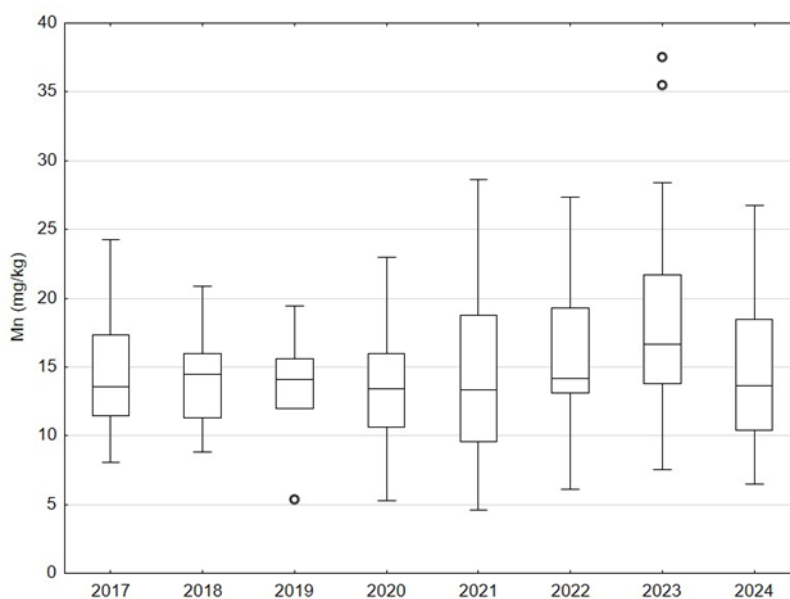
Os gráficos de caixa para a concentração, dos elementos considerados, nas amostras de fígado de *Pontoporia blainvillei*, ao longo do período 2017-2024, são apresentados da **Figura 7.3-64** a **Figura 7.3-70**. Embora não seja verificada uma tendência temporal, para os elementos estudados, em parte devido à grande dispersão dos dados anuais, nota-se uma menor mediana para Cu e Zn no ano de 2019 e maiores valores de V no ano de 2020.



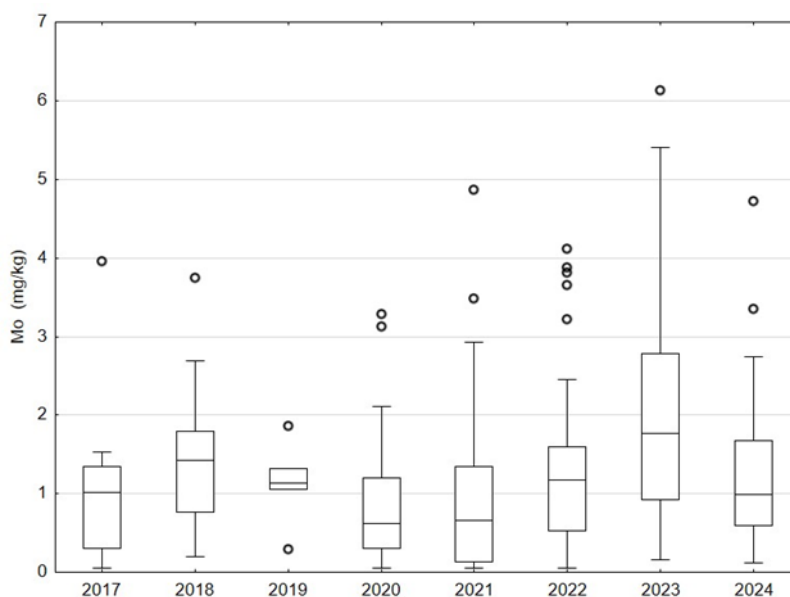
**Figura 7.3-64** - Gráfico de caixas para As em amostras de fígado de *Pontoporia blainvillei* ao longo do período 2017-2024 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



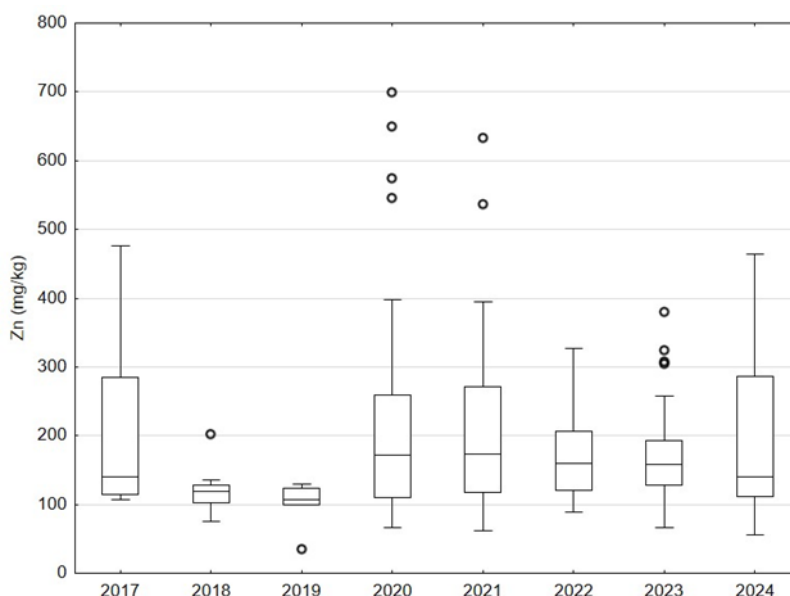
**Figura 7.3-65** - Gráfico de caixas para Cu em amostras de fígado de *Pontoporia blainvillei* ao longo do período 2017-2024 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



