

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

***Relatório Técnico Anual
Integrado - 2022 - Volume 2***

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

Outubro/2023

Relatório Técnico Anual Integrado – 01/01/2022 a 31/12/2022

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

*Relatório Técnico
Revisão 00
Outubro/2023*

[illegible]

	Original	Rev.01	Rev.02	Rev.03	Rev.04	Rev.05	Rev.06	Rev.07	Rev.08
Data	25/10/2023								
Elaboração	UNIVALI / Mineral / Econservation / USP / UNESP / Petrobras								
Verificação									
Aprovação									

SUMÁRIO

TABELAS.....	6
FIGURAS.....	16
APRESENTAÇÃO.....	29
5. ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL INTEGRADA.....	31
5.1 METODOLOGIA DE ANÁLISE	33
5.1.1 Variáveis ambientais e antrópicas	33
5.1.2 Estratificação Espacial.....	42
5.1.3 Estratificação pelo habitat preferencial das espécies	45
5.1.4 Recorte temporal	45
5.1.5 Análises Estatísticas.....	46
5.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
5.2.1 Padrões de Encalhes.....	51
5.2.2 Índice de Saúde.....	85
5.3 CONSIDERAÇÕES.....	105
5.3.1 Padrões de encalhes	105
5.3.2 Índice de Saúde.....	106
5.4 REFERÊNCIAS – ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL INTEGRADA.....	107
6. HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA).....	113
6.1 INTRODUÇÃO	113
6.2 OBJETIVO	115
6.3 MÉTODO ANALÍTICO	116
6.3.1 Determinação de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos....	116
6.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	120
6.4.1 Aves.....	120
6.4.2 Mamíferos Marinhos	132
6.4.3 Tartarugas Marinhas.....	150
6.5 CONSIDERAÇÕES.....	163
6.6 REFERÊNCIAS – HPA	165
7. ELEMENTOS TRAÇO.....	169
7.1 INTRODUÇÃO	169

7.2	MÉTODOS.....	172
7.2.1	Recebimento, Preparo e Preservação das Amostras	172
7.2.2	Métodos de Análise Química	175
7.2.3	Determinações.....	183
7.2.4	Tratamento Estatístico dos Resultados	188
7.3	RESULTADOS.....	189
7.3.1	Validação dos Métodos	189
7.3.2	Resultados e suas Variáveis (Codificação dos Fatores Estatísticos).....	196
7.3.3	Análise Estatística Preliminar	199
7.3.4	Análise Estatística (Histogramas)	209
7.3.5	Análise Estatística Quantitativa (Teste Kruskal-Wallis)	288
7.4	DISCUSSÕES.....	374
7.4.1	Aves.....	374
7.4.2	Tartarugas Marinhas.....	386
7.4.3	Mamíferos.....	392
7.4.4	Elementos traço derivados de atividades associadas a exploração de Petróleo	400
7.5	CONSIDERAÇÕES.....	401
7.6	REFERÊNCIAS – ELEMENTOS TRAÇO	402

TABELAS

TABELA 5.1-1. PARÂMETROS UTILIZADOS NAS ANÁLISES DOS PADRÕES DE ENCALHES. “DP” – DESVIO PADRÃO.	42
TABELA 5.2-1. RESUMO DO MODELO FINAL DA ANÁLISE DE RDA PARA AVES REGISTRADAS PELO PMP-BS ENTRE 2017 E 2022.	64
TABELA 5.2-2. RESUMO DO MODELO FINAL DA ANÁLISE DE RDA PARA TARTARUGAS MARINHAS REGISTRADOS PELO PMP-BS ENTRE 2017 E 2022.	71
TABELA 5.2-3. RESUMO DO MODELO FINAL DA ANÁLISE DE RDA PARA MAMÍFEROS REGISTRADOS PELO PMP-BS ENTRE 2017 E 2022.	77
TABELA 5.2-4. QUANTIDADE DE VALORES DO ÍNDICE DE SAÚDE UTILIZADOS NAS ANÁLISES DE GLM. “COM ATEND.” – ANIMAIS QUE PASSARAM POR ATENDIMENTO VETERINÁRIO; “SEM ATEND.” – ANIMAIS QUE NÃO PASSARAM POR ATENDIMENTO VETERINÁRIO. NÃO FORAM INCLUÍDOS ANIMAIS SEM IDENTIFICAÇÃO DE HABITAT.	86
TABELA 5.2-5. RESULTADOS DA ANÁLISE DE MODELOS LINEARES GENERALIZADOS (GLM) PARA O ÍNDICE DE SAÚDE DE AVES. “G.L.” – GRAUS DE LIBERDADE.	91
TABELA 5.2-6. RESULTADOS DA ANÁLISE DE MODELOS LINEARES GENERALIZADOS (GLM) PARA O ÍNDICE DE SAÚDE DE TARTARUGAS MARINHAS. “G.L.” – GRAUS DE LIBERDADE.	97
TABELA 5.2-7. RESULTADOS DA ANÁLISE DE MODELOS LINEARES GENERALIZADOS (GLM) PARA O ÍNDICE DE SAÚDE DE MAMÍFEROS MARINHOS. “G.L.” – GRAUS DE LIBERDADE.	101
TABELA 6.4-1. RESUMO DA INCIDÊNCIA DE QUANTIFICAÇÃO DE HPA EM AVES. ...	120
TABELA 6.4-2. INTERVALOS DE CONCENTRAÇÃO DE HPA NAS AMOSTRAS DE AVES MARINHAS. CONCENTRAÇÕES EM PESO ÚMIDO (NG G ⁻¹).	122
TABELA 6.4-3. INCIDÊNCIA DE HPA EM INDIVÍDUOS AVES POR TRECHO DE COLETA.	123
TABELA 6.4-4. DETALHAMENTO DE AVES OLEADAS COM QUANTIFICAÇÃO DE HPA.	129
TABELA 6.4-5. RESUMO DA INCIDÊNCIA DE QUANTIFICAÇÃO DE HPA EM MAMÍFEROS POR INDIVÍDUO, POR TECIDO, POR SEXO E POR IDADE DOS ANIMAIS.	133
TABELA 6.4-6. INTERVALO DE CONCENTRAÇÃO DE HPA NAS AMOSTRAS DE MAMÍFEROS.	134
TABELA 6.4-7. RESUMO DA INCIDÊNCIA DE QUANTIFICAÇÃO DE HPA EM PINÍPEDES.	135
TABELA 6.4-8. RESUMO DA INCIDÊNCIA DE QUANTIFICAÇÃO DE HPA EM MISTICETOS.	136

TABELA 6.4-9. RESUMO DA INCIDÊNCIA DE QUANTIFICAÇÃO DE HPA EM ODONTOCETOS.	138
TABELA 6.4-10. INCIDÊNCIA DE HPA EM INDIVÍDUOS DE MAMÍFEROS POR TRECHO DE COLETA.	139
TABELA 6.4-11. RESUMO DA INCIDÊNCIA DE QUANTIFICAÇÃO DE HPA EM TARTARUGAS.	150
TABELA 6.4-12. INTERVALO DE CONCENTRAÇÃO DE HPA NAS AMOSTRAS DE TARTARUGAS MARINHAS. CONCENTRAÇÕES EM PESO ÚMIDO (NG G⁻¹).	152
TABELA 6.4-13. INCIDÊNCIA DE HPA EM TARTARUGAS POR TRECHO DE COLETA.	153
TABELA 7.1-1. CONCENTRAÇÕES MÍNIMAS E MÁXIMAS DE ELEMENTOS TRAÇO (µG G⁻¹), EM PESO SECO, EM TECIDO HEPÁTICO DE CETÁCEOS, QUELÔNIOS E AVES MARINHAS.	170
TABELA 7.2-1. DESCRIÇÃO DO NÚMERO DE AMOSTRAS RECEBIDAS NO CEA-UNESP DESDE O INÍCIO DO PROJETO E AS DIFERENTES INSTITUIÇÕES RESPONSÁVEIS PELO ENVIO DESTAS AMOSTRAS.	172
TABELA 7.3-1. ANÁLISE DAS AMOSTRAS TORT-3 (HEPATOPÂNCREAS DE LAGOSTA NATIONAL RESEARCH COUNCIL – CANADÁ) E MR-05/12 (TECIDO ANIMAL – FÍGADO BOVINO LIOFILIZADO – EMBRAPA – BRASIL) USANDO ICP-MS (PESO SECO – MG KG⁻¹). MÉDIA ± DESVIO PADRÃO (M ± DP). RECUPERAÇÃO ± DESVÍO.	191
TABELA 7.3-2. DETERMINAÇÃO DE HG (PESO SECO – MG KG⁻¹) NA AMOSTRA TORT-3 (HEPATOPÂNCREAS DE LAGOSTA NATIONAL RESEARCH COUNCIL – CANADÁ) E RECUPERAÇÃO DE HG (%) NA AMOSTRA MR (TECIDO ANIMAL – FÍGADO BOVINO IN NATURA) OBTIDAS USANDO CVAFS. MÉDIA ± DESVIO PADRÃO (M ± DP). RECUPERAÇÃO ± DESVIO PADRÃO RELATIVO (R ± DPR).	191
TABELA 7.3-3. RECUPERAÇÃO MÉDIA E DESVIO-PADRÃO (%) DAS AMOSTRAS DE REFERÊNCIA (MR- 05/12 E MR, FÍGADO BOVINO LIOFILIZADO E FÍGADO BOVINO IN NATURA) OBTIDAS NAS ANÁLISES DAS AMOSTRAS (INCLUI SOMENTE OS LOTES APROVADOS, N=5).	192
TABELA 7.3-4. ANÁLISE DE ELEMENTOS TRAÇO E RESULTADOS DA REPETITIVIDADE DAS SOLUÇÕES (A) A 5 µG KG⁻¹ E (B) A 100 µG KG⁻¹, USANDO ICP-MS. MÉDIA ± DESVIO PADRÃO (M ± DP - µG KG⁻¹). DESVIO PADRÃO RELATIVO (DPR - %) (N = 9).	193
TABELA 7.3-5. ANÁLISE DE HG E RESULTADOS DA REPETITIVIDADE DA SOLUÇÃO © A 0,25 µG KG⁻¹, USANDO CVAFS. MÉDIA ± DESVIO PADRÃO (M ± DP - µG KG⁻¹). DESVIO PADRÃO RELATIVO (DPR - %) (N = 9).	194
TABELA 7.3-6. ANÁLISE DE ELEMENTOS TRAÇO E RESULTADOS DA REPRODUTIBILIDADE DAS SOLUÇÕES (A) A 5 µG KG⁻¹ E (B) A 100 µG KG⁻¹, USANDO ICP-MS. MÉDIA DOS RESULTADOS (M - µG KG⁻¹). DESVIO PADRÃO RELATIVO (DPR - %) (N = 9).	195

TABELA 7.3-7. ANÁLISE DE HG E RESULTADOS DA REPRODUTIBILIDADE DA SOLUÇÃO © A 0,25 µG KG ⁻¹ , USANDO CVAFS. MÉDIA DOS RESULTADOS (M - µG KG ⁻¹). DESVIO PADRÃO RELATIVO (DPR - %) (N = 9).	195
TABELA 7.3-8. LIMITE DE DETECÇÃO E LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO (PESO SECO – MG KG ⁻¹) ESTABELECIDOS PARA A DETERMINAÇÃO DOS ANALITOS.	196
TABELA 7.3-9. CODIFICAÇÃO NUMÉRICA E FREQUÊNCIA DE INDIVÍDUOS PARA ESPÉCIE.	197
TABELA 7.3-10. CODIFICAÇÃO NUMÉRICA E FREQUÊNCIA DE INDIVÍDUOS PARA LOCALIZAÇÃO	198
TABELA 7.3-11. CODIFICAÇÃO NUMÉRICA E FREQUÊNCIA DE INDIVÍDUOS PARA ESTÁGIO DO DESENVOLVIMENTO.	198
TABELA 7.3-12. CODIFICAÇÃO NUMÉRICA E FREQUÊNCIA DE INDIVÍDUOS PARA SEXO.	199
TABELA 7.3-13. ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA SPHENISCUS MAGELLANICUS DOS ELEMENTOS TRAÇO (N = 1005), CONSIDERANDO O CRITÉRIO LD / 2 PARA VALORES ABAIXO DO LD.....	200
TABELA 7.3-14. ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA LARUS DOMINICANUS DOS ELEMENTOS TRAÇO (N = 229), CONSIDERANDO O CRITÉRIO LD / 2 PARA VALORES ABAIXO DO LD.....	201
TABELA 7.3-15. ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA SULA LEUCOGASTER DOS ELEMENTOS TRAÇO (N = 151), CONSIDERANDO O CRITÉRIO LD / 2 PARA VALORES ABAIXO DO LD.....	202
TABELA 7.3-16. ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA PHALACROCORAX BRASILIANUS DOS ELEMENTOS TRAÇO (N = 99), CONSIDERANDO O CRITÉRIO LD / 2 PARA VALORES ABAIXO DO LD.....	203
TABELA 7.3-17. ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA FREGATA MAGNIFICENS DOS ELEMENTOS TRAÇO (N = 69), CONSIDERANDO O CRITÉRIO LD / 2 PARA VALORES ABAIXO DO LD.....	204
TABELA 7.3-18. ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA THALASSARCHE MELANOPHRIS DOS ELEMENTOS TRAÇO (N = 23), CONSIDERANDO O CRITÉRIO LD / 2 PARA VALORES ABAIXO DO LD.....	205
TABELA 7.3-19. ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA CHELONIA MYDAS DOS ELEMENTOS TRAÇO (N = 1117), CONSIDERANDO O CRITÉRIO LD / 2 PARA VALORES ABAIXO DO LD.	206
TABELA 7.3-20. ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA CARETTA CARETTA DOS ELEMENTOS TRAÇO (N = 59), CONSIDERANDO O CRITÉRIO LD / 2 PARA VALORES ABAIXO DO LD.	206
TABELA 7.3-21. ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA SOTALIA GUIANENSIS DOS ELEMENTOS TRAÇO (N = 107), CONSIDERANDO O CRITÉRIO LD / 2 PARA VALORES ABAIXO DO LD.....	207

TABELA 7.3-22. ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA PONTOPORIA BLAINVILLEI DOS ELEMENTOS TRAÇO (N = 130), CONSIDERANDO O CRITÉRIO LD / 2 PARA VALORES ABAIXO DO LD.....	208
TABELA 7.3-23. ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA ARCTOCEPHALUS AUSTRALIS DOS ELEMENTOS TRAÇO (N = 34), CONSIDERANDO O CRITÉRIO LD / 2 PARA VALORES ABAIXO DO LD.....	209
TABELA 7.3-24. FREQUÊNCIA DE SEXO PARA CHELONIA MYDAS.....	289
TABELA 7.3-25. FREQUÊNCIA DE SEXO PARA CARETTA CARETTA.....	289
TABELA 7.3-26. FREQUÊNCIA DE SEXO PARA SPHENISCUS MAGELLANICUS.....	289
TABELA 7.3-27. FREQUÊNCIA DE SEXO PARA LARUS DOMINICANUS.....	289
TABELA 7.3-28. FREQUÊNCIA DE SEXO PARA SULA LEUCOGASTER.	289
TABELA 7.3-29. FREQUÊNCIA DE SEXO PARA PHALACROCORAX BRASILIANUS.....	290
TABELA 7.3-30. FREQUÊNCIA DE SEXO PARA FREGATA MAGNIFICENS.	290
TABELA 7.3-31. FREQUÊNCIA DE SEXO PARA THALASSARCHE MELANOPHRIS.	290
TABELA 7.3-32. FREQUÊNCIA DE SEXO PARA PONTOPORIA BLAINVILLEI.....	290
TABELA 7.3-33. FREQUÊNCIA DE SEXO PARA SOTALIA GUIANENSIS.....	290
TABELA 7.3-34. FREQUÊNCIA DE SEXO PARA ARCTOCEPHALUS AUSTRALIS.	291
TABELA 7.3-35. VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE SEXO PARA SPHENISCUS MAGELLANICUS).....	292
TABELA 7.3-36. VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE SEXO PARA LARUS DOMINICANUS).....	292
TABELA 7.3-37. VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE SEXO PARA SULA LEUCOGASTER).	293
TABELA 7.3-38. VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE SEXO PARA PHALACROCORAX BRASILIANUS).	294
TABELA 7.3-39. VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE SEXO PARA FREGATA MAGNIFICENS).	294
TABELA 7.3-40. VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE SEXO PARA THALASSARCHE MELANOPHRIS).	295
TABELA 7.3-41. VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE SEXO PARA CHELONIA MYDAS).....	296
TABELA 7.3-42. VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE SEXO PARA CARETTA CARETTA).....	296
TABELA 7.3-43. VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE SEXO PARA SOTALIA GUIANENSIS).....	297

TABELA 7.3-44. VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE SEXO PARA PONTOPORIA BLAINVILLEI).....	297
TABELA 7.3-45. VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE SEXO PARA ARCTOCEPHALUS AUSTRALIS).	298
TABELA 7.3-46. FREQUÊNCIA DE ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO PARA CHELONIA MYDAS.....	298
TABELA 7.3-47. FREQUÊNCIA DE ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO PARA CARETTA CARETTA.	299
TABELA 7.3-48. FREQUÊNCIA DE ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO PARA SPHENISCUS MAGELLANICUS.	299
TABELA 7.3-49. FREQUÊNCIA DE ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO PARA LARUS DOMINICANUS.	299
TABELA 7.3-50. FREQUÊNCIA DE ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO PARA SULA LEUCOGASTER.	299
TABELA 7.3-51. FREQUÊNCIA DE ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO PARA PHALACROCORAX BRASILIANUS.	299
TABELA 7.3-52. FREQUÊNCIA DE ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO PARA FREGATA MAGNIFICENS.	300
TABELA 7.3-53. FREQUÊNCIA DE ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO PARA THALASSARCHE MELANOPHRIS.	300
TABELA 7.3-54. VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO PARA SPHENISCUS MAGELLANICUS).	301
TABELA 7.3-55. VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO PARA LARUS DOMINICANUS).	301
TABELA 7.3-56. VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO PARA SULA LEUCOGASTER).	302
TABELA 7.3-57. VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO PARA PHALACROCORAX BRASILIANUS).	303
TABELA 7.3-58. VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO PARA FREGATA MAGNIFICENS).	303
TABELA 7.3-59. VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO PARA CARETTA CARETTA).	304

TABELA 7.3-60. VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO PARA SOTALIA GUIANENSIS). DESDOBRAMENTO REALIZADO PELO TESTE STUDENT-NEWMAN-KEULS.....	305
TABELA 7.3-61. VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO PARA PONTOPORIA BLAINVILLEI). DESDOBRAMENTO REALIZADO PELO TESTE STUDENT-NEWMAN-KEULS.....	307
TABELA 7.3-62. CONCENTRAÇÕES MÉDIAS (EM MG KG ⁻¹) ENCONTRADAS NOS DIFERENTES ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTO EM INDIVÍDUOS DE PONTOPORIA BLAINVILLEI.....	308
TABELA 7.3-63. FREQUÊNCIA DE LOCAL PARA CHELONIA MYDAS.	309
TABELA 7.3-64. FREQUÊNCIA DE LOCAL PARA CARETTA CARETTA.	310
TABELA 7.3-65. FREQUÊNCIA DE LOCAL PARA SPHENISCUS MAGELLANICUS.	310
TABELA 7.3-66. FREQUÊNCIA DE LOCAL PARA LARUS DOMINICANUS.	310
TABELA 7.3-67. FREQUÊNCIA DE LOCAL PARA SULA LEUCOGASTER.	311
TABELA 7.3-68. FREQUÊNCIA DE LOCAL PARA PHALACROCORAX BRASILIANUS. ...	311
TABELA 7.3-69. FREQUÊNCIA DE LOCAL PARA FREGATA MAGNIFICENS.....	311
TABELA 7.3-70. FREQUÊNCIA DE LOCAL PARA THALASSARCHE MELANOPHRIS. ...	312
TABELA 7.3-71. FREQUÊNCIA DE LOCAL PARA SOTALIA GUIANENSIS.	312
TABELA 7.3-72. FREQUÊNCIA DE LOCAL PARA A ESPÉCIE PONTOPORIA BLAINVILLEI.	312
TABELA 7.3-73. FREQUÊNCIA DE LOCAL PARA ARCTOCEPHALUS AUSTRALIS.	313
TABELA 7.3-74. CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA OS ELEMENTOS TRAÇO ANALISADOS NOS INDIVÍDUOS DE SPHENISCUS MAGELLANICUS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA.....	314
TABELA 7.3-75. VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE LOCAIS PARA SPHENISCUS MAGELLANICUS). DESDOBRAMENTO REALIZADO PELO TESTE STUDENT-NEWMAN-KEULS.....	316
TABELA 7.3-76. CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA OS ELEMENTOS TRAÇO ANALISADOS NOS INDIVÍDUOS DE LARUS DOMINICANUS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA.	320
TABELA 7.3-77. VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE LOCAIS PARA LARUS DOMINICANUS). DESDOBRAMENTO REALIZADO PELO TESTE STUDENT-NEWMAN-KEULS.	322

TABELA 7.3-78. CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA OS ELEMENTOS TRAÇO ANALISADOS NOS INDIVÍDUOS DE <i>SULA LEUCOGASTER</i> NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA.	324
TABELA 7.3-79. VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE LOCAIS PARA <i>SULA LEUCOGASTER</i>). DESDOBRAMENTO REALIZADO PELO TESTE STUDENT-NEWMAN-KEULS.	326
TABELA 7.3-80. CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA OS ELEMENTOS TRAÇO ANALISADOS NOS INDIVÍDUOS DE <i>PHALACROCORAX BRASILIANUS</i> NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA.....	330
TABELA 7.3-81. VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE LOCAIS PARA <i>PHALACROCORAX BRASILIANUS</i>). DESDOBRAMENTO REALIZADO PELO TESTE STUDENT-NEWMAN-KEULS.....	332
TABELA 7.3-82. CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA OS ELEMENTOS TRAÇO ANALISADOS NOS INDIVÍDUOS DE <i>FREGATA MAGNIFICENS</i> NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA.....	334
TABELA 7.3-83. VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE LOCAIS PARA <i>FREGATA MAGNIFICENS</i>). DESDOBRAMENTO REALIZADO PELO TESTE STUDENT-NEWMAN-KEULS.	335
TABELA 7.3-84. VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE LOCAIS PARA <i>THALASSARCHE MELANOPHRIS</i>).	336
TABELA 7.3-85. CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA OS ELEMENTOS TRAÇO ANALISADOS NOS INDIVÍDUOS DE <i>THALASSARCHE MELANOPHRIS</i> NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA.....	337
TABELA 7.3-86. CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA <i>CHELONIA MYDAS</i> NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA.....	338
TABELA 7.3-87. VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE LOCAIS PARA <i>CHELONIA MYDAS</i>). DESDOBRAMENTO REALIZADO PELO TESTE STUDENT-NEWMAN-KEULS.	340
TABELA 7.3-88. VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE LOCAIS PARA <i>CARETTA CARETTA</i>).	345
TABELA 7.3-89. CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA OS ELEMENTOS TRAÇO ANALISADOS NOS INDIVÍDUOS DE <i>SOTALIA GUIANENSIS</i> NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA.	346
TABELA 7.3-90. VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE LOCAIS PARA <i>SOTALIA GUIANENSIS</i>). DESDOBRAMENTO REALIZADO PELO TESTE STUDENT-NEWMAN-KEULS.	347
TABELA 7.3-91. CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA OS ELEMENTOS TRAÇO ANALISADOS NOS INDIVÍDUOS DE <i>PONTOPIRIA BLAINVILLEI</i> NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA.....	348

TABELA 7.3-92. VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE LOCAIS PARA PONTOPORIA BLAINVILLEI). DESDOBRAMENTO REALIZADO PELO TESTE STUDENT-NEWMAN-KEULS.....	349
TABELA 7.3-93. CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA OS ELEMENTOS TRAÇO ANALISADOS NOS INDIVÍDUOS DE ARCTOCEPHALUS AUSTRALIS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA.....	351
TABELA 7.3-94. CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DOS ELEMENTOS TRAÇO ANALISADOS EM AMOSTRAS DE TECIDO HEPÁTICO DE INDIVÍDUOS DA ESPÉCIE SPHENISCUS MAGELLANICUS NOS DIFERENTES ANOS DE COLETA, CONSIDERANDO SOMENTE OS ANOS COM N AMOSTRAL ADEQUADO ($>LD$, $n \geq 4$).....	352
TABELA 7.3-95. VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE ANOS DA COLETA PARA SPHENISCUS MAGELLANICUS). DESDOBRAMENTO REALIZADO PELO TESTE STUDENT-NEWMAN-KEULS.....	354
TABELA 7.3-96. 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 ($>LD$, $n \geq 4$).....	355
TABELA 7.3-97. VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE ANOS DA COLETA PARA LARUS DOMINICANUS). DESDOBRAMENTO REALIZADO PELO TESTE STUDENT-NEWMAN-KEULS.....	356
TABELA 7.3-98. CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DOS ELEMENTOS TRAÇO ANALISADOS EM AMOSTRAS DE TECIDO HEPÁTICO DE INDIVÍDUOS DA ESPÉCIE SULA LEUCOGASTER NOS DIFERENTES ANOS DE COLETA, CONSIDERANDO SOMENTE OS ANOS COM N AMOSTRAL ADEQUADO ($>LD$, $n \geq 4$).....	357
TABELA 7.3-99. VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE ANOS DA COLETA PARA SULA LEUCOGASTER). DESDOBRAMENTO REALIZADO PELO TESTE STUDENT-NEWMAN-KEULS.....	358
TABELA 7.3-100. CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DOS ELEMENTOS TRAÇO ANALISADOS EM AMOSTRAS DE TECIDO HEPÁTICO DE INDIVÍDUOS DA ESPÉCIE PHALACROCORAX BRASILIANUS NOS DIFERENTES ANOS DE COLETA, CONSIDERANDO SOMENTE OS ANOS COM N AMOSTRAL ADEQUADO ($>LD$, $n \geq 4$).....	359
TABELA 7.3-101. VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE ANOS DA COLETA PARA PHALACROCORAX BRASILIANUS). DESDOBRAMENTO REALIZADO PELO TESTE STUDENT-NEWMAN-KEULS.....	359
TABELA 7.3-102. CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DOS ELEMENTOS TRAÇO ANALISADOS EM AMOSTRAS DE TECIDO HEPÁTICO DE INDIVÍDUOS DA ESPÉCIE FREGATA MAGNIFICENS NOS DIFERENTES ANOS DE COLETA, CONSIDERANDO SOMENTE OS ANOS COM N AMOSTRAL ADEQUADO ($>LD$, $n \geq 4$).....	360
TABELA 7.3-103. VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE ANOS DA COLETA PARA FREGATA MAGNIFICENS). DESDOBRAMENTO REALIZADO PELO TESTE STUDENT-NEWMAN-KEULS.....	360

TABELA 7.3-104. VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE ANOS DA COLETA PARA THALASSARCHE MELANOPHRIS).	361
TABELA 7.3-105. CONCENTRAÇÕES MÉDIAS 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 ($N \geq 4$)	362
TABELA 7.3-106. VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE ANOS DA COLETA PARA CHELONIA MYDAS). DESDOBRAMENTO REALIZADO PELO TESTE STUDENT-NEWMAN-KEULS.....	363
TABELA 7.3-107. CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DOS ELEMENTOS TRAÇO ANALISADOS EM AMOSTRAS DE TECIDO HEPÁTICO DE INDIVÍDUOS DA ESPÉCIE CARETTA CARETTA NOS ANOS DE COLETA, CONSIDERANDO SOMENTE OS ANOS COM N AMOSTRAL ADEQUADO ($>LD$, $N \geq 4$)	365
TABELA 7.3-108. VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE ANOS DA COLETA PARA CARETTA CARETTA).	366
TABELA 7.3-109. VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE ANOS DA COLETA PARA PONTOPORIA BLAINVILLEI). DESDOBRAMENTO REALIZADO PELO TESTE STUDENT-NEWMAN-KEULS.....	368
TABELA 7.3-110. CONCENTRAÇÕES MÉDIAS 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 ($>LD$, $N \geq 4$).	370
TABELA 7.3-111. CONCENTRAÇÕES MÉDIAS 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 ($>LD$, $N \geq 4$).	371
TABELA 7.3-112. VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE ANOS DA COLETA PARA SOTALIA GUIANENSIS). DESDOBRAMENTO REALIZADO PELO TESTE STUDENT-NEWMAN-KEULS.....	372
TABELA 7.3-113. VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE ANOS DA COLETA PARA ARCTOCEPHALUS AUSTRALIS). DESDOBRAMENTO REALIZADO PELO TESTE STUDENT-NEWMAN-KEULS.....	374
TABELA 7.4-1. CONCENTRAÇÕES (MG KG ⁻¹) DE ELEMENTOS TRAÇO RELATADOS PARA FREGATA MAGNIFICENS.	384
TABELA 7.4-2. CONCENTRAÇÕES (MG KG ⁻¹) DE ELEMENTOS TRAÇO RELATADOS PARA THALASSARCHE MELANOPHRIS.	385
TABELA 7.4-3. CONCENTRAÇÕES (MG KG ⁻¹) DE ELEMENTOS TRAÇO RELATADOS PARA CARETTA CARETTA.	392

TABELA 7.4-4. CONCENTRAÇÕES (MG KG⁻¹) DE ELEMENTOS TRAÇO RELATADOS PARA PONTOPORIA BLAINVILLEI.....	393
TABELA 7.4-5. CONCENTRAÇÕES (MG KG⁻¹) DE ELEMENTOS TRAÇO RELATADOS PARA SOTALIA GUIANENSIS.	398
TABELA 7.4-6. CONCENTRAÇÕES MÍNIMAS E MÁXIMAS DE ELEMENTOS TRAÇO NO TECIDO HEPÁTICO DE ARCTOCEPHALUS AUSTRALIS RELATADAS POR BARAJ ET AL., 2009. VALORES EM MG KG⁻¹ TRANSFORMADO EM BASE SECA (CONSIDERANDO 80% DE UMIDADE).....	399

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)..... 36
- 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)..... 39
- FIGURA 5.1-3.** MAPAS DA MÉDIA DA INTENSIDADE DE TRÁFEGO DE EMBARCAÇÕES PARA TODO O PERÍODO DE JANEIRO A DEZEMBRO DE 2022: (A) EMBARCAÇÕES DA PETROBRAS; (B) EMBARCAÇÕES DE TERCEIROS. AS CORES REPRESENTAM A QUANTIDADE DE METROS NAVEGADOS EM CADA QUADRANTE EM TODO O PERÍODO..... 40
- 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. 43
- 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. 44
- 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 DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS E ANTRÓPICAS ESTRATIFICADAS POR PROFUNDIDADE, UTILIZADAS NA RDA. TONS DE ROXO INDICAM CORRELAÇÃO POSITIVA, TONS DE VERDE CORRELAÇÃO NEGATIVA..... 48
- FIGURA 5.1-8.** CORRELOGRAMA ENTRE OS DESVIOS PADRÕES DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS E ANTRÓPICAS ESTRATIFICADAS POR PROFUNDIDADE, UTILIZADAS NA RDA. TONS DE ROXO INDICAM CORRELAÇÃO POSITIVA, TONS DE VERDE CORRELAÇÃO NEGATIVA..... 49
- 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..... 52
- FIGURA 5.2-2.** MAPA DE CALOR DA QUANTIDADE DE EXEMPLARES DE AVES REGISTRADAS POR TRIMESTRE, (A) INCLUINDO PINGUINS-DE-MAGALHÃES (*SPHENISCUS MAGELLANICUS*), E (B) SEM INCLUIR ESTA ESPÉCIE..... 54
- FIGURA 5.2-3.** MAPA DE CALOR DA QUANTIDADE DE EXEMPLARES DE AVES REGISTRADAS POR MESORREGIÃO, (A) INCLUINDO PINGUINS-DE-MAGALHÃES

(SPHENISCUS MAGELLANICUS), E (B) SEM INCLUIR ESTA ESPÉCIE. MESORREGIÕES ORDENADAS DE SUL (ESQUERDA) PARA NORTE (DIREITA).....	56
FIGURA 5.2-4. MAPA DE CALOR DA QUANTIDADE DE EXEMPLARES DE MAMÍFEROS REGISTRADOS POR (A) ANO E (B) TRIMESTRE.	58
FIGURA 5.2-5. MAPA DE CALOR DA QUANTIDADE DE EXEMPLARES DE MAMÍFEROS REGISTRADOS POR MESORREGIÃO. MESORREGIÕES ORDENADAS DE SUL (ESQUERDA) PARA NORTE (DIREITA).....	60
FIGURA 5.2-6. MAPA DE CALOR DA QUANTIDADE DE EXEMPLARES DE TARTARUGAS MARINHAS REGISTRADAS POR (A) ANO E (B) TRIMESTRE.	61
FIGURA 5.2-7. MAPA DE CALOR DA QUANTIDADE DE EXEMPLARES DE TARTARUGAS MARINHAS REGISTRADAS POR MESORREGIÃO.....	63
FIGURA 5.2-8. RESULTADOS DA RDA PARA AVES: VARIÁVEIS AMBIENTAIS SIGNIFICATIVAS. NENHUMA VARIÁVEL ANTRÓPICA APRESENTOU SIGNIFICÂNCIA NA ANÁLISE.....	66
FIGURA 5.2-9. RESULTADOS DA RDA PARA AVES: MESORREGIÕES.	67
FIGURA 5.2-10. RESULTADOS DA RDA PARA AVES: TRIMESTRES.	68
FIGURA 5.2-11. RESULTADOS DA RDA PARA AVES: ANOS.	69
FIGURA 5.2-12. RESULTADOS DA RDA PARA AVES: ESPÉCIES.	70
FIGURA 5.2-13. RESULTADOS DA RDA PARA TARTARUGAS MARINHAS: VARIÁVEIS AMBIENTAIS E ANTRÓPICAS SIGNIFICATIVAS.....	72
FIGURA 5.2-14. RESULTADOS DA RDA PARA TARTARUGAS MARINHAS: MESORREGIÕES.	73
FIGURA 5.2-15. RESULTADOS DA RDA PARA TARTARUGAS MARINHAS: TRIMESTRES.	74
FIGURA 5.2-16. RESULTADOS DA RDA PARA TARTARUGAS MARINHAS: ANOS.	75
FIGURA 5.2-17. RESULTADOS DA RDA PARA TARTARUGAS MARINHAS: ESPÉCIES.	76
FIGURA 5.2-18. RESULTADOS DA RDA PARA MAMÍFEROS: VARIÁVEIS AMBIENTAIS E ANTRÓPICAS SIGNIFICATIVAS.	80
FIGURA 5.2-19. RESULTADOS DA RDA PARA MAMÍFEROS: MESORREGIÕES.....	81
FIGURA 5.2-20. RESULTADOS DA RDA PARA MAMÍFEROS: TRIMESTRES.....	82
FIGURA 5.2-21. RESULTADOS DA RDA PARA MAMÍFEROS: ANOS.....	83
FIGURA 5.2-22. RESULTADOS DA RDA PARA MAMÍFEROS: ESPÉCIES.....	84
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.....	88

FIGURA 5.2-24. DISTRIBUIÇÃO DE RESÍDUOS DAS ANÁLISES DO GLM DE AVES MARINHAS.....	92
FIGURA 5.2-25. ANÁLISE DE GLM DO ÍNDICE DE SAÚDE PARA AVES, ENTRE OS ANOS DE 2017 E 2022 EM TODAS AS MESORREGIÕES DO PMP-BS.....	93
FIGURA 5.2-26. ANÁLISE DE GLM DO ÍNDICE DE SAÚDE PARA AVES, EXCLUINDO PINGUINS-DE-MAGALHÃES E ANIMAIS QUE PASSARAM POR TRATAMENTO VETERINÁRIO, ENTRE OS ANOS DE 2017 E 2022 EM TODAS AS MESORREGIÕES DO PMP-BS.....	95
FIGURA 5.2-27. DISTRIBUIÇÃO DE RESÍDUOS DAS ANÁLISES DO GLM DE TARTARUGAS MARINHAS.....	97
FIGURA 5.2-28. ANÁLISE DE GLM DO ÍNDICE DE SAÚDE PARA TARTARUGAS MARINHAS, ENTRE OS ANOS DE 2017 E 2022 EM TODAS AS MESORREGIÕES DO PMP-BS.....	98
FIGURA 5.2-29. ANÁLISE DE GLM DO ÍNDICE DE SAÚDE PARA TARTARUGAS MARINHAS, EXCLUINDO EXEMPLARES QUE PASSARAM POR TRATAMENTO VETERINÁRIO ENTRE OS ANOS DE 2017 E 2022 EM TODAS AS MESORREGIÕES DO PMP-BS.....	100
FIGURA 5.2-30. DISTRIBUIÇÃO DE RESÍDUOS DAS ANÁLISES DE GLM DE MAMÍFEROS MARINHOS.	102
FIGURA 5.2-31. ANÁLISE DE GLM DO ÍNDICE DE SAÚDE PARA MAMÍFEROS MARINHOS, ENTRE OS ANOS DE 2017 E 2022 EM TODAS AS MESORREGIÕES DO PMP-BS.	103
FIGURA 6.4-1. INCIDÊNCIA (%) DE INDIVÍDUOS (AVES) COM QUANTIFICAÇÃO DE HPA EM: (A) PELO MENOS UM DOS TECIDOS POR TRECHO DE PRAIA, (B) NO TECIDO HEPÁTICO POR TRECHO DE PRAIA, (C) NO TECIDO ADIPOSEO POR TRECHO DE PRAIA. OS NÚMEROS SOBRE AS BARRAS REPRESENTAM O NÚMERO TOTAL DE INDIVÍDUOS DE CADA TRECHO COM TECIDO BIOLÓGICO ANALISADO. OS TRECHOS COM N AMOSTRAL INFERIOR A 20 ESTÃO DESTACADOS EM AMARELO.....	124
FIGURA 6.4-2. (A) INCIDÊNCIA (%) DE INDIVÍDUOS (AVES) COM QUANTIFICAÇÃO DE HPA EM PELO MENOS UM DOS TECIDOS POR ESPÉCIE. (B) INCIDÊNCIA (%) DE AMOSTRAS (TECIDO HEPÁTICO + TECIDO ADIPOSEO) COM QUANTIFICAÇÃO DE HPA POR ESPÉCIE. OS NÚMEROS SOBRE AS BARRAS REPRESENTAM O NÚMERO TOTAL DE (A) INDIVÍDUOS E (B) AMOSTRAS, DE CADA ESPÉCIE. AS ESPÉCIES COM N AMOSTRAL INFERIOR A 20 ESTÃO DESTACADAS EM AMARELO.	126
FIGURA 6.4-3. INCIDÊNCIA (%) DE INDIVÍDUOS (AVES) COM QUANTIFICAÇÃO DE HPA EM: (A) PELO MENOS UM DOS TECIDOS POR ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO, (B) NO TECIDO HEPÁTICO POR ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO, (C) NO TECIDO ADIPOSEO POR ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO. OS NÚMEROS SOBRE AS BARRAS REPRESENTAM O NÚMERO TOTAL DE INDIVÍDUOS EM CADA ESTÁGIO. A FIGURA NÃO CONTEMPLA 35 INDIVÍDUOS CUJOS ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTO NÃO FORAM DETERMINADOS.....	127

FIGURA 6.4-4. INCIDÊNCIA (%) DE INDIVÍDUOS (AVES) COM QUANTIFICAÇÃO DE HPA POR: (A) ESCORE CORPORAL CONSIDERANDO AMBOS OS TECIDOS, (B) ESCORE CORPORAL CONSIDERANDO APENAS O TECIDO HEPÁTICO, (C) ESCORE CORPORAL CONSIDERANDO APENAS O TECIDO ADIPOSEO. OS NÚMEROS SOBRE AS BARRAS REPRESENTAM O NÚMERO TOTAL DE INDIVÍDUOS DE CADA ESCORE CORPORAL COM TECIDO BIOLÓGICO ANALISADO. A FIGURA NÃO CONTEMPLA 8 INDIVÍDUOS CUJOS ESCORES CORPORAIS NÃO FORAM DETERMINADOS. 130

FIGURA 6.4-5. CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE HPA EM AVES COM QUANTIFICAÇÃO POR: (A) ESCORE CORPORAL CONSIDERANDO AMBOS OS TECIDOS, (B) ESCORE CORPORAL CONSIDERANDO APENAS O TECIDO HEPÁTICO, (C) ESCORE CORPORAL CONSIDERANDO APENAS O TECIDO ADIPOSEO. AS BARRAS VERTICAIS REPRESENTAM O DESVIO PADRÃO DA CONCENTRAÇÃO MÉDIA..... 131

FIGURA 6.4-6. (A) INCIDÊNCIA (%) DE INDIVÍDUOS (AVES) COM QUANTIFICAÇÃO DE HPA EM PELO MENOS UM DOS TECIDOS POR ANO DA NECROPSIA. OS NÚMEROS SOBRE AS BARRAS REPRESENTAM O NÚMERO TOTAL DE INDIVÍDUOS ANALISADOS EM CADA ANO. (B) CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE HPA EM AVES POR ANO. 132

FIGURA 6.4-7. INCIDÊNCIA (%) DE INDIVÍDUOS (MAMÍFEROS) COM QUANTIFICAÇÃO DE HPA EM: (A) PELO MENOS UM DOS TECIDOS POR TRECHO DE PRAIA, (B) NO TECIDO HEPÁTICO POR TRECHO DE PRAIA, (C) NO TECIDO ADIPOSEO POR TRECHO DE PRAIA. OS NÚMEROS SOBRE AS BARRAS REPRESENTAM O NÚMERO TOTAL DE INDIVÍDUOS DE CADA TRECHO COM TECIDO BIOLÓGICO ANALISADO. OS TRECHOS COM N AMOSTRAL INFERIOR A 20 ESTÃO DESTACADOS EM AMARELO..... 140

FIGURA 6.4-8. (A) INCIDÊNCIA (%) DE INDIVÍDUOS (MAMÍFEROS) COM QUANTIFICAÇÃO DE HPA EM PELO MENOS UM DOS TECIDOS POR ESPÉCIE. (B) INCIDÊNCIA (%) DE AMOSTRAS (TECIDO HEPÁTICO + TECIDO ADIPOSEO) COM QUANTIFICAÇÃO DE HPA POR ESPÉCIE. OS NÚMEROS SOBRE AS BARRAS REPRESENTAM O NÚMERO TOTAL DE INDIVÍDUOS DE CADA ESPÉCIE (A) E O NÚMERO TOTAL DE AMOSTRAS ANALISADAS (B). AS ESPÉCIES COM N AMOSTRAL INFERIOR A 20 ESTÃO DESTACADOS EM AMARELO. 142

FIGURA 6.4-9. INCIDÊNCIA (%) DE INDIVÍDUOS (MAMÍFEROS) COM QUANTIFICAÇÃO DE HPA EM: (A) PELO MENOS UM DOS TECIDOS POR ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO, (B) NO TECIDO HEPÁTICO POR ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO, (C) NO TECIDO ADIPOSEO POR ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO. OS NÚMEROS SOBRE AS BARRAS REPRESENTAM O NÚMERO TOTAL DE INDIVÍDUOS DE CADA ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO COM TECIDO BIOLÓGICO ANALISADO. A FIGURA NÃO CONTEMPLA 3 INDIVÍDUOS CUJOS ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTO NÃO FORAM DETERMINADOS. 144

FIGURA 6.4-10. INCIDÊNCIA (%) DE INDIVÍDUOS (MAMÍFEROS) COM QUANTIFICAÇÃO DE HPA POR: (A) ESCORE CORPORAL CONSIDERANDO AMBOS OS TECIDOS, (B) ESCORE CORPORAL CONSIDERANDO APENAS O TECIDO HEPÁTICO, (C) ESCORE CORPORAL CONSIDERANDO APENAS O TECIDO ADIPOSEO. OS NÚMEROS SOBRE AS BARRAS REPRESENTAM O NÚMERO TOTAL DE INDIVÍDUOS DE CADA ESCORE CORPORAL COM TECIDO BIOLÓGICO ANALISADO. 146

FIGURA 6.4-11. CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE HPA EM MAMÍFEROS COM QUANTIFICAÇÃO POR: (A) ESCORE CORPORAL CONSIDERANDO AMBOS OS TECIDOS, (B) ESCORE CORPORAL CONSIDERANDO APENAS O TECIDO HEPÁTICO, (C) ESCORE CORPORAL CONSIDERANDO APENAS O TECIDO ADIPOSEO. AS BARRAS VERTICAIS REPRESENTAM O DESVIO PADRÃO DA CONCENTRAÇÃO MÉDIA. FORAM CONSIDERADOS APENAS AS AMOSTRAS COM QUANTIFICAÇÃO DE HPA. 147

FIGURA 6.4-12. (A) INCIDÊNCIA (%) DE AMOSTRAS DE MAMÍFEROS COM QUANTIFICAÇÃO DE HPA POR ANO DA NECROPSIA. OS NÚMEROS SOBRE AS BARRAS REPRESENTAM O NÚMERO TOTAL DE AMOSTRAS ANALISADAS EM CADA ANO. (B) CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE HPA EM MAMÍFEROS POR ANO DA NECROPSIA. AS BARRAS VERTICAIS REPRESENTAM O DESVIO PADRÃO DA CONCENTRAÇÃO MÉDIA. 149

FIGURA 6.4-13. INCIDÊNCIA (%) DE INDIVÍDUOS (TARTARUGAS) COM QUANTIFICAÇÃO DE HPA EM: (A) PELO MENOS UM DOS TECIDOS POR TRECHO DE PRAIA, (B) NO TECIDO HEPÁTICO POR TRECHO DE PRAIA, (C) NO TECIDO ADIPOSEO POR TRECHO DE PRAIA. OS NÚMEROS SOBRE AS BARRAS REPRESENTAM O NÚMERO TOTAL DE INDIVÍDUOS DE CADA TRECHO COM TECIDO BIOLÓGICO ANALISADO. OS TRECHOS COM N AMOSTRAL INFERIOR A 20 ESTÃO DESTACADOS EM AMARELO. 154

FIGURA 6.4-14. (A) INCIDÊNCIA (%) DE INDIVÍDUOS (TARTARUGAS) COM QUANTIFICAÇÃO DE HPA EM PELO MENOS UM DOS TECIDOS POR ESPÉCIE. (B) INCIDÊNCIA (%) DE AMOSTRAS (TECIDO HEPÁTICO + TECIDO ADIPOSEO) COM QUANTIFICAÇÃO DE HPA POR ESPÉCIE. OS NÚMEROS SOBRE AS BARRAS REPRESENTAM O NÚMERO TOTAL DE INDIVÍDUOS (A) E AMOSTRAS (B) DE CADA ESPÉCIE. AS ESPÉCIES COM N AMOSTRAL INFERIOR A 20 ESTÃO DESTACADOS EM AMARELO. 156

FIGURA 6.4-15. INCIDÊNCIA (%) DE INDIVÍDUOS (TARTARUGAS) COM QUANTIFICAÇÃO DE HPA EM: (A) PELO MENOS UM DOS TECIDOS POR ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO, (B) NO TECIDO HEPÁTICO POR ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO, (C) NO TECIDO ADIPOSEO POR ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO. OS NÚMEROS SOBRE AS BARRAS REPRESENTAM O NÚMERO TOTAL DE INDIVÍDUOS DE CADA ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO COM TECIDO BIOLÓGICO ANALISADO. A FIGURA NÃO CONTEMPLA 12 INDIVÍDUOS CUJOS ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTO NÃO FORAM DETERMINADOS. 157

FIGURA 6.4-16. INCIDÊNCIA (%) DE INDIVÍDUOS (TARTARUGAS) COM QUANTIFICAÇÃO DE HPA POR: (A) ESCORE CORPORAL CONSIDERANDO AMBOS OS TECIDOS, (B) ESCORE CORPORAL CONSIDERANDO APENAS O TECIDO HEPÁTICO, (C) ESCORE CORPORAL CONSIDERANDO APENAS O TECIDO ADIPOSEO. OS NÚMEROS SOBRE AS BARRAS REPRESENTAM O NÚMERO TOTAL DE INDIVÍDUOS DE CADA ESCORE CORPORAL COM TECIDO BIOLÓGICO ANALISADO. A FIGURA NÃO CONTEMPLA 1 INDIVÍDUO CUJO ESCORE CORPORAL NÃO FOI DETERMINADO. 159

FIGURA 6.4-17. CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE HPA EM TARTARUGAS COM QUANTIFICAÇÃO POR: (A) ESCORE CORPORAL CONSIDERANDO AMBOS OS TECIDOS, (B) ESCORE CORPORAL CONSIDERANDO APENAS O TECIDO HEPÁTICO,

(C) ESCORE CORPORAL CONSIDERANDO APENAS O TECIDO ADIPOSEO. AS BARRAS VERTICAIS REPRESENTAM O DESVIO PADRÃO DA CONCENTRAÇÃO MÉDIA.	160
FIGURA 6.4-18. (A) INCIDÊNCIA (%) DE TARTARUGAS COM QUANTIFICAÇÃO DE HPA POR ANO DA NECROPSIA. OS NÚMEROS SOBRE AS BARRAS REPRESENTAM O NÚMERO TOTAL DE INDIVÍDUOS ANALISADAS EM CADA ANO. (B) CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE HPA EM TARTARUGAS POR ANO DA NECROPSIA. AS BARRAS VERTICAIS REPRESENTAM O DESVIO PADRÃO DA CONCENTRAÇÃO MÉDIA.....	162
FIGURA 7.2-1. LIOFILIZADOR UTILIZADO PARA SECAGEM DAS AMOSTRAS.....	176
FIGURA 7.2-2. DIGESTOR MICRO-ONDAS (1) E CAPELA DE EXAUSTÃO (2) USADOS NA DIGESTÃO E PREPARO DAS AMOSTRAS.	177
FIGURA 7.2-3. DIGESTOR MICRO-ONDAS (1), ROTOR DE 44 FRASCOS(2) E FRASCOS (3) USADOS NA DIGESTÃO E PREPARO DAS AMOSTRAS.....	178
FIGURA 7.2-4. ESPECTRÔMETRO DE MASSAS COM PLASMA ACOPLADO INDUTIVAMENTE UTILIZADO PARA AS DETERMINAÇÕES DE AS, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba E V.....	183
FIGURA 7.2-5. ESPECTRÔMETRO DE FLUORESCÊNCIA ATÔMICA UTILIZADO PARA A DETERMINAÇÃO DE Hg.....	186
FIGURA 7.3-1. HISTOGRAMA DE AS (SPHENISCUS MAGELLANICUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 1005), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	211
FIGURA 7.3-2. HISTOGRAMA DE Cd (SPHENISCUS MAGELLANICUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 1005), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	211
FIGURA 7.3-3. HISTOGRAMA DE Cr (SPHENISCUS MAGELLANICUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 1005), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	212
FIGURA 7.3-4. HISTOGRAMA DE Cu (SPHENISCUS MAGELLANICUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 1005), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	212
FIGURA 7.3-5. HISTOGRAMA DE Pb (SPHENISCUS MAGELLANICUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 1005), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	213
FIGURA 7.3-6. HISTOGRAMA DE Mn (SPHENISCUS MAGELLANICUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 1005), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	213
FIGURA 7.3-7. HISTOGRAMA DE Mo (SPHENISCUS MAGELLANICUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 1005), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	214
FIGURA 7.3-8. HISTOGRAMA DE Zn (SPHENISCUS MAGELLANICUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 1005), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	214
FIGURA 7.3-9. HISTOGRAMA DE Ni (SPHENISCUS MAGELLANICUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 1005), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	215
FIGURA 7.3-10. HISTOGRAMA DE Ba (SPHENISCUS MAGELLANICUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 1005), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	215

FIGURA 7.3-11. HISTOGRAMA DE V (SPHENISCUS MAGELLANICUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 1005), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	216
FIGURA 7.3-12. HISTOGRAMA DE Hg (SPHENISCUS MAGELLANICUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 1005), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	216
FIGURA 7.3-13. HISTOGRAMA DE As (LARUS DOMINICANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 229), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	218
FIGURA 7.3-14. HISTOGRAMA DE Cr (LARUS DOMINICANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 229), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	218
FIGURA 7.3-15. HISTOGRAMA DE Cd (LARUS DOMINICANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 229), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	219
FIGURA 7.3-16. HISTOGRAMA DE Cu (LARUS DOMINICANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 229), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	219
FIGURA 7.3-17. HISTOGRAMA DE Pb (LARUS DOMINICANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 229), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	220
FIGURA 7.3-18. HISTOGRAMA DE Mn (LARUS DOMINICANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 229), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	220
FIGURA 7.3-19. HISTOGRAMA DE Mo (LARUS DOMINICANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 229), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	221
FIGURA 7.3-20. HISTOGRAMA DE Zn (LARUS DOMINICANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 229), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	221
FIGURA 7.3-21. HISTOGRAMA DE Ni (LARUS DOMINICANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 229), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	222
FIGURA 7.3-22. HISTOGRAMA DE Ba (LARUS DOMINICANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 229), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	222
FIGURA 7.3-23. HISTOGRAMA DE V (LARUS DOMINICANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 229), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	223
FIGURA 7.3-24. HISTOGRAMA DE Hg (LARUS DOMINICANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 229), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	223
FIGURA 7.3-25. HISTOGRAMA DE As (SULA LEUCOGASTER) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 151), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	225
FIGURA 7.3-26. HISTOGRAMA DE Cd (SULA LEUCOGASTER) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 151), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	225
FIGURA 7.3-27. HISTOGRAMA DE Cr (SULA LEUCOGASTER) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 151), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	226
FIGURA 7.3-28. HISTOGRAMA DE Cu (SULA LEUCOGASTER) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 151), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	226

FIGURA 7.3-29. HISTOGRAMA DE Pb (SULA LEUCOGASTER) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 151), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	227
FIGURA 7.3-30. HISTOGRAMA DE Mn (SULA LEUCOGASTER) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 126), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	227
FIGURA 7.3-31. HISTOGRAMA DE Mo (SULA LEUCOGASTER) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 151), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	228
FIGURA 7.3-32. HISTOGRAMA DE Zn (SULA LEUCOGASTER) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 151), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	228
FIGURA 7.3-33. HISTOGRAMA DE Ni (SULA LEUCOGASTER) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 151), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	229
FIGURA 7.3-34. HISTOGRAMA DE Ba (SULA LEUCOGASTER) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 126), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	229
FIGURA 7.3-35. HISTOGRAMA DE V (SULA LEUCOGASTER) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 151), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	230
FIGURA 7.3-36. HISTOGRAMA DE Hg (SULA LEUCOGASTER) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 150), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	230
FIGURA 7.3-37. HISTOGRAMA DE Hg (SULA LEUCOGASTER) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 151), CONSIDERANDO O VALOR DO LD E POSSÍVEIS OUTLIERS.	231
FIGURA 7.3-38. HISTOGRAMA DE As (PHALACROCORAX BRASILIANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 99), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	232
FIGURA 7.3-39. HISTOGRAMA DE Cd (PHALACROCORAX BRASILIANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 99), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	233
FIGURA 7.3-40. HISTOGRAMA DE Cr (PHALACROCORAX BRASILIANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 99), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	233
FIGURA 7.3-41. HISTOGRAMA DE Cu (PHALACROCORAX BRASILIANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 99), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	234
FIGURA 7.3-42. HISTOGRAMA DE Pb (PHALACROCORAX BRASILIANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 99), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	234
FIGURA 7.3-43. HISTOGRAMA DE Mn (PHALACROCORAX BRASILIANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 99), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	235
FIGURA 7.3-44. HISTOGRAMA DE Mo (PHALACROCORAX BRASILIANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 99) CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	235
FIGURA 7.3-45. HISTOGRAMA DE Zn (PHALACROCORAX BRASILIANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 99), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	236
FIGURA 7.3-46. HISTOGRAMA DE Ni (PHALACROCORAX BRASILIANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 99), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	236

FIGURA 7.3-47. HISTOGRAMA DE BA (PHALACROCORAX BRASILIANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 99), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	237
FIGURA 7.3-48. HISTOGRAMA DE V (PHALACROCORAX BRASILIANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 99), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	237
FIGURA 7.3-49. HISTOGRAMA DE HG (PHALACROCORAX BRASILIANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 99), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	238
FIGURA 7.3-50. HISTOGRAMA DE AS (FREGATA MAGNIFICENS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 69), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	239
FIGURA 7.3-51. HISTOGRAMA DE Cd (FREGATA MAGNIFICENS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 69), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	240
FIGURA 7.3-52. HISTOGRAMA DE Cr (FREGATA MAGNIFICENS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 69), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	240
FIGURA 7.3-53. HISTOGRAMA DE Cu (FREGATA MAGNIFICENS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 69), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	241
FIGURA 7.3-54. HISTOGRAMA DE Pb (FREGATA MAGNIFICENS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 69), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	241
FIGURA 7.3-55. HISTOGRAMA DE Mn (FREGATA MAGNIFICENS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 69), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	242
FIGURA 7.3-56. HISTOGRAMA DE Mo (FREGATA MAGNIFICENS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 69), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	242
FIGURA 7.3-57. HISTOGRAMA DE Zn (FREGATA MAGNIFICENS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 69), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	243
FIGURA 7.3-58. HISTOGRAMA DE Ni (FREGATA MAGNIFICENS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 69), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	243
FIGURA 7.3-59. HISTOGRAMA DE Ba (FREGATA MAGNIFICENS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 69), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	244
FIGURA 7.3-60. HISTOGRAMA DE V (FREGATA MAGNIFICENS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 69), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	244
FIGURA 7.3-61. HISTOGRAMA DE Hg (FREGATA MAGNIFICENS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 69), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	245
FIGURA 7.3-62. HISTOGRAMA DE As (THALASSARCHE MELANOPHRIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 69), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	246
FIGURA 7.3-63. HISTOGRAMA DE Cd (THALASSARCHE MELANOPHRIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 23), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	247
FIGURA 7.3-64. HISTOGRAMA DE Cr (THALASSARCHE MELANOPHRIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 23), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	247

FIGURA 7.3-65. HISTOGRAMA DE CU (THALASSARCHE MELANOPHRIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 23), CONSIDERANDO O VALOR DO LD E POSSÍVEL OUTLIERS.....	248
FIGURA 7.3-66. HISTOGRAMA DE Pb (THALASSARCHE MELANOPHRIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 52), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	248
FIGURA 7.3-67. HISTOGRAMA DE MN (THALASSARCHE MELANOPHRIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 23), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	249
FIGURA 7.3-68. HISTOGRAMA DE Mo (THALASSARCHE MELANOPHRIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 23), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	249
FIGURA 7.3-69. HISTOGRAMA DE Ni (THALASSARCHE MELANOPHRIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 23), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	250
FIGURA 7.3-70. HISTOGRAMA DE Zn (THALASSARCHE MELANOPHRIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 23), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	250
FIGURA 7.3-71. HISTOGRAMA DE Ba (THALASSARCHE MELANOPHRIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 23), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	251
FIGURA 7.3-72. HISTOGRAMA DE V (THALASSARCHE MELANOPHRIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 23), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	251
FIGURA 7.3-73. HISTOGRAMA DE Hg (THALASSARCHE MELANOPHRIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 23), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	252
FIGURA 7.3-74. HISTOGRAMA DE As (CHELONIA MYDAS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 1117), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	254
FIGURA 7.3-75. HISTOGRAMA DE Cd (CHELONIA MYDAS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 1117), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	254
FIGURA 7.3-76. HISTOGRAMA DE Cr (CHELONIA MYDAS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 1117), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	255
FIGURA 7.3-77. HISTOGRAMA DE Cu (CHELONIA MYDAS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 1117), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	255
FIGURA 7.3-78. HISTOGRAMA DE Pb (CHELONIA MYDAS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 1117), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	256
FIGURA 7.3-79. HISTOGRAMA DE Mn (CHELONIA MYDAS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 1117), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	256
FIGURA 7.3-80. HISTOGRAMA DE Mo (CHELONIA MYDAS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 1117), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	257
FIGURA 7.3-81. HISTOGRAMA DE Zn (CHELONIA MYDAS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 1117), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	257
FIGURA 7.3-82. HISTOGRAMA DE Ni (CHELONIA MYDAS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 1117), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	258

FIGURA 7.3-83. HISTOGRAMA DE BA (CHELONIA MYDAS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 1117), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	258
FIGURA 7.3-84. HISTOGRAMA DE V (CHELONIA MYDAS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 1117), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	259
FIGURA 7.3-85. HISTOGRAMA DE HG (CHELONIA MYDAS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 1117), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	259
FIGURA 7.3-86. HISTOGRAMA DE HG (CHELONIA MYDAS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 1115), CONSIDERANDO O VALOR DO LD E A RETIRADA DE DOIS VALORES EXTREMOS.	260
FIGURA 7.3-87. HISTOGRAMA DE AS (CARETTA CARETTA) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 59), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	261
FIGURA 7.3-88. HISTOGRAMA DE Cd (CARETTA CARETTA) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 59), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	262
FIGURA 7.3-89. HISTOGRAMA DE CR (CARETTA CARETTA) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 59), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	262
FIGURA 7.3-90. HISTOGRAMA DE CU (CARETTA CARETTA) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 59), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	263
FIGURA 7.3-91. HISTOGRAMA DE Pb (CARETTA CARETTA) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 59), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	263
FIGURA 7.3-92. HISTOGRAMA DE MN (CARETTA CARETTA) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 59), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	264
FIGURA 7.3-93. HISTOGRAMA DE Mo (CARETTA CARETTA) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 59) CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	264
FIGURA 7.3-94. HISTOGRAMA DE ZN (CARETTA CARETTA) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 35), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	265
FIGURA 7.3-95. HISTOGRAMA DE Ni (CARETTA CARETTA) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 59), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	265
FIGURA 7.3-96. HISTOGRAMA DE BA (CARETTA CARETTA) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 59), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	266
FIGURA 7.3-97. HISTOGRAMA DE V (CARETTA CARETTA) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 59), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	266
FIGURA 7.3-98. HISTOGRAMA DE HG (CARETTA CARETTA) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 59), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	267
FIGURA 7.3-99. HISTOGRAMA DE AS (SOTALIA GUIANENSIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 107), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	268
FIGURA 7.3-100. HISTOGRAMA DE Cd (SOTALIA GUIANENSIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 107), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	269

FIGURA 7.3-101. HISTOGRAMA DE CR (SOTALIA GUIANENSIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 107), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	269
FIGURA 7.3-102. HISTOGRAMA DE CU (SOTALIA GUIANENSIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 107), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	270
FIGURA 7.3-103. HISTOGRAMA DE PB (SOTALIA GUIANENSIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 107), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	270
FIGURA 7.3-104. HISTOGRAMA DE MN (SOTALIA GUIANENSIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 107), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	271
FIGURA 7.3-105. HISTOGRAMA DE MO (SOTALIA GUIANENSIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 107), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	271
FIGURA 7.3-106. HISTOGRAMA DE ZN (SOTALIA GUIANENSIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 107), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	272
FIGURA 7.3-107. HISTOGRAMA DE NI (SOTALIA GUIANENSIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 107), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	272
FIGURA 7.3-108. HISTOGRAMA DE BA (SOTALIA GUIANENSIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 107), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	273
FIGURA 7.3-109. HISTOGRAMA DE V (SOTALIA GUIANENSIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 107), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	273
FIGURA 7.3-110. HISTOGRAMA DE HG (SOTALIA GUIANENSIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 107), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	274
FIGURA 7.3-111. HISTOGRAMA DE AS (PONTOPORIA BLAINVILLEI) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 130), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	275
FIGURA 7.3-112. HISTOGRAMA DE Cd (PONTOPORIA BLAINVILLEI) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 130), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	276
FIGURA 7.3-113. HISTOGRAMA DE CR (PONTOPORIA BLAINVILLEI) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 130), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	276
FIGURA 7.3-114. HISTOGRAMA DE CU (PONTOPORIA BLAINVILLEI) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 130), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	277
FIGURA 7.3-115. HISTOGRAMA DE Pb (PONTOPORIA BLAINVILLEI) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 130), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	277
FIGURA 7.3-116. HISTOGRAMA DE MN (PONTOPORIA BLAINVILLEI) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 130), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	278
FIGURA 7.3-117. HISTOGRAMA DE Mo (PONTOPORIA BLAINVILLEI) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 130), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	278
FIGURA 7.3-118. HISTOGRAMA DE ZN (PONTOPORIA BLAINVILLEI) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 130), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	279

FIGURA 7.3-119. HISTOGRAMA DE NI (PONTOPORIA BLAINVILLEI) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 130), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	279
FIGURA 7.3-120. HISTOGRAMA DE BA (PONTOPORIA BLAINVILLEI) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 130), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	280
FIGURA 7.3-121. HISTOGRAMA DE V (PONTOPORIA BLAINVILLEI) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 130), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	280
FIGURA 7.3-122. HISTOGRAMA DE HG (PONTOPORIA BLAINVILLEI) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 130), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	281
FIGURA 7.3-123. HISTOGRAMA DE AS (ARCTOCEPHALUS AUSTRALIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 34), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	282
FIGURA 7.3-124. HISTOGRAMA DE CD (ARCTOCEPHALUS AUSTRALIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 34), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	283
FIGURA 7.3-125. HISTOGRAMA DE CR (ARCTOCEPHALUS AUSTRALIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 34), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	283
FIGURA 7.3-126. HISTOGRAMA DE CU (ARCTOCEPHALUS AUSTRALIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 34), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	284
FIGURA 7.3-127. HISTOGRAMA DE PB (ARCTOCEPHALUS AUSTRALIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 34), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	284
FIGURA 7.3-128. HISTOGRAMA DE MN (ARCTOCEPHALUS AUSTRALIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 34), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	285
FIGURA 7.3-129. HISTOGRAMA DE MO (ARCTOCEPHALUS AUSTRALIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 34) CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	285
FIGURA 7.3-130. HISTOGRAMA DE ZN (ARCTOCEPHALUS AUSTRALIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 34), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	286
FIGURA 7.3-131. HISTOGRAMA DE NI (ARCTOCEPHALUS AUSTRALIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 34), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	286
FIGURA 7.3-132. HISTOGRAMA DE BA (ARCTOCEPHALUS AUSTRALIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 34), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	287
FIGURA 7.3-133. HISTOGRAMA DE V (ARCTOCEPHALUS AUSTRALIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 34), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	287
FIGURA 7.3-134. HISTOGRAMA DE HG (ARCTOCEPHALUS AUSTRALIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 34), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	288

APRESENTAÇÃO

O Projeto de Monitoramento de Praias (PMP-BS) é um dos projetos regionais concebidos e executados para atender demanda dos processos de licenciamento ambiental de empreendimentos da PETROBRAS na Bacia de Santos. Estes processos são conduzidos pela Coordenação Geral de Licenciamento Ambiental de Empreendimentos Marinhos e Costeiros – CGMAC, da Diretoria de Licenciamento Ambiental – DILIC, do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. O processo administrativo IBAMA que contempla o PMP-BS é Nº 02001.114275/2017-00. As atividades do PMP-BS iniciaram em agosto de 2015 e tem se desenvolvido ininterruptamente até o momento.

Atualmente, a execução do PMP-BS é coordenada por três instituições, cada uma com foco em uma região geográfica: Área SC/PR, coordenada pela Univali (Universidade do Vale do Itajaí); Área SP, coordenada pela empresa Mineral Engenharia e Meio Ambiente; e Área RJ, coordenada pela empresa Econservation Estudos e Projetos Ambientais, e 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 as redes 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), sob responsabilidade do Laboratório de Química Orgânica Marinha do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IO-USP) e de elementos traço, sob responsabilidade do Laboratório de Elementos Traços do Centro de Estudos Ambientais da Unesp (Universidade Estadual Paulista/UNESP), análises realizadas a partir de tecidos extraídos de animais encontrados mortos no monitoramento de praias.

O Relatório Técnico Anual 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 e de elementos traço;

Volume 3: registros de fauna oleada, resíduos oleosos e sólidos, ações de comunicação, considerações finais e equipe técnica.

Este volume do Relatório Técnico Anual foi elaborado pela UNIVALI, que realizou as análises e interpretações na seção 5 - Análise Espaço-temporal Integrada, com as contribuições de conteúdo da USP para a seção 6 – Hidrocarbonetos Policíclicos aromáticos e Poluentes Orgânicos Persistentes, e da UNESP para a seção 7 – Elementos Traço.

5. ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL INTEGRADA

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

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

(...)

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

(...)

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

A fim de compreender os padrões de encalhes, os registros de fauna foram caracterizados tanto do ponto de vista da abundância e riqueza, como da variação espaço-temporal. Para se analisar os padrões de encalhes dos animais registrados durante os monitoramentos, foram compilados fatores ambientais e antrópicos que pudessem ter relação com a abundância e diversidade de animais registrados.

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

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

Para que um animal seja encontrado na praia, existem diversos fatores ambientais e antropogênicos que podem contribuir. Conceitualmente, diferentes taxas de encalhes das espécies podem ser influenciadas pela abundância relativa das espécies, pelas diferentes taxas de mortalidade entre espécies, pela flutuabilidade das carcaças, pelo local da morte e por processos de deriva e, por último, pela própria chance de detecção da carcaça (Peltier *et al.*, 2012; Wells *et al.*, 2015; Prado *et al.*, 2016).

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

No que diz respeito à probabilidade de um animal morto encalhar, há uma grande influência dos processos de deriva da carcaça e do local onde o animal morreu (Peltier *et al.*, 2012; Prado *et al.*, 2016; Moore *et al.*, 2020). Apesar de existirem trabalhos sobre correntes na plataforma externa (e.g., Castelão *et al.*, 2004; Palma *et al.*, 2008; Matano *et al.*, 2010; Strub *et al.*, 2015), e trabalhos empíricos sobre a deriva de carcaças (Prado *et al.*, 2013), não existem dados ou modelos disponíveis sobre as correntes costeiras na área que permitam avaliar os padrões de deriva dos animais registrados pelo PMP-BS. Deste modo foram consideradas variáveis da própria fisiografia da

praia que pudessem influenciar a probabilidade de um animal encalhar, tal como sua curvatura e orientação.

5.1 METODOLOGIA DE ANÁLISE

5.1.1 Variáveis ambientais e antrópicas

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

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

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

No que diz respeito às variáveis de origem antrópica, foi necessário limitar àqueles fatores que estão disponíveis para serem integrados às análises, ou que possam ser estimados para toda a área analisada. Deste modo, foram utilizadas variáveis ligadas diretamente às atividades de E&P na área, tais

como a localização das unidades de produção da PETROBRAS e de outras empresas que operem na Bacia de Santos, e o tráfego de embarcações da PETROBRAS e de terceiros, devido ao seu potencial gerador de efeitos diretos e indiretos sobre a fauna marinha (HASTIE *et al.*, 2003; PANIGADA *et al.*, 2006; CAMPANA *et al.*, 2015; WISNIEWSKA *et al.*, 2018). As atividades portuárias também foram contempladas na análise uma vez que portos são locais com potencial de impactar diversos aspectos ambientais (DARBRA *et al.*, 2005).

A pesca é considerada como um dos principais causadores de mortalidade em cetáceos, pinípedes, tartarugas marinhas e diversas espécies de aves marinhas, especialmente as oceânicas (NEVES *et al.*, 2006; ROCHA-CAMPOS *et al.*, 2010, 2011; MARCOVALDI *et al.*, 2006; GOLDSWORTHY *et al.*, 2022), podendo influenciar indireta e indiretamente, devido à competição por recursos (KOVACS *et al.*, 2012; JUSUFOVSKI *et al.*, 2019). Entretanto, os dados gerados pelo Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira da Bacia de Santos (PMAP-BS) não estão sendo utilizados nas análises.

A decisão de não usar os dados do PMAP-BS veio de motivos operacionais e conceituais. Do ponto de vista operacional há o problema de que para o período que compreende este relatório os dados só são consolidados em paralelo com a elaboração deste relatório, inviabilizando seu uso. Adicionalmente, entendemos que conceitualmente não são necessários estes dados pois o foco das análises não é o detalhamento de qual pescaria pode estar relacionada aos encalhes. Como se busca avaliar possíveis efeitos da indústria de E&P, não há necessidade de ter os dados de esforço pesqueiro.

Considerando todos os pontos colocados 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, circundando 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 e 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°.

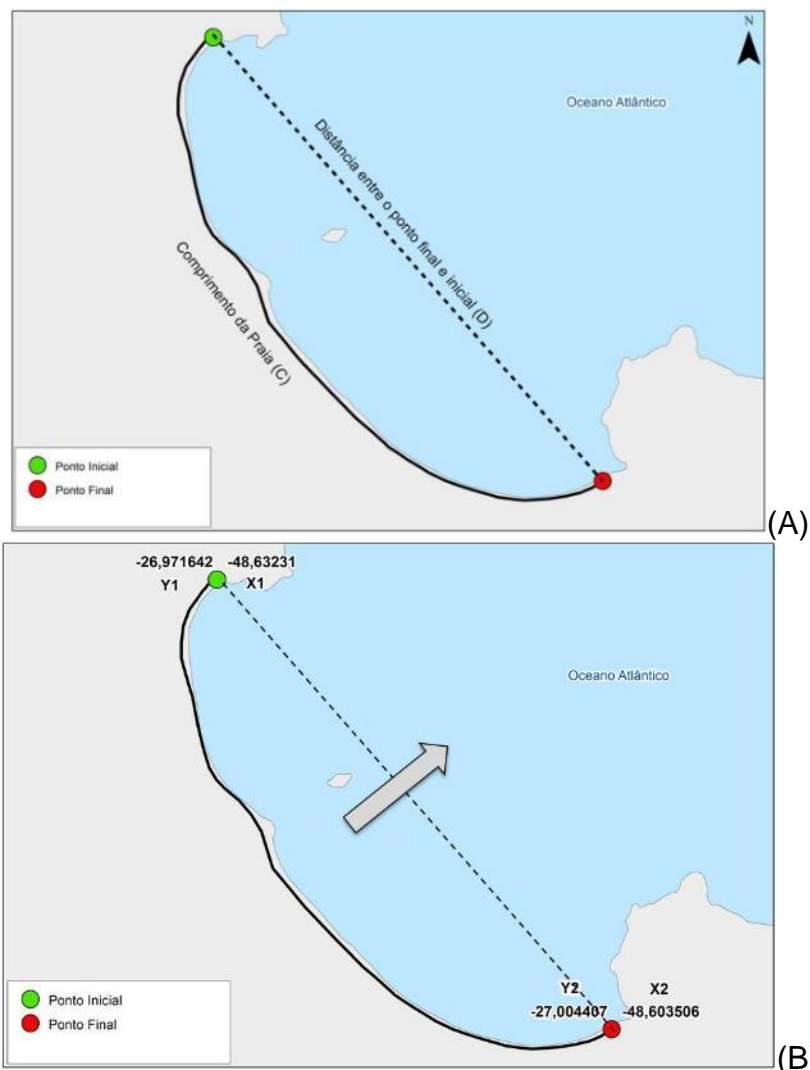


Figura 5.1-1. Exemplo de cálculo dos parâmetros de (A) comprimento da praia não linear (letra C) e linear (letra D) e (B) cálculo do ângulo de exposição das praias (a seta indica a orientação calculada).

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. Esta variável foi incluída a fim de observar se existe relação entre a proximidade destes limites e a maior ocorrência de indivíduos com habitat oceânico.

Temperatura Superficial do Mar (TSM): foram obtidas imagens representando os valores mensais de temperatura superficial da água do mar obtidas através de observações diurnas pelo 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).

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 foi utilizado os dados de reanálise da média mensal a partir das medições dos dados diários. A altura significativa de onda é expressa em metros.

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

Velocidade e Direção do Vento: Os dados de direção (graus) e velocidade (m/s) do vento foram obtidos do modelo ERA5 disponibilizados pelo ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*). Os dados do modelo consideram a direção e velocidade do vento a uma altura padrão de 10 metros acima da superfície do nível do mar. Os dados foram calculados a partir das componentes zonal (u) e componente 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 foi utilizado 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 <http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/cartas-de-sensibilidade-ao-oleo/base-de-dados.html>.

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

Variáveis antrópicas

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

Uma vez que todas as unidades de produção são estáticas, há uma colinearidade marcante 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 centróides das praias para o centro de maior intensidade de instalações de unidades de produção no Polo Pré-sal.

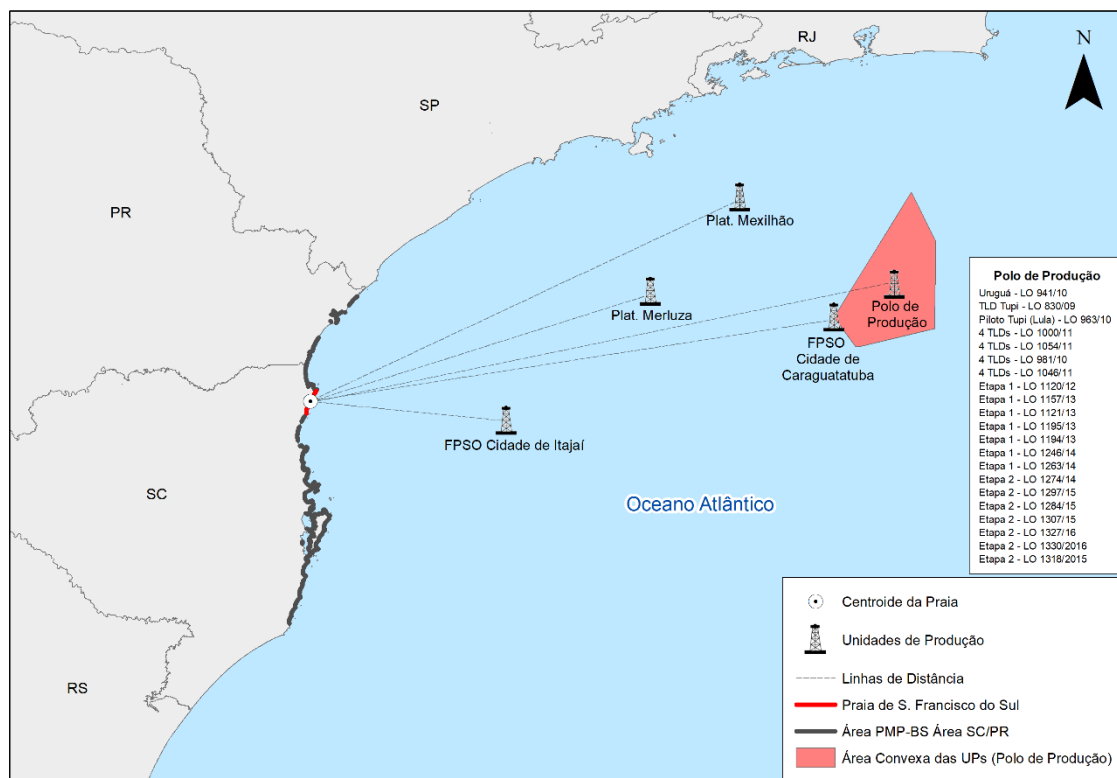
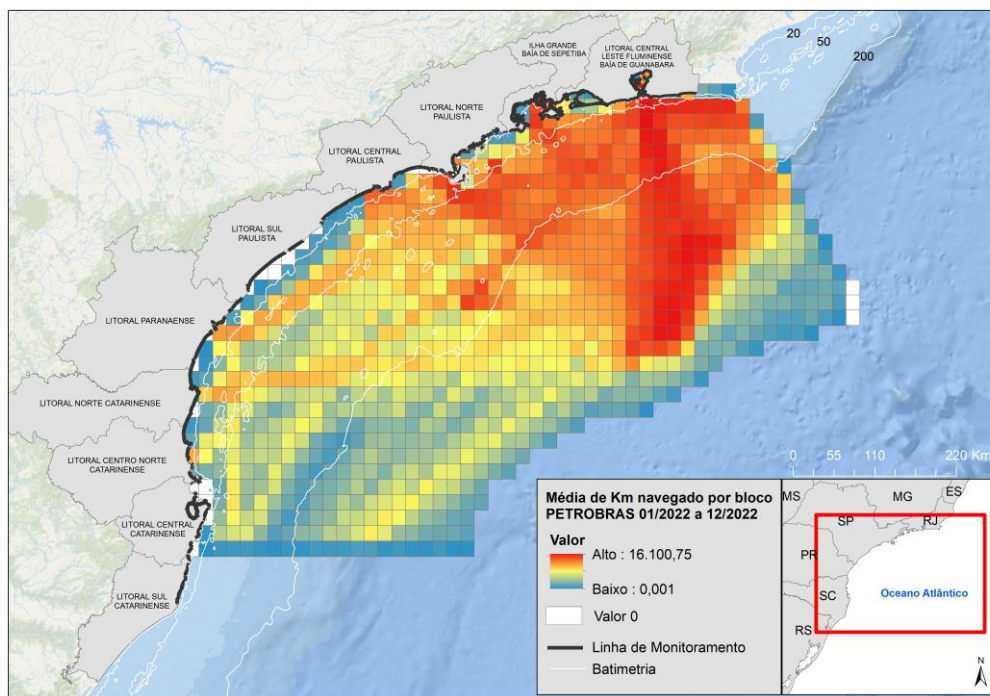
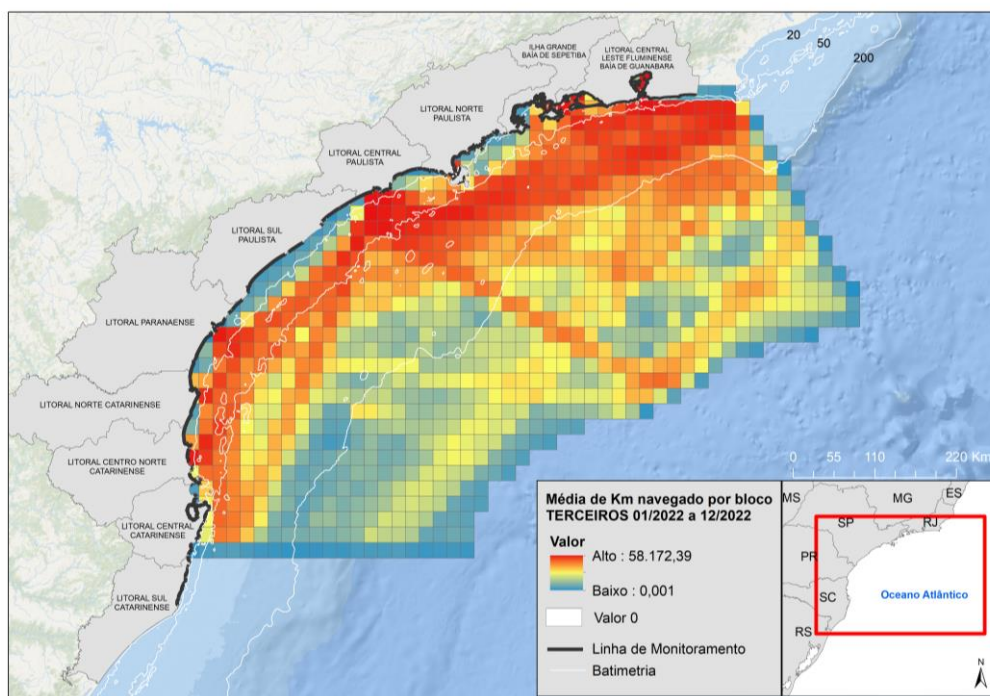


Figura 5.1-2. Exemplo de cálculo da distância da Praia de São Francisco do Sul às atividades de E&P na Bacia de Santos, sendo que o centro de maior intensidade de instalações de unidades de produção no Polo Pré-sal está representado na “Área Convexa de UPs” (Polo de Produção).

Tráfego de embarcações: foram utilizados os resultados fornecidos pelo Projeto de Monitoramento do Tráfego de Embarcações (PMTE) que estimou o tráfego de embarcações da PETROBRAS e de terceiros que atuaram na região marinha adjacente à área monitorada pelo PMP-BS entre janeiro e dezembro de 2022, apresentados na **Figura 5.1-3**. Foram utilizados os valores mensais de tráfego, quantificando a distância percorrida pelas embarcações dentro de quadrantes de 10' (aproximadamente 18,5 km) de lado. Não houve distinções entre os tipos de embarcações uma vez que nos dados fornecidos apenas as embarcações da PETROBRAS estavam categorizadas.



(A)



(B)

Figura 5.1-3. Mapas da média da intensidade de tráfego de embarcações para todo o período de janeiro a dezembro de 2022: (A) embarcações da PETROBRAS; (B) embarcações de terceiros. As cores representam a quantidade de metros navegados em cada quadrante em todo o período.

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

Rio de Janeiro

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

São Paulo

- Porto de Paranaguá
- Porto de Santos
- Porto de São Sebastião

Paraná

- Porto de Paranaguá
- Porto de São Francisco

Santa Catarina

- Porto de Imbituba
- Porto de Itajaí
- 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 Traffic¹ (<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 impactos antrópicos desta categoria. A localização dos portos foi obtida através da ANTAQ - Agência Nacional de Transportes Aquaviários.

¹ *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.

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

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

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

■ Separadas em zonal (u) e meridional (v),

5.1.2 Estratificação Espacial

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

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

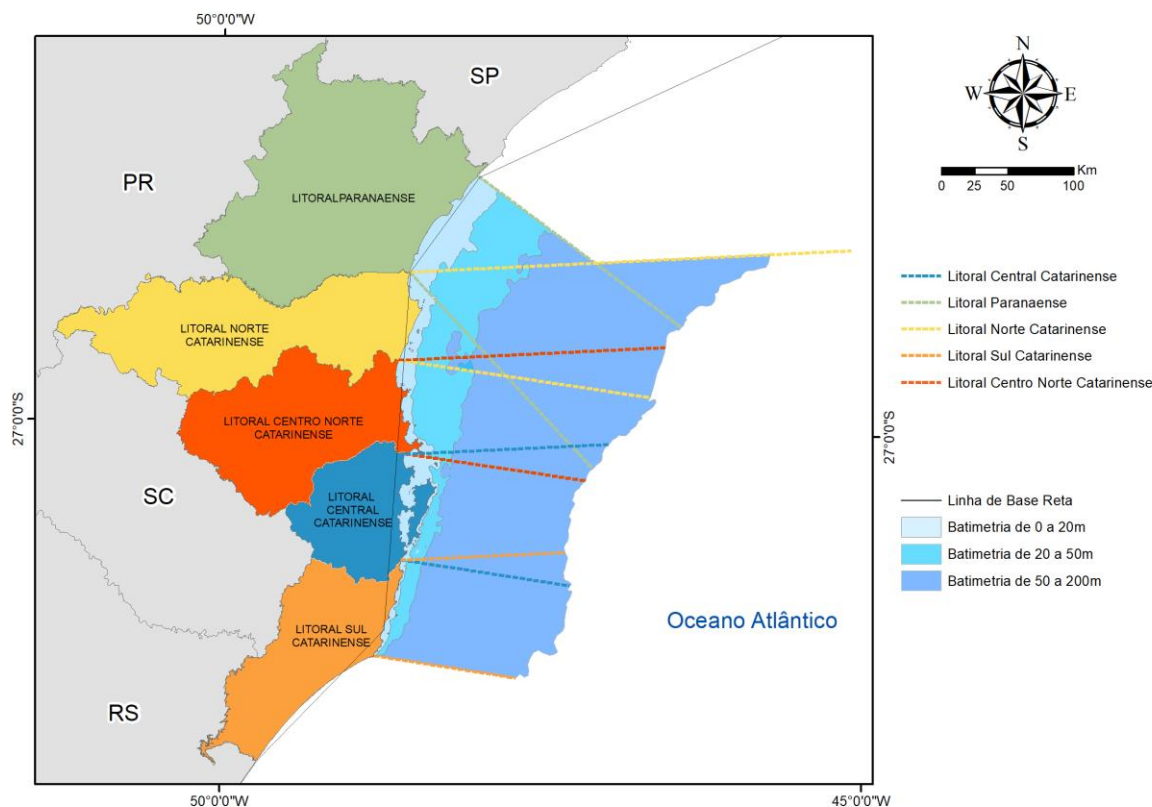


Figura 5.1-4. Áreas amostrais (mesorregiões) utilizadas para agrupar as praias para as análises e extensões dos limites das mesorregiões na plataforma adjacente para os estados de Santa Catarina e Paraná.

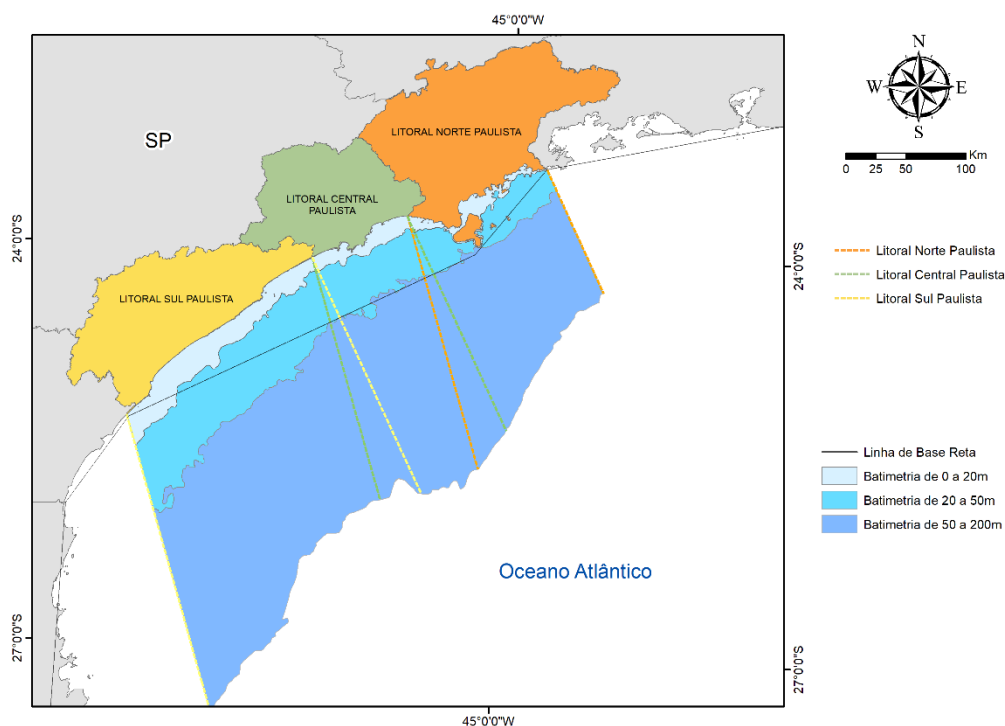


Figura 5.1-5. Áreas amostrais (mesorregiões) utilizadas para agrupar as praias para as análises e extensões dos limites das mesorregiões na plataforma adjacente para o estado de São Paulo.