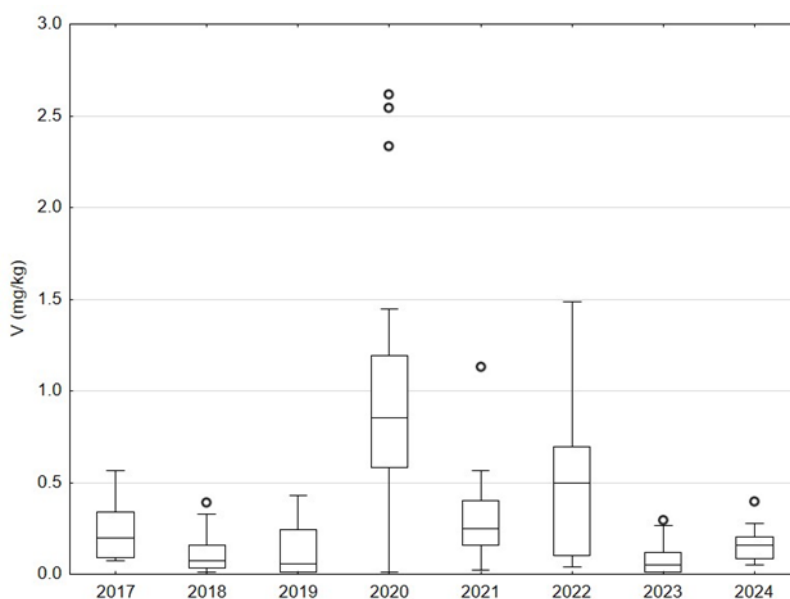
**Figura 7.3-66** - Gráfico de caixas para Mn em amostras de fígado de *Pontoporia blainvillei* ao longo do período 2017-2024 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



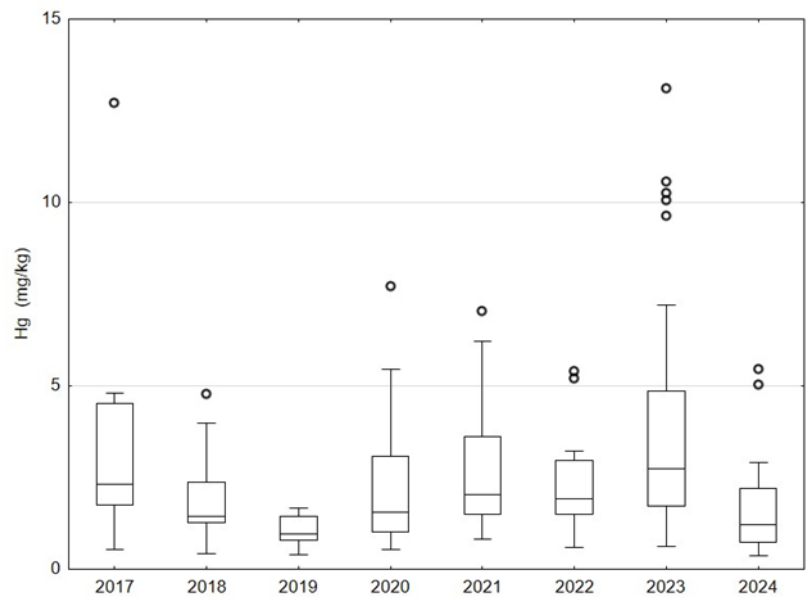
**Figura 7.3-67** - Gráfico de caixas para Mo em amostras de fígado de *Pontoporia blainvillei* ao longo do período 2017-2024 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



**Figura 7.3-68** - Gráfico de caixas para Zn em amostras de fígado de *Pontoporia blainvillei* ao longo do período 2017-2024 (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 V em amostras de fígado de *Pontoporia blainvillei* ao longo do período 2017-2024 (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 Hg em amostras de fígado de *Pontoporia blainvillei* ao longo do período 2017-2024 (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).**