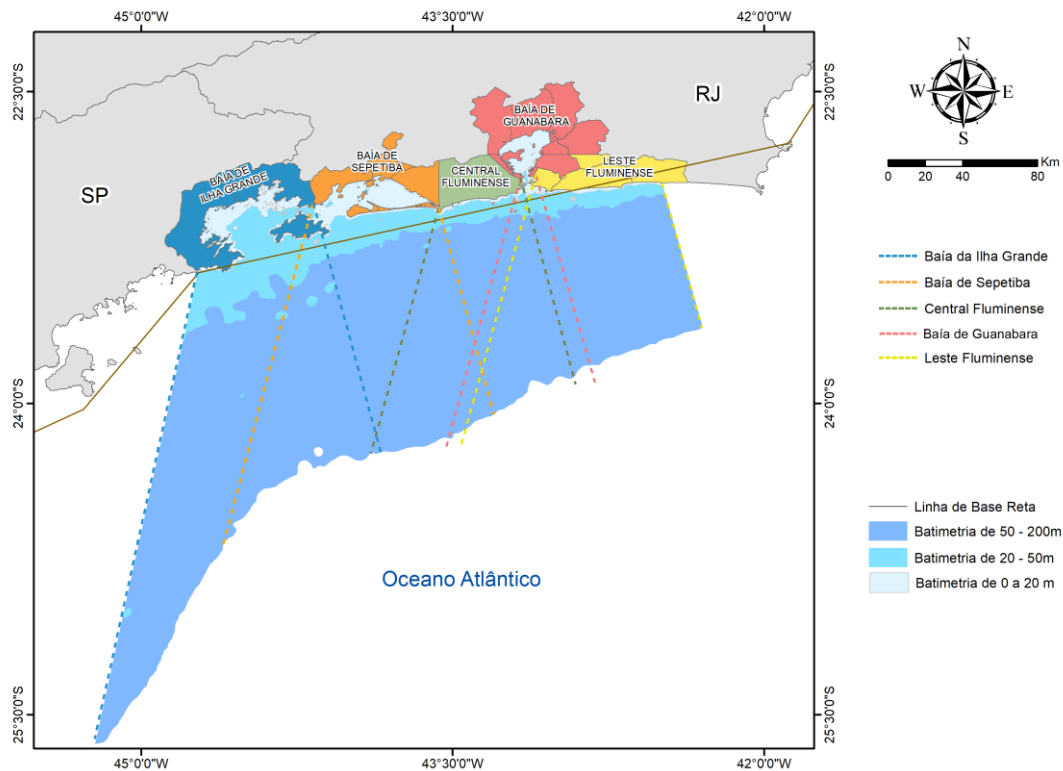


Figura 5.1-6. Áreas amostrais (mesorregiões) utilizadas para agrupar as praias para as análises e extensões dos limites das mesorregiões na plataforma adjacente para o estado do Rio de Janeiro.

5.1.3 Estratificação pelo habitat preferencial das espécies

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

Portanto, nas análises do Índice de Saúde foram analisadas as informações sobre a distribuição das espécies alvo, conforme Anexo IX do Projeto Executivo Integrado do PMP-BS (apresentado no Anexo 1, Volume 3, deste relatório), sendo cada uma delas classificada de acordo com seu habitat preferencial: costeiro, oceânico ou costeiro/oceânico. Essa separação não foi utilizada nas análises dos encalhes pois na metodologia adotada neste relatório (ver abaixo) não foi necessário agrupar espécies.

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

5.1.4 Recorte temporal

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

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

5.1.5 Análises Estatísticas

Padrões de Encalhes

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

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

Foi utilizada uma Análise de Redundância (RDA) para avaliar a relação da variabilidade dos encalhes com as variáveis ambientais e antrópicas, do mesmo modo como no relatório anual de 2021. A RDA é conceitualmente similar a uma Análise de Correspondência Canônica (CCA), pois em ambos os casos se busca modelar os efeitos de uma matriz explanatória (variáveis ambientais e antrópicas nas praias e áreas adjacentes) com relação a uma matriz de resposta (ocorrência de espécies nas praias). A principal diferença está em que a CCA considera as duas matrizes simétricas, enquanto na RDA

a matriz resposta é dependente da matriz explanatória (Legendre e Legendre, 2012; QCBS, 2022).

Uma vez 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 do que já havia sido visto em relatórios anteriores: uma alta colinearidade em praticamente todas as variáveis estratificadas por profundidade, tanto para os valores médios (**Figura 5.1-7**), como para os desvios padrões (**Figura 5.1-8**). Deste modo foram utilizados unicamente os valores do estrato mais próximo à costa (0–20 m) de cada uma, por se considerar que estes terão mais efeito nos encalhes.

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

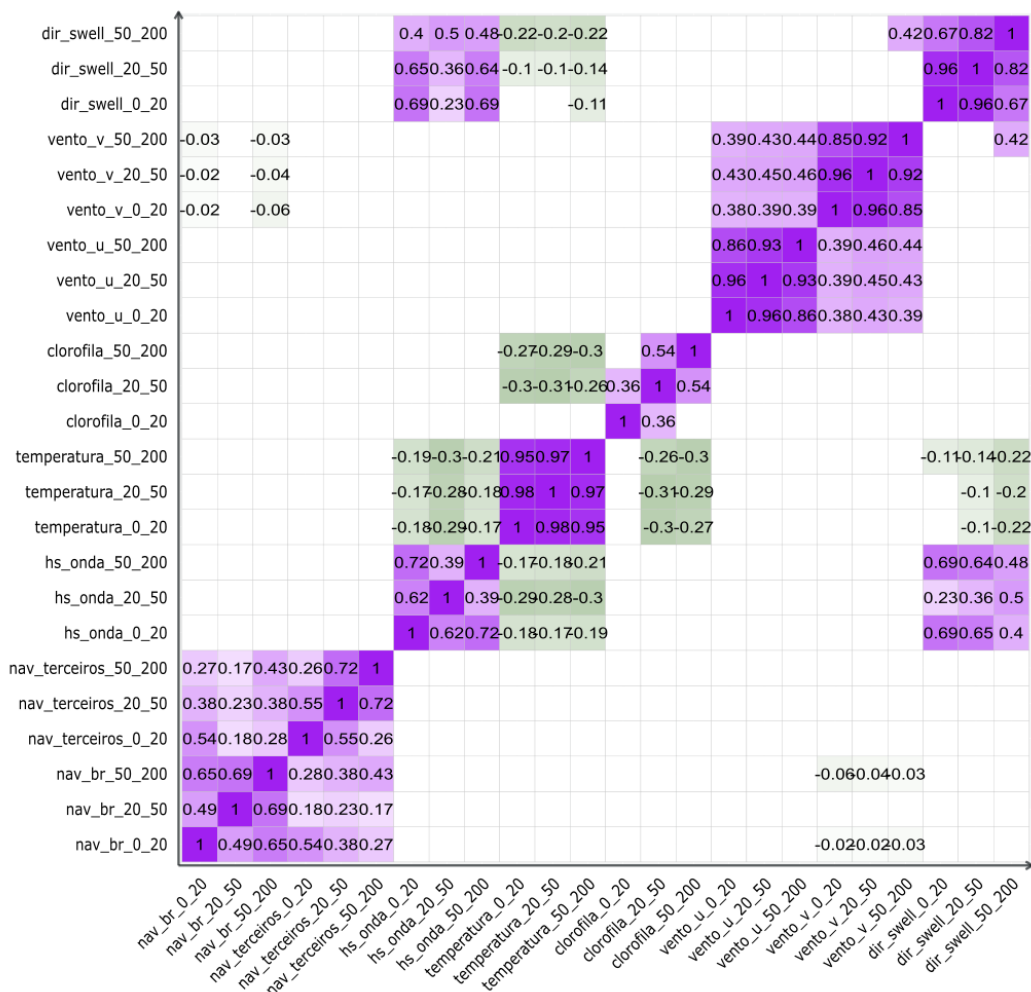


Figura 5.1-7. Correlograma entre os valores médios das variáveis ambientais e antrópicas estratificadas por profundidade, utilizadas na RDA. Tons de roxo indicam correlação positiva, tons de verde correlação negativa.

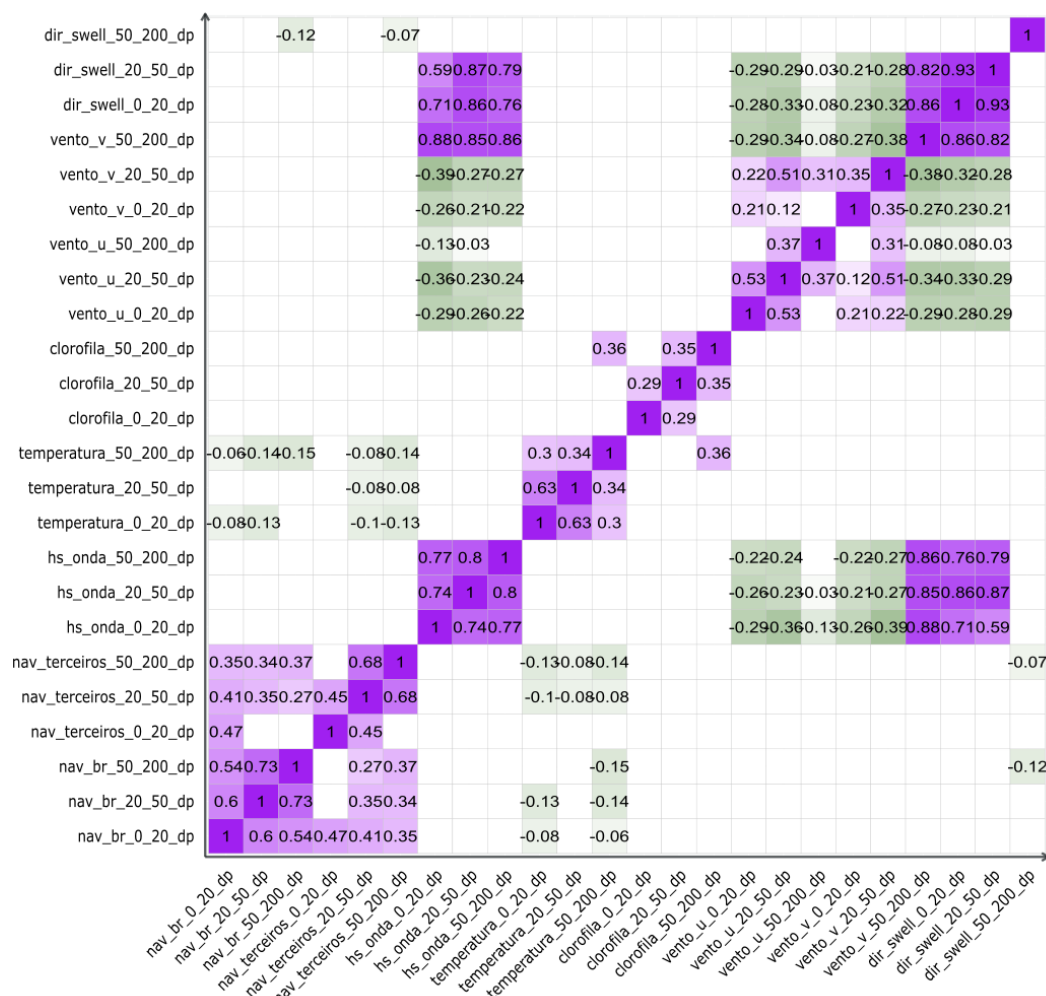


Figura 5.1-8. Correlograma entre os desvios padrões das variáveis ambientais e antrópicas estratificadas por profundidade, utilizadas na RDA. Tons de roxo indicam correlação positiva, tons de verde correlação negativa.

Índice de Saúde

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

Para o cálculo do IS foram consideradas as necropsias realizadas em carcaças com código 2 e 3 de decomposição de todas as espécies, uma vez que estes exemplares são aqueles com melhor chance de se obter informações completas. De um modo geral, as carcaças mais frescas (código

2) apresentam melhores condições de se identificar os parâmetros necessários para o IS, mas 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 2022); e
- Local (mesorregião) de registro do animal.

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

As análises de Índice de Saúde foram feitas separadamente para cada classe: aves, tartarugas e mamíferos. Idealmente estas análises deveriam ser feitas para as diferentes espécies separadamente, ou até para cada classe etária de uma espécie, pois o agrupamento das espécies dentro das classes naturalmente gera um maior “ruído” nos dados, pois possivelmente há diferenças no IS entre espécies e entre diferentes classes etárias em uma espécie. Entretanto, caso houvesse a estratificação entre espécies e classes

etárias, cada um destes estratos teria poucos exemplares, impossibilitando as análises.

5.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos a partir das metodologias descritas no item 5.1 Metodologia de Análise, a fim de avaliar os padrões espaço-temporais dos encalhes e o índice de saúde dos tetrápodes marinhos registrados ao longo de toda área de abrangência do PMP-BS.

5.2.1 Padrões de Encalhes

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

O ano de 2022 apresentou uma quantidade de encalhes de pinguins-de-Magalhães, *Spheniscus magellanicus*, muito próxima à registrada em 2018 (**Figura 5.2-1A**), concentrada no 3º trimestre (**Figura 5.2-2A**) e nas mesorregiões mais ao sul (**Figura 5.2-3A**). Entretanto, comparando com anos anteriores, o ano de 2022 apresentou mais encalhes da espécie no 4º trimestre, aumentando a contribuição deste trimestre para 18,0% (n=6.291) enquanto no relatório anterior era de 10,3% (n=2.522). Também fica evidente a forte sazonalidade de *Puffinus puffinus* para o 4º trimestre, e em menor intensidade *Larus dominicanus*. *Sula leucogaster* e *Thalassarche chlororhynchos* também apresentam sazonalidade, mas com maior frequência para o segundo semestre como um todo (**Figura 5.2-2B**). Também se observa uma variabilidade espacial da ocorrência das espécies, com o *S. magellanicus* e *L. dominicanus* sendo bem mais frequentes nas áreas ao sul de São Paulo, e *S. leucogaster* do sul de São Paulo para o norte (**Figura 5.2-3A e B**).

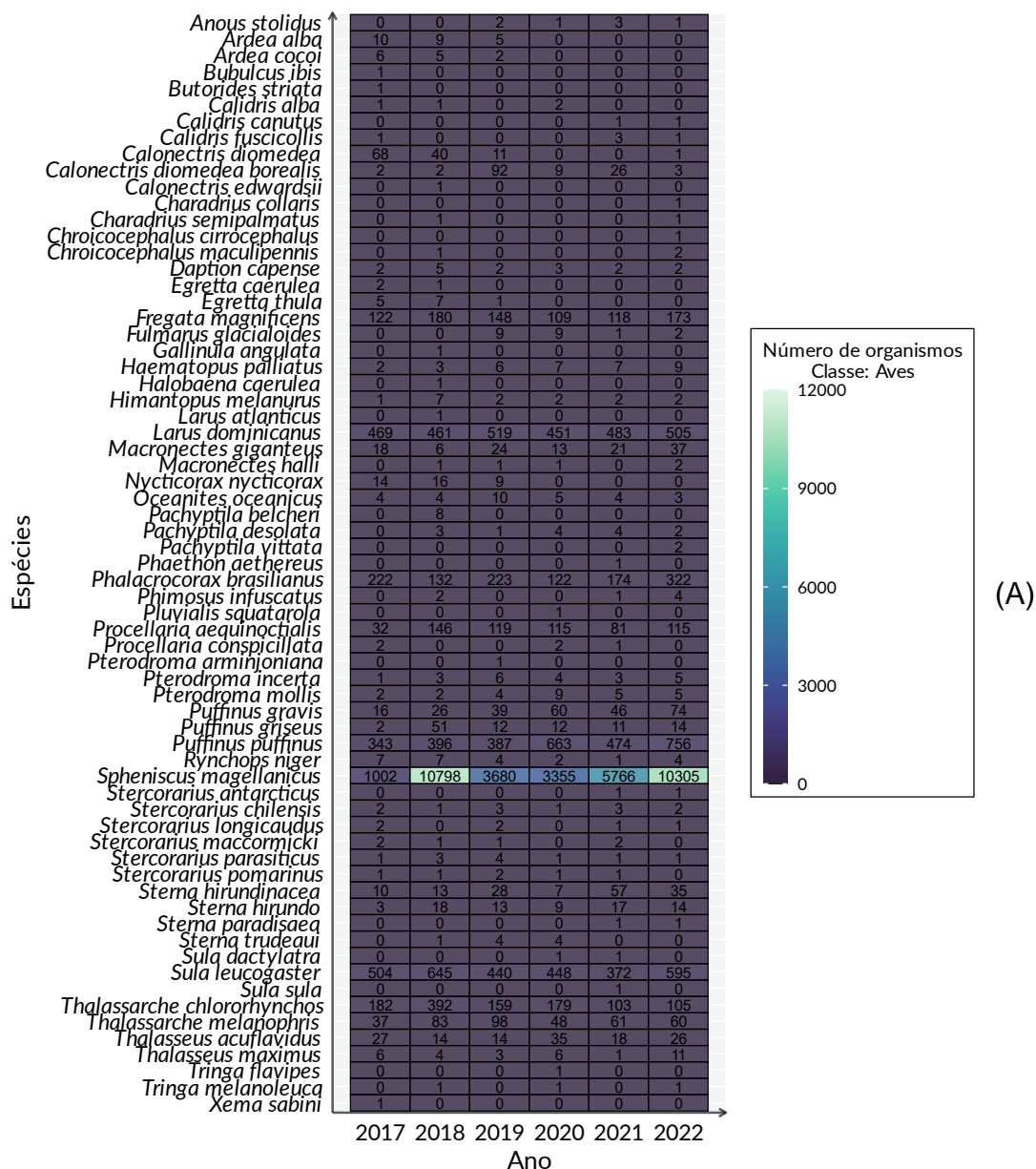


Figura 5.2-1. Mapa de calor da quantidade de exemplares de aves registradas por ano, (A) incluindo pinguins-de-Magalhães (*Spheniscus magellanicus*), e (B) sem incluir esta espécie.

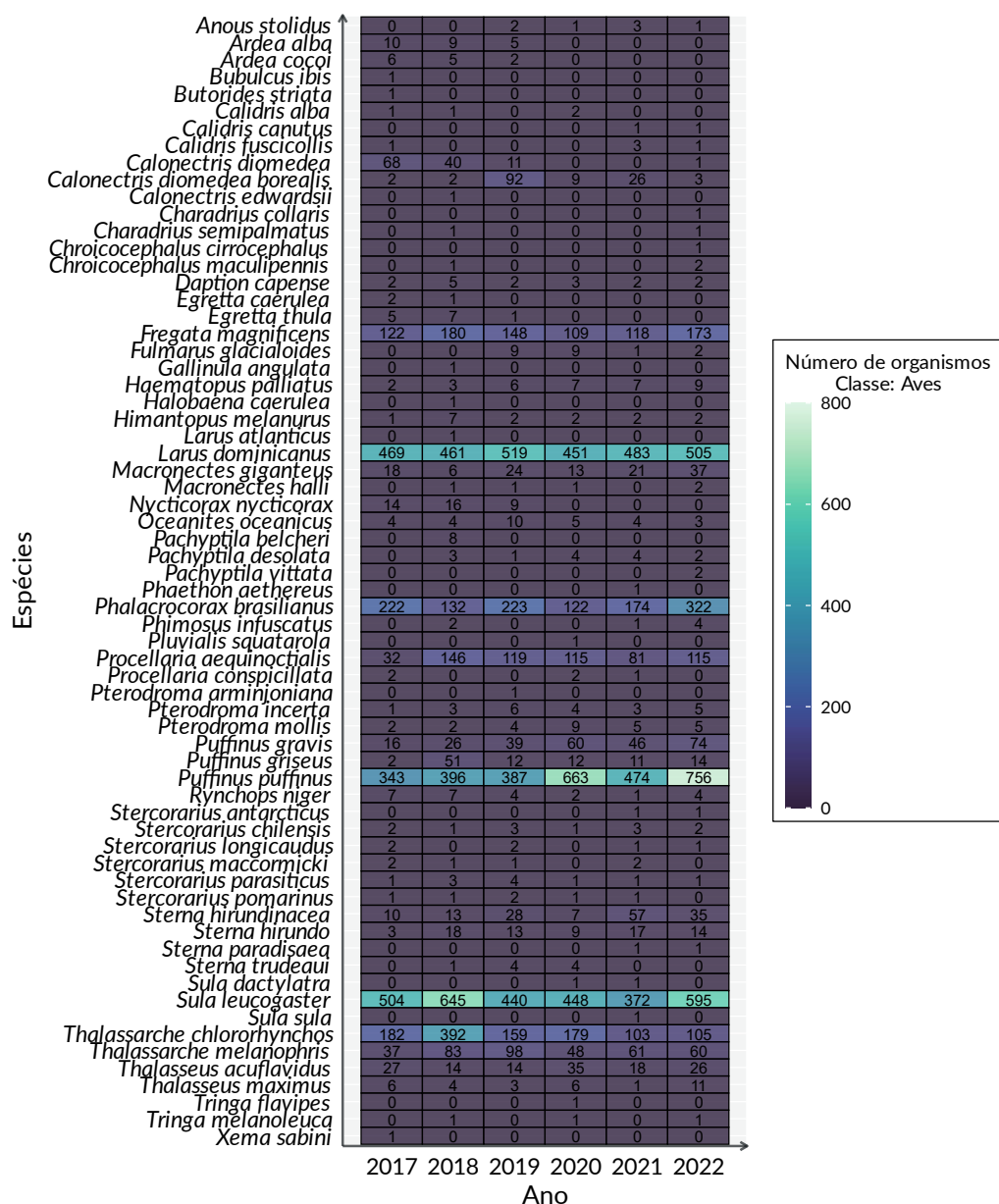


Figura 5.2-1 (cont.)

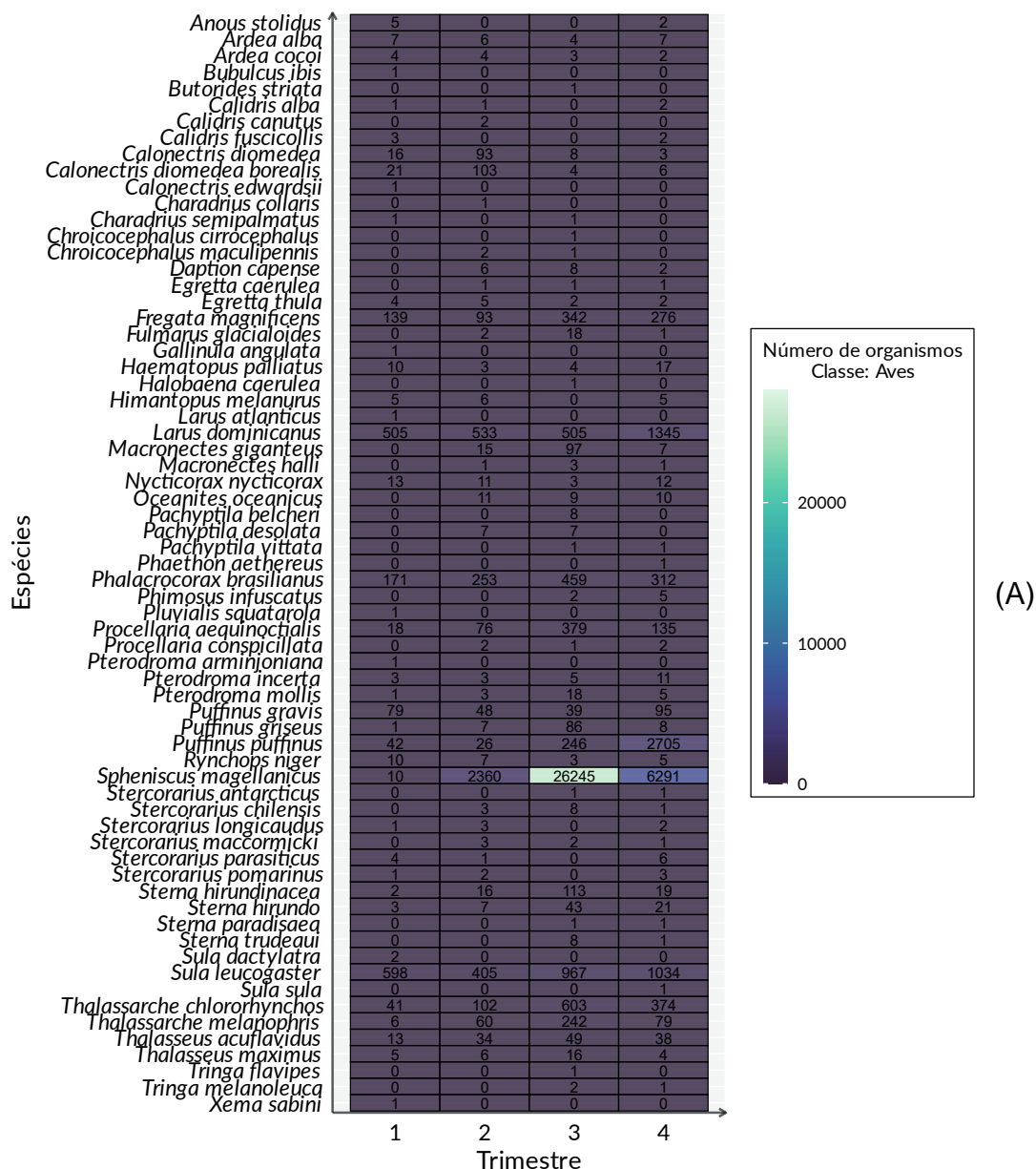


Figura 5.2-2. Mapa de calor da quantidade de exemplares de aves registradas por trimestre, (A) incluindo pinguins-de-Magalhães (*Spheniscus magellanicus*), e (B) sem incluir esta espécie.

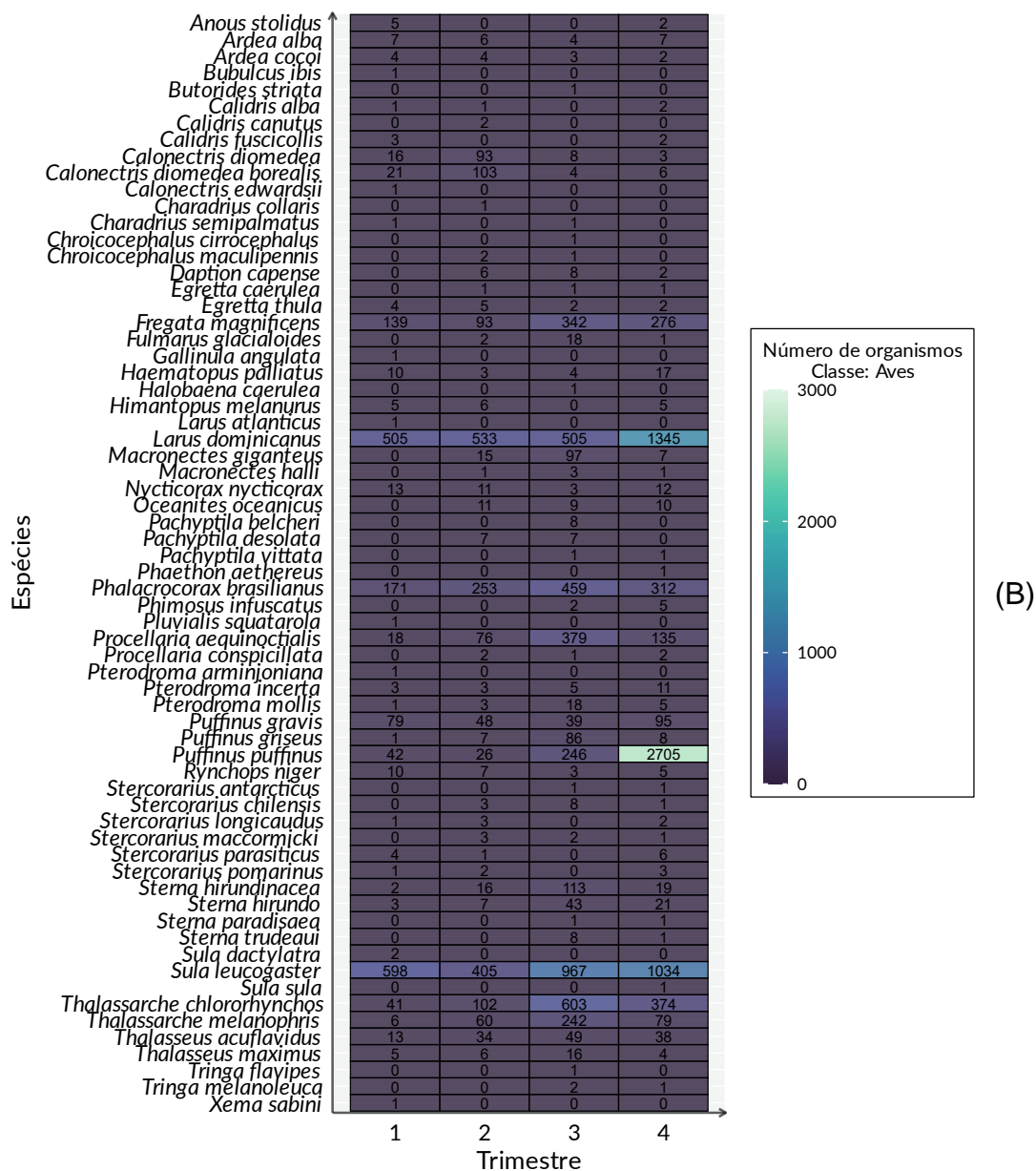


Figura 5.2-2 (cont.)

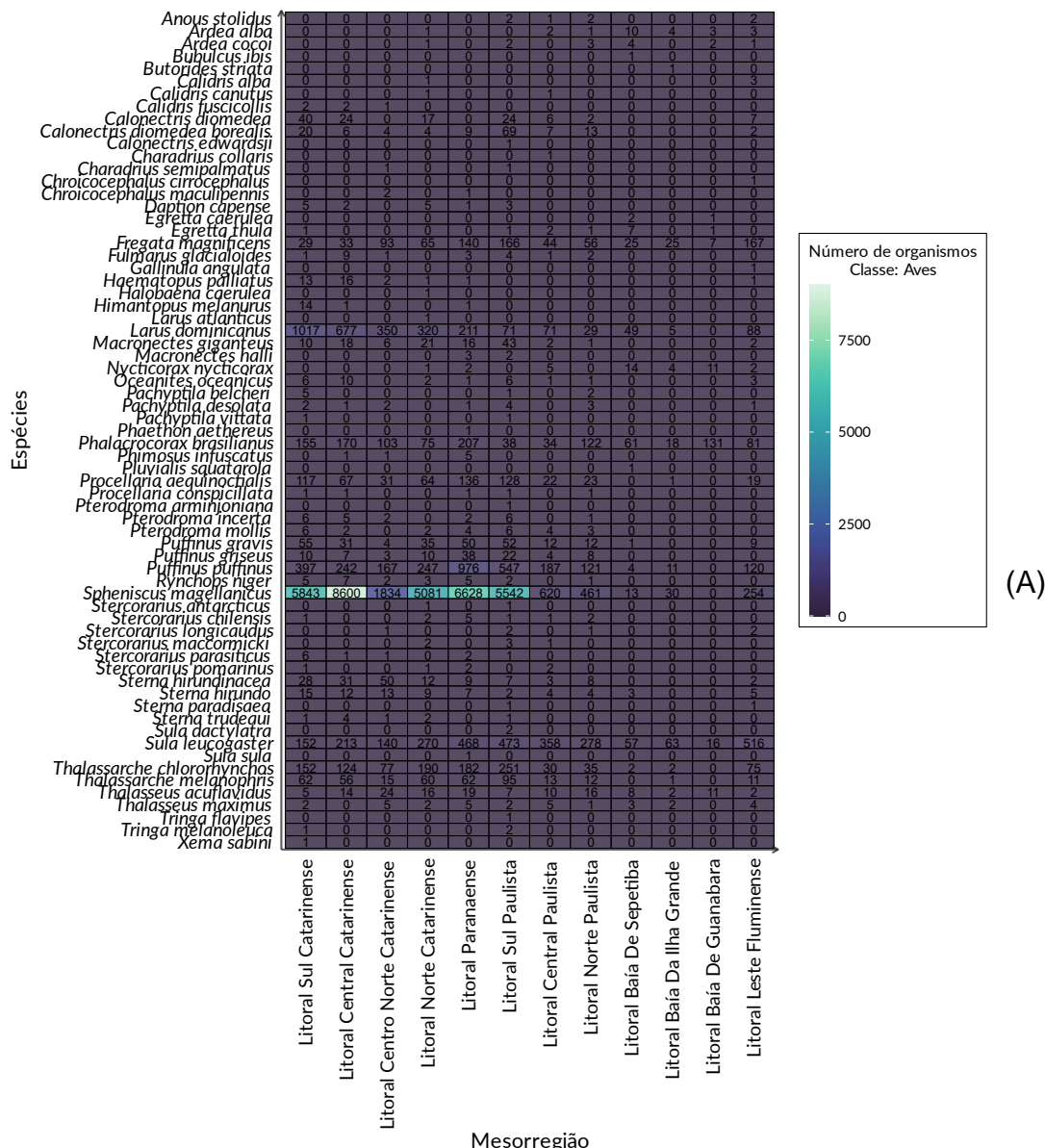


Figura 5.2-3. Mapa de calor da quantidade de exemplares de aves registradas por mesorregião, (A) incluindo pinguins-de-magalhães (*Spheniscus magellanicus*), e (B) sem incluir esta espécie. Mesorregiões ordenadas de sul (esquerda) para norte (direita)

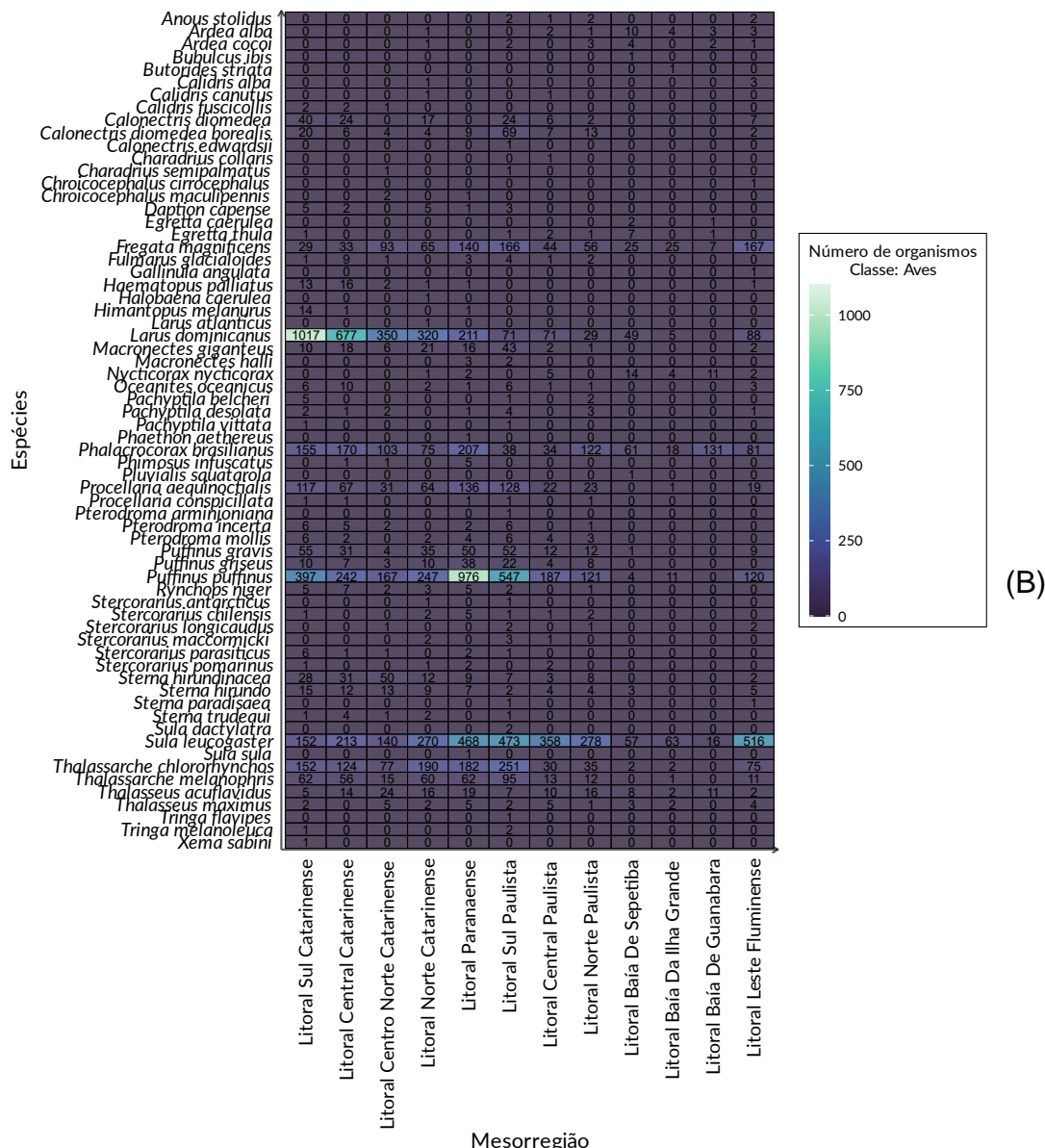


Figura 5.2-3 (cont.)

No caso dos mamíferos também fica clara a predominância em termos numéricos da toninha, *Pontoporia blainvillei*, para todos os anos (**Figura 5.2-4A**), mas com maior frequência no segundo semestre (**Figura 5.2-4B**). A presença de lobos-marinhos-sul-americanos, *Arctocephalus australis*, também apresenta uma variação espacial marcante, sendo mais abundante nas mesorregiões mais ao sul (**Figura 5.2-5**).

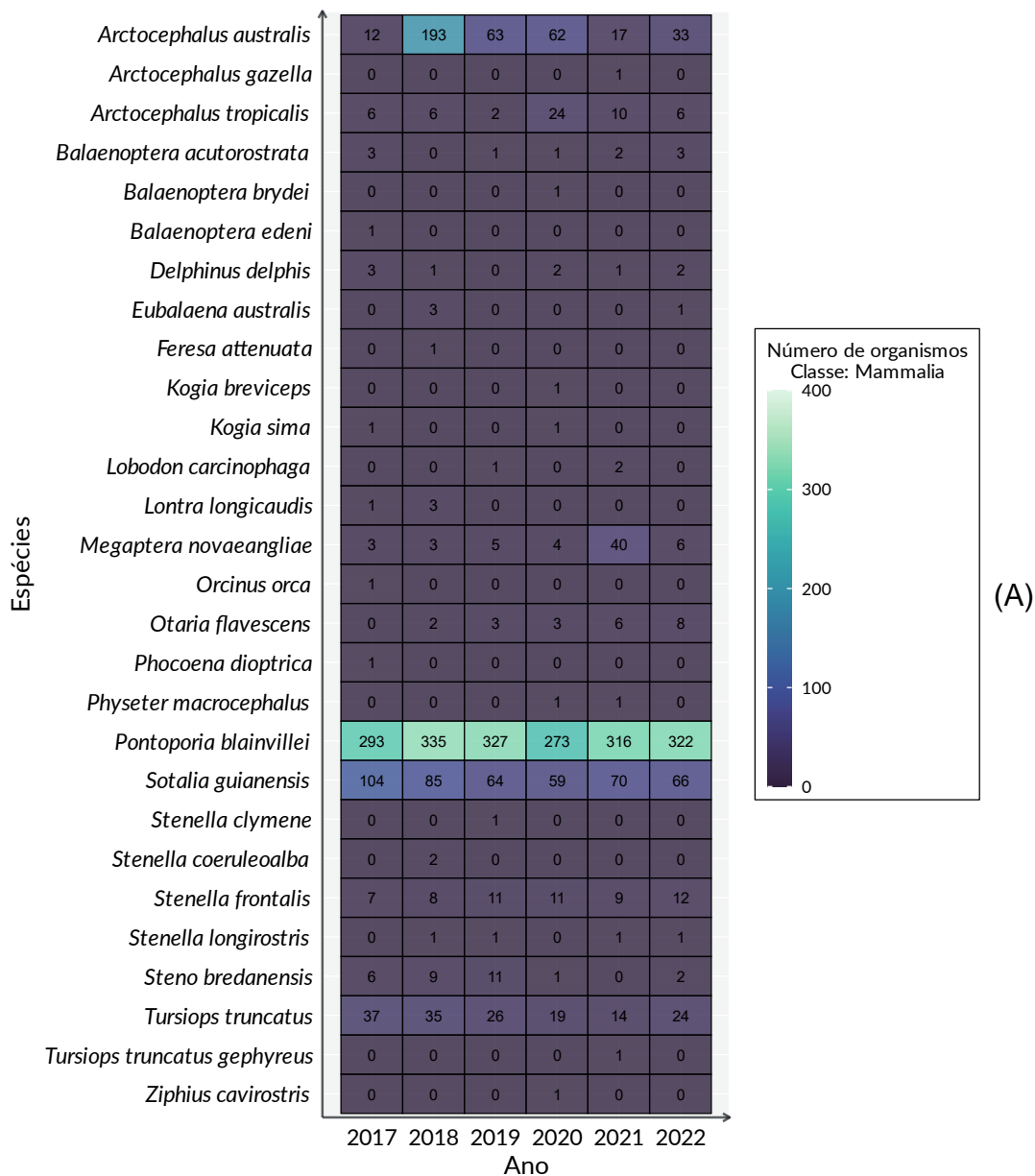


Figura 5.2-4. Mapa de calor da quantidade de exemplares de mamíferos registrados por (A) ano e (B) trimestre.

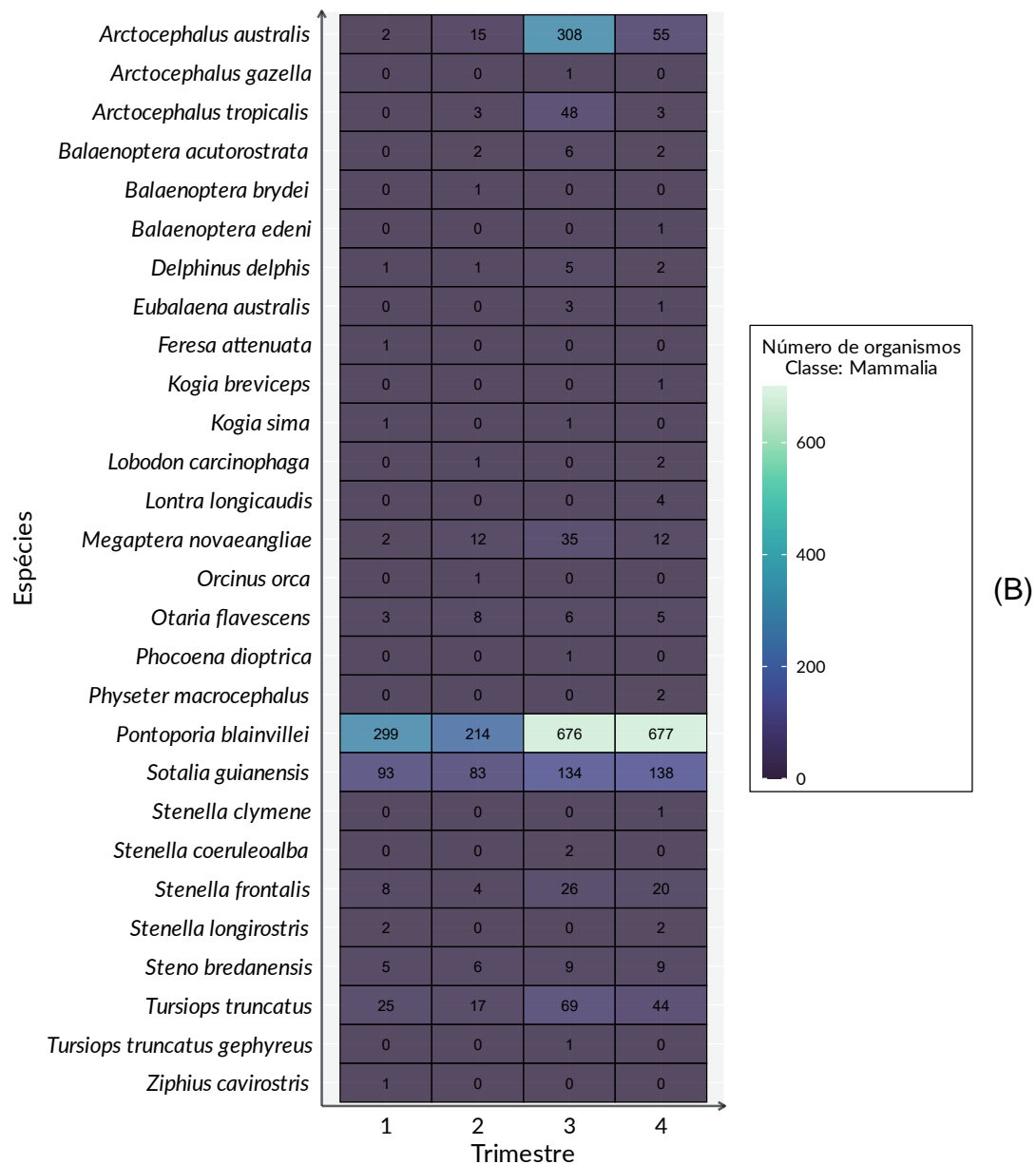


Figura 5.2-4 (cont.)

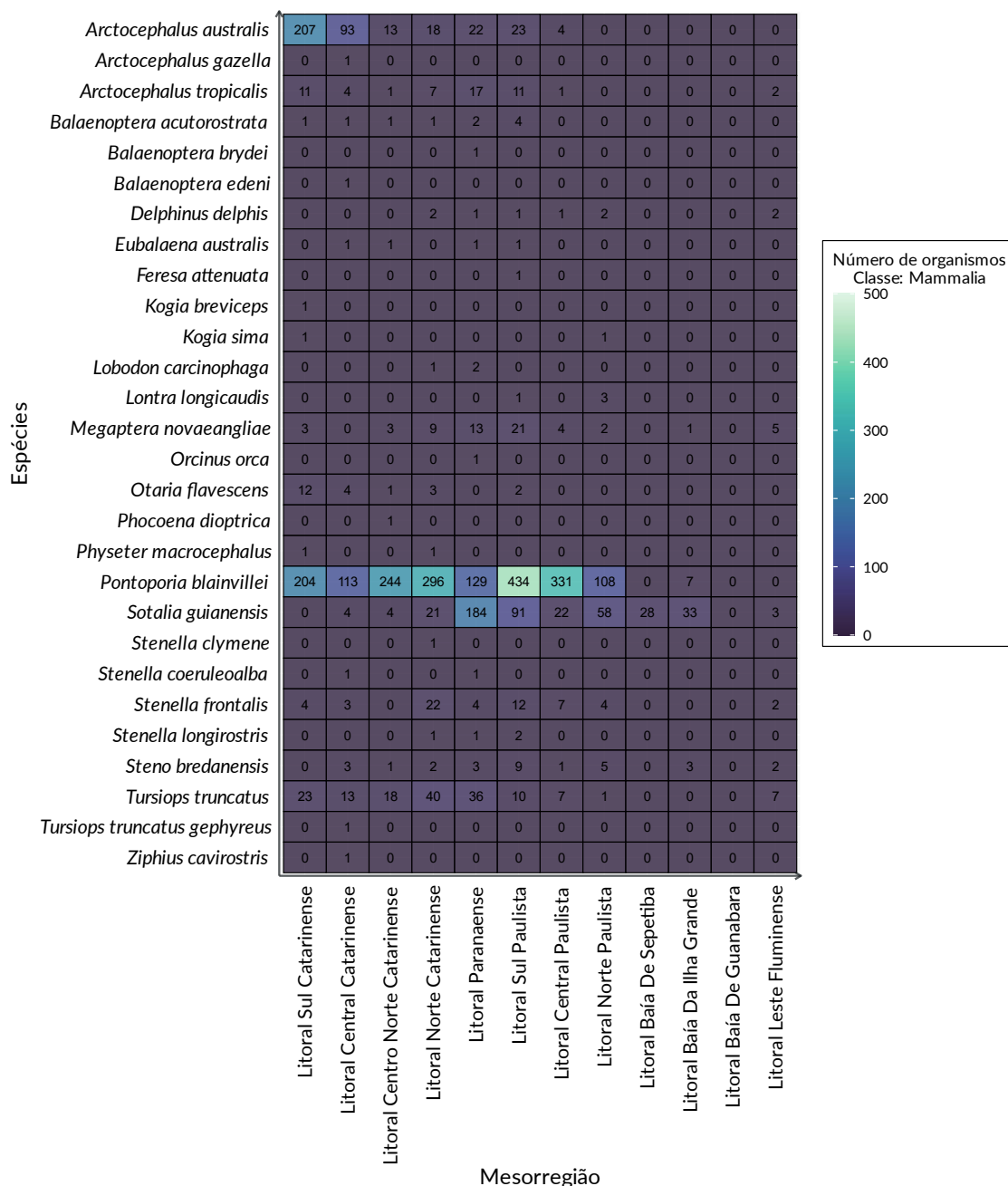


Figura 5.2-5. Mapa de calor da quantidade de exemplares de mamíferos registrados por mesorregião. Mesorregiões ordenadas de sul (esquerda) para norte (direita)

Para as tartarugas marinhas, a análise exploratória confirmou a predominância da tartaruga-verde, *Chelonia mydas* em todos os anos, mas mostrando claramente uma queda na quantidade de registros entre 2017 e 2021, com um aumento em 2022 (**Figura 5.2-6A**). Tanto esta espécie como a tartaruga-cabeçuda, *Caretta caretta*, e a tartaruga-oliva, *Lepidochelys*

olivacea, mostram uma tendência de maior ocorrência no segundo semestre (**Figura 5.2-6B**). Para *L. olivacea* há uma variação espacial na ocorrência, com um padrão de aumento a partir dos extremos sul e norte, com um pico no Litoral Sul Paulista (**Figura 5.2-7**), algo que ainda não havia sido observado em relatórios anteriores. Também pode-se observar uma maior ocorrência de *C. caretta* desta mesorregião até o Litoral Norte Catarinense.

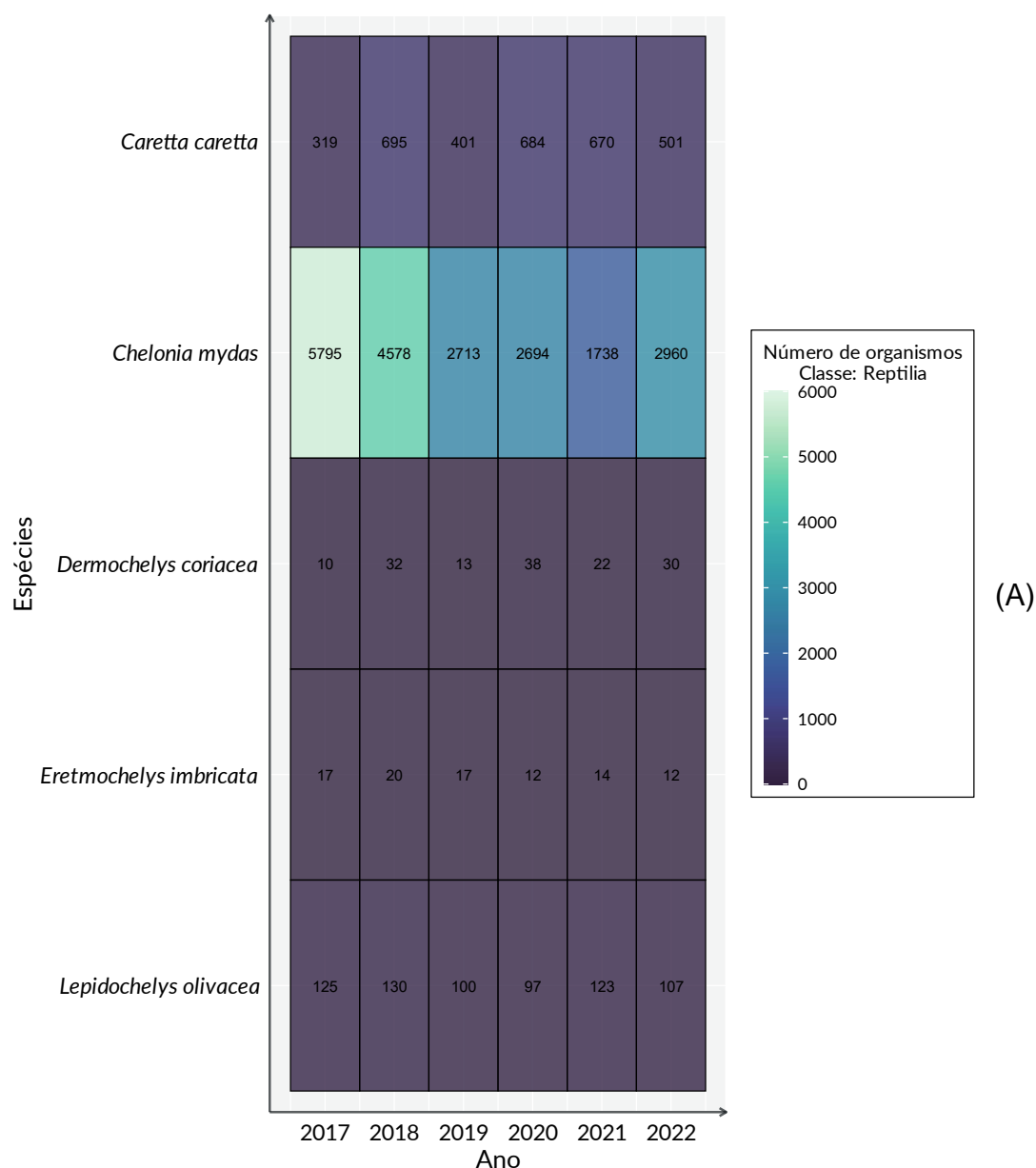


Figura 5.2-6. Mapa de calor da quantidade de exemplares de tartarugas marinhas registradas por (A) ano e (B) trimestre.

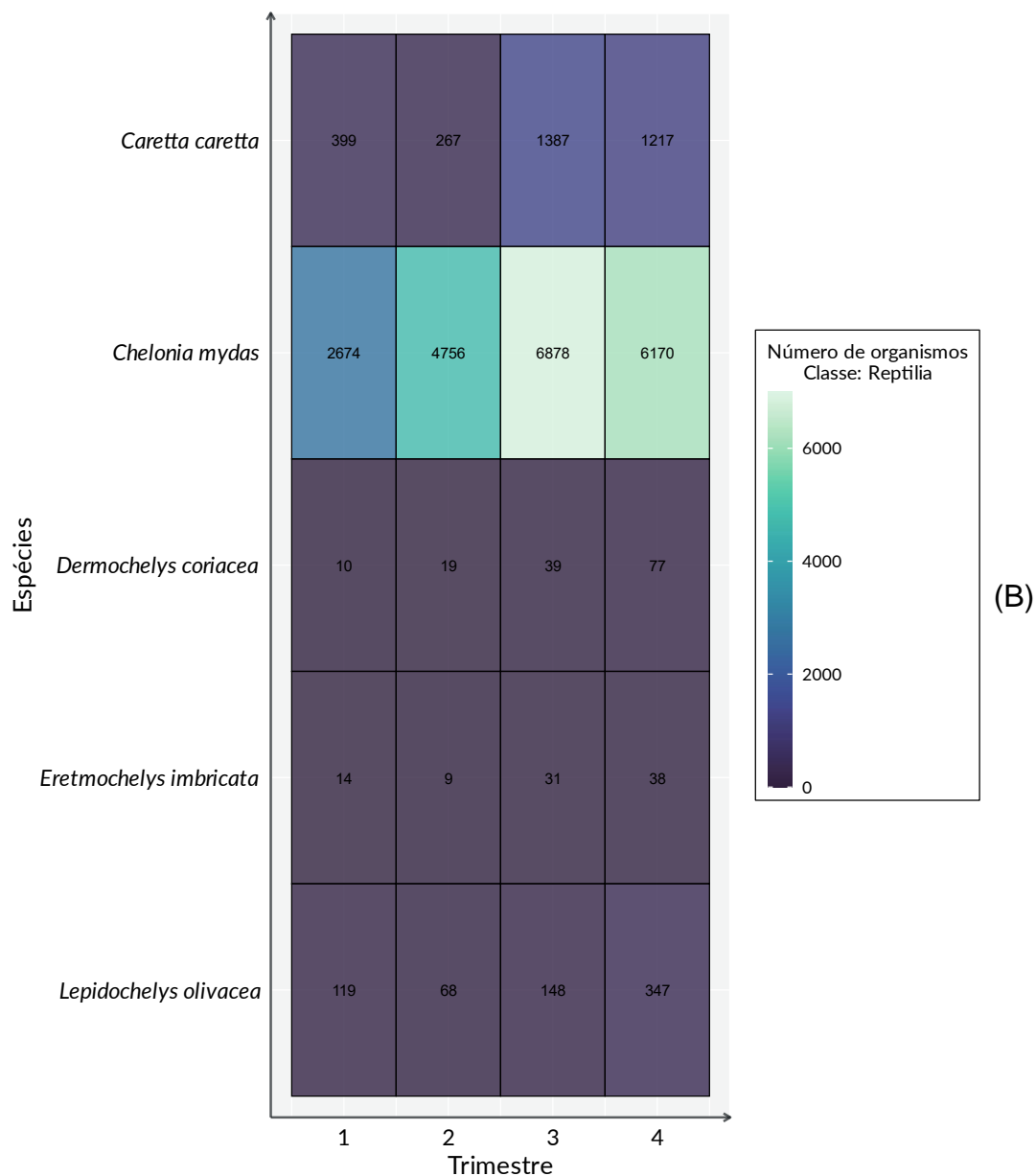


Figura 5.2-6 (cont.)

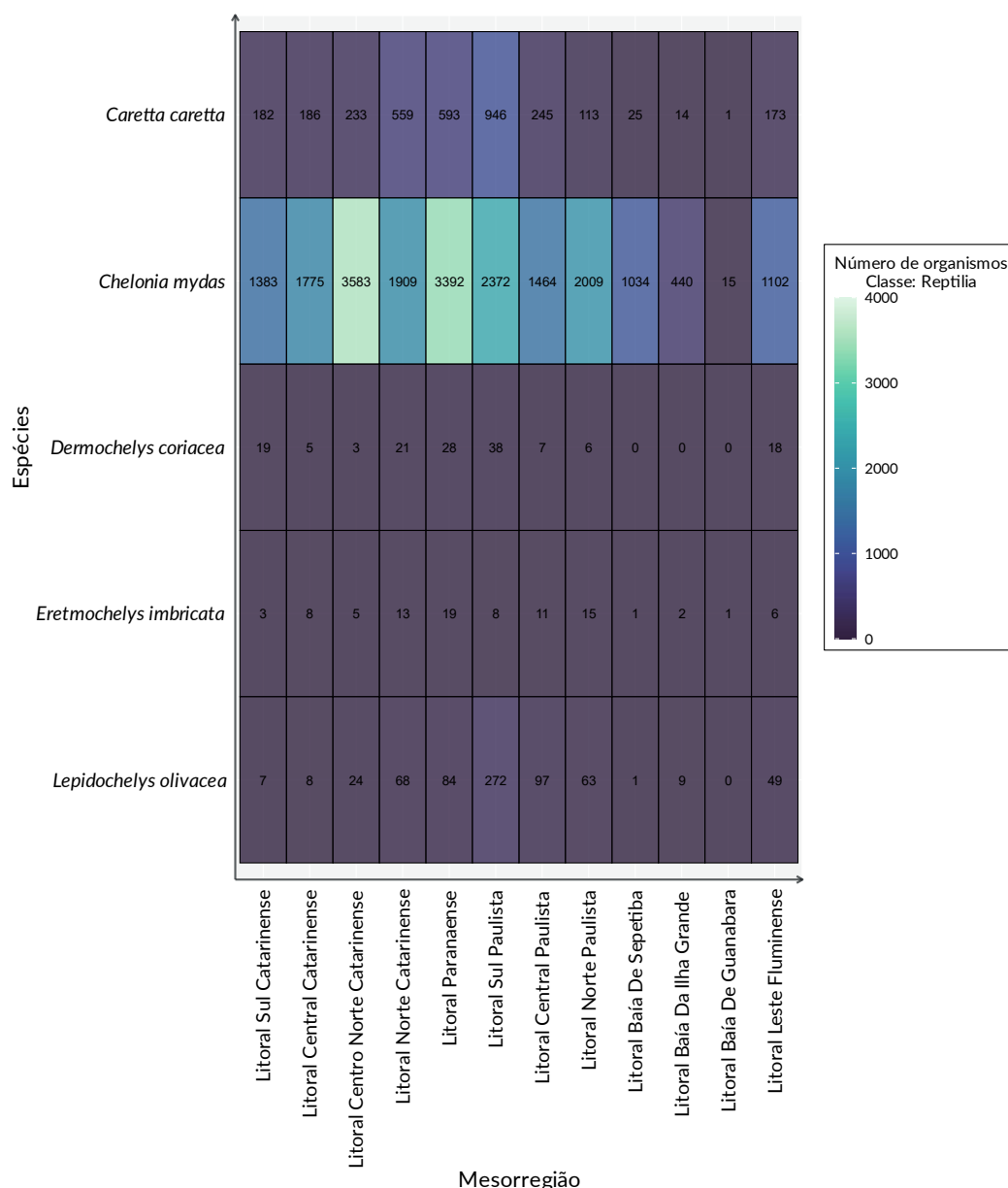


Figura 5.2-7. Mapa de calor da quantidade de exemplares de tartarugas marinhas registradas por mesorregião.

Aves

Nas aves os resultados da RDA apontaram significância para os fatores temporais (trimestre e ano) e espaciais (mesorregião), além das variáveis ambientais variação da Altura Significativa de Onda e o valor médio da Temperatura Superficial do Mar (**Tabela 5.2-1**). As demais variáveis ambientais e antrópicas não foram significativas para os encalhes de aves. Apesar de a seguir estarem sendo apresentados os resultados dos modelos

finais, as tabelas com os modelos completos estão no Apêndice 5 - Análise de Redundância.

Tabela 5.2-1. *Resumo do modelo final da análise de RDA para aves registradas pelo PMP-BS entre 2017 e 2022.*

Parâmetro	G.L.	Variância	F	P-valor
Fator (ano)	5	0,024660	5,0705	0,001
Fator (trimestre)	3	0,097911	33,5536	0,001
Mesoregião	11	0,003714	10,6280	0,001
Altura Sign. Onda (0-20m) desv. pad.	1	0,002681	2,7563	0,016
Temperatura (0-20m) média	1	0,007247	7,4507	0,001
Residual	266	0,258733		
R ² = 0,4876				
R ² ajustado = 0,4471				

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

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

puffinus, e positivos para *Phalacrocorax brasilianus*, corroborando a variação observada nos mapas de calor das mesorregiões.

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

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

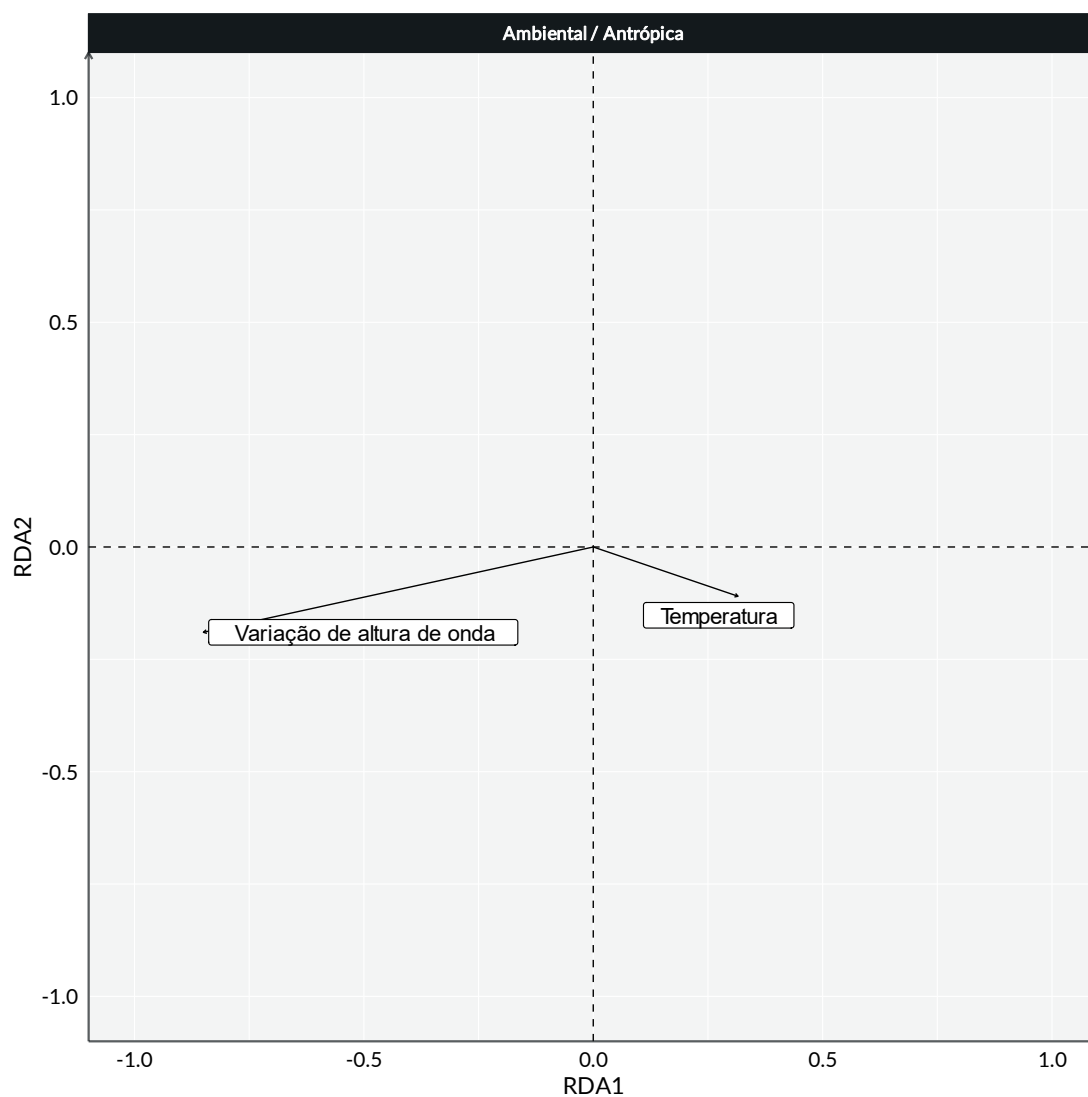


Figura 5.2-8. Resultados da RDA para aves: variáveis ambientais significativas. Nenhuma variável antrópica apresentou significância na análise.

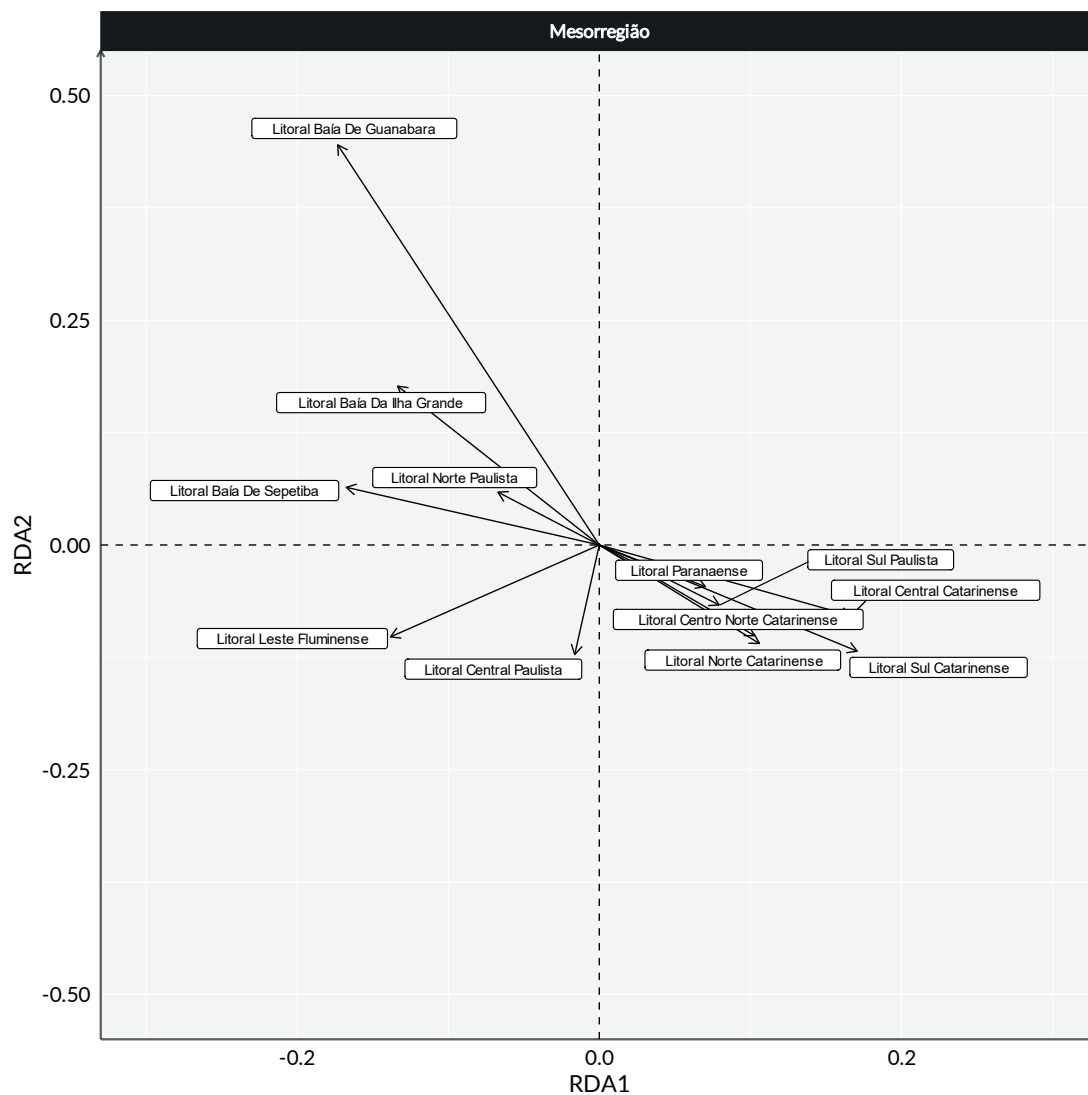


Figura 5.2-9. Resultados da RDA para aves: mesorregiões.

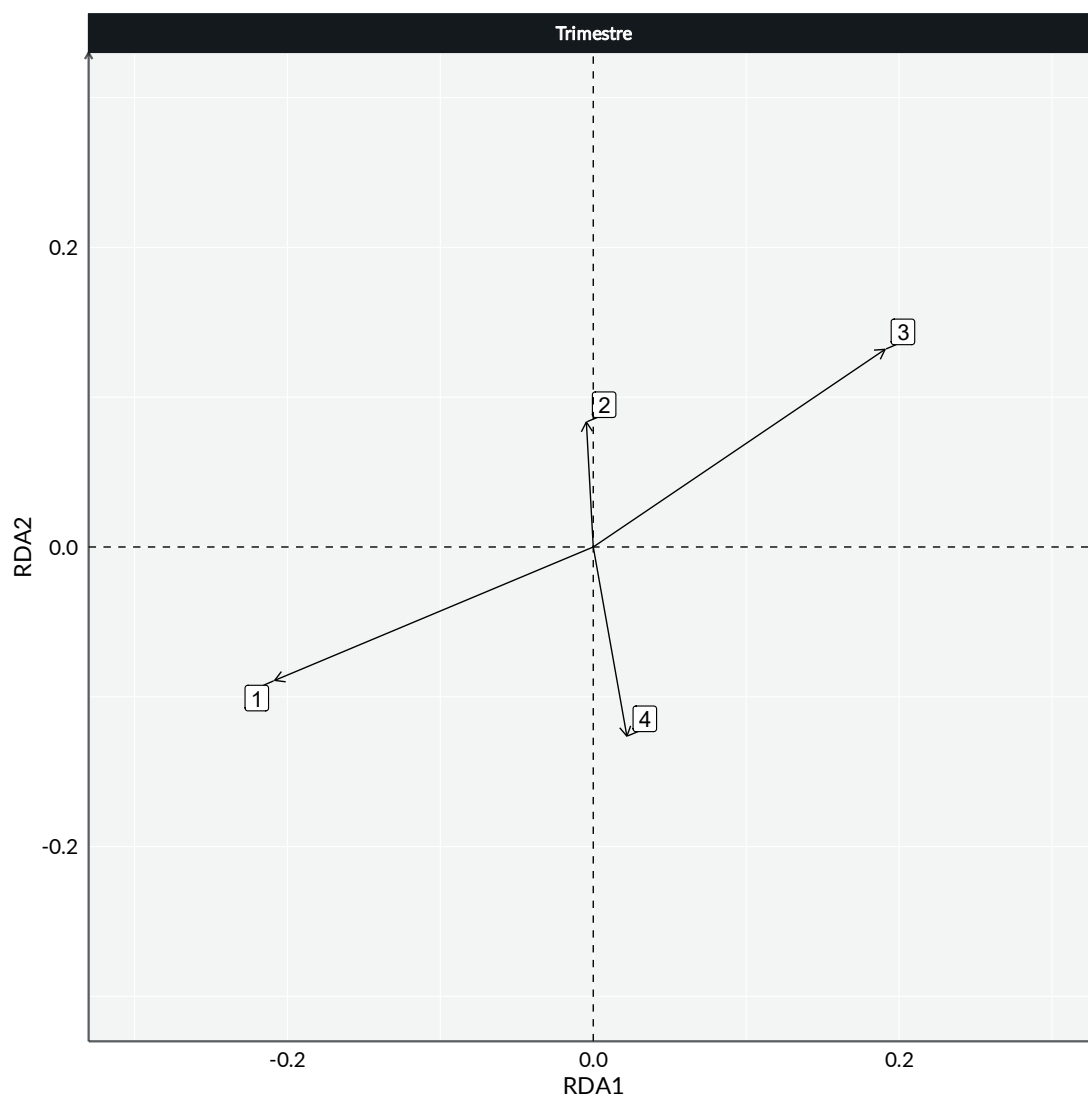


Figura 5.2-10. Resultados da RDA para aves: trimestres.

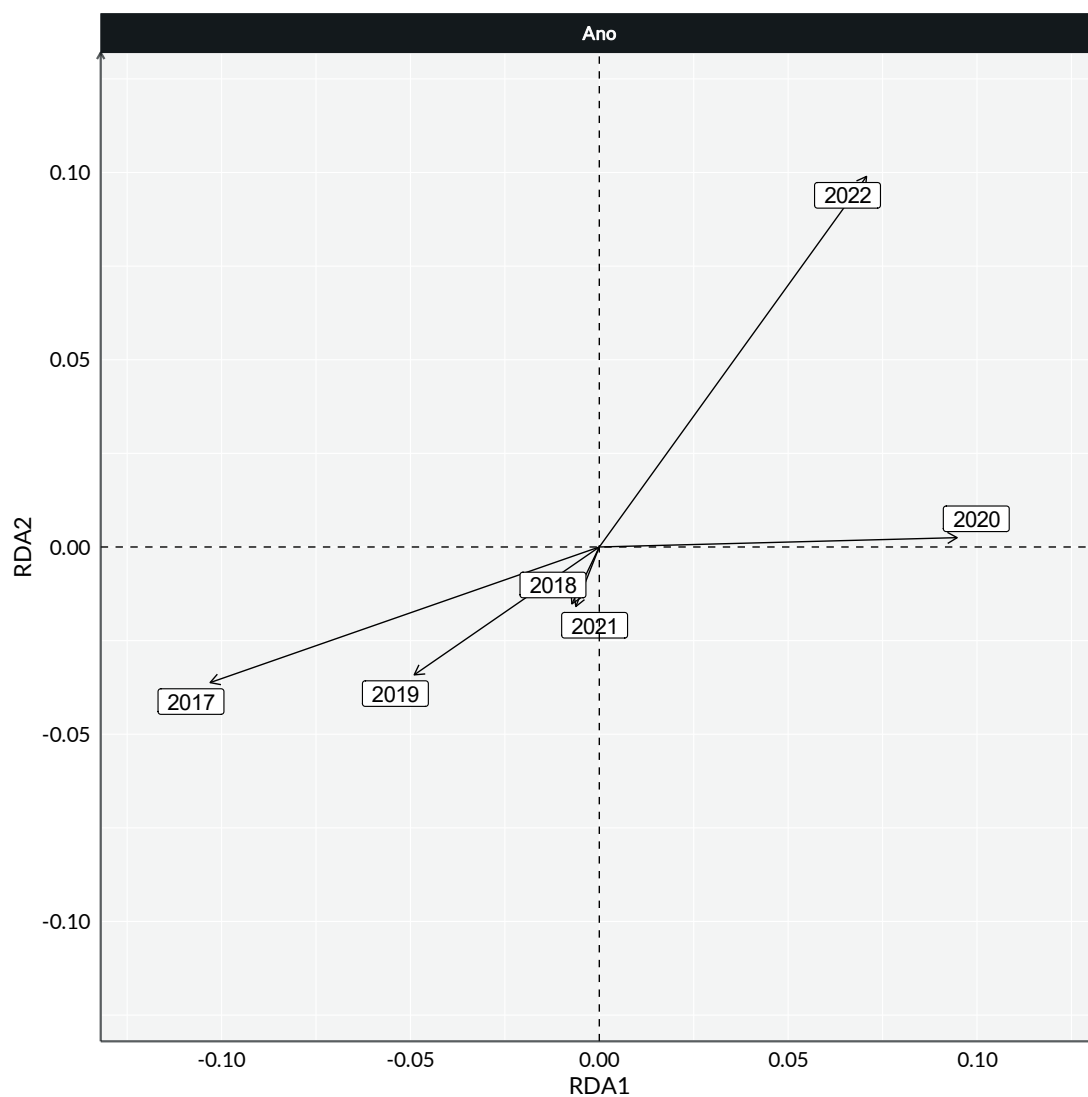


Figura 5.2-11. Resultados da RDA para aves: anos.

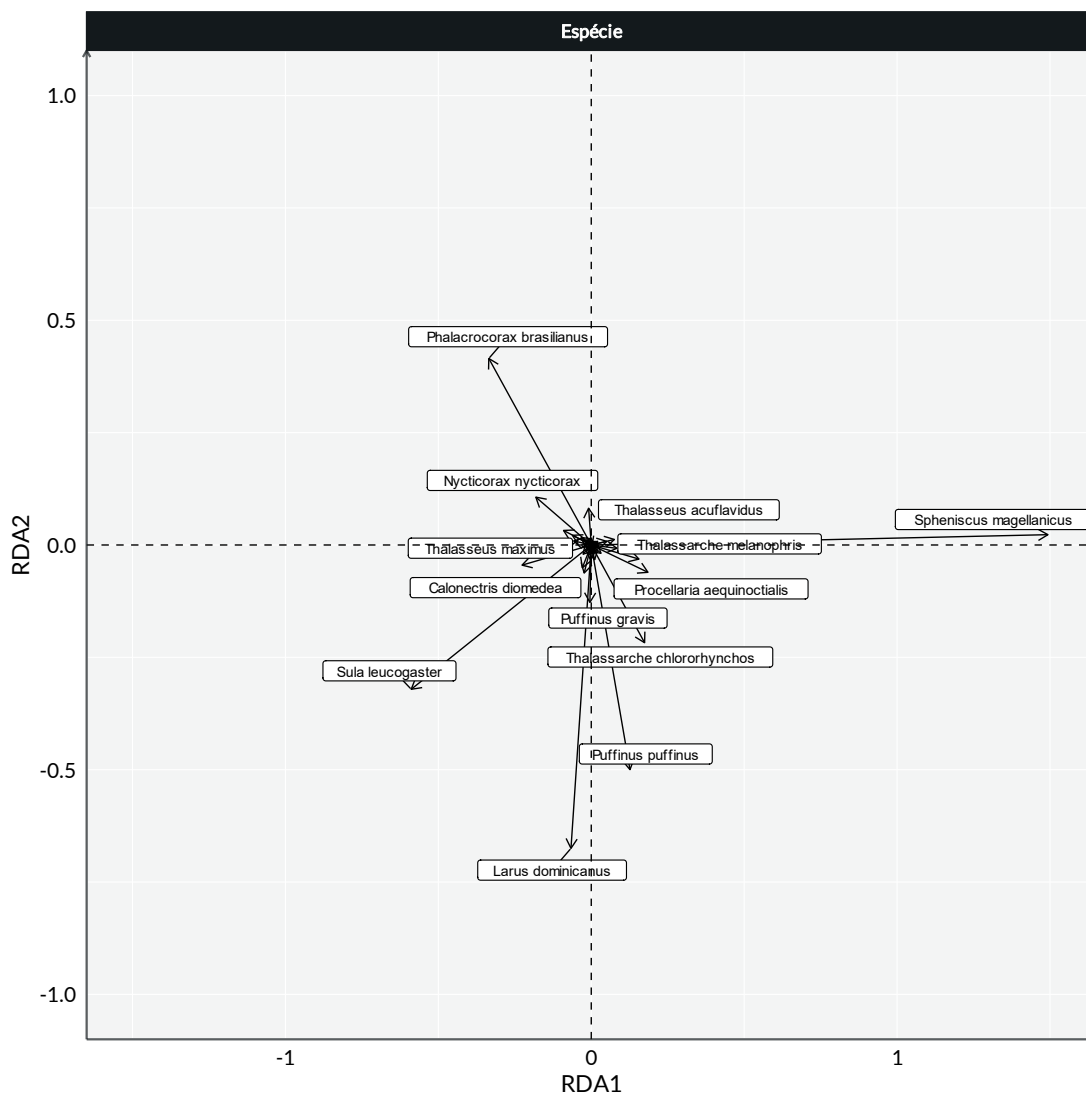


Figura 5.2-12. Resultados da RDA para aves: espécies.

Tartarugas Marinhas

Os resultados da RDA para as tartarugas marinhas, assim como para as aves, apontaram significância para os fatores temporais (sazonalidade e ano) e espaciais (mesorregião), além das variáveis ambientais de média da temperatura, variabilidade da clorofila-a (desvio padrão) e média da altura de ondas (**Tabela 5.2-2**). Dentre as variáveis antrópicas, foi significativo o tráfego de embarcações da Petrobras. As demais variáveis ambientais e antrópicas não foram significativas para os encalhes de tartarugas marinhas. Apesar de a seguir estarem sendo apresentados os resultados dos modelos finais, as

tabelas com os modelos completos estão no Apêndice 5 - Análise de Redundância.

Tabela 5.2-2. *Resumo do modelo final da análise de RDA para tartarugas marinhas registrados pelo PMP-BS entre 2017 e 2022.*

Parametro	G.L.	Variância	F	P-valor
Fator (ano)	5	0,008276	10,1618	0,001
Fator (trimestre)	3	0,003679	7,5297	0,001
Messoregião	11	0,054545	30,4430	0,001
Clorofila (0-20m) desv. pad.	1	0,000850	5,2195	0,008
Altura Sign. Onda (0-20m) média	1	0,000481	2,9539	0,031
Temperatura (0-20m) média	1	0,000937	5,7499	0,002
Tráfego Embarcações Petrobras (0-20m) média	1	0,002880	17,6798	0,001
Residual	264	0,043001		
R ² = 0,6249				
R ² ajustado = 0,5922				

Para as tartarugas marinhas na análise dos dados de 2021 (PETROBRAS, 2022) também foram significativas as variáveis ambientais clorofila-a (média) e temperatura (média), e a variável antrópica de média do Tráfego de Embarcações da Petrobras, indicando uma importância consistente destas na variabilidade dos encalhes. Todas estas variáveis tiveram maiores cargas no eixo RDA1, e todas negativas (**Figura 5.2-13**). Em termos espaciais (**Figura 5.2-14**), o padrão praticamente não se alterou da análise de 2021, com os escores obtidos para as mesorregiões no eixo RDA1 são relativamente baixos e as mesorregiões se distribuíram ao longo do eixo RDA2, excetuando a Baía da Guanabara com valores negativos no eixo 1. No eixo RDA2 não se observa nenhum padrão geográfico ligado às cargas, mas aparentemente uma maior influência da quantidade de registros de *Caretta caretta* e *Lepidochelys olivacea*, que também tiveram altas cargas negativas no RDA2 (**Figura 5.2-17**).

Em termos sazonais, o verão (Trimestre 1) ficou posicionado no sentido negativo do eixo RDA1 (**Figura 5.2-15**) de modo similar aos valores de temperatura. Já o inverno (Trimestre 3) e a primavera (Trimestre 4) apresentaram valores positivos, sugerindo padrões de encalhes semelhantes de tartarugas marinhas nestas duas estações. Provavelmente isto é influenciado pelos maiores valores de registros de *Chelonia mydas* nestes dois trimestres (**Figura 5.2-6**), já que a espécie também apresentou valores

positivos neste eixo (**Figura 5.2-17**). Ao longo dos anos, 2017 e 2018 se posicionaram no primeiro quadrante, enquanto 2020 e 2021 se posicionaram no terceiro, e 2022 com valores próximos à origem dos eixos (**Figura 5.2-16**) apresentando os maiores escores principalmente no eixo RDA1. Este alinhamento dos anos ao longo do eixo 1 e com os anos iniciais positivos e os finais negativos pode estar indicando uma mudança de longo prazo nas quantidades de encalhes, possivelmente relacionada às variações sazonais e ambientais, que também tiveram altas cargas neste eixo.

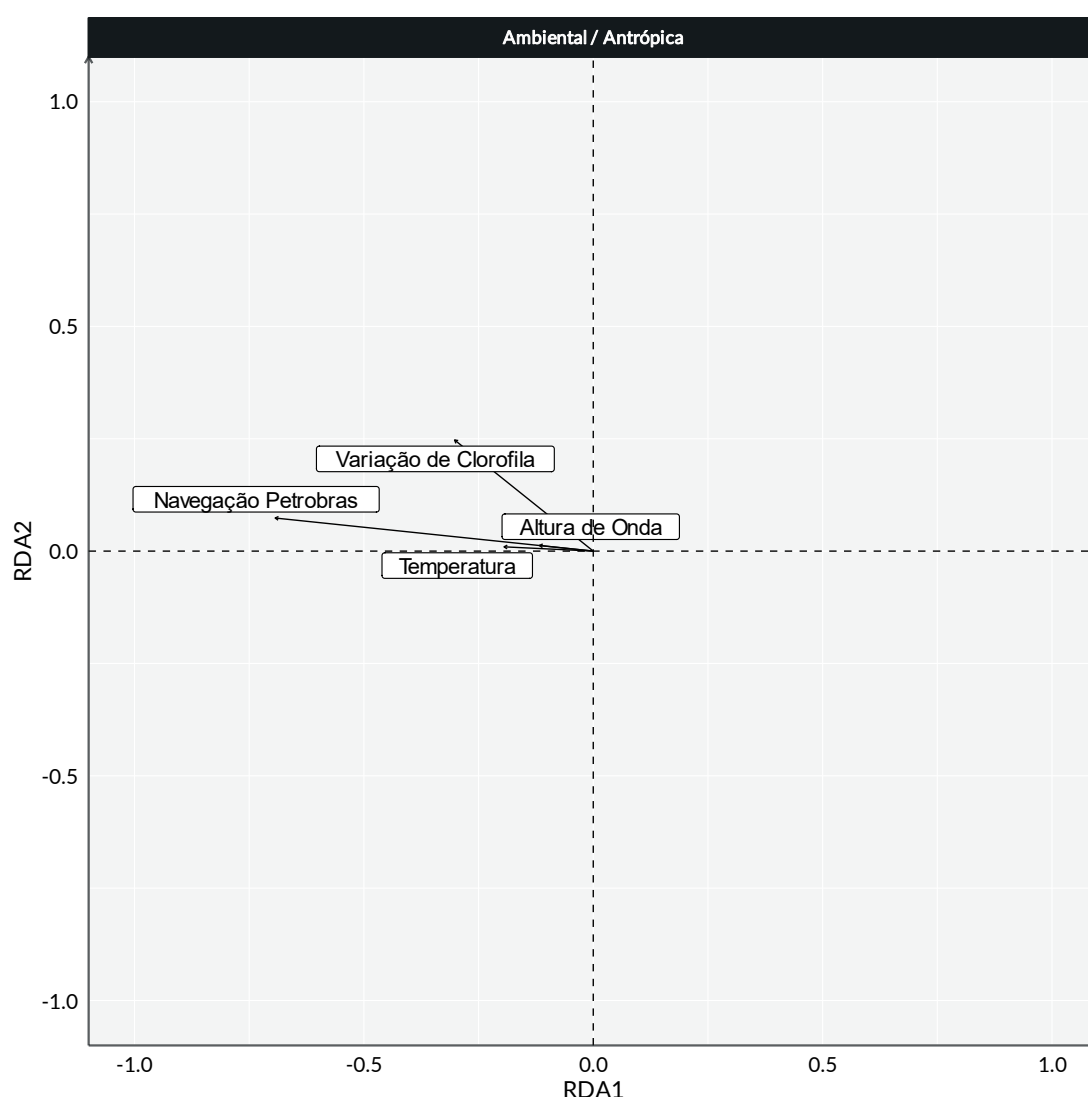


Figura 5.2-13. Resultados da RDA para tartarugas marinhas: variáveis ambientais e antrópicas significativas.

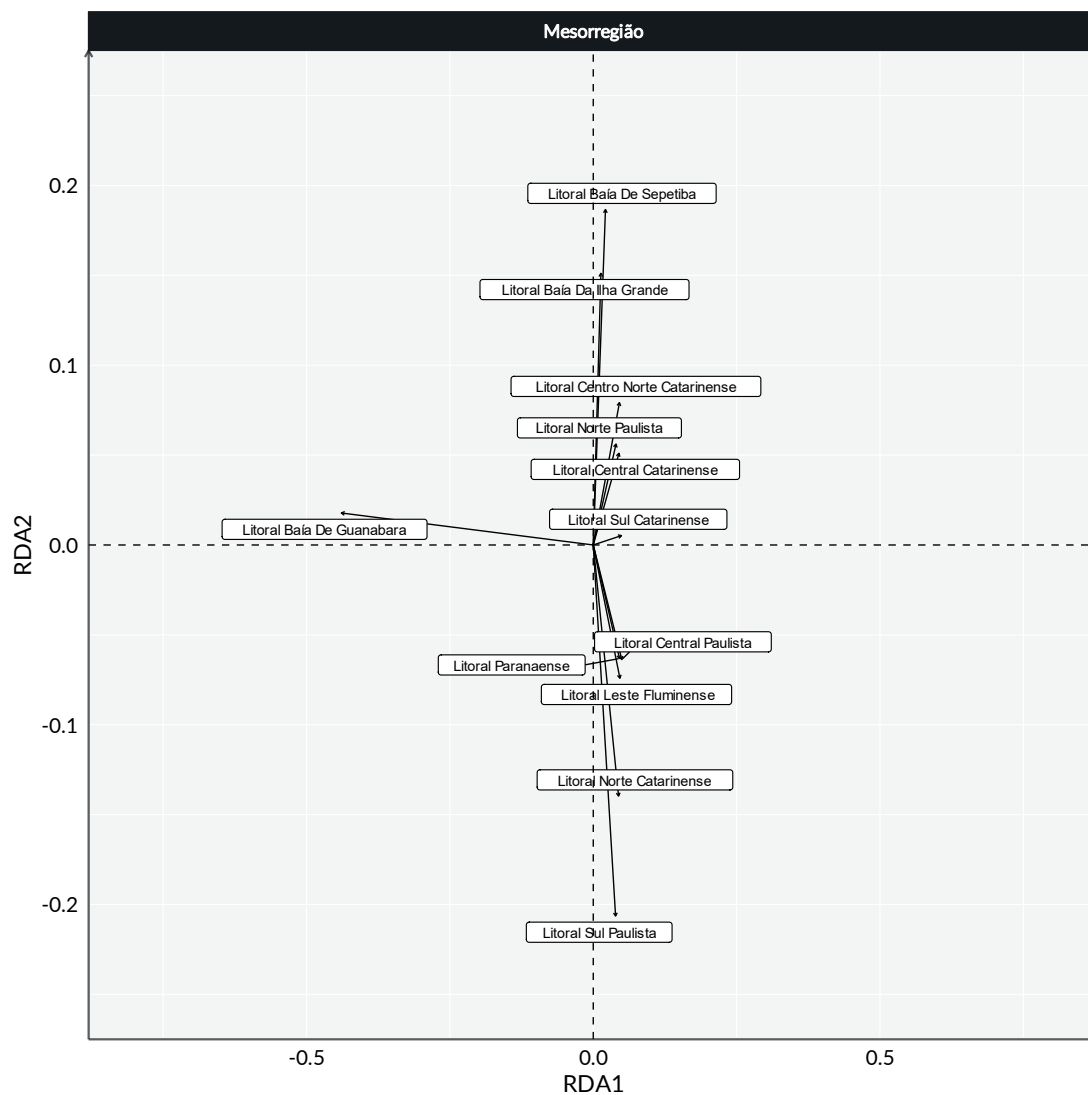


Figura 5.2-14. Resultados da RDA para tartarugas marinhas: mesorregiões.

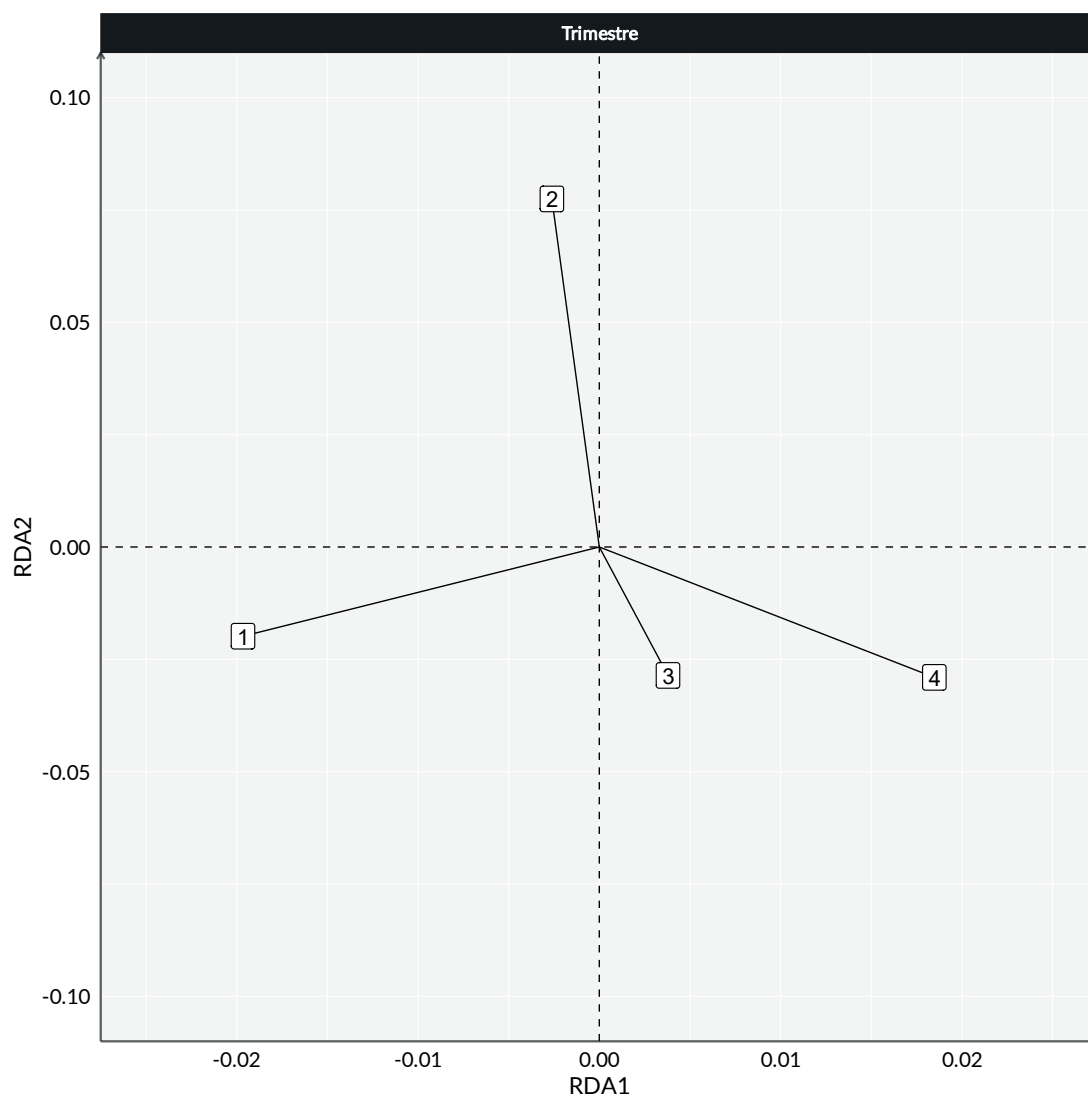


Figura 5.2-15. Resultados da RDA para tartarugas marinhas: trimestres.

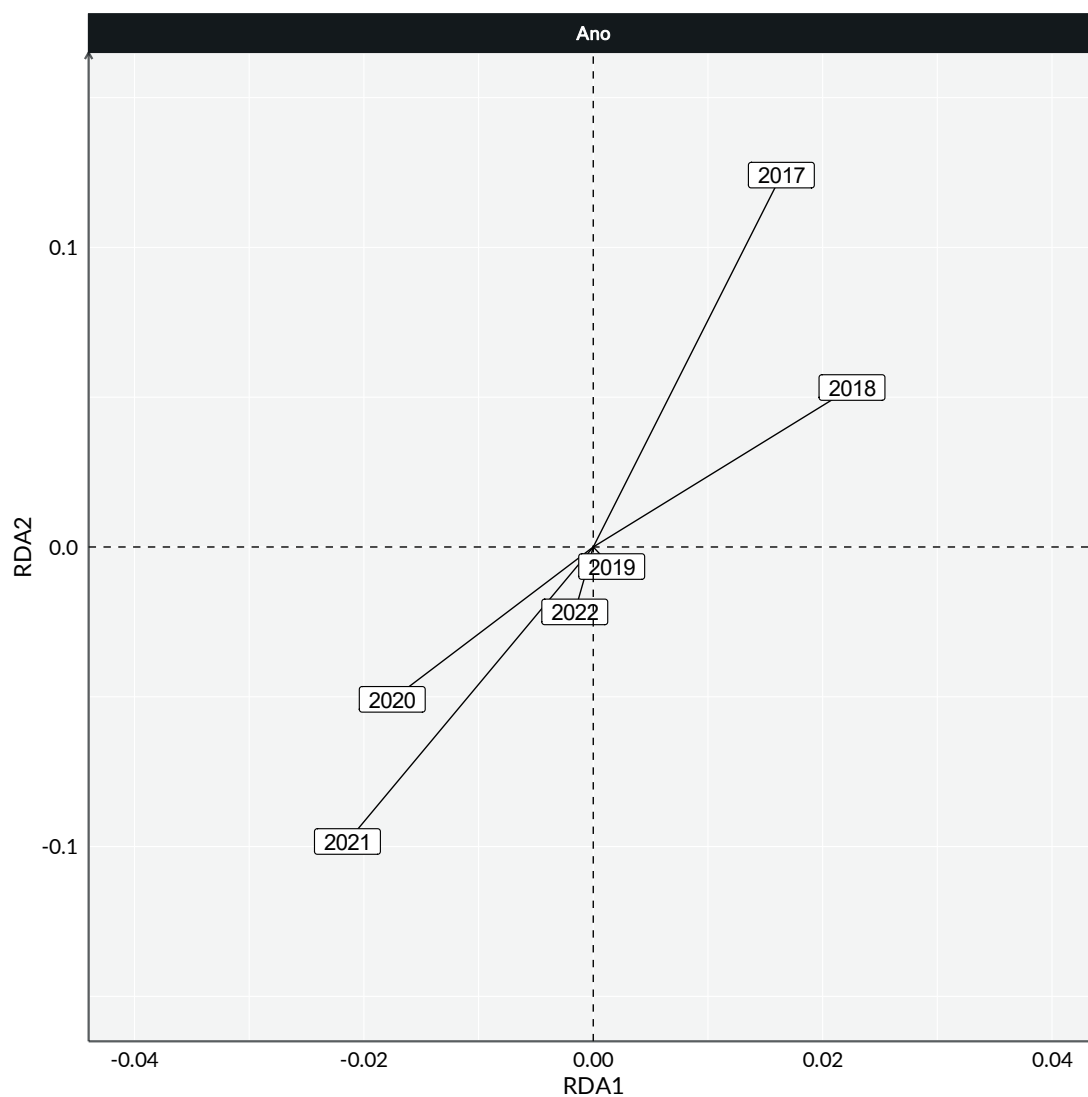


Figura 5.2-16. Resultados da RDA para tartarugas marinhas: anos.

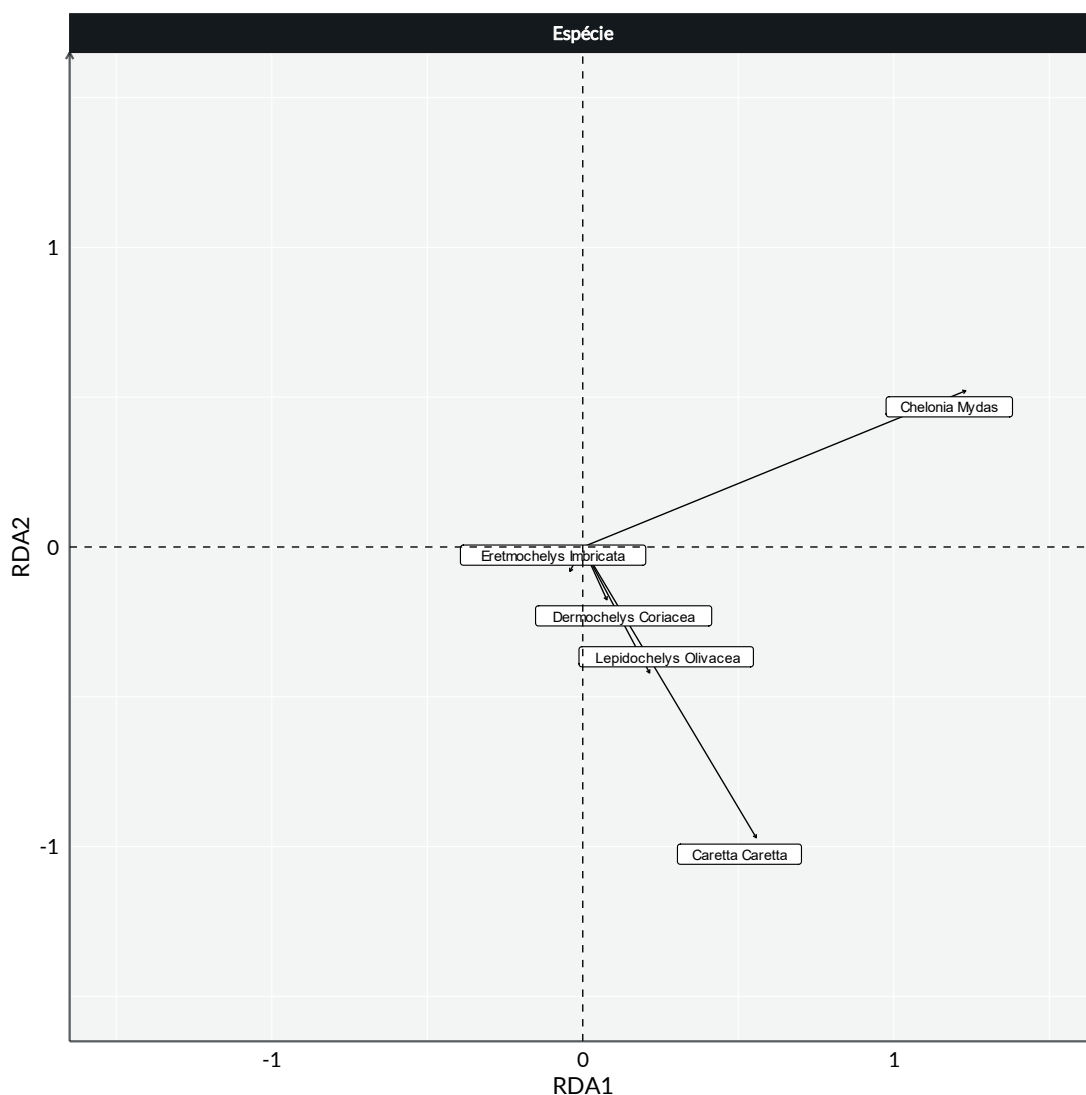


Figura 5.2-17. Resultados da RDA para tartarugas marinhas: espécies.

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

Assim como em 2021, se observou que das variáveis antrópicas houve significância apenas para o tráfego de embarcações, mas enquanto no ano passado houve significância tanto com o tráfego de terceiros e da Petrobras, para 2022 foi apenas com o desta última. Em anos anteriores estas variáveis também haviam sido utilizadas, mas não havia sido observada relação significativa destas nas análises. Como o tráfego de embarcações teve maior carga no eixo RDA1 com valores negativos, e neste mesmo eixo as espécies *C. mydas* e *C. caretta* tiveram cargas positivas, isto sugere um padrão de relação inversa. Ou seja, regiões com mais encalhes destas espécies seriam aquelas onde há menor tráfego de embarcações. Como as variáveis antrópicas e ambientais tiveram altas cargas no eixo RDA1 e as mesorregiões no eixo RDA2, isto sugere não haver relação forte dos padrões geográficos com as variáveis ambientais ou antrópicas utilizadas.

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). Para as variáveis ambientais em antrópicas utilizadas, houve significância para o valor médio da clorofila-a, temperatura média e a distância ao polo de produção (**Tabela 5.2-3**). As demais variáveis ambientais e antrópicas não foram significativas para os encalhes de mamíferos. Apesar de a seguir estarem sendo apresentados os resultados dos modelos finais, as tabelas com os modelos completos estão no Apêndice 5 - Análise de Redundância.

Tabela 5.2-3. *Resumo do modelo final da análise de RDA para mamíferos registrados pelo PMP-BS entre 2017 e 2022.*

Parametro	G.L.	Variância	F	P-valor
Fator (ano)	5	0,007934	2,2790	0,002
Fator (trimestre)	3	0,009102	4,3572	0,001
Messorregião	11	0,221336	28,8979	0,001
Clorofila (0-20m) média	1	0,002674	3,8404	0,007
Temperatura (0-20m) média	1	0,002203	3,1635	0,016
Distância pólo produção	1	0,002845	4,0865	0,006
Residual	265			
R ² = 0,5715				
R ² ajustado = 0,5359				

A análise dos resultados para as variáveis ambientais (**Figura 5.2-18**) mostrou que no eixo RDA1 temperatura e clorofila têm cargas opostas à distância do polo de produção. Isto é coerente, pois a distância ao polo aumenta em direção sul, que são áreas onde a temperatura tende a ser menores. Por outro lado, tanto a clorofila como a distância ao polo de produção apresentam valores negativos no eixo RDA2, indicando um padrão similar de variação, e no mesmo eixo com altas cargas para a separação das espécies e das mesorregiões.

Com relação às mesorregiões (**Figura 5.2-19**), parece haver uma distribuição maior das cargas no eixo RDA2, e em menor escala no RDA1. Esse padrão provavelmente está relacionado com a quantidade de registros de *S. guianensis* que também apresentou altos valores no eixo RDA 2 e de *P. blainvillei* que apresentou valores positivos no RDA1 (**Figura 5.2-22**). Mesorregiões com valores negativos em RDA1 são aquelas com poucos ou nenhum registro de *P. blainvillei*. Por outro lado, valores maiores no RDA2 são das mesorregiões que tiveram mais registros de *S. guianensis*. As mesorregiões com valores negativos no RDA2 também apresentaram mais registros de pinípedes e *Tursiops truncatus*, reforçando que apesar das espécies mais frequentes terem maior peso nos resultados, a análise de RDA apresenta um resultado integrado de todas as variáveis.

A análise dos efeitos da sazonalidade (trimestres) apresentou um padrão interessante (**Figura 5.2-20**), similar ao observado no relatório de 2021, 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. O outono (Trimestre 2) e a primavera (Trimestre 4) mostraram cargas mais altas e opostas no eixo RDA1, se agrupando com o inverno e o verão, respectivamente, sugerindo uma similaridade nos padrões de encalhes.

Por sua vez, a variação interanual (**Figura 5.2-21**) mostrou uma similaridade alta entre os anos de 2021 e 2022, e para os demais anos manteve o padrão observado no relatório de 2021. Se observa 2017 e 2019 posicionados em quadrantes opostos, e no eixo RDA2 o ano de 2018 com

valores positivos e 2021 e 2022 com valores negativos. Comparando esses resultados com os das espécies (**Figura 5.2-22**), pode-se observar que *Sotalia guianensis* também tem seu maior valor no eixo RDA2, assim como 2017 e 2018. Este padrão provavelmente está ligado à mortalidade em massa da espécie na região das baías de Sepetiba e Ilha Grande nestes mesmos anos, causado por um evento epizootico relacionado a um morbilivírus (GROCH *et al.*, 2018; FLACH *et al.*, 2019).

A presença de *P. blainvillei* e *S. guianensis* com valores altos em eixos diferentes foi similar ao observado em 2021 e reflete o padrão de distribuição destas espécies, pois a primeira tende a ser mais frequente em regiões mais ao sul, sendo substituída pela segunda em direção norte. As demais espécies tenderam a ter valores baixos nos dois eixos, ficando próximas da origem na **Figura 5.2-22**. Um destaque pode ser dado para *A. australis* e *T. truncatus*, com maiores valores no mesmo quadrante onde as mesorregiões de Santa Catarina também se encontram (**Figura 5.2-19**). Estas duas espécies vêm sendo registradas mais frequentemente em Santa Catarina em todo o período do PMP-BS, devido aos padrões de distribuição das mesmas. O lobo-marinho-sulamericano, *A. australis*, possui colônias reprodutivas no Uruguai, se deslocando de lá para a costa brasileira no inverno e primavera (OLIVEIRA *et al.*, 2014; CRESPO *et al.*, 2015). Por sua vez, o golfinho-nariz-de-garrafa, *T. truncatus*, é habitante da plataforma continental, mas no sul do Brasil tende a estar associado a estuários (LODI *et al.*, 2016), o que provavelmente explica a maior ocorrência de encalhes nas mesorregiões do litoral catarinense. Um ponto que se deve ter atenção, é que o servidor de nomes utilizado pelo SIMBA não reconhece a espécie *T. geophyreus*, o boto-de-Lahille (WICKERT *et al.*, 2016; HOHL *et al.*, 2020), trazendo a mesma como subespécie, seguindo o entendimento de parte da comunidade científica (COSTA *et al.*, 2016; COSTA *et al.*, 2021). Deste modo é provável que as duas formas estejam sendo relatadas conjuntamente nos encalhes desta espécie e deste modo a maior quantidade de registros em Santa Catarina reflete a ocorrência de *T. geophyreus* nos estuários e zona costeira deste estado.

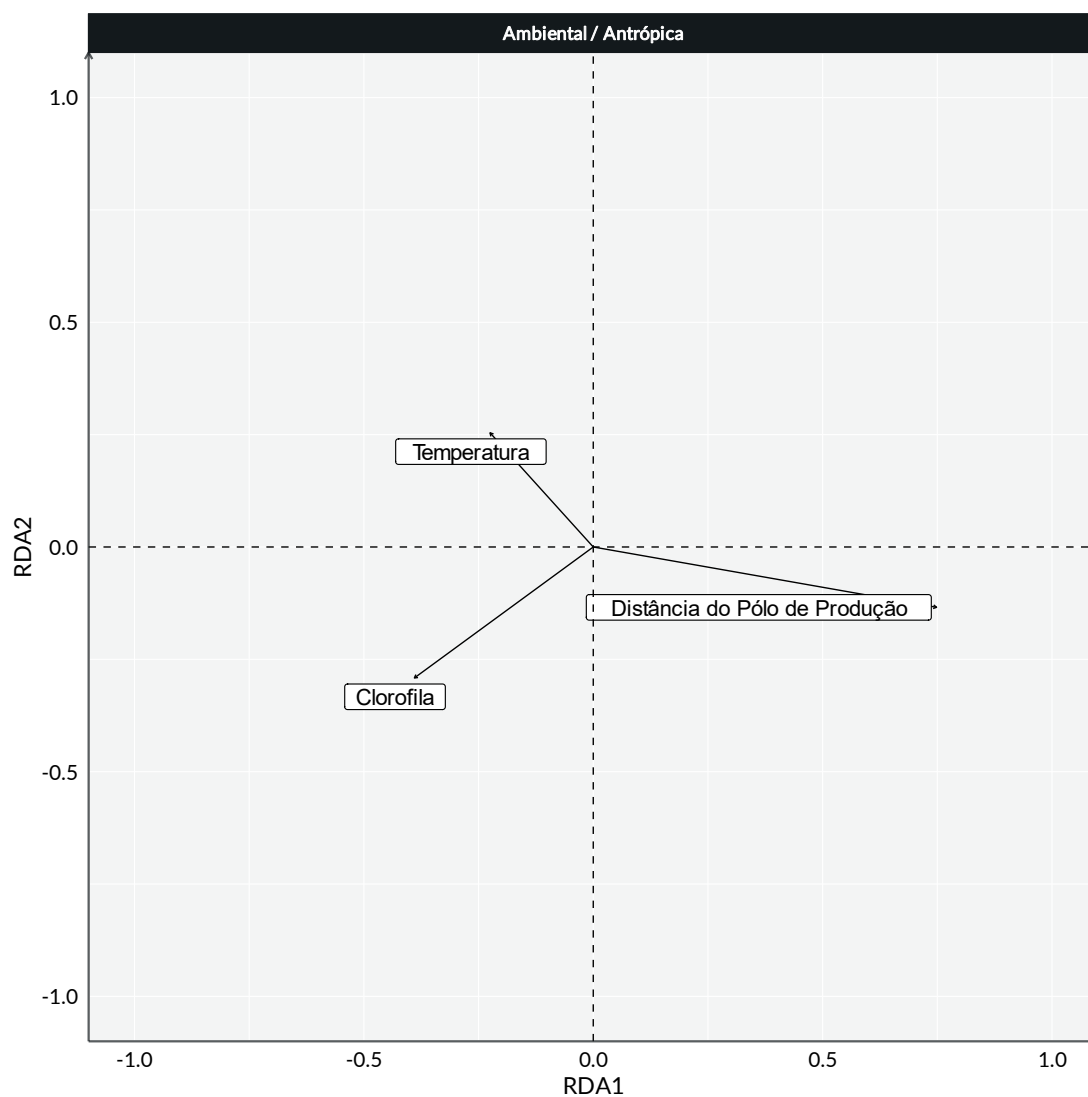


Figura 5.2-18. Resultados da RDA para mamíferos: variáveis ambientais e antrópicas significativas.

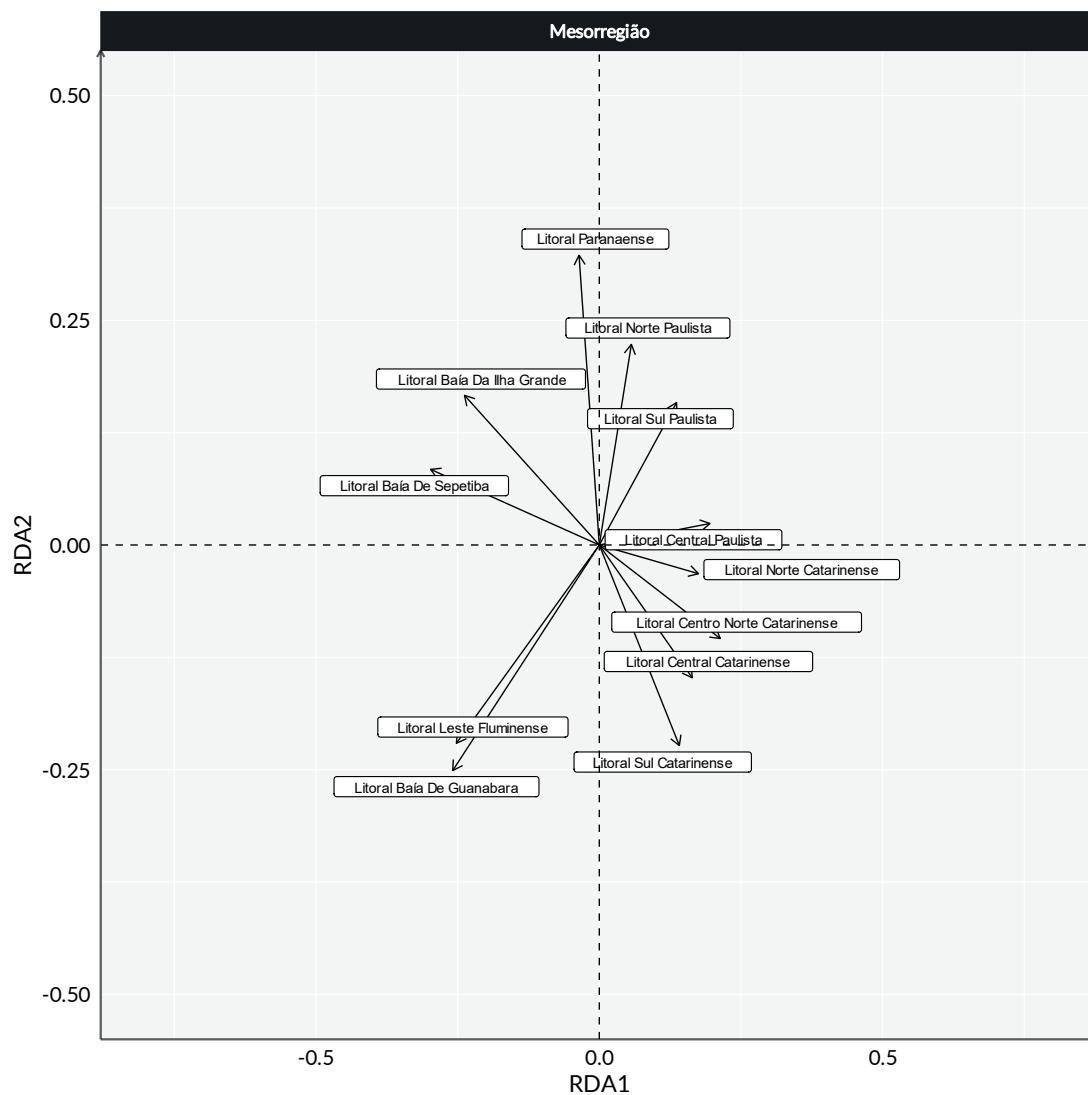


Figura 5.2-19. Resultados da RDA para mamíferos: mesorregiões.

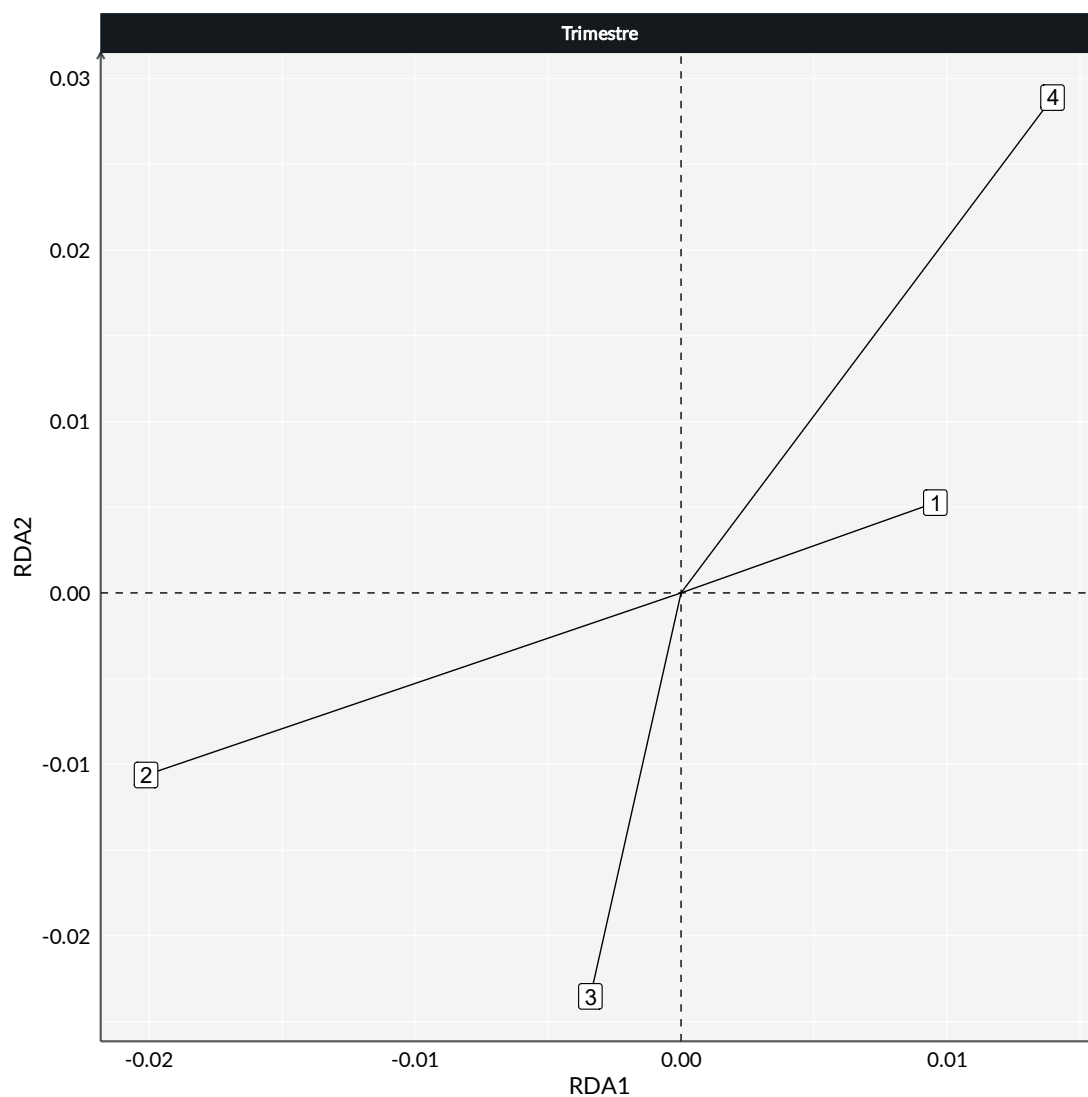


Figura 5.2-20. Resultados da RDA para mamíferos: trimestres.

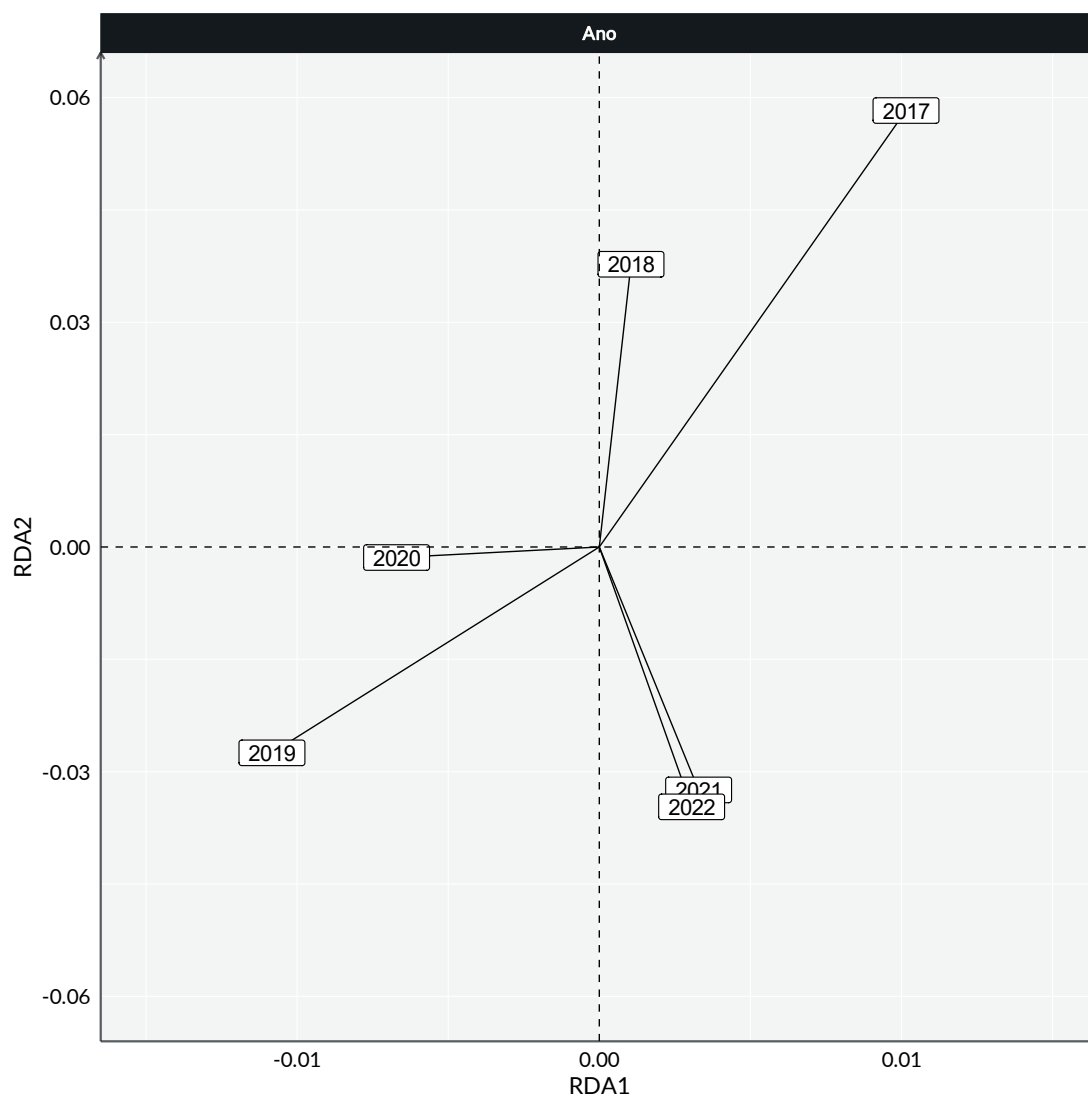


Figura 5.2-21. Resultados da RDA para mamíferos: anos.

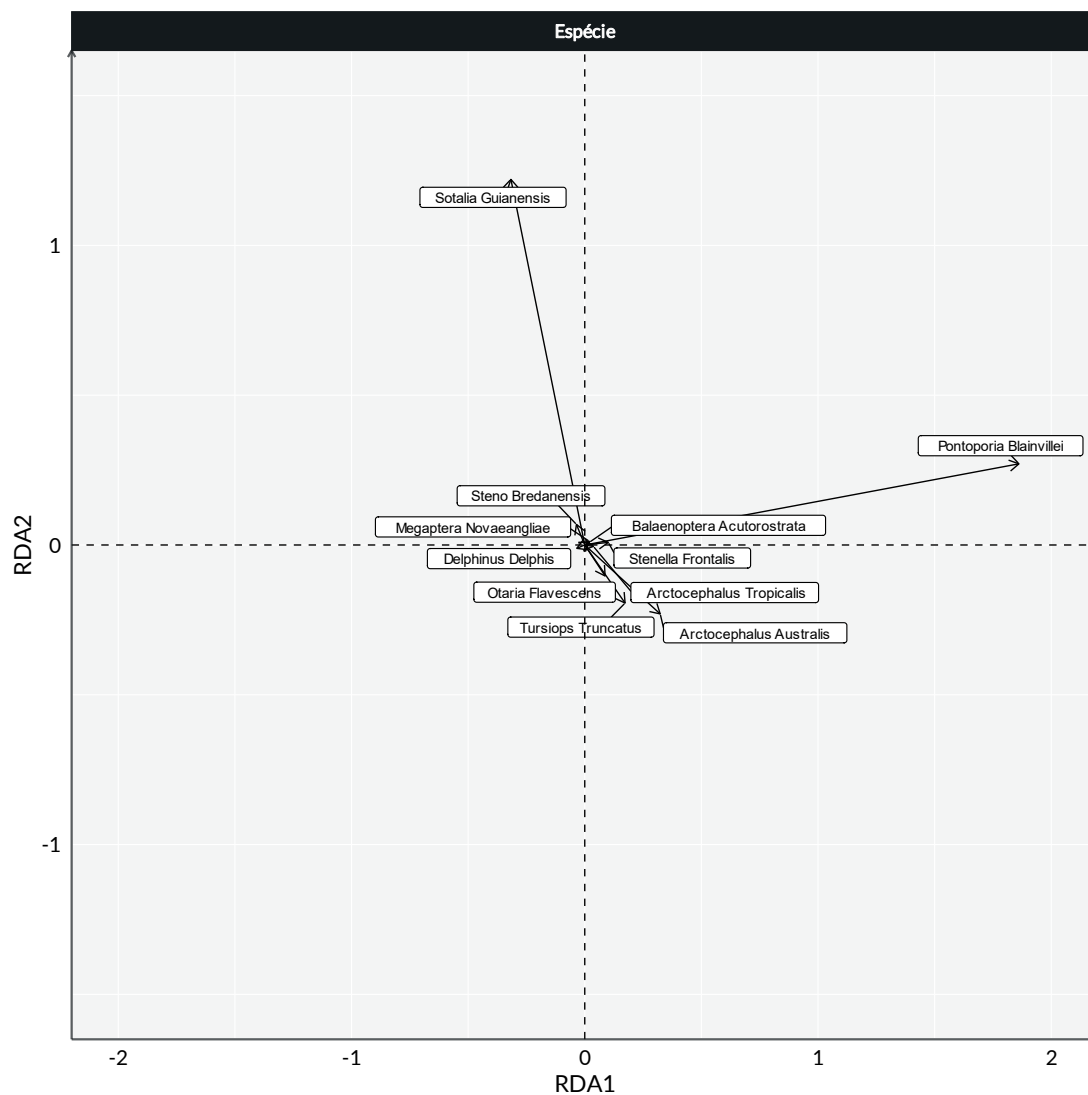


Figura 5.2-22. Resultados da RDA para mamíferos: espécies.

5.2.2 Índice de Saúde

Na análise de relatórios anteriores se discutiu se a análise do Índice de Saúde (IS) se deveria utilizar ou não animais que passaram por tratamento na rede de atendimento veterinário do PMP-BS. Por um lado, a exclusão destes garante que a análise represente uma situação mais fiel dos animais na natureza, pois não passaram por intervenção humana. Mas por outro se perde uma grande quantidade de animais, em especial de aves onde 60% dos animais onde foi possível calcular o IS passaram por tratamento (**Tabela 5.2-4**). Deste modo foram feitas as análises com todos os animais e em seguida a análise foi refeita excluindo os animais que passaram por tratamento, para avaliar se a remoção deste fator afetava os resultados do GLM.

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	
Rio de Janeiro	278	1012	1290	17	2	19	231	307	538	1847
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	278	367	5		5	42	40	82	454
2021	51	207	258	3		3	25	37	62	323
2022	76	220	296	7	1	8	42	32	74	378
São Paulo	712	1419	2131	193	41	234	1079	1305	2384	4749
2015	69	38	107	8	3	11	6	27	33	151
2016	33	97	130	17	1	18	105	127	232	380
2017	30	88	118	34	5	39	214	328	542	699
2018	98	127	225	32	10	42	272	251	523	790
2019	92	152	244	23	4	27	161	198	359	630
2020	193	491	684	22	7	29	95	164	259	972
2021	111	263	374	35	7	42	131	124	255	671
2022	86	163	249	22	4	26	95	86	181	456
Paraná	502	476	978	95	11	106	314	113	427	1511
2015	16	4	20	1		1	3	3	6	27
2016	36	45	81	6		6	21	10	31	118
2017	27	27	54	15	2	17	82	27	109	180
2018	35	52	87	14	1	15	66	29	95	197
2019	61	69	130	6		6	26	10	36	172
2020	127	88	215	16	5	21	36	14	50	286
2021	82	81	163	20	1	21	31	10	41	225
2022	118	110	228	17	2	19	49	10	59	306
Santa Catarina	2337	3079	5416	184	47	231	285	295	580	6227
2015	36	30	66	3	2	5	6	6	12	83
2016	169	174	343	13	1	14	42	23	65	422
2017	137	252	389	10	3	13	39	76	115	517
2018	232	263	495	32	8	40	43	62	105	640
2019	267	414	681	34	9	43	45	25	70	794
2020	350	598	948	24	13	37	35	42	77	1062
2021	567	701	1268	24	4	28	33	27	60	1356
2022	579	647	1226	44	7	51	42	34	76	1353
Total Geral	3829	5986	9815	489	101	590	1909	2020	3929	14334

A variabilidade na quantidade de animais onde foi possível calcular o IS também variou temporal e espacialmente (**Figura 5.2-23**). Se observa 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**). Isso é causado pela maior quantidade de pinguins-de-Magalhães que costumam ser

registrados nessas regiões. Dos 9.815 valores de IS para as aves, 38% são de pinguins-de-Magalhães, de modo que a saúde desta espécie tem um peso considerável nos padrões observados.

Para os mamíferos (**Figura 5.2-23B**), é observado uma maior quantidade de lacunas de informações devido à menor quantidade de encalhes (comparado a aves e tartarugas marinhas) e estarem usualmente em estágio avançado 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. Quando a análise destas foi incluída no cálculo do IS em 2019, se resgatou as amostras que estavam coletadas e não haviam sido analisadas. Infelizmente nos animais onde não haviam sido coletadas isso impossibilitou o cálculo do IS.

No caso das tartarugas (**Figura 5.2-23C**) é interessante notar que a maior quantidade de valores de IS está no Litoral Norte Paulista, diferente do que se observa nas análises de encalhes (**Figura 5.2-7**). Provavelmente isto está ligado ao fato de que aqui se está utilizando todos os animais que passaram por necropsia, independentemente da origem (monitoramento ou acionamento). Como no Litoral Norte Paulista há uma grande quantidade de tartarugas que são recebidas através de acionamentos (ver Volume 1) e muitos destes são de animais capturados acidentalmente em redes de pesca. Por causa disto, estes animais tendem a estar frescos e podem ter o IS calculado, diferente dos animais encontrados nas praias pelo monitoramento, que mais frequentemente estão em estágios mais avançados de decomposição.

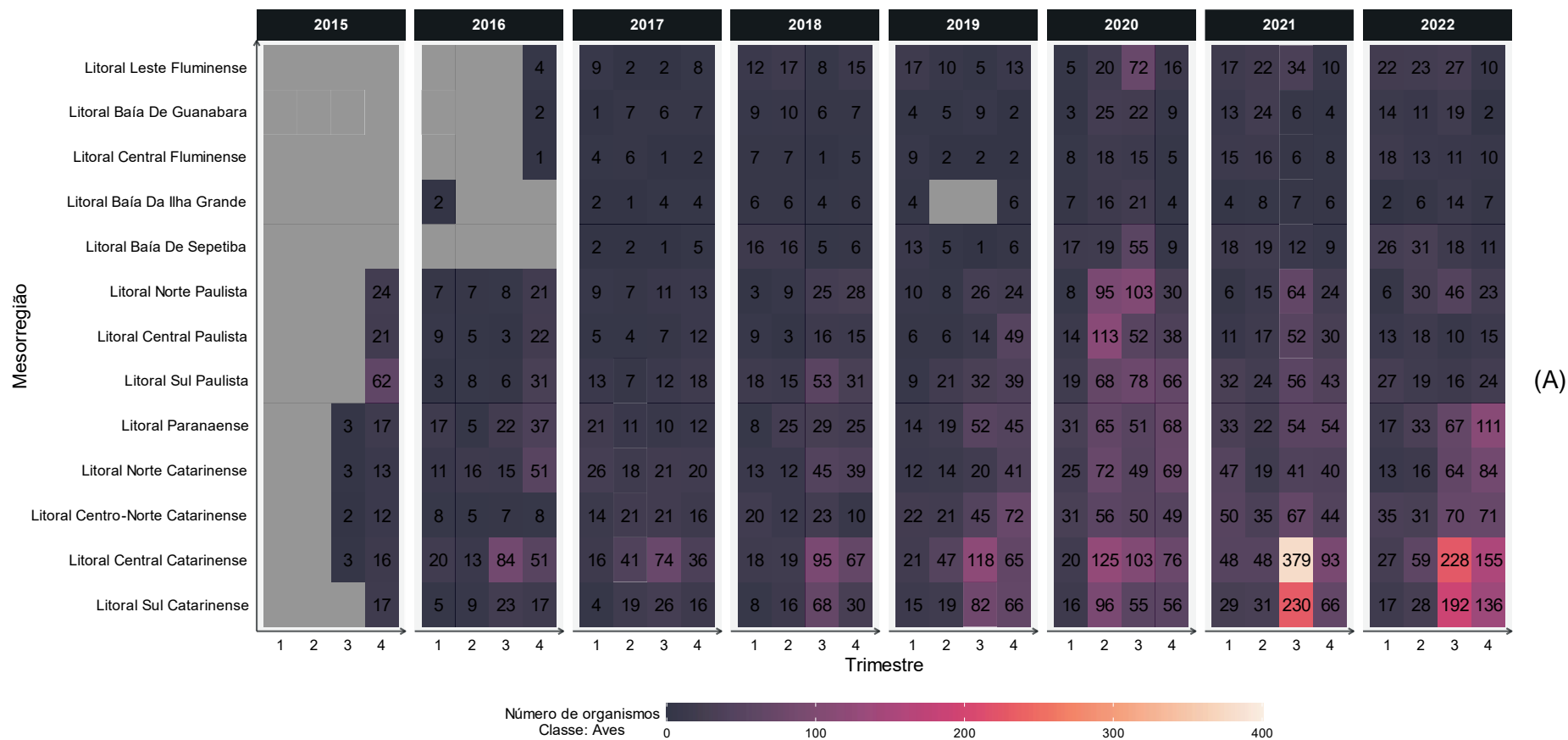


Figura 5.2-23. Mapa de calor com a distribuição do número de exemplares por mesorregião, trimestre e ano no PMP-BS onde foi possível calcular o IS para (A) aves, (B) mamíferos, e (C) tartarugas marinhas. Quadrantes em cinza indicam ausência de dados.

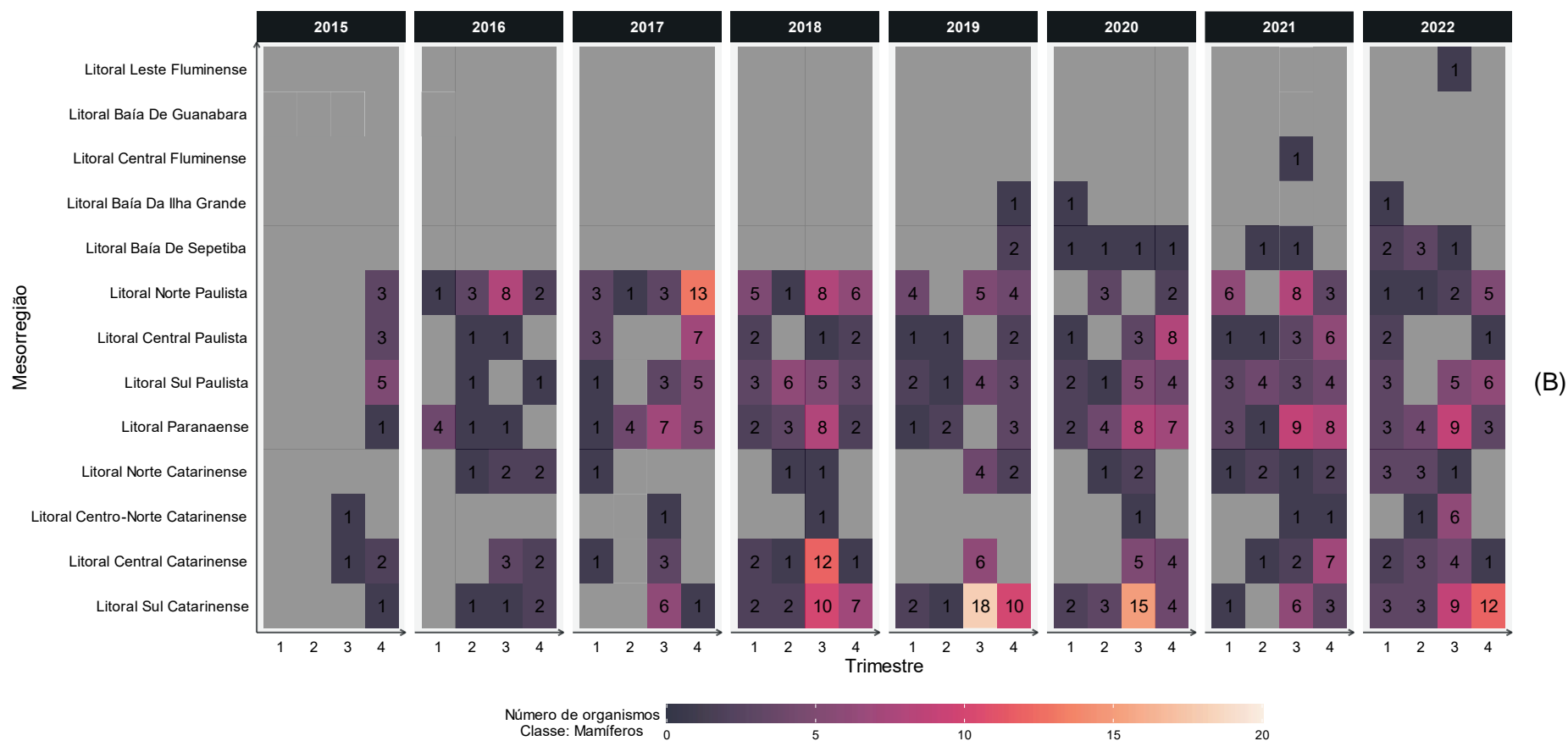


Figura 5.2-23 (cont.)

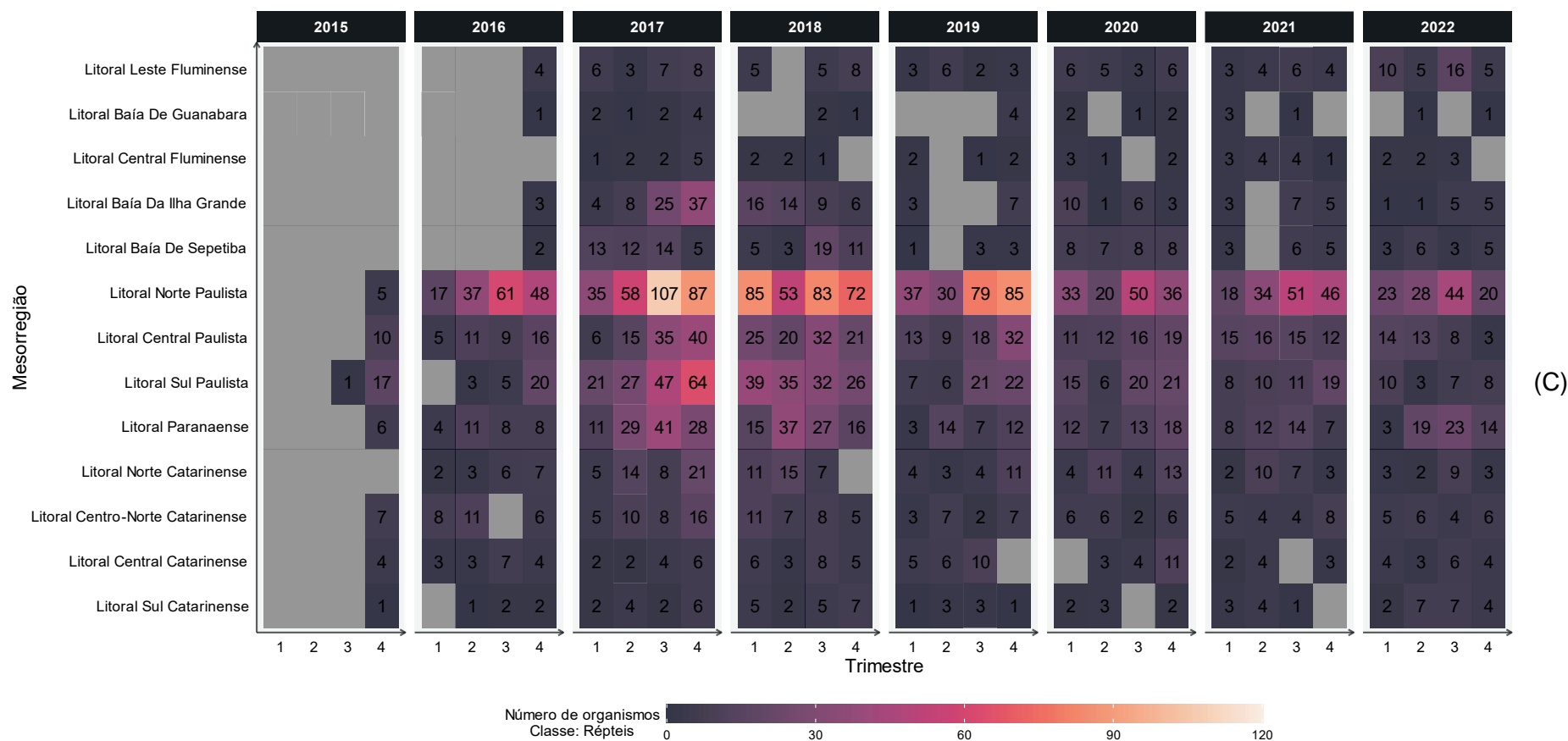


Figura 5.2-23 (cont.)

Aves

A análise de GLM para as aves mostrou que havia diferença significativa entre o modelo nulo e o modelo final (G.L. = 23; resid. GL = 8965; $\chi^2 = 2262,4$; $p < 0,0001$) 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. “G.L.” – graus de liberdade.

Parâmetro	ANOVA Modelo Final			Inflação de Variância	
	G.L.	χ^2	Pr(>Chi)	GVIF	GVIF ^{1/(2*GL)}
Ano	5	593,089	< 0,00001	1,127634	1,012085
Mesorregião	12	996,504	< 0,00001	1,466855	1,016091
Habitat	2	120,365	< 0,00001	1,32024	1,071922
Causa de Morte	3	183,876	< 0,00001	1,377694	1,054853
Histórico Clínico	1	34,574	< 0,00001	1,229771	1,10895

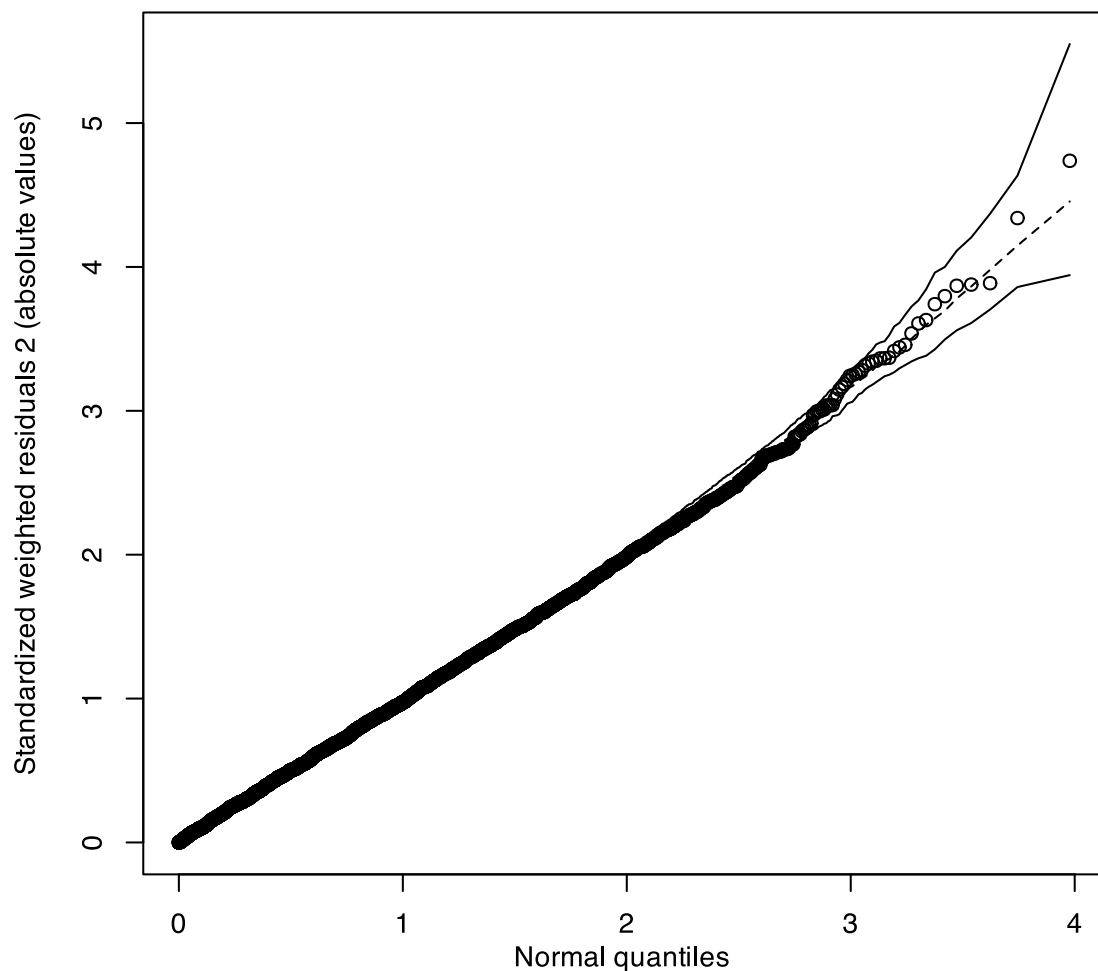


Figura 5.2-24. Distribuição de resíduos das análises do GLM de aves marinhas.

Uma vez que o modelo aparenta ser adequado, se passou para a análise dos efeitos das covariáveis utilizadas no modelo final do GLM (**Figura 5.2-25**). O efeito espacial, representado pelas mesorregiões, mostra uma diferença para os animais coletados no Rio de Janeiro, pois as cinco mesorregiões mais ao norte apresentam IS maiores do que a média geral dos efeitos. O mesmo padrão já tinha sido observado no relatório para o ano de 2021, indicando que é um efeito de longo prazo.

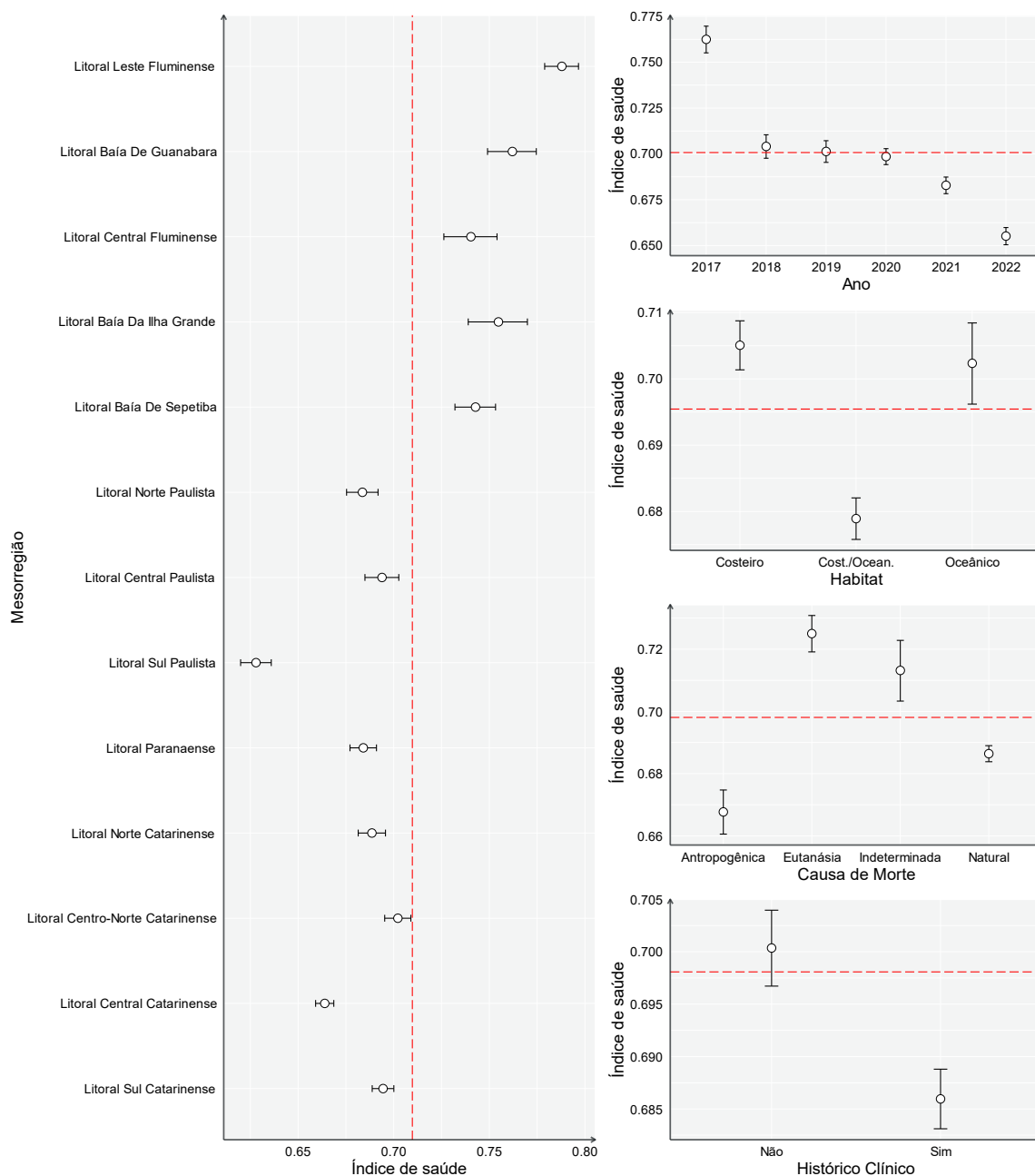


Figura 5.2-25. Análise de GLM do Índice de Saúde para aves, entre os anos de 2017 e 2022 em todas as mesorregiões do PMP-BS.

A diferença do IS entre as mesorregiões do Rio de Janeiro com as mais ao sul pode estar ligada a diversos fatores. Em primeiro lugar, os valores de IS mais altos nas mesorregiões do Rio de Janeiro, podem estar ligados ao elevado número de Fragatas (*Fregata magnificens*) que vieram à óbito devido a interações com linhas de pipa. Este fato vem sendo relatado para o Rio de Janeiro em diferentes relatórios, e leva a um elevado número de óbitos de

animais saudáveis (GOLDBERG, 2021), o que aumentaria o IS nessas regiões. Adicionalmente, há uma maior quantidade de pinguins nas mesorregiões mais ao sul, e devido ao processo migratório é comum que cheguem com a saúde debilitada na área do PMP-BS. Portanto o efeito da pior condição de saúde destes animais poderia estar causando a queda no IS das aves naquelas áreas. O mesmo efeito acontece ao se analisar o efeito do habitat, onde o IS é menor para as espécies costeiro/oceânicas. Apesar de haver outras espécies para este habitat, os pinguins-de-Magalhães representam 77,1% dos valores de IS deste habitat. Devido ao possível forte efeito dos pinguins nas análises, foi feita uma segunda rodada do GLM, removendo esta espécie.

Entretanto, quando tanto os pinguins-de-Magalhães como os animais que passaram por tratamento veterinário foram removidos da análise de GLM (**Figura 5.2-26**), o padrão geral observado anteriormente se manteve. É possível ver que as barras de erro passaram a ser maiores em quase todos os fatores, fruto da redução do número amostral. Adicionalmente se observa que o efeito temporal foi mais sutil para os últimos anos, com uma sobreposição das barras de erro para 2020, 2021 e 2022. Quando os pinguins estavam inclusos, a queda na saúde das aves ao longo dos anos foi mais marcante. Isso indica que a piora na saúde das aves ocorre para todos os grupos, apesar de ser mais intensa nos pinguins.

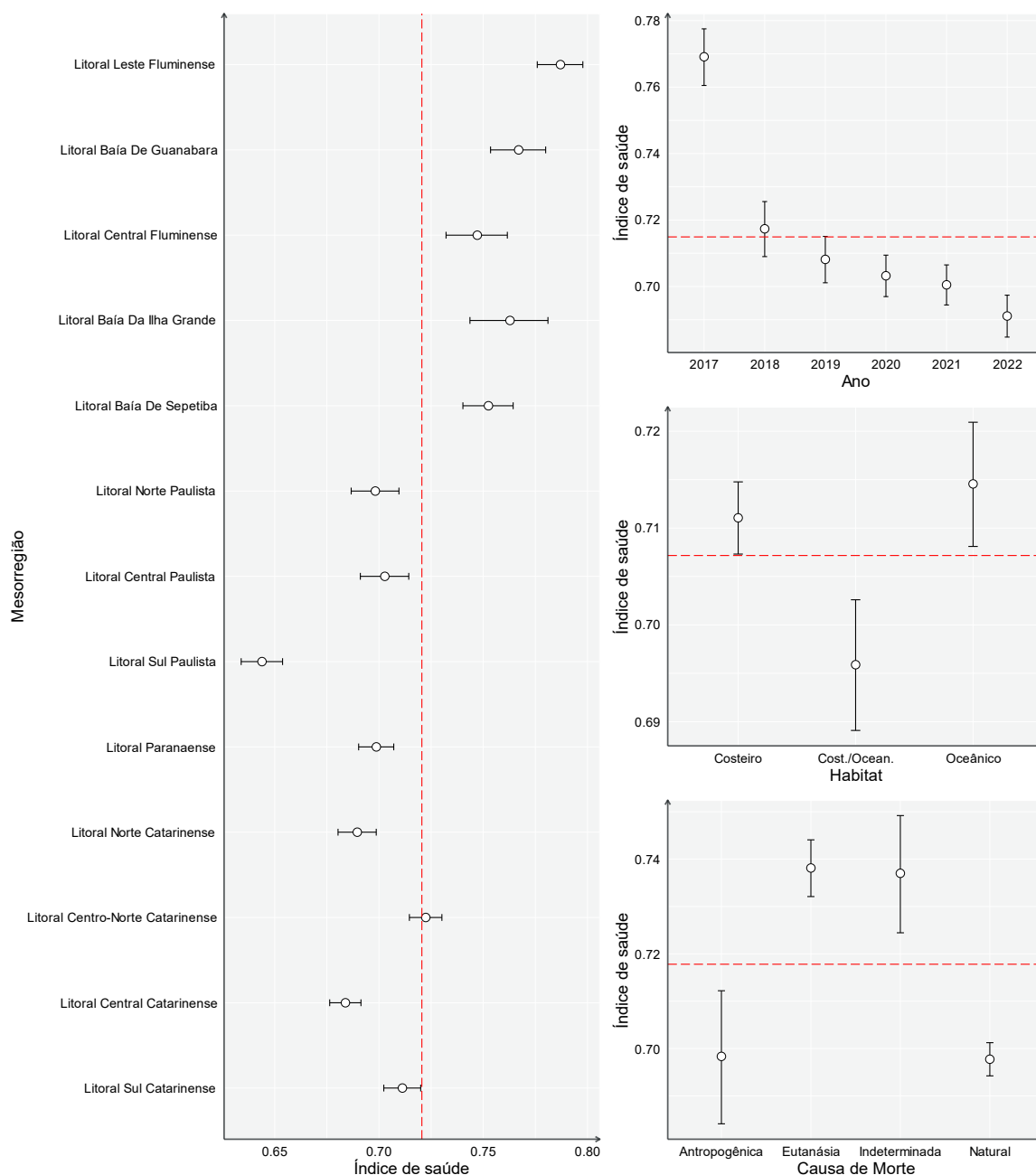


Figura 5.2-26. Análise de GLM do Índice de Saúde para aves, excluindo pinguins-de-Magalhães e animais que passaram por tratamento veterinário, entre os anos de 2017 e 2022 em todas as mesorregiões do PMP-BS.

O efeito do habitat na variabilidade do IS, com aves de hábito costeiro/oceânico sendo menor que as de hábito costeiro ou oceânico se mantém, independentemente da remoção dos pinguins da análise. Devido à grande quantidade de pinguins, se esperava que a remoção dos mesmos esse padrão se alterasse, mas não foi o caso. As espécies com hábito costeiro/oceânico com IS calculados são relativamente poucas, incluído quatro

do gênero *Stercorarius*, *Sterna paradisaea*, *Sula leucogaster* e *Spheniscus magellanicus*, mas as duas últimas espécies correspondem a 99,7% do total. Deste modo os resultados indicam que pinguins e o atobá-pardo apresentam saúdes similares, apesar de um ser uma espécie que migra de águas do sul e o outro uma espécie residente na área do PMP-BS. Considerando que o ambiente costeiro seria aquele com mais impactos de origem antrópica, se poderia esperar que o IS de espécies com hábitos costeiros fosse mais baixo, mas não foi o caso. A maior diversidade de espécies incluídas no grupo das costeiras (23 espécies) e das oceânicas (28 espécies) provavelmente permite uma visão mais abrangente da situação da saúde do grupo, em oposição às costeiro/oceânicas que basicamente trata de duas espécies.

Ao avaliar como a causa de morte está relacionada com a saúde, tanto incluindo ou excluindo os pinguins da análise, fica claro que nos casos em que foi necessária a eutanásia os animais estavam mais saudáveis. Isto acontece pois geralmente as eutanásias são realizadas em animais com processos traumáticos agudos. Por outro lado, as aves com causa de morte antropogênica e natural estarem com saúde pior, indica que a morte por captura acidental acontece principalmente em animais com saúde debilitada. A principal causa antropogênica é devido a interação com a pesca, e os animais estarem com saúde similar aos que morrem por causas naturais sugere que a interação com a pesca aconteça em aves que estão tão debilitadas como estas últimas. Esse resultado é diferente do observado em mamíferos e tartarugas marinhas (ver abaixo). É interessante observar que quando são incluídos os pinguins, as aves com causa de morte antropogênica possuem IS significativamente menor do que os com causa natural.

Tartarugas marinhas

A análise de GLM para o Índice de Saúde (IS) das tartarugas marinhas mostrou que havia diferença significativa entre o modelo nulo e o modelo final (G.L. = 23; resid. G.L. = 3422; $\chi^2 = 1053,8$; $p < 0,0001$) e, assim como nas aves, todas as variáveis utilizadas apresentaram significância (**Tabela 5.2-6**). A avaliação dos resíduos da análise das tartarugas marinhas em relação ao

envelope simulado gerado a partir de uma distribuição beta teórica mostrou um bom ajuste (**Figura 5.2-27**), evidenciando a viabilidade do uso deste modelo.

Tabela 5.2-6. Resultados da análise de modelos lineares generalizados (GLM) para o Índice de Saúde de tartarugas marinhas. “G.L.” – graus de liberdade.

Parâmetro	G.L.	ANOVA Modelo Final		Inflação de Variância	
		Chi ²	Pr(>Chi)	GVIF	GVIF^(1/(2*Df))
Ano	5	252,63	< 0,00001	1,12349	1,011712
Mesorregião	12	395,08	< 0,00001	1,425353	1,014877
Habitat	2	25,72	< 0,00001	1,046523	1,011433
Causa de Morte	3	136,27	< 0,00001	1,378564	1,054964
Histórico Clínico	1	161,28	< 0,00001	1,177344	1,085055

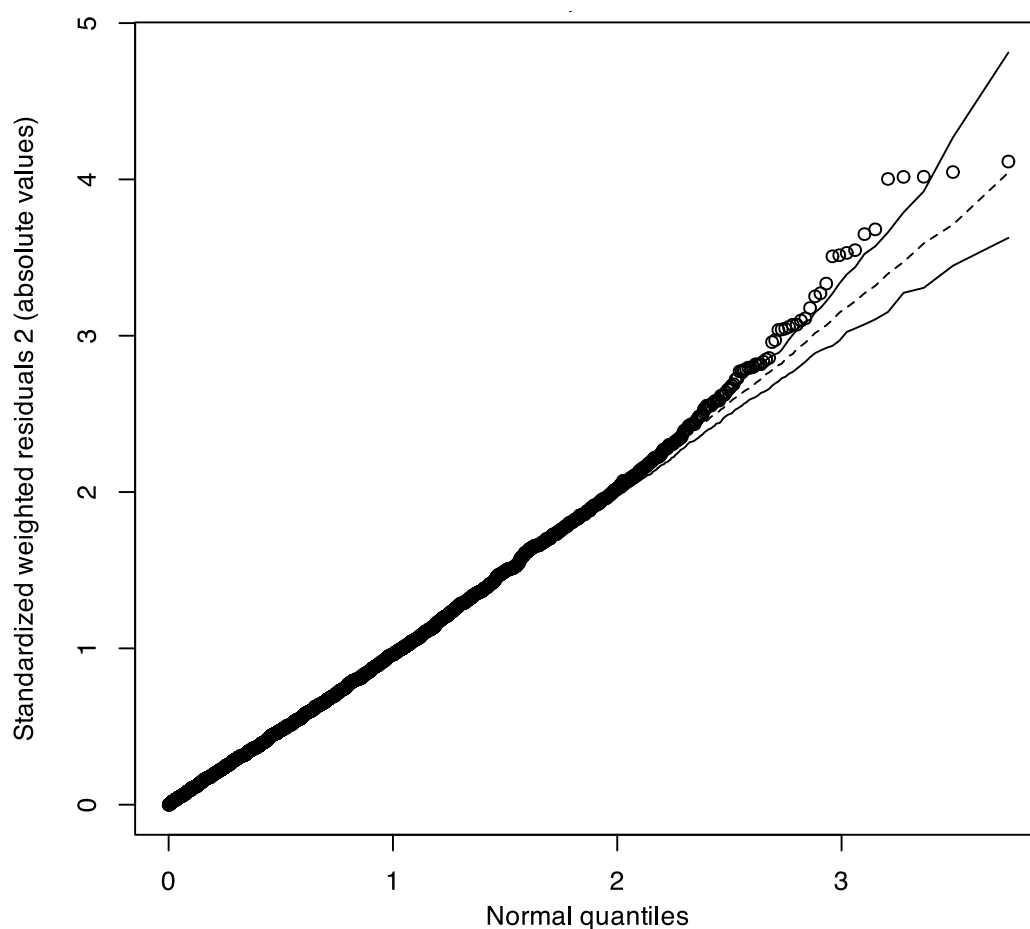


Figura 5.2-27. Distribuição de resíduos das análises do GLM de tartarugas marinhas.

Os efeitos das diferentes covariáveis sobre o IS mostrou alguns padrões interessantes em termos espaciais, temporais e ligado ao habitat preferencial

das espécies (**Figura 5.2-28**). Enquanto em termos espaciais nas aves houve diferença no IS para as mesorregiões do Rio de Janeiro frente às demais, para as tartarugas o que se observa são valores mais baixos entre a Baía da Ilha Grande e Litoral Paranaense. A saúde de tartarugas ao longo das quatro mesorregiões de Santa Catarina é similar às encontradas nas áreas abertas do Rio de Janeiro (Central Fluminense e Leste Fluminense).

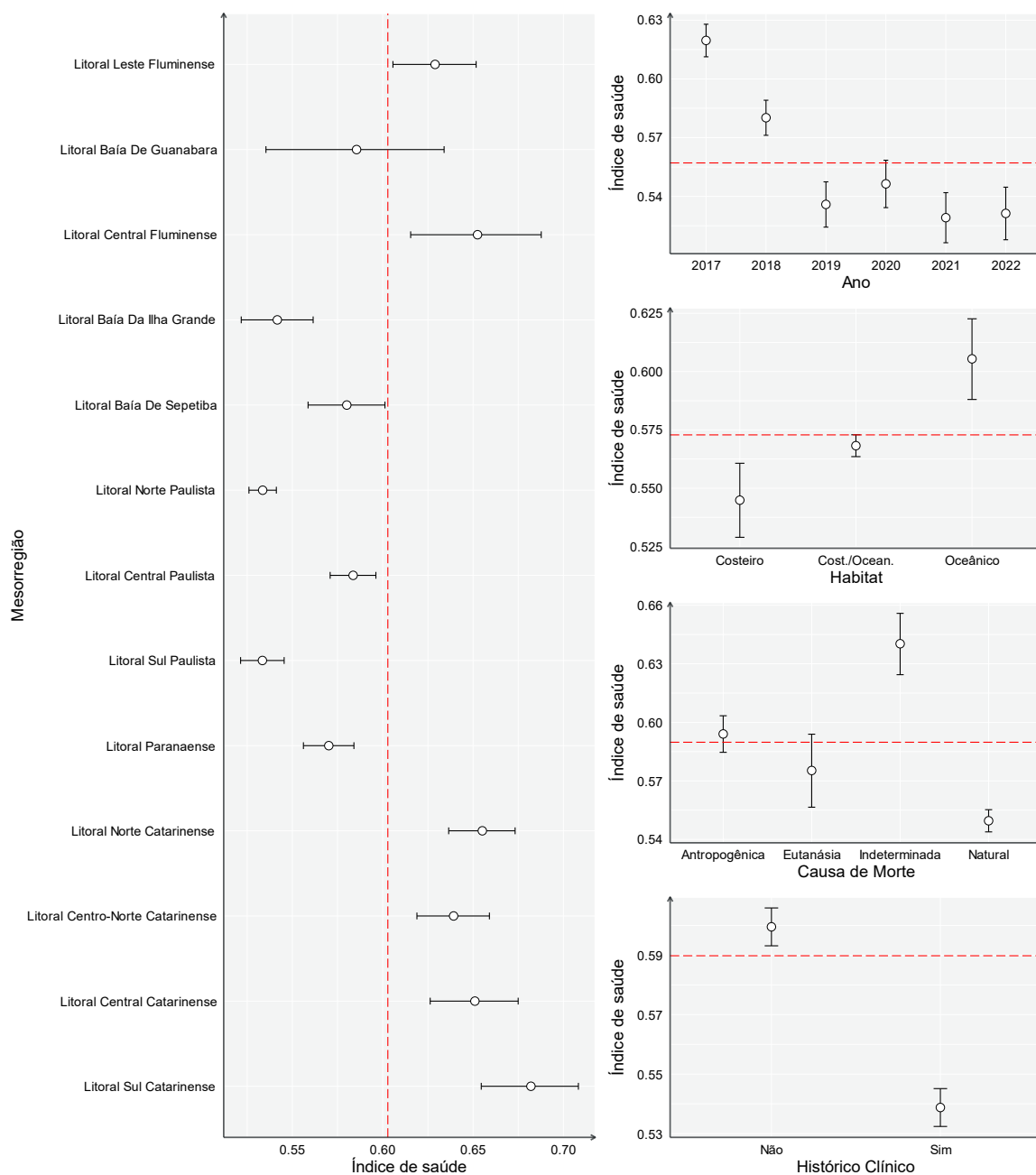


Figura 5.2-28. Análise de GLM do Índice de Saúde para tartarugas marinhas, entre os anos de 2017 e 2022 em todas as mesorregiões do PMP-BS.

O efeito temporal observado para o IS de tartarugas marinas também apresentou uma queda nos primeiros anos como nas aves, mas diferente destas, estabilizou nos últimos quatro anos. A sobreposição dos intervalos de confiança dos valores médios anuais mostra que não há diferenças significativas no período.

Por outro lado, há uma variação marcante quando o hábito das tartarugas analisadas é considerado, com animais costeiros apresentando saúde pior do que costeiro/oceânicos, e estes pior do que animais oceânicos. No caso das tartarugas a diferença entre os habitats se dá principalmente devido à fase de desenvolvimento destas. A tartaruga-verde, *Chelonia mydas*, que corresponde a 95,5% dos 3.826 valores de IS utilizados nas análises, é classificada como oceânica nas fases iniciais (comprimento curvilíneo de carapaça < 30cm), costeiro/oceânica em fases intermediárias (CCC entre 30 cm e 50 cm), e como costeira quando adulta (CCC > 50 cm), pois há um movimento ontogenético da espécie entre os ambientes (ARTHUR et al., 2008), apesar de haver variabilidade nesse processo (VÉLEZ-RUBIO et al., 2018; CARMAN et al., 2012). Deste modo, o padrão de queda da saúde com o habitat pode estar sendo influenciado tanto por uma redução na qualidade ambiental do ambiente costeiro e consequente piora da saúde dos animais neste habitat, como por processos de senescência de animais mais velhos.

Uma vez que houve diferenças no IS de tartarugas que passaram por tratamento veterinário, a análise de GLM foi repetida removendo estas últimas. O resultado também foi significativo para a comparação com o modelo nulo (G.L. = 22; resid. G.L. = 3423; $\chi^2 = 860,03$; $p < 0,0001$), e o padrão de variação dos parâmetros foi similar para os fatores tempo, espaço e habitat, mas se alterou para a causa de morte (**Figura 5.2-29**). Com todas as tartarugas, a saúde daquelas que foram eutanasiadas era intermediária entre as que morreram por causas naturais e antrópicas. Mas ao remover as tartarugas que passaram por tratamento, o IS das tartarugas eutanasiadas se reduz e passa a ser semelhante às de morte por causas naturais. Isso é um efeito tanto da redução da amostra desta categoria (201 com tratamento veterinário e 5 sem tratamento), como da condição dos animais. Exemplos que foram eutanasiados, mas não passaram por tratamento, são aqueles que ao serem

recebidos na rede de atendimento veterinário do PMP-BS foram imediatamente identificados que não tinham condições de reabilitação, e é de se esperar que apresentassem estado de saúde pior. O IS melhor dos animais com causa de morte antropogênica sugere que os animais que interagem com a pesca (interação antrópica mais frequente) são animais mais saudáveis, diferente do que se observou nas aves.

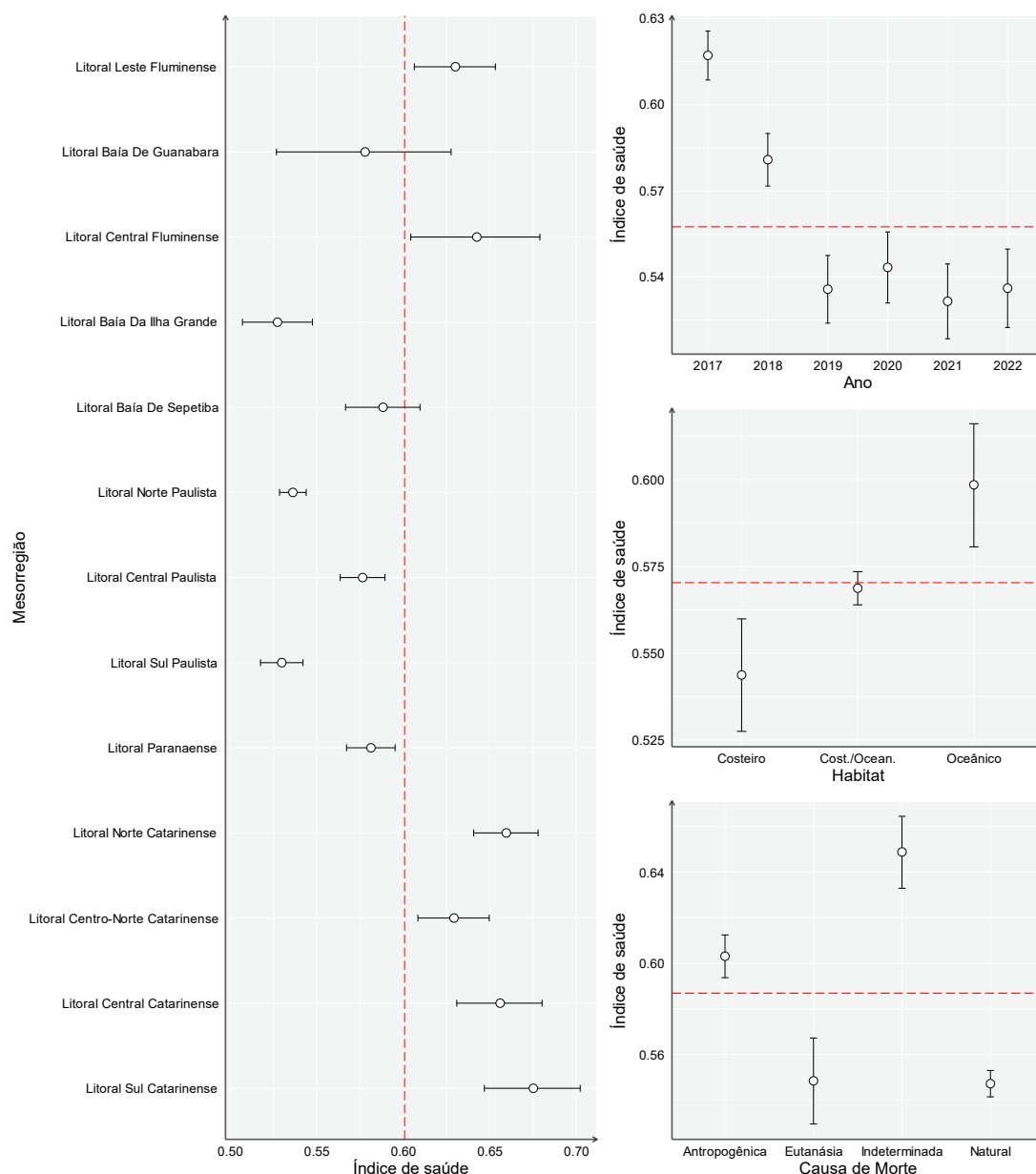


Figura 5.2-29. Análise de GLM do Índice de Saúde para tartarugas marinhas, excluindo exemplares que passaram por tratamento veterinário entre os anos de 2017 e 2022 em todas as mesorregiões do PMP-BS.

Mamíferos

A análise de GLM para o Índice de Saúde (IS) dos mamíferos marinhos mostrou que havia diferença significativa entre o modelo nulo e o modelo final (G.L. = 17; resid. G.L. = 508; $\text{Chi}^2 = 147,47$; $p < 0,0001$) e, assim como nas aves, todas as variáveis utilizadas apresentaram significância (**Tabela 5.2-7**). No caso dos mamíferos, não houve IS calculado para animais que passaram por reabilitação, portanto esse fator não foi utilizado na análise. 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. Entretanto é interessante notar que nos quantis superiores começa a haver um desvio do modelo, sugerindo que haja outros fatores que influenciam a variabilidade do IS que não estão incluídos na análise.