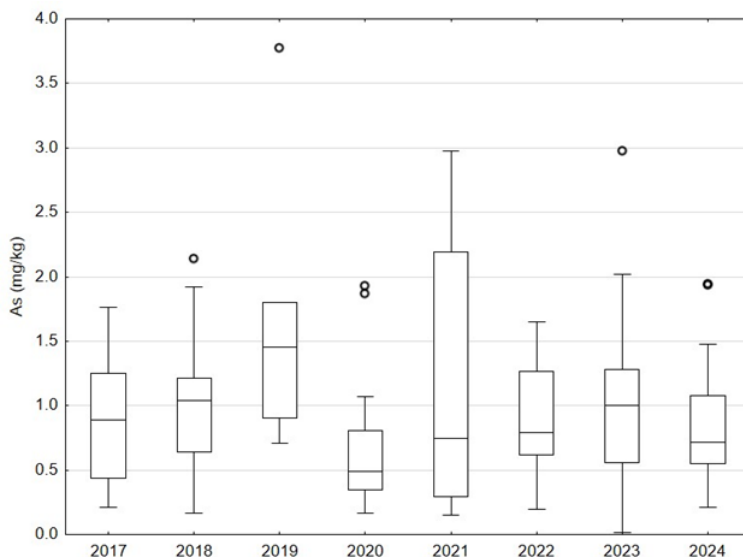
***Sotalia guianensis***

Na **Tabela 7.3-89** 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 ≥ 4).

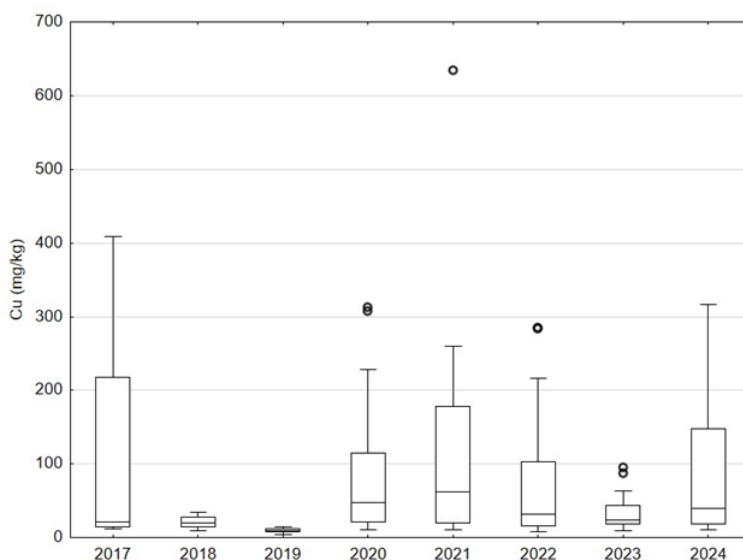
**Tabela 7.3-89 – Mediana dos elementos-traço analisados em amostras de tecido hepático de indivíduos da espécie *Sotalia guianensis* nos diferentes anos de coleta, considerando somente os anos com n amostral adequado (>LD, n ≥ 4).**

Ano	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Elemento	N = 11	N = 32	N = 7	N = 20	N = 17	N = 20	N = 16	N = 13
As	0.83	0.58	0.91	0.87	0.62	1.02	0,91	0.87
Cu	81.4	53.7	46.6	47.4	62.9	59.8	33	28.9
Mn	10.9	12.2	9.0	10.0	11.5	14.4	13,6	11.6
Mo	1.72	1.27	0.88	1.35	1.07	1.83	1,9	1.83
Zn	197	201	158	153	159	208	180	144
V	0.164	0.113	0.069	0.316	0.219	0.302	0,097	0.17
Hg	5.19	4.12	9.28	11.7	5.50	3.73	4,9	4.15

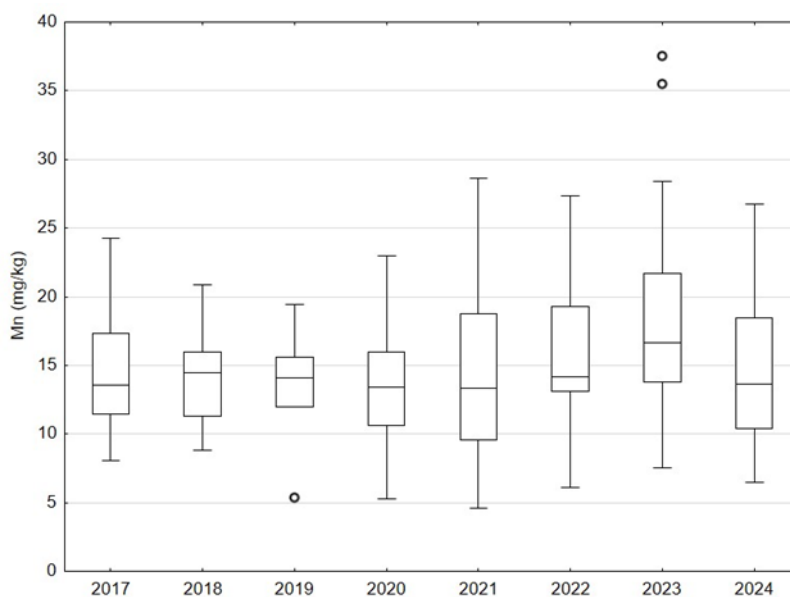
Os gráficos de caixa para a concentração, dos elementos considerados, nas amostras de fígado de *Sotalia guianensis*, ao longo do período 2017-2024, são apresentados da **Figura 7.3-71** a **Figura 7.3-77**. Para todos os elementos considerados, não é possível perceber uma tendência temporal.