Tabela 5.2-7. Resultados da análise de modelos lineares generalizados (GLM) para o Índice de Saúde de mamíferos marinhos. “G.L.” – graus de liberdade.

Parâmetro	ANOVA Modelo Final			Inflação de Variância	
	G.L.	Chi ²	Pr(>Chi)	GVIF	GVIF^(1/(2*Df))
Ano	5	13,241	0,02122	1,305911	1,027049
Mesorregião	8	82,228	< 0,00001	1,394194	1,020987
Habitat	2	36,456	< 0,00001	1,131501	1,031368
Causa de Morte	2	12,883	0,00159	1,17176	1,040422

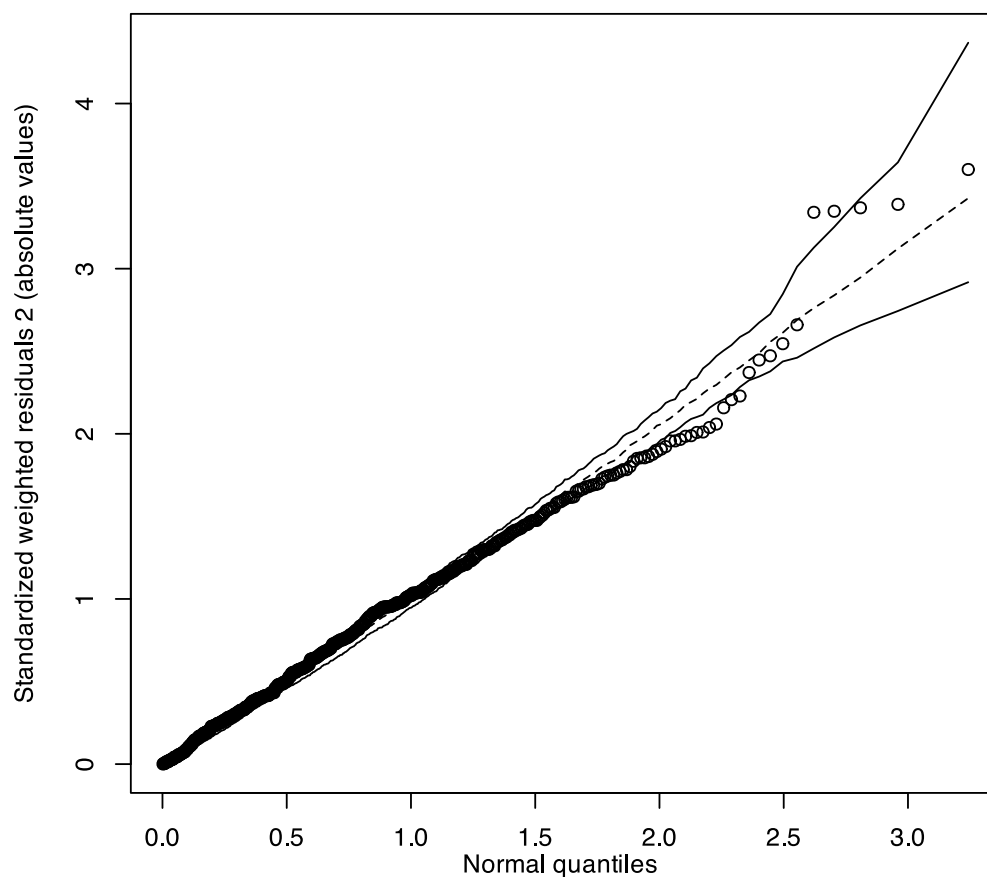


Figura 5.2-30. Distribuição de resíduos das análises de GLM de mamíferos marinhos.

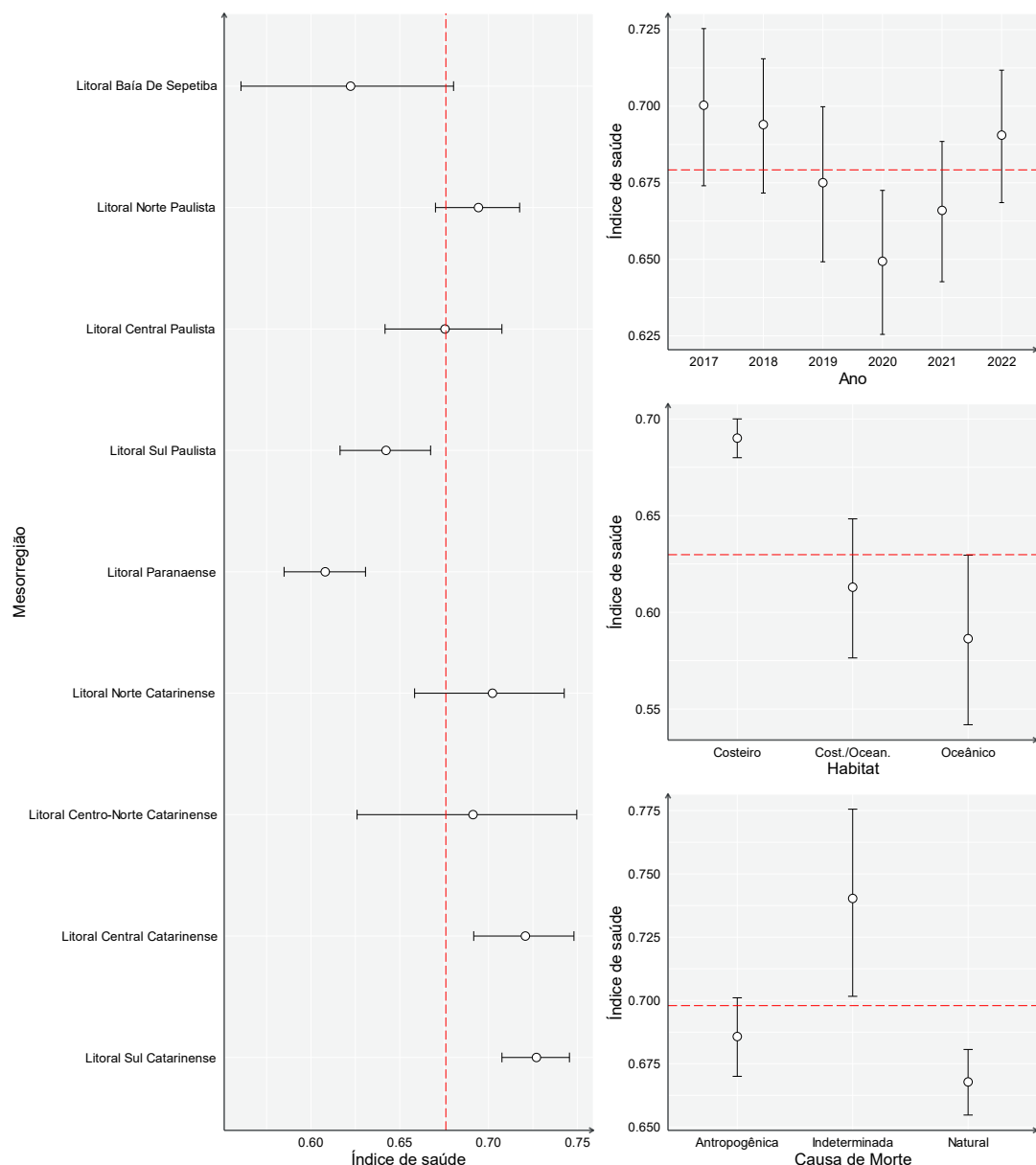


Figura 5.2-31. Análise de GLM do Índice de Saúde para mamíferos marinhos, entre os anos de 2017 e 2022 em todas as mesorregiões do PMP-BS.

A menor quantidade de animais onde o IS pôde ser calculado faz com que os intervalos de confiança sejam maiores. Havendo sobreposição dos intervalos, não é possível afirmar que haja diferenças significativas entre os fatores. Tendo isto em mente, se observa uma tendência da piora da saúde dos mamíferos de norte para sul, entre São Paulo e Paraná, e uma similaridade da saúde ao longo de Santa Catarina.

Temporalmente, há uma tendência de queda no IS de 2017 a 2020 e uma tendência de melhora após esse ano. Novamente, como os intervalos de

confiança são amplos, não se pode afirmar que esta melhora seja significativa. Por outro lado, a comparação da saúde entre espécies de habitat costeiro com as demais mostra uma diferença significativa, sendo melhor do que as dos habitats costeiros/oceânicos e oceânicos. Possivelmente isto está ligado a maior quantidade de cetáceos costeiros com causa de morte ligada a asfixia, que não apresentam outros problemas de saúde. Apesar deste tipo de morte possivelmente estar ligado a capturas acidentais em redes de pesca, a causa de morte só é considerada como antropogênica quando existem sinais inequívocos para tal. Não havendo estes indícios, a causa é considerada “indeterminada”. Ao se observar os resultados do GLM ligados à causa de morte, se nota que animais com causa indeterminada têm IS maior do que os com causa antropogênica ou natural. Novamente a causa para tal pode estar ligada à impossibilidade de detectar sinais claros de causa antrópica, mesmo que a causa da morte seja apenas asfixia, sem outros sinais clínicos.

Ainda tratando da diferença no IS de acordo com o habitat, o valor mais baixo para espécies de hábito oceânico pode estar relacionado com a necessidade da carcaça esteja fresca ou em estágio inicial de decomposição para que se consiga computar o IS. Animais que tenham morrido em ambiente oceânico por causas agudas, como capturas acidentais, até derivarem e chegarem à costa estarão em decomposição avançada. Os animais que puderam ser analisados provavelmente se aproximaram da costa ainda vivos e isso indica algum problema com os mesmos, pois estavam fora de seu habitat usual. Assim, o menor IS em espécies oceânicas pode estar ligada ao fato de se trabalhar com animais que encalham frescos.

5.3 CONSIDERAÇÕES

5.3.1 Padrões de encalhes

A partir do relatório anual de 2021 se passou a analisar os padrões de encalhe de forma integrada, tanto espacialmente como temporalmente, considerando todo o período do PMP-BS e toda a sua extensão. Com o aumento da quantidade de registros, novas estratégias de análise passaram a ser possíveis e a análise de redundância (RDA) se mostrou uma técnica interessante que pode evidenciar padrões nos encalhes a partir da integração de diversas variáveis.

Os resultados das três classes mostraram efeitos espaciais nos padrões de encalhes, que devem estar ligados aos padrões biogeográficos da área de abrangência. A costa de Santa Catarina é uma área de transição entre a ecorregião marinha do Rio Grande e a ecorregião marinha do Sudeste do Brasil (SPALDING *et al.*, 2007). Em aves e mamíferos, devido a uma maior riqueza de espécies, se consegue observar essa transição com as mesorregiões de Santa Catarina, Paraná e São Paulo se distribuindo ao longo dos eixos da RDA. O Rio de Janeiro não apresenta um padrão claro, provavelmente por já apresentar características mais fortes da ecorregião do Sudeste do Brasil e por questões amostrais.

Nas baías da Ilha Grande e de Sepetiba a maior parte do esforço amostral é embarcado devido ao litoral recortado e à falta de acesso a muitas praias. Para a RDA foram utilizados somente os registros feitos no monitoramento terrestre diário, para garantir uma homogeneidade no esforço amostral e taxas de encontro. Somado a isso, na mesorregião do Litoral Central Fluminense não há praias monitoradas diariamente por terra, fazendo com que não haja registros para ela. Na mesorregião da Baía da Guanabara, a própria característica abrigada da baía faz com que naturalmente a fauna registrada nas praias com monitoramento terrestre diário seja diferente das demais em áreas de costa aberta. Com todos estes fatores somados, os padrões biogeográficos de larga escala são mais difíceis de serem identificados neste estado.

Somente duas variáveis antrópicas foram significativas nas análises: tráfego de embarcações para tartarugas, e distância ao polo de produção para mamíferos. No último caso é bem provável que a significância esteja atrelada 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. Já para tartarugas não se encontra uma explicação direta para a associação, ainda mais pelo fato de que a relação entre as espécies e o tráfego de embarcações é inversa, indicando que áreas com maiores valores para tráfego são as que teriam menos encalhes. Os dados do Projeto de Monitoramento do Tráfego de Embarcações (PMTE) mostram mais tráfego de embarcações da Petrobras no Rio de Janeiro (**Figura 5.1-3**), e esta área apresenta questões ligadas às estratégias amostrais (discutidas anteriormente) que podem estar alterando os padrões de encalhes. Uma vez que há a previsão de alteração da estratégia na mesorregião do Litoral Central Fluminense, com inclusão de monitoramento terrestre diário, será importante reavaliar estas correlações em futuros relatórios.

5.3.2 Índice de Saúde

Os resultados da análise do GLM mostraram alguns padrões interessantes. Tartarugas e mamíferos encalhados em Santa Catarina apresentaram valores de IS maiores do que a média do efeito geográfico, mas não as aves. Assim como discutido anteriormente para os padrões de encalhes, isso poderia estar ligado a padrões da distribuição das espécies, pois em Santa Catarina e no Paraná a ocorrência de pinguins-de-Magalhães é muito maior e estes animais chegam muito debilitados. Entretanto ao refazer as análises sem os pinguins, esse padrão não se alterou, o que sugere algum fator ambiental para uma pior condição de saúde das aves nas áreas mais ao sul. Do mesmo modo, o padrão de queda na saúde das aves ao longo dos anos é preocupante, pois vem se mantendo nos últimos cinco anos. Enquanto nas tartarugas e mamíferos houve uma queda inicial, que até pode ser atribuída a um aumento da acuidade da equipe de veterinários com o tempo,

nos últimos anos o IS tem oscilado, mas sem padrões de alteração claros. A diferença entre as classes mostra que isso não é um efeito amostral, mas provavelmente uma piora real da saúde das aves. Em relatórios futuros pode ser interessante um olhar mais direcionado a este grupo para entender quais fatores podem estar gerando essa queda no valor do IS.

5.4 REFERÊNCIAS – ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL INTEGRADA

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

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

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

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

BÍCEGO, M.M., TANIGUCHI, S., LOURENÇO, R.A. 2018. Avaliação e Interpretação de Resultados de Hidrocarbonetos de Petróleo, Organoclorados e Organobromados em Amostras Biológicas de Tetrápodes Provenientes de Programas de Monitoramento Ambiental da Petrobras. RAEA - Relatório de Atualização do Estado da Arte. Petrobras.

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

CHU, W.; CHAN, K.H. 2000. The Prediction of Partitioning Coefficients for Chemicals Causing Environmental Concern. *Science of the Total Environment* 248, 1-10.

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

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

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

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

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

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

LODI, L., DOMIT, C., LAPORTA, P., TULLIO, J. C. D., MARTINS, C. C. A., VERMEULEN, E. 2016. Report of the Working Group on the Distribution of *Tursiops truncatus* in the Southwest Atlantic Ocean. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 11(1–2), 29–46. DOI: 10.5597/lajam00214

MARCOVALDI, M. Â., SALES, G., THOMÉ, J. C. A., SILVA, A. C. C. D. DA, GALLO, B. M. G., LIMA, E. H. S. M., ... BELLINI, C. 2006. Sea Turtles and Fishery Interactions in Brazil: Identifying and Mitigating Potential Conflicts. *Marine Turtle Newsletter*, 112, 4–8.

MATANO, R. P.; PALMA, E. D.; PIOLA, A. R. 2010. The influence of the Brazil and Malvinas Currents on the Southwestern Atlantic Shelf circulation. *Ocean Science*, 6(4), 983–995. DOI: 10.5194/os-6-983-2010

MCCLELLAN, C. M.; BRERETON, T.; DELL'AMICO, F.; JOHNS, D. G.; CUCKNELL, A.-C.; PATRICK, S. C.; ... GODLEY, B. J. 2014. Understanding the Distribution of Marine Megafauna in the English Channel Region: Identifying Key Habitats for Conservation within the Busiest Seaway on Earth. *PLOS ONE*, 9(2), e89720. DOI: 10.1371/journal.pone.0089720

MOORE, M. J., MITCHELL, G. H., ROWLES, T. K., EARLY, G. 2020. Dead Cetacean? Beach, Bloat, Float, Sink. *Frontiers in Marine Science*, 7. DOI: 10.3389/fmars.2020.00333

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.

OLIVEIRA, A.D., KOLESNIKOVA, 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

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. 2022. 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.

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.

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

ROCHA-CAMPOS, C. C.; DANILEWICZ, D. S.; SICILIANO, S.; DI BENEDITTO, A. P. M. (Eds.). 2010. Toninha *Pontoporia blainvillei*: plano de ação nacional para a conservação do pequeno cetáceo. Brasília: ICMBio-Instituto Chico Mendes, MMA.

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

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

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

USEPA, 1993. Provisional guidance for quantitative risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons. EPA-600/R-93-089. Washington, D.C., U.S. Environmental Protection Agency: Office of Research and Development.

USEPA, 1995. Risk Assessment Handbook: Human Health Evaluation. Manual Nº 200-1-4: Washington, DC.

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.

VENKATESAN, M.I., 1988. The occurrence and possible sources of perylene in marine sediments —a review. *Mar. Chem.* 25, 1–27.

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

WAKEHAM, S.G., SCHAFFNER, C., GIGER, W. 1980. Polycyclic aromatic hydrocarbons in Recent lake sediments - II. Compounds derived from biogenic precursors during early diagenesis: *Geochimica et Cosmochimica Acta* 44, 415-429.

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)

6.1 INTRODUÇÃO

Para o licenciamento ambiental da produção e escoamento de petróleo e gás natural do polo pré-sal da Bacia de Santos foi requerido pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) (Termo de Referência CGPEG/DILIC/IBAMA No 002/13 - “Termo de referência para elaboração do Estudo de Impacto Ambiental e Respectivo Relatório de Impacto Ambiental - EIA/RIMA para a Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos – Etapa 2” e nos Pareceres Técnicos No 122/2014 e 343/2014) um monitoramento que compreendesse a análise de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) em tecidos hepático (TCH) e adiposo (TCA) em amostras obtidas de carcaças em código 2 de tetrápodes marinhos (aves, tartarugas e mamíferos marinhos) encontradas nas praias da Bacia de Santos (Projeto de Monitoramento de Praias da Bacia de Santos – PMP-BS). Este monitoramento visa avaliar a influência e a existência de relação de nexo causal entre as concentrações dos HPA obtidas nos tetrápodes marinhos com as atividades de E&P da PETROBRAS na Bacia de Santos.

Os HPA constituem uma classe de compostos orgânicos semivoláteis com pelo menos dois anéis benzênicos condensados, podendo apresentar ramificações de cadeias alifáticas (alquil-HPA). Os HPA são amplamente distribuídos no ambiente e são encontrados em todos os compartimentos: atmosfera, água, sedimentos e biota. As propriedades físico-químicas destes compostos e os processos de distribuição e transformação, como evaporação, dissolução, sedimentação, foto-oxidação e biodegradação, determinam o destino dos HPA no ambiente (NEFF, 2002; STOUT et al., 2002; STOUT e WANG, 2007).

O número e posição dos anéis aromáticos afetam as propriedades físicas e químicas dos HPA, seu comportamento ambiental e suas interações com a biota (UNEP/IOC/IAEA, 1992). Em geral suas características físico-

químicas incluem altos pontos de fusão e ebulição, baixa pressão de vapor e baixa solubilidade em água. Além disso são hidrofóbicos e lipofílicos (SKUPINSKA et al., 2004; BJORSETH, 1983). A característica hidrofóbica dos HPA faz com que eles apresentem alta afinidade por frações orgânicas e, por isso, os HPA tendem a se adsorver ao material orgânico particulado e se acumular nos sedimentos (MCELROY et al., 1989).

Quando liberados no ambiente marinho, uma parte dos HPA é evaporada, uma parte é solubilizada na água do mar e outra parte tende a se adsorver rapidamente a materiais suspensos e sedimentos. A absorção dos HPA pelos organismos marinhos ocorre principalmente pela fração solúvel e particulada através do contato com as brânquias e ou então através da dieta. Porém a absorção dos HPA depende da sua biodisponibilidade e da fisiologia dos organismos envolvidos (MEADOR et al., 1995). Nos vertebrados, a maioria dos HPA absorvidos é eficientemente biotransformada por enzimas que aumentam sua solubilidade em água permitindo a sua excreção, enquanto nos invertebrados a capacidade metabólica é inferior (JONSSON et al., 2004; MEADOR et al., 1995). Deste modo, os HPA são mais facilmente metabolizados por vertebrados do que por invertebrados e, por essa razão, e em contraste com os POP, os HPA não são biomagnificados nas cadeias alimentares marinhas (HYLLAND, 2006).

Diversos HPA são classificados como tóxicos, sendo que alguns deles apresentam propriedades mutagênicas e carcinogênicas (NEFF, 1979). Consequentemente, a avaliação desses HPA tem sido incorporada em programas de monitoramento de agências ambientais (USEPA, 1993; USEPA, 1995; WEBSTER et al., 2017).

Os HPA podem ser formados através de diferentes processos e são classificados de acordo com sua origem (YUNKER et al., 2002). Os HPA podem ser sintetizados por algumas bactérias, plantas ou fungos (BAKHTIARI et al., 2010; WILCKE et al., 2003) e ainda podem ser formados a partir de reações diagenéticas que envolvem a transformação recente da matéria orgânica (VENKATESAN, 1988; WAKEHAM et al., 1980). Acredita-se, entretanto, que as atividades antropogênicas são as maiores responsáveis pela liberação de HPA no ambiente marinho (MCELROY et al., 1989).

Os HPA antropogênicos presentes no ambiente marinho são provenientes principalmente de introdução direta de petróleo e derivados ou da queima incompleta de combustíveis fósseis (NRC, 2003). As diferentes fontes contêm, em geral, os mesmos compostos. As diferenças relativas entre alguns desses compostos podem ser usadas como forma de identificação da sua origem (YUNKER et al., 2002). Vale ressaltar que as razões diagnósticas para identificação de fontes de HPA (petrogênica, pirolítica ou biogênica) estão bem estabelecidas para sedimentos. Há também alguns poucos trabalhos em que são realizadas as avaliações da origem dos HPA em organismos como bivalves e peixes. Contudo, a revisão da literatura mostrou que a utilização das razões diagnósticas de HPA é muito incipiente para os trabalhos realizados com tetrápodes marinhos. Wan et al. (2007) descreve que a diluição dos HPA ao longo da teia trófica é resultado da combinação da baixa capacidade de assimilação de HPA e alta capacidade de metabolização desses compostos por organismos em posição superior na teia trófica. Broman et al. (1990) cita que o fluxo de HPA através da teia trófica não resulta no aumento na concentração de HPA com a elevação na teia trófica, o que indica que os HPA são transformados rapidamente. Takeuchi et al. (2009) descreve que, ao contrário dos PCB, cuja concentração aumenta com o aumento do $\delta^{15}\text{N}$, ou seja, com o aumento na posição no nível trófico, todos os HPA e alquilfenóis seguiram tendência reversa. Dessa forma, uma vez que esses animais possuem uma alta capacidade de metabolização dos HPA, as proporções entre os HPA individuais se alteram rapidamente, o que dificulta o estabelecimento de um índice ou razão diagnóstica para a avaliação da contaminação por petróleo.

6.2 OBJETIVO

O objetivo deste capítulo é apresentar e discutir os resultados de HPA das amostras analisadas de outubro de 2017 a fevereiro de 2023, provenientes do PMP-BS.

6.3 MÉTODO ANALÍTICO

6.3.1 Determinação de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos

Para os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos foram considerados nesse trabalho os 16 HPA prioritários segundo a Agência de Proteção Ambiental Norte Americana (USEPA) (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), os compostos dibenzotiofeno, perileno e benzo(e)pireno, além dos seguintes HPA alquilados: C1- a C4- naftalenos, C1- a C3- fluorenos, C1- a C3- dibenzotiofenos, C1- a C4- fenantrenos-antracenos, C1- e C2- fluorantenos-pirenos, e C1- e C2- crisenos.

Os procedimentos analíticos seguiram as recomendações das normas da Agência de Proteção Ambiental Americana - USEPA 3540C (extração), USEPA 3610, USEPA 3630 e USEPA 3640 (purificação) e USEPA 8270E e USEPA 8081B (quantificação), com algumas adaptações baseadas no documento da Administração Americana para o Oceano e Atmosfera (NOAA) descrito em Wade e Cantillo (1994) e em literatura recente (LAVANDIER et al., 2016; BALDASSIM et al., 2016; MONTONE et al., 2016; MÉNDEZ-FERNANDEZ et al., 2016; TANIGUCHI et al., 2016; COLABUONO et al., 2016; COLABUONO et al., 2014; MAGALHÃES et al., 2017; LOURENÇO et al., 2019).

Materiais

Todo material utilizado, vidraria, pinças, lâminas etc., foi imerso em solução com detergente alcalino, Extran®, durante 24 horas, enxaguado, rinsado com água deionizada, seco em estufa ou em temperatura ambiente no caso de materiais volumétricos. Após seco, todo o material foi descontaminado com diclorometano e n-hexano antes da utilização. De forma alternativa, quando as características do material permitiram, o material foi calcinado a 400°C durante 4 horas.

Agentes secantes e adsorventes como sulfato de sódio (J. T. Baker, EUA), sílica e alumina (Merck, Alemanha) foram calcinados a 400°C antes de serem utilizados. Os solventes utilizados, n-hexano e diclorometano (J. T. Baker, EUA) foram de pureza grau-pesticida. A água utilizada para desativar a sílica e a alumina foi deionizada e posteriormente extraída três vezes com n-hexano.

Determinação do teor de umidade

A determinação do teor de umidade foi realizada por gravimetria. Para tanto entre 0,3 e 0,5 g de cada uma das amostras de tecido foi transferido para um frasco de vidro previamente pesado em balança analítica e mantido em estufa aberta (30°C) até verificação de peso constante. Com a diferença entre a massa úmida e a massa seca foi calculado o teor de umidade em porcentagem.

Extração

A extração dos tecidos dos organismos foi baseada no método USEPA 3540C. Utilizou-se 0,25 g de amostra de tecido úmido previamente triturado e homogeneizado, que foi macerado com 10 g de sulfato de sódio anidro. Foi adicionado o padrão sub-rogado p-terfenil-d₁₄ (500 ng) para os HPA. Procedeu-se a extração em Soxhlet por 8 horas com n-hexano e diclorometano (1:1 v:v). Os extratos foram concentrados para 1 mL em evaporador rotativo com pressão reduzida ou em evaporador TuboVap®II (Biotage), de onde se retirou 0,1 mL para determinação do teor lipídico por gravimetria.

Determinação do teor lipídico

Para a determinação do teor lipídico foi separado 0,1 mL dos extratos orgânicos concentrados, conforme citado. Este volume foi transferido 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; MAGALHÃES et al., 2017; LOURENÇO et al., 2019).

Purificação

Para a etapa de purificação dos extratos orgânicos contendo os HPA foi seguida a metodologia adaptada dos protocolos USEPA 3610, USEPA 3630 e USEPA 3640. Os 0,9 mL restantes de cada um dos extratos foram eluídos com 80 mL de mistura n-hexano e diclorometano (1:1, v:v) através de coluna de vidro (25 cm de altura x 1,5 cm de diâmetro interno) contendo 8 gramas de sílica gel sobre 16 gramas de alumina e 1 grama de sulfato de sódio no topo. A sílica e a alumina foram previamente desativadas 5% com água (água deionizada e extraída com n-hexano). O eluato foi então concentrado para 1,0 mL e injetado no cromatógrafo a líquido de alta eficiência (CLAE) da Agilent (1260 Infinity II) acoplado a um detector de comprimento de onda variável (Agilent 1260 VWD) equipado com uma pré-coluna (Phenogel Guard 10 µm, 50 x 7,8 mm, Phenomenex, EUA) conectada em série com duas colunas de exclusão por tamanho (Phenogel 10 µm, 100 Å, 22,5 x 250 mm, Phenomenex, EUA). Diclorometano com um fluxo de 5 mL min⁻¹ foi utilizado para a eluição dos compostos. Para o monitoramento da eluição dos HPA nas colunas foi utilizado o detector UV/visível em 254 nm. A fração de 0 a 30 min foi descartada e coletada a fração contendo os HPA entre 30 e 40 min.

Os extratos contendo os HPA foram concentrados e foram adicionados os padrões internos para os HPA (naftaleno-d₈, acenafteno-d₁₀, fenantreno-d₁₀, criseno-d₁₂ e perileno-d₁₂, concentração final de 500 ng mL⁻¹ de cada), totalizando o volume de 900 µL.

Quantificação

A análise e a quantificação dos HPA foram realizadas utilizando cromatografia gasosa acoplada a espectrômetro de massas (CG-EM Agilent Technologies 6890/5973N) operando em modo de monitoramento seletivo de íons (SIM), seguindo o disposto no protocolo USEPA 8270E.

Para os HPA, a temperatura no injetor e na interface foi programada em 280°C e a temperatura na fonte de íons foi programada em 300°C. O injetor foi equipado com septo Merlin Microseal® (Merlin Instrument Company, USA). Foi utilizada uma coluna cromatográfica HP-5MS (Agilent J&W GC Columns) com 30 metros de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e 0,25 µm de

espessura de filme de 5% fenilmetilsiloxana. A programação do forno teve início em 40°C mantidos por 2 min, então a temperatura foi aumentada nas taxas de 25°C min⁻¹ até 100°C, de 5°C min⁻¹ até 230°C, e de 2°C min⁻¹ até 270°C, onde permaneceu por 5 minutos e, por fim, na taxa de 5°C min⁻¹ até 300°C.

Para os HPA, o equipamento foi calibrado utilizando uma curva de calibração no limite inferior de sensibilidade, abrangendo a faixa de concentração entre 2,5 ng mL⁻¹ e 500 ng mL⁻¹ (2,5 ng mL⁻¹, 5,0 ng mL⁻¹, 25 ng mL⁻¹, 50 ng mL⁻¹, 250 ng mL⁻¹ e 500 ng mL⁻¹) contendo os 16 HPA prioritários controlados pelo método, além do dibenzotiofeno, benzo(e)pireno e perileno. A equação de reta da curva de calibração de cada um dos compostos apresentou coeficiente de determinação (R^2) superior a 0,99. A quantificação foi baseada na padronização interna. Os HPA alquilados foram determinados utilizando-se a curva de calibração do homólogo não alquilado. Os limites de detecção do método (LD) foram definidos como 3 vezes o desvio padrão (DP) da quantificação de 7 replicatas de uma amostra ($LD = 3 \times DP$) (WADE e CANTILLO, 1994). O limite de quantificação do método (LQ) foi definido pelo primeiro ponto da curva de calibração. LD e LQ para cada composto foram calculados em relação à massa extraída.

Controle de Qualidade

Para o controle de qualidade das análises, juntamente com cada batelada de extração de 20 amostras, em média, foram analisados um branco (sulfato de sódio), um branco e uma amostra fortificados, ou seja, acrescidos dos compostos de interesse, HPA 50 ng g⁻¹, peso úmido. Foram realizadas também, periodicamente, as análises de materiais de referência para HPA (NIST, SRM 2974a, *Organics in Freeze-Dried Mussel Tissue - Mytilus edulis*)

Foram considerados válidos os resultados das amostras em que a recuperação dos padrões sub-rogados e a recuperação dos compostos adicionadas aos brancos e às amostras fortificadas estiveram entre 45 e 120%. As amostras cujas recuperações dos compostos estiveram fora dessa faixa foram reanalisadas. A análise dos materiais de referência tem demonstrado a precisão e exatidão do método analítico empregado.

6.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

São apresentados a seguir os resultados das análises de HPA em tecido hepático e tecido adiposo de tetrápodes marinhos (aves, tartarugas e mamíferos) cujas necropsias ocorreram entre setembro de 2015 e dezembro de 2022. Todos os resultados estão apresentados em ng g⁻¹ de peso úmido.

Os detalhes dos resultados das análises de HPA nas amostras do PMP-BS para mamíferos marinhos, aves e tartarugas são descritos nos itens a seguir.

6.4.1 Aves

Foram analisadas 2208 amostras de tecidos de aves marinhas, sendo 1936 amostras de tecido hepático e 272 amostras de tecido adiposo que foram obtidas de 1992 indivíduos de 36 espécies, 770 machos e 1203 fêmeas, além de 19 indivíduos com o sexo indefinido. No Apêndice 6 são apresentados de forma detalhada os dados de cada indivíduo analisado e os resultados de HPA encontrados nessas amostras. Esses dados são discutidos a seguir.

Na **Tabela 6.4-1** é apresentado o resumo da incidência de quantificação de HPA nas amostras de tecido de aves.

Tabela 6.4-1. Resumo da incidência de quantificação de HPA em aves.

Aves	Total	Com HPA	% Quantificação de HPA
nº de Indivíduos	1992	519	26
nº de Amostras	2208	546	25
nº de amostras de TCH	1936	447	23
nº de amostras de TCA	272	99	36
nº de Machos	770	232	30
nº de Fêmeas	1203	284	24
Indefinido	19	3	16

Considerando o número de indivíduos em que houve quantificação de HPA em pelo menos um dos tecidos, foram quantificados HPA em 519 animais de 23 espécies que serão descritas a seguir, o que representa 26% dos 1992 animais analisados.

Os HPA foram quantificados em 546 amostras, ou 25% do total analisado, 447 destas amostras foram de tecido hepático (23% do total de amostras de tecido hepático analisado) e 99 de tecido adiposo (36% do total de amostras de tecido adiposo analisado).

As concentrações totais de HPA nas amostras de tecido hepático variaram, em peso úmido, entre <LD e 8179 ng g⁻¹, enquanto nas amostras de tecido adiposo as concentrações totais de HPA variaram entre <LD e 237 ng g⁻¹.

Destas 546 amostras onde os HPA foram quantificados, 356 amostras (ou 65%) apresentaram o naftaleno como o único composto quantificado. Com algumas poucas exceções, nas amostras em que foram quantificados HPA, as concentrações totais de HPA foram inferiores a 200 ng g⁻¹ pu, que podem ser consideradas relativamente baixas, considerando-se as concentrações de HPA descritas para aves nas revisões bibliográficas realizadas por Sanseverino e Meniconi (2015) e por Bícigo et al. (2018), onde foram reportadas concentrações de HPA totais (somatório de 42 HPA) de até 6861 ng g⁻¹ (pu) nos tecidos adiposo e de 1350 ng g⁻¹ (pu) (somatório de 22 HPA) de aves. Na **Tabela 6.4-2** são apresentados os intervalos das concentrações de HPA nos tecidos de cada espécie.

Tabela 6.4-2. Intervalos de concentração de HPA nas amostras de aves marinhas. Concentrações em peso úmido (ng g⁻¹).

Espécie / Intervalo de concentração	nº de indivíduos	nº de amostras	nº de amostras de TCH	nº de amostras de TCA	nº de amostras de TCH com HPA	nº de amostras de TCA com HPA	ΣHPA em TCH (ng g ⁻¹)	ΣHPA em TCA (ng g ⁻¹)	ΣHPA leves em TCH (ng g ⁻¹)	ΣHPA leves em TCA (ng g ⁻¹)	ΣHPA pesados em TCH (ng g ⁻¹)	ΣHPA pesados em TCA (ng g ⁻¹)	Naftaleno em TCH* (%)	Naftaleno em TCA* (%)
<i>Calidris alba</i>	1	1	1	0	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
<i>Calonectris diomedea</i>	16	16	16	0	5	0	<LD -56,7	<LD	<LD -56,7	<LD	<LD -14	<LD	30-100	<LD
<i>Calonectris diomedea borealis</i>	33	33	33	0	7	0	<LD -62,3	<LD	<LD -62,3	<LD	<LD -43	<LD	54-100	<LD
<i>Calonectris edwardsii</i>	1	1	1	0	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
<i>Charadrius collaris</i>	1	1	1	0	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
<i>Charadrius semipalmatus</i>	2	2	2	0	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
<i>Daption capense</i>	1	1	1	0	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
<i>Fregata magnificens</i>	72	95	68	27	12	8	<LD -177,7	<LD -82,7	<LD -177,7	<LD -82,7	<LD -14,7	<LD	52-100	32-100
<i>Fulmarus glacialis</i>	1	1	1	0	1	0	<LD -17,8	<LD	<LD -17,8	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
<i>Haematopus palliatus</i>	4	6	4	2	1	0	<LD -88,3	<LD	<LD -28,4	<LD	<LD -59,9	<LD	32-32	<LD
<i>Halobaena caerulea</i>	1	1	1	0	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
<i>Himantopus melanurus</i>	3	5	3	2	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
<i>Larus dominicanus</i>	251	297	249	48	82	19	<LD -2617	<LD -214,1	<LD -2364,2	<LD -214,1	<LD -298,9	<LD	3-100	48-100
<i>Macronectes giganteus</i>	3	3	3	0	1	0	<LD -26,8	<LD	<LD -26,8	<LD	<LD	<LD	100	<LD
<i>Oceanites oceanicus</i>	5	5	5	0	3	0	<LD -30,4	<LD	<LD -30,4	<LD	<LD	<LD	100	<LD
<i>Pachyptila desolata</i>	4	4	4	0	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	106	116	102	14	27	6	<LD -701,6	<LD -139,8	<LD -701,6	<LD -139,8	<LD -9	<LD	38-100	100
<i>Phimosus infuscatus</i>	2	3	2	1	0	1	<LD	<LD -18,2	<LD	<LD -18,2	<LD	<LD	<LD	100
<i>Procellaria aequinoctialis</i>	31	31	28	3	5	1	<LD -68,7	<LD -158,8	<LD -68,7	<LD -158,8	<LD -13,8	<LD	60-100	10-10
<i>Pterodroma incerta</i>	3	3	3	0	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
<i>Pterodroma mollis</i>	7	7	7	0	1	0	<LD -22	<LD	<LD	<LD	<LD -22	<LD	<LD	<LD
<i>Puffinus gravis</i>	23	23	22	1	5	0	<LD -1726,9	<LD	<LD -858,9	<LD	<LD -868	<LD	2-100	<LD
<i>Puffinus griseus</i>	3	3	3	0	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
<i>Puffinus puffinus</i>	255	255	253	2	69	0	<LD -595,5	<LD	<LD -521	<LD	<LD -74,5	<LD	6-100	<LD
<i>Rynchops niger</i>	2	2	2	0	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
<i>Spheniscus magellanicus</i>	920	1012	891	121	178	43	<LD -436,3	<LD -153,2	<LD -366,3	<LD -105,6	<LD -399,6	<LD -124,6	6-100	19-100
<i>Stercorarius antarcticus</i>	1	1	1	0	1	0	<LD -12,7	<LD	<LD -12,7	<LD	<LD	<LD	100	<LD
<i>Stercorarius parasiticus</i>	2	2	2	0	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
<i>Sterna hirundinacea</i>	25	27	25	2	5	1	<LD -255,9	<LD -20,6	<LD -224	<LD -20,6	<LD -31,9	<LD	58-100	100
<i>Sterna hirundo</i>	10	10	10	0	2	0	<LD -40,7	<LD	<LD -40,7	<LD	<LD	<LD	100	<LD
<i>Sterna trudeaui</i>	2	2	2	0	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
<i>Sula leucogaster</i>	160	196	151	45	32	19	<LD -8179,4	<LD -237,3	<LD -6665	<LD -224,4	<LD -1514,3	<LD -70,3	54-100	12-100
<i>Thalassarche chlororhynchus</i>	5	5	5	0	2	0	<LD -70,3	<LD	<LD -70,3	<LD	<LD	<LD	100	<LD
<i>Thalassarche melanophrys</i>	17	17	16	1	5	0	<LD -105,8	<LD	<LD -105,8	<LD	<LD	<LD	100	<LD
<i>Thalasseus acutiflavus</i>	16	17	15	2	3	0	<LD -238,9	<LD	<LD -212,3	<LD	<LD -26,5	<LD	65-100	<LD
<i>Thalasseus maximus</i>	3	4	3	1	0	1	<LD	<LD -25,3	<LD	<LD -25,3	<LD	<LD	<LD	100

* Considerando apenas as amostras onde os HPA foram quantificados

LD = 0,6 ng g⁻¹

HPA Leves: 2 e 3 anéis aromáticos

HPA Pesados: 4 a 6 anéis aromáticos

Apesar do n amostral para a maioria das espécies de aves analisadas ser baixo, apenas 10 espécies com n amostral superior a 20 (*Calonectris diomedea borealis*, n=33; *Fregata magnificens*, n=72; *Larus dominicanus*, n=251; *Phalacrocorax brasilianus*, n=106; *Procellaria aequinoctialis*, n=31; *Puffinus gravis*, n=23; *Puffinus puffinus*, n=255; *Spheniscus magellanicus*, n=920; *Sterna hirundinacea*, n=25; *Sula leucogaster*, n=160), algumas considerações podem ser feitas.

As concentrações encontradas nas amostras são similares, para cada espécie, entre os diferentes trechos de praia monitorados pelo PMP-BS, de forma que não houve uma correlação significativa entre o local de coleta e a concentração de HPA.

A incidência de quantificação de HPA em aves nos diferentes locais de encalhe dos animais é apresentada na **Tabela 6.4-3** e **Figura 6.4-1**. Na **Figura 6.4-1** é apresentada também a incidência de indivíduos com HPA em cada um dos tecidos analisados, hepático (**Figura 6.4-1 B**) e adiposo (**Figura 6.4-1 C**).

Tabela 6.4-3. Incidência de HPA em indivíduos aves por trecho de coleta.

Trecho	Número de indivíduos	Número de indivíduos com HPA	% de indivíduos com HPA
15	126	27	21
14	8	2	25
13	125	29	23
12	15	3	20
11	7	4	57
10	92	26	28
09	53	12	23
08	198	39	20
07	220	64	29
06	245	77	31
05	182	62	34
04	119	35	29
03	325	82	25
02	177	42	24
01	100	15	15
Total	1992	519	26

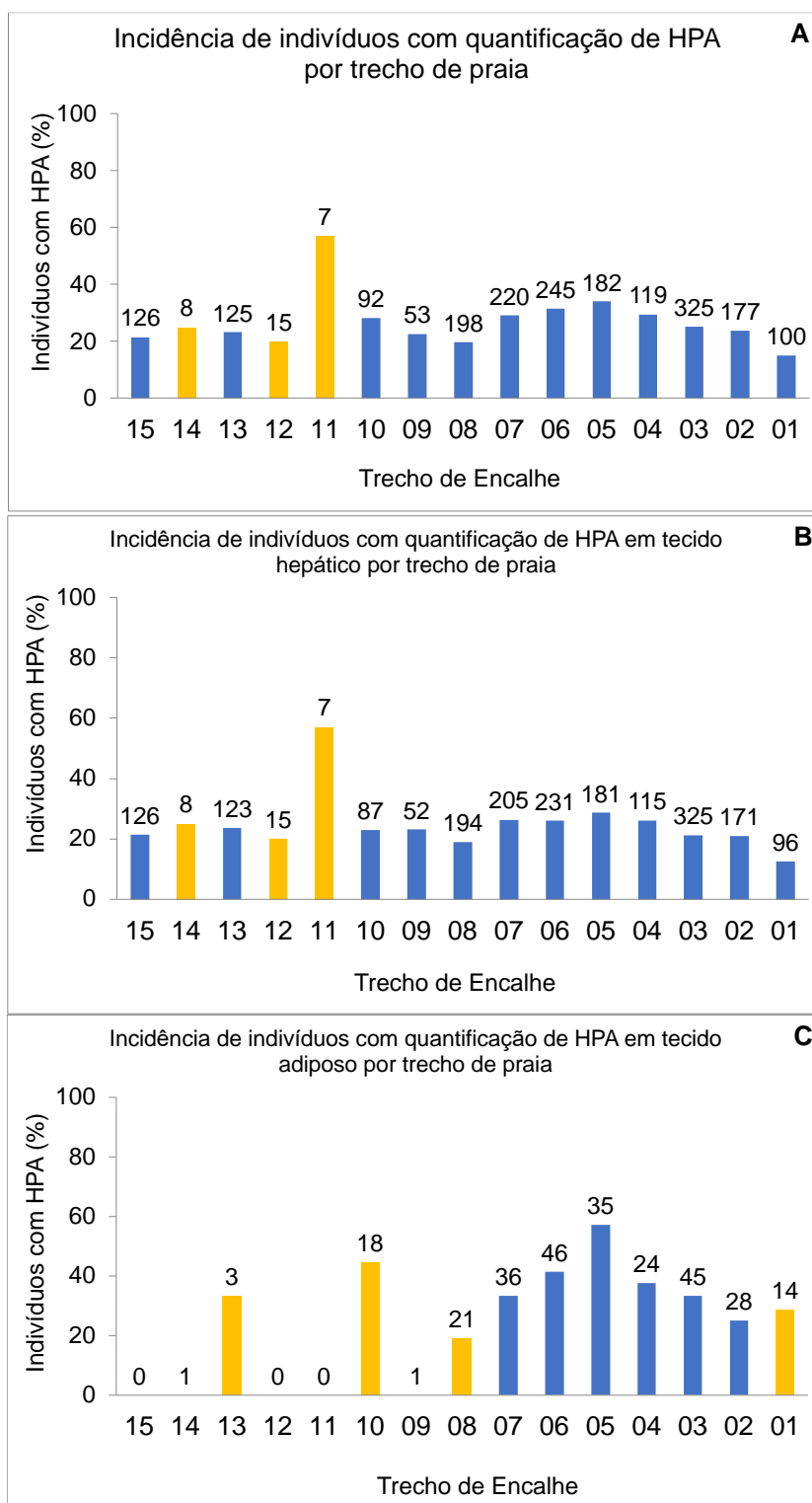


Figura 6.4-1. Incidência (%) de indivíduos (aves) com quantificação de HPA em: (A) pelo menos um dos tecidos por trecho de praia, (B) no tecido hepático por trecho de praia, (C) no tecido adiposo por trecho de praia. Os números sobre as barras representam o número total de indivíduos de cada trecho com tecido biológico analisado. Os trechos com n amostral inferior a 20 estão destacados em amarelo.

A análise da incidência de HPA por espécie requer ressalvas pois, das 36 espécies de aves com tecidos analisados, a maioria tem n amostral baixo, inferior a 20. Considerando as 10 espécies com n amostral igual ou superior a 20, as maiores incidências de HPA em pelo menos um dos tecidos foram observadas nas espécies *Larus dominicanus*, 37% dos indivíduos com quantificação de HPA (94 dos 251 indivíduos analisados), seguida por *Sula leucogaster*, 29% (HPA em 47 dos 160 indivíduos), *Phalacrocorax brasilianus*, 28% (HPA quantificados em 30 dos 106 indivíduos), *Puffinus puffinus*, 27% (HPA em 69 dos 255 indivíduos analisados), *Fregata magnificens* e *Sterna hirundinacea*, 24% (HPA em 17 dos 72 e em 6 dos 25 indivíduos analisados, respectivamente), *Spheniscus magellanicus*, 23% (HPA em 211 dos 920 indivíduos analisados), *Puffinus gravis* 22% (HPA em 5 dos 23 indivíduos analisados), *Calonectris diomedea borealis* 21% (HPA em 7 dos 33 indivíduos analisados) e *Procellaria aequinoctialis* 19% (HPA em 6 dos 31, indivíduos analisados). A incidência de HPA considerando-se os indivíduos por espécies é apresentada na **Figura 6.4-2 A**. A incidência de quantificação de HPA com relação ao total de amostras, isto é, quando são considerados os tecidos, adiposo e hepático, segue o padrão de distribuição por espécie (**Figura 6.4-2 B**) semelhante ao observado para quando considerada a incidência de quantificação de HPA para o total de indivíduos (**Figura 6.4-2 A**).

Em relação aos estágios de desenvolvimento, não se observou distinção de incidência de HPA entre os diferentes estágios, filhote, juvenil e adulto (Figura 6.4-3 A). Em média, houve quantificação de HPA em 26% dos indivíduos juvenis ou adultos. Para os filhotes, foram analisadas apenas 5 amostras, com quantificação de HPA em apenas uma delas. Também não houve diferenciação quando se avaliou o estágio de desenvolvimento (juvenis e adultos) em relação ao tecido analisado (**Figura 6.4-3 B e C**).

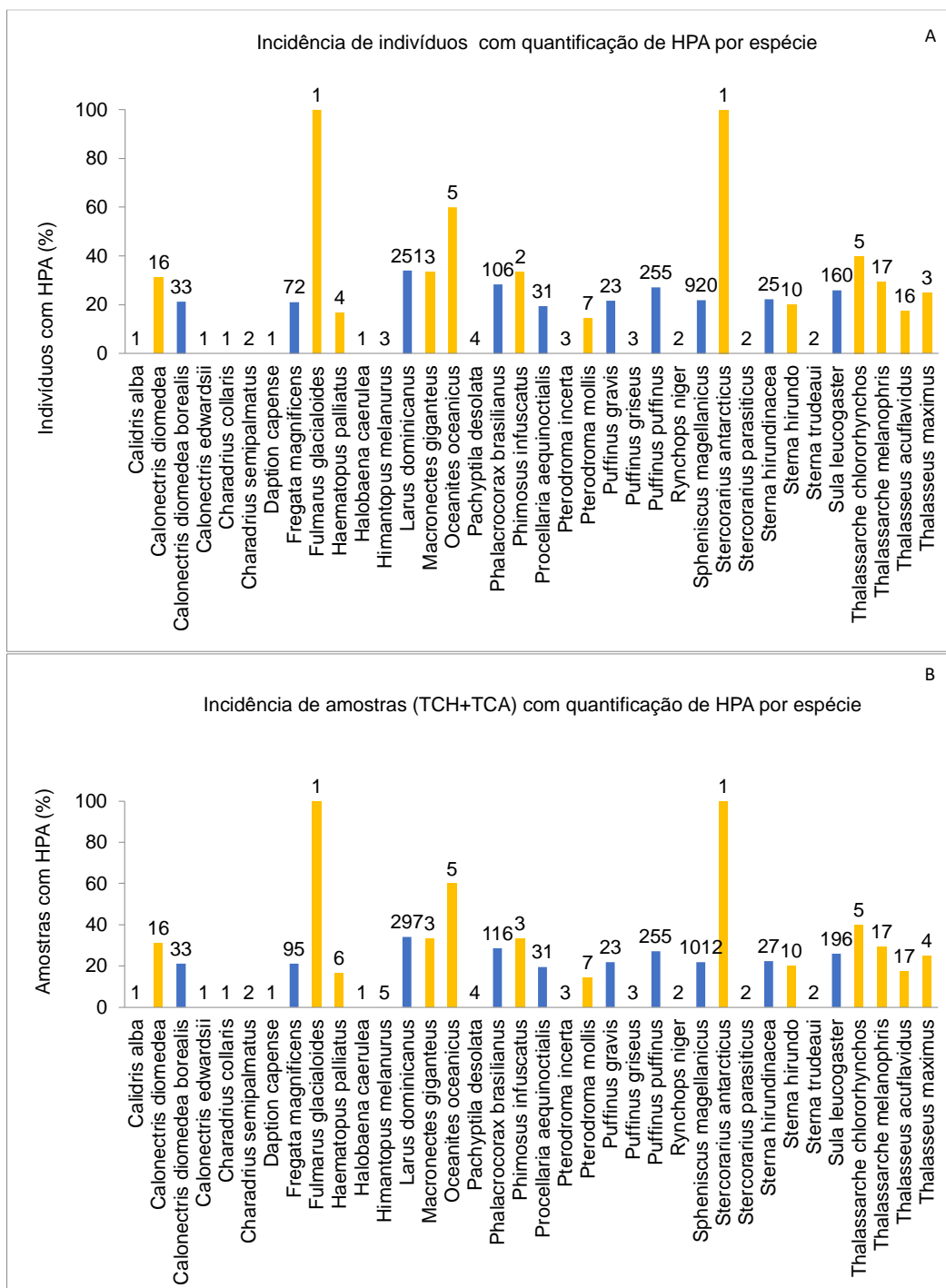


Figura 6.4-2. (A) Incidência (%) de indivíduos (aves) com quantificação de HPA em pelo menos um dos tecidos por espécie. (B) incidência (%) de amostras (tecido hepático + tecido adiposo) com quantificação de HPA por espécie. Os números sobre as barras representam o número total de (A) indivíduos e (B) amostras, de cada espécie. As espécies com n amostral inferior a 20 estão destacadas em amarelo.

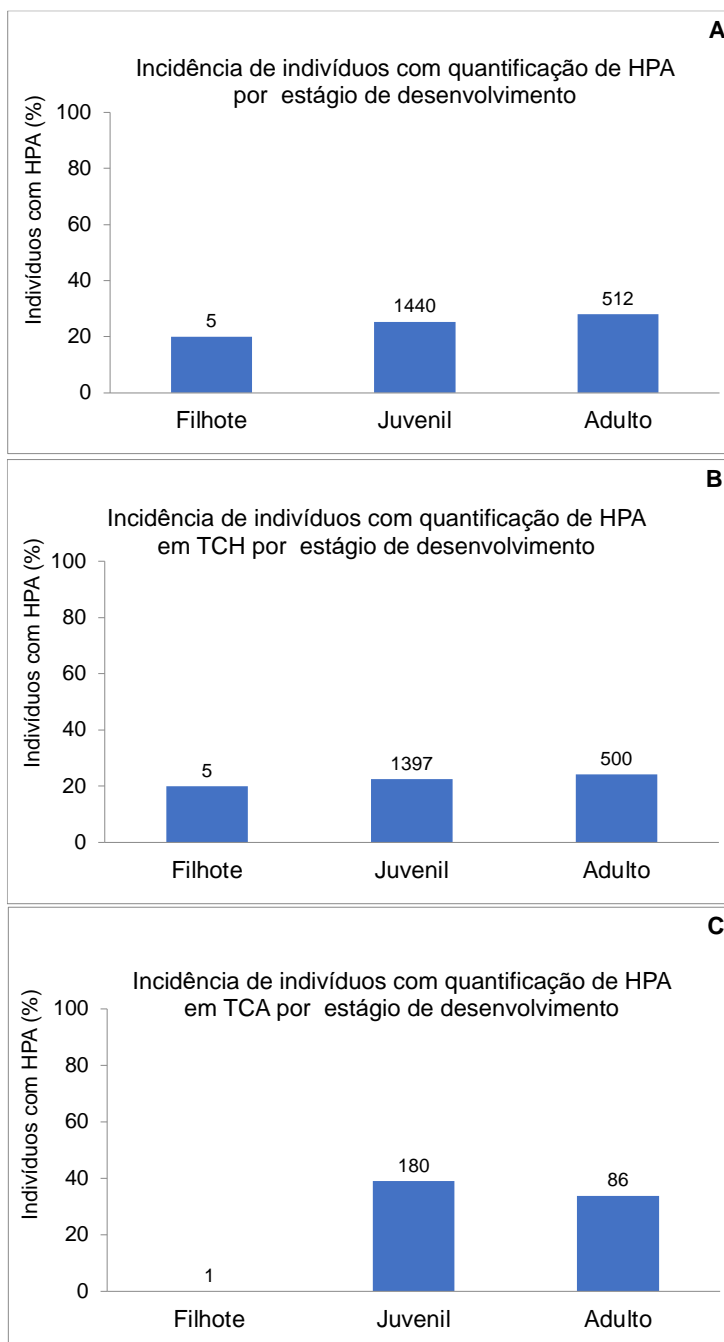


Figura 6.4-3. Incidência (%) de indivíduos (aves) com quantificação de HPA em: (A) pelo menos um dos tecidos por estágio de desenvolvimento, (B) no tecido hepático por estágio de desenvolvimento, (C) no tecido adiposo por estágio de desenvolvimento. Os números sobre as barras representam o número total de indivíduos em cada estágio. A figura não contempla 35 indivíduos cujos estágios de desenvolvimento não foram determinados.

Considerando o sexo dos indivíduos, em 30% dos indivíduos machos foram quantificados HPA em pelo menos um dos tecidos, contra 24% nas fêmeas, sugerindo uma maior acumulação de HPA em indivíduos machos. Se

forem consideradas apenas as amostras em que houve quantificação de HPA, as concentrações, em peso úmido, são semelhantes entre os sexos, a média e a mediana das concentrações nos machos são 103 ng g⁻¹ e 29 ng g⁻¹, respectivamente, com desvio padrão de ± 535 ng g⁻¹, nas fêmeas a média e a mediana das concentrações são 55 ng g⁻¹ e 27 ng g⁻¹, respectivamente, com desvio padrão de ± 161 ng g⁻¹.

Apesar da maior incidência de HPA no tecido adiposo das aves (36%) em relação ao tecido hepático (23%), não é possível inferir uma preferência de acumulação de HPA em um ou outro tecido, uma vez que na maior parte das amostras as concentrações foram inferiores ao limite de detecção do método analítico e, quando houve quantificação de HPA em ambos os tecidos do mesmo indivíduo, as concentrações foram semelhantes. Considerando apenas as amostras em que houve quantificação, as concentrações são similares. No tecido hepático a média e a mediana, em peso úmido, das concentrações são 84 ng g⁻¹ e 29 ng g⁻¹, respectivamente, com desvio padrão de ± 416 ng g⁻¹. No tecido adiposo a média e a mediana, em peso úmido, das concentrações são 43 ng g⁻¹ e 26 ng g⁻¹, respectivamente, com desvio padrão de ± 43 ng g⁻¹.

O agrupamento das aves pelo escore corporal mostrou uma tendência de maior incidência de HPA em indivíduos com melhor escore corporal quando considerados os dois tecidos analisados (Ótimo>Bom>Magro>Caquético). Quando os tecidos são desagrupados, no tecido adiposo ocorre uma maior incidência de HPA nos animais com escore corporal magro, bom e ótimo do que nos de escore corporal caquético (**Figura 6.4-4**). As concentrações médias de HPA totais por escore corporal seguem tendência similar à da incidência (**Figura 6.4-5**), ou seja, indivíduos com melhor escore corporal, apresentam maiores concentrações médias de HPA. Pode-se aventar que a maior incidência e a maior concentração de HPA em animais com melhor escore corporal esteja relacionada com a capacidade de metabolização dos HPA pelas aves. Considerando que a principal via de absorção dos HPA seja a alimentação, a incidência e a concentração desses compostos tende a diminuir durante a fase de emagrecimento dos animais, dada sua capacidade de metabolizar e excretar esses compostos, fazendo com que quanto pior o escore corporal, menor a incidência e menor a concentração de HPA nos

organismos. Em contraste com os mamíferos, as aves não possuem camadas espessas de gordura, que as mantem durante a fase de emagrecimento. Além disso, a síntese de gordura nas aves é maior no tecido hepático e muito limitada no tecido adiposo (ZAEFARIAN et al., 2019).

A avaliação temporal da incidência de quantificação de HPA nas aves e das concentrações médias ao longo dos anos, considerando todas os indivíduos analisados, é apresentada na **Figura 6.4-6**. A maior incidência de quantificação de HPA ocorreu nas amostras extraídas de animais mortos no ano de 2018, quando foram quantificados HPA em 36% dos indivíduos analisados e, a menor incidência, em amostras de animais mortos no ano de 2017, com HPA quantificados em 17% dos indivíduos. Nas amostras extraídas de animais mortos em 2016 não foram quantificados HPA, contudo faz-se a ressalva de que foram coletados apenas 21 indivíduos nesse ano (**Figura 6.4-6**). As concentrações médias de HPA nas amostras das aves, considerando todas as amostras analisadas, é da ordem de $19 \pm 190 \text{ ng g}^{-1} \text{ pu}$. No ano de 2017 foi observada a maior concentração média de HPA nos tecidos, $67 \pm 620 \text{ ng g}^{-1} \text{ pu}$ e, em 2020, a menor concentração média, $8,7 \pm 29 \text{ ng g}^{-1} \text{ pu}$ (**Figura 6.4-6 B**).

Por fim, vale mencionar que foi observado a presença de óleo em 15 aves necropsiadas para a coleta de amostras para a análise de HPA. Destas, em apenas 3 indivíduos foram quantificados HPA. Os dados desses indivíduos são apresentados na **Tabela 6.4-4**. Nessas 3 amostras, apenas o naftaleno foi quantificado, em concentração variando entre 10,7 e 67,8 $\text{ng g}^{-1} \text{ pu}$.

Tabela 6.4-4. Detalhamento de aves oleadas com quantificação de HPA.

Espécie	Trecho de Coleta	ID SIMBA	Tecido	Ano de necropsia	Escore corporal	Sexo	Estágio de desenvolvimento	ΣHPA (ng g^{-1})	Naftaleno(%)
<i>Puffinus puffinus</i>	Trecho 06	32390	TCH	2017	Caquético	Fêmea	Adulto	67,8	100
<i>Puffinus puffinus</i>	Trecho 08	151254	TCH	2019	Magro	Fêmea	Juvenil	10,7	100
<i>Puffinus puffinus</i>	Trecho 09	157102	TCH	2019	Magro	Macho	Adulto	11,2	100

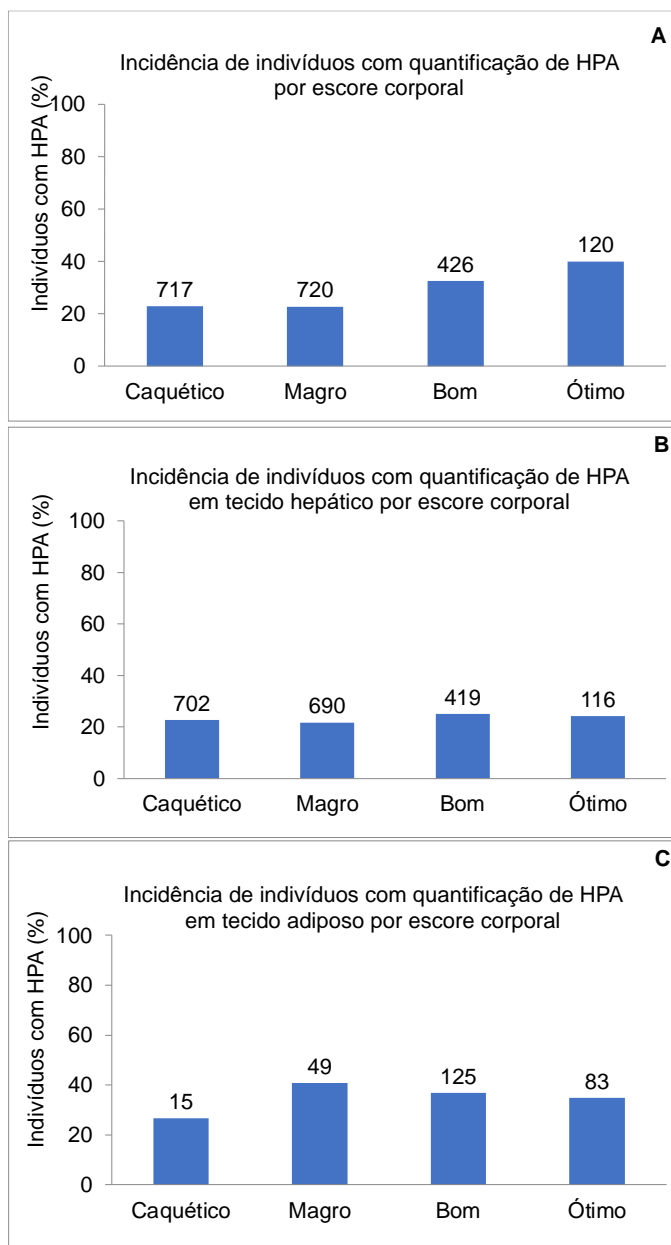


Figura 6.4-4. Incidência (%) de indivíduos (aves) com quantificação de HPA por: (A) escore corporal considerando ambos os tecidos, (B) escore corporal considerando apenas o tecido hepático, (C) escore corporal considerando apenas o tecido adiposo. Os números sobre as barras representam o número total de indivíduos de cada escore corporal com tecido biológico analisado. A figura não contempla 8 indivíduos cujos escores corporais não foram determinados.

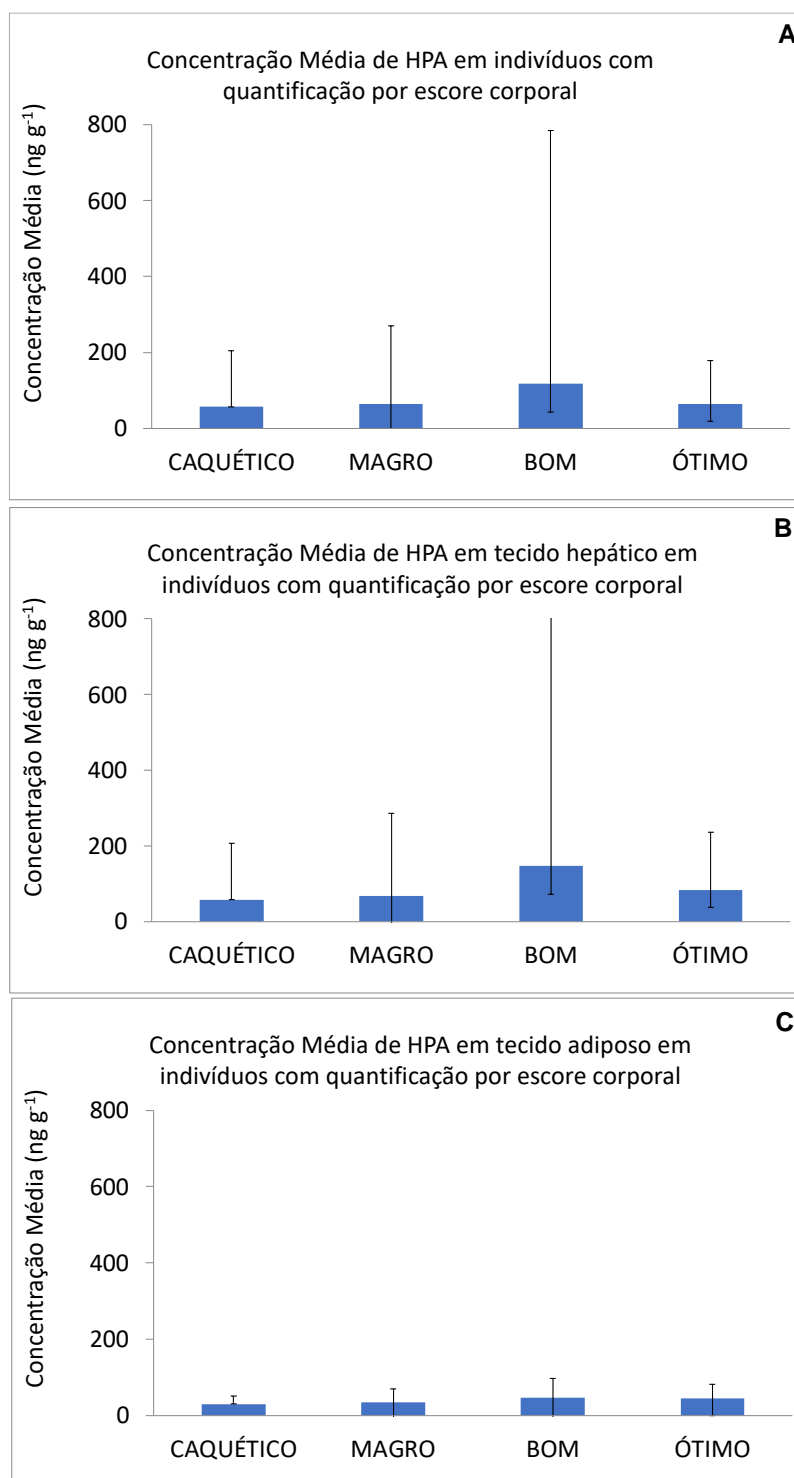


Figura 6.4-5. Concentração média de HPA em aves com quantificação por: (A) escore corporal considerando ambos os tecidos, (B) escore corporal considerando apenas o tecido hepático, (C) escore corporal considerando apenas o tecido adiposo. As barras verticais representam o desvio padrão da concentração média.

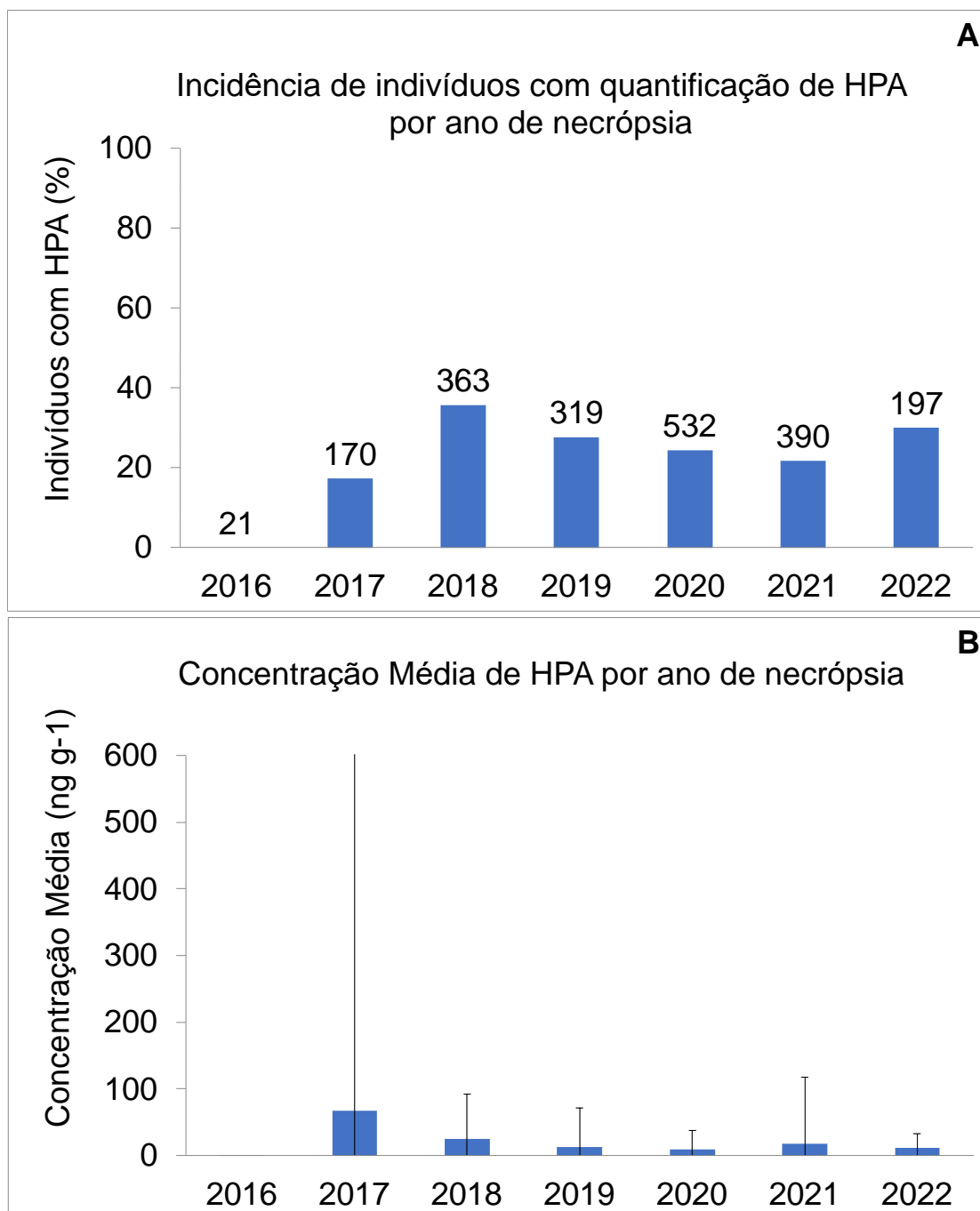


Figura 6.4-6. (A) Incidência (%) de indivíduos (aves) com quantificação de HPA em pelo menos um dos tecidos por ano da necropsia. Os números sobre as barras representam o número total de indivíduos analisados em cada ano. (B) Concentração média de HPA em aves por ano.

6.4.2 Mamíferos Marinhos

Foram analisadas 534 amostras de mamíferos marinhos (pinípedes e cetáceos), obtidas de 283 indivíduos de 15 espécies. Na **Tabela 6.4-5** é

apresentado o resumo da incidência de quantificação de HPA nas amostras. No Apêndice 6 são apresentados de forma detalhada os dados de cada indivíduo analisado e os resultados de HPA encontrados nessas amostras. Esses dados são discutidos a seguir.

Tabela 6.4-5. *Resumo da incidência de quantificação de HPA em mamíferos por indivíduo, por tecido, por sexo e por idade dos animais.*

	Total	Com HPA	% Quantificação de HPA
nº de Indivíduos	283	127	45
nº de Amostras	534	168	31
nº de amostras de TCH	276	76	28
nº de amostras de TCA	258	92	36
nº de Machos	145	61	42
nº de Fêmeas	137	66	48
nº de animais indefinidos	1	0	0

Foram quantificados HPA em 127 indivíduos de 9 espécies de mamíferos (*Arctocephalus australis*, *Balaenoptera acutorostrata*, *Delphinus delphis*, *Megaptera novaeangliae*, *Pontoporia blainvillei*, *Sotalia guianensis*, *Stenella frontalis*, *Steno bredanensis* e *Tursiops truncatus*), o que representa 45% dos 283 indivíduos amostrados.

Na **Tabela 6.4-6** é apresentado o intervalo das concentrações de HPA em cada um dos tecidos de cada espécie de mamífero. Os resultados detalhados para cada espécie são discutidos a seguir, separadamente.

Tabela 6.4-6. Intervalo de concentração de HPA nas amostras de mamíferos.

Espécie / Intervalo de concentração	nº de indivíduos	nº de amostras	nº de amostras de TCH	nº de amostras de TCA	nº de amostras de TCH com HPA	nº de amostras de TCA com HPA	ΣHPA em TCH (ng g ⁻¹)	ΣHPA em TCA (ng g ⁻¹)	ΣHPA leves em TCH (ng g ⁻¹)	ΣHPA leves em TCA (ng g ⁻¹)	ΣHPA pesados em TCH (ng g ⁻¹)	ΣHPA pesados em TCA (ng g ⁻¹)	Naftaleno em TCH* (%)	Naftaleno em TCA* (%)
<i>Arctocephalus australis</i>	25	38	25	13	10	5	<LD -784	<LD -303,2	<LD -528,3	<LD -303,2	<LD -255,8	<LD	4-100	47-100
<i>Arctocephalus tropicalis</i>	4	4	4	0	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0-0	0-0
<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	2	4	2	2	0	1	<LD	<LD -53,6	<LD	<LD -53,6	<LD	<LD	0-0	100-100
<i>Delphinus delphis</i>	3	6	3	3	1	3	<LD -29,7	<LD -41,4	<LD -29,7	<LD -41,4	<LD	<LD	100-100	100-100
<i>Kogia breviceps</i>	5	8	4	4	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0-0	0-0
<i>Lagenodelphis hosei</i>	3	6	3	3	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0-0	0-0
<i>Lobodon carcinophaga</i>	1	1	1	0	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0-0	0-0
<i>Megaptera novaeangliae</i>	5	9	4	5	1	2	<LD -76	<LD -75,3	<LD -76	<LD -75,3	<LD	<LD	74-74	100-100
<i>Pontoporia blainvillei</i>	109	211	107	104	31	31	<LD -493,7	<LD -1910,4	<LD -493,7	<LD -534,2	<LD -97,3	<LD -1640,8	18-100	3-100
<i>Phocoena dioptica</i>	1	2	1	1	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0-0	0-0
<i>Sotalia guianensis</i>	96	188	93	95	26	40	<LD -200,1	<LD -1085,8	<LD -200,1	<LD -842,4	<LD -38,3	<LD -243,4	19-100	5-100
<i>Stenella frontalis</i>	15	30	15	15	5	4	<LD -101	<LD -386,4	<LD -101	<LD -359,3	<LD -36	<LD -27,1	27-100	46-100
<i>Stenella longirostris</i>	1	1	1	0	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0-0	0-0
<i>Steno bredanensis</i>	4	8	4	4	0	1	<LD	<LD -39,4	<LD	<LD -39,4	<LD	<LD	0-0	100-100
<i>Tursiops truncatus</i>	9	18	9	9	2	5	<LD -1295	<LD -2074,4	<LD -1199,1	<LD -1956,8	<LD -96	<LD -117,6	73-73	58-100

* Considerando apenas as amostras onde os HPA foram quantificados

LD = 0,6 ng g⁻¹

HPA leves: 2 e 3 anéis aromáticos

HPA pesados: 4 a 6 anéis aromáticos

Pinípedes

Foram analisadas 43 amostras de tecidos de pinípedes, sendo 30 amostras de tecido hepático e 13 amostras de tecido adiposo que foram obtidas de 30 indivíduos, 15 machos e 15 fêmeas.

Na **Tabela 6.4-7** é apresentado o resumo da incidência de quantificação de HPA nas amostras.

Tabela 6.4-7. *Resumo da incidência de quantificação de HPA em pinípedes.*

Pinípedes	Total	Com HPA
nº de Indivíduos	30	10
nº de Amostras	43	15
nº de amostras de TCH	30	10
nº de amostras de TCA	13	5
nº de Machos	15	5
nº de Fêmeas	15	5

Arctocephalus australis

Foram analisados HPA em 38 amostras de tecidos de *Arctocephalus australis*, sendo 25 amostras de tecido hepático e 13 amostras de tecido adiposo, obtidas de 25 indivíduos, sendo 13 machos e 12 fêmeas.

Em 10 amostras de tecido hepático foram quantificados HPA, especificamente naftaleno e alquil-naftaleno, em concentrações totais variando entre 15,6 e 784 ng g⁻¹ em peso úmido (pu). Em apenas uma das amostras de tecido hepático foram quantificados HPA pesados (4 anéis aromáticos), sendo eles o fluoranteno, pireno e criseno. Em 5 indivíduos onde já haviam sido encontrados HPA no tecido hepático foram quantificados também HPA no tecido adiposo, em concentrações totais variando entre 16,8 e 303,2 ng g⁻¹ pu, onde foram quantificados além do naftaleno também o fenantreno. Essas concentrações podem ser consideradas baixas. Nas revisões bibliográficas realizadas por Sanseverino e Meniconi (2014) e por Bícigo et al. (2018) foram descritos resultados de amostras de tecido hepático de pinípedes em concentrações de HPA totais (16 HPA prioritários) que variaram entre <LD a 1084 ng g⁻¹ (pu).

Apesar das baixas concentrações de HPA, em 10 dos 25 *A. australis* analisados, ou 40% do total, foram quantificados HPA em pelo menos um dos tecidos.

Arctocephalus tropicalis

Foram analisadas 4 amostras de tecido hepático de *Arctocephalus tropicalis*, obtidas de 4 indivíduos, 2 fêmeas e 2 machos, nas quais não foram detectados HPA.

Lobodon carcinophaga

Apenas uma amostra de tecido hepático de *Lobodon carcinophaga*, obtida de uma fêmea juvenil, foi analisada e não foram detectados HPA.

Em função do n amostral baixo, apenas 30 animais para o tamanho da área de estudo, não se pode inferir qualquer correlação entre as concentrações de HPA nos pinípedes e o sexo, tecido, maturidade do animal ou local de coleta do animal.

Misticetos

Balaenoptera acutorostrata* e *Megaptera novaeangliae

Na **Tabela 6.4-8** é apresentado o resumo da incidência de quantificação de HPA nas amostras.

Tabela 6.4-8. Resumo da incidência de quantificação de HPA em misticetos.

Misticetos	Total	Com HPA
nº de Indivíduos	7	4
nº de Amostras	13	4
nº de amostras de TCH	6	1
nº de amostras de TCA	7	3
nº de Machos	3	2
nº de Fêmeas	3	2
Indeterminado	1	0

Foram analisados HPA em 13 amostras de tecidos (6 hepáticos, 7 adiposos) coletados de 7 misticetos juvenis, sendo 2 *Balaenoptera acutorostrata*, em que foram obtidas amostras de tecido hepático e tecido

adiposo e 5 *Megaptera novaeangliae*, de onde foram obtidas amostras de tecido adiposo em todos os animais e amostras de tecido hepático em 4 indivíduos.

Em 1 amostra de tecido adiposo de *B. acutorostrata*, uma fêmea juvenil coletada no Trecho 6, e em 3 amostras *M. novaeangliae*, 2 de tecido adiposo e 1 de tecido hepático, foram quantificados HPA em concentrações variando entre 33 e 76 ng g⁻¹ pu. Nas demais amostras não foram detectados HPA. As concentrações de HPA em amostras de tecido adiposo e hepático de mysticetos reportados nas revisões bibliográficas realizadas por Sanseverino e Meniconi (2015) e por Bícigo et al. (2018) variaram entre 210 e 83.663 ng g⁻¹ em peso úmido, de forma que a concentração encontrada no presente trabalho é relativamente baixa.

Considerando o número de indivíduos, em 57% dos mysticetos analisados foram quantificados HPA em pelo menos um dos tecidos (4 animais dos 7 analisados).

Assim como observado para os pinípedes, em função do n amostral baixo para o tamanho da área de estudo, não se pode inferir qualquer correlação entre as concentrações de HPA nos mysticetos e o sexo, tecido, maturidade do animal ou local de coleta do animal.

Odontocetos

Foram analisadas 478 amostras de tecidos de odontocetos, sendo 240 amostras de tecido hepático e 238 amostras de tecido adiposo que foram obtidas de 246 indivíduos, 127 machos e 119 fêmeas.

Na **Tabela 6.4-9** é apresentado o resumo da incidência de quantificação de HPA nas amostras.

Tabela 6.4-9. Resumo da incidência de quantificação de HPA em odontocetos.

Odontocetos	Total	Com HPA
nº de Indivíduos	246	113
nº de Amostras	478	149
nº de amostras de TCH	240	65
nº de amostras de TCA	238	84
nº de Machos	127	54
nº de Fêmeas	119	59

Considerando o número de indivíduos com detecção de HPA em pelo menos um dos tecidos, em 46% dos animais foram quantificados HPA (113 animais dos 246 analisados).

As concentrações totais de HPA nas amostras de tecido hepático variaram, em peso úmido, entre <LD e 1295 ng g⁻¹, enquanto nas amostras de tecido adiposo as concentrações totais de HPA variaram entre <LD e 2074 ng g⁻¹.

O naftaleno foi o único HPA quantificado em 93% das 149 amostras com concentrações de HPA quantificáveis. Com exceção de uma amostra de tecido hepático e uma amostra de tecido adiposo de *Tursiops truncatus* coletadas no Trecho 6 (1295 ng g⁻¹ e 2074 ng g⁻¹ respectivamente), uma amostra de tecido adiposo de *Pontoporia blainvillei*, coletada no Trecho 9 (1910 ng g⁻¹) e uma amostra de tecido adiposo de *Sotalia guianensis*, coletada no Trecho 10 (1085 ng g⁻¹), as concentrações totais de HPA podem ser consideradas relativamente baixas em comparação com as concentrações de HPA descritas para odontocetos nas revisões bibliográficas realizadas por Sanseverino e Meniconi (2015) e por Bicego et al. (2018), onde foram reportadas, nos tecidos hepático e adiposo, concentrações de HPA totais (somatório de 14 HPA) variando entre 18 e 86711 ng g⁻¹ de HPA (pu) nos tecidos hepático e adiposo, sendo as maiores concentrações encontradas no tecido adiposo.

Apesar do n amostral para a maioria das espécies de mamíferos analisadas ser baixo, apenas 3 espécies com n amostral superior a 20 (*A. australis*, n = 25; *P. blainvillei*, n = 109 e *S. guianensis*, n = 96), algumas considerações podem ser feitas.

Considerando o número total de mamíferos analisados, houve quantificação de HPA, em pelo menos um dos tecidos, em 45% dos animais

(127 animais com quantificação de HPA dos 283 indivíduos mamíferos analisados), a grande maioria desses animais eram odontocetos com hábitos costeiros, como os de maior n amostral e maior incidência de HPA: (*Arctocephalus australis* – detecção de HPA em 40% dos indivíduos, *Sotalia guianensis* – detecção de HPA em 51% dos indivíduos e *Pontoporia blainvillei* – detecção de HPA em 44% dos indivíduos) (**Tabela 6.4-6**).

Considerando o número total de amostras analisadas, em 39% delas foram quantificados HPA (168 amostras com quantificação de HPA das 534 analisadas). As concentrações encontradas nessas amostras foram similares, para cada espécie, entre os diferentes trechos de praia do PMP-BS, de forma que não há uma correlação significativa entre o local de coleta do animal e a concentração de HPA.

A incidência de quantificação de HPA em mamíferos nos diferentes locais de encalhe dos animais é apresentada na **Tabela 6.4-10** e **Figura 6.4-7**.

Tabela 6.4-10. Incidência de HPA em indivíduos de mamíferos por trecho de coleta.

Trecho	Número de indivíduos	Número de indivíduos com HPA	% de indivíduos com HPA
15	1	1	100
14	0	0	0
13	25	15	60
12	2	2	100
11	4	2	50
10	44	20	45
09	25	11	44
08	43	19	44
07	42	20	48
06	41	17	41
05	16	6	38
04	13	4	31
03	10	6	60
02	4	1	25
01	13	3	23
Total	283	127	45

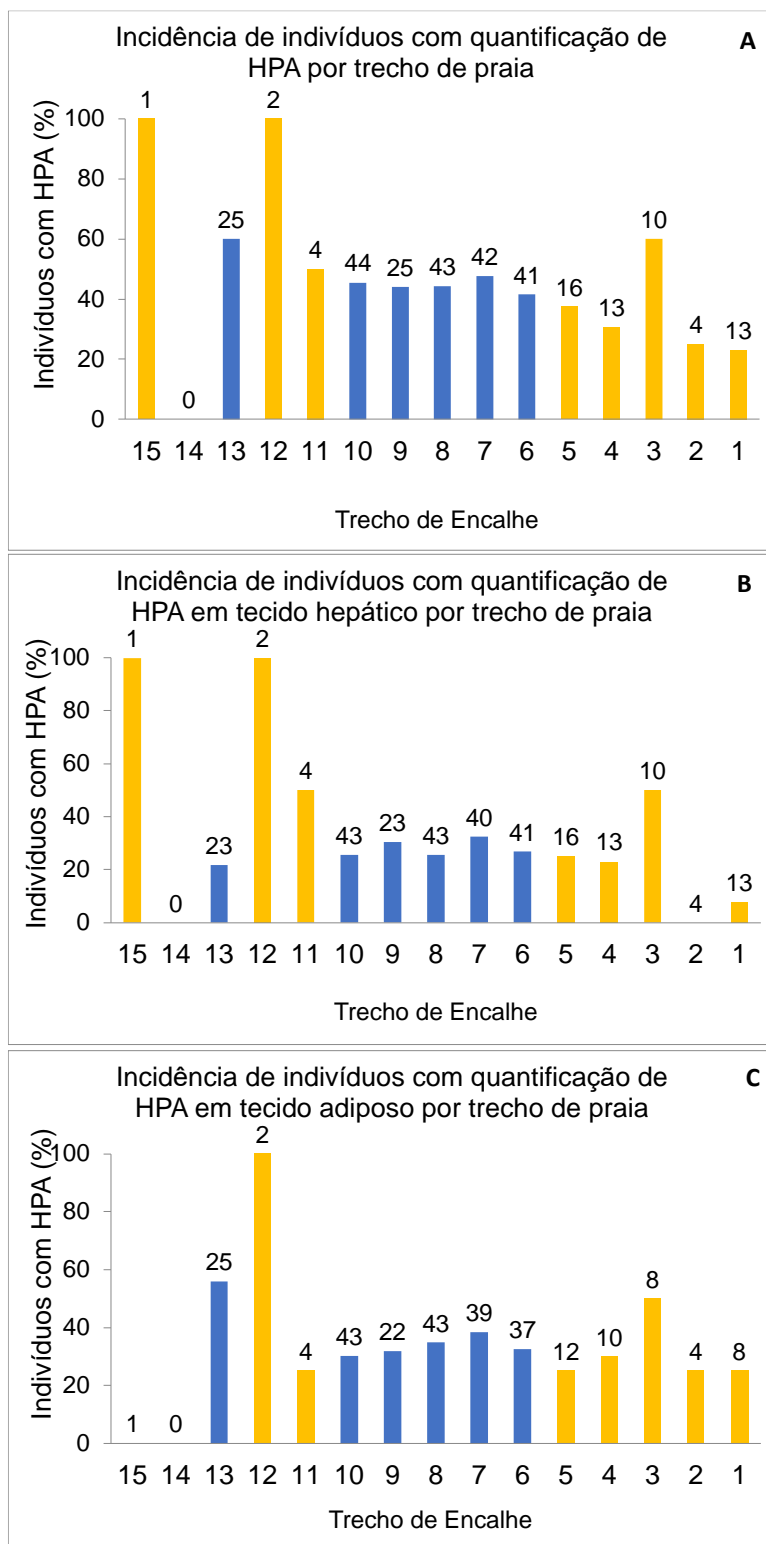


Figura 6.4-7. Incidência (%) de indivíduos (mamíferos) com quantificação de HPA em: (A) pelo menos um dos tecidos por trecho de praia, (B) no tecido hepático por trecho de praia, (C) no tecido adiposo por trecho de praia. Os números sobre as barras representam o número total de indivíduos de cada trecho com tecido biológico analisado. Os trechos com n amostral inferior a 20 estão destacados em amarelo.

A análise de incidência precisa ser vista com a ressalva de que em alguns trechos de praia o n amostral é baixo, por exemplo, alguns trechos com maior incidência de animais com quantificação de HPA, como os trechos 3, 11, 12 e 15, são os trechos com número baixo de animais analisados, 10, 4, 2 e 1, respectivamente. Na **Figura 6.4-8** são apresentadas também a incidência de indivíduos com HPA em cada um dos tecidos analisados, hepático (**Figura 6.4-7 B**) e adiposo (**Figura 6.4-7 C**).