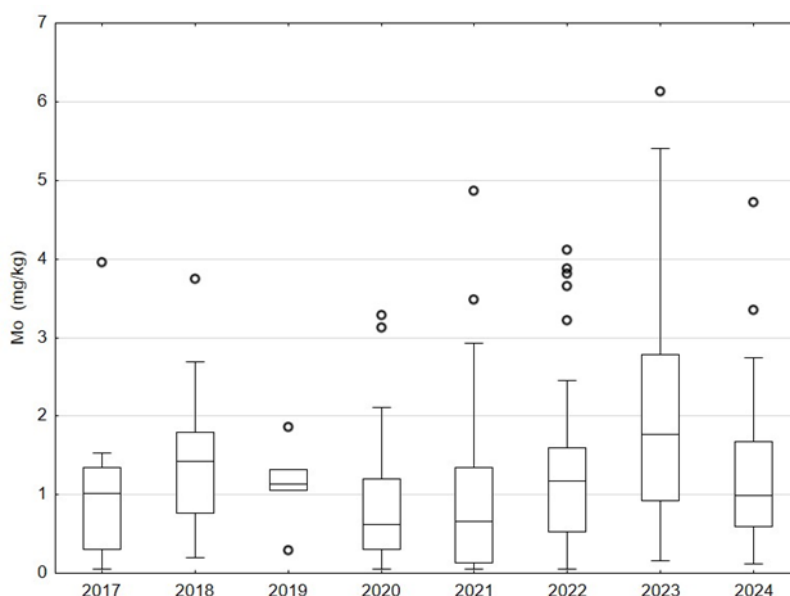
**Figura 7.3-71** - Gráfico de caixas para As em amostras de fígado de *Sotalia guianensis* ao longo do período 2017-2024 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartil, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



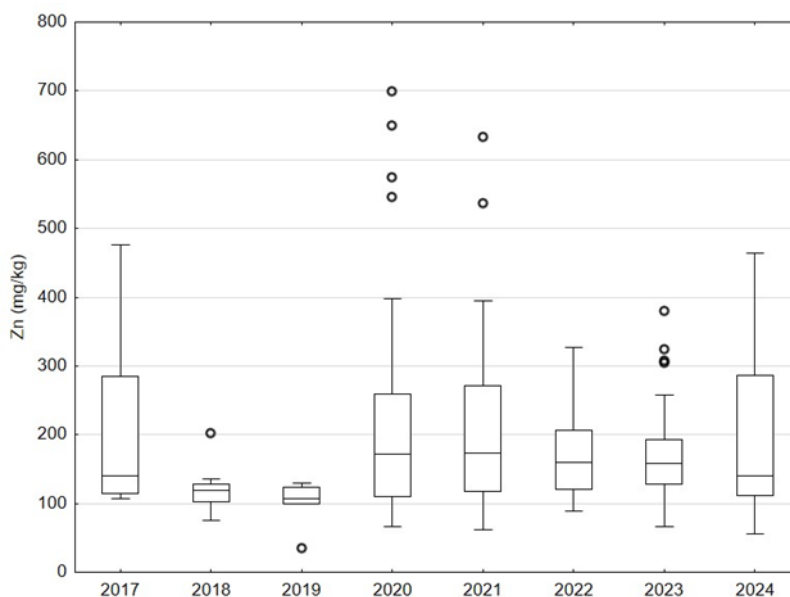
**Figura 7.3-72** - Gráfico de caixas para Cu em amostras de fígado de *Sotalia guianensis* ao longo do período 2017-2024 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



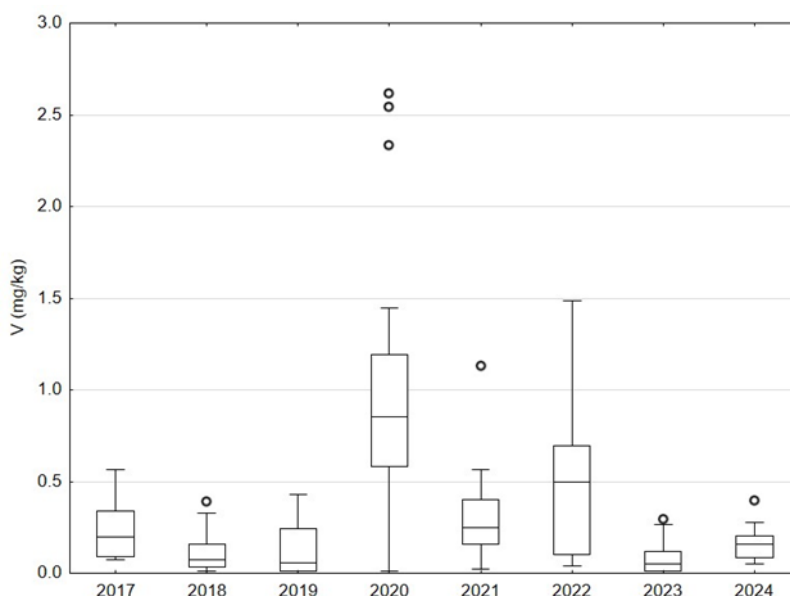
**Figura 7.3-73** - Gráfico de caixas para Mn em amostras de fígado de *Sotalia guianensis* ao longo do período 2017-2024 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



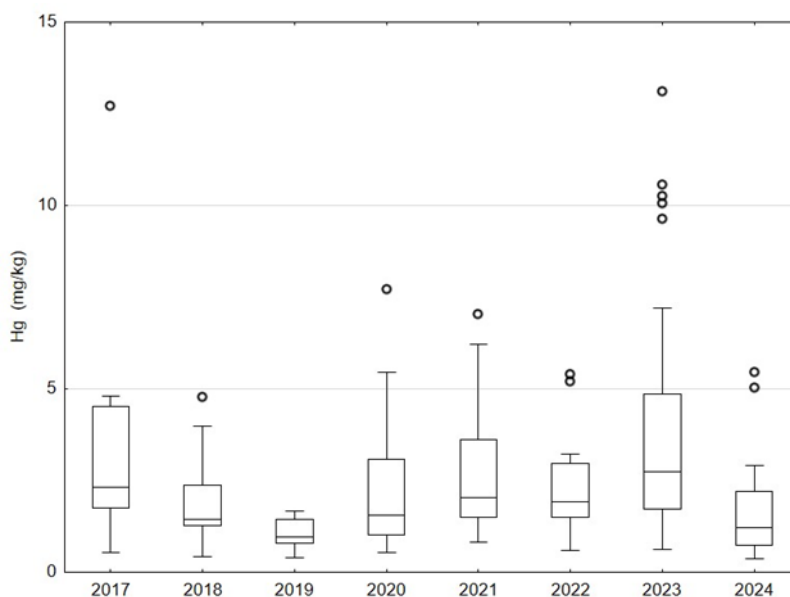
**Figura 7.3-74** - Gráfico de caixas para Mo em amostras de fígado de *Sotalia guianensis* ao longo do período 2017-2024 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



**Figura 7.3-75** - Gráfico de caixas para Zn em amostras de fígado de *Sotalia guianensis* ao longo do período 2017-2024 (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 7.3-76** - Gráfico de caixas para V em amostras de fígado de *Sotalia guianensis* ao longo do período 2017-2024 (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 7.3-77** - Gráfico de caixas para Hg em amostras de fígado de *Sotalia guianensis* ao longo do período 2017-2024 (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, 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 (33,9 mg kg<sup>-1</sup>), Cd (213 mg kg<sup>-1</sup>), Mo (10,6 mg kg<sup>-1</sup>), Zn (601 mg kg<sup>-1</sup>) e V (1,5 mg kg<sup>-1</sup>). 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 7.1-1** 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.

Lima *et al.* (2025) publicaram os resultados referentes à As, Cd, Cu e Zn em amostras de fígado de *Spheniscus magellanicus*, coletados dentro do programa PMP-BS, na região de São Sebastião (SP), os valores médios obtidos (n = 26) foram 5,2, 36,8, 27,8 e 301 mg/kg, respectivamente. Tais valores são muito semelhantes àqueles encontrados na **Tabela 7.3-1**. De acordo com esses autores, a elevada concentração de Cd amostras de fígado de *Spheniscus magellanicus* está relacionada com os hábitos alimentares dessa espécie.

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 mg kg<sup>-1</sup> respectivamente, para indivíduos coletados na costa norte do Rio de Janeiro. Concentrações médias de Cd e Hg de 3,3 e 0,9 mg kg<sup>-1</sup> 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 mg kg<sup>-1</sup>.

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 2024 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 2024 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).

Nos estudos realizados em 2024, não foi observada, para todos os elementos estudados, uma influência dos fatores sexo e estágio de desenvolvimento nos resultados obtidos para a espécie *S. magellanicus*. Do mesmo modo, não foi observada nenhuma tendência em termos de variação temporal para o intervalo de 2017-2024.