Considerando as espécies com n amostral superior a 20, a espécie *S. guianensis* foi a que apresentou o maior percentual de indivíduos com HPA quantificado (51% - HPA em 49 de 96 indivíduos), seguido de *P. blainvillei* (44% - HPA em 48 dos 109 indivíduos) e *A. australis* (40% - HPA em 10 dos 25 indivíduos). Nas espécies com menor n amostral, cuja análise merece ressalva por conta do n amostral reduzido, foram quantificados HPA em *B. acutorostrata* (50% - HPA em 1 dos 2 indivíduos), *D. delphis* (100% - HPA em 3 dos 3 indivíduos), *M. novaeangliae* (60% - HPA em 3 dos 5 indivíduos), *S. frontalis* (47% - HPA em 7 dos 15 indivíduos), *S. bredanensis* (25% - HPA em 1 dos 4 indivíduos) e *T. truncatus* (56% - HPA em 5 dos 9 indivíduos). Nas demais espécies não foram quantificados HPA. A incidência de HPA por espécies é apresentada na **Figura 6.4-8**. A incidência de quantificação de HPA com relação ao total de amostras **Figura 6.4-8 B**, quando são considerados os tecidos adiposo e hepático, segue o padrão de distribuição por espécie semelhante ao observado para quando considerada a incidência de quantificação de HPA para o total de indivíduos (**Figura 6.4-8 A**).

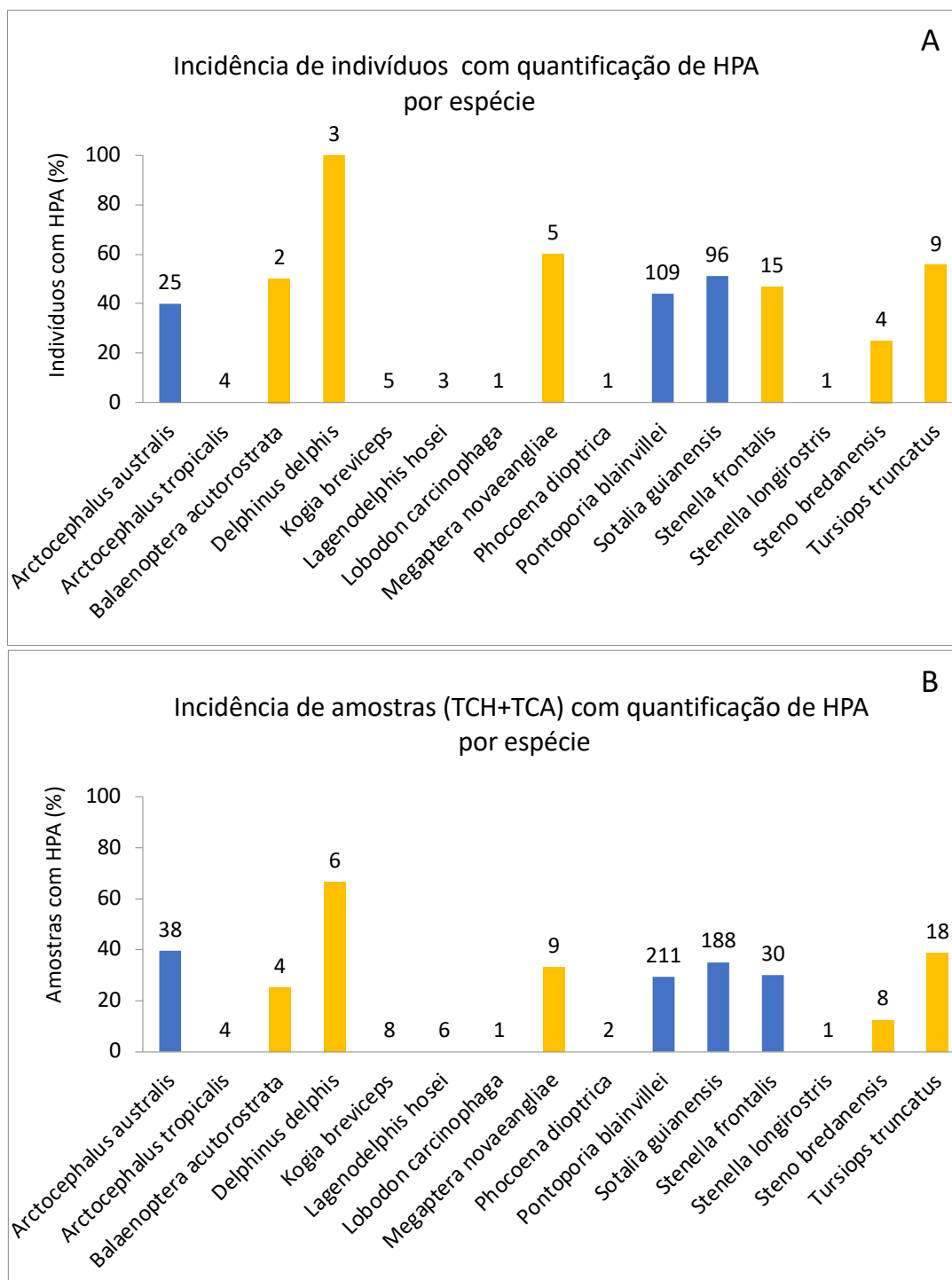


Figura 6.4-8. (A) Incidência (%) de indivíduos (mamíferos) com quantificação de HPA em pelo menos um dos tecidos por espécie. (B) incidência (%) de amostras (tecido hepático + tecido adiposo) com quantificação de HPA por espécie. Os números sobre as barras representam o número total de indivíduos de cada espécie (A) e o número total de amostras analisadas (B). As espécies com *n* amostral inferior a 20 estão destacados em amarelo.

Em relação aos estágios de desenvolvimento, não se observou distinção entre os diferentes estágios, fetal, filhote, juvenil e adulto (**Figura 6.4-9 A**). Em média, em 45% dos animais, em qualquer estágio de desenvolvimento, houve quantificação de HPA. Também não houve diferenciação na quantificação dos HPA considerando-se a distinção dos estágios de desenvolvimento em relação ao tecido analisado (**Figura 6.4-9 B e C**).

Considerando o sexo dos indivíduos, em 42% dos machos foram quantificados HPA em pelo menos um dos tecidos, contra 48% nas fêmeas, representando uma tendência de maior presença de HPA nas fêmeas. Se forem consideradas apenas as amostras em que houve quantificação de HPA, as concentrações, em peso úmido, são semelhantes entre os sexos, a média e a mediana das concentrações nos machos são 70 ng g⁻¹ e 30 ng g⁻¹ respectivamente, com desvio padrão de ±142 ng g⁻¹, nas fêmeas a média e a mediana das concentrações são 131 ng g⁻¹ e 37 ng g⁻¹ respectivamente, com desvio padrão de ±345 ng g⁻¹.

Apesar da maior incidência de HPA no tecido adiposo dos mamíferos (36%) em relação ao tecido hepático (28%), não é possível inferir uma preferência de acumulação de HPA em um ou outro tecido uma vez que na maior parte das amostras as concentrações foram inferiores ao limite de detecção do método analítico e, quando houve quantificação de HPA em ambos os tecidos do mesmo indivíduo, as concentrações foram semelhantes. Se forem consideradas apenas as amostras em que houve quantificação de HPA, no tecido hepático a média e a mediana das concentrações são, em peso úmido, 71 ng g⁻¹ e 25 ng g⁻¹ respectivamente, com desvio padrão de ±174 ng g⁻¹. No tecido adiposo a média e a mediana das concentrações são, em peso úmido, 126 ng g⁻¹ e 39 ng g⁻¹ respectivamente, com desvio padrão de ±322 ng g⁻¹.

Em função do baixo n amostral de mysticetos, 7 indivíduos, em relação à 246 odontocetos, a comparação entre as concentrações de HPA encontradas nos tecidos de ambos não foi realizada pois as conclusões seriam enviesadas pela baixa representatividade dos mysticetos.

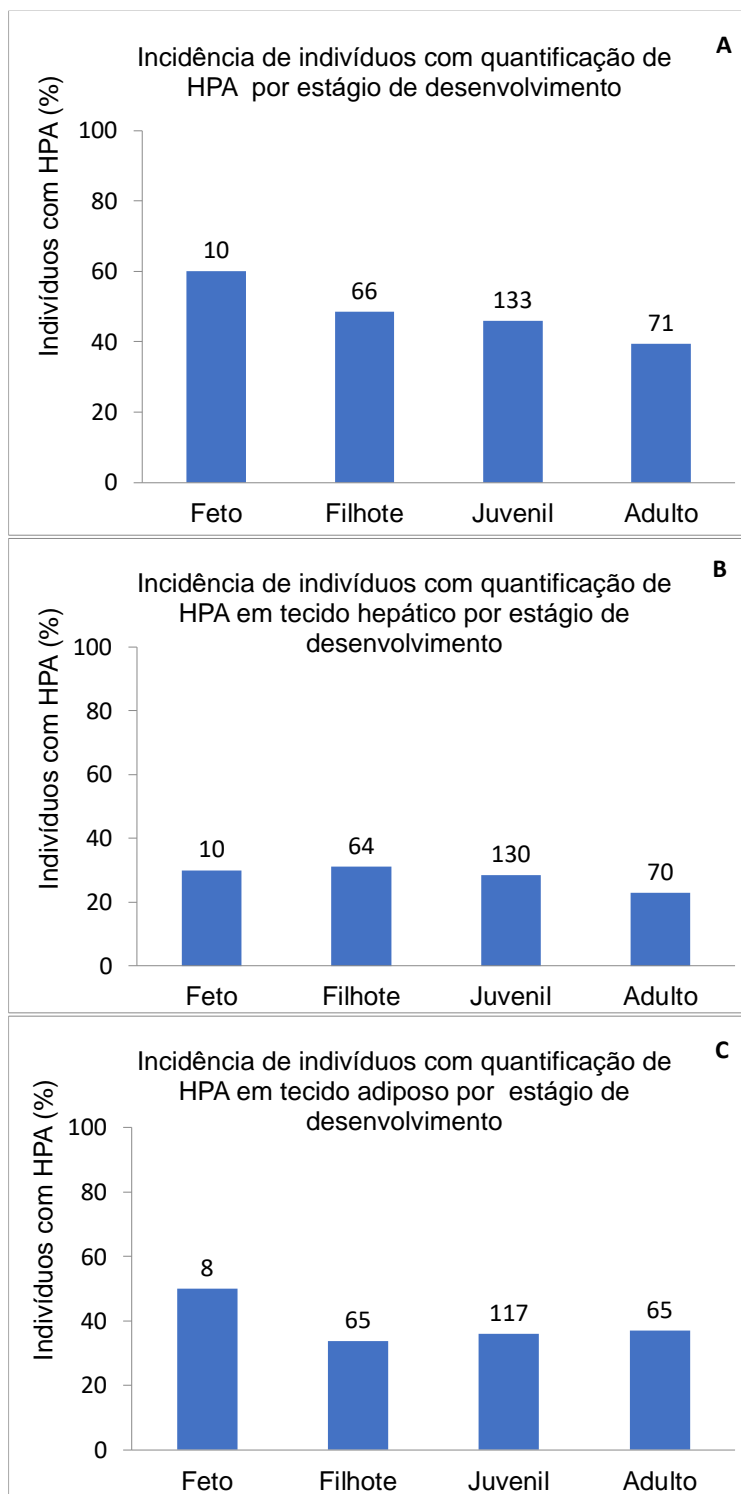


Figura 6.4-9. Incidência (%) de indivíduos (mamíferos) com quantificação de HPA em: (A) pelo menos um dos tecidos por estágio de desenvolvimento, (B) no tecido hepático por estágio de desenvolvimento, (C) no tecido adiposo por estágio de desenvolvimento. Os números sobre as barras representam o número total de indivíduos de cada estágio de desenvolvimento com tecido biológico analisado. A figura não contempla 3 indivíduos cujos estágios de desenvolvimento não foram determinados.

O agrupamento dos mamíferos pelo escore corporal mostrou uma incidência maior de HPA em indivíduos caquéticos do que em indivíduos com escore corporal ótimo quando os dois tecidos, hepático e adiposo, são considerados (Caquético \cong **Figura 6.4-10A**; **Figura 6.4-10B**; **Figura 6.4-10C**, **Figura 6.4-11**). A camada externa também é pouco afetada por mudanças nas condições nutritivas (GÓMEZ-CAMPOS et al., 2015), e é esta camada que é coletada e analisada no PMP. O emagrecimento do animal pode estar promovendo a concentração de HPA na gordura remanescente do animal.

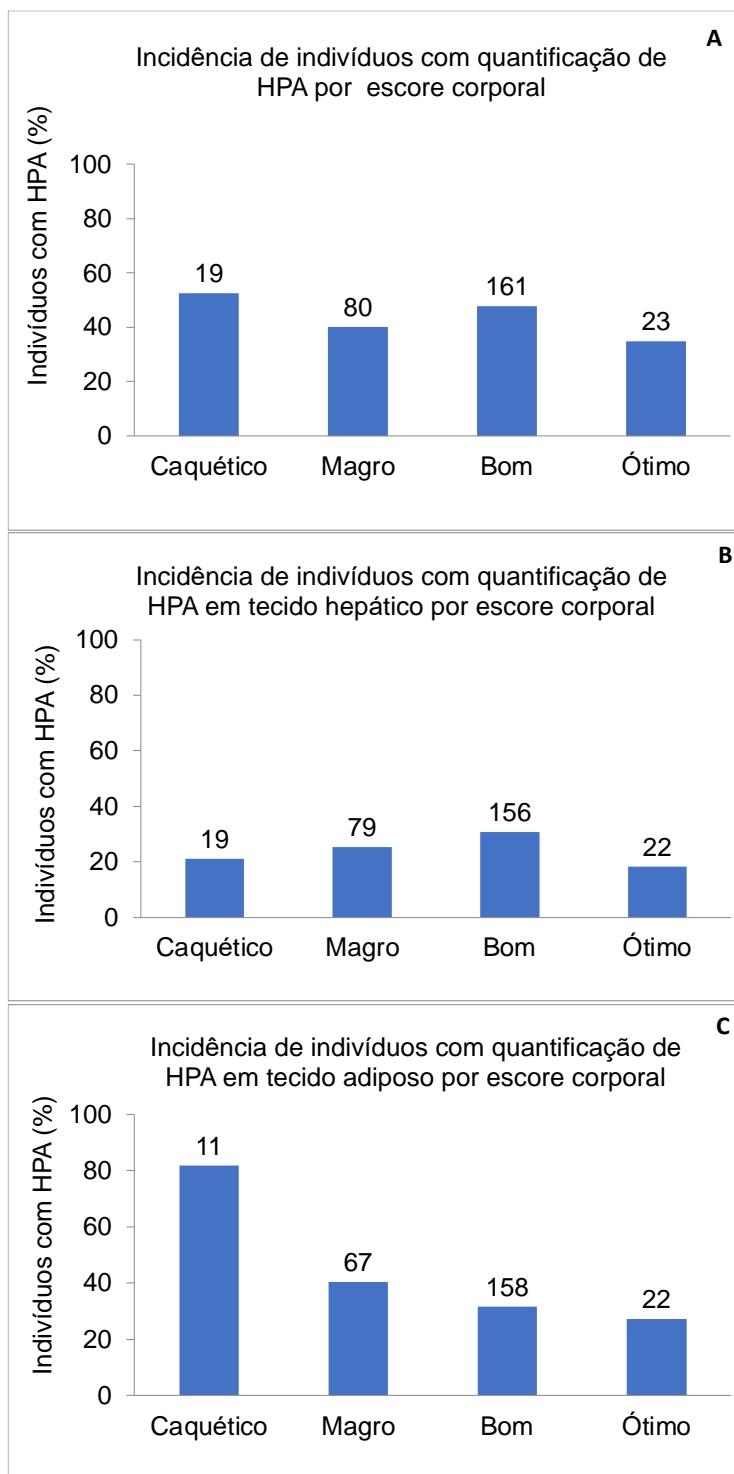


Figura 6.4-10. Incidência (%) de indivíduos (mamíferos) com quantificação de HPA por: (A) escore corporal considerando ambos os tecidos, (B) escore corporal considerando apenas o tecido hepático, (C) escore corporal considerando apenas o tecido adiposo. Os números sobre as barras representam o número total de indivíduos de cada escore corporal com tecido biológico analisado.

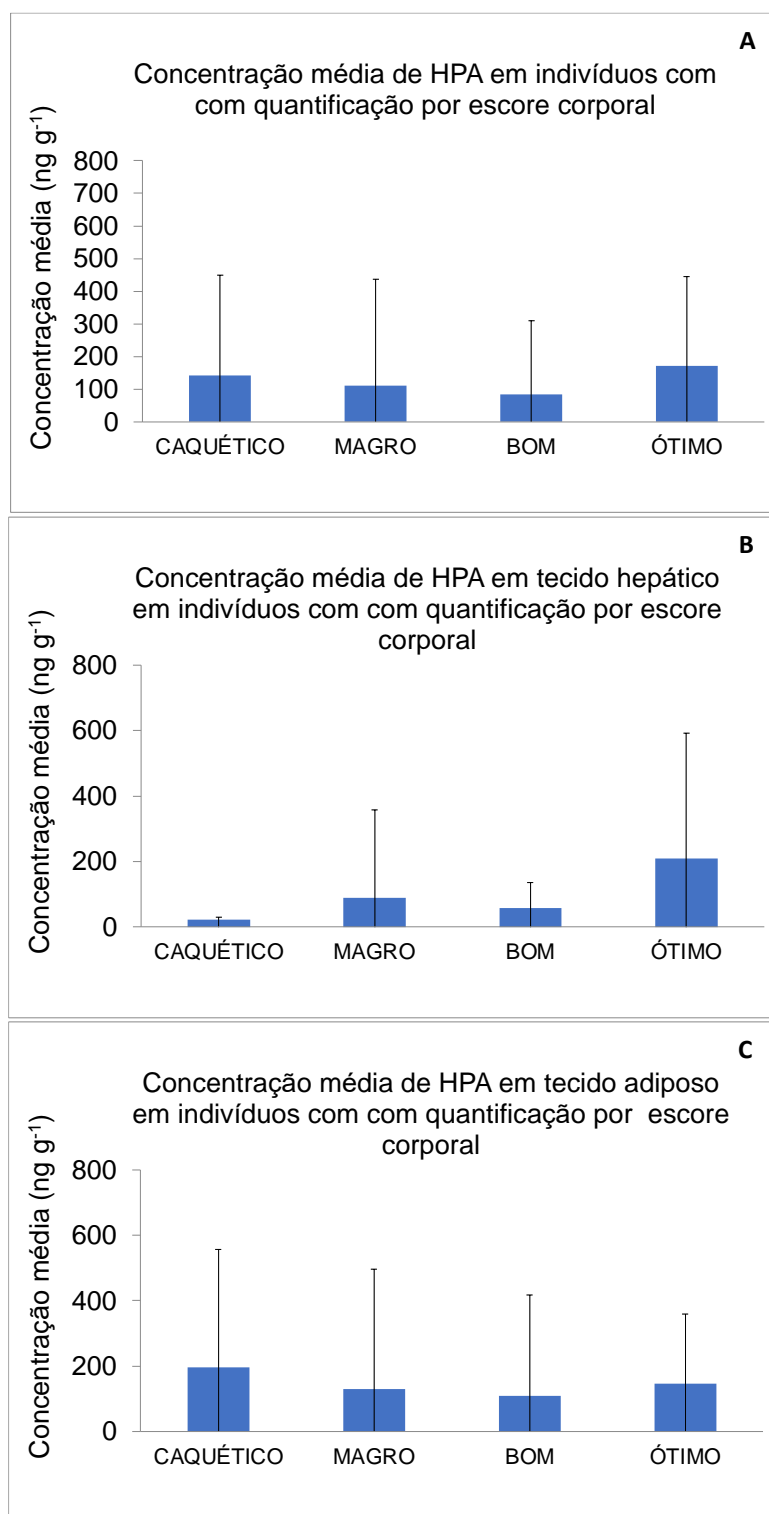


Figura 6.4-11. Concentração média de HPA em mamíferos com quantificação por: (A) escore corporal considerando ambos os tecidos, (B) escore corporal considerando apenas o tecido hepático, (C) escore corporal considerando apenas o tecido adiposo. As barras verticais representam o desvio padrão da concentração média. Foram considerados apenas as amostras com quantificação de HPA.

A avaliação temporal da incidência de quantificação de HPA nos mamíferos e da concentração média ao longo dos anos, considerando todas as amostras analisadas, é apresentada na **Figura 6.4-12**. As maiores incidências de quantificação de HPA ocorreram nas amostras extraídas de animais mortos nos anos de 2018 e 2020, quando foram quantificados HPA em 61 e 46% das amostras analisadas, respectivamente, enquanto a menor incidência ocorreu em amostras de animais mortos no ano de 2022, com HPA quantificados em 25% das amostras. Nas amostras extraídas de animais mortos em 2016 não foram quantificados HPA, contudo faz-se a ressalva de que há apenas 7 amostras coletadas nesse ano (**Figura 6.4-12 A**). Considerando-se todas as amostras de tecidos de mamíferos analisadas desde 2016, a concentração média de HPA, é da ordem de $31 \pm 154 \text{ ng g}^{-1} \text{ pu}$. No ano de 2018 foi observada a maior concentração média de HPA nos tecidos, $47 \pm 181 \text{ ng g}^{-1} \text{ pu}$ e, em 2022, a menor concentração média, $5,9 \pm 16 \text{ ng g}^{-1} \text{ pu}$ (**Figura 6.4-12 B**).

Por fim, vale mencionar que não foi observada a presença de óleo em nenhum dos mamíferos necropsiados para a coleta de amostras para a análise de HPA.

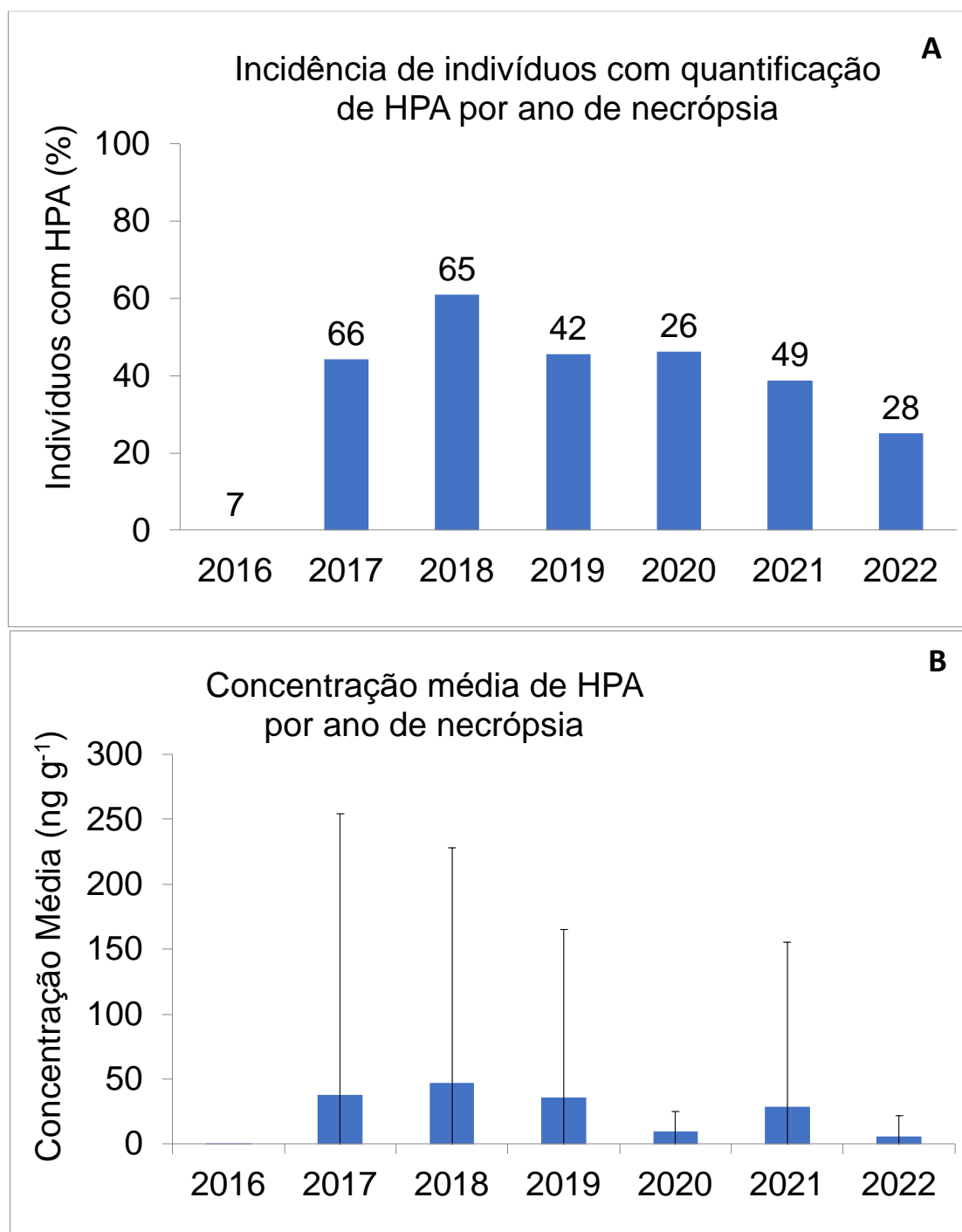


Figura 6.4-12. (A) Incidência (%) de amostras de mamíferos com quantificação de HPA por ano da necropsia. Os números sobre as barras representam o número total de amostras analisadas em cada ano. (B) Concentração média de HPA em mamíferos por ano da necropsia. As barras verticais representam o desvio padrão da concentração média.

6.4.3 Tartarugas Marinhas

Foram analisados HPA em 1727 amostras de tecidos de tartarugas marinhas, sendo 1127 amostras de tecido hepático e 600 amostras de tecido adiposo, que foram obtidas de 1160 indivíduos, sendo 51 *Caretta caretta*, 1099 *Chelonia mydas*, 4 *Dermochelys coriácea*, 4 *Lepidochelys olivacea* e 2 *Eretmochelys imbricata*. Desse total, 900 fêmeas e 251 machos, além de 9 indivíduos com o sexo indefinido, praticamente todos juvenis (97%).

Na **Tabela 6.4-11** é apresentado o resumo da incidência de quantificação de HPA nas amostras.

Tabela 6.4-11. Resumo da incidência de quantificação de HPA em tartarugas.

Tartarugas	Total	Com HPA	% Quantificação de HPA
nº de Indivíduos	1160	342	29
nº de Amostras	1727	432	25
nº de amostras de TCH	1127	249	22
nº de amostras de TCA	600	183	31
nº de Machos	251	69	27
nº de Fêmeas	900	269	30
Indefinido	9	4	44

Os HPA foram quantificados em 432 das 1727 amostras analisadas (25% do total), sendo 249 amostras de tecido hepático e 183 de tecido adiposo com quantificação de HPA. Essas amostras foram obtidas de 69 animais machos, 269 fêmeas e 4 animais com o sexo indefinido.

Considerando o número total de tartarugas analisados, houve quantificação de HPA, em pelo menos um dos tecidos, em 29% dos animais (342 animais com quantificação de HPA dos 1160 indivíduos analisados).

As concentrações totais de HPA nas amostras de tecido hepático variaram, em peso úmido, entre <LD e 6405 ng g⁻¹, enquanto nas amostras de tecido adiposo as concentrações totais de HPA variaram entre <LD e 791 ng g⁻¹. O naftaleno foi o único HPA quantificado em 310 das 432 amostras com concentração de HPA superior ao limite de quantificação (72% do total). Em apenas 21 das 432 amostras onde foram quantificados os HPA, as concentrações foram superiores a 200 ng g⁻¹ em peso úmido. Dessa forma, as concentrações médias observadas podem ser consideradas relativamente

baixas, quando comparadas às concentrações de HPA descritas para tartarugas nas revisões bibliográficas realizadas por Sanseverino e Meniconi (2015) e por Bícigo et al. (2018), onde foram reportadas concentrações de HPA alcançando até 560 ng g^{-1} (pu) (somatória de 42 HPA) no tecido hepático e 12 ng g^{-1} (pu) (somatória de 18 HPA, apenas 1 estudo) no tecido adiposo em tecidos hepático e adiposo.

Na **Tabela 6.4-12** são apresentados os intervalos das concentrações de HPA nos tecidos de cada espécie. No Apêndice 6 são apresentados de forma detalhada os dados de cada indivíduo analisado e os resultados de HPA encontrados nessas amostras. Esses dados são discutidos a seguir.

Das 5 espécies de tartarugas analisadas, apenas a *Caretta caretta* e a *Chelonia mydas* possuem um n amostral expressivo, 51 e 1099 indivíduos cada, respectivamente. Algumas considerações podem ser realizadas sobre a presença de HPA em tartarugas marinhas.

Tabela 6.4-12. Intervalo de concentração de HPA nas amostras de tartarugas marinhas. Concentrações em peso úmido (ng g^{-1}).

Espécie / Intervalo de concentração	nº de indivíduos	nº de amostras	nº de amostras de TCH	nº de amostras de TCA	nº de amostras de TCH com HPA	nº de amostras de TCA com HPA	Σ HPA em TCH (ng g^{-1})	Σ HPA em TCA (ng g^{-1})	Σ HPA leves em TCH (ng g^{-1})	Σ HPA leves em TCA (ng g^{-1})	Σ HPA pesados em TCH (ng g^{-1})	Σ HPA pesados em TCA (ng g^{-1})	Naftaleno em TCH* (%)	Naftaleno em TCA* (%)
<i>Caretta caretta</i>	51	94	49	45	7	15	<LD -214,3	<LD -184,5	<LD -214,3	<LD -184,5	<LD -22,7	<LD	25-100	22-100
<i>Chelonia mydas</i>	1099	1616	1068	548	239	167	<LD -6405,2	<LD -790,9	<LD -3583,6	<LD -757,2	<LD -2821,6	<LD -109,1	9-100	12-100
<i>Lepidochelys olivacea</i>	4	7	4	3	1	1	<LD -12,3	<LD -16,8	<LD -12,3	<LD -16,8	<LD	<LD	100	100
<i>Dermochelys coriacea</i>	4	7	4	3	2	0	<LD -364,1	<LD	<LD -302,5	<LD	<LD -61,6	<LD	26-100	<LD
<i>Eretmochelys imbricata</i>	2	3	2	1	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD

* Considerando apenas as amostras onde os HPA foram quantificados

LD = $0,6 \text{ ng g}^{-1}$

HPA Leves: 2 e 3 anéis aromáticos

HPA Pesados: 4 a 6 anéis aromáticos

A incidência de quantificação de HPA em tartarugas nos diferentes locais de encalhe dos animais é apresentada na **Tabela 6.4-13** e **Figura 6.4-13**, onde é apresentada também a incidência de indivíduos com HPA em cada um dos tecidos analisados, hepático (**Figura 6.4-13 B**) e adiposo (**Figura 6.4-13 C**).

A análise de incidência precisa ser vista com a ressalva de que em alguns trechos de praia o n amostral é baixo, e por tanto pode não ser representativo.

Tabela 6.4-13. Incidência de HPA em tartarugas por trecho de coleta.

Trecho	Número de indivíduos	Número de indivíduos com HPA	% de indivíduos com HPA
15	43	10	23
14	3	1	33
13	94	18	19
12	31	4	13
11	19	4	21
10	350	106	30
09	132	20	15
08	190	54	28
07	99	40	40
06	115	67	58
05	48	13	27
04	15	4	27
03	6	0	0
02	13	1	8
01	2	0	0
	1160	342	29

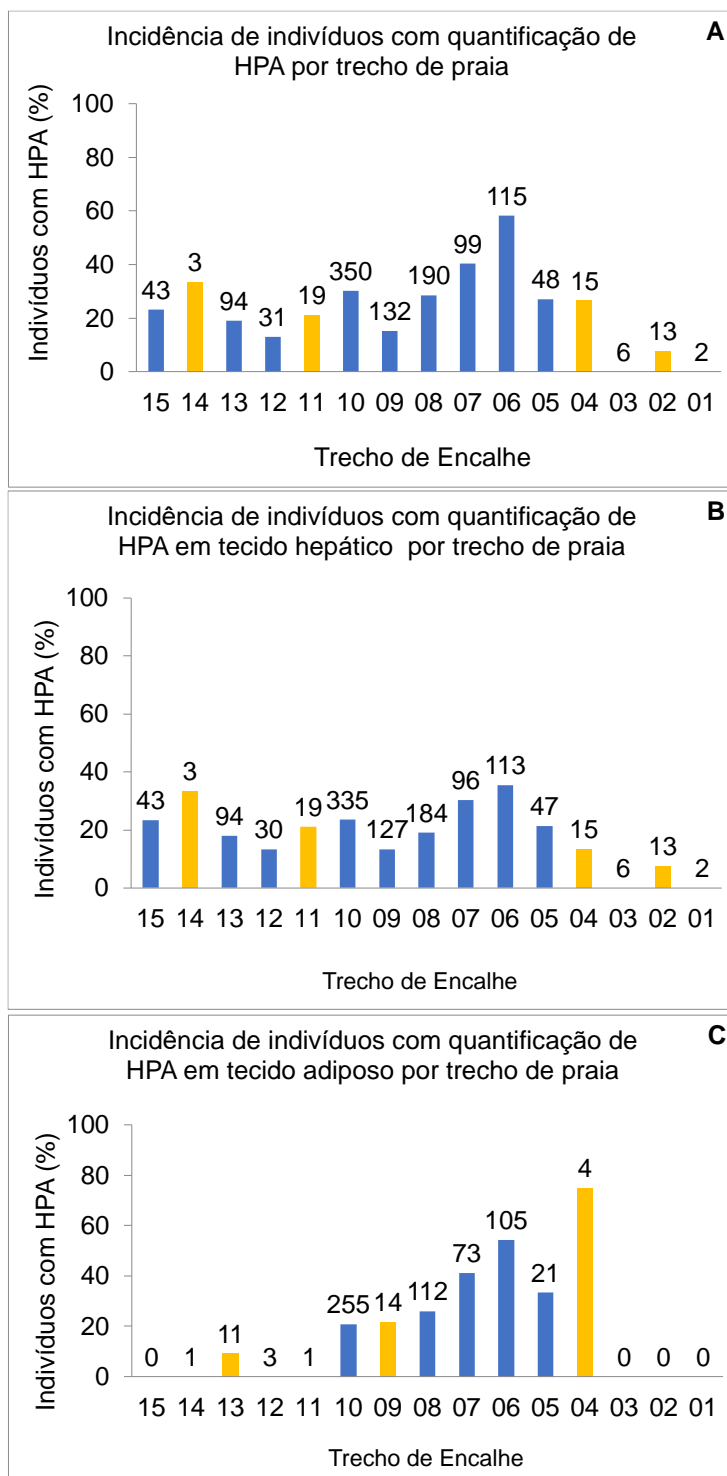


Figura 6.4-13. Incidência (%) de indivíduos (tartarugas) com quantificação de HPA em: (A) pelo menos um dos tecidos por trecho de praia, (B) no tecido hepático por trecho de praia, (C) no tecido adiposo por trecho de praia. Os números sobre as barras representam o número total de indivíduos de cada trecho com tecido biológico analisado. Os trechos com n amostral inferior a 20 estão destacados em amarelo.

Considerando as 2 espécies com n amostral superior a 20, o índice de quantificação de HPA em indivíduos de *Caretta caretta* foi de 31% (HPA em 16 dos 51 indivíduos analisados) e em *Chelonia mydas*, 29% (HPA em 323 dos 1099 indivíduos analisados).

A incidência de HPA por espécies é apresentada na **Figura 6.4-14**. A incidência de quantificação de HPA com relação ao total de amostras, quando são considerados os tecidos adiposo e hepático, segue o padrão de distribuição por espécie (**Figura 6.4-14 B**) semelhante ao observado quando considerada a incidência de quantificação de HPA para o total de indivíduos (**Figura 6.4-14 A**).

Em relação aos estágios de desenvolvimento, não se observou distinção entre os diferentes estágios, filhote, juvenil e adulto (**Figura 6.4-15 A**). Em média, em 29% dos animais em qualquer estágio de desenvolvimento houve quantificação de HPA. Também não houve diferenciação quando se avaliou a distinção do estágio de desenvolvimento em relação ao tecido analisado (**Figura 6.4-15 B e C**).

Considerando o sexo, em 27% dos indivíduos machos foram quantificados HPA em pelo menos um dos tecidos, contra 30% nas fêmeas, dessa forma não se observou preferência clara de acumulação de HPA nesse agrupamento. Se forem consideradas apenas as amostras em que houve quantificação de HPA, as concentrações, em peso úmido, são semelhantes entre os sexos, a média e a mediana das concentrações nos machos foram 70 ng g^{-1} e 30 ng g^{-1} respectivamente, com desvio padrão de $\pm 142 \text{ ng g}^{-1}$, nas fêmeas a média e a mediana das concentrações foram 131 ng g^{-1} e 37 ng g^{-1} respectivamente, com desvio padrão de $\pm 345 \text{ ng g}^{-1}$.

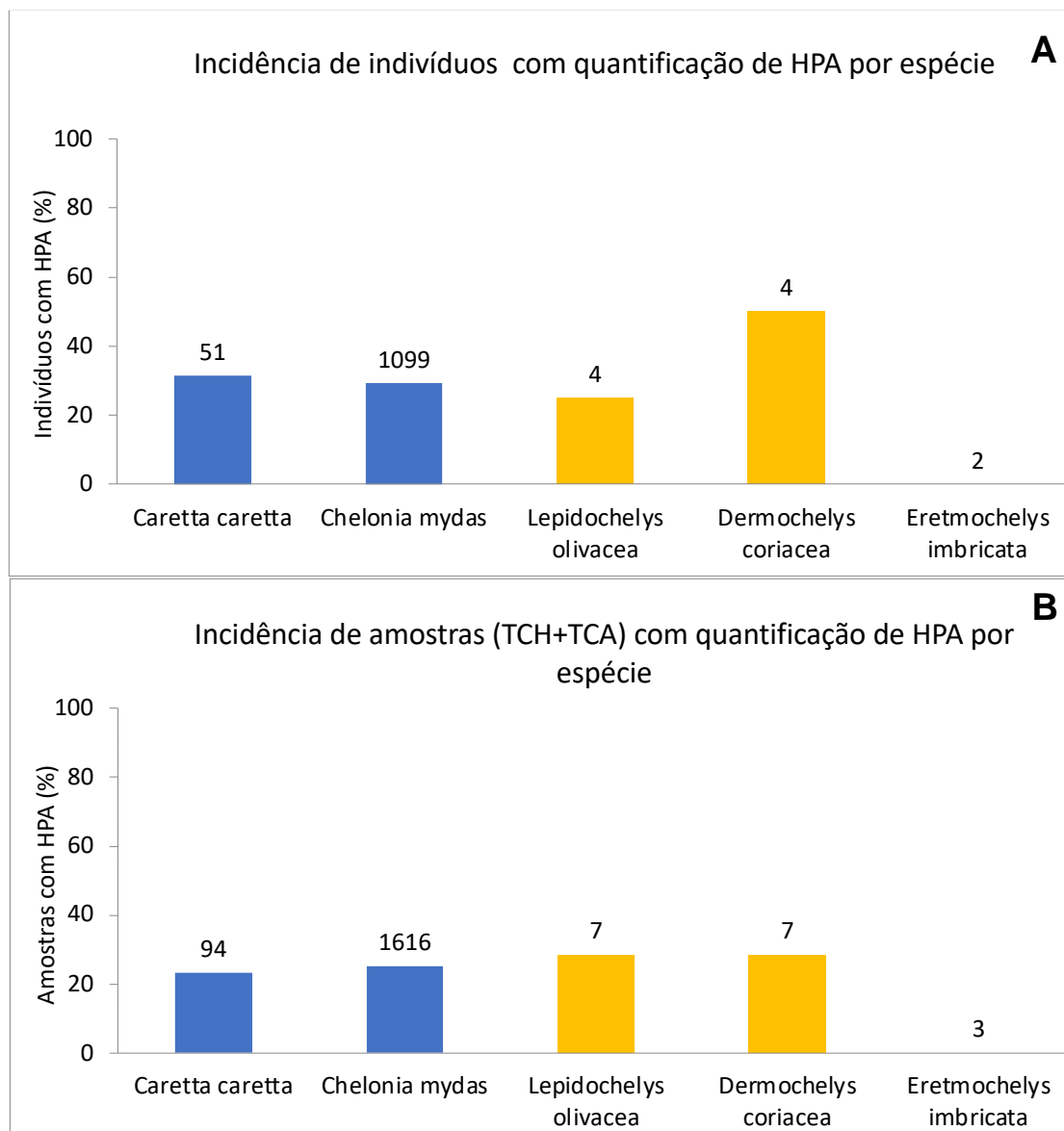


Figura 6.4-14. (A) Incidência (%) de indivíduos (tartarugas) com quantificação de HPA em pelo menos um dos tecidos por espécie. (B) incidência (%) de amostras (tecido hepático + tecido adiposo) com quantificação de HPA por espécie. Os números sobre as barras representam o número total de indivíduos (A) e amostras (B) de cada espécie. As espécies com n amostral inferior a 20 estão destacados em amarelo.

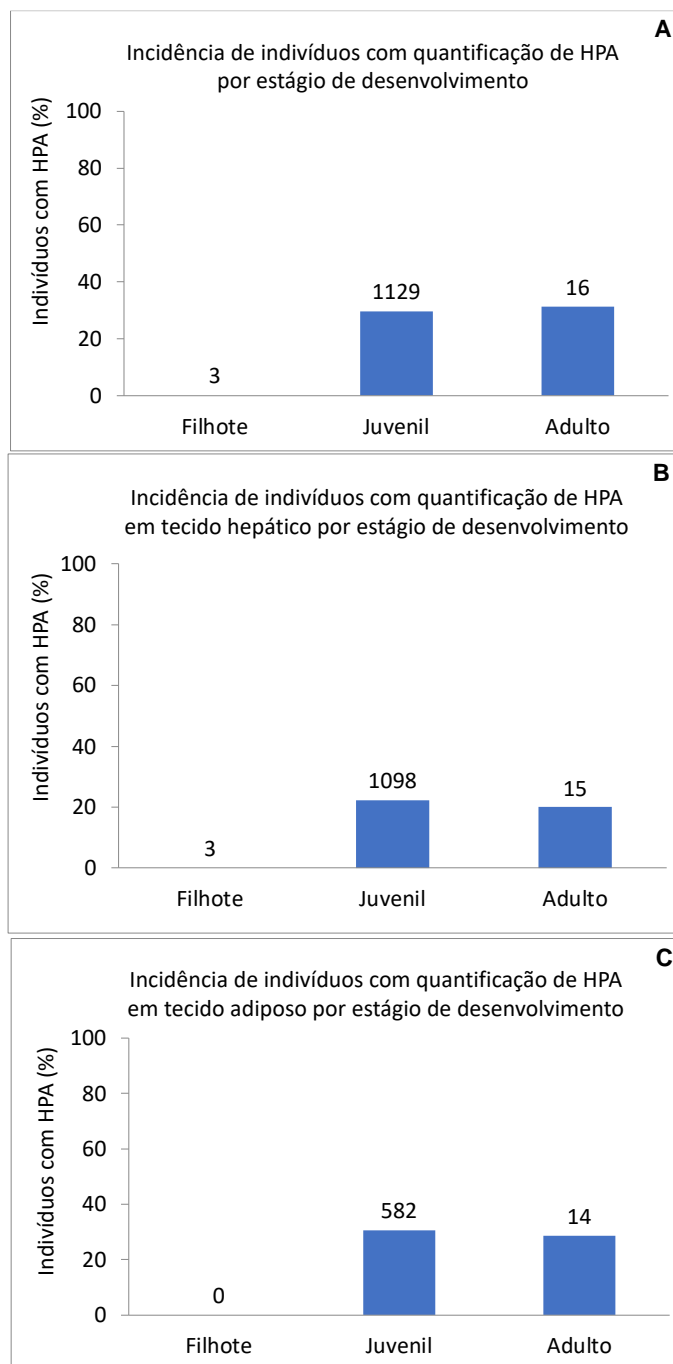


Figura 6.4-15. Incidência (%) de indivíduos (tartarugas) com quantificação de HPA em: (A) pelo menos um dos tecidos por estágio de desenvolvimento, (B) no tecido hepático por estágio de desenvolvimento, (C) no tecido adiposo por estágio de desenvolvimento. Os números sobre as barras representam o número total de indivíduos de cada estágio de desenvolvimento com tecido biológico analisado. A figura não contempla 12 indivíduos cujos estágios de desenvolvimento não foram determinados.

Apesar da maior incidência de HPA no tecido adiposo das tartarugas (31%) em relação ao tecido hepático (22%), não é possível inferir uma

preferência de acumulação de HPA em um ou outro tecido uma vez que, na maior parte das amostras, as concentrações foram inferiores ao limite de detecção do método analítico e, quando houve quantificação de HPA em ambos os tecidos do mesmo indivíduo, as concentrações foram semelhantes. No tecido hepático a média e a mediana, em peso úmido, das concentrações foram 94 ng g^{-1} e 24 ng g^{-1} respectivamente, com desvio padrão de $\pm 394 \text{ ng g}^{-1}$. No tecido adiposo a média e a mediana, em peso úmido, das concentrações foram 55 ng g^{-1} e 27 ng g^{-1} respectivamente, com desvio padrão de $\pm 96 \text{ ng g}^{-1}$.

O agrupamento das tartarugas pelo escore corporal mostrou, assim como para as aves, uma tendência de maior incidência de HPA em indivíduos com melhor escore corporal quando considerados os dois tecidos analisados e também quando os tecidos são desagrupados (**Figura 6.4-16**). As concentrações médias de HPA totais por escore corporal foram maiores nos indivíduos magros do que nos indivíduos com escore corporal bom e ótimo. Indivíduos com escore corporal caquético apresentaram concentrações baixas de HPA, similares aos indivíduos com escore corporal ótimo ($\text{Magro} \geq \text{Bom} > \text{Caquético} \geq \text{Ótimo}$, **Figura 6.4-17**). Considerando que a principal via de absorção dos HPA seja a alimentação, a incidência e a concentração desses compostos tende a diminuir durante a fase de emagrecimento dos animais, dada sua capacidade de metabolizar e excretar esses compostos, fazendo com que quanto pior o escore corporal, menor a incidência de HPA nos animais.

Em contraste com os mamíferos e as aves, as tartarugas são animais ectotérmicos, o que significa que sua temperatura corporal é regulada pelo ambiente externo, o que influencia no seu metabolismo. As maiores concentrações de HPA em animais magros do que em animais com melhor escore corporal podem estar relacionadas com o enriquecimento dos HPA em função do menor teor de gordura, diferentemente do que ocorre com mamíferos e aves. Em animais caquéticos, esse acúmulo pode não estar ocorrendo dada a metabolização de maior parte da gordura. Contudo não há estudos prévios disponíveis para embasar tal suposição.

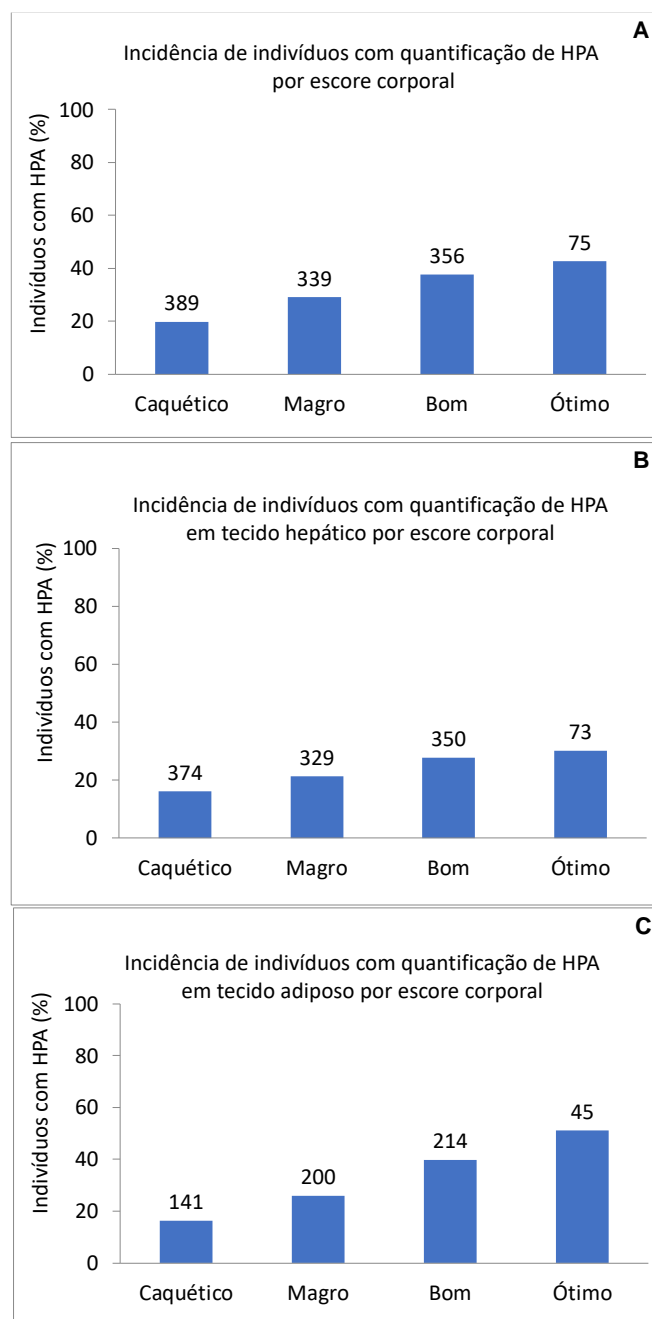


Figura 6.4-16. Incidência (%) de indivíduos (tartarugas) com quantificação de HPA por: (A) escore corporal considerando ambos os tecidos, (B) escore corporal considerando apenas o tecido hepático, (C) escore corporal considerando apenas o tecido adiposo. Os números sobre as barras representam o número total de indivíduos de cada escore corporal com tecido biológico analisado. A figura não contempla 1 indivíduo cujo escore corporal não foi determinado.

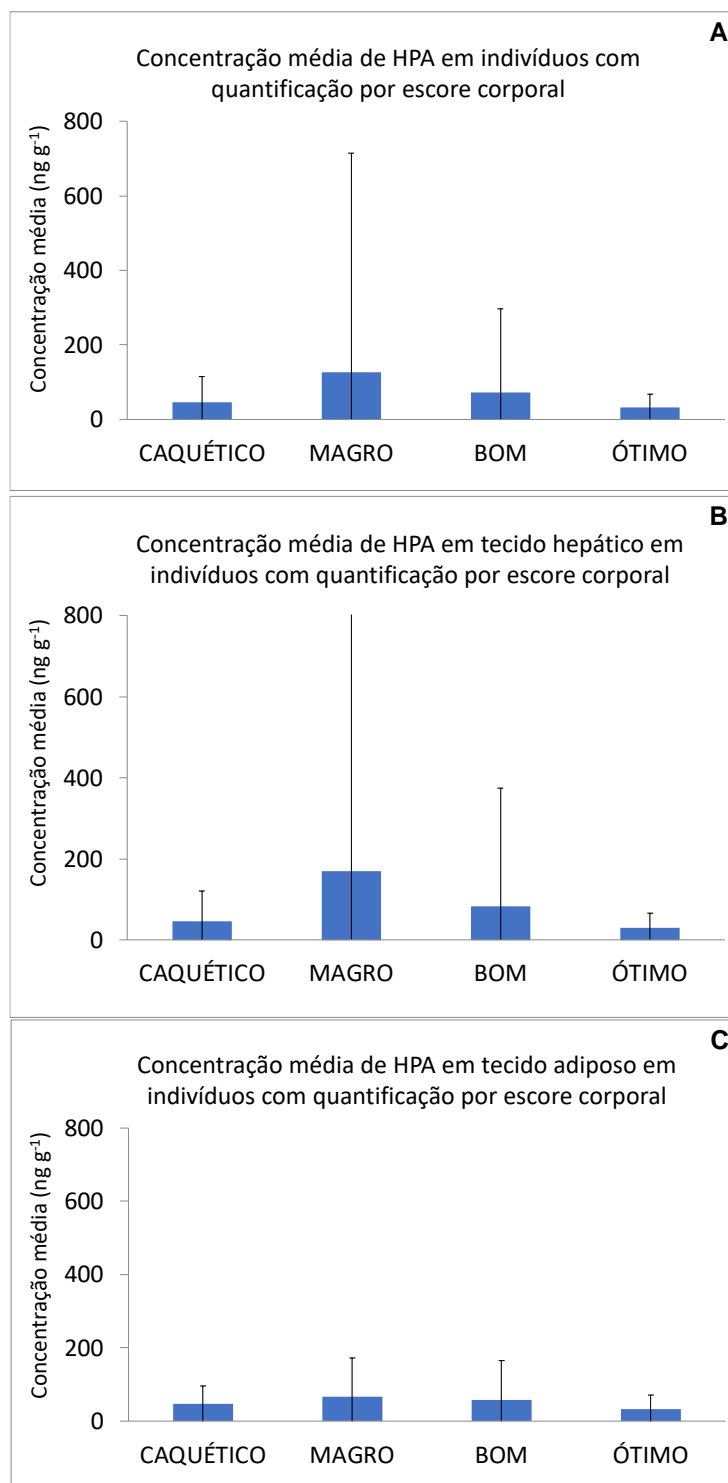


Figura 6.4-17. Concentração média de HPA em tartarugas com quantificação por: (A) escore corporal considerando ambos os tecidos, (B) escore corporal considerando apenas o tecido hepático, (C) escore corporal considerando apenas o tecido adiposo. As barras verticais representam o desvio padrão da concentração média.

A avaliação temporal da incidência de quantificação de HPA nas tartarugas e da concentração média ao longo dos anos, considerando todas as amostras analisadas, é apresentada na **Figura 6.4-18**. A maior incidência de quantificação de HPA ocorreu nas amostras extraídas de animais mortos no ano de 2018, quando foram quantificados HPA em 41% das amostras analisadas, enquanto a menor incidência ocorreu em amostras de animais mortos no ano de 2021, com HPA quantificados em 22% das amostras. Nas amostras extraídas de animais mortos em 2016 não foram quantificados HPA, contudo faz-se a ressalva de que foram coletadas apenas 9 amostras nesse ano (**Figura 6.4-18 A**). As concentrações médias nas amostras das tartarugas, considerando todas as amostras analisadas, é da ordem de $20 \pm 180 \text{ ng g}^{-1} \text{ pu}$. No ano de 2017 foi observada a maior concentração média de HPA nos tecidos, $44 \pm 352 \text{ ng g}^{-1} \text{ pu}$ e, em 2021, a menor concentração média, $5,5 \pm 14 \text{ ng g}^{-1} \text{ pu}$ (**Figura 6.4-18 B**).

Por fim, vale mencionar que não foi observado a presença de óleo em nenhuma das tartarugas necropsiadas para a coleta de amostras para a análise de HPA.

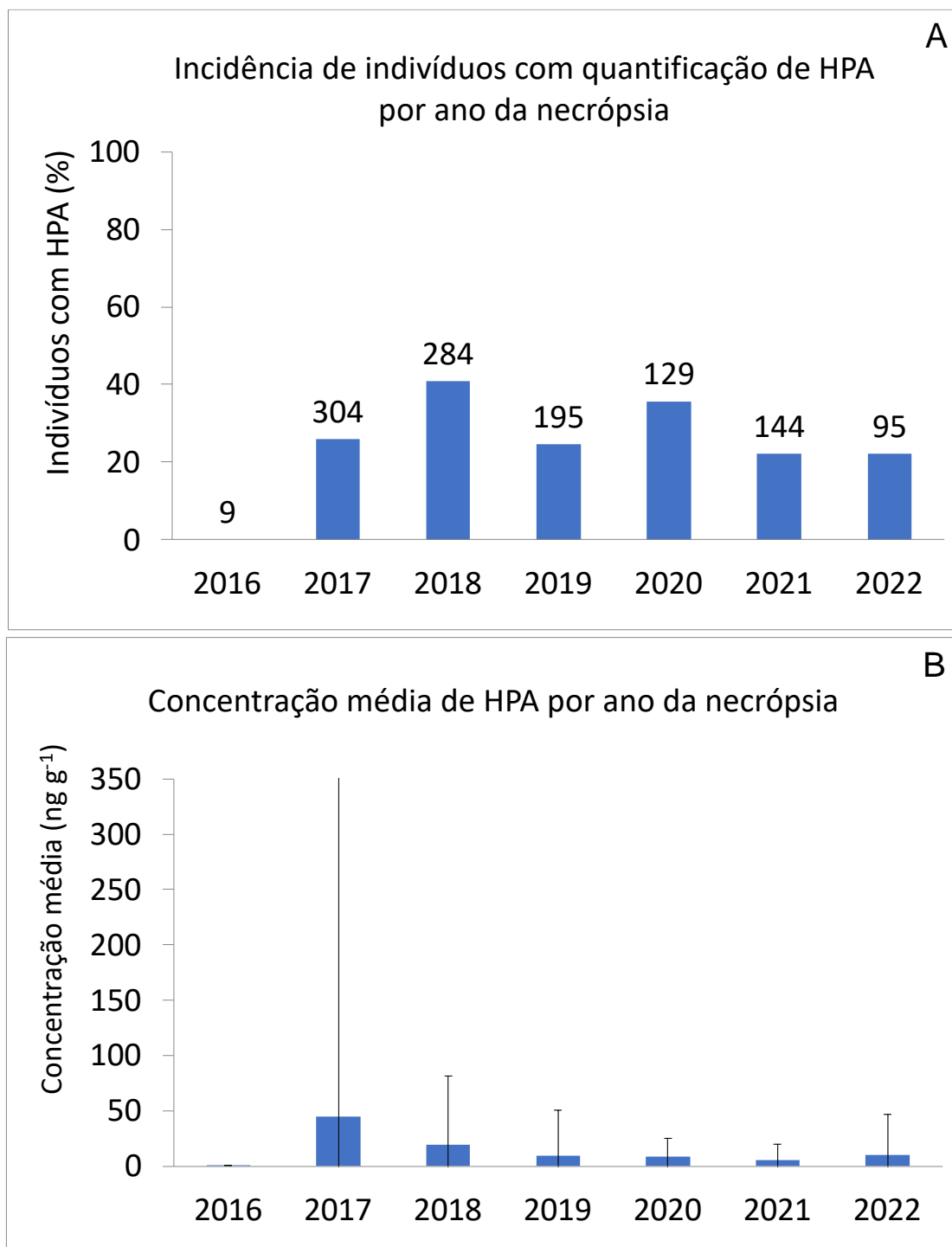


Figura 6.4-18. (A) Incidência (%) de tartarugas com quantificação de HPA por ano da necropsia. Os números sobre as barras representam o número total de indivíduos analisadas em cada ano. (B) Concentração média de HPA em tartarugas por ano da necropsia. As barras verticais representam o desvio padrão da concentração média.

6.5 CONSIDERAÇÕES

Este relatório apresenta os resultados de HPA em amostras do PMP-BS de animais necropsiados até dezembro de 2022.

Foram analisadas 4469 amostras do Projeto de Monitoramento de Praias da Bacia de Santos das quais 534 amostras de tecido de mamíferos marinhos obtidas de 283 indivíduos, 2208 amostras de tecidos de aves marinhas obtidas de 1992 indivíduos e 1727 amostras de tecidos de tartarugas marinhas coletas de 1160 indivíduos. Dentre todas estas amostras, houve quantificação de HPA em 31% das amostras de mamíferos, 25% das amostras de aves e 25% das amostras de tartarugas. Considerando a incidência nos indivíduos, foram quantificados HPA em 45% dos mamíferos, 26% das aves e 30% tartarugas analisadas.

Uma vez que foram quantificados HPA em aproximadamente 26% das amostras do PMP-BS, as concentrações médias dos compostos, são baixas, conforme descrito a seguir.

	*Média Σ HPA \pm Desvio Padrão (ng g ⁻¹ - peso úmido)	
	Tecido Hepático	Tecido Adiposo
Mamíferos	20 \pm 97	44 \pm 199
Aves	20 \pm 204	16 \pm 33
Répteis (tartarugas)	22 \pm 220	17 \pm 59

* para as amostras com concentração inferior ao LD ou LQ foi atribuído o valor da metade do respectivo limite para o cálculo da média e do desvio padrão

Observou-se a predominância HPA leves, de 2 e 3 anéis aromáticos, principalmente naftaleno, em praticamente todas essas amostras em que foram quantificados HPA. Apesar da predominância de HPA leves, o perfil de distribuição dos HPA não coincide com um perfil de distribuição de HPA petrogênicos, dada a ausência de HPA alquilados como os alquil-naftalenos, alquil-fenantrenos e ausência dos dibenzotiofenos.

Para os mamíferos não foi observada relação entre o local de encalhe do animal e a incidência de HPA nos tecidos. Já para as aves, as maiores incidências ocorreram nos trechos 5 e 6 e para as tartarugas nos trechos 6 e

7. Esses trechos compreendem desde o litoral norte de SC até o litoral sul de SP.

Entre os diferentes tetrápodes marinhos não foi observada diferença nas concentrações de HPA em uma ou outra espécie dentro de cada grupo uma vez que não foram detectados HPA na maior parte das amostras. Da mesma forma não se observou diferenciação na concentração de HPA quando os animais foram agrupados por estágio de desenvolvimento.

Para as 3 classes de tetrápodes observou-se uma maior incidência de HPA em tecido adiposo do que em tecido hepático, contudo isso não caracterizou uma preferência de acumulação, visto que as concentrações em ambos os tecidos foram próximas quando os HPA foram quantificados em ambos os tecidos dos mesmos animais. Agrupando-se os animais pelo sexo, em mamíferos e tartarugas houve maior incidência de HPA em machos, enquanto para as aves a incidência foi semelhante.

Quando os animais foram agrupados pelo escore corporal, verificou-se que, no tecido hepático dos mamíferos, houve uma maior incidência de HPA em indivíduos com escore corporal bom e menor em indivíduos caquéticos, já para o tecido adiposo houve uma tendência de maior incidência de HPA em indivíduos com pior escore corporal. Pode-se aventar que a maior incidência e a maior concentração de HPA em tecido adiposo com a piora do escore corporal esteja ligada à metabolização diferenciadas das diferentes camadas de gorduras dos mamíferos. O emagrecimento do animal pode estar promovendo a concentração de HPA na gordura remanescente do animal.

Nas aves e tartarugas houve uma tendência de maior incidência de HPA em indivíduos com melhor escore corporal em ambos os tecidos. Supõe-se que a maior incidência e a maior concentração de HPA em animais com melhor escore corporal esteja relacionada com a capacidade de metabolização dos HPA pelas aves e tartarugas. Considerando que a principal via de absorção dos HPA seja a alimentação, a incidência e a concentração desses compostos tende a diminuir durante a fase de emagrecimento dos animais, dada sua capacidade de metabolizar e excretar esses compostos, fazendo com que quanto pior o escore corporal, menor a incidência e menor a concentração de HPA nos organismos. Ao contrário dos mamíferos, as aves e

tartarugas praticamente não mantem uma camada de gordura quando em privação alimentar.

Considerando a evolução temporal da incidência de HPA nos animais, não se observa nenhum tipo de tendência de aumento ou redução na incidência ao longo do tempo para nenhuma classe de tetrápode, sugerindo uma flutuação natural de ano para ano.

6.6 REFERÊNCIAS – HPA

BAKHTIARI, R.A.; ZAKARIA, M.P.; RAMIN, M.; YAZIZ, M.I.; LAJIS, M.N.H.; BI, X. 2010. Characterization of perylene in tropical environment: comparison of new and old fungus comb for identifying perylene precursor in *Macrotermes gilvus* termite nests of Peninsular Malaysia. *Environment Asia* 3, 13-19.

BALDASSIN, P.; TANIGUCHI, S.; GALLO, H.; MARANHO, A.; KOLESNIKOVAS, C.; AMORIM, D.B.; MANSILLA, M.; NAVARRO, R.M.; TABELA, L.C.; BÍCEGO, M.C.; MONTONE, R.C. 2016. Persistent organic pollutants in juvenile Magellanic Penguins (*Spheniscus magellanicus*) in South America. *Chemosphere* 149, 391-399.

BJORSETH, A. 1983. Handbook of Polycyclic Aromatic hydrocarbons: Emission source and recent progress in analytical chemistry. CRC, New York, 719p

BROMAN, D.; NAUF, C.; LUNDBERGH, I.; ZEBUHR, Y. 1990. An in situ study on the distribution, biotransformation and flux of polycyclic aromatic hydrocarbons (pahs) in an aquatic food chain (seston-Mytilus edulis-Somateria mollissima L.) from the baltic: An ecotoxicological perspective. *Environmental Toxicology and Chemistry* 9, 429-442.

COLABUONO, F.I.; TANIGUCHI, S.; PETRY, M.V.; MONTONE, R.C. 2014. Organochlorine contaminants and polybrominated diphenyl ethers in eggs and embryos of Antarctic birds. *Antarctic Science* 27, 355–361.

COLABUONO, F.I.; VANDER POL, S.S.; HUNCIK, K.M.; TANIGUCHI, S.; PETRY, M.V.; KUCKLICK, J.R.; MONTONE, R.C. 2016. Persistent organic pollutants in blood samples of Southern Giant Petrels (*Macronectes giganteus*) from the South Shetland Islands, Antarctica. *Environmental Pollution* 216, 38-45.

GÓMEZ-CAMPOS, E., BORRELL, A., CORREAS, J., AGUILAR, A. 2015. Topographical variation in lipid content and morphological structure of the blubber in the striped dolphin. *Sci. Mar.* 79, 189-197.

HYLLAND, K. 2006. Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) ecotoxicology in marine ecosystems. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A* 69, 109-123.

JONSSON, G.; BECHMANN, R.K.; BAMBER, S.D.; BAUSSANT, T. 2004. Bioconcentration, biotransformation and elimination of polycyclic aromatic hydrocarbons in sheepshead minnows (*Cyprinodon variegatus*) exposed to contaminated seawater. *Environmental Toxicology and Chemistry* 23, 1538-1548.

LAVANDIER, R.; ARÊAS, J.; QUINETE, N.; MOURA, J.F.; TANIGUCHI, S.; MONTONE, R.C.; SICILIANO, S.; MOREIRA, I. 2016. PCB and PBDE levels in a highly threatened dolphin species from the Southeastern Brazilian coast. *Environmental Pollution* 208, 442-449.

LOURENÇO, R.A.; TANIGUCHI, S.; SILVA, J.; DIAS, P.S.; BÍCEGO, M.C. 2019. Comparação entre técnicas de extração de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em tecidos hepático e adiposo de tetrápodes marinhos e avaliação da heterogeneidade dos tecidos. *Química Nova*, 42(2), 197-205. DOI: 10.21577/0100-4042.20170327

MAGALHÃES, C.A.; TANIGUCHI, S.; LOURENÇO, R.A.; MONTONE, R.C. 2017. Organochlorine pesticides, PCBs, and PBDEs in liver and muscle tissues of *Paralichthys brasiliensis*, *Trichiurus lepturus* and *Cathorops spixii* in Santos Bay and surrounding area, São Paulo, Brazil. *Regional Studies in Marine Science* 16, 42-48

MCELROY, A.E.; FARRINGTON, J.W.; TEAL, J.M. 1989. Bioavailability of polycyclic aromatic hydrocarbons in the aquatic environment, in Varanasi, U.; ed.; *Metabolism of polycyclic aromatic hydrocarbons in the aquatic environment*: Boca Raton, Florida, CRC Press, p. 1-39.

MEADOR J.P.; STEIN, J.E.; REICHERT, W.L.; VARANASI, U. 1995. Bioaccumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons by marine organisms. In: Ware, G.W. (Ed.), *Reviews Environmental Contamination and Toxicology*. Springer-Verlag, New York, pp. 79–165.

MÉNDEZ-FERNANDEZ, P.; GALLUZZI, P.P.; TANIGUCHI, S.; SANTOS, M.C.O.; MONTONE, R.C. 2016. Validating the use of biopsy sampling in contamination assessment studies of small cetaceans. *Marine Pollution Bulletin* 107, 364-369.

MONTONE, R.C.; TANIGUCHI, S.; COLABUONO, F.I.; MARTINS, C.C.; CIPRO, C.V.Z.; BARROSO, H.; SILVA, J.; BÍCEGO, M.C.; WEBER, R.R. 2016. Persistent organic pollutants and polycyclic aromatic hydrocarbons in penguins of the genus *Pygoscelis* in Admiralty Bay - An Antarctic specially managed area. *Marine Pollution Bulletin* 15, 377-382.

NEFF, J.M. 1979. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the aquatic environment: Sources, fates, and biological effects: London, UK, Applied Science Publishers, 262p.

NEFF, J.M. 2002, Bioaccumulation in marine organisms. Effect of contaminants from oil well produced water: Amsterdam, Elsevier Science Publishers, 452p.

NRC. 2003. Oil in the Sea III: Inputs, Fates, and Effects Committee on Oil in the Sea: Inputs, Fates, and Effects. National Research Council. 265p

SANSEVERINO, A.M.; MENICONI, M.F.G. 2014. Avaliação de metodologias analíticas e teores de HPA em baleias, golfinhos, aves e tartarugas marinhas: atendimento ao licenciamento do polo pré-sal da Bacia de Santos – etapa 2. RT AMA 024/2014. Rio de Janeiro, PETROBRAS/CENPES 19 p.

SANSEVERINO, A.M.; MENICONI, M.F.G. 2015. Avaliação de metodologias analíticas e teores de HPA em pinípedes e sirênios: atendimento ao licenciamento do polo pré-sal da Bacia de Santos – etapa 2. RT AMA 020/2015. Rio de Janeiro, PETROBRAS/CENPES, 2015. 41 p.

SKUPIŃSKA K.; MISIEWICZ I.; KASPRZYCKA-GUTTMAN T. 2004. Polycyclic aromatic hydrocarbons: physicochemical properties, environmental appearance and impact on living organisms. Acta Poloniae Pharmaceutica 61, 233–240.

STOUT, S.A.; UHLER, A.D.; MACCARTHY, K.J.; EMSBO-MATTINGLY, S.D. 2002. Chemical fingerprinting of hydrocarbons. In: Introduction to environmental forensics, Editors: Murphy, B.L. and Morrisson, R.D.; San Diego, California, EUA, Academic Press.

STOUT, S.A.; WANG, Z. 2007. Chemical fingerprinting of spilled or discharged petroleum methods and factors affecting petroleum fingerprints in the environment. Oil spill Environmental Forencics - Fingerprinting and Source Identification: San Diego, CA, EUA, Academic Press Elsevier.

TAKEUCHI, I.; MIYOSHI, N.; MIZUKAWA, K.; TAKADA, H.; IKEMOTO, T.; OMORI, K.; TSUCHIYA, K. 2009. Biomagnification profiles of polycyclic aromatic hydrocarbons, alkylphenols and polychlorinated biphenyls in Tokyo Bay elucidated $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ isotope ratios as guide to trophic web structure. Marine Pollution Bulletin 58, 663-671.

UNEP/IOC/IAEA. 1992. Determination of petroleum hydrocarbons in sediments. Reference methods for marine pollution studies. No 20 UNEP. Monaco 75p.

WADE T.L.; CANTILLO, A.Y. 1994. NOAA Technical Memorandum NOS ORCA 77. Use of standards and reference materials in the measurement of chlorinated hydrocarbons residues. Chemistry Workbook 1994. National Status

and Trend Program for Marine Environmental Quality, NOAA, Silver Spring, 1994.

WAN, Y.; JIN, X.; HU, J., JIN, F. 2007. Trophic dilution of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in a marine food web from Bohai Bay, north China. Environmental Science and Technology 41, 3109-3114

WEBSTER, L.; SHEPHERD, N.; RUSSELL, M.; PACKER, G.; DALGARNO, E.J.; NEAT, F. 2017. Monitoring of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in Scottish deepwater environments (MoreDeep). Scottish Marine and Freshwater Science Vol. 8 No 9, 18pp.

WILCKE, W.; AMELUNG, W.; KRAUSS, M.; MARTIUS, C.; BANDEIRA, A.; GARCIA, M.V.B. 2003. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) patterns in climatically different ecological zones in Brazil: Organic Geochemistry 34, 1405-1417.

ZAEFARIAN, F.; ABDOLLAHI, M.R.; COWIESON, A.; RAVINDRAN, V. 2019. Avian liver: The forgotten organ. Animals 9, 63.

YUNKER, M.B.; MACDONALD, R.W.; VINGARZAN, R.; MITCHELL, R.H. GOYETTE, D.; SYLVESTRE, S. 2002. PAHs in the Fraser River basin: a critical appraisal of PAH ratios as indicators of PAH source and composition. Organic Geochemistry 33, 489–515.

7. ELEMENTOS TRAÇO

7.1 INTRODUÇÃO

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 Projeto de Monitoramento de Praias da Bacia de Santos (PMP-BS), executado pela PETROBRAS para atendimento de condicionantes ambientais das licenças de operação de suas atividades de E&P na Bacia de Santos. Estas amostras são obtidas de carcaças de animais encontrados mortos (aves, quelônios e mamíferos marinhos) em estágio 2 de decomposição ao longo da área de monitoramento. Os valores para cetáceos, quelônios, aves marinhas e pinípedes 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.

Elemento	Cetáceos	Pinípedes	Quelônios	Aves marinhas
	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 território brasileiro no mesmo período (2006 a 2016), as espécies mais recorrentes nos estudos foram *Pontoporia blainvillei* e *Sotalia guianensis*, entre os cetáceos, e *Chelonia mydas*, entre quelônios marinhos. Em relação a aves marinhas, foram realizados estudos no período considerado com as espécies *Spheniscus magellanicus*, *Puffinus gravis*, *Onychoprion fuscatus*, *Pterodroma arminjoniana* e *Anous stolidus*.

O presente estudo visa a determinação de 12 elementos traço em tecido hepático de tetrápodes marinhos (e.g. cetáceos, quelônios e aves) encontrados encalhados ou arribados na costa brasileira (de Laguna/SC até Saquarema/RJ) e recolhidos pelo Projeto de Monitoramento de Praias da Bacia de Santos (PMP-BS). O PMP-BS foi iniciado em agosto/2015 nos Estados de SC, PR e SP e em setembro/2016 no Estado do Rio de Janeiro. As amostras de tecido hepático para análise de elementos traço foram coletadas e armazenadas pelas instituições responsáveis pela execução do monitoramento até que a UNESP fosse contratada para analisá-las, o que ocorreu em 09/2016. No item 7.3 (Resultados) apresentam-se as 56 espécies amostradas (total de 3193 indivíduos) e os locais de amostragem (total de 15 trechos). A espécie com maior número de indivíduos amostrados, dentre os

quelônios marinhos, foi *Chelonia mydas* (n=1117) e *Caretta caretta* (n=59); dentre as aves marinhas foram *Spheniscus magellanicus* (n=1005), *Larus dominicanus* (n=229), *Sula leucogaster* (n = 151), *Phalacrocorax brasilianus* (n= 99), *Fregata magnificens* (n = 69) e *Thalassarche melanophris* (23); dentre os cetáceos foram *Pontoporia blainvillei* (n = 130), *Sotalia guianensis* (n= 107); dentre os pinípedes foi o *Arctocephalus australis* (n = 34). Em virtude do número de amostras coletadas e da necessidade de um n amostral mínimo necessário para os tratamentos estatísticos, os gráficos e as análises estatísticas foram realizados apenas para as espécies com n amostral igual ou maior a 20 indivíduos coletados. Com este critério, a partir do 4º Relatório Técnico Anual de Quantificação, Avaliação e Interpretação de Resultados de Elementos Traços em Amostras Biológicas de Tetrápodes Marinhos, mais duas espécies foram incorporadas às análises estatísticas, *Caretta caretta* e *Fregata magnificens*, totalizando 10 espécies a diferença das 8 espécies analisadas estatisticamente no 3º Relatório Técnico Anual de Quantificação, Avaliação e Interpretação de Resultados de Elementos Traços em Amostras Biológicas de Tetrápodes Marinhos. Para o Relatório Técnico Anual Integrado – 01/01/2021 a 31/12/2021 não houve novas espécies que atendessem ao critério estabelecido do n amostral mínimo para tratamento estatístico, já para o presente Relatório Técnico Anual Integrado – 01/01/2022 a 31/12/2022 foram incorporadas às análises estatísticas a espécie de aves *Thalassarche melanophris*, com 23 indivíduos amostrados entre os anos 2016 e 2022.

No presente relatório, o número de indivíduos amostrados, para estas dez espécies analisadas estatisticamente, representou 94,7% de todos os tetrápodes coletados.

Neste relatório são apresentados os resultados obtidos no período de dezembro de 2016 a dezembro de 2022. No item 7.2.1 são apresentados os 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. No item 7.3 são apresentados os resultados e a análise estatística. Nos itens 7.4 e 7.5 são apresentadas as discussões e considerações, respectivamente.

7.2 MÉTODOS

7.2.1 Recebimento, Preparo e Preservação das Amostras

Recebimento e Reamostragem

Após o recebimento e verificação dos respectivos documentos de custódia, todas as amostras encaminhadas ao Centro de Estudos Ambientais da UNESP (CEA/UNESP) foram prontamente armazenadas em ultra freezer (-80 °C).

Até 31/12/2022, foram recebidas 4137 amostras de Tetrápodes Marinhos (inclui: tecido hepático, rim, pele, pena, músculo e outros) provenientes do PMP-BS.

Apresentam-se na **Tabela 7.2-1** detalhes das amostras recebidas até dezembro de 2022.

Tabela 7.2-1. Descrição do número de amostras recebidas no CEA-Unesp desde o início do projeto e as diferentes instituições responsáveis pelo envio destas amostras.

<i>Período</i>	<i>Projeto PMP-BS</i>	<i>Instituição</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Total</i>
12/2016 a 08/2019	FASE 1	Univali	1888	2151
	FASE 2	CTA	263	
09/2019 a 09/2021	ÁREA RJ		202	1211
	ÁREA SP		484	
	ÁREA SC/PR		525	
10/2021 a 12/2022	ÁREA RJ		88	775
	ÁREA SP		290	
	ÁREA SC/PR		397	

A partir de maio de 2017 foi estabelecida uma série histórica dos dados obtidos (média móvel \pm desvio-padrão, para cada um dos elementos traço) utilizando o software TIBCO Spotfire, sendo que em junho de 2020 ocorreu a migração, sem prejuízos, para o Microsoft Power BI. Visando garantir a qualidade dos resultados foram considerados como laudos aprovados aqueles que seus resultados ficaram dentro do intervalo média móvel \pm 2 desvios-

padrão. Para resultados superiores ou inferiores ao intervalo (média móvel ± 2 desvios-padrão) foi realizada uma nova análise (análise confirmatória). Quando os resultados foram confirmados na análise confirmatória, o laudo foi aprovado com os resultados da análise confirmatória. Quando os resultados foram diferentes na análise confirmatória, uma terceira análise foi realizada (para confirmação da segunda análise). Confirmada a terceira análise, os resultados foram alterados no respectivo laudo (laudo aprovado).

Do total de 3193 laudos enviados para avaliação da Petrobras até a dezembro de 2022, aguarda-se avaliação da Petrobras de 483 laudos. Dos 3193 Laudos, 748 tiveram suas reanálises solicitadas, dos quais 675 já foram aprovados e validados e aguarda-se a avaliação de 73 laudos de análise confirmatória. Desta forma, para a análise estatística foram considerados os dados contidos nos laudos de 0001/2017 a 3193/2022.

Do total de 4137 amostras de tecido hepático recebidas até 31/12/2022, 132 amostras foram coletadas com faca de inox, bisturi ou foram acondicionadas em recipientes inadequados. Para estas amostras foi necessário a reamostragem com faca de cerâmica e tábua de vidro. O procedimento de reamostragem consistiu na remoção de uma fina camada superficial da amostra, o qual foi realizado em uma capela de fluxo laminar. Desta forma, assegurou-se a qualidade das análises. Entretanto, cabe salientar que as 132 amostras de tecido hepático coletadas com faca de aço inox, foram coletadas no início do projeto quando ainda não tinham sido completadas as capacitações do pessoal responsável pela amostragem.

O número de amostras que necessitaram de reamostragem com faca de cerâmica correspondem a 3,2% do total analisado. Após a conclusão dos treinamentos das equipes de coleta não foram recebidas mais amostras manipuladas com faca de inox, em comparação aos dados de anos anteriores, esta porcentagem diminuiu consideravelmente.

Pré-tratamento, Fracionamento e Preservação das Amostras

Amostras de tecido hepático com massa mínima de 3 g oriundas de aves com massa corpórea total inferior a 500 g encaminhadas ao Centro de Estudos

Ambientais da UNESP foram primeiramente identificadas e relacionadas (planilha Excel e Relatórios Mensais) para a Petrobras. Após triagem realizada pela Petrobras e constatação de que estas amostras atenderam aos critérios estabelecidos pela Petrobras na revisão 4 do Protocolo 8 – Coleta, armazenamento e envio de amostras para análises de elementos traços, HPA, biomarcadores e fingerprint do PMP-BS (massa inferior a 10 g), as amostras selecionadas para análise (28 amostras do total analisado), foram maceradas e em seguida divididas em duas partes. Uma parte contendo no mínimo 1,25 g de amostra *in natura* foi liofilizada e destinada à análise de V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, As, Mo, Cd, Ba e Pb. Uma segunda parte, contendo no mínimo 1 g de amostra *in natura*, foi destinada para análise de Hg. Durante o processamento (maceração e pesagem) estima-se uma perda que pode variar entre 0,3 e 0,5 g da amostra. Levando em consideração os valores mínimos necessários para as análises, nesta condição, se necessário, não é possível realizar análise confirmatória. Mesmo estando os resultados fora do intervalo média ± 2 desvios-padrão, mantem-se os dados da primeira análise.

As amostras com quantidade aproximada de 10 g de tecido hepático de tetrápodes marinhos encaminhadas ao Centro de Estudos Ambientais da UNESP para análise de elementos traço, depois de reamostradas, quando necessário, foram maceradas e homogeneizadas (com grau e pistilo de plástico), sendo então, subdivididas em três partes. Uma parte, contendo no mínimo 5 g de amostra *in natura* foi liofilizada, sendo parte da amostra seca (0,175 g) destinada à análise de As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba e V, e o restante armazenado em tubos de centrífuga de polipropileno (PP) dentro de dessecadores (no caso de necessidade de análise confirmatória ou evidência de erros analíticos nas determinações dos mencionados analitos). Uma segunda parte, contendo no mínimo 1 g *in natura*, foi destinada a análise de Hg. A terceira fração, contendo a massa restante da amostra *in natura* (essa quantidade variou de acordo com a massa de amostra recebida), foi devidamente armazenada em tubos de centrífuga de polipropileno (PP) em ultrafreezer a -80 °C para os casos de necessidade de análise confirmatória ou evidência de erros analíticos nas determinações.

7.2.2 Métodos de Análise Química

Tratamento das Amostras

Liofilização

Após o processo de pré-tratamento a fração da amostra destinada a 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 5g) e, posteriormente, introduzi-la congelada (aproximadamente -80 °C) em um liofilizador (*Alpha 1-2 Ldplus—Christ*, **Figura 7.2-1**). A liofilização foi conduzida nas seguintes condições: temperatura (-40 °C) e pressão (0,11 mbar) 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.

Para amostras com massa mínima de 3 g, oriundas de aves com massa corpórea total inferior a 500 g, destinada à análise de V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, As, Mo, Cd, Ba e Pb, após pré-tratamento, uma fração contendo no mínimo 1,25 g de amostra *in natura* foi submetida ao processo de liofilização. O processo de liofilização e determinação do teor de umidade foi realizado seguindo as mesmas condições descritas no parágrafo anterior.

Ao final da liofilização a amostra seca foi novamente macerada e então acondicionada em frasco de plástico (previamente descontaminados com HNO₃ 10 % V/V). Após acondicionamento, a amostra foi armazenada em dessecador pressurizado, até ser submetida ao procedimento de digestão.



Figura 7.2-1. Liofilizador utilizado para secagem das amostras.

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 baseado no protocolo EPA 3051, utilizando digestores de amostra assistido por micro-ondas *Speedwave four SW4–Berghof–Alemanha* (**Figura 7.2-2**) e *Ethos Easy–Milestone MLS– Itália*, equipado com um rotor com capacidade para 44 frascos(TFM), projetados para trabalhos com pressão máxima de 35 bar, temperatura máxima de 300 °C e volume de 100 mL (**Figura 7.2-3**).

A utilização do micro-ondas *Ethos Easy* foi iniciada em fevereiro de 2019. Para isso, foram necessárias algumas adaptações no procedimento de digestão das amostras para as análises por espectrometria de massas com plasma acoplado indutivamente (ICP-MS).

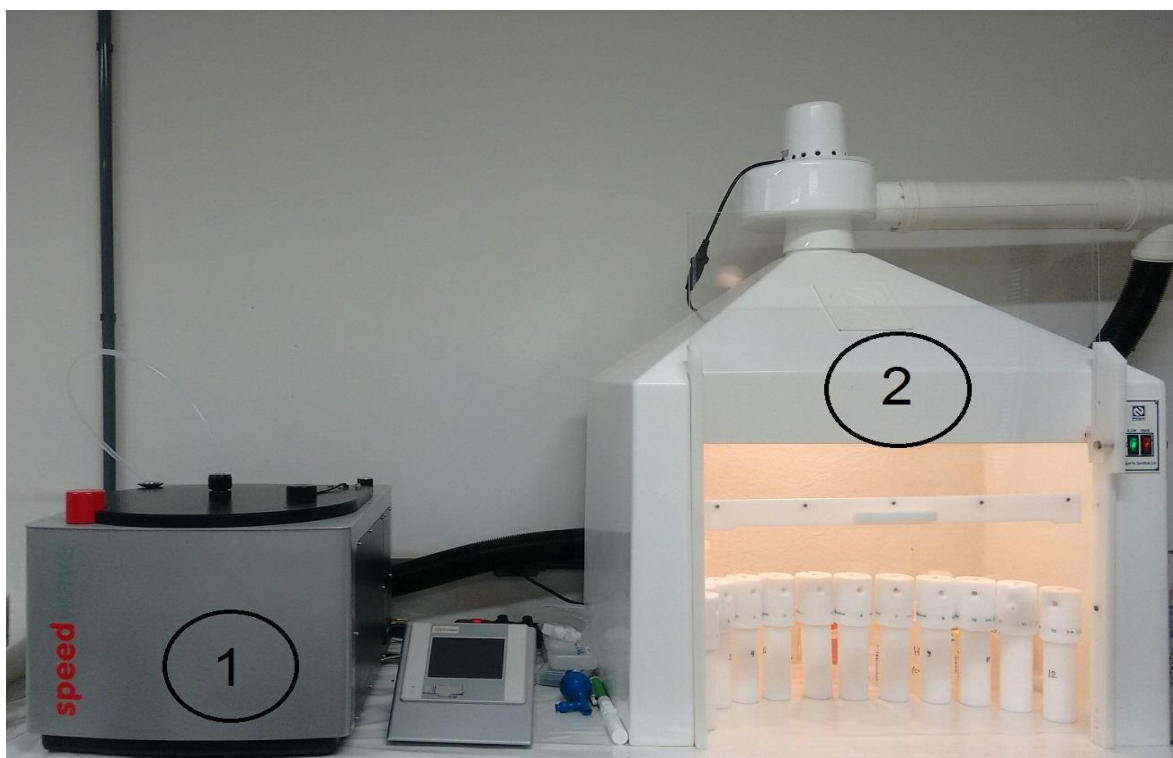


Figura 7.2-2. Digestor micro-ondas (1) e capela de exaustão (2) usados na digestão e preparo das amostras.

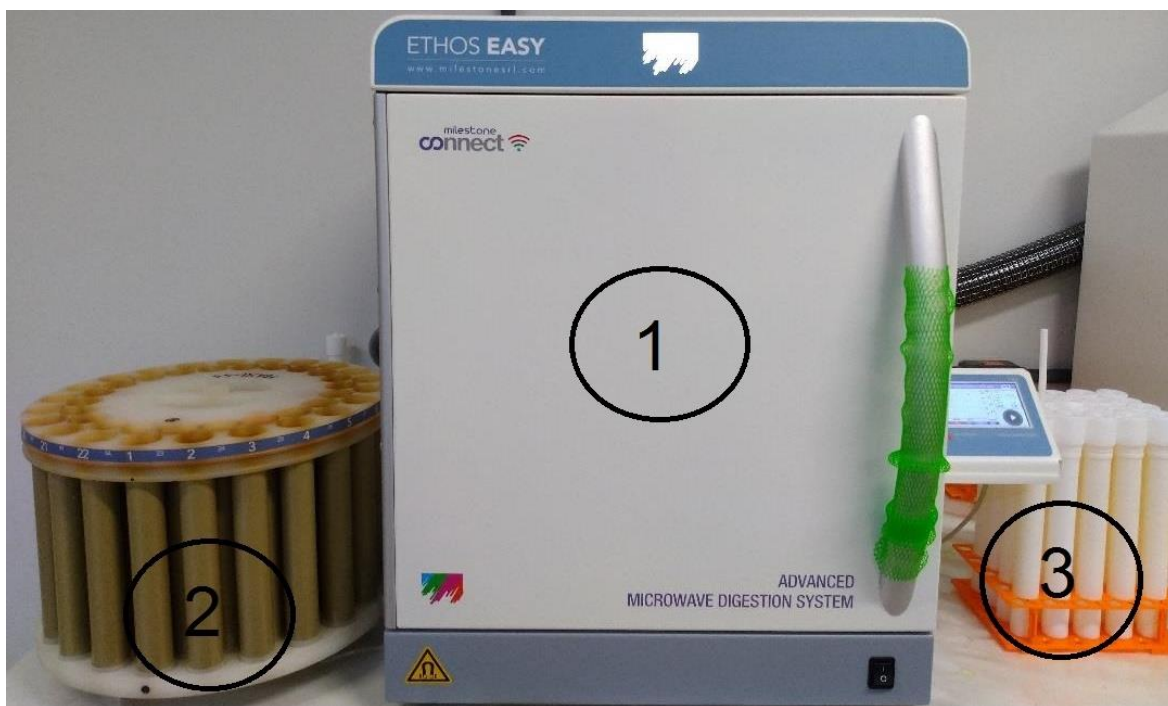


Figura 7.2-3. Digestor micro-ondas (1), rotor de 44 frascos(2) e frascos (3) usados na digestão e preparo das amostras.