Em termos de influência da região de coleta, verifica-se que as mesorregiões 6-8 são, estatisticamente, equivalentes, entre si para todos os elementos. Para as demais mesorregiões é difícil encontrar um padrão fixo, dependendo do elemento são ora equivalentes entre si e ora diferentes. Nota-se, entretanto, que alguns elementos apresentam uma maior uniformidade entre as regiões como Cd e V enquanto outros como Cr e Mn parecem diferir, praticamente, entre todas as regiões a menos do verificado entre as mesorregiões 6-8.

### ***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 Mo, Zn e V apresentaram concentrações maiores que as reportadas anteriormente na literatura no período de 2006 a 2016, Mo (valor máximo = 3,2 mg kg<sup>-1</sup>), Zn (valor máximo = 394 mg kg<sup>-1</sup>) e V (valor máximo = 0,4 mg kg<sup>-1</sup>) (**Tabela 7.1-1**). Entretanto, o valor médio de concentração para Zn esteve dentro do intervalo apresentado na **Tabela 7.1-1**. Os demais nove elementos 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 mg 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 (1,29 mg kg<sup>-1</sup>), Cd (0,20 mg kg<sup>-1</sup>), Cr (0,49 mg kg<sup>-1</sup>), Cu (12,1 mg kg<sup>-1</sup>), Zn (69,6 mg kg<sup>-1</sup>), Hg (2,07 mg kg<sup>-1</sup>). 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 2024 pelo PMP-BS, as medianas foram: maior para Hg (2,07 mg kg<sup>-1</sup>) e inferiores para As (1,29 mg kg<sup>-1</sup>), Cd (0,20 mg kg<sup>-1</sup>), Cu (12,1 mg kg<sup>-1</sup>) Pb (0,010 mg kg<sup>-1</sup>) e

Zn (69,6 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 mg kg<sup>-1</sup>) (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 2024 pelo PMP-BS não confirmam os relatados por Cortés e Luna-Jorquera (2011), que pontuaram que animais adultos apresentam maior concentração do elemento, justificado por um processo de biomagnificação pelo consumo de ovos e filhotes de outros pássaros marinhos

Não foram observadas diferenças significativas em termos de estágio de desenvolvimento. Do mesmo modo, no em 2024 pelo PMP-BS não houve diferença significativa entre sexo para as concentrações dos elementos-traço estudados, a menos do V com fêmea>macho.

### ***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 (valor máximo = 10,1 mg kg<sup>-1</sup>), Mo (valor máximo = 3,4 mg kg<sup>-1</sup>), V (valor máximo = 0,7 mg kg<sup>-1</sup>) e Zn (valor máximo = 291 mg kg kg<sup>-1</sup> (**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.

Nenhuma 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 ± 0,06 mg kg<sup>-1</sup> e 1,88 ± 0,21 mg kg<sup>-1</sup>, 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 ng mL<sup>-1</sup> e Pb entre 24,4 e 103 ng mL<sup>-1</sup>, 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 2024 pelo PMP-BS, foram observadas diferenças entre sexos envolvendo Cu e V com machos>fêmeas. Não 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.

### ***Sula leucogaster***

Quando se comparara o intervalo de concentrações obtidas nos tecidos hepáticos de *Sula leucogaster* com outras espécies de aves marinhas na literatura (**Tabela 7.1-1**), observa-se que dos elementos traço estudados, Mn (25,5 mg kg<sup>-1</sup>), Mo (3,4 mg kg<sup>-1</sup>), Zn (335 mg kg<sup>-1</sup>) e V (0,54 mg kg<sup>-1</sup>) (**Tabela 7.1-1**) ultrapassaram os valores máximos anteriormente encontrados na literatura para amostras de tecido hepático de aves marinhas no período de

2006 a 2016. Contudo, as médias obtidas no presente trabalho para estes quatro elementos traço se mantêm dentro da faixa de valores reportados 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.

Na principal coleção do Web of Science encontrou-se apenas dois trabalhos contendo informações sobre as concentrações de elementos traço em tecido hepático de *Sula leucogaster*. No trabalho de Moura *et al.* (2018), 20 amostras de tecido hepático foram coletadas no Rio de Janeiro e apresentaram concentrações médias de As ( $2,20 \pm 0,44$  mg kg<sup>-1</sup>); Cd ( $1,24 \pm 0,99$  mg kg<sup>-1</sup>); Cu ( $16,49 \pm 0,24$  mg kg<sup>-1</sup>); Cr ( $1,16 \pm 0,46$  mg kg<sup>-1</sup>); Zn ( $96,88 \pm 0,37$  mg kg<sup>-1</sup>); Hg ( $6,69 \pm 0,48$  mg kg<sup>-1</sup>). Comparando com as medianas do ano de 2024, apenas Zn (141 mg kg<sup>-1</sup>) foi superior aos valores relatados por (Moura *et al.*, 2018).

Em 2025, Lima e colaboradores publicaram um trabalho com os resultados do PMB-BS para amostras coletadas na região do Canal de São Sebastião (SP), foram 4 indivíduos da espécie *S. leucogaster* com um valor média de As (2,45 mg kg<sup>-1</sup>), Cd (1,66 mg kg<sup>-1</sup>), Cu (14,6 mg kg<sup>-1</sup>) e Zn (107 mg kg<sup>-1</sup>), dos quais apenas Zn possui concentração média superior.

Não foram observadas diferenças significativas nas concentrações dos elementos estudados em função do fator sexo. Em relação ao estágio de maturação, diferença significativa foi observada apenas para Cd com adulto>jovem.

## 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, Cr (valor máximo = 4,8 mg kg<sup>-1</sup>), Cu (valor máximo = 691 mg kg<sup>-1</sup>), Mn (valor máximo = 19 mg kg<sup>-1</sup>), Mo (valor máximo = 7,2 mg kg<sup>-1</sup>), e Hg (valor máximo = 5,9 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 2024 pelo PMP-BS: Cd (29,6 mg kg<sup>-1</sup>); Cu (230 mg kg<sup>-1</sup>); Pb (1,25 mg kg<sup>-1</sup>); Mn (9,45 mg kg<sup>-1</sup>) e Ni (0,63 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 Cu, Mo, V e Hg com fêmeas>machos.

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 (29,6 mg kg<sup>-1</sup>) e Cu (230 mg kg<sup>-1</sup>) e superior para Pb (1,25 mg kg<sup>-1</sup>) às concentrações médias obtidas no em 2024 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 (150 mg kg<sup>-1</sup>). 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 2024 pelo PMP-BS, Da Silva *et al.* (2014) relataram que não houve diferenças significativas nas concentrações dos elementos Cu 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 2024 pelo PMP-BS, com fêmeas>machos.

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 mg kg<sup>-1</sup>, 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 2024 obtidos pelo PMP-BS com o estudo de Macêdo *et al.* (2015), foram obtidas concentrações médias similares para

elementos como Mn, Mo, Zn e Ni. Porém, foram obtidas concentrações médias inferiores para As e V, e concentrações médias superiores para Cd e 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 2024 do PMP-BS, a média de Hg encontrada (0,98 mg kg<sup>-1</sup> de Hg) foi maior que a 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.

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.*, 2024); 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 As, Pb e Ni todos os demais elementos apresentaram algum efeito relacionado ao local de coleta.

### ***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.

Para a espécie *Caretta caretta*, nota-se uma grande dispersão dos valores, que por sua vez acaba influenciando na avaliação da diferença dos valores médios entre anos. Considerando os elementos estudados, não se verificou uma influência do fator sexo na concentração. Dado o pequeno número de indivíduos, não foi possível avaliar a influência das mesorregiões. Do mesmo modo, pela prevalência de indivíduos jovens não foi avaliado o fator estágio de desenvolvimento.

### 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 = 3,50 mg kg<sup>-1</sup>), Cu (valor máximo = 317 mg kg<sup>-1</sup>) e Ni (0,67 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, Mn e Ni foram semelhantes aos valores obtidos, enquanto as concentrações relatadas para Cr, Cu, Zn, Ba e V foram maiores e Mo e Hg foram inferiores aos valores obtidos. Ressalta-se, no entanto, que a maioria dos indivíduos tiveram a concentração de Ba abaixo do LD.

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 2024 pelo PMP-BS, também, apontam não haver influência do fator sexo, a menos do elemento Cr, com fêmeas>machos.

**Tabela 7.4-1 – Concentrações médias ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) 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	Valores PMB-BS
Local	São Paulo e Paraná	Sudeste Sul	Norte do Rio de Janeiro	2024
As	1,2	NR	1,10	0,83
Cd	0,404	NR	0,55	0,56
Cr	0,49	NR	NR	1,14
Cu	44,5	NR	25,6	87,9
Pb	0,026	NR	0,67	0,049
Mn	14,8	NR	NR	14,8
Mo	2,28	NR	NR	1,33
Zn	152	NR	NR	238
Ni	NR	NR	NR	0,38
Ba	0,008	NR	NR	0,053
V	0,089	NR	NR	0,158
Hg	NR	2,60-10,7	NR	1,93

\* 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 2024 pelo PMP-BS obteve-se os seguintes resultados: as concentrações de As, Cd, Mo e Hg foram maiores em animais adultos do que em filhotes (também juvenis, no caso de Cd e Mo); as concentrações de Cu e Zn em animais adultos foram menores 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 e 10, pertencentes ao Estado de São Paulo e ao Sul Fluminense e para os elementos As, Cu, Mn, Mo, Zn, V e Hg. Não foram observadas diferenças entre as mesorregiões para todos os elementos.