Speedwave four SW4–Berghof

Antes da digestão, o interior dos frascos de teflon do digestor foi descontaminado utilizando 15 mL de HNO_3 concentrado. O método consistiu em aquecer os frascos contendo o ácido elevando a temperatura à 170 °C em 5 minutos e permanecendo nesta temperatura por 5 minutos. Em seguida os frascos foram aquecidos a 200 °C em 1 minuto, e a temperatura mantida constante por 15 minutos. Durante o aquecimento, a potência máxima foi 90% da capacidade do equipamento (aproximadamente 1100 W) e a pressão máxima em cada frasco não foi superior a 35 bar. Posteriormente, os frascos foram lavados de 3 a 5 vezes com água ultrapura grau 1. O procedimento foi repetido utilizando 15 mL de água ultrapura grau 1.

Após a limpeza, foi pesado 175 mg da amostra liofilizada (balança analítica), sendo essa massa transferida ao frasco de digestão. Em seguida foi adicionado 5 mL de HNO_3 concentrado (bidestilado abaixo do ponto de ebulição) ao frasco contendo a amostra. Visando uma pré-digestão e consequente homogeneização do material em cada frasco, ácido e amostra

permaneceram em contato por 10 minutos em temperatura ambiente. Em seguida, os frascos contendo amostra e ácido foram fechados e inseridos no digestor.

Na primeira etapa do procedimento de digestão, as temperaturas das amostras foram elevadas à 170 °C em 10 minutos, permanecendo nesta temperatura por 5 minutos. Nesta etapa, a potência utilizada no digestor não foi superior a 80% da capacidade do equipamento (aproximadamente 980 W) e a pressão máxima nos frascos foi de 30 bar. Na segunda etapa, a temperatura foi elevada à 200 °C em 3 minutos e mantida constante durante 20 minutos. Nesta etapa, a potência máxima utilizada no digestor micro-ondas foi de 90% (aproximadamente 1100 W). Finalmente, as amostras foram resfriadas no interior do equipamento durante 10 minutos.

Ethos Easy– Milestone MLS

Antes da digestão, o interior dos frascos de teflon do digestor foi descontaminado utilizando 15 mL de HNO₃ concentrado. O método consistiu em aquecer os frascos contendo o ácido elevando a temperatura à 170 °C em 5 minutos e permanecendo nesta temperatura por 5 minutos. Em seguida os frascos foram aquecidos a 200 °C em 1 minuto, e a temperatura mantida constante por 15 minutos. Durante o aquecimento, a potência máxima foi de 100% da capacidade do equipamento (aproximadamente 1800 W) e a pressão máxima em cada frasco não foi superior a 35 bar. Posteriormente, os frascos foram lavados de 3 a 5 vezes com água ultrapura grau 1. O procedimento foi repetido utilizando 15 mL de água ultrapura grau 1.

Após a limpeza, foi pesado 175 mg da amostra liofilizada (balança analítica), sendo essa massa transferida ao frasco de digestão. Em seguida foi adicionado 8 mL de HNO₃ concentrado (bidestilado abaixo do ponto de ebulição) ao frasco contendo a amostra. Visando uma pré-digestão e consequente homogeneização do material em cada frasco, ácido e amostra permaneceram em contato por 10 minutos em temperatura ambiente. Em seguida, os frascos contendo amostra e ácido foram fechados e inseridos no digestor.

Na primeira etapa do procedimento de digestão, as temperaturas das amostras foram elevadas à 170 °C em 10 minutos, permanecendo nesta temperatura por 5 minutos. Na segunda etapa, a temperatura foi elevada à 200 °C em 3 minutos e mantida constante durante 20 minutos. Em todas as etapas de aquecimento, a potência utilizada no digestor foi 100% da capacidade do equipamento (aproximadamente 1800 W) e a pressão máxima nos frascos foi de 35 bar. Finalmente, as amostras foram resfriadas no interior do equipamento durante 10 minutos.

Diluição do extrato

Independente do modelo do digestor micro-ondas utilizado, o procedimento de diluição do extrato empregado foi mantido. Ainda que o teor de ácido seja 2% maior quando utilizado o digestor Ethos Easy em relação ao procedimento de digestão utilizado o digestor Speedwave four, os valores de brancos, LD e LQ foram mantidos para a determinação de elementos traço por ICP-MS.

O extrato digerido da amostra foi transferido quantitativamente aos tubos de centrífuga de 50 mL (previamente descontaminados com HNO₃ 10% V/V e pesados). A transferência quantitativa dos digeridos para os tubos de centrífuga foi conduzida lavando-se os frascos de digestão de 3 a 5 vezes com água ultrapura grau 1 e o volume final ajustado para 50 mL. Para obter exatidão no processo de diluição, a massa final do extrato foi pesada utilizando balança analítica. Por fim, o digerido foi dividido em três pseudo-réplicas a partir de uma nova diluição, onde foram transferidos 5 mL do digerido da amostra, e o volume ajustado para 15 mL com água ultrapura grau 1. De modo semelhante ao realizado para o digerido concentrado, para se obter as pseudo-réplicas, as diluições foram pesadas utilizando balança analítica (massa do digerido concentrado e massa final das pseudo-réplicas). Posteriormente, os digeridos diluídos (pseudo-réplicas) foram analisados por espectrometria de massas com plasma acoplado indutivamente (ICP-MS).

Digestão das Amostras para Determinação de Hg

Conforme descrito acima, a partir de fevereiro de 2019 foi iniciado a utilização do micro-ondas *Ethos Easy* para a digestão das amostras. Desta forma, foram necessárias algumas adaptações nos procedimentos de digestão e diluição das amostras para as análises por espectrometria de fluorescência atômica com geração de vapor frio (CVAFS).

Speedwave four SW4–Berghof

O procedimento de descontaminação dos frascos de teflon para digestão das amostras para determinação de Hg foi semelhantemente aos procedimentos descritos acima.

Posterior a descontaminação, cerca de 1 g de amostra úmida (*in natura*) foi transferida para os frascos de digestão previamente descontaminados. Em seguida, foram adicionados 2 mL HNO₃ (concentrado) e 6mL de HCl (concentrado), ambos bidestilados abaixo do ponto de ebulição e mantidos em pré-digestão (*overnight*). Após período de pré-digestão, os frascos contendo amostra e ácidos foram fechados e inseridos no digestor.

Na primeira etapa do procedimento de digestão, as temperaturas das amostras foram elevadas à 170 °C em 17 minutos, permanecendo nesta temperatura por 5 minutos. Nesta etapa, a potência utilizada no digestor não foi superior a 80% da capacidade do equipamento (aproximadamente 980 W) e a pressão máxima nos frascos foi de 30 bar. Na segunda etapa, a temperatura foi elevada à 200 °C em 3 minutos e mantida constante durante 20 minutos. Nesta etapa, a potência máxima utilizada no digestor micro-ondas foi de 90% (aproximadamente 1100 W). Finalmente, as amostras foram resfriadas no interior do equipamento durante 10 minutos.

O uso de HCl na mistura digestora é necessário para manter o Hg em solução como HgCl^{n±}, evitando a formação do aquocomplexo (Hg²⁺). Quando comparado com o clorocomplexo de mercúrio, o aquocomplexo é mais facilmente transformado à Hg⁰ e, conseqüentemente, perdido por volatilização. Após a digestão, o extrato digerido da amostra foi transferido quantitativamente e o volume final ajustado para 15 mL. De maneira análoga à descrita acima, a massa do extrato concentrado foi pesada utilizando balança analítica.

Ethos Easy– Milestone MLS

Posterior a descontaminação (conforme descrito acima), cerca de 0,5 g de amostra úmida (*in natura*) foi transferida para os frascos de digestão previamente descontaminados. Em seguida, foram adicionados 2 mL HNO₃ (concentrado) e 6 mL de HCl (concentrado), ambos bidestilados abaixo do ponto de ebulição e mantidos em pré-digestão (*overnight*). Após período de pré-digestão, os frascos contendo amostra e ácidos foram fechados e inseridos no digestor.

Na primeira etapa do procedimento de digestão, as temperaturas das amostras foram elevadas à 170 °C em 17 minutos, permanecendo nesta temperatura por 5 minutos. Na segunda etapa, a temperatura foi elevada à 200°C em 3 minutos e mantida constante durante 20 minutos. Em todas as etapas de aquecimento, a potência utilizada no digestor foi 100% da capacidade do equipamento (aproximadamente 1800 W) e a pressão máxima nos frascos foi de 35 bar. Finalmente, as amostras foram resfriadas no interior do equipamento durante 10 minutos. Após a digestão, o extrato digerido da amostra foi transferido quantitativamente e o volume final ajustado para 15 mL. De maneira análoga à descrita acima, a massa do extrato concentrado foi pesada utilizando balança analítica.

Diluição do extrato

Posterior a etapa de digestão, o digerido concentrado (obtido conforme descrição acima) foi dividido em três pseudo-réplicas transferindo-se as seguintes alíquotas para tubos de centrifuga de 50 mL: 1 mL do digerido (quando aplicado o procedimento utilizando o micro-ondas *Speedwave four SW4–Berghof*) ou 2 mL do digerido (quando aplicado o procedimento utilizando o micro-ondas *Ethos Easy– Milestone MLS*); 2-4 mL de uma solução contendo KBr (1,19% m/V) / KBrO₃ (0,28% m/V); 2,5 mL de HCl bidestilado (concentrado); 30 – 60 µL de uma solução de hidroxilamina (12% m/V) para neutralizar o excesso da solução KBr/KBrO₃ (EPA, 2007). Ao fim da adição dos reagentes, o volume da amostra foi ajustado para 50 mL. As pseudo-réplicas foram analisadas por espectrometria de fluorescência atômica com geração de vapor frio (CVAFS). Similarmente ao realizado para determinações utilizando

ICP-MS, as diluições para se obter as pseudo-réplicas foram baseadas em pesagens (massa do digerido concentrado e massa final da pseudo-réplica).

7.2.3 Determinações

ICP-MS

Foi utilizado um ICP-MS (*Thermo* modelo *X séries II*– Bremen – Alemanha), equipado com célula de colisão. O equipamento está inserido em sala pressurizada com classificação ISO 7 e temperatura controlada (**Figura 7.2-4**).



Figura 7.2-4. Espectrômetro de massas com plasma acoplado indutivamente utilizado para as determinações de As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba e V.

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 (EPA, 1998). No entanto, neste trabalho,

potenciais interferências poliatômicas nos elementos de interesse foram corrigidas através do uso de Célula de Colisão e Reação (CCR) contendo gás hélio.

A calibração de massas do equipamento foi controlada diariamente, não ultrapassando 0,1 u.m.a. (unidade de massa atômica) do valor teórico. A resolução espectral (medida à 10% da altura pico), também controlada diariamente, foi inferior a 0,9 u.m.a.

Atingidas as condições de calibração de massas e resolução espectral, o equipamento foi otimizado diariamente utilizando uma solução (solução *tune*) contendo 10 $\mu\text{g L}^{-1}$ de Ba, Be, Bi, Ce, Co, In, Li, Ni, Pb e U diluídos em HNO_3 (2% V/V).

Um relatório de desempenho instrumental, fornecido pelo equipamento, serviu de suporte para avaliação das condições iniciais de análise. Não obedecendo às especificações do fabricante, incluídas no relatório de desempenho instrumental, a calibração de massas (resolução) e/ou do detector foram realizadas conforme orientações do fabricante e o equipamento otimizado novamente.

Após verificação do desempenho instrumental, as pseudo-réplicas foram analisadas usando padronização interna. As soluções-padrão de trabalho foram obtidas a partir de diluições sucessivas de uma solução-padrão estoque 10 mg L^{-1} multielementar certificada. Uma curva analítica com 5 ou 6 padrões (0 $\mu\text{g kg}^{-1}$; 0,5 $\mu\text{g kg}^{-1}$; 2,5 $\mu\text{g kg}^{-1}$; 5 $\mu\text{g kg}^{-1}$; 10 $\mu\text{g kg}^{-1}$; 50 $\mu\text{g kg}^{-1}$; 100 $\mu\text{g kg}^{-1}$; 200 $\mu\text{g kg}^{-1}$; 300 $\mu\text{g kg}^{-1}$; 500 $\mu\text{g kg}^{-1}$), preparados com a mesma concentração de HNO_3 presente nas amostras (3,3% V/V quando aplicado o procedimento utilizando o micro-ondas *Speedwave four SW4 – Berghof* ou 5,3% V/V quando aplicado o procedimento utilizando o micro-ondas *Ethos Easy– Milestone MLS*) foi utilizada para padronização do equipamento. Os padrões 0 $\mu\text{g kg}^{-1}$; 0,5 $\mu\text{g kg}^{-1}$; 2,5 $\mu\text{g kg}^{-1}$; 5 $\mu\text{g kg}^{-1}$; 10 $\mu\text{g kg}^{-1}$; 50 $\mu\text{g kg}^{-1}$ foram utilizados para quantificação de As, Cd, Cr, Pb, Mn, Mo, Ni, Ba e V, encontrados em menor concentração nas amostras. Os padrões 0 $\mu\text{g kg}^{-1}$; 50 $\mu\text{g kg}^{-1}$; 100 $\mu\text{g kg}^{-1}$; 200 $\mu\text{g kg}^{-1}$; 300 $\mu\text{g kg}^{-1}$; 500 $\mu\text{g kg}^{-1}$ foram utilizados para quantificação de Cu e Zn encontrados em concentrações mais elevadas.

Visando manter o rigor adotado para as diluições dos digeridos, as alíquotas da solução-estoque e volumes finais das soluções-padrão foram pesadas. O procedimento utilizado foi semelhante ao adotado para as diluições dos digeridos.

Juntamente com as soluções-padrões e amostras (pseudo-réplicas do digerido) foi introduzido *on-line* uma solução ($100 \mu\text{g kg}^{-1}$) como padrão interno (PI) contendo: ^6Li , ^{45}Sc , ^{89}Y , ^{103}Rh , ^{115}In , ^{159}Tb , ^{169}Ho , ^{209}Bi . Durante as determinações, as variações dos sinais do PI não foram superiores à 30%. Pseudo-réplicas com supressão ou aumento do sinal superiores 30% foram diluídas, pelo menos, 2,5 vezes e foram reanalisadas (EPA, 1998).

Após a padronização, soluções-padrão com concentrações conhecidas (padrões de verificação, com concentração $2,5 \mu\text{g kg}^{-1}$ e $100 \mu\text{g kg}^{-1}$), foram utilizados para avaliar o *drift* instrumental. Durante as determinações, os valores das concentrações obtidas para os padrões de verificação não tiveram variações superiores a 10% do valor esperado ($2,5 \mu\text{g kg}^{-1}$ e $100 \mu\text{g kg}^{-1}$). A cada 10 determinações consecutivas, os padrões de verificação foram quantificados juntamente com o padrão de menor concentração da curva analítica ($0 \mu\text{g kg}^{-1}$) (EPA, 1998).

Para avaliar a exatidão das análises, uma quantidade conhecida dos analitos foi adicionada à uma das pseudo-réplicas (*spike*). As pseudo-réplicas contendo *spikes* foram quantificadas juntamente com as amostras com uma periodicidade de 1 pseudo-réplica com *spike* para 20 amostras. As recuperações dos analitos foram no mínimo 75 e no máximo 125% do valor adicionado (EPA, 1998).

Também para avaliar a exatidão das análises, foi analisada uma amostra de referência juntamente com cada lote de 20 amostras de tecido hepático de tetrápodes. Foi utilizada como amostra referência uma amostra de tecido hepático bovino MR-05/12 (Tecido animal – Fígado Bovino– EMBRAPA – BRASIL) com concentrações dos analitos conhecidas. As recuperações dos analitos foram no mínimo 80 e no máximo 120% do valor esperado.

As concentrações dos analitos nas amostras são expressos em mg kg^{-1} (peso seco), calculados segundo a equação:

$$[M_{\text{peso seco}}] = C.Fd$$

Onde:

C = concentração do elemento no digerido (mg kg^{-1})

Fd = fator de diluição da amostra

CVAFS

Para a determinação de Hg foi utilizado um espectrômetro de fluorescência atômica (AFS) (PS Analytical modelo Millennium Merlin– Kent – Reino Unido), equipado com bomba peristáltica; válvula de comutação solenoide controlada via software; controladores de fluxo de massa, separador líquido-gás. O equipamento está inserido em sala pressurizada com classificação ISSO 7 (Classe 10.000) e temperatura controlada (**Figura 7.2-5**).

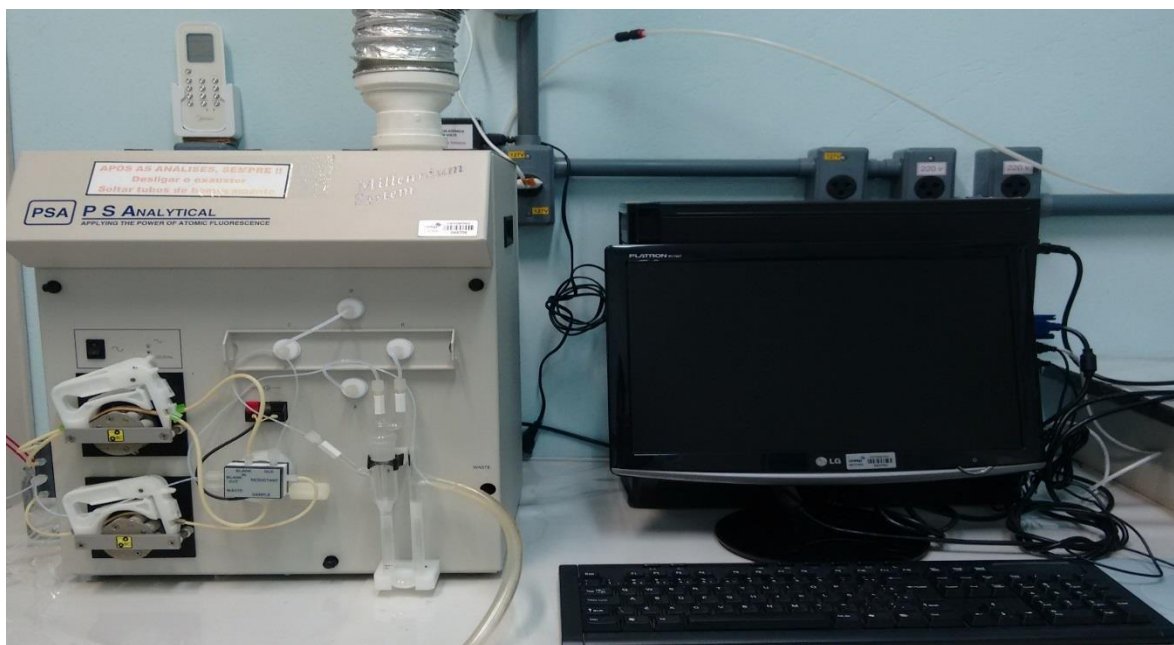


Figura 7.2-5. Espectrômetro de fluorescência atômica utilizado para a determinação de Hg.

Determinação de Hg

O método para determinação de Hg tem como base os protocolos EPA 245.7 e 7474. Estes protocolos sugerem a CVAFS como técnica analítica para

a determinação de Hg_(total) em concentrações acima de 5 ng L⁻¹ em amostras de água, solo ou biológicas.

Após os ajustes instrumentais, as amostras foram quantificadas utilizando 5 ou 6 soluções-padrão de trabalho (com concentrações de 0 µg kg⁻¹; 0,1 µg kg⁻¹; 0,25 µg kg⁻¹; 0,5 µg kg⁻¹; 1,0 µg kg⁻¹) obtidas a partir de diluições sucessivas de uma solução-padrão estoque certificada. Foi mantida na solução-padrão de Hg a mesma quantidade das soluções de KBr/KBrO₃, HCl e hidroxilamina adicionada nas pseudo-réplicas dos digeridos. A redução de Hg²⁺ a Hg⁰ em soluções-padrão e amostras foi realizada utilizando como agente redutor uma solução de SnCl₂ a 2% (m/V) quando aplicado o procedimento utilizando o micro-ondas *Speedwave four SW4 – Berghofe* 4% (m/V) quando aplicado o procedimento utilizando o micro-ondas *Ethos Easy*, dissolvido em HCl (10% V/V) bidestilado abaixo do ponto de ebulição adicionado *on-line* (EPA, 2007).

Periodicamente (a cada 10 determinações consecutivas) foi analisado um padrão de verificação contendo de 0,25 µg kg⁻¹ do analito (contendo a mesma quantidade de soluções de KBr/KBrO₃, hidroxilamina e HCl adicionadas nas amostras), sendo sua recuperação durante as determinações mantida entre 90 – 110%. O branco analítico também foi analisado a cada 20 análises consecutivas (EPA, 2007).

Visando manter o rigor adotado para as diluições dos digeridos, as alíquotas da solução-estoque e volumes finais das soluções-padrão de trabalho foram pesadas. O procedimento utilizado foi semelhante ao adotado para as diluições dos digeridos.

Para avaliar a exatidão das análises, uma quantidade conhecida de Hg foi adicionada (*spike*) a uma das pseudo-réplicas. Um segundo *spike* também é preparado com uma quantidade duas vezes maior que o primeiro. Periodicamente, a cada 20 análises consecutivas, as amostras com *spikes* foram analisadas. As recuperações dos *spikes* variaram entre 80-120% (EPA, 2007).

Também para avaliar a exatidão das análises, foi analisada uma amostra de referência juntamente com cada lote de 20 amostras de tecido hepático de tetrápodes. Foi utilizada como amostra referência uma amostra de fígado

bovino *in natura* (MR) enriquecida com Hg. As recuperações dos analitos foram no mínimo 80 e no máximo 120 % do valor esperado.

As concentrações de Hg nas amostras são expressas em mg kg⁻¹ de amostra (peso seco), calculadas segundo a equação:

$$[M_{\text{peso seco}}] = \frac{C.M}{W.S}$$

Onde:

C = concentração de Hg no digerido (mg kg⁻¹)

M = massa final da amostra digerida (kg)

W = massa da amostra úmida (kg)

S = teor de sólido da amostra (%)

7.2.4 Tratamento Estatístico dos Resultados

Como ferramenta para interpretação dos resultados, as análises estatísticas foram realizadas utilizando o *Excel* e o *software* de domínio livre *BioEstat*. Foram levados em consideração os fatores: espécie (correspondente às amostras das espécies de tetrápodes analisadas), localização (correspondente a instituição de coleta, denominado por trecho), sexo (correspondente ao sexo dos indivíduos coletados) e idade (correspondente ao estágio do desenvolvimento dos indivíduos coletados). Para o presente relatório, também foi realizada uma avaliação temporal dos resultados das análises das espécies para amostras coletadas entre os anos 2015 e 2021.

Primeiramente, foram realizadas as análises descritivas e elaboração de gráficos do tipo histograma para as dez (11) espécies de maior ocorrência (*Chelonia mydas*, n = 1117; *Spheniscus magellanicus*, n = 1005; *Larus dominicanus*, n = 229; *Sula leucogaster*, n = 151; *Pontoporia blainvillei*, n = 130; *Sotalia guianensis*, n = 107; *Phalacrocorax brasilianus*, n = 99; *Fregata magnificens*, n = 69; *Caretta caretta*, n = 59; *Arctocephalus australis*, n = 34 e *Thalassarche melanophris*, n = 23).

Posterior as análises descritivas e histogramas, as concentrações dos elementos traço com as demais variáveis das dez (11) espécies com maior

ocorrência foram avaliadas aplicando testes de hipótese nula (H_0) da normalidade dos dados, usando o teste de *Lilliefors* com e sem transformações logarítmicas do conjunto de dados. Como rejeitou-se a normalidade para as variáveis não se testou a homogeneidade das variâncias. Em decorrência destas análises, o conjunto de dados foi posteriormente analisado estatisticamente utilizando os testes não-paramétricos *Kruskal-Wallis* e *Student-Newman-Keuls*. Em todos os testes foi assumido um nível de significância de 5%.

7.3 RESULTADOS

7.3.1 Validação dos Métodos

Exatidão

Para validação do método baseado em determinações por ICP-MS foi utilizado o material de referência certificado (CRM) TORT-3 (hepatopâncreas de lagosta, *National Research Council – CANADÁ*).

Na impossibilidade de quantificação de As, Ni, Ba e V (valores menores que o limite de detecção) na amostra de referência MR-05/12 (Tecido animal – Fígado Bovino Liofilizado – EMBRAPA – BRASIL) o material foi enriquecido com os respectivos analitos, antes de processo de digestão. A quantidade enriquecida correspondeu a uma concentração final dos analitos no digerido de $35,2 \mu\text{g kg}^{-1}$.

Na **Tabela 7.3-1** estão apresentados os resultados das análises das amostras TORT-3 (hepatopâncreas de lagosta *National Research Council – CANADÁ*) e MR-05/12 (Tecido animal – Fígado Bovino Liofilizado – EMBRAPA – BRASIL) usando ICP-MS. Os resultados apresentados para o material certificado (CRM) correspondem a uma única análise ($n=3$, 3 pseudo-réplicas) e os resultados apresentados para a amostra de referência (MR-05/12) correspondem ao valor médio de 3 análises de 3 pseudo-réplicas obtidas em 3 dias não consecutivos.

A **Tabela 7.3-1** mostra que resultados obtidos para o CRM apresentaram recuperações satisfatórias para a determinação de elementos traço. Assim,

conclui-se que o método implantado no CEA/UNESP satisfaz critérios de exatidão atuais e rigorosos (INMETRO, 2008) para a determinação de As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba e V por ICP-MS.

Para a validação do método baseado em determinações por CVAFS, além do uso do CRM, foram realizados testes de recuperação em uma amostra de fígado bovino *in natura* (MR). O teste adicional foi realizado considerando que as determinações de Hg foram realizadas sem a liofilização da amostra.

Tabela 7.3-1. Análise das amostras TORT-3 (hepatopâncreas de lagosta National Research Council – CANADÁ) e MR-05/12 (Tecido animal – Fígado Bovino Liofilizado – EMBRAPA – BRASIL) usando ICP-MS (Peso seco – mg kg⁻¹). Média ± Desvio Padrão (M ± DP). Recuperação ± Desvio.

Elemento	TORT-3 (Certificado)	TORT-3 ^a (Obtido)	TORT-3 ^a (Obtido)	MR-05/12 ^b (Obtido)	MR-05/12 ^b (Obtido)
		M ± DP	R ± DPR		R ± DPR
As	59,5 ± 3,8	60 ± 1	101 ± 7	28,9 ± 0,3 ^c	99 ± 1
Cd	42,3 ± 1,8	40,0 ± 0,6	95 ± 5	0,09 ± 0,01	-
Cr	1,95 ± 0,24	1,77 ± 0,02	91 ± 12	0,95 ± 0,06	-
Cu	497 ± 22	383 ± 4	77 ± 5	218,8 ± 4,8	-
Pb	0,225 ± 0,018	0,226 ± 0,006	100 ± 8	0,07 ± 0,1	-
Mn	15,6 ± 1	13,2 ± 0,2	85 ± 7	7,04 ± 0,43	-
Mo	3,44 ± 0,12	2,82 ± 0,02	82 ± 4	3,6 ± 0,2	-
Zn	136 ± 6	135 ± 2	99 ± 5	145,2 ± 7,5	-
Ni	5,3 ± 0,24	4,78 ± 0,05	90 ± 5	27,4 ± 0,3 ^c	94 ± 1
Ba	-	-	-	29,5 ± 0,3 ^c	101 ± 0,5
V	9,1 ± 0,4	8,15 ± 0,08	90 ± 5	27,6 ± 0,4 ^c	94 ± 2

a. n=3

b. n=9

c. Enriquecidos com adições

Na **Tabela 7.3-2** estão apresentados os resultados para Hg da análise da amostra CRM TORT-3 e a recuperação obtida para a amostra de fígado bovino *in natura* enriquecida com mercúrio (MR). Os resultados apresentados para o material certificado (CRM) correspondem a uma única análise (n=3, 3 pseudo-réplicas) e os resultados apresentados para o teste de recuperação (amostra MR) correspondem ao valor médio de 3 análises de 3 pseudo-réplicas obtidas em 3 dias não consecutivos.

Tabela 7.3-2. Determinação de Hg (Peso seco – mg kg⁻¹) na amostra TORT-3 (hepatopâncreas de lagosta National Research Council – CANADÁ) e recuperação de Hg (%) na amostra MR (Tecido animal – fígado bovino *in natura*) obtidas usando CVAFS. Média ± Desvio Padrão (M ± DP). Recuperação ± Desvio Padrão Relativo (R ± DPR).

Elemento	TORT-3 (Certificado)	TORT-3 ^a (Obtido)	TORT-3 ^a (Obtido)	MR ^b (Recuperação)	MR ^b (Recuperação)
		M ± DP	R ± DPR		M ± DP
Hg	0,292 ± 0,022	0,255 ± 0,009	87 ± 8	0,23 ± 0,02	108 ± 10

a. n=3

b. n=9

A **Tabela 7.3-2** mostra que os resultados obtidos para o CRM e MR apresentaram uma ótima recuperação do analito. Assim, conclui-se que o

método implantado no CEA/UNESP para a determinação de Hg por CVAFS satisfaz critérios de exatidão atuais e rigorosos (INMETRO, 2008).

Como mencionado anteriormente, as amostras de referência (MR-05/12 e MR, fígado bovino liofilizado e fígado bovino in natura) receberam os mesmos tratamentos que as amostras de tecido hepático de tetrápodes marinhos, sendo analisadas em uma periodicidade de 20 amostras consecutivas ou a cada lote de análise (quando o número de amostras foi < 20).

A média dos resultados de recuperação das amostras de referência obtidos durante o período de análise (janeiro – junho de 2017) encontram-se na **Tabela 7.3-3**.

Tabela 7.3-3. Recuperação média e desvio-padrão (%) das amostras de referência (MR- 05/12 e MR, fígado bovino liofilizado e fígado bovino *in natura*) obtidas nas análises das amostras (inclui somente os lotes aprovados, n=5).

Elemento	MR M ± DPR
*As	96 ± 7
Cd	104 ± 17
Cr	105 ± 12
Cu	90 ± 13
Pb	118 ± 7
Mn	89 ± 7
Mo	105 ± 13
Zn	93 ± 6
*Ni	90 ± 8
*Ba	97 ± 13
*V	99 ± 9
* Hg	102 ± 12

* valores de recuperação para *spike*

Os resultados apresentados na tabela acima, recuperações entre 89 – 118%, com variações inferiores a 20%, (**Tabela 7.3-3**) mostraram que os resultados das análises (usando ICP-MS e CVAFS) das amostras apresentadas neste relatório (janeiro – junho de 2017) foram obtidos em condições de excelente exatidão.

Precisão e Linearidade do Método

A precisão do método foi avaliada por meio da repetitividade e reprodutibilidade, expressas como desvio padrão relativo das medidas.

Para avaliação da repetitividade por ICP-MS foram realizadas sucessivas medidas (n = 9) utilizando duas soluções contendo As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba e V a 5 µg kg⁻¹ e 100 µg kg⁻¹, mantendo as mesmas condições de

análise. A solução (A) contendo $5 \mu\text{g kg}^{-1}$ foi utilizada para avaliar a curva para determinação de elementos traço encontrados em menor concentração (As, Cd, Cr, Pb, Mn, Mo, Ni, Ba e V) e a solução (B) contendo $100 \mu\text{g kg}^{-1}$ foi utilizada para avaliar a curva de elementos traço encontrados em concentração mais elevadas (Cu e Zn). Os resultados da média e desvio padrão relativo encontram-se na **Tabela 7.3-4**. Neste caso, a precisão foi caracterizada por um desvio padrão relativo entre 1 e 5%, valor menor que o *drift* instrumental baseado no método EPA 6020A (variações caracterizadas por um desvio-padrão relativo $\leq 10\%$).

Tabela 7.3-4. *Análise de elementos traço e resultados da repetitividade das soluções (A) a $5 \mu\text{g kg}^{-1}$ e (B) a $100 \mu\text{g kg}^{-1}$, usando ICP-MS. Média \pm Desvio Padrão ($M \pm DP - \mu\text{g kg}^{-1}$). Desvio Padrão Relativo (DPR - %) ($n = 9$).*

Elemento	Solução A M \pm DP	Solução A DPR	Solução B M \pm DP	Solução B DPR
As	$5,05 \pm 0,07$	2	-	-
Cd	$5,13 \pm 0,06$	1	-	-
Cr	$5,06 \pm 0,08$	2	-	-
Cu	-	-	107 ± 2	2
Pb	$4,82 \pm 0,03$	1	-	-
Mn	$5,0 \pm 0,1$	2	-	-
Mo	$5,3 \pm 0,3$	5	-	-
Zn	-	-	105 ± 1	1
Ni	$5,09 \pm 0,09$	2	-	-
Ba	$5,02 \pm 0,05$	1	-	-
V	$4,96 \pm 0,07$	1	-	-

Similar ao procedimento descrito acima, a avaliação da repetitividade para a determinação de Hg por CVAFS foi realizada através de medidas sucessivas ($n = 9$) de uma solução contendo Hg a $0,25 \mu\text{g kg}^{-1}$ (C), mantendo as mesmas condições de análise. Os resultados da média e desvio padrão relativo encontram-se na **Tabela 7.3-5**. Conforme resultados obtidos (DPR = 10%), o método para determinação de Hg apresentou-se confiável e adequado, baseado nos métodos EPA 7474 e 245.7 (variações caracterizadas por um desvio-padrão relativo $\leq 10\%$).

Tabela 7.3-5. Análise de Hg e resultados da repetitividade da solução © a $0,25 \mu\text{g kg}^{-1}$, usando CVAFS. Média \pm Desvio Padrão ($M \pm DP - \mu\text{g kg}^{-1}$). Desvio Padrão Relativo (DPR - %) ($n = 9$).

Elemento	Solução C $M \pm DP$	Solução C DPR
Hg	$0,279 \pm 0,028$	10

A reprodutibilidade do método para ICP-MS foi calculada a partir dos resultados de desvio padrão relativo das análises ($n = 9$) em diferentes condições de análise (dia e operador). A avaliação foi realizada utilizando uma solução (A) contendo $5 \mu\text{g kg}^{-1}$, utilizada para avaliar a curva para determinação de elementos traço encontrados em menor concentração (As, Cd, Cr, Pb, Mn, Mo, Ni, Ba e V). Analogamente, foi utilizado uma solução (B) contendo $100 \mu\text{g kg}^{-1}$, utilizada para avaliar a curva de elementos traço encontrados em concentração mais elevadas (Cu e Zn). Os resultados da média e desvio padrão relativo encontram-se na **Tabela 7.3-6**. A precisão foi caracterizada por um desvio padrão relativo, obtido entre 1 e 6%. Conforme resultados obtidos, a reprodutibilidade do método foi considerada adequada ($\leq 10 \%$, valores próximos a repetitividade) para a determinação de elementos traço por ICP-MS.

A reprodutibilidade do método para a determinação de Hg por CVAFS foi avaliada a partir dos resultados de desvio padrão relativo das análises ($n = 9$) em diferentes condições de análise (dia e operador). A avaliação foi realizada utilizando uma solução © contendo $0,25 \mu\text{g kg}^{-1}$ de Hg. Os resultados da média e desvio padrão relativo encontram-se na **Tabela 7.3-7**. A precisão foi caracterizada por um desvio padrão relativo de 10%. Conforme este resultado, a reprodutibilidade do método para a determinação de Hg por CVAFS foi considerada adequada ($\leq 10 \%$, valor próximo a repetitividade).

Tabela 7.3-6. Análise de elementos traço e resultados da reprodutibilidade das soluções (A) a $5 \mu\text{g kg}^{-1}$ e (B) a $100 \mu\text{g kg}^{-1}$, usando ICP-MS. Média dos resultados ($M - \mu\text{g kg}^{-1}$). Desvio Padrão Relativo (DPR - %) ($n = 9$).

Elemento	Solução A $M \pm DP$	Solução A DPR	Solução B $M \pm DP$	Solução B DPR
As	$5,04 \pm 0,09$	2	-	-
Cd	$5,10 \pm 0,07$	1	-	-
Cr	$5,04 \pm 0,10$	2	-	-
Cu	-	-	105 ± 2	2
Pb	$4,78 \pm 0,07$	2	-	-
Mn	$5,1 \pm 0,1$	2	-	-
Mo	$5,12 \pm 0,31$	6	-	-
Zn	-	-	102 ± 3	2
Ni	$5,07 \pm 0,12$	2	-	-
Ba	$5,05 \pm 0,07$	1	-	-
V	$4,95 \pm 0,07$	2	-	-

Tabela 7.3-7. Análise de Hg e resultados da reprodutibilidade da solução © a $0,25 \mu\text{g kg}^{-1}$, usando CVAFS. Média dos resultados ($M - \mu\text{g kg}^{-1}$). Desvio Padrão Relativo (DPR - %) ($n = 9$).

Elemento	Solução C $M \pm DP$	Solução C DPR
Hg	$0,256 \pm 0,026$	10

Conforme resultados apresentados nas **Tabela 7.3-4**, **Tabela 7.3-5**, **Tabela 7.3-6** e **Tabela 7.3-7** a dispersão dos resultados foi satisfatória, comprovando a precisão dos métodos para a determinação de elementos traço por ICP-MS e CVAFS.

Para todas as determinações (ICP-MS e CVAFS), foram aceitas somente curvas analíticas com coeficiente de correlação linear maior que 0,99 ($n \geq 5$).

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 (janeiro – setembro de 2017), foram observadas variações nos valores de LD e LQ determinados para os métodos. Estas variações foram atribuídas, principalmente, a contaminações providas de diferentes lotes dos materiais e reagentes utilizados. O aumento no número

de destilações abaixo do ponto de ebulição dos ácidos utilizados no preparo das amostras também afetou significativamente o LD. Objetivando trabalhar nas melhores condições, os cuidados na descontaminação de matérias, reagentes utilizados e preparo das amostras foram progressivamente melhorados.

Na **Tabela 7.3-8** são apresentados os valores de LD e LQ estabelecidos para os métodos de análises (INMETRO, 2008).

Tabela 7.3-8. Limite de Detecção e Limite de Quantificação (Peso seco – mg kg⁻¹) estabelecidos para a determinação dos analitos.

Elemento	LD	LQ
As	0,03	0,1
Cd	0,02	0,04
Cr	0,1	0,2
Cu	0,1	0,2
Pb	0,01	0,05
Mn	0,1	0,2
Mo	0,1	0,2
Zn	5	15
Ni	0,1	0,2
Ba	0,1	0,2
V	0,02	0,07
Hg	0,04	0,1

7.3.2 Resultados e suas Variáveis (Codificação dos Fatores Estatísticos)

As tabelas abaixo, mostram a codificação utilizada para os parâmetros espécie (**Tabela 7.3-9**) e localização (**Tabela 7.3-10**). Cabe salientar que a Localização se refere aos trechos de coleta dos animais e, para este parâmetro os trechos 1 e 2 foram agrupados em um só código, devido a que os animais recolhidos no trecho 2 são necropsiados na Unidade de Estabilização de Laguna/SC localizada no trecho 1, assim optou-se por considerar os animais como pertencendo a uma única categoria (código 1/2) de forma a facilitar a análise.

Tabela 7.3-9. Codificação numérica e frequência de indivíduos para espécie.

Espécie	Frequência	Código
<i>Chelonia mydas</i>	1117	1
<i>Spheniscus magellanicus</i>	1005	2
<i>Larus dominicanus</i>	229	3
<i>Sula leucogaster</i>	151	4
<i>Pontoporia blainvillei</i>	130	5
<i>Sotalia guianensis</i>	107	6
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	99	7
<i>Fregata magnificens</i>	69	8
<i>Caretta caretta</i>	59	9
<i>Arctocephalus australis</i>	34	10
<i>Thalassarche melanophris</i>	23	11
<i>Stenella frontalis</i>	19	12
<i>Nycticorax nycticorax</i>	11	13
<i>Procellaria aequinoctialis</i>	10	14
<i>Tursiops truncatus</i>	10	15
<i>Puffinus gravis</i>	9	16
<i>Calonectris diomedea</i>	7	17
<i>Lepidochelys olivacea</i>	7	18
<i>Sterna hirundo</i>	7	19
<i>Kogia breviceps</i>	6	20
<i>Thalassarche chlororhynchus</i>	6	21
<i>Eretmochelys imbricata</i>	5	22
<i>Puffinus puffinus</i>	5	23
<i>Steno bredanensis</i>	5	24
<i>Thalasseus acutiflavus</i>	5	25
<i>Arctocephalus tropicalis</i>	4	26
<i>Ardea alba</i>	4	27
<i>Dermochelys coriacea</i>	4	28
<i>Macronectes giganteus</i>	4	29
<i>Megaptera novaeangliae</i>	4	30
<i>Delphinus delphis</i>	3	31
<i>Lagenodelphis hosei</i>	3	32
<i>Sterna hirundinacea</i>	3	33
<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	2	34
<i>Globicephala macrorhynchus</i>	2	35
<i>Lontra longicaudis</i>	2	36
<i>Stenella</i>	2	37
<i>Sterna</i>	2	38
<i>Thalasseus maximus</i>	2	39
<i>Arctocephalus sp.</i>	1	40
<i>Ardea cocoi</i>	1	41
<i>Calonectris</i>	1	42

Espécie	Frequência	Código
<i>Calonectris diomedea borealis</i>	1	43
<i>Diomedea epomophora</i>	1	44
<i>Egretta thula</i>	1	45
<i>Grampus griseus</i>	1	46
<i>Haematopus palliatus</i>	1	47
<i>Himantopus melanurus</i>	1	48
<i>Kogia sima</i>	1	49
<i>Lobodon carcinophaga</i>	1	50
<i>Phocoena dioptrica</i>	1	51
<i>Pterodroma mollis</i>	1	52
<i>Rynchops niger</i>	1	53
<i>Stenella attenuata</i>	1	54
<i>Stenella longirostris</i>	1	55
<i>Ziphius cavirostris</i>	1	56
Tot. Indivíduos	3193	

Tabela 7.3-10. Codificação numérica e frequência de indivíduos para localização

Local (Trecho)	Frequência	Código
Trechos 1 e 2	357	1/2
Trecho 3	335	3
Trecho 4	124	4
Trecho 5	224	5
Trecho 6	334	6
Trecho 7	300	7
Trecho 8	361	8
Trecho 9	202	9
Trecho 10	487	10
Trecho 11	25	11
Trecho 12	47	12
Trecho 13	142	13
Trecho 14	101	14
Trecho 15	154	15
Total	3193	

Tabela 7.3-11. Codificação numérica e frequência de indivíduos para estágio do desenvolvimento.

Estágio do desenvolvimento	Frequência	Código
Juvenil	2599	1
Adulto	472	2
Filhote	79	3
Não informado	21	4
Indeterminado	11	5
Feto	11	6
Total	3193	

Tabela 7.3-12. Codificação numérica e frequência de indivíduos para sexo.

Sexo	Frequência	Código
Fêmea	2154	1
Macho	1007	2
Indefinido	31	3
Não informado	1	4
Total	3193	

As informações contidas nas tabelas acima (**Tabela 7.3-9** até **Tabela 7.3-12**) sobre espécie, local, estágio do desenvolvimento e sexo, foram obtidas nos seus respectivos campos do SIMBA (Sistema de Gerenciamento de Dados do Projeto de Monitoramento de Praias da Bacia de Santos), no módulo *prontuário do indivíduo*. Informações sobre local (trecho) foram obtidas segundo as instituições solicitante no módulo *instituição executora*. As informações sobre sexo e estágio de desenvolvimento dos indivíduos foram obtidas no módulo *necropsia*.

O Apêndice 7 contém os resultados de elementos traço e informações (espécie, local, sexo e estágio do desenvolvimento dos indivíduos) de amostras de 3193 indivíduos (analisadas durante o período de dezembro de 2016 a dezembro de 2022) provenientes das fases 1 e 2 (nomenclaturas usadas até agosto de 2019) e dos PMP-BS SC/PR, SP e RJ (nomenclatura usada após agosto de 2019) do Projeto de Monitoramento de Praias da Bacia de Santos (PMP-BS).

7.3.3 Análise Estatística Preliminar

A análise estatística descritiva para todos os elementos traço foi realizada considerando os dados contidos nos laudos 01/2017 a 3193/2022 para as onze espécies mais frequentes (espécies com n amostral igual ou maior a 20 indivíduos coletados), dentre os três grupos de tetrápodes marinhos; aves, tartarugas e mamíferos. Para valores abaixo do LD, considerou-se o critério LD/2 para análises estatísticas descritivas, testes *Kruskal-Wallis* e Student-Newman-Keuls. Para a elaboração dos histogramas, foi considerado o valor do LD de cada elemento traço.

Ao se comparar as análises estatísticas realizadas no último Relatório Técnico Anual Integrado – 01/01/2021 a 31/12/2021 e o presente relatório, novamente *Spheniscus magellanicus* apresentou o maior aumento no número

de indivíduos (230 indivíduos a mais). Este aumento no número de indivíduos foi seguido pela espécie *Chelonia mydas* (155 indivíduos a mais), *Larus dominicanus* (46 indivíduos a mais), *Pontoporia blainvillei* (30 indivíduos a mais), *Sotalia guianensis* (30 indivíduos a mais), *Phalacrocorax brasilianus* (26 indivíduos a mais), *Caretta caretta* (24 indivíduos a mais), *Sula leucogaster* (24 indivíduos a mais), *Fregata magnificens* (17 indivíduos a mais), *Arctocephalus australis* (6 indivíduos a mais) e *Thalassarche melanophris* (5 indivíduos a mais).

Aves

Spheniscus magellanicus

Na **Tabela 7.3-13** são apresentados os dados referentes a estatística descritiva para *Spheniscus magellanicus*, que apresentou a maior concentração média para Zn (258,3 mg kg⁻¹) e a menor para Pb (0,05 mg kg⁻¹), sendo a seguinte sequência obtida: [Zn] > [Cd] > [Cu] > [Mn] > [Hg] > [As] > [Mo] > [V] > [Cr] > [Ba] > [Ni] > [Pb]. A maior dispersão das medidas foi obtida para Ba (mínimo valor = 0,05mg kg⁻¹ e máximo valor = 8,76 mg kg⁻¹), enquanto a menor foi obtida para Mn, com máximos e mínimos de 29,26 e 2,57 mg kg⁻¹, respectivamente.

Tabela 7.3-13. Estatística descritiva para *Spheniscus magellanicus* dos elementos traço (n = 1005), considerando o critério LD / 2 para valores abaixo do LD.

Elemento	Máximo	Mínimo	Mediana	Média	SD	Desvio padrão relativo
As [mg/Kg]	33,67	0,02	5,31	6,47	4,71	73%
Cd [mg/Kg]	275,69	0,71	21,94	36,22	38,26	106%
Cr [mg/Kg]	2,70	0,05	0,05	0,10	0,14	137%
Cu [mg/Kg]	659,86	0,05	26,23	31,87	32,23	101%
Pb [mg/Kg]	1,98	0,01	0,01	0,05	0,15	287%
Mn [mg/Kg]	29,26	2,57	7,40	7,64	2,06	27%
Mo [mg/Kg]	18,96	0,65	4,13	4,37	1,81	42%
Zn [mg/Kg]	869,01	65,16	253,47	258,28	99,13	38%
Ni [mg/Kg]	1,40	0,05	0,05	0,07	0,09	120%
Ba [mg/Kg]	8,76	0,05	0,05	0,09	0,29	336%
V [mg/Kg]	9,44	0,01	0,16	0,36	0,68	190%
Hg [mg/Kg]	71,31	0,29	6,38	6,71	4,34	65%

Larus dominicanus

A **Tabela 7.3-14** apresenta a estatística descritiva para *Larus dominicanus*. A maior concentração média foi a do elemento traço Zn ($141,01 \text{ mg kg}^{-1}$), enquanto a menor concentração foi para Ba ($0,08 \text{ mg kg}^{-1}$), sendo a seguinte sequência obtida: $[\text{Zn}] > [\text{Cu}] > [\text{Mn}] > [\text{Hg}] > [\text{As}] > [\text{Mo}] > [\text{V}] > [\text{Cd}] > [\text{Pb}] > [\text{Cr}] > [\text{Ni}] > [\text{Ba}]$. A maior variação de concentração foi obtida para Pb, com máximos e mínimos de $18,70$ e $0,01 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente. Já o Mn apresentou a menor variação, com máximos e mínimos de $24,35$ e $2,85$ respectivamente.

Tabela 7.3-14. Estatística descritiva para *Larus dominicanus* dos elementos traço ($n=229$), considerando o critério $LD/2$ para valores abaixo do LD.

Elemento	Máximo	Mínimo	Mediana	Média	SD	Desvio padrão relativo
As [mg/Kg]	14,00	0,10	2,32	3,23	2,79	86%
Cd [mg/Kg]	3,02	0,01	0,26	0,37	0,39	103%
Cr [mg/Kg]	0,60	0,05	0,05	0,11	0,10	94%
Cu [mg/Kg]	45,57	5,78	14,04	14,88	5,28	36%
Pb [mg/Kg]	18,70	0,01	0,04	0,16	1,24	779%
Mn [mg/Kg]	24,35	2,85	11,74	12,52	3,32	27%
Mo [mg/Kg]	5,30	0,05	1,92	1,98	0,56	28%
Zn [mg/Kg]	671,22	35,87	100,34	141,02	99,57	71%
Ni [mg/Kg]	1,30	0,05	0,05	0,09	0,14	161%
Ba [mg/Kg]	1,98	0,05	0,05	0,08	0,18	231%
V [mg/Kg]	4,62	0,01	0,27	0,51	0,61	120%
Hg [mg/Kg]	16,35	0,39	2,91	3,39	2,18	64%

Sula leucogaster

Na **Tabela 7.3-15** são apresentados os dados referentes a estatística descritiva para *Sula leucogaster*, que apresentou a maior concentração média para Zn ($138,8 \text{ mg kg}^{-1}$) e a menor para Pb ($0,04 \text{ mg kg}^{-1}$), sendo a seguinte sequência obtida, $[\text{Zn}] > [\text{Cu}] > [\text{Mn}] > [\text{Hg}] > [\text{As}] > [\text{Mo}] > [\text{Cd}] > [\text{V}] > [\text{Cr}] > [\text{Ba}] > [\text{Ni}] > [\text{Pb}]$. A maior dispersão das medidas foi obtida para Hg (mínimo valor = $0,75 \text{ mg kg}^{-1}$ e máximo valor = $394,65 \text{ mg kg}^{-1}$), enquanto a menor foi

obtida para Mn (RSD = 29%), com máximos e mínimos de 35,74 e 6,73 mg kg⁻¹, respectivamente.

Tabela 7.3-15. Estatística descritiva para *Sula leucogaster* dos elementos traço ($n = 151$), considerando o critério LD / 2 para valores abaixo do LD.

Elemento	Máximo	Mínimo	Mediana	Média	SD	Desvio padrão relativo
As [mg/Kg]	8,47	0,22	1,52	1,94	1,59	82%
Cd [mg/Kg]	5,73	0,01	0,78	1,02	0,87	86%
Cr [mg/Kg]	2,49	0,05	0,05	0,11	0,22	197%
Cu [mg/Kg]	54,47	0,05	15,20	18,17	9,24	51%
Pb [mg/Kg]	0,73	0,01	0,01	0,04	0,11	280%
Mn [mg/Kg]	35,74	6,73	16,38	16,99	4,94	29%
Mo [mg/Kg]	4,70	0,05	1,71	1,82	0,64	35%
Zn [mg/Kg]	480,03	57,42	112,03	138,80	69,98	50%
Ni [mg/Kg]	0,50	0,05	0,05	0,06	0,06	94%
Ba [mg/Kg]	0,82	0,05	0,05	0,08	0,10	134%
V [mg/Kg]	4,40	0,01	0,36	0,53	0,57	109%
Hg [mg/Kg]	394,65	0,75	5,55	11,02	32,89	298%

Phalacrocorax brasilianus

Na **Tabela 7.3-16** são apresentados os dados referentes a estatística descritiva para *Phalacrocorax brasilianus*, que apresentou a maior concentração média para Zn (291,3 mg kg⁻¹) e as menores para Ni e Pb (0,07 mg kg⁻¹), sendo a seguinte sequência obtida, [Zn] > [Cu] > [Mn] > [Hg] > [Mo] > [As] > [V] > [Ba] > [Cd] > [Cr] > [Pb] > [Ni]. A maior dispersão das medidas foi obtida para Pb (mínimo valor = 0,01mg kg⁻¹ e máximo valor = 2,74 mg kg⁻¹), enquanto a menor foi obtida para Mn, com máximos e mínimos de 21,59 e 4,79 mg kg⁻¹, respectivamente.

Tabela 7.3-16. Estatística descritiva para *Phalacrocorax brasilianus* dos elementos traço ($n = 99$), considerando o critério $LD / 2$ para valores abaixo do LD.

Elemento	Máximo	Mínimo	Mediana	Média	SD	Desvio padrão relativo
As [mg/Kg]	5,39	0,02	0,34	0,81	1,02	126%
Cd [mg/Kg]	1,01	0,01	0,07	0,15	0,20	133%
Cr [mg/Kg]	1,72	0,05	0,10	0,15	0,20	134%
Cu [mg/Kg]	489,69	11,05	46,32	59,33	57,92	98%
Pb [mg/Kg]	2,74	0,01	0,02	0,07	0,28	402%
Mn [mg/Kg]	21,59	4,79	11,41	11,78	3,22	27%
Mo [mg/Kg]	4,95	1,09	2,54	2,58	0,73	28%
Zn [mg/Kg]	814,89	77,66	259,53	291,32	172,30	59%
Ni [mg/Kg]	0,37	0,05	0,05	0,07	0,06	83%
Ba [mg/Kg]	3,45	0,05	0,05	0,16	0,46	289%
V [mg/Kg]	2,00	0,01	0,63	0,77	0,52	69%
Hg [mg/Kg]	24,35	0,75	3,19	4,14	3,78	91%

Fregata magnificens

A **Tabela 7.3-17** apresenta a estatística descritiva para *Fregata magnificens*. A maior concentração média de todos os elementos traço analisados foi obtida para Zn ($179,89 \text{ mg kg}^{-1}$) e a menor Pb ($0,03 \text{ mg kg}^{-1}$). A sequência das concentrações foi: $[Zn] > [Cu] > [Mn] > [Hg] > [As] > [Cd] > [Mo] > [V] > [Ni] > [Cr] > [Ba] > [Pb]$. A maior variação dos dados foi obtida para o Cd, com máximos e mínimos de 26,6 a $0,03 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente e a menor variação para Mn, mínimo de 4,52 e máximo de $26,6 \text{ mg kg}^{-1}$.

Tabela 7.3-17. Estatística descritiva para *Fregata magnificens* dos elementos traço ($n = 69$), considerando o critério $LD / 2$ para valores abaixo do LD.

Elemento	Máximo	Mínimo	Mediana	Média	SD	Desvio padrão relativo
As [mg/Kg]	35,43	0,59	3,45	5,67	6,31	111%
Cd [mg/Kg]	26,57	0,03	0,75	1,90	4,35	229%
Cr [mg/Kg]	0,61	0,05	0,05	0,10	0,10	98%
Cu [mg/Kg]	152,43	10,46	23,33	29,61	23,59	80%
Pb [mg/Kg]	0,32	0,01	0,01	0,03	0,05	162%
Mn [mg/Kg]	26,59	4,52	11,60	12,79	4,29	34%
Mo [mg/Kg]	7,49	0,05	1,28	1,38	0,87	63%
Zn [mg/Kg]	385,16	66,55	163,23	179,89	74,89	42%
Ni [mg/Kg]	0,84	0,05	0,05	0,11	0,15	140%
Ba [mg/Kg]	0,72	0,05	0,05	0,08	0,10	137%
V [mg/Kg]	2,27	0,01	0,33	0,62	0,62	101%
Hg [mg/Kg]	77,92	0,70	8,68	12,73	13,84	109%

Thalassarche melanophris

A **Tabela 7.3-18** apresenta a estatística descritiva para *Thalassarche melanophris*. A maior concentração média de todos os elementos traço analisados foi obtida para Zn ($534,6 \text{ mg kg}^{-1}$) e a menor Ni ($0,05 \text{ mg kg}^{-1}$). A sequência das concentrações foi: $[Zn] > [Cu] > [As] > [Cd] > [Hg] > [Mn] > [Mo] > [V] > [Cr] > [Ba] > [Pb] > [Ni]$. A maior variação dos dados foi obtida para o Cu, com máximos e mínimos de $4251,7$ a $1,86 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente e a menor variação para Mn, mínimo de $8,61$ e máximo de $17,5 \text{ mg kg}^{-1}$.

Tabela 7.3-18. Estatística descritiva para *Thalassarche melanophris* dos elementos traço ($n = 23$), considerando o critério $LD / 2$ para valores abaixo do LD.

Elemento	Máximo	Mínimo	Mediana	Média	SD	Desvio padrão relativo
As [mg/Kg]	70,25	3,64	25,85	27,75	17,20	62%
Cd [mg/Kg]	148,56	0,83	13,01	24,41	31,19	128%
Cr [mg/Kg]	1,29	0,05	0,05	0,14	0,26	187%
Cu [mg/Kg]	4251,66	1,86	30,77	213,29	880,52	413%
Pb [mg/Kg]	0,98	0,01	0,03	0,09	0,23	249%
Mn [mg/Kg]	17,47	8,61	13,61	13,28	2,65	20%
Mo [mg/Kg]	2,16	0,05	1,37	1,39	0,47	34%
Zn [mg/Kg]	1801,46	232,91	469,81	534,59	329,52	62%
Ni [mg/Kg]	0,05	0,05	0,05	0,05	0,00	0%
Ba [mg/Kg]	0,76	0,05	0,05	0,11	0,16	150%
V [mg/Kg]	5,51	0,09	0,53	0,77	1,09	141%
Hg [mg/Kg]	123,19	1,59	9,88	17,42	26,25	151%

Tartarugas Marinhas

Chelonia mydas

A **Tabela 7.3-19** apresenta a estatística descritiva para *Chelonia mydas*. A máxima concentração média foi a de Cu ($215,4 \text{ mg kg}^{-1}$) enquanto a menor foi a de Cr ($0,15 \text{ mg kg}^{-1}$), sendo a seguinte sequência obtida: $[\text{Cu}] > [\text{Zn}] > [\text{Cd}] > [\text{Mn}] > [\text{As}] > [\text{Hg}] > [\text{V}] > [\text{Mo}] > [\text{Pb}] > [\text{Ni}] > [\text{Ba}] > [\text{Cr}]$. A maior variação de concentração foi obtida para Hg (933%), com máximos e mínimos de 463,05 e $0,02 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente. Contudo, analisando todo o conjunto de dados para Hg com mais detalhes, observa-se que, exceto para duas amostras com concentrações muito altas ($191,93$ e $463,05 \text{ mg kg}^{-1}$), o intervalo das concentrações do elemento ficou entre 0,05 e $14,01 \text{ mg kg}^{-1}$. Apesar disso os dois valores ($191,93$ e $463,05 \text{ mg kg}^{-1}$) não foram considerados *outliers* (foram utilizados na estatística) já que os valores foram validados por meio de análise confirmatória. A menor variação foi para Zn (34%) com máximos e mínimos de 523,83 e $35,20 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente. Baixas dispersões de valores foram também obtidas para Mn (43%).

Tabela 7.3-19. Estatística descritiva para *Chelonia mydas* dos elementos traço ($n = 1117$), considerando o critério $LD / 2$ para valores abaixo do LD.

Elemento	Máximo	Mínimo	Mediana	Média	SD	Desvio padrão relativo
As [mg/Kg]	149,12	0,17	6,32	10,23	13,07	128%
Cd [mg/Kg]	131,45	0,04	20,84	27,00	20,42	76%
Cr [mg/Kg]	2,29	0,05	0,12	0,15	0,16	106%
Cu [mg/Kg]	912,24	7,77	191,12	215,38	126,23	59%
Pb [mg/Kg]	19,41	0,01	0,51	1,03	1,53	148%
Mn [mg/Kg]	79,52	2,39	11,11	11,89	5,11	43%
Mo [mg/Kg]	7,19	0,05	0,92	1,07	0,72	68%
Zn [mg/Kg]	523,83	35,20	140,51	148,27	50,84	34%
Ni [mg/Kg]	4,79	0,05	0,28	0,38	0,43	116%
Ba [mg/Kg]	5,22	0,05	0,15	0,23	0,29	127%
V [mg/Kg]	19,08	0,01	0,71	1,07	1,29	121%
Hg [mg/Kg]	463,05	0,02	0,71	1,61	14,99	933%

Caretta caretta

A **Tabela 7.3-20** apresenta a estatística descritiva para *Caretta caretta*. A maior concentração média de todos os elementos traço analisados foi obtida para Zn (104,8 mg kg⁻¹) e, as menores para Ba e Cr (0,2 mg kg⁻¹). A sequência das concentrações foi: [Zn] > [Cd] > [Cu] > [As] > [Mn] > [Hg] > [V] > [Mo] > [Pb] > [Ni] > [Ba] > [Cr]. A maior variação dos dados foi obtida para Pb, com máximos e mínimos de 34,00 a 0,01 mg kg⁻¹, respectivamente. A menor para Zn, mínimo de 39,84 e máximo de 260,32mg kg⁻¹.

Tabela 7.3-20. Estatística descritiva para *Caretta caretta* dos elementos traço ($n = 59$), considerando o critério $LD / 2$ para valores abaixo do LD.

Elemento	Máximo	Mínimo	Mediana	Média	SD	Desvio padrão relativo
As [mg/Kg]	189,01	2,59	15,07	25,54	31,61	124%
Cd [mg/Kg]	185,77	3,58	19,62	39,00	44,68	115%
Cr [mg/Kg]	1,95	0,05	0,14	0,20	0,27	139%
Cu [mg/Kg]	156,66	0,05	20,78	30,62	28,62	93%
Pb [mg/Kg]	34,00	0,01	0,16	0,88	4,41	498%
Mn [mg/Kg]	21,66	1,27	5,70	6,87	4,02	59%
Mo [mg/Kg]	4,85	0,05	0,52	0,91	0,96	105%
Zn [mg/Kg]	260,32	39,84	94,02	104,81	51,11	49%
Ni [mg/Kg]	3,82	0,05	0,15	0,30	0,55	183%
Ba [mg/Kg]	1,58	0,05	0,13	0,20	0,26	130%
V [mg/Kg]	21,84	0,01	1,47	2,29	3,38	147%
Hg [mg/Kg]	30,25	0,19	1,05	2,40	4,54	189%

Mamíferos

Sotalia guianensis

A **Tabela 7.3-21** apresenta a estatística descritiva para *Sotalia guianensis*. A concentração média máxima, foi a de Zn (219,77 mg kg⁻¹) enquanto a menor foi a de Pb (0,06 mg kg⁻¹); sendo a seguinte a sequência obtida: [Zn] > [Cu] > [Hg] > [Mn] > [Mo] > [As] > [Cd] > [Ni] > [V] > [Cr] > [Ba] > [Pb]. Ressalta-se, para esta espécie, o alto valor encontrado para a concentração média de Hg (terceiro elemento mais concentrado). A maior variação de concentração foi obtida para Ni, com máximos e mínimos de 12,71 e 0,05 mg kg⁻¹, respectivamente. A menor foi para Mn, com máximos e mínimos de 30,1 e 1,72 mg kg⁻¹, respectivamente.

Tabela 7.3-21. Estatística descritiva para *Sotalia guianensis* dos elementos traço (*n* = 107), considerando o critério LD / 2 para valores abaixo do LD.

Elemento	Máximo	Mínimo	Mediana	Média	SD	Desvio padrão relativo
As [mg/Kg]	8,24	0,09	0,81	0,96	0,92	95%
Cd [mg/Kg]	26,57	0,01	0,20	0,67	2,58	387%
Cr [mg/Kg]	0,55	0,05	0,05	0,10	0,09	87%
Cu [mg/Kg]	1437,27	5,16	39,36	124,22	215,27	173%
Pb [mg/Kg]	0,63	0,01	0,02	0,06	0,14	216%
Mn [mg/Kg]	30,11	1,72	11,83	12,75	5,10	40%
Mo [mg/Kg]	3,58	0,05	1,59	1,67	0,82	49%
Zn [mg/Kg]	1554,40	26,35	168,39	219,77	188,14	86%
Ni [mg/Kg]	12,71	0,05	0,05	0,45	1,94	428%
Ba [mg/Kg]	0,77	0,05	0,05	0,09	0,14	160%
V [mg/Kg]	2,24	0,01	0,22	0,37	0,44	119%
Hg [mg/Kg]	282,89	0,21	4,42	21,98	48,03	219%

Pontoporia blainvillei

Os dados referentes a estatística descritiva para *Pontoporia blainvillei* são apresentados na **Tabela 7.3-22**. Esta espécie apresentou a maior concentração média para Zn (209,8 mg kg⁻¹) e a menor para Pb (0,02 mg kg⁻¹), com isto a sequência das concentrações de elementos traço foi [Zn] >

[Cu] > [Mn] > [Hg] > [Mo] > [As] > [Cd] > [V] > [Cr] > [Ni] > [Ba] > [Pb]. A maior dispersão das medidas foi obtida para Hg (valor mínimo de 0,40 mg kg⁻¹ e valor máximo de 118,3 mg kg⁻¹), enquanto a menor foi obtida para Mn, com máximos e mínimos de 28,63 mg kg⁻¹ e 4,59 mg kg⁻¹, respectivamente.

Tabela 7.3-22. Estatística descritiva para *Pontoporia blainvillei* dos elementos traço ($n = 130$), considerando o critério LD / 2 para valores abaixo do LD.

Elemento	Máximo	Mínimo	Mediana	Média	SD	Desvio padrão relativo
As [mg/Kg]	3,77	0,16	0,80	0,98	0,68	69%
Cd [mg/Kg]	9,01	0,01	0,03	0,51	1,36	266%
Cr [mg/Kg]	1,32	0,05	0,05	0,12	0,14	125%
Cu [mg/Kg]	634,57	4,69	27,43	80,15	103,54	129%
Pb [mg/Kg]	0,42	0,01	0,01	0,02	0,05	214%
Mn [mg/Kg]	28,63	4,59	13,77	14,43	4,82	33%
Mo [mg/Kg]	5,34	0,05	0,98	1,21	1,12	93%
Zn [mg/Kg]	1801,10	34,85	136,04	209,85	214,62	102%
Ni [mg/Kg]	0,57	0,05	0,05	0,08	0,08	107%
Ba [mg/Kg]	0,68	0,05	0,05	0,06	0,06	101%
V [mg/Kg]	3,00	0,01	0,24	0,45	0,54	121%
Hg [mg/Kg]	118,34	0,40	1,80	3,86	10,98	285%

Arctocephalus australis

A **Tabela 7.3-23** apresenta a estatística descritiva para *Arctocephalus australis*. A maior concentração média de todos os elementos traço analisados foi obtida para Zn (217,8 mg kg⁻¹) e a menor Pb (0,04 mg kg⁻¹). A sequência das concentrações foi: [Zn] > [Cu] > [Hg] > [Cd] > [Mn] > [Mo] > [As] > [V] > [Ni] > [Cr] > [Ba] > [Pb]. A maior variação dos dados foi obtida para o Ni, com máximos e mínimos de 3,80 a 0,05 mg kg⁻¹, respectivamente. A menor variação para Ba com mínimo de 0,05 e máximo de 0,14 mg kg⁻¹ respectivamente.

Tabela 7.3-23. Estatística descritiva para *Arctocephalus australis* dos elementos traço ($n = 34$), considerando o critério $LD / 2$ para valores abaixo do LD.

Elemento	Máximo	Mínimo	Mediana	Média	SD	Desvio padrão relativo
As [mg/Kg]	5,67	0,31	1,02	1,36	1,03	76%
Cd [mg/Kg]	243,91	0,01	25,88	37,95	50,11	132%
Cr [mg/Kg]	0,19	0,05	0,05	0,07	0,04	54%
Cu [mg/Kg]	184,17	7,88	49,07	55,09	40,66	74%
Pb [mg/Kg]	0,20	0,01	0,03	0,04	0,04	105%
Mn [mg/Kg]	56,72	5,99	22,28	22,73	9,25	41%
Mo [mg/Kg]	4,85	0,98	1,82	1,93	0,69	36%
Zn [mg/Kg]	612,13	94,09	200,22	217,77	101,31	47%
Ni [mg/Kg]	3,80	0,05	0,05	0,17	0,64	371%
Ba [mg/Kg]	0,14	0,05	0,05	0,05	0,02	29%
V [mg/Kg]	2,54	0,21	0,60	0,79	0,57	73%
Hg [mg/Kg]	365,92	0,55	24,36	42,71	72,69	170%

7.3.4 Análise Estatística (Histogramas)

Para o estabelecimento das faixas de concentrações apresentadas nos histogramas a seguir, cabe esclarecer que, estatisticamente, um número ideal de classes (as subdivisões da amplitude total dos dados), está entre 5 e 15 classes. Quantidade inferior a 5 classes acarreta um conjunto de dados excessivamente agrupado, e por outro lado um número muito maior do que 15 classes os deixa muito dispersos, dificultando assim a interpretação dos dados. O próprio programa estatístico, inclusive o Excel, proporciona as subdivisões ao se carregar um conjunto de dados e, estas podem variar com o n dos dados inseridos. Para o 2º Relatório Técnico Anual de Quantificação, Avaliação e Interpretação de Resultados de Elementos Traço em Amostras Biológicas de Tetrápodes Marinhos, quando os histogramas foram incorporados ao relatório, o programa proporcionou 10 classes de acordo com o n amostral no momento. Entretanto, para os relatórios subsequentes se manteve as faixas de classes a fim de facilitar a comparação ano a ano. Somente em alguns casos, em que houve necessidade, aumentou-se o número de classes.

Aves

Spheniscus magellanicus

Os histogramas da espécie *Spheniscus magellanicus* para As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba, V e Hg ($n = 775$) são apresentados da **Figura 7.3-1** à **Figura 7.3-12**. Os histogramas, assimétricos e geralmente alinhados à esquerda evidenciam que a distribuição dos dados é anormal. Apresentam distribuições semelhantes, com menores assimetrias à esquerda o As, Cu, Mn, Mo e Zn. A distribuição dos dados dos outros elementos traço são claramente distorcidas (à esquerda).

As concentrações mais frequentes para As foram de 3,10 a 5,84 mg Kg⁻¹ (319 indivíduos), 0,70 a 28,6 mg kg⁻¹ para Cd (588 indivíduos), < 0,10 mg kg⁻¹ para Cr (691 indivíduos), 17,4 a 29,0 mg kg⁻¹ para Cu (393 indivíduos), < 0,01mg Kg⁻¹ para Pb (536 indivíduos), 5,80 a 8,40 mg kg⁻¹ para Mn (544 indivíduos), 3,50 a 4,21 mg kg⁻¹ para Mo (176 indivíduos), 226 a 306 mg kg⁻¹ para Zn (330 indivíduos), < 0,10 mg kg⁻¹ para Ni (872 indivíduos), < 0,10 mg kg⁻¹ para Ba (849 indivíduos), 0,02 a 1,07mg kg⁻¹ para V (834 indivíduos) e de 6,04 a 8,91 mg kg⁻¹ para Hg (300 indivíduo).

Análises utilizando boxplot no Excel sugerem os seguintes *Outliers*: para As, 29 indivíduos com concentrações acima de 16 mg kg⁻¹; Cd, 53 indivíduos com concentrações acima de 60 mg kg⁻¹; Cr, 60 indivíduos com concentrações acima de 0,20 mg kg⁻¹; Cu 57 indivíduos com concentrações acima de 61 mg kg⁻¹; Pb 75 indivíduos com concentração acima de 0,085 mg kg⁻¹; Mn 12 indivíduos com concentrações acima de 12,5 mg kg⁻¹; Mo 14 indivíduos com concentrações acima de 8,80 mg kg⁻¹; Zn 13 indivíduos com concentrações acima de 513 mg kg⁻¹; Ni 133 indivíduos com concentração acima de 0,10 mg kg⁻¹ (acima do LD); Ba 156 indivíduos com concentrações acima de 0,10 mg kg⁻¹ (acima do LD); e V 76 indivíduos com concentrações acima 0,97 mg kg⁻¹; Hg 25 indivíduos com concentrações acima de 16 mg kg⁻¹.

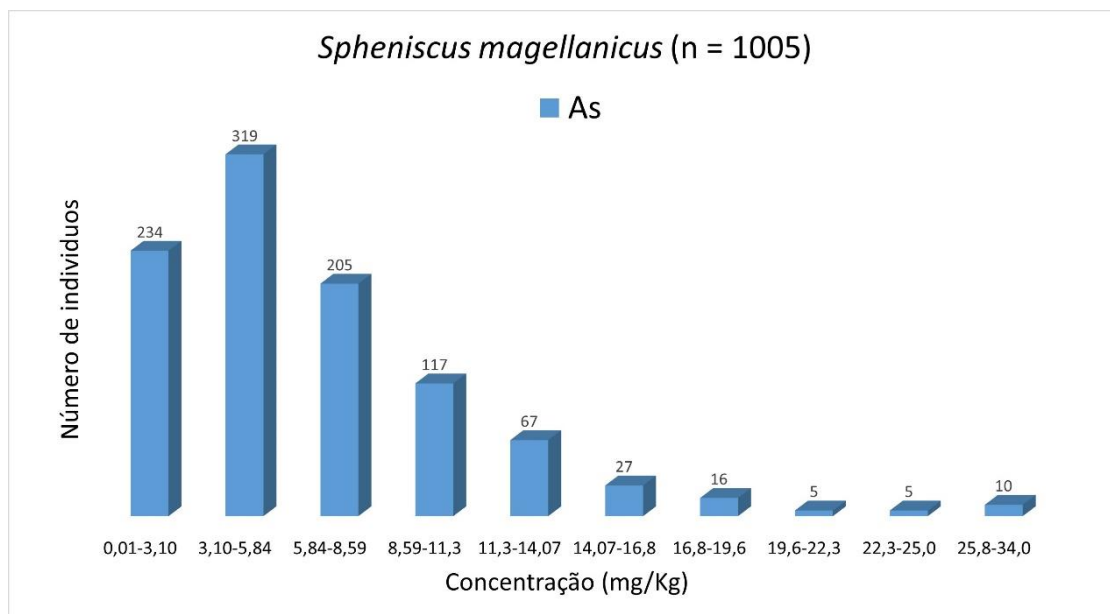


Figura 7.3-1. Histograma de As (*Spheniscus magellanicus*) para elementos traço (n = 1005), considerando o valor do LD

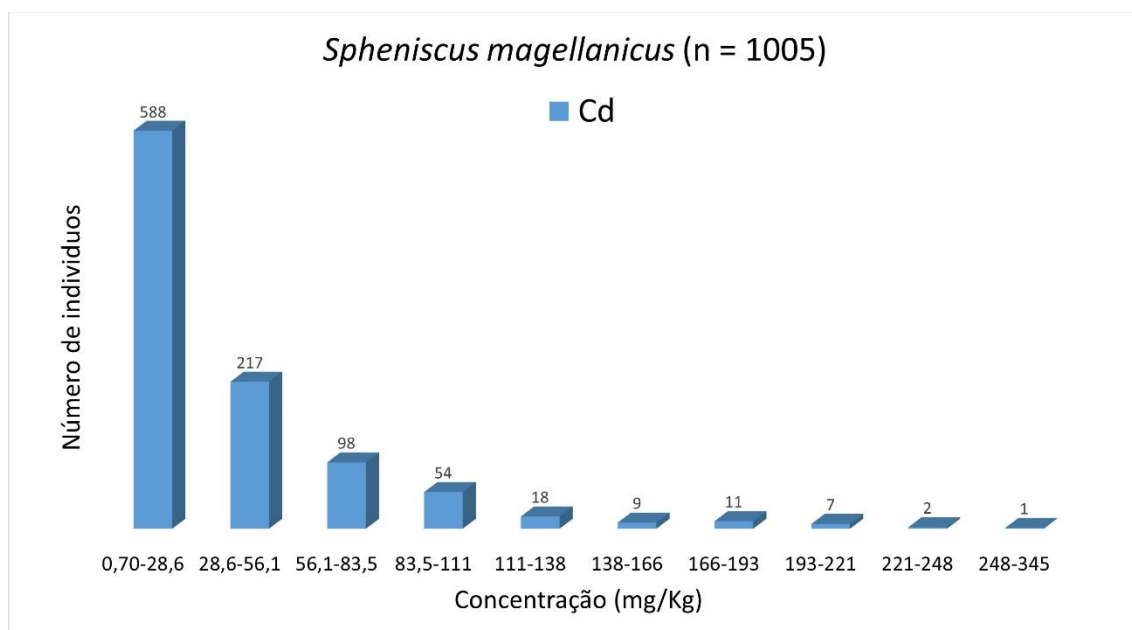


Figura 7.3-2. Histograma de Cd (*Spheniscus magellanicus*) para elementos traço (n = 1005), considerando o valor do LD.

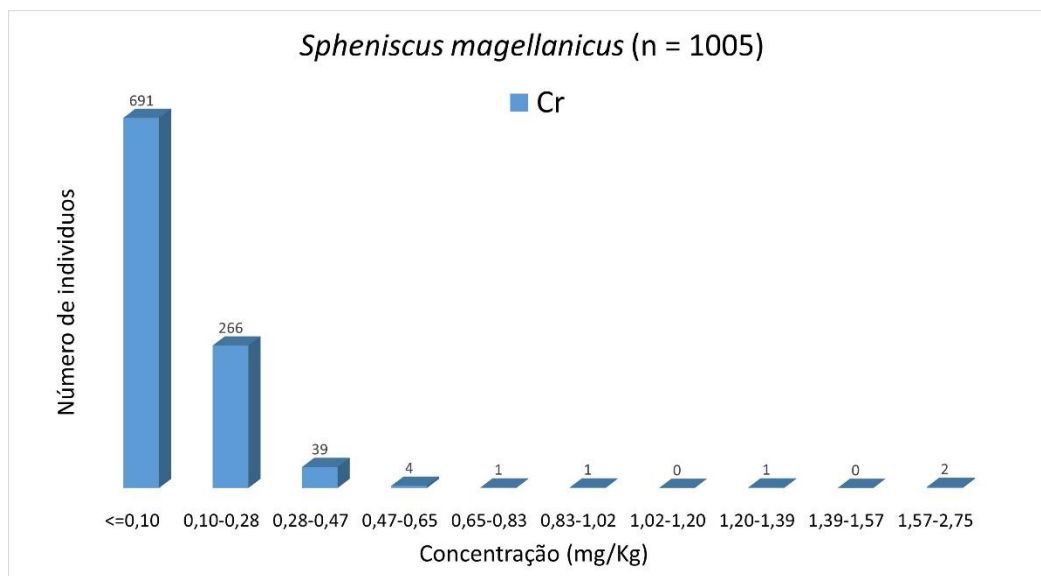


Figura 7.3-3. Histograma de Cr (*Spheniscus magellanicus*) para elementos traço (n = 1005), considerando o valor do LD.

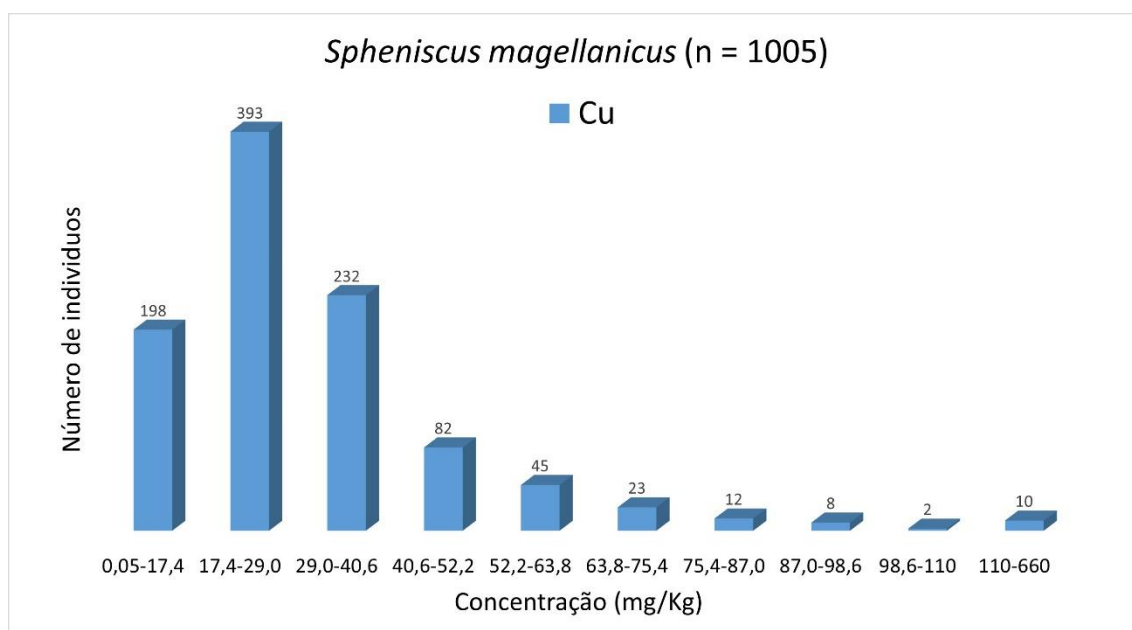


Figura 7.3-4. Histograma de Cu (*Spheniscus magellanicus*) para elementos traço (n = 1005), considerando o valor do LD

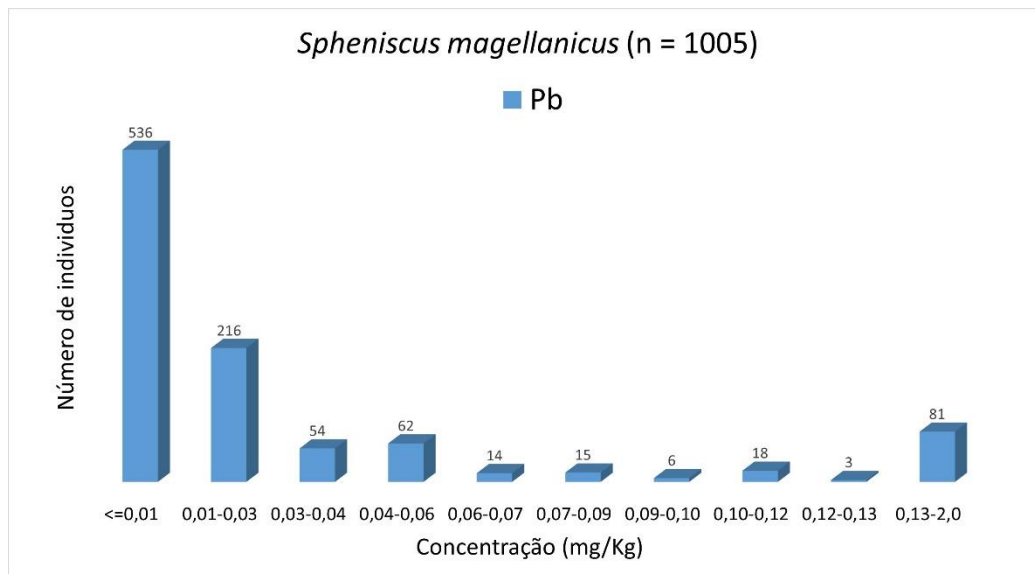


Figura 7.3-5. Histograma de Pb (*Spheniscus magellanicus*) para elementos traço (n = 1005), considerando o valor do LD.

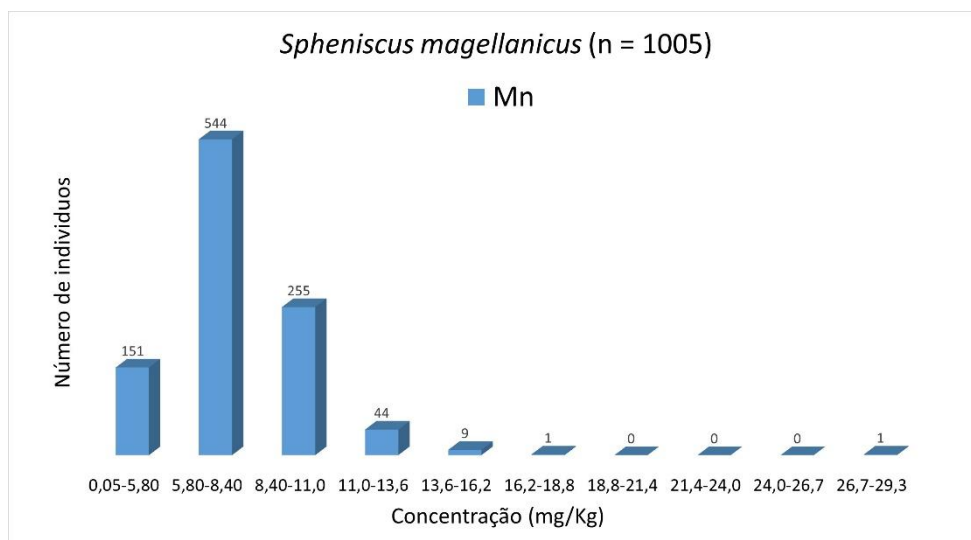


Figura 7.3-6. Histograma de Mn (*Spheniscus magellanicus*) para elementos traço (n = 1005), considerando o valor do LD.

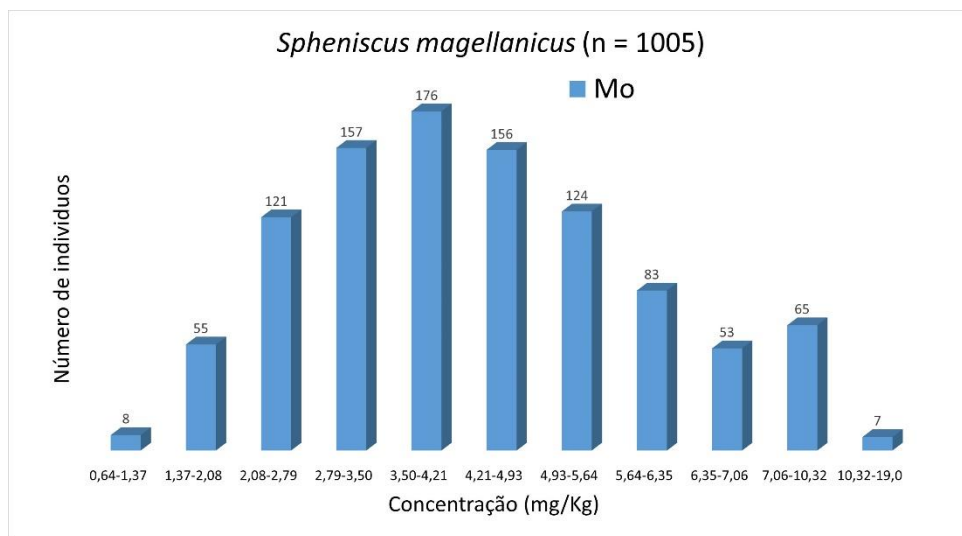


Figura 7.3-7. Histograma de Mo (*Spheniscus magellanicus*) para elementos traço (n = 1005), considerando o valor do LD.

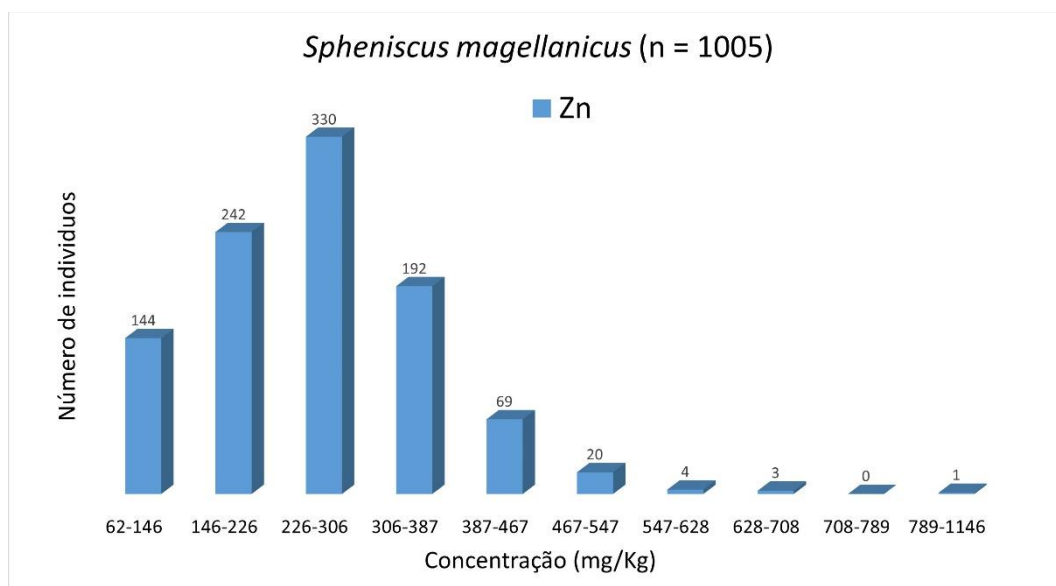


Figura 7.3-8. Histograma de Zn (*Spheniscus magellanicus*) para elementos traço (n = 1005), considerando o valor do LD.

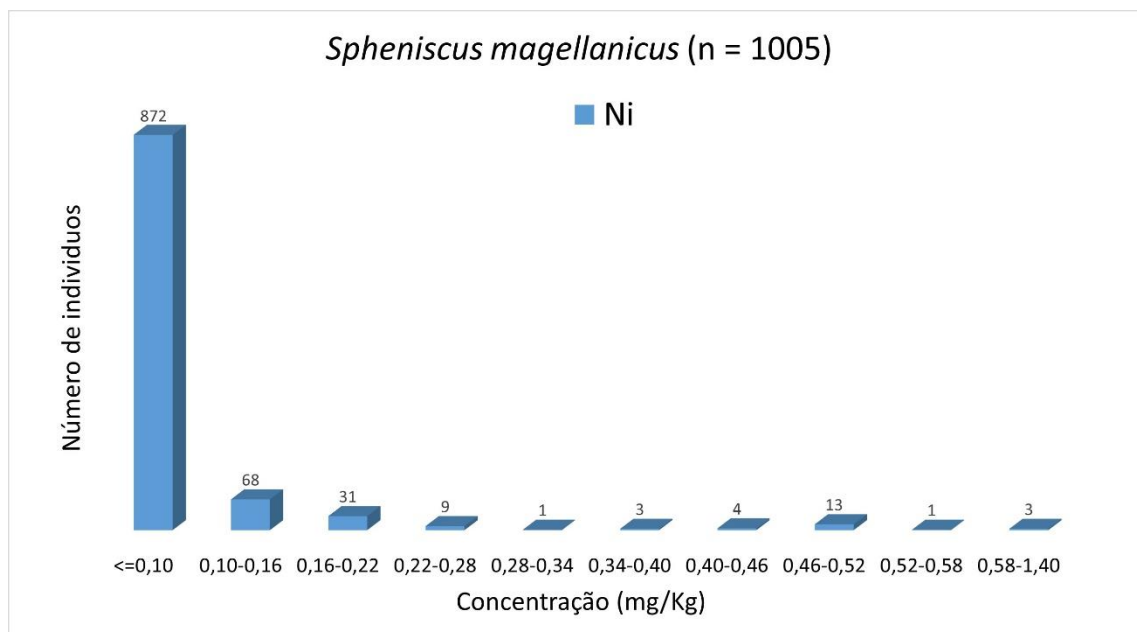


Figura 7.3-9. Histograma de Ni (*Spheniscus magellanicus*) para elementos traço (n = 1005), considerando o valor do LD.

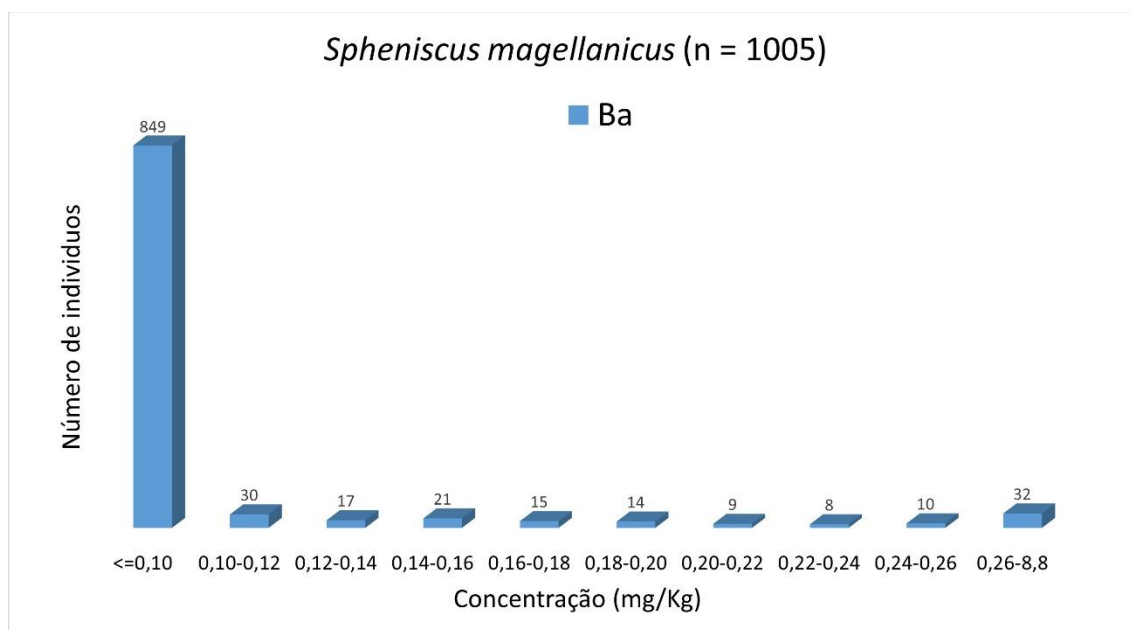


Figura 7.3-10. Histograma de Ba (*Spheniscus magellanicus*) para elementos traço (n = 1005), considerando o valor do LD.

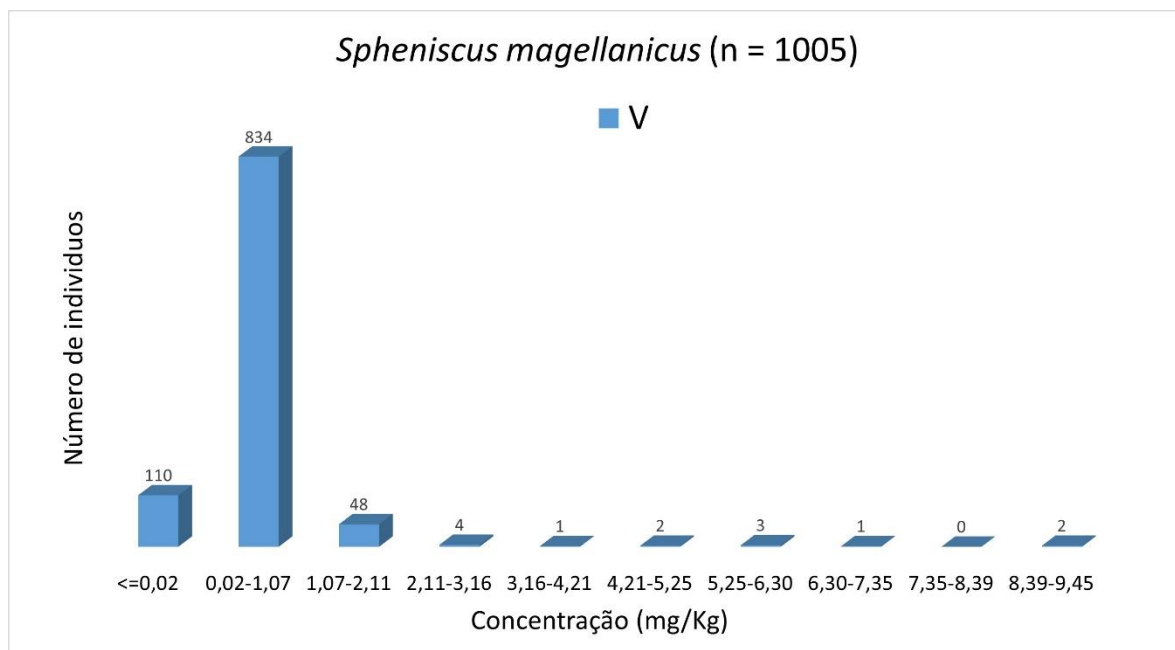


Figura 7.3-11. Histograma de V (*Spheniscus magellanicus*) para elementos traço (n = 1005), considerando o valor do LD.

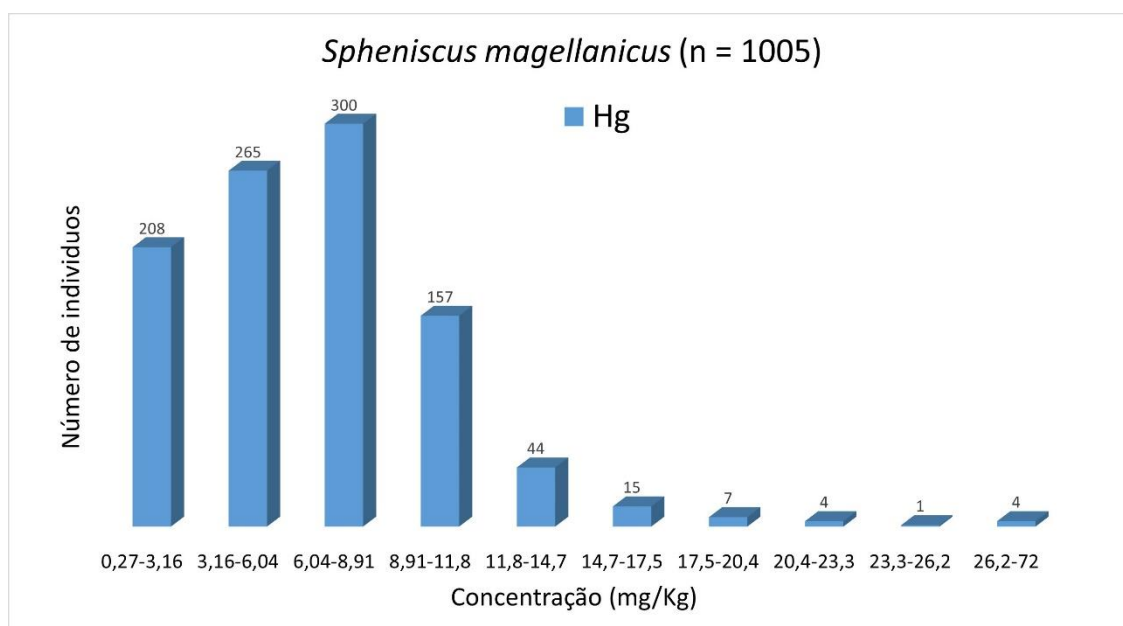


Figura 7.3-12. Histograma de Hg (*Spheniscus magellanicus*) para elementos traço (n = 1005), considerando o valor do LD.

Larus dominicanus

Da **Figura 7.3-13** à **Figura 7.3-24** se mostram os histogramas da espécie *Larus dominicanus* para As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba, V e Hg respectivamente (n = 229). Também para esta ave, todos os histogramas mostram-se assimétricos, alguns totalmente alinhados à esquerda, outros aparentemente multimodais e, conseqüentemente, sugerem que os dados não estão distribuídos normalmente.

As concentrações mais frequentes para As foram de 0,10 a 2,47 mg kg⁻¹ (122 indivíduos, 53,3%); 0,01 a 0,29 mg kg⁻¹ para Cd (127 indivíduos, 55,5%); <0,1 mg kg⁻¹ para Cr (153 indivíduos, 66,8%); 10,9 a 15,3 mg kg⁻¹ para Cu (114 indivíduos, 49,8%); 0,01 a 2,09 mg kg⁻¹ para Pb (179 indivíduos, 78,2%); 10,2 a 11,8 mg kg⁻¹ para Mn (64 indivíduos, 27,9%); 1,56 a 2,20 mg kg⁻¹ para Mo (126 indivíduos, 55,0%); 35 a 99 mg kg⁻¹ para Zn (109 indivíduos, 47,6%); <0,10 mg kg⁻¹ (abaixo do LD) para Ni com 196 indivíduos, 85,6%, e 16 indivíduos entre 0,10 e 0,18 mg kg⁻¹ (entre o LD e o LQ); <0,10 mg kg⁻¹ (abaixo do LD) para Ba (209 indivíduos, 91,3%); 0,02 a 0,53 mg kg⁻¹ para V (151 indivíduos, 65,9%) e 0,97 a 1,56 mg kg⁻¹ e 5,66 a 16,4 mg kg⁻¹ para Hg (33 e 34 indivíduos respectivamente totalizando ambos 29,3%).

Análises utilizando boxplot no Excel sugerem os seguintes *Outliers*: para As, 7 indivíduos com concentrações entre 10,5 e 14,1 mg kg⁻¹; Cd, 11 indivíduos com concentrações entre 1,03 e 3,5 mg kg⁻¹; Cr, 16 indivíduos com concentrações entre 0,27 e 0,65 mg kg⁻¹; Cu 13 indivíduos com concentrações entre 23,7 a 46 mg kg⁻¹), Pb 1 indivíduo com concentração 18,7 mg kg⁻¹; Zn 16 indivíduos com concentrações acima de 303 mg kg⁻¹ Ni todos os indivíduos com concentração acima de 0,20 mg kg⁻¹; Ba 15 indivíduos com concentrações acima de 0,10 mg kg⁻¹ (acima do LD); e V 20 indivíduos com concentrações acima 1,3 mg kg⁻¹; Hg 4 indivíduos com concentrações entre 9 e 17 mg kg⁻¹.

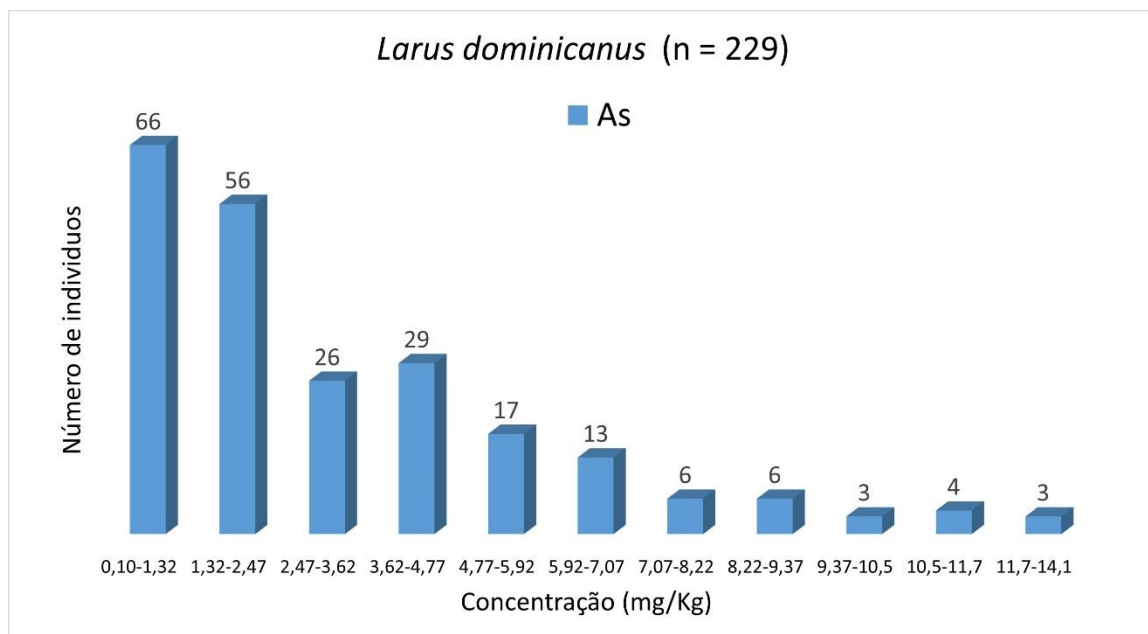


Figura 7.3-13. Histograma de As (*Larus dominicanus*) para elementos traço (n = 229), considerando o valor do LD.

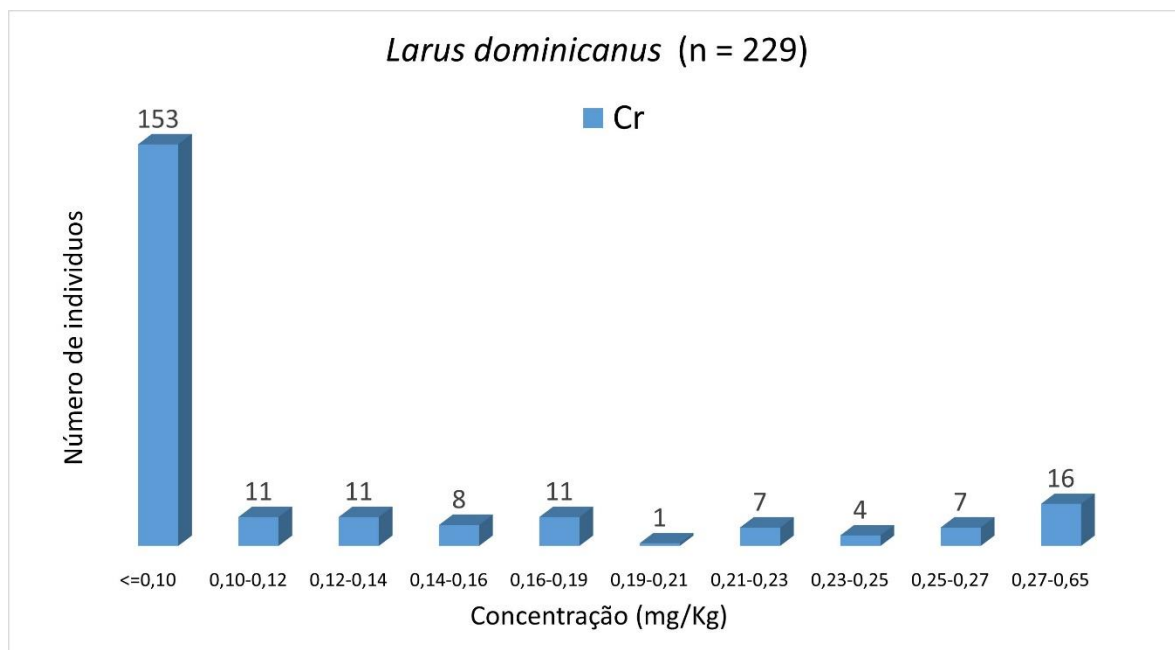


Figura 7.3-14. Histograma de Cr (*Larus dominicanus*) para elementos traço (n = 229), considerando o valor do LD.

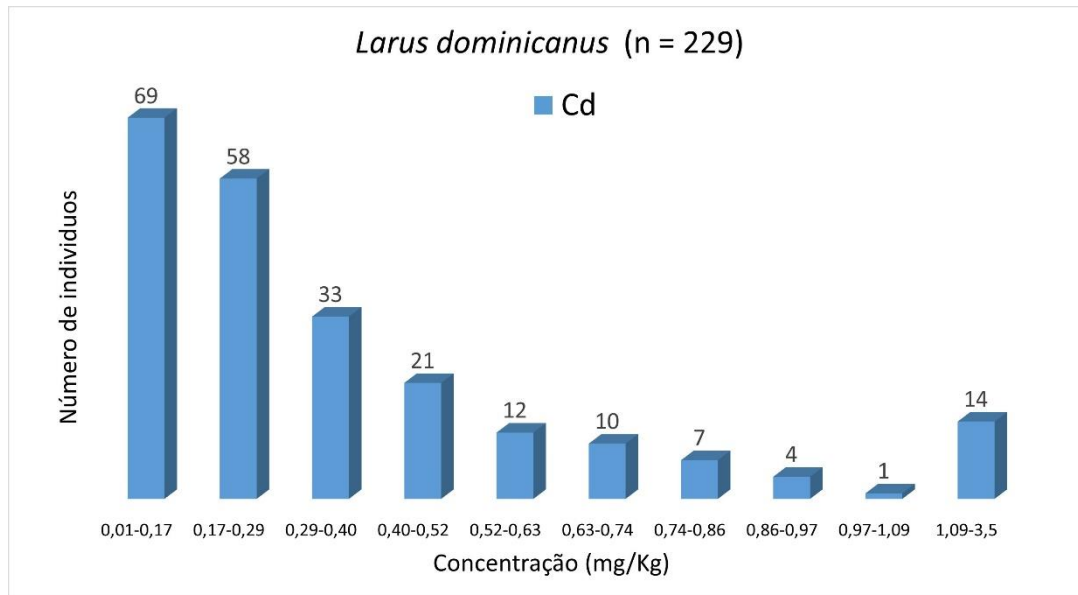


Figura 7.3-15. Histograma de Cd (*Larus dominicanus*) para elementos traço (n = 229), considerando o valor do LD.

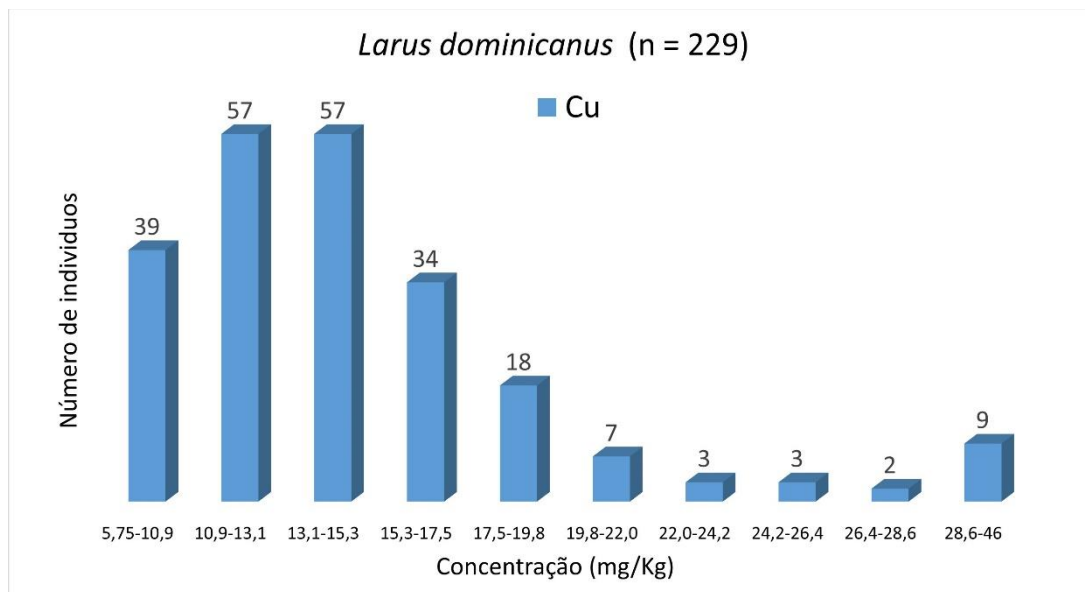


Figura 7.3-16. Histograma de Cu (*Larus dominicanus*) para elementos traço (n = 229), considerando o valor do LD.

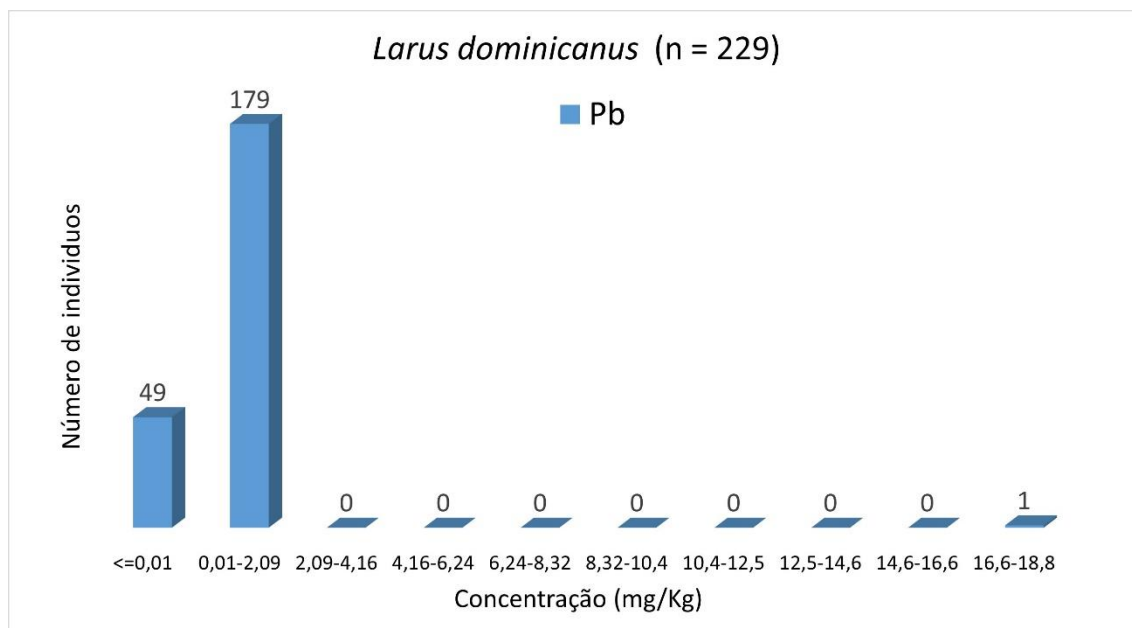


Figura 7.3-17. Histograma de Pb (*Larus dominicanus*) para elementos traço (n = 229), considerando o valor do LD.

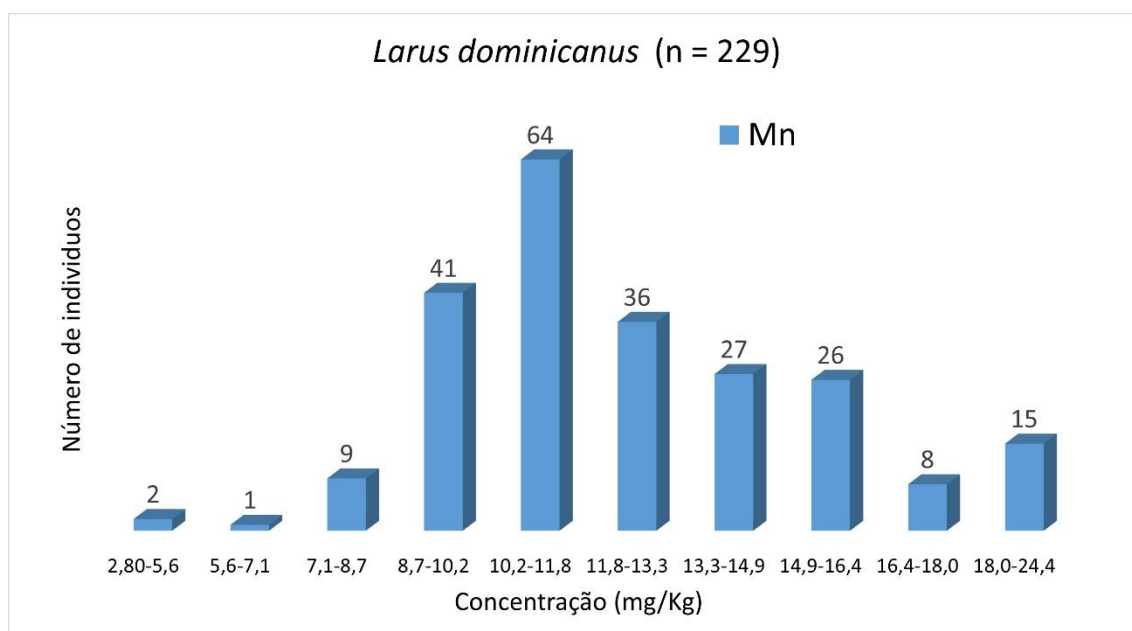


Figura 7.3-18. Histograma de Mn (*Larus dominicanus*) para elementos traço (n = 229), considerando o valor do LD.

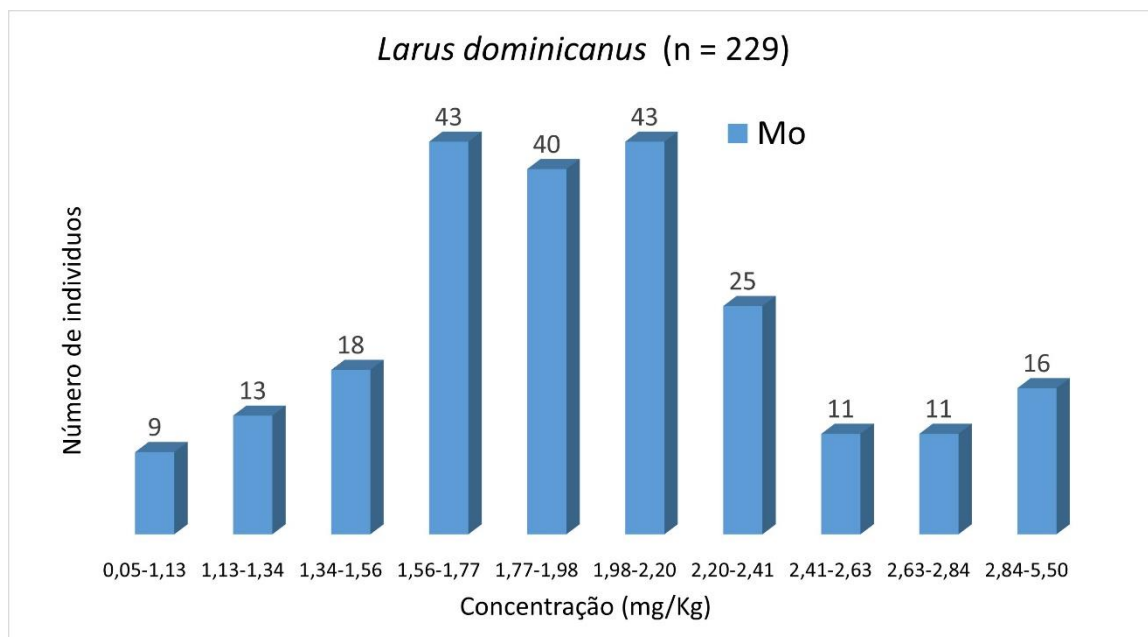


Figura 7.3-19. Histograma de Mo (*Larus dominicanus*) para elementos traço (n = 229), considerando o valor do LD.

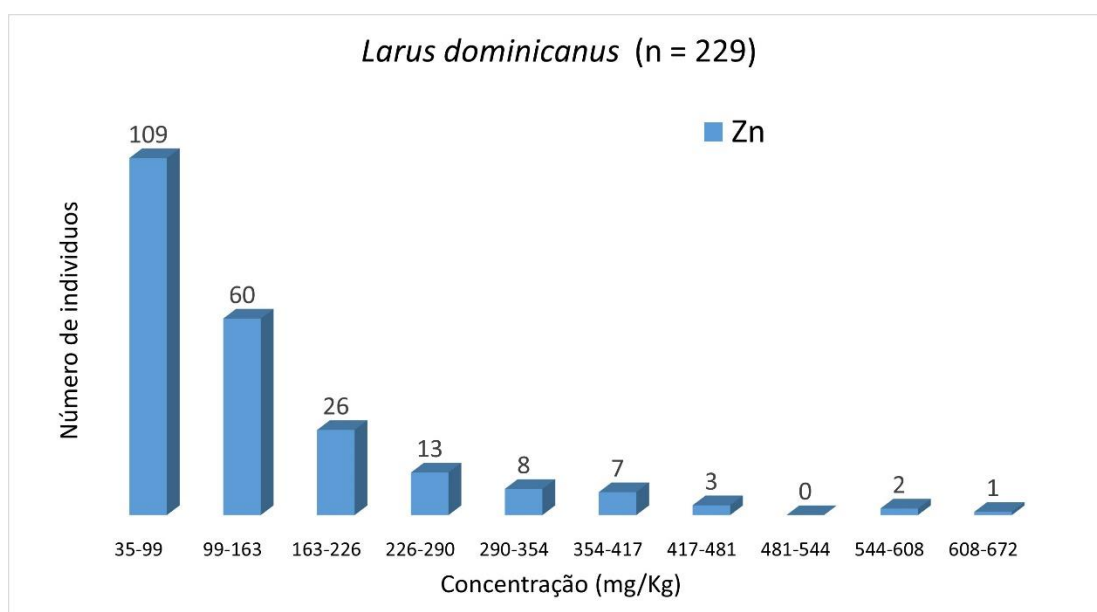


Figura 7.3-20. Histograma de Zn (*Larus dominicanus*) para elementos traço (n = 229), considerando o valor do LD.

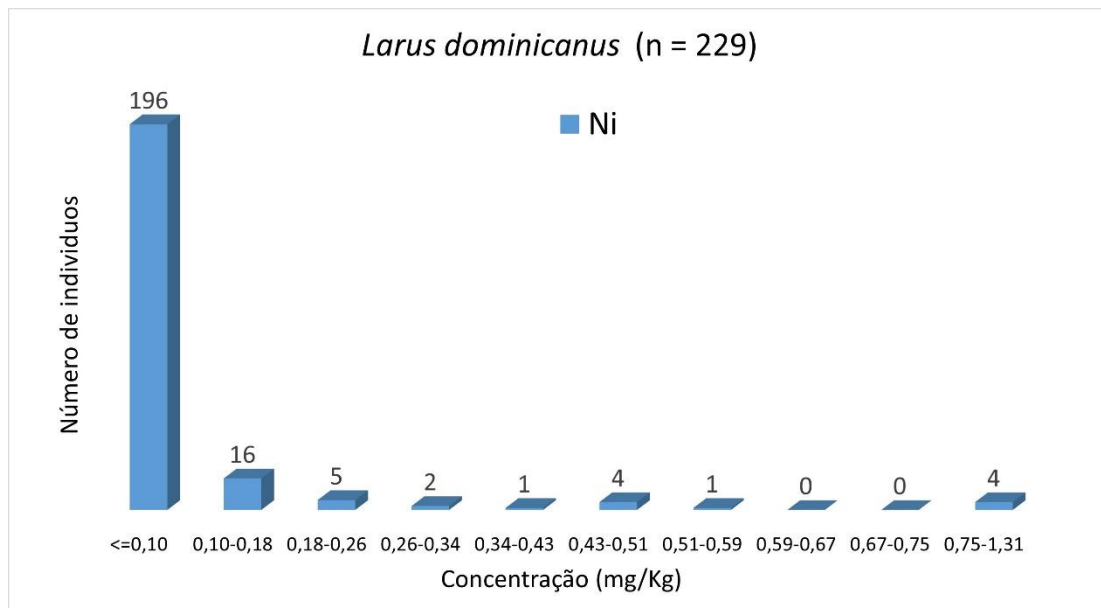


Figura 7.3-21. Histograma de Ni (*Larus dominicanus*) para elementos traço (n = 229), considerando o valor do LD.

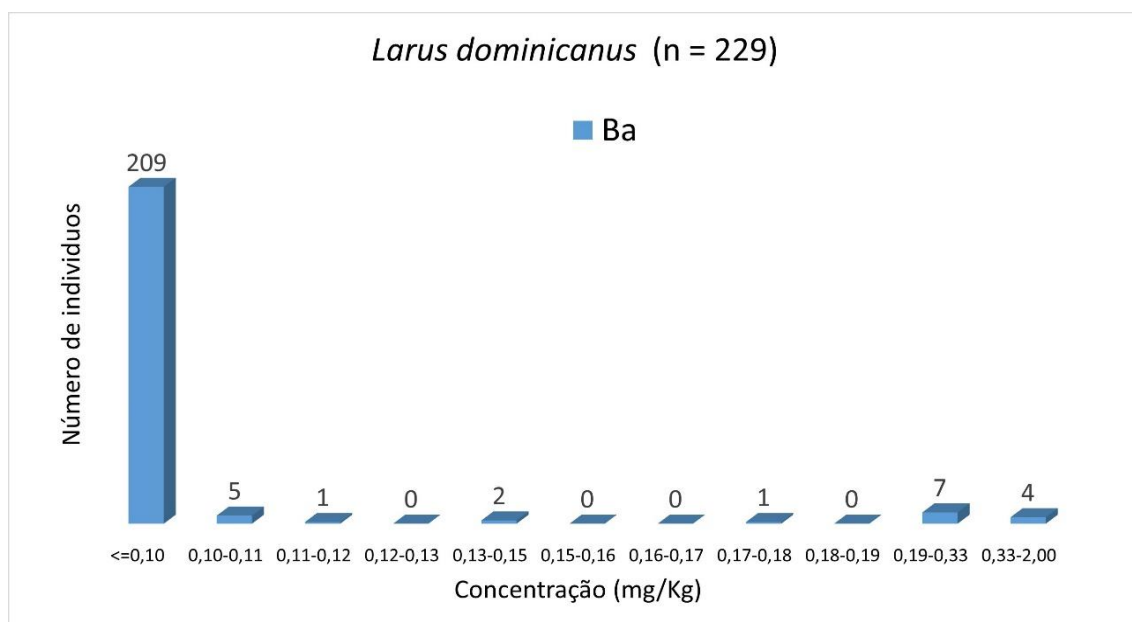


Figura 7.3-22. Histograma de Ba (*Larus dominicanus*) para elementos traço (n = 229), considerando o valor do LD.

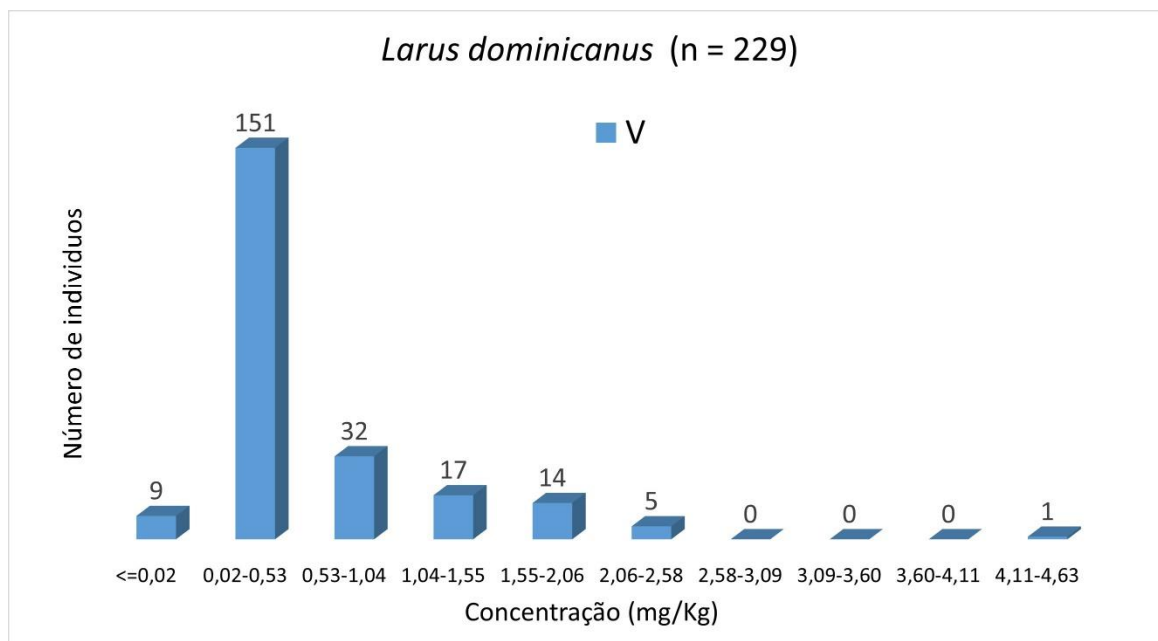


Figura 7.3-23. Histograma de V (*Larus dominicanus*) para elementos traço (n = 229), considerando o valor do LD.

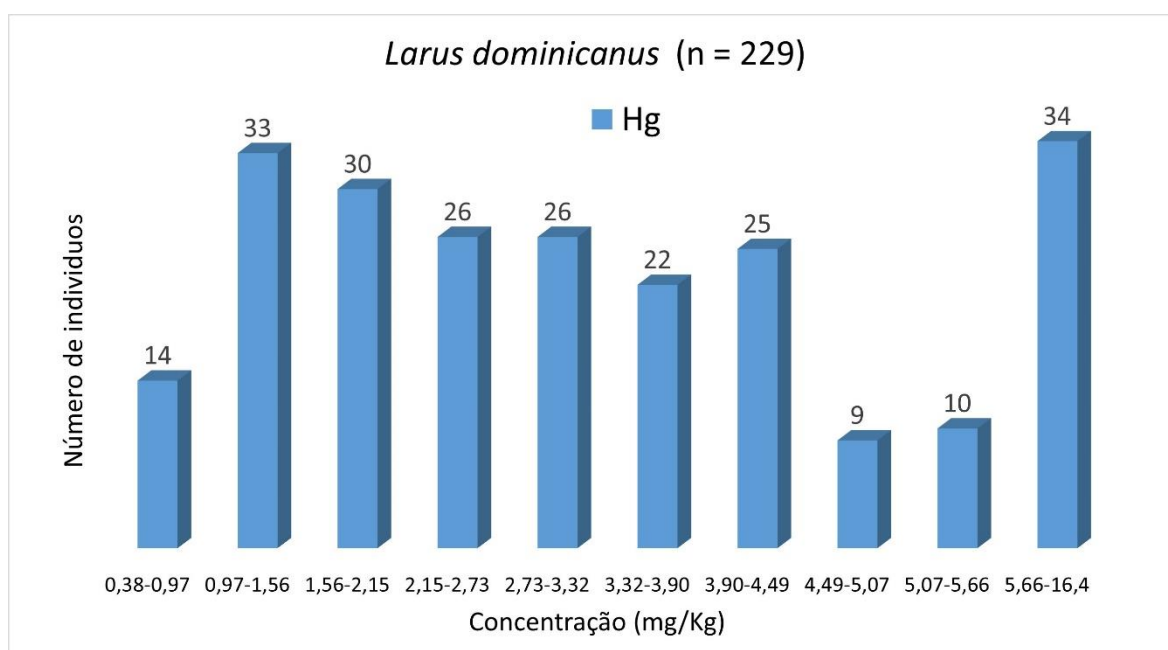


Figura 7.3-24. Histograma de Hg (*Larus dominicanus*) para elementos traço (n = 229), considerando o valor do LD.

Sula leucogaster

Entre a **Figura 7.3-27** e a **Figura 7.3-37** se apresentam os histogramas da espécie *Sula leucogaster* para As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba, V e Hg (n = 151), respectivamente. Mais uma vez, os histogramas mostram-se assimétricos, alguns totalmente alinhados à esquerda, outros aparentemente multimodais sugerindo que os dados não estão distribuídos normalmente.

As concentrações mais frequentes para As foram de 0,20 a 2,02 mg kg⁻¹ (98 indivíduos, 64,9%); 0,01 a 1,19 mg kg⁻¹ para Cd (105 indivíduos, 69,5%); < 0,10 mg kg⁻¹ para Cr (103 indivíduos, 68,2%); 10,9 a 15,8 mg kg⁻¹ para Cu (72 indivíduos, 47,7%); <0,01 mg kg⁻¹ para Pb (87 indivíduos, 57,6%), de 12,9 a 18,6 mg kg⁻¹ para Mn (69 indivíduos, 45,7%); 1,36 a 2,23 mg kg⁻¹ para Mo (81 indivíduos, 64,3%); 57,0 a 118,3 mg kg⁻¹ para Zn (81 indivíduos, 53,6%); 0,03 a 0,06 mg kg⁻¹, abaixo do LD, para Ni (142 indivíduos, 94%), 0,03 a 0,06 mg kg⁻¹ para Ba (135 indivíduos, 89,4%); 0,01 a 0,45 mg kg⁻¹ para V (82 indivíduos, 54,3%) e 2,80 a 6,89 mg Kg⁻¹ para Hg (72 indivíduos, 47,7%).

Análises utilizando boxplot no Excel sugerem os seguintes *Outliers*: para As, 8 indivíduos com concentrações acima de 5 mg kg⁻¹; Cd, 6 indivíduos com concentrações entre 2,6 e 5,73 mg kg⁻¹; Cr, 10 indivíduos com concentrações entre 0,20 e 0,6 mg kg⁻¹ e mais um com concentração de 2,5 mg kg⁻¹; Cu 1 indivíduo com concentração abaixo do LD e 11 indivíduos com concentrações entre 33,6 e 55 mg kg⁻¹; Pb 14 indivíduos com concentrações acima do LD (acima de 0,05 mg kg⁻¹); Zn com 6 indivíduos com concentrações acima de 290 mg kg⁻¹; Ni todos os indivíduos com concentração acima de 0,10 mg kg⁻¹ (acima do LD); Ba 14 indivíduos com concentrações acima de 0,10 mg kg⁻¹ (acima do LD); e V 9 indivíduos com concentrações acima 1,35 mg kg⁻¹; Hg 8 indivíduos com concentrações entre 22 e 80 mg kg⁻¹ e mais um indivíduo considerado *Outlier* extremo com concentração de 394,6 mg kg⁻¹.

A **Figura 7.3-36** mostra o histograma para Hg desconsiderando um indivíduo com concentrações acima de 18,5 mg kg⁻¹ (395 mg kg⁻¹), detalhando a distribuição da categoria de 0,75 a 21,3 mg kg⁻¹. Semelhante aos histogramas anteriormente para *sula leucogaster*, o histograma da **Figura**

7.3-36 apresentou assimetria, alinhado à esquerda e, sugere que os dados não estão distribuídos normalmente.

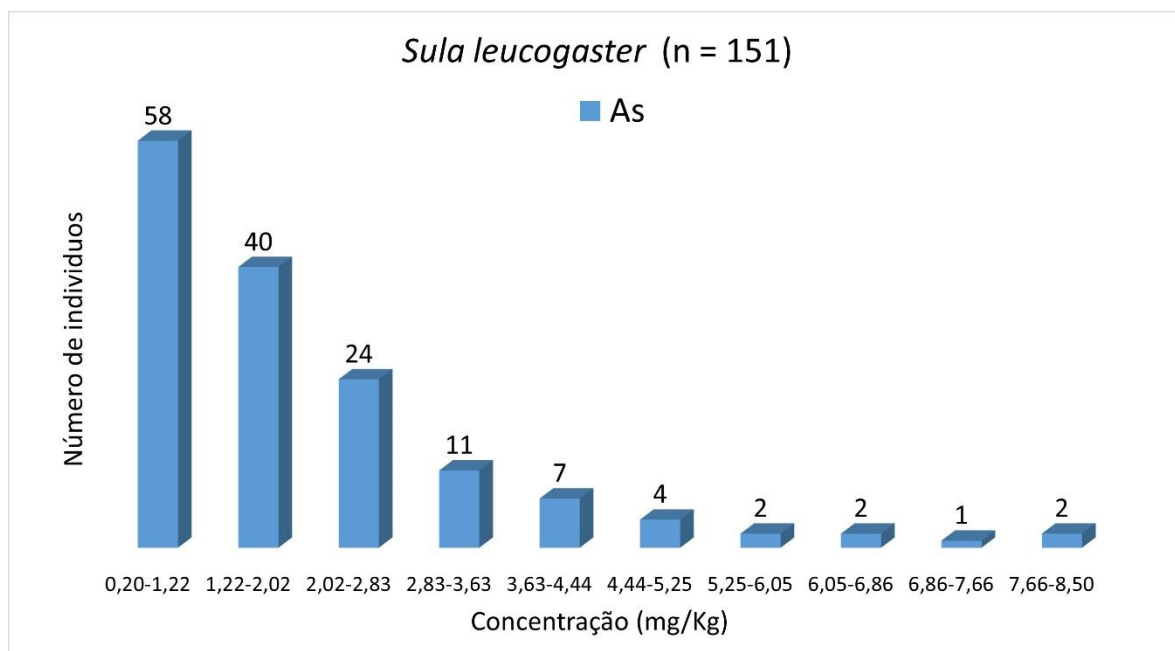


Figura 7.3-25. Histograma de As (*Sula leucogaster*) para elementos traço (n = 151), considerando o valor do LD.

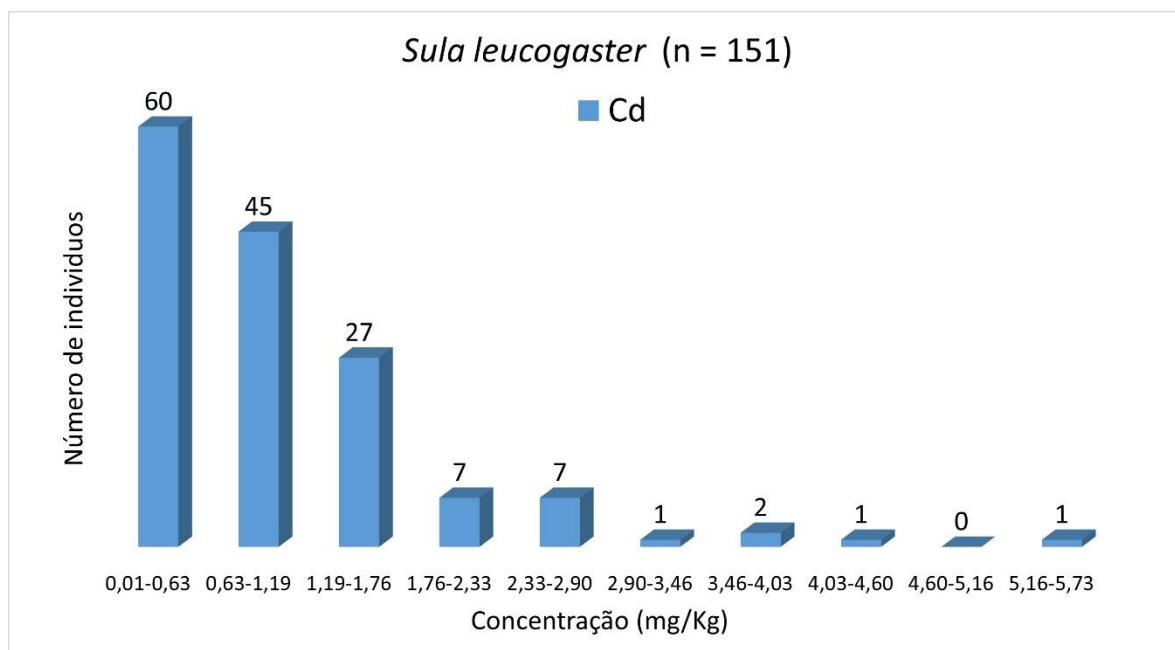


Figura 7.3-26. Histograma de Cd (*Sula leucogaster*) para elementos traço (n = 151), considerando o valor do LD.

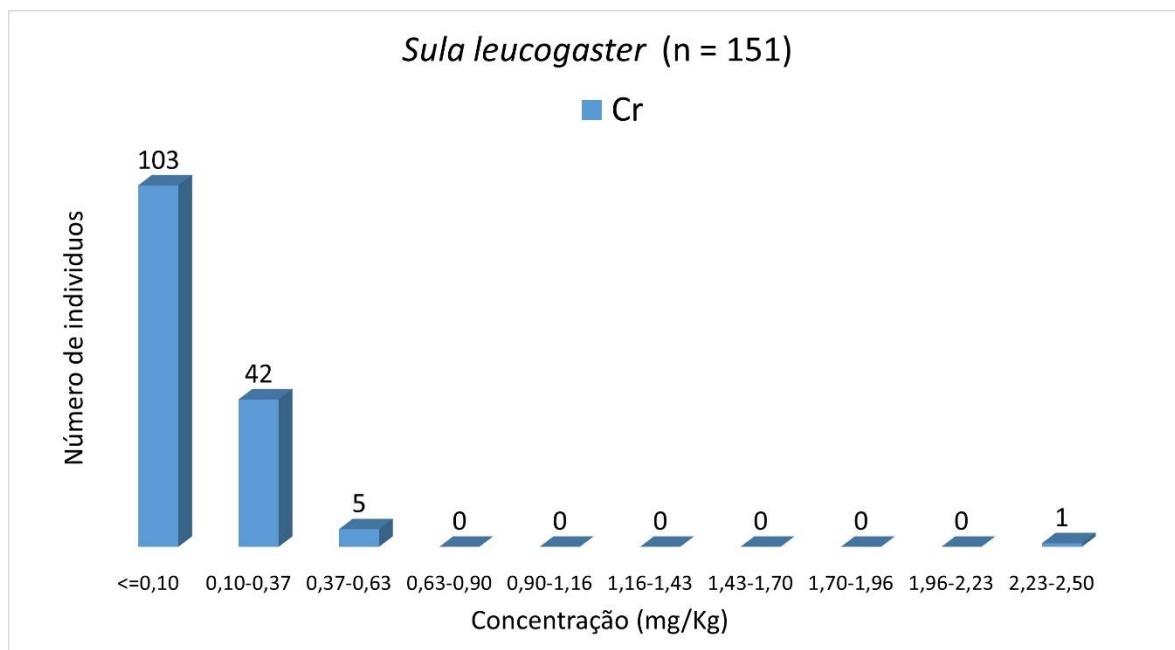


Figura 7.3-27. Histograma de Cr (*Sula leucogaster*) para elementos traço (n = 151), considerando o valor do LD.

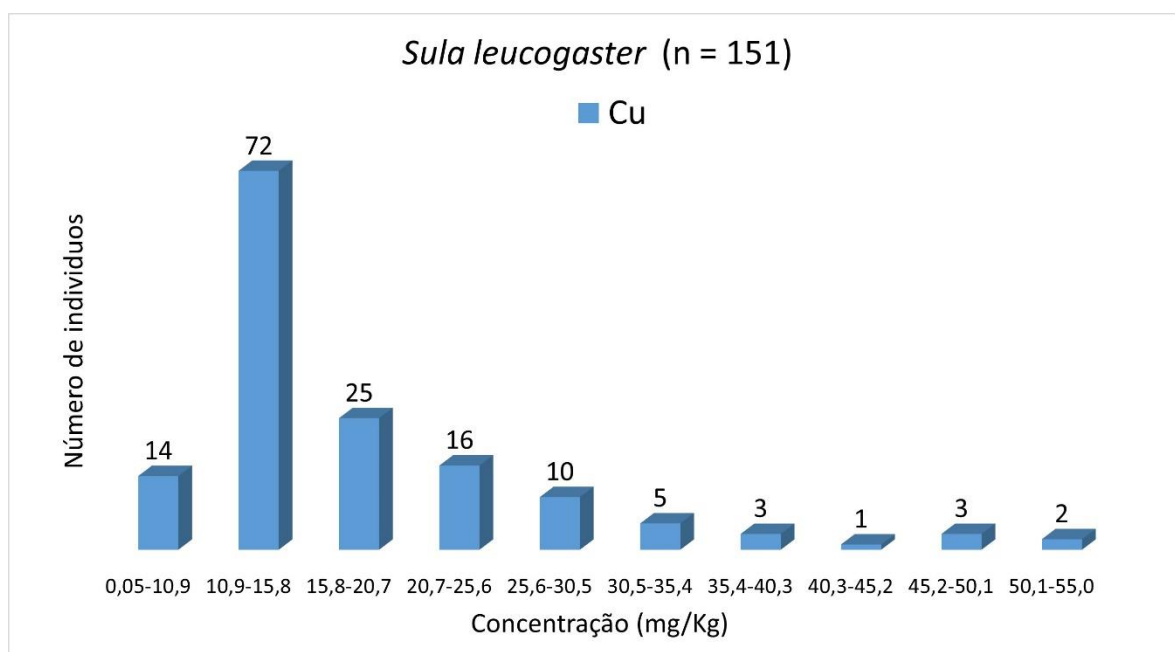


Figura 7.3-28. Histograma de Cu (*Sula leucogaster*) para elementos traço (n = 151), considerando o valor do LD.

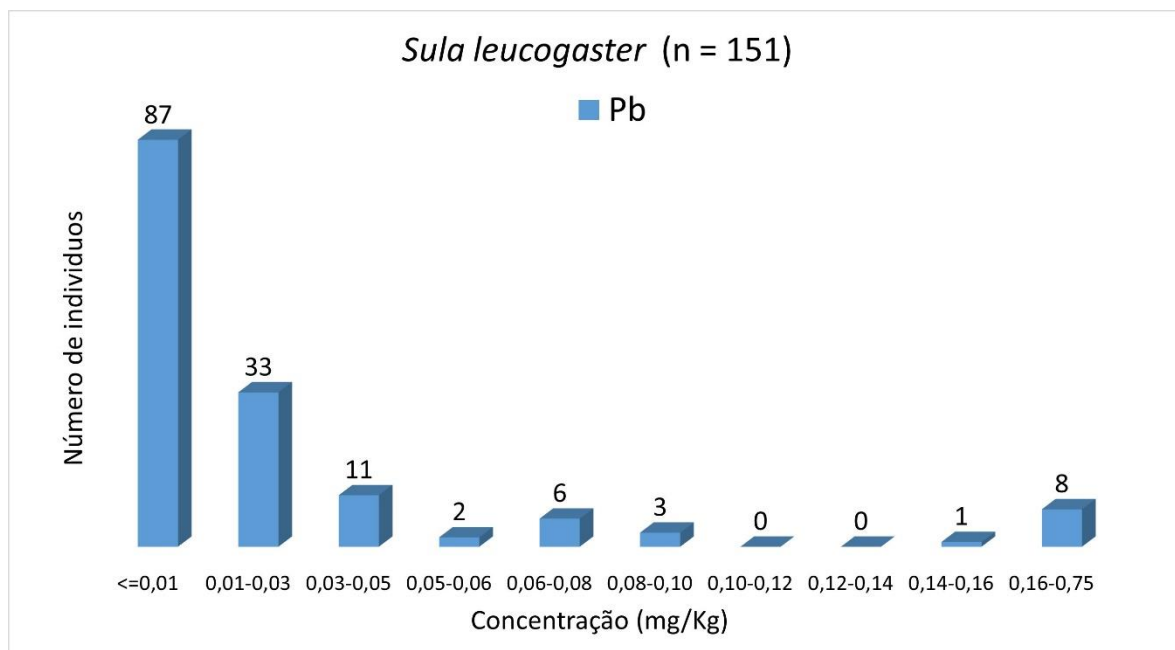


Figura 7.3-29. Histograma de Pb (*Sula leucogaster*) para elementos traço (n = 151), considerando o valor do LD.

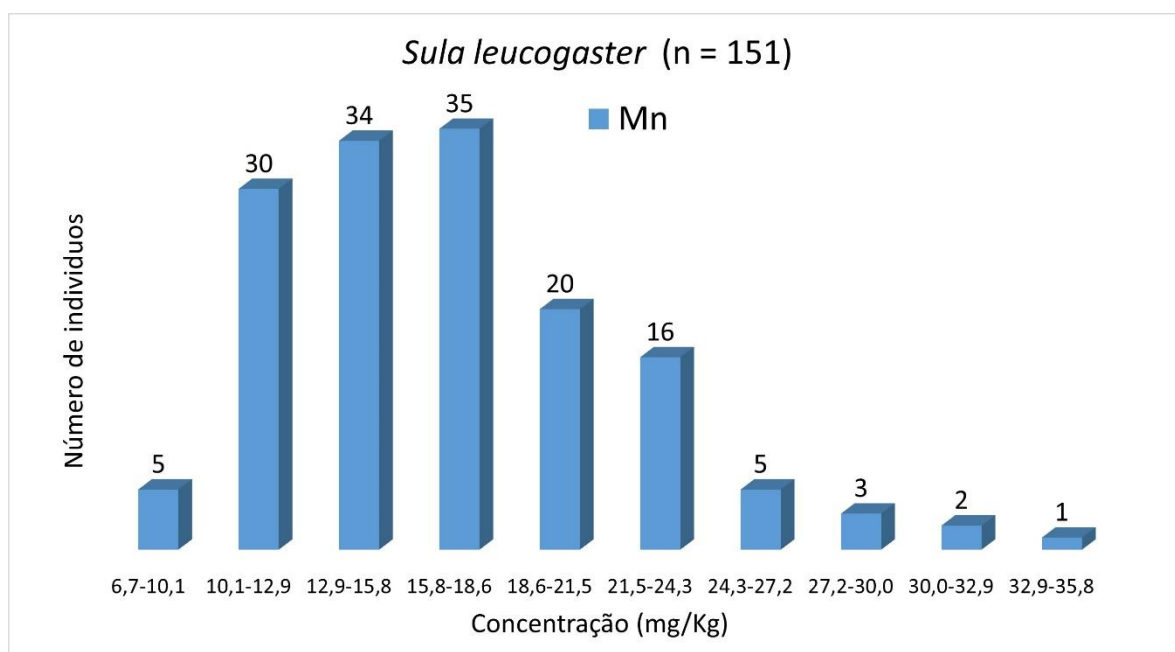


Figura 7.3-30. Histograma de Mn (*Sula leucogaster*) para elementos traço (n = 126), considerando o valor do LD.

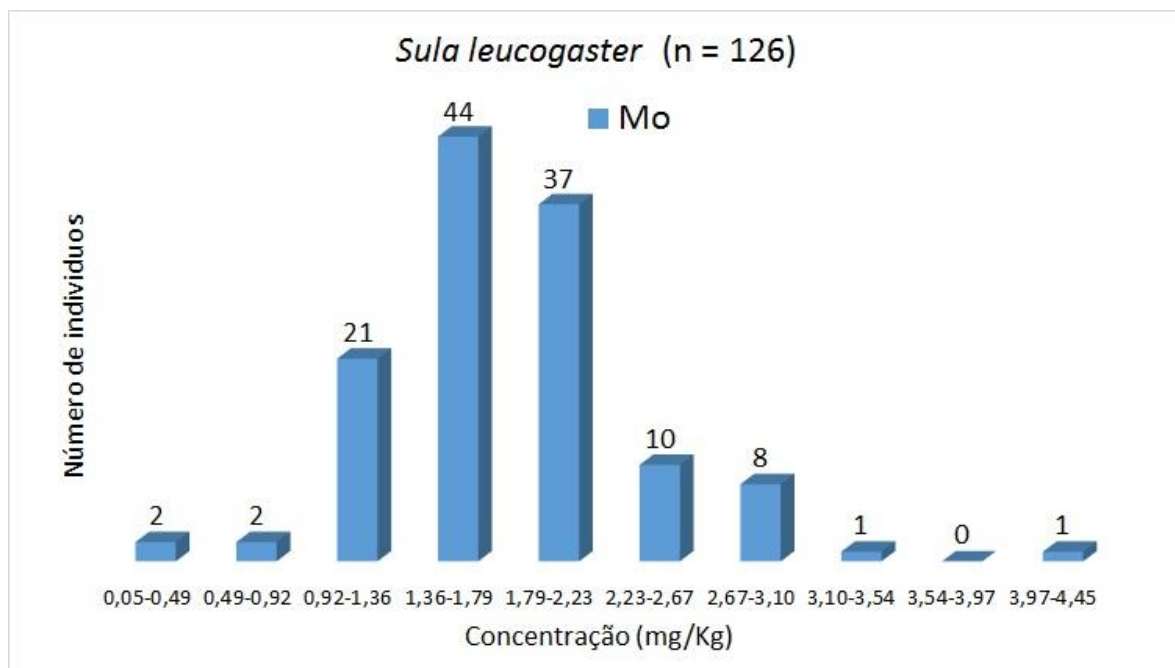


Figura 7.3-31. Histograma de Mo (*Sula leucogaster*) para elementos traço (n = 151), considerando o valor do LD.

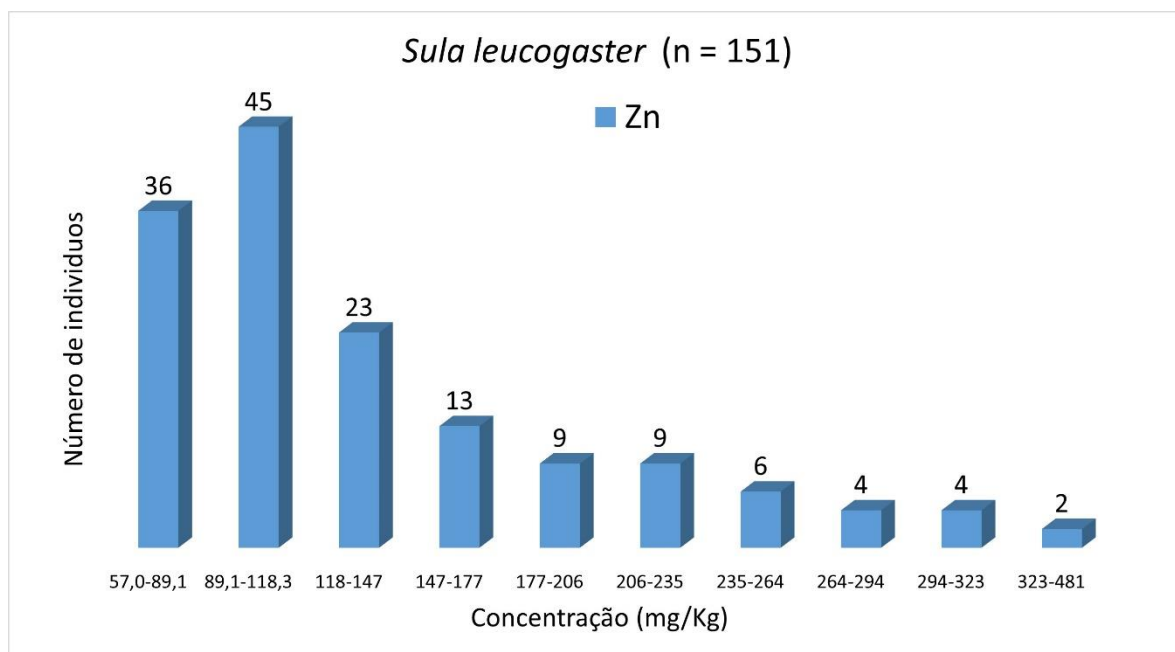


Figura 7.3-32. Histograma de Zn (*Sula leucogaster*) para elementos traço (n = 151), considerando o valor do LD.

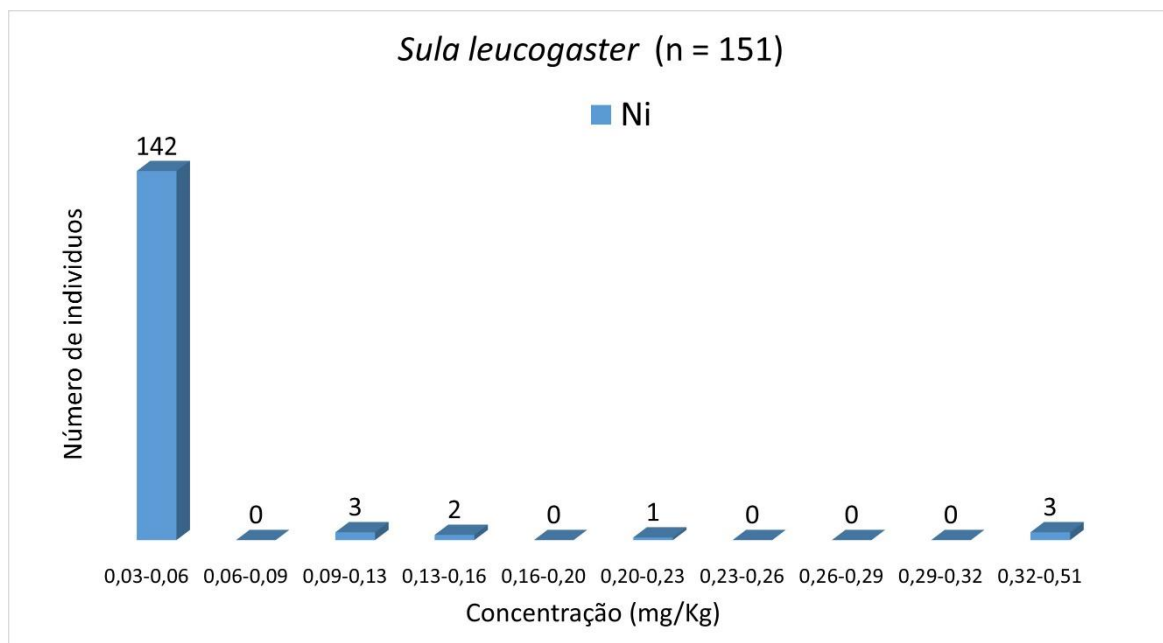


Figura 7.3-33. Histograma de Ni (*Sula leucogaster*) para elementos traço (n = 151), considerando o valor do LD.

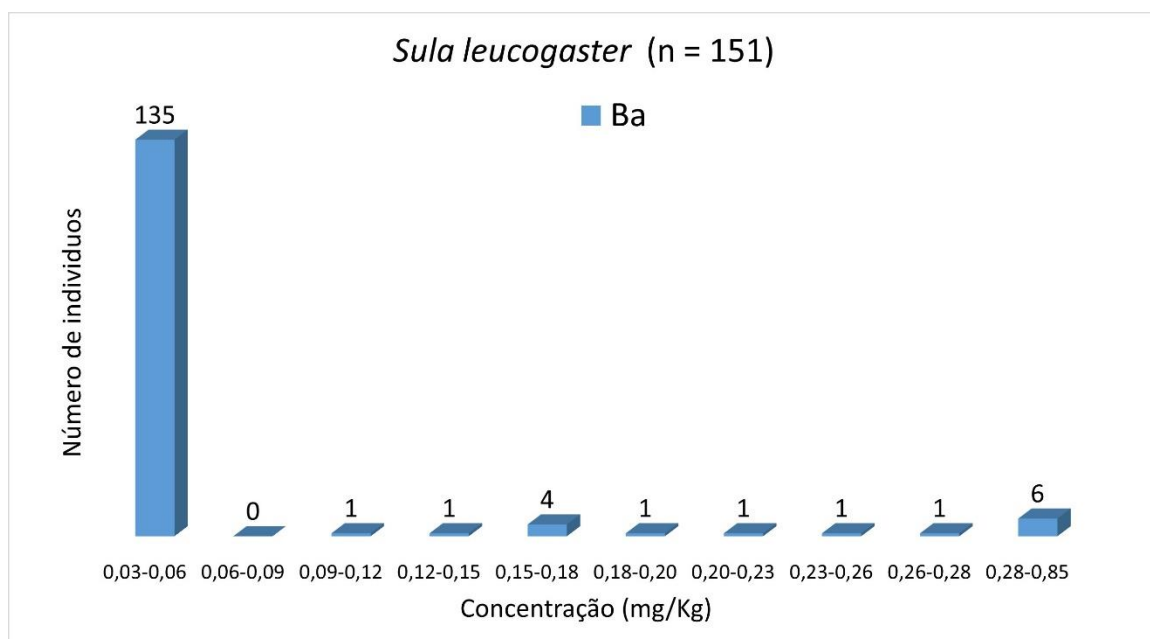


Figura 7.3-34. Histograma de Ba (*Sula leucogaster*) para elementos traço (n = 126), considerando o valor do LD.

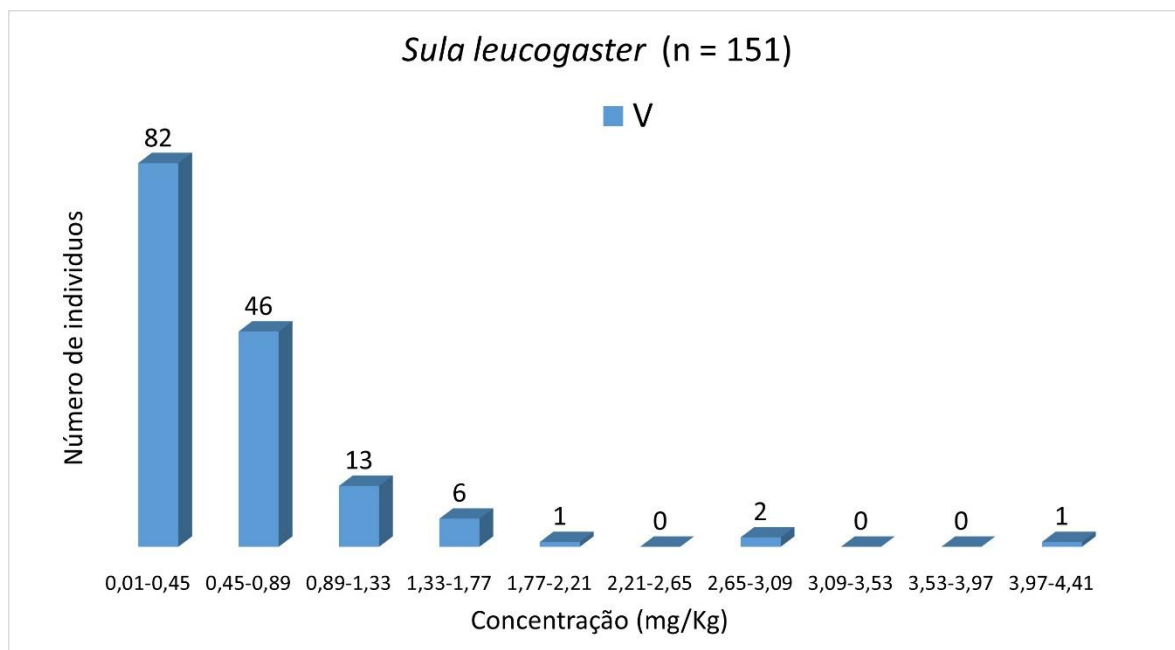


Figura 7.3-35. Histograma de V (*Sula leucogaster*) para elementos traço (n = 151), considerando o valor do LD.

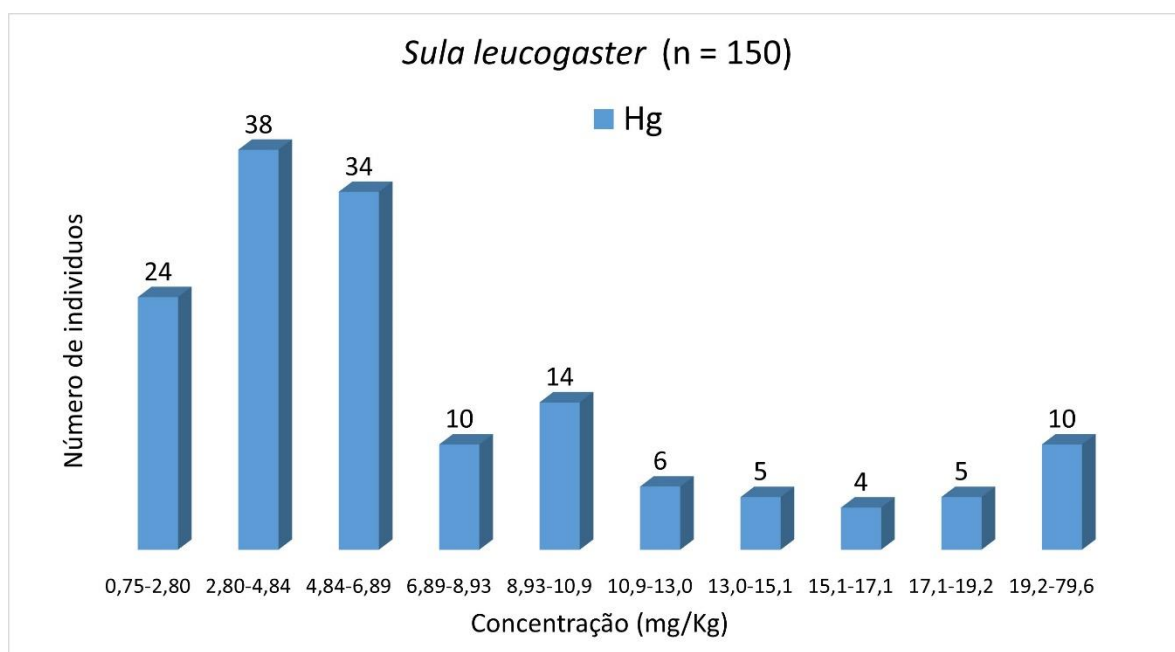


Figura 7.3-36. Histograma de Hg (*Sula leucogaster*) para elementos traço (n = 150), considerando o valor do LD.

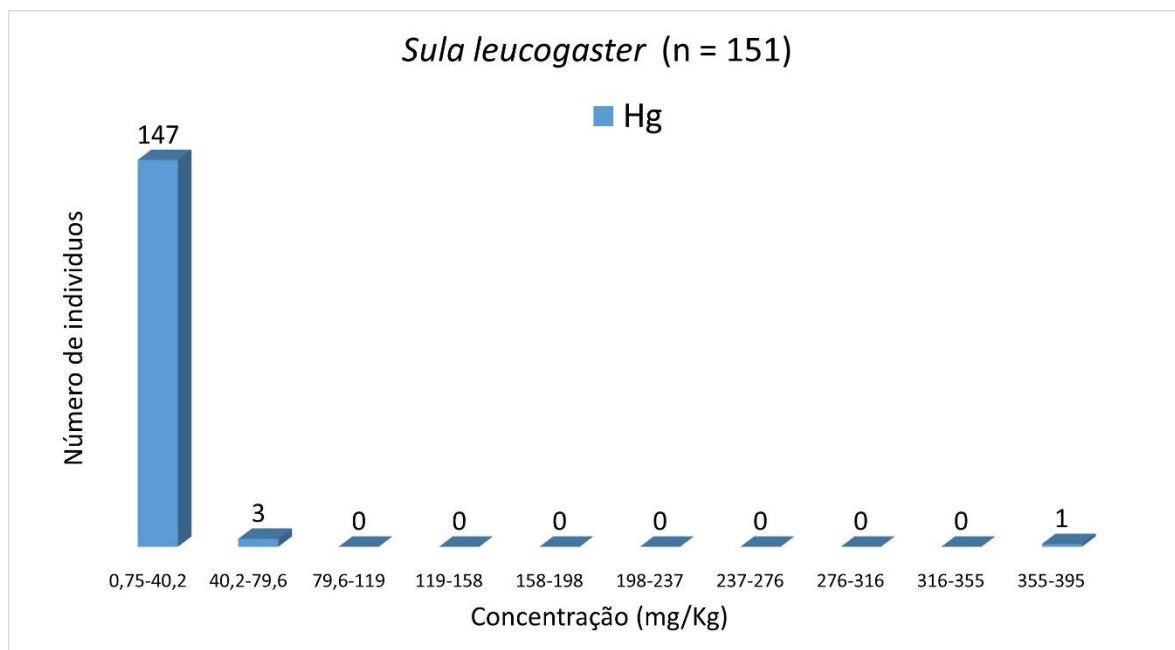


Figura 7.3-37. Histograma de Hg (*Sula leucogaster*) para elementos traço (n = 151), considerando o valor do LD e possíveis outliers.

Phalacrocorax brasilianus

Desde a **Figura 7.3-38** até a **Figura 7.3-49** se mostram os histogramas da espécie *Phalacrocorax brasilianus* para As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba, V e Hg (n = 99), respectivamente. Todos os histogramas mostram-se assimétricos, alguns totalmente alinhados à esquerda, outros aparentemente multimodais e, conseqüentemente, sugerem que os dados não estão distribuídos normalmente, como frequentemente observado nos histogramas anteriores.

As concentrações mais frequentes para As foram de 0,01 a 0,47 mg kg⁻¹ (57 indivíduos, 57,6%); 0,01 a 0,09 mg kg⁻¹ para Cd (58 indivíduos, 58,6%); < 0,10 mg kg⁻¹ abaixo do LD para Cr (48 indivíduos, 48,5%) e ainda 25 indivíduos (25,3%) entre 0,10 e 0,20 mg kg⁻¹ (entre o LD e o LQ); 11,1-59 mg kg⁻¹ para Cu (64 indivíduos, 64,6%); 0,01 a 0,28 mg Kg⁻¹ para Pb (60 indivíduos, 60,6%); 9,95 a 11,5 mg kg⁻¹ para Mn (27 indivíduos, 27,3%); 2,36 a 2,72 mg kg⁻¹ para Mo (34 indivíduos, 34,3%); 77 a 202 mg kg⁻¹ para Zn (41 indivíduos, 41,4%); 0,05 a 0,06 mg kg⁻¹ para Ni (83 indivíduos, 83,8%); 0,05 a 0,09mg kg⁻¹ para Ba

(80 indivíduos, 80,8%); 0,19 a 0,72 mg kg⁻¹ para V (50 indivíduos, 50,5%) e 0,70 a 3,14 mg kg⁻¹ para Hg (48 indivíduos, 48,5%).

Análises utilizando boxplot no Excel sugerem os seguintes Outliers: para As, 8 indivíduos com concentrações acima de 2,3 mg kg⁻¹; Cd, 8 indivíduos com concentrações acima de 0,42 mg kg⁻¹; Cr, 4 indivíduos com concentrações acima de 0,38 mg kg⁻¹; Cu 4 indivíduo com concentrações acima de 117 mg kg⁻¹; Pb 10 indivíduos com concentrações acima de 0,10 mg kg⁻¹; Mn 5 indivíduos com concentrações entre 18 e 22 mg kg⁻¹; Mo 8 indivíduos com concentrações entre 3,6 e 5 mg kg⁻¹; Zn com 1 indivíduo com concentração acima de 750 mg kg⁻¹; Ni 14 indivíduos com concentração acima de 0,10 mg kg⁻¹ (acima do LD); Ba 18 indivíduos com concentrações acima de 0,10 mg kg⁻¹ (acima do LD); V 9 indivíduos com concentrações acima 1,35 mg kg⁻¹; Hg 8 indivíduos com concentrações entre 9 e 25 mg kg⁻¹.

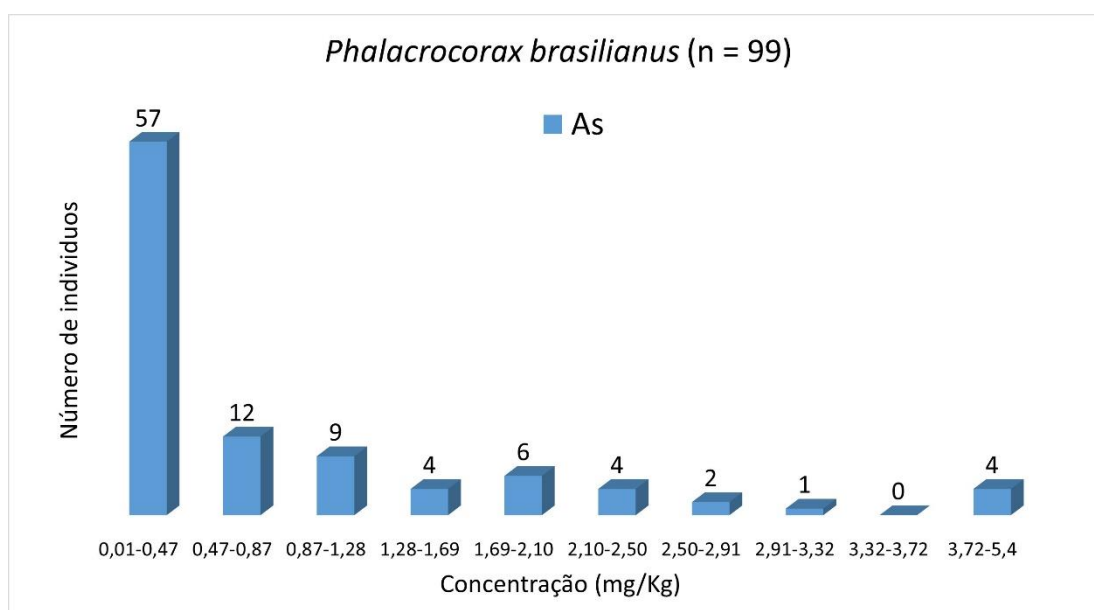


Figura 7.3-38. Histograma de As (*Phalacrocorax brasilianus*) para elementos traço (n = 99), considerando o valor do LD.

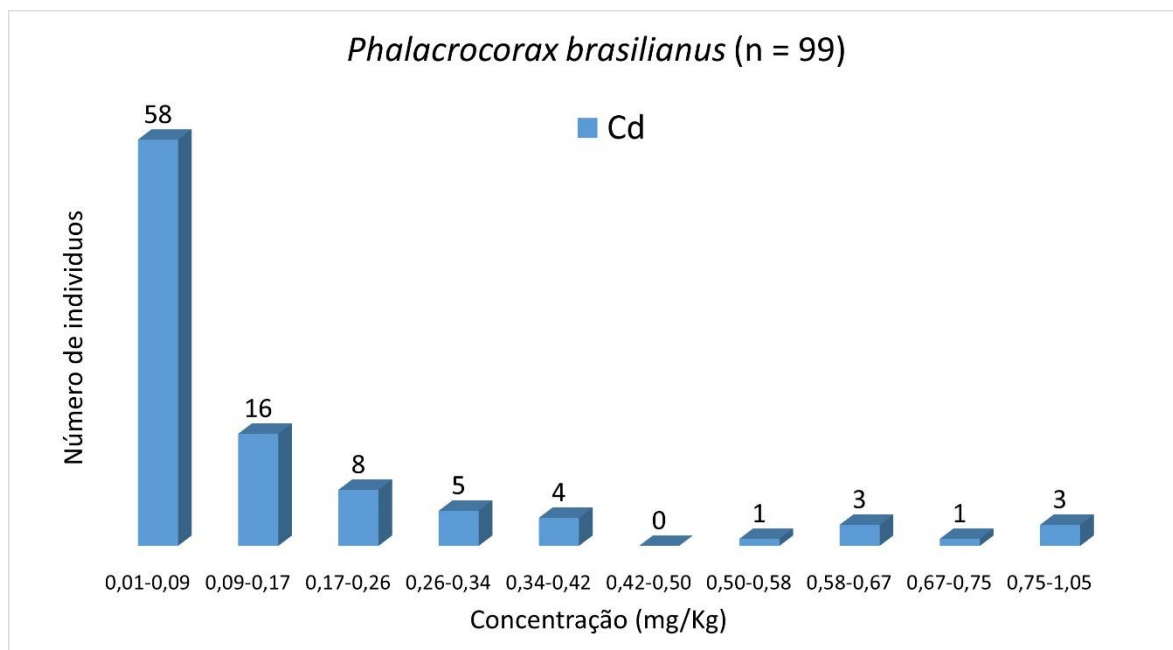


Figura 7.3-39. Histograma de Cd (*Phalacrocorax brasilianus*) para elementos traço (n = 99), considerando o valor do LD.

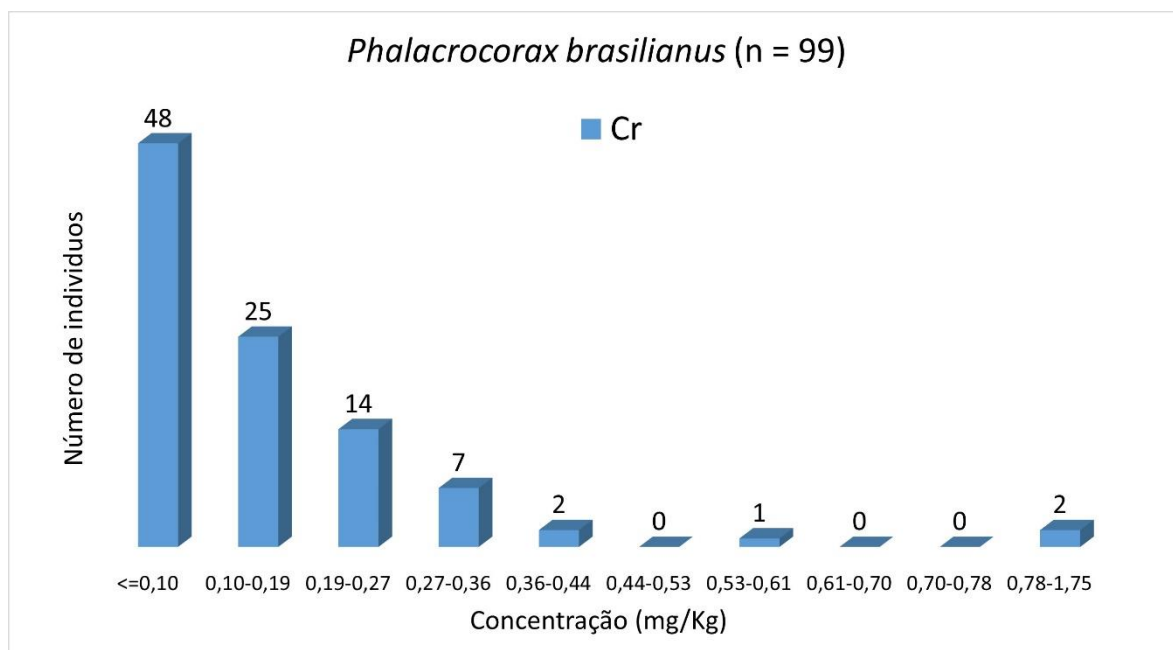


Figura 7.3-40. Histograma de Cr (*Phalacrocorax brasilianus*) para elementos traço (n = 99), considerando o valor do LD

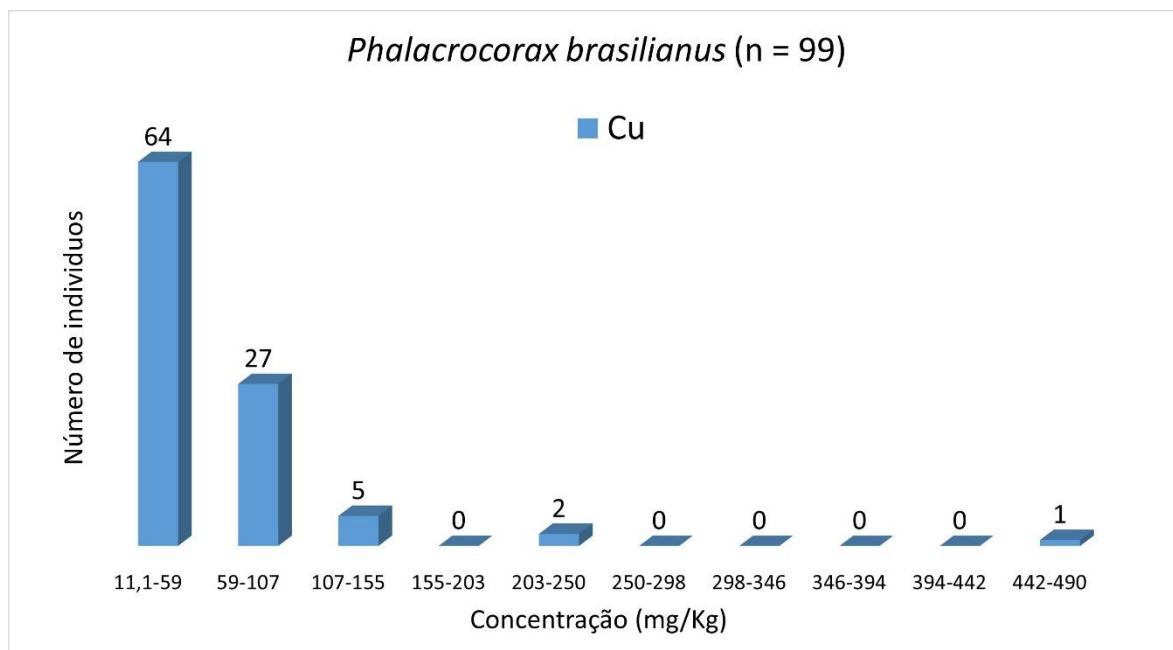


Figura 7.3-41. Histograma de Cu (*Phalacrocorax brasilianus*) para elementos traço (n = 99), considerando o valor do LD.