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 2024 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 2024 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, Mn, Mo, Zn e V em tecido hepático de machos e fêmeas de *Sotalia guianensis*, sendo inferior para Pb e superior para Ba e Hg. 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 2024 pelo PMP-BS (ausência de diferença significativa para o fator sexo para todos os elementos-traço) não diferem dos relatados na literatura, também, para este cetáceo, mostrando que diferenças em gênero não afetam a acumulação de elementos-traço.

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 2024, pelo PMP-BS, as concentrações de Mn foram maiores em animais adultos do que em juvenis. Enquanto as concentrações

de Cd, Mo e V em jovens foram maiores em animais adultos. Os resultados obtidos concordaram, em parte (Cd e V), parcialmente, com os resultados (V, Cd e Hg) relatados por Kunito *et al.* (2004).

**Tabela 7.4-2 – Concentrações (mg kg<sup>-1</sup>) 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	Valores PMB-BS
Local	São Paulo e Paraná	Norte do Rio de Janeiro	Norte do Rio de Janeiro	2024
As	0,83	1,11	NR	1,02
Cd	0,654	0,39	0,41	0,77
Cr	0,93	26,48	NR	1,20
Cu	157	NR	26,48	152
Pb	0,070	1,55	NR	0,026
Mn	9,84	NR	NR	11,9
Mo	2,55	NR	NR	1,94
Zn	192	NR	NR	164
Ni	NR	NR	NR	0,25
Ba	0,009	NR	NR	0,022
V	0,13	NR	NR	0,18
Hg	NR	NR	27,77	50,7

\* NR = Não Relatado

## 7.5 Considerações

No período de referência (janeiro a dezembro de 2024) foram coletadas para determinação de elementos traço, um total de 574 amostras do PMP-BS, contemplando 30 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*, *Phalacrocorax brasilianus* e *Sula leucogaster*), 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, foram observadas poucas diferenças entre a concentração em machos e fêmeas para todas as espécies envolvidas variando de um elemento para as espécies *Larus dominicanus* e *Pontoporia blainvillei*, dois elementos para *Phalacrocorax brasilianus* e quatro 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 *Sula leucogaster* e uma tendência contrária é verificada para Cr em *Spheniscus magellanicus*. Considerando as tartarugas-marinhas, essa comparação não foi possível para a espécie todas as amostras eram referentes à indivíduos jovens. Para mamíferos marinhos, foram observadas diferenças significativas, entre jovens e adultos, para Mn, com concentrações maiores nos adultos em relação aos jovens de *Sotalia guianensis*. Ainda, em relação à *Sotalia guianensis*, em jovens observou-se valores menores para Cd, Mo e V, quando comparados com indivíduos adultos.

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 (oito mesorregiões) para *Spheniscus magellanicus* (Litoral Sul Catarinense ao Litoral Norte Paulista, MS-01 a MS-08) e foram excluídos aqueles elementos com mais de 50% de dados abaixo do LD: Cr, Pb, Ni e Ba. Em termos de influência da região de coleta, verifica-se que as mesorregiões 6-8 são, estatisticamente, equivalentes, entre si para todos os elementos. Para as demais mesorregiões é difícil encontrar um padrão fixo, dependendo do elemento são ora equivalentes entre si e ora diferentes. Nota-se, entretanto, que alguns elementos apresentam uma maior uniformidade entre as regiões como Cd e V enquanto outros como Cr e Mn parecem diferir, praticamente, entre todas as regiões a menos do verificado entre as mesorregiões 6-8.

Para as tartarugas, a avaliação espacial foi realizada para *Chelonia mydas* envolvendo cinco mesorregiões (Litoral Paranaense ao Norte Paulista, MS-05 a MS-08, e Baía de Sepetiba, MS-10). Do mesmo modo como aves marinhas,

foram excluídos aqueles elementos com mais de 50% de dados abaixo do LD: Cr e Ba. A menos do As, Pb e Ni todos os demais elementos apresentaram algum efeito relacionado ao local de coleta.

Para os mamíferos marinhos, foi possível apenas a comparação envolvendo duas mesorregiões (Litoral Central e Baía de Sepetiba) e Baía da Ilha Grande). Também, foram excluídos os elementos Cd, Cr, Pb, Ni e Ba. Não foram observadas diferenças entre as mesorregiões para todos os elementos.

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.

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.

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.

CIPRO, 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.

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 ( $\sim 23^\circ\text{S}$ ): Inferences about contamination levels and recruitment to coastal Waters. **Marine Pollution Bulletin**, v. 142, p. 64-68, 2019.

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, 2024.

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.

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.* Potentially toxic elements (PTEs) in seabirds foraging across a heterogeneous landscape; Cross-species bioaccumulation patterns **Environmental Pollution**, v. 367, p. 125609, 2025.

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.

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.