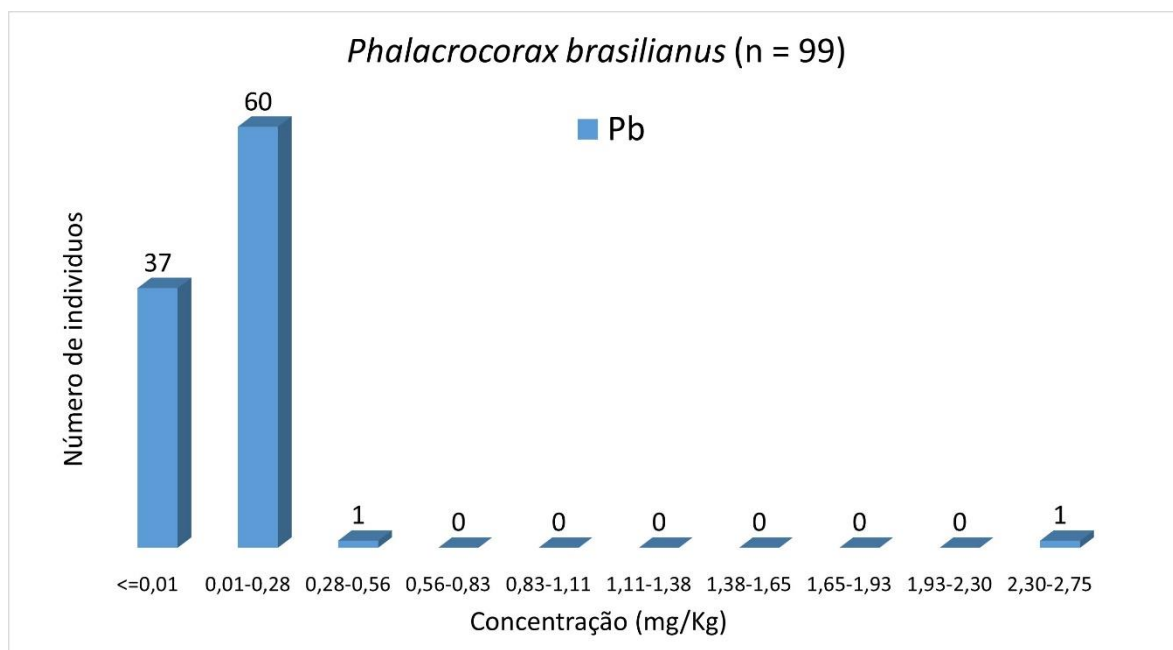


Figura 7.3-42. Histograma de Pb (*Phalacrocorax brasilianus*) para elementos traço (n = 99), considerando o valor do LD.

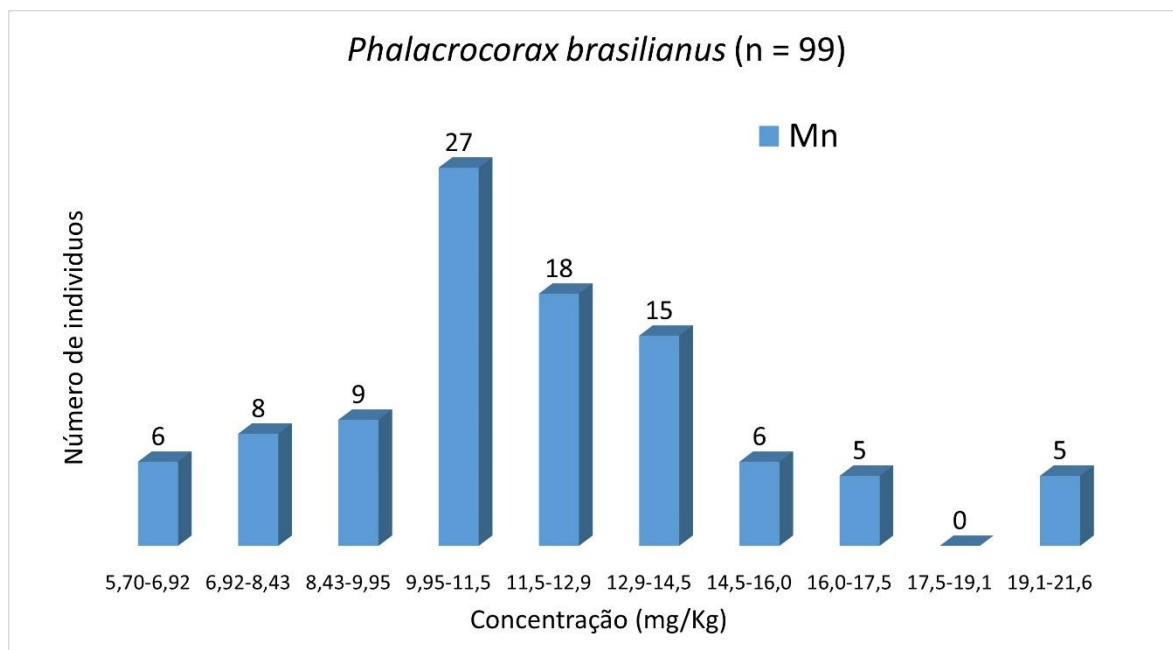


Figura 7.3-43. Histograma de Mn (*Phalacrocorax brasilianus*) para elementos traço (n = 99), considerando o valor do LD.

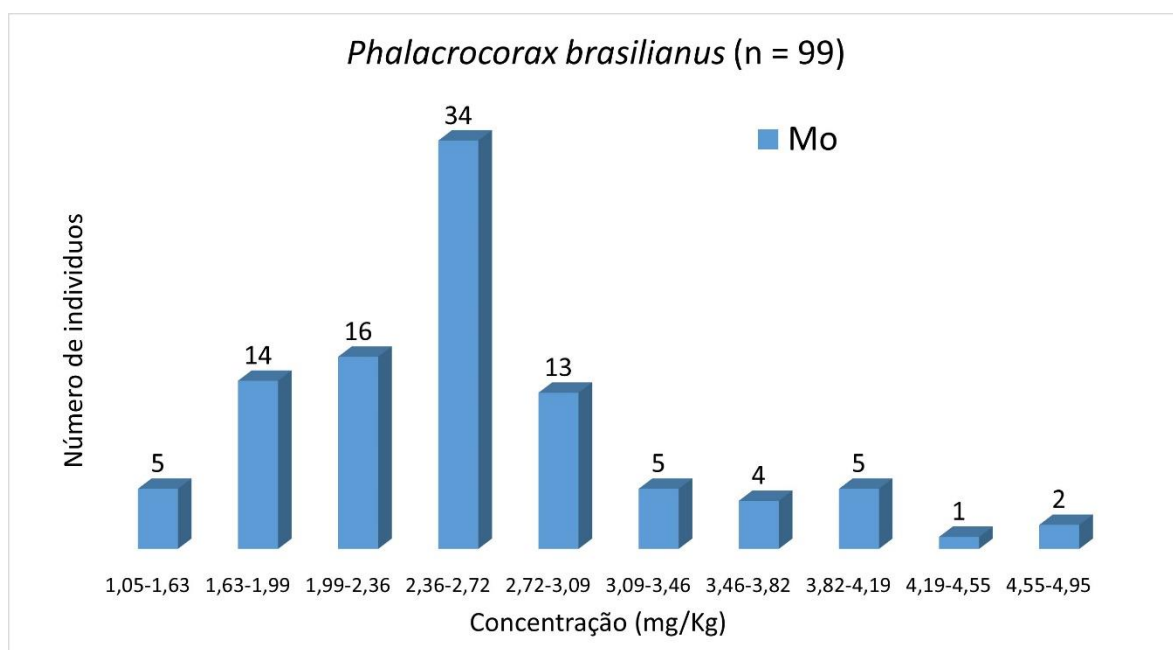


Figura 7.3-44. Histograma de Mo (*Phalacrocorax brasilianus*) para elementos traço (n = 99) considerando o valor do LD.

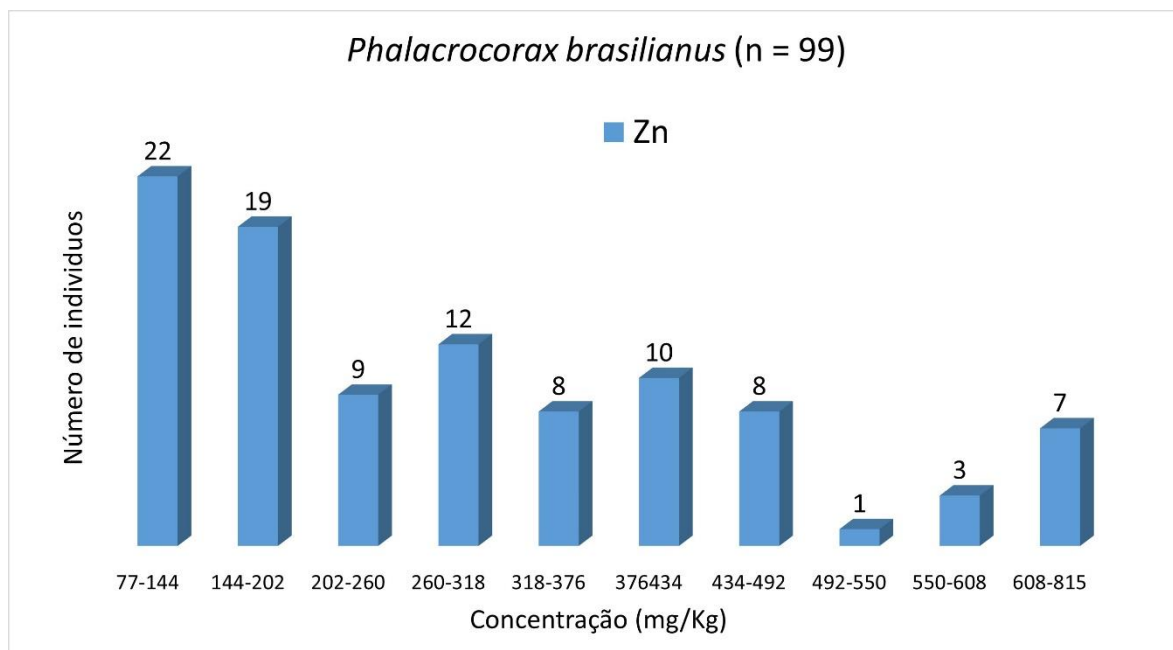


Figura 7.3-45. Histograma de Zn (*Phalacrocorax brasilianus*) para elementos traço (n = 99), considerando o valor do LD.

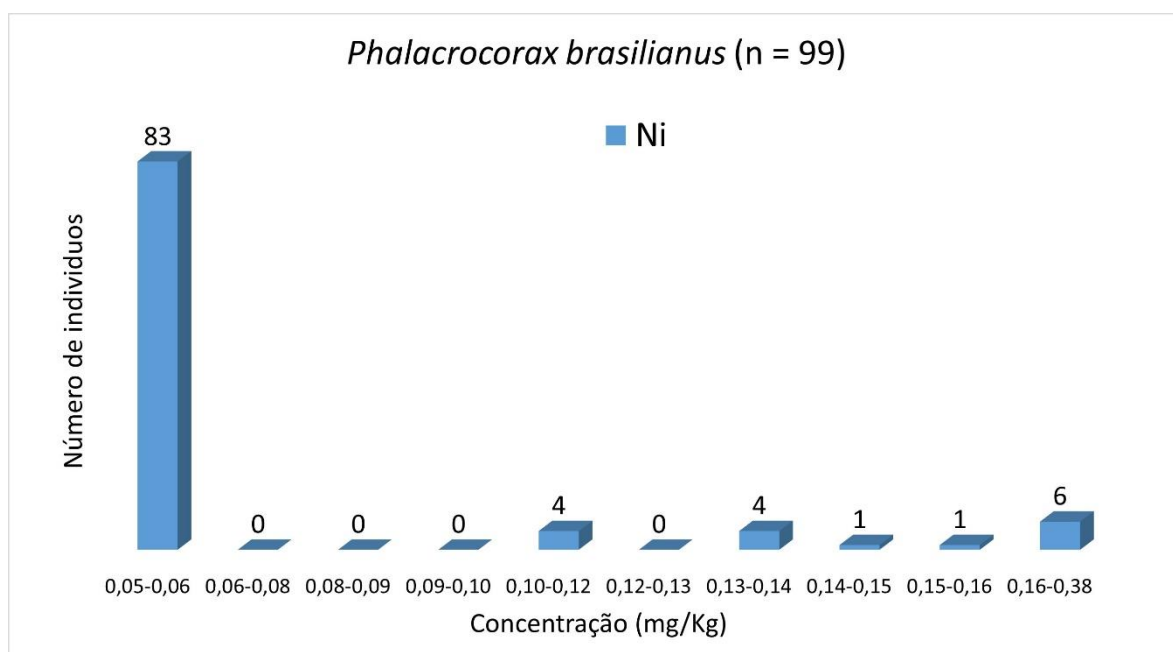


Figura 7.3-46. Histograma de Ni (*Phalacrocorax brasilianus*) para elementos traço (n = 99), considerando o valor do LD.

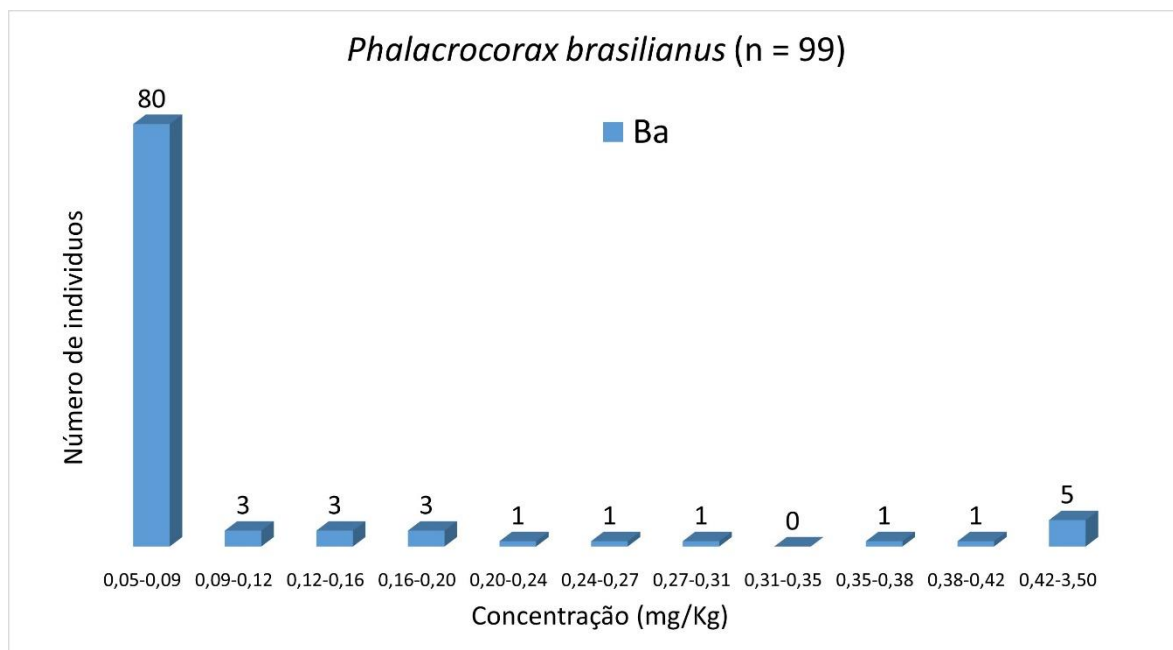


Figura 7.3-47. Histograma de Ba (*Phalacrocorax brasilianus*) para elementos traço (n = 99), considerando o valor do LD.

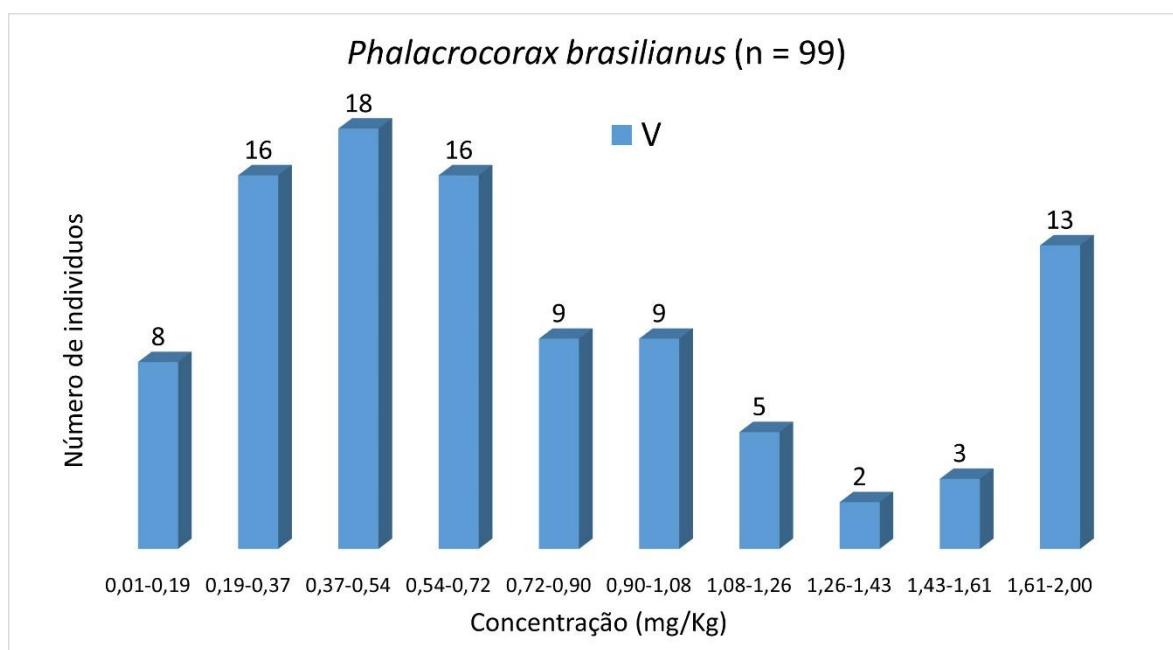


Figura 7.3-48. Histograma de V (*Phalacrocorax brasilianus*) para elementos traço (n = 99), considerando o valor do LD.

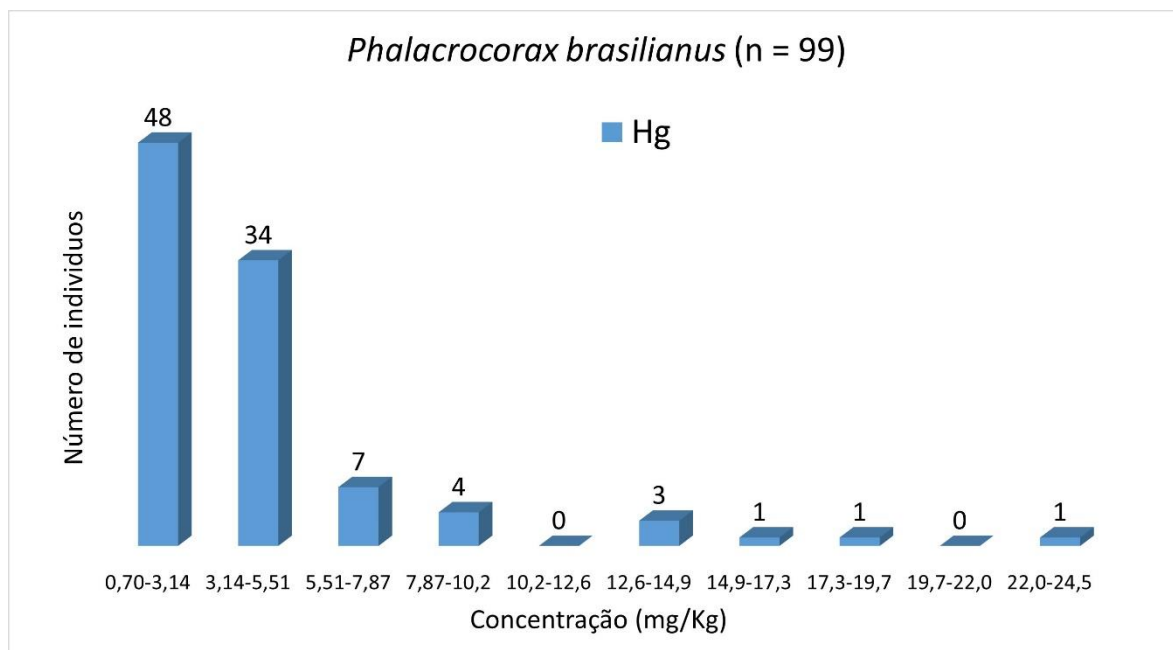


Figura 7.3-49. Histograma de Hg (*Phalacrocorax brasilianus*) para elementos traço (n = 99), considerando o valor do LD.

Fregata magnificens

Os histogramas da espécie *Fregata magnificens* se apresentam entre a **Figura 7.3-50** e a **Figura 7.3-61** para As, Cd, Cr, Cu Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba, V e Hg (n = 69), respectivamente. Para a grande maioria dos elementos, os histogramas mostram-se assimétricos, alguns totalmente alinhados à esquerda, outros aparentemente multimodais e, conseqüentemente, sugerem que os dados não estão distribuídos normalmente.

As concentrações mais frequentes para As foram de 0,5 a 3,0 mg kg⁻¹ (29 indivíduos, 42%), 0,03 a 0,86 mg kg⁻¹ para Cd (38 indivíduos, 55,1%), 0,05 a 0,07 mg kg⁻¹ para Cr (47 indivíduos, 68,1%); 10,4 a 23 mg kg⁻¹ para Cu (33 indivíduos, 47,8%); <0,01 mg kg⁻¹ (< LD) para Pb (39 indivíduos, 56,5%); 9,6 a 11,7 mg kg⁻¹ para Mn (24 indivíduos, 34,8%); 1,06 a 1,63 mg kg⁻¹ para Mo (38 indivíduos, 55,1%); 102 a 196 mg kg⁻¹ para Zn (43 indivíduos, 63,3%); 0,05 a 0,08 mg kg⁻¹ (<LD) para Ni (55 indivíduos, 79,7%); 0,05 a 0,06 mg kg⁻¹ (<LD) para Ba (62 indivíduos, 89,9%); 0,22 a 0,43 mg kg⁻¹ para V (22 indivíduos, 31,9%) e 0,70 a 8,94 mg kg⁻¹ para Hg (35 indivíduos, 50,7%).

Análises utilizando boxplot no Excel sugerem os seguintes *Outliers*: para As, 9 indivíduos com concentrações acima de 8,74 mg kg⁻¹; Cd, 7 indivíduos com concentrações acima de 2,30 mg kg⁻¹; Cr, 4 indivíduos com concentrações acima de 0,24 mg kg⁻¹; Cu 5 indivíduo com concentrações acima de 52 mg kg⁻¹; Pb 4 indivíduos com concentrações acima de 0,10 mg kg⁻¹; Mn 2 indivíduos com concentrações acima de 22 mg kg⁻¹; Mo 3 indivíduos com concentrações acima de 2,10 mg kg⁻¹; Zn com 1 indivíduo com concentração acima de 370 mg kg⁻¹; Ni 14 indivíduos com concentração acima de 0,10 mg kg⁻¹ (acima do LD); Ba 7 indivíduos com concentrações acima de 0,10 mg kg⁻¹ (acima do LD); V 10 indivíduos com concentrações acima 1,50 mg kg⁻¹; Hg 6 indivíduos com concentrações acima de 25 mg kg⁻¹.

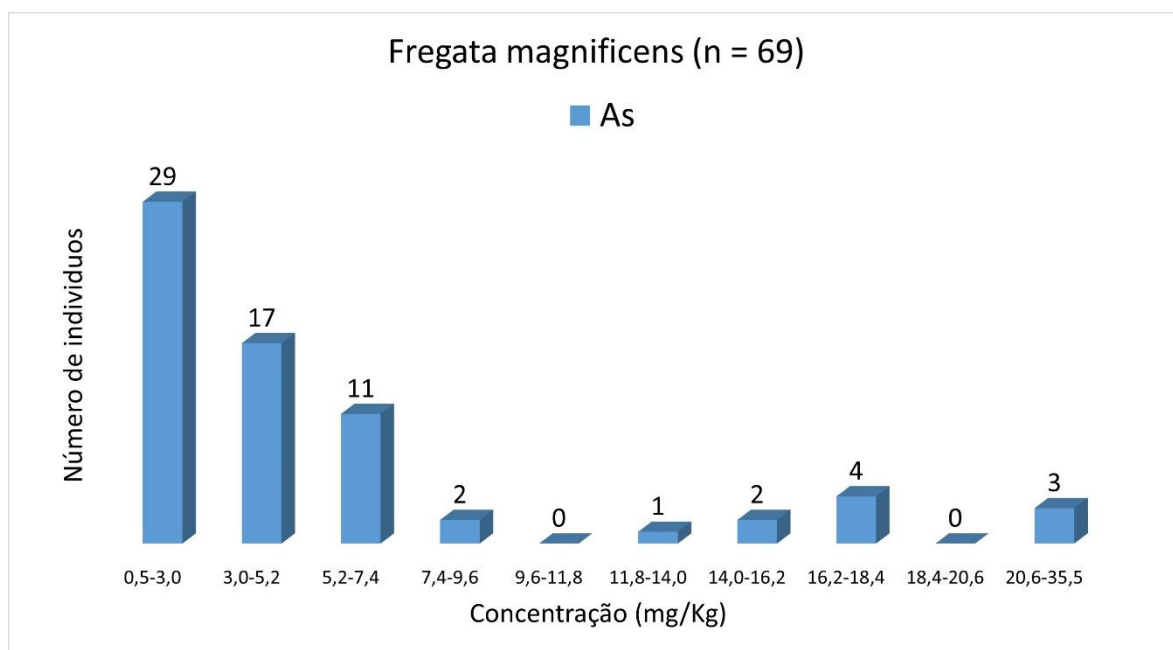


Figura 7.3-50. Histograma de As (*Fregata magnificens*) para elementos traço (n = 69), considerando o valor do LD.

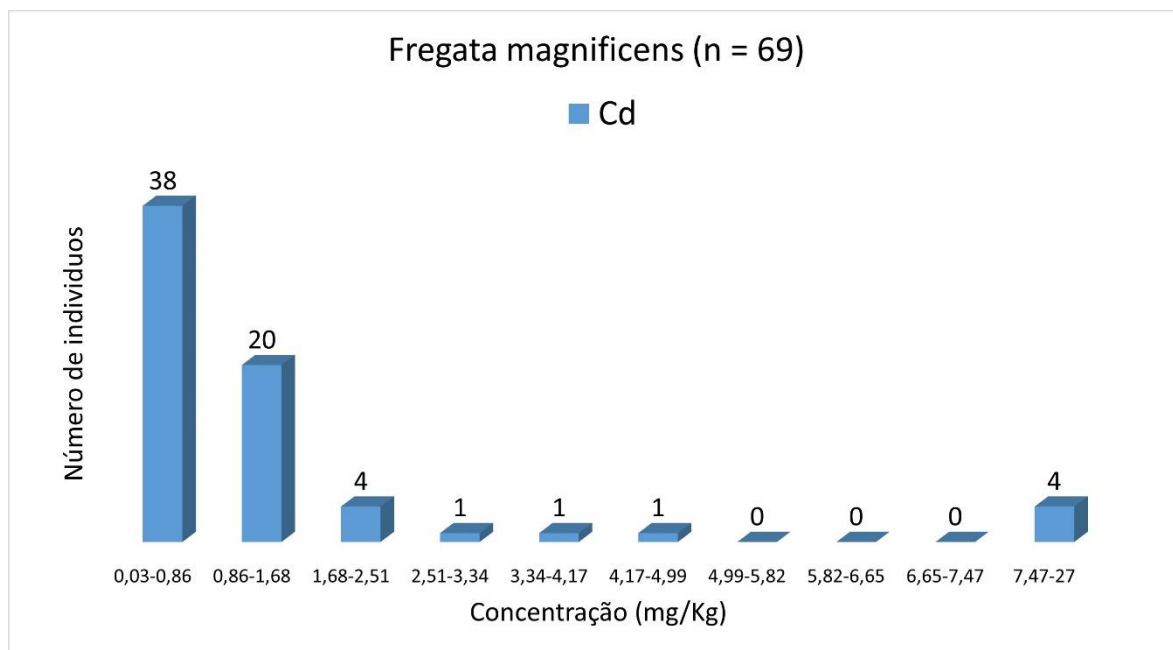


Figura 7.3-51. Histograma de Cd (*Fregata magnificens*) para elementos traço (n = 69), considerando o valor do LD.

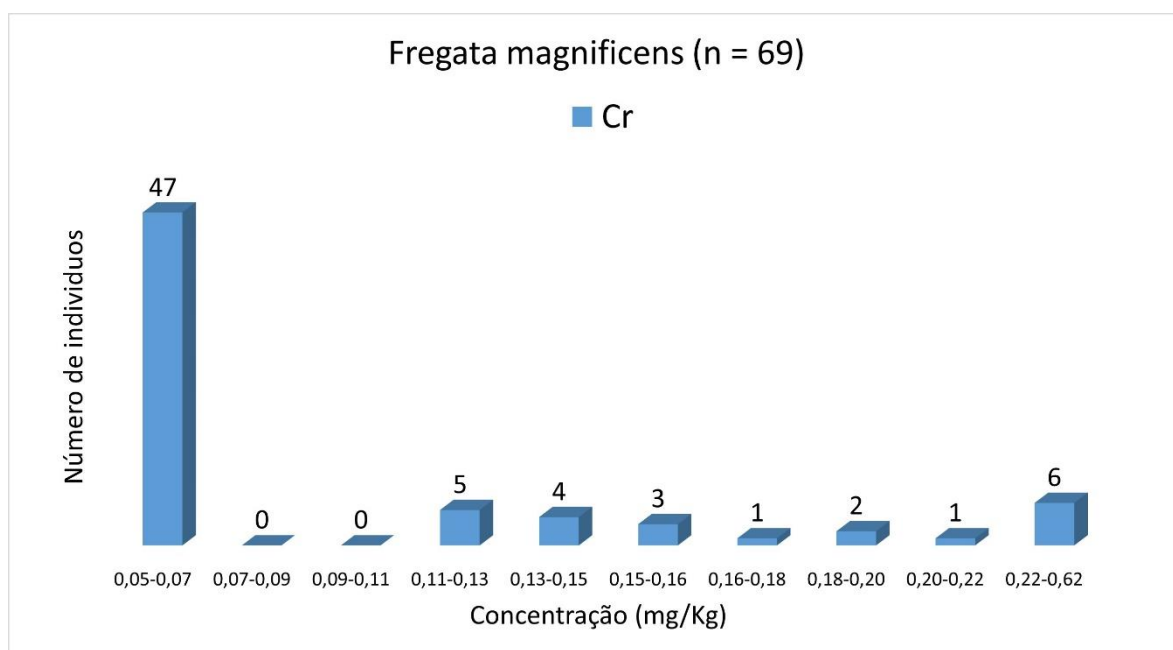


Figura 7.3-52. Histograma de Cr (*Fregata magnificens*) para elementos traço (n = 69), considerando o valor do LD.

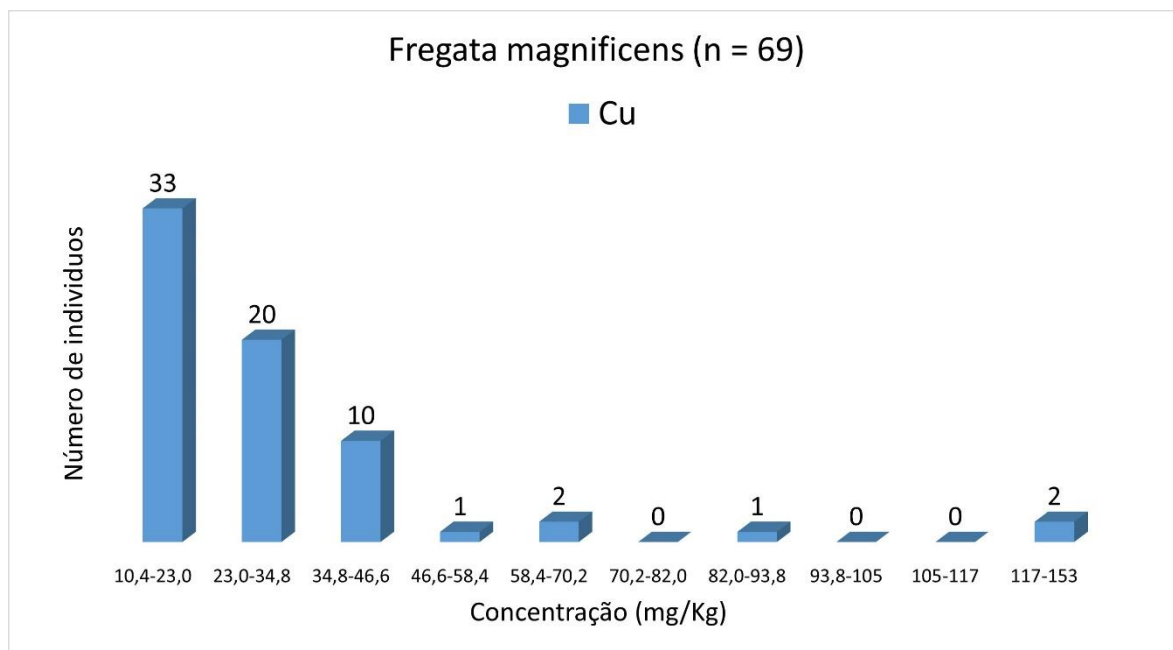


Figura 7.3-53. Histograma de Cu (Fregata magnificens) para elementos traço (n = 69), considerando o valor do LD.

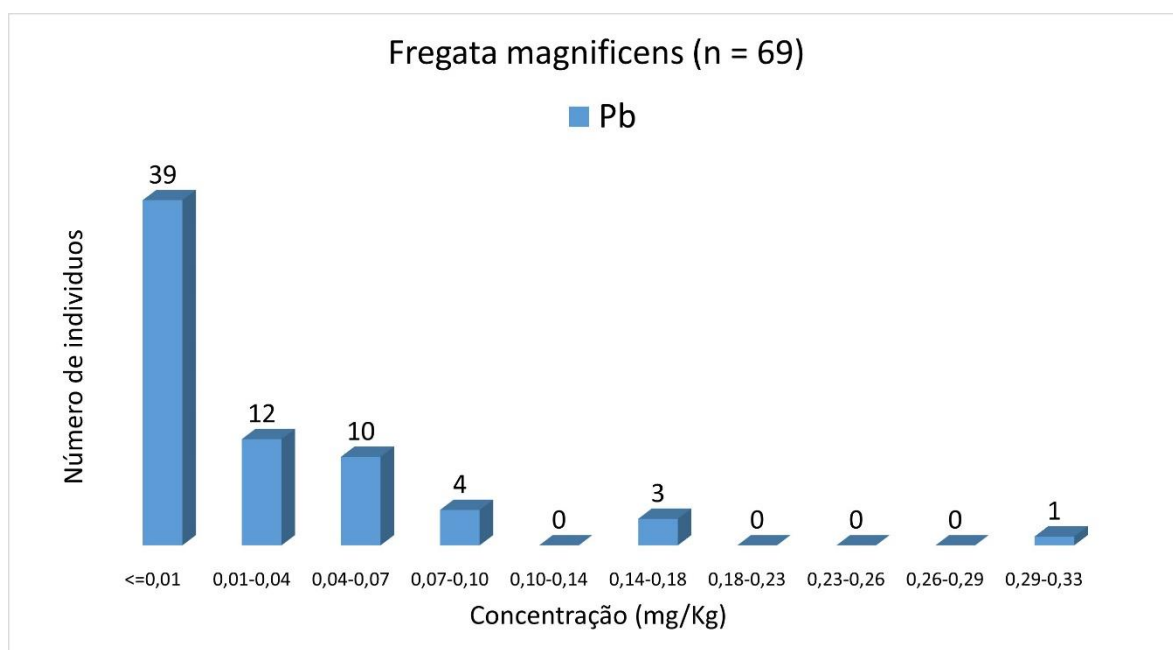


Figura 7.3-54. Histograma de Pb (Fregata magnificens) para elementos traço (n = 69), considerando o valor do LD.

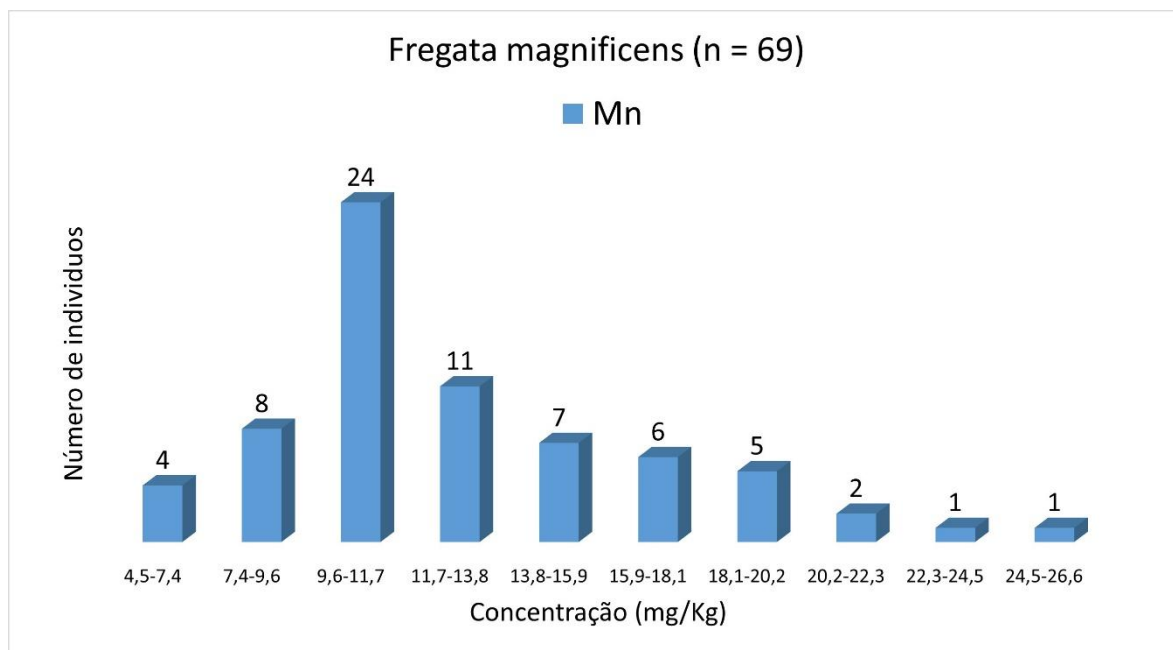


Figura 7.3-55. Histograma de Mn (*Fregata magnificens*) para elementos traço (n = 69), considerando o valor do LD.

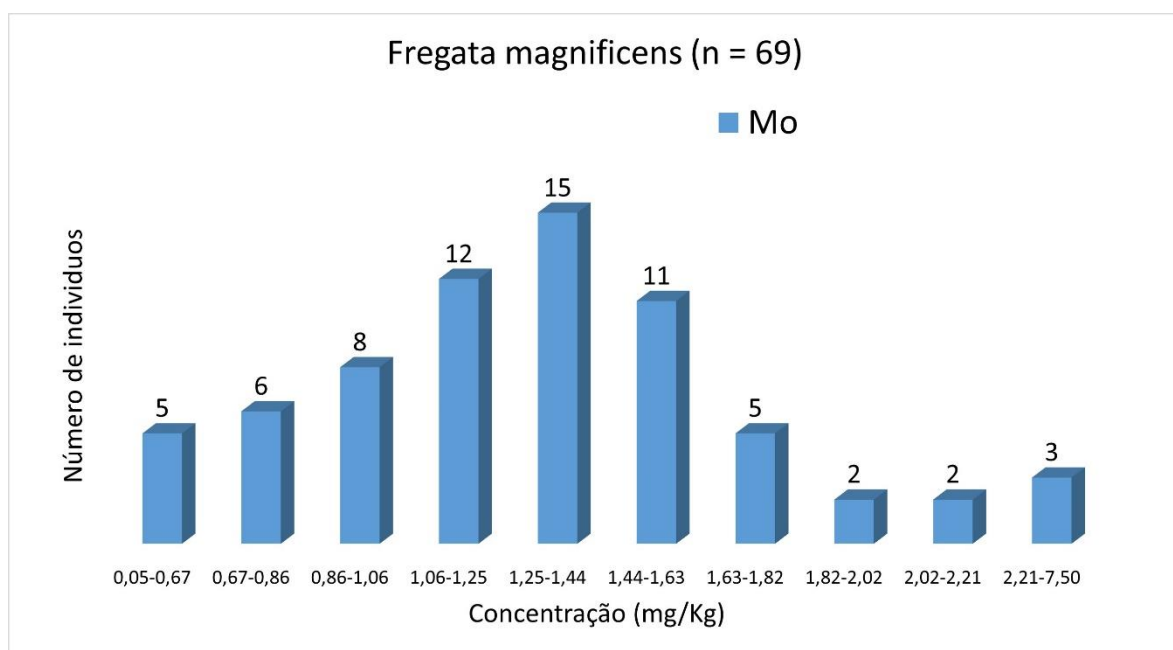


Figura 7.3-56. Histograma de Mo (*Fregata magnificens*) para elementos traço (n = 69), considerando o valor do LD.

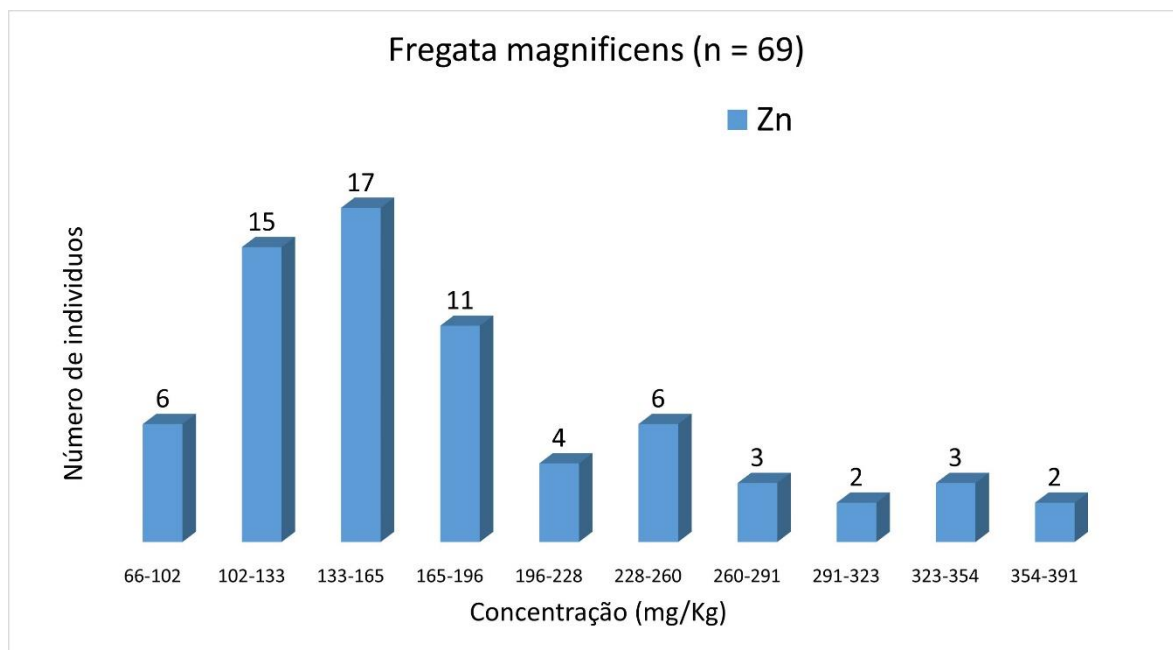


Figura 7.3-57. Histograma de Zn (*Fregata magnificens*) para elementos traço (n = 69), considerando o valor do LD.

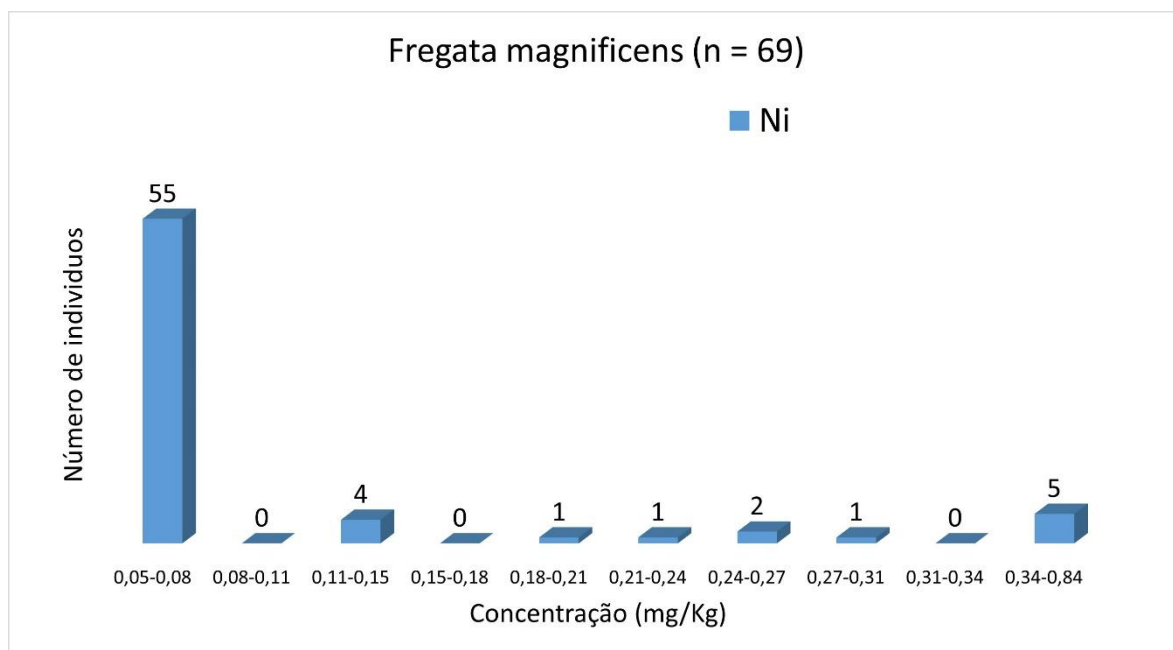


Figura 7.3-58. Histograma de Ni (*Fregata magnificens*) para elementos traço (n = 69), considerando o valor do LD.

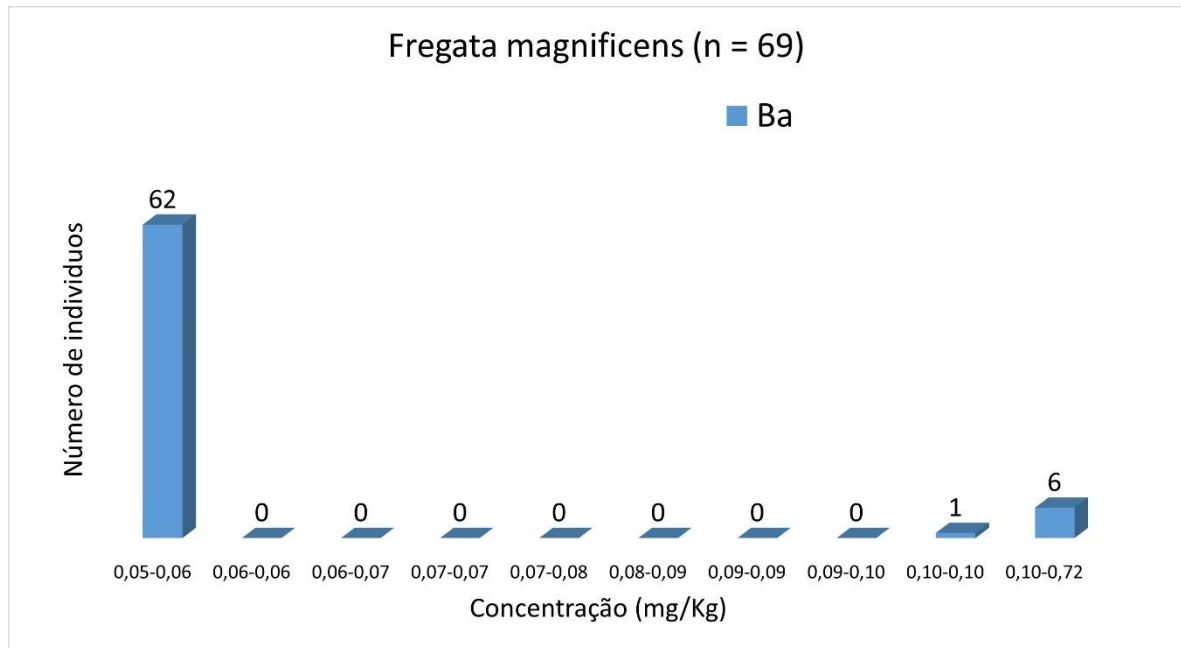


Figura 7.3-59. Histograma de Ba (*Fregata magnificens*) para elementos traço (n = 69), considerando o valor do LD.

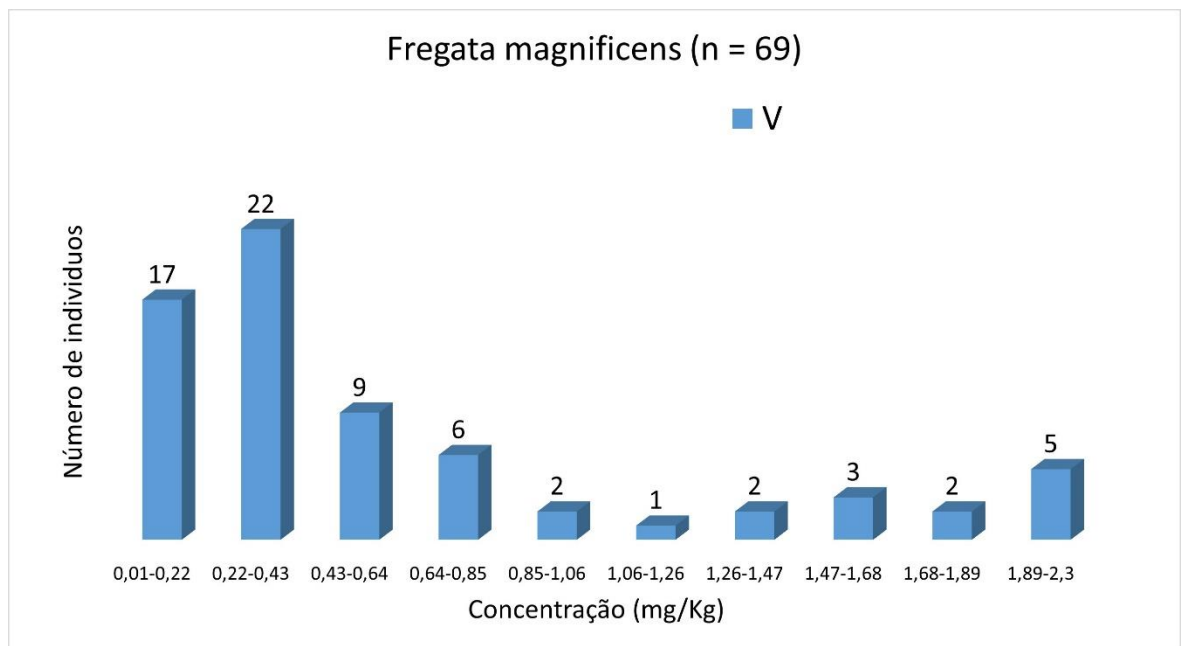


Figura 7.3-60. Histograma de V (*Fregata magnificens*) para elementos traço (n = 69), considerando o valor do LD.

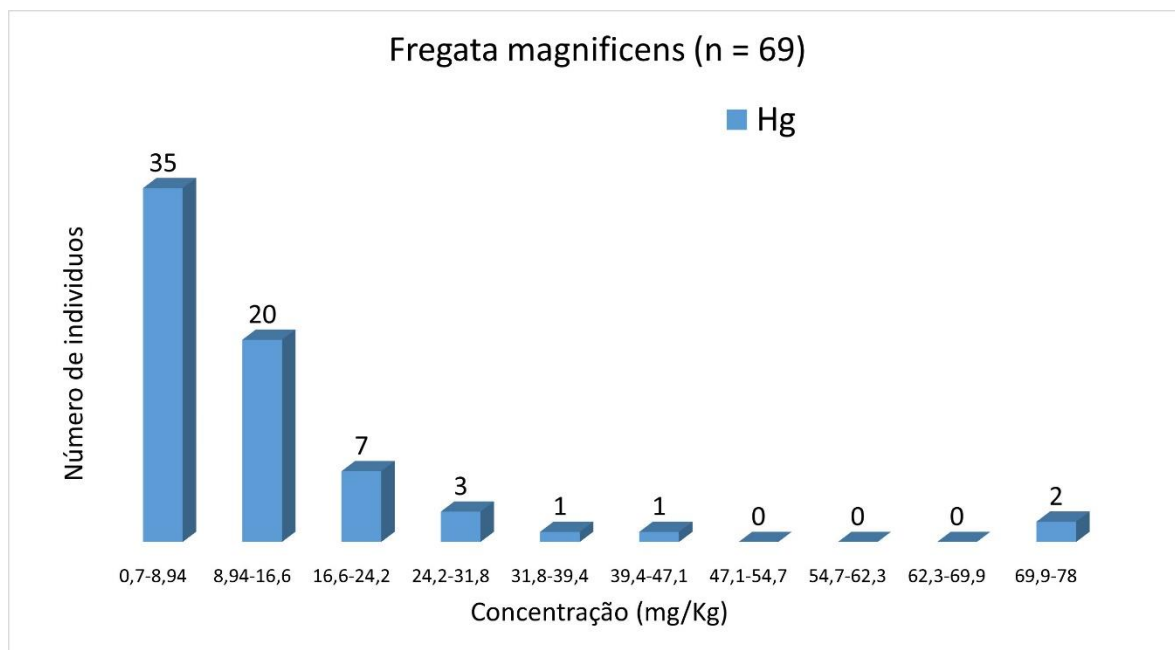


Figura 7.3-61. Histograma de Hg (*Fregata magnificens*) para elementos traço (n = 69), considerando o valor do LD.

Thalassarche melanophris

Os histogramas da espécie *Thalassarche melanophris* se apresentam entre a **Figura 7.3-62** e a **Figura 7.3-73** para As, Cd, Cr, Cu Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba, V e Hg (n = 23), respectivamente. Para a grande maioria dos elementos, os histogramas mostram-se assimétricos, alguns totalmente alinhados à esquerda, outros aparentemente multimodais e, conseqüentemente, sugerem que os dados não estão distribuídos normalmente.

As concentrações mais frequentes para As foram de 3,64 a 12,0 e de 20,5 a 29 mg kg⁻¹ respectivamente (10 indivíduos, 43,5%); 0,00 a 18,0 mg kg⁻¹ para Cd (13 indivíduos, 56,5%); <0,10 mg kg⁻¹ para Cr (15 indivíduos, 65,2%); 22,0 a 42,0 mg kg⁻¹ para Cu (10 indivíduos, 43,5%); <0,01 mg kg⁻¹ para Pb (7 indivíduos, 30,4%); 9,0 a 18,0 mg kg⁻¹ para Mn (22 indivíduos, 95,7%); 0,88 a 1,41 mg kg⁻¹ para Mo (10 indivíduos, 43,5%); 324 a 613 mg kg⁻¹ para Zn (15 indivíduos, 65,2%); <0,10 mg kg⁻¹ (<LD) para Ni (23 indivíduos, 100%); <0,050 mg kg⁻¹ para Ba (18 indivíduos, 78,3%); < 0,50 mg kg⁻¹ para V (11 indivíduos, 47,8%) e 0,0 a 12,9 mg kg⁻¹ para Hg (15 indivíduos, 65,2%).

Análises utilizando boxplot no Excel sugerem os seguintes Outliers: para Cd, 1 indivíduo com concentração acima de 60,0 mg kg⁻¹; Cr, 2 indivíduos com concentrações acima de 0,20 mg kg⁻¹; Cu 2 indivíduos com concentrações acima de 55 mg kg⁻¹; Pb 2 indivíduos com concentrações acima de 0,20 mg kg⁻¹; Mo 1 indivíduo com concentrações abaixo de 0,10 mg kg⁻¹; Zn com 2 indivíduo com concentração acima de 750 mg kg⁻¹; Ba 3 indivíduos com concentrações acima de 0,10 mg kg⁻¹ (acima do LD); V 1 indivíduo com concentração acima 2,00 mg kg⁻¹; Hg 3 indivíduos com concentrações acima de 30,0 mg kg⁻¹.

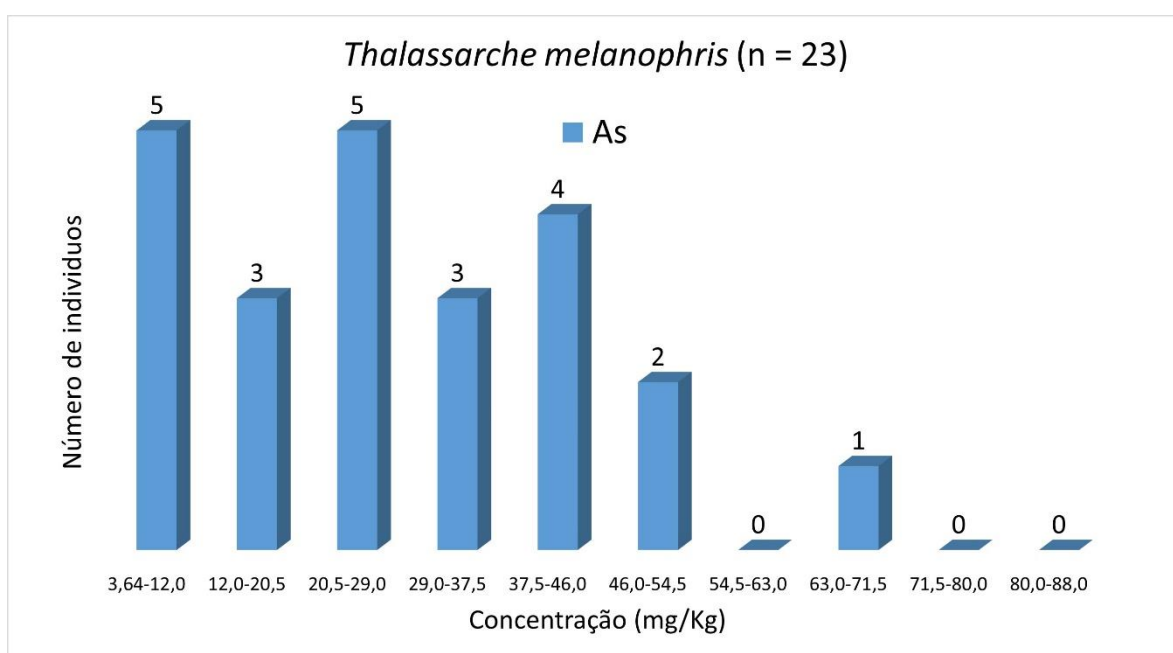


Figura 7.3-62. Histograma de As (*Thalassarche melanophris*) para elementos traço (n = 69), considerando o valor do LD

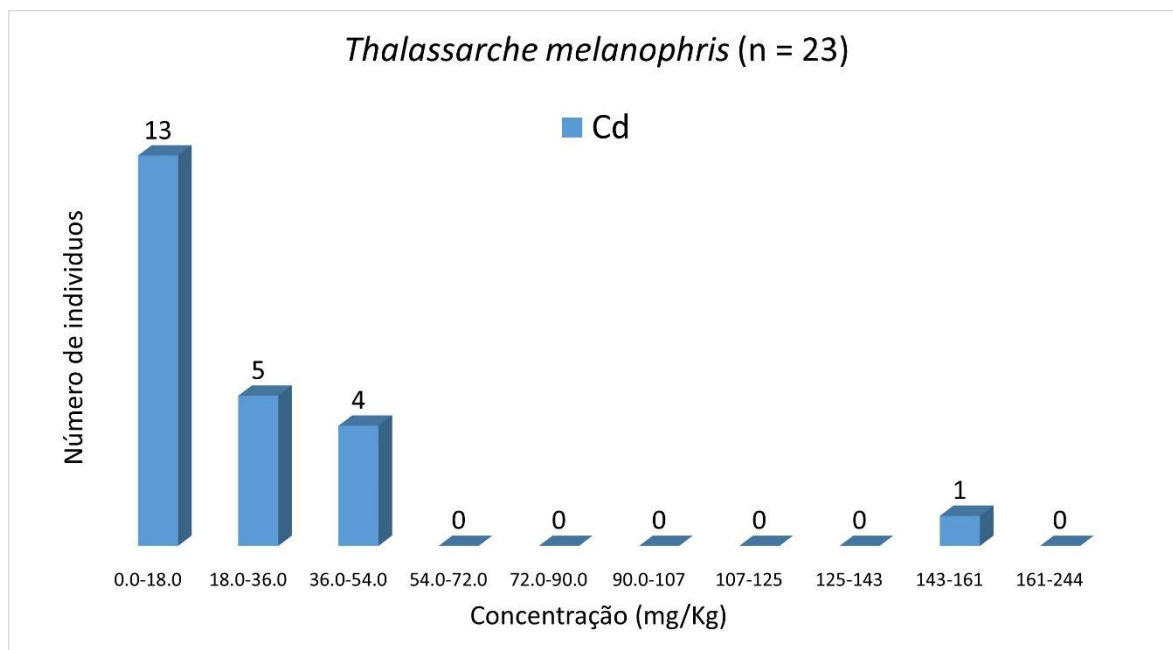


Figura 7.3-63. Histograma de Cd (*Thalassarche melanophris*) para elementos traço (n = 23), considerando o valor do LD

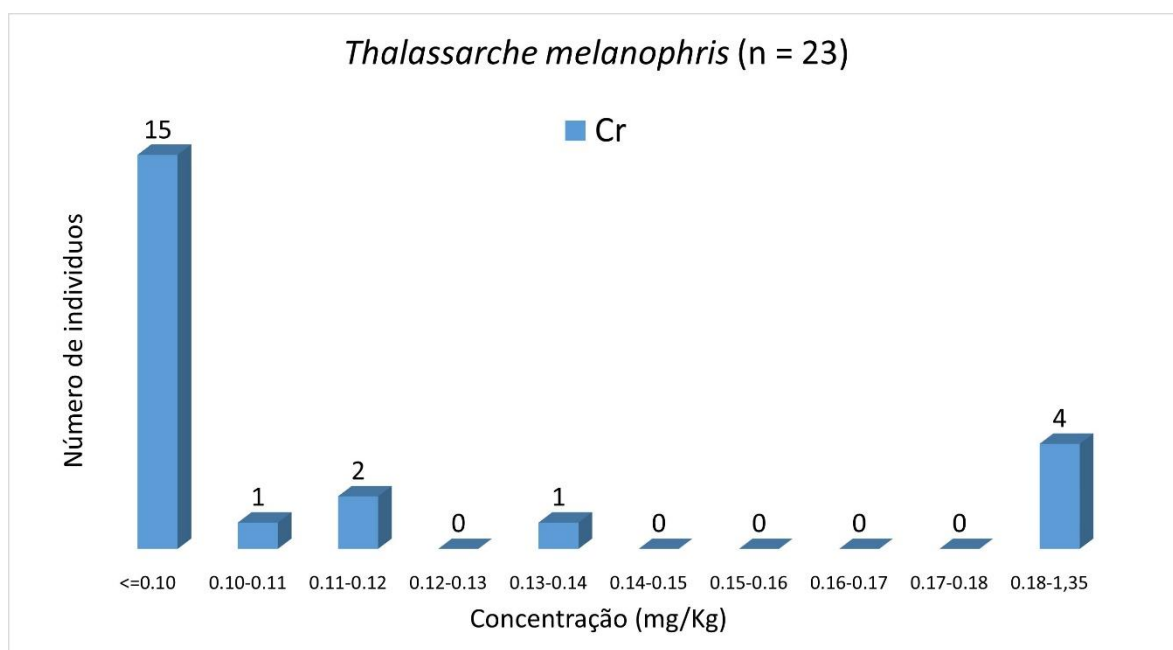


Figura 7.3-64. Histograma de Cr (*Thalassarche melanophris*) para elementos traço (n = 23), considerando o valor do LD.

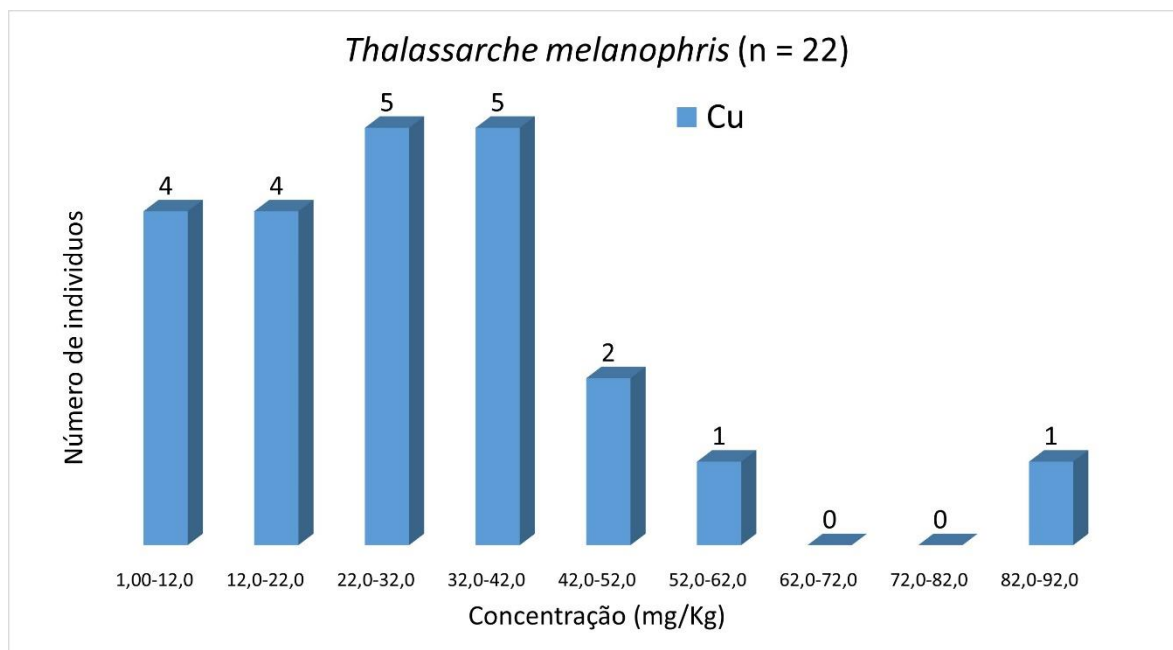


Figura 7.3-65. Histograma de Cu (*Thalassarche melanophris*) para elementos traço (n = 23), considerando o valor do LD e possível Outliers.

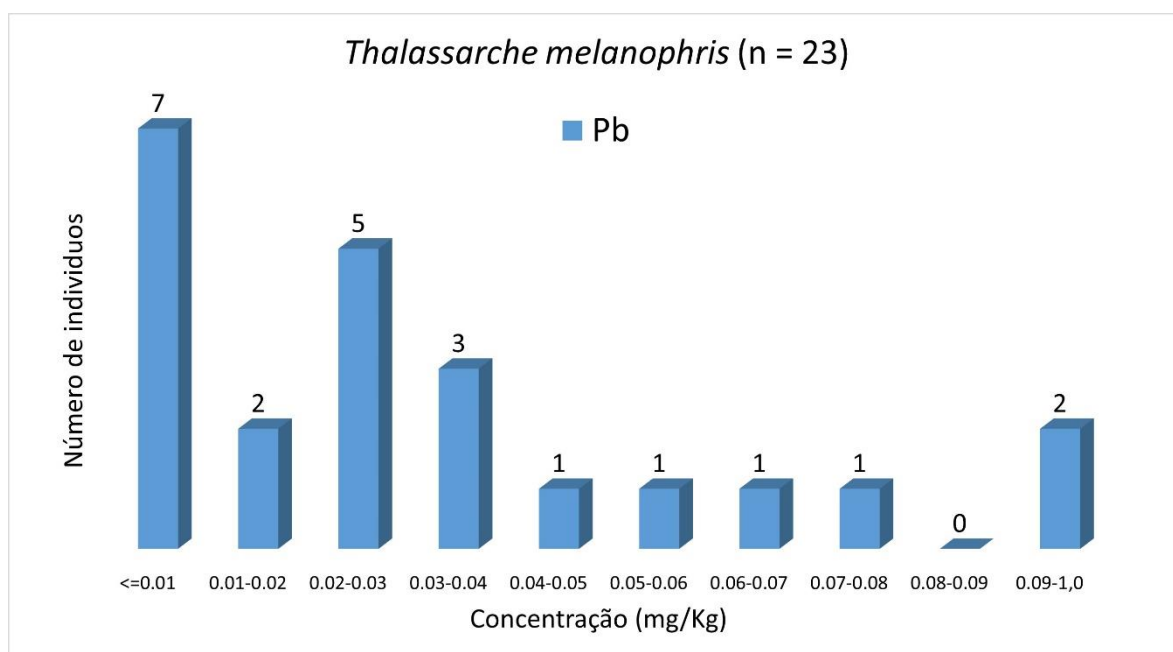


Figura 7.3-66. Histograma de Pb (*Thalassarche melanophris*) para elementos traço (n = 52), considerando o valor do LD.

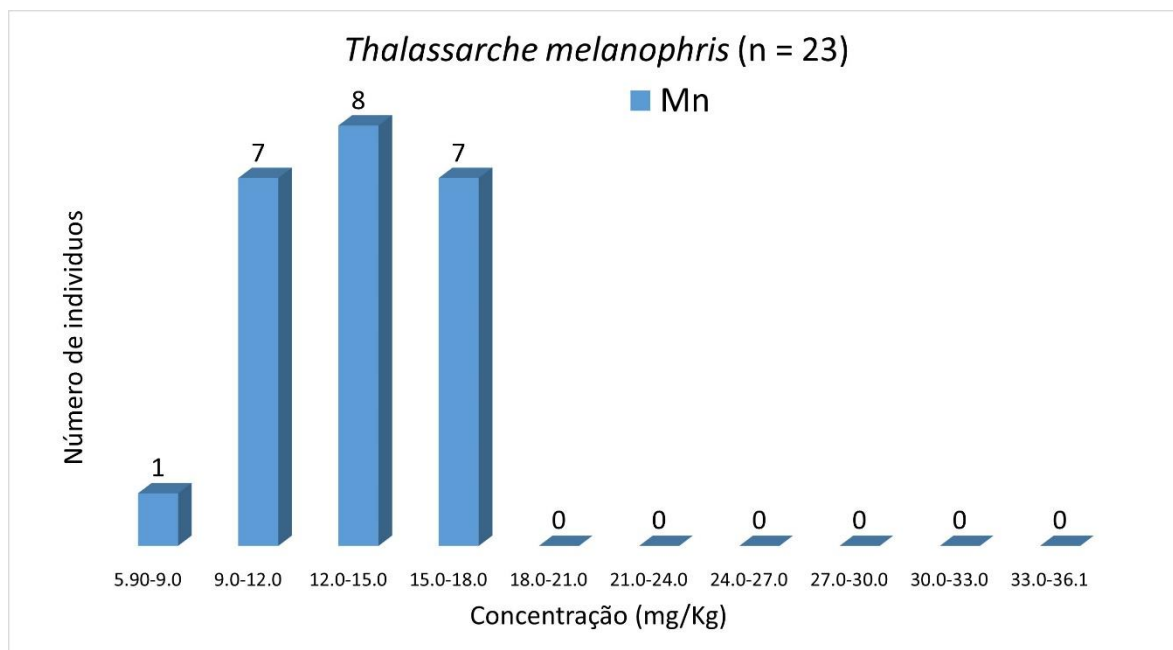


Figura 7.3-67. Histograma de Mn (*Thalassarche melanophris*) para elementos traço (n = 23), considerando o valor do LD.

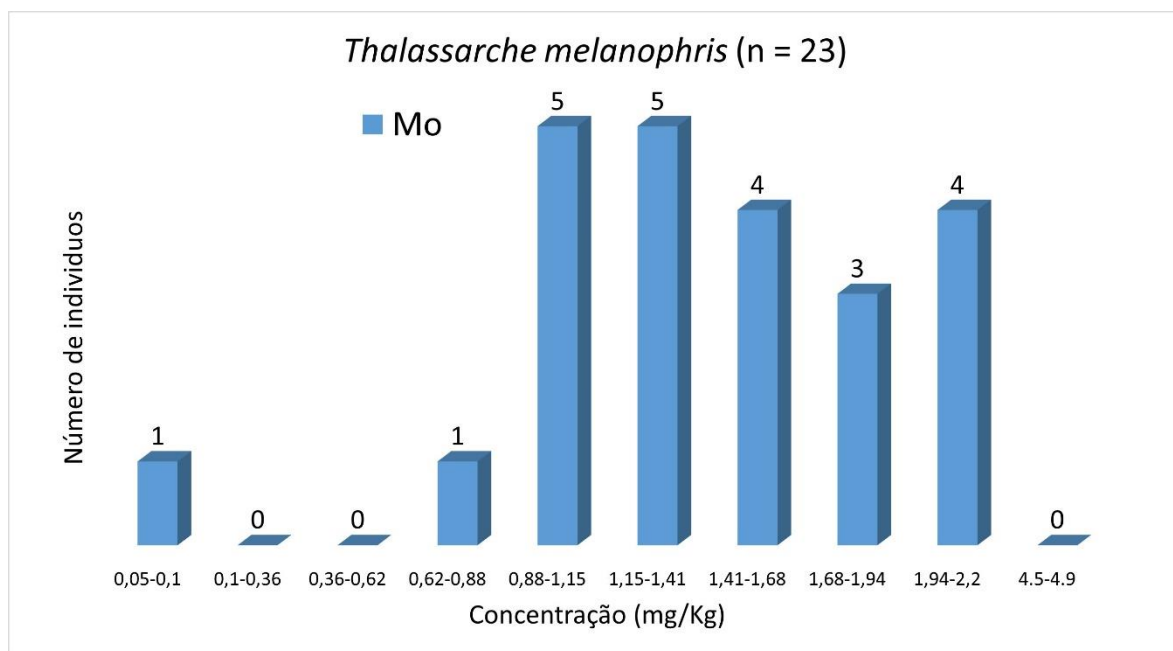


Figura 7.3-68. Histograma de Mo (*Thalassarche melanophris*) para elementos traço (n = 23), considerando o valor do LD.

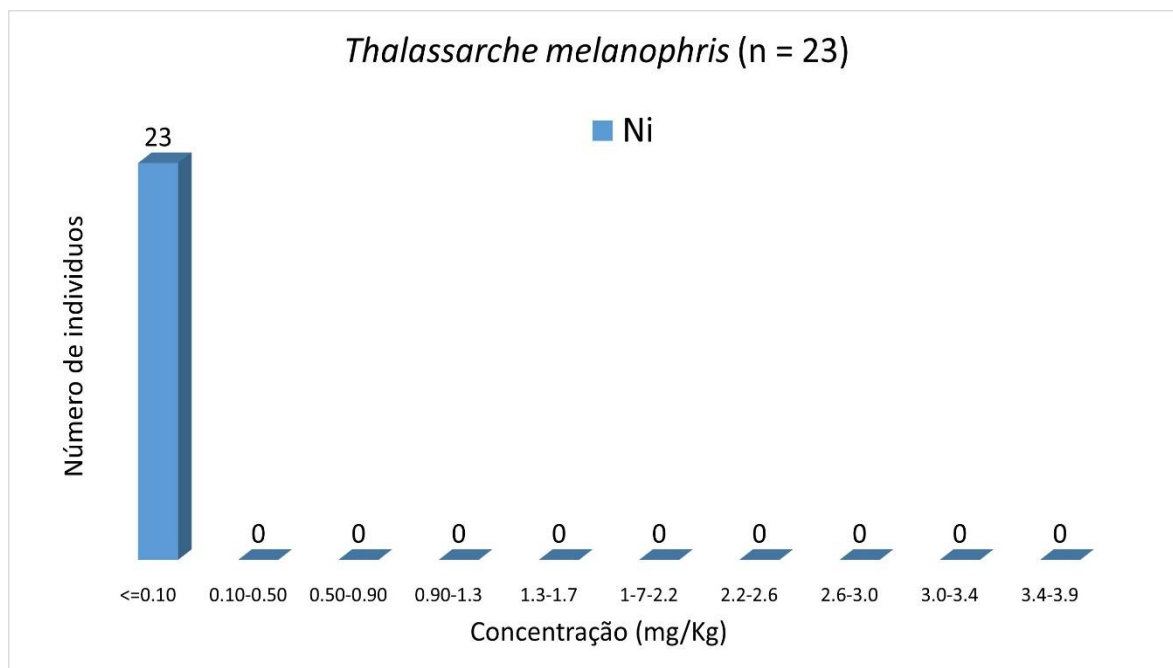


Figura 7.3-69. Histograma de Ni (*Thalassarche melanophris*) para elementos traço (n = 23), considerando o valor do LD.

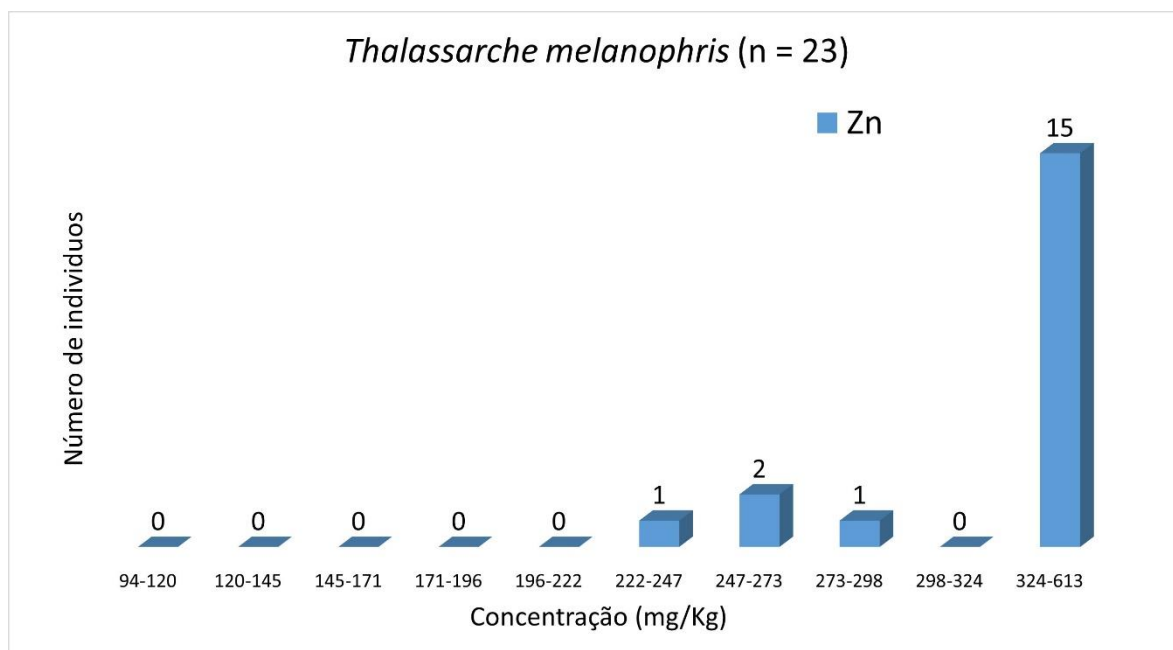


Figura 7.3-70. Histograma de Zn (*Thalassarche melanophris*) para elementos traço (n = 23), considerando o valor do LD.

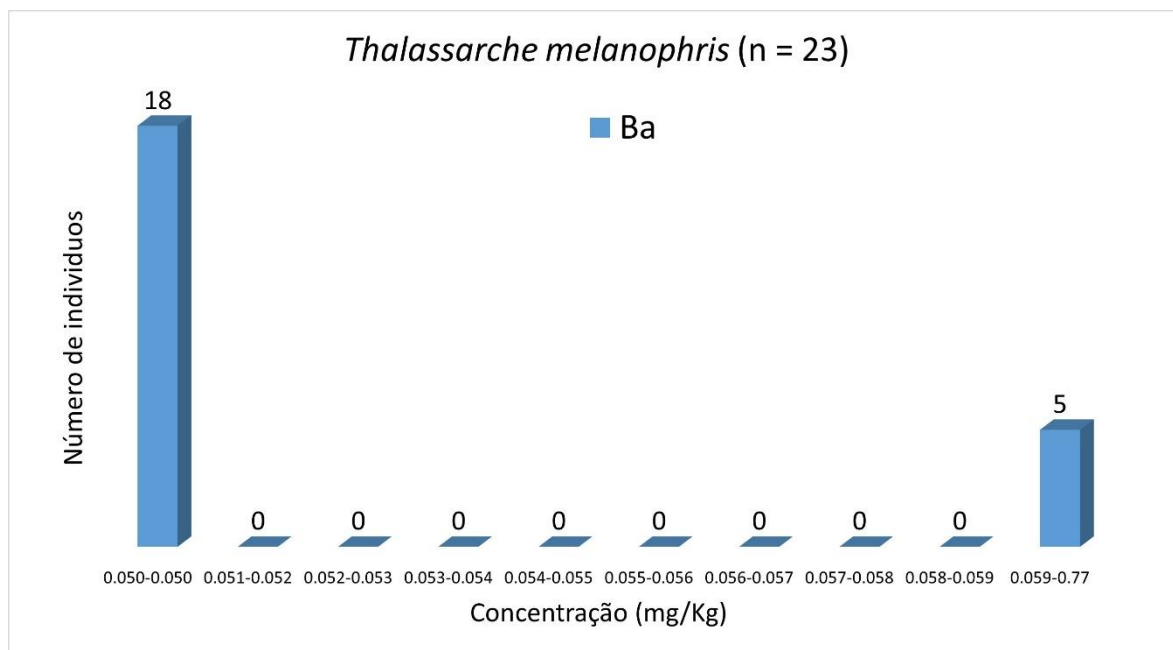


Figura 7.3-71. Histograma de Ba (*Thalassarche melanophris*) para elementos traço (n = 23), considerando o valor do LD.

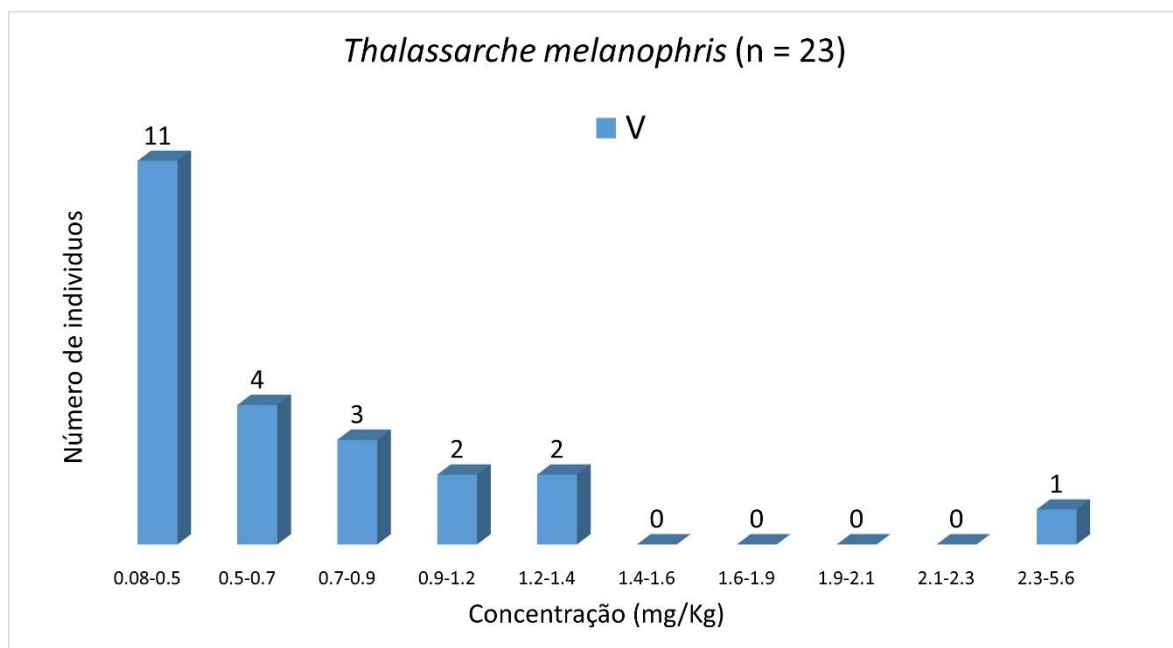


Figura 7.3-72. Histograma de V (*Thalassarche melanophris*) para elementos traço (n = 23), considerando o valor do LD.

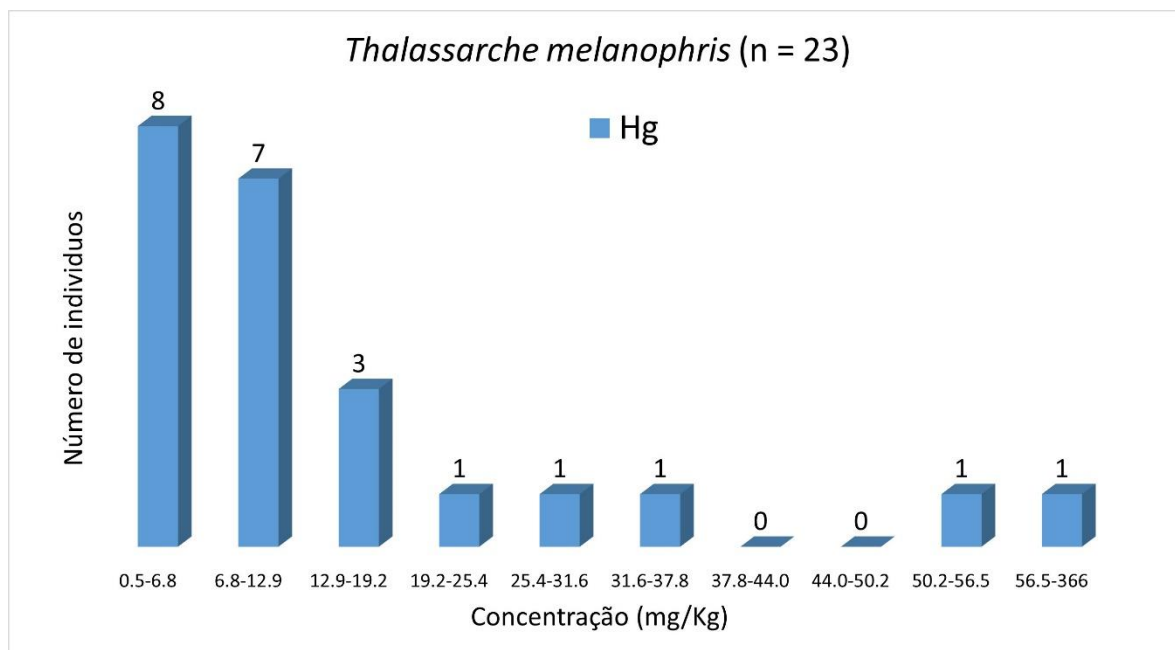


Figura 7.3-73. Histograma de Hg (*Thalassarche melanophris*) para elementos traço (n = 23), considerando o valor do LD.

Tartarugas Marinhas

Chelonia mydas

Da **Figura 7.3-74** à **Figura 7.3-85** mostram-se os histogramas da espécie *Chelonia mydas* para As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba, V e Hg (n = 1117), respectivamente. Todos os histogramas apresentaram assimetria, alinhados à esquerda e, conseqüentemente, sugerem que os dados não estão distribuídos normalmente. Apresentam distribuições semelhantes (com pequenas assimetrias a esquerda) o Cd, Cu, Mn e Zn.

As concentrações mais frequentes de As foram de 0,17 a 8,79 mg kg⁻¹ (750 indivíduos), 10,4 a 20,7 mg kg⁻¹ para Cd (351 indivíduos), < 0,10 mg kg⁻¹ para Cr (461 indivíduos), 81,1 a 152 mg kg⁻¹ para Cu (316 indivíduos), 0,01 a 1,26 mg kg⁻¹ para Pb (804 indivíduos), 7,32 a 10,9 mg kg⁻¹ para Mn (395 indivíduos), 0,10 a 0,89 mg kg⁻¹ para Mo (358 indivíduos), 99 a 131 mg kg⁻¹ para Zn (201 indivíduos), 0,10 a 0,62 mg kg⁻¹ para Ni (812 indivíduos), 0,10 a 0,67 mg kg⁻¹ para Ba (698 indivíduos), 0,02 a 1,29 mg kg⁻¹ para V (771 indivíduos) e de 0,06 a 46,4 mg Kg⁻¹ para Hg (1115 indivíduos). *Outliers* podem

ser sugeridos para Pb (9,97 a 19,5), Mo (6,40 a 7,19 mg kg⁻¹), Zn (448 a 524 mg kg⁻¹), Ba (4,65 a 5,23 mg kg⁻¹), V (10,2 a 19,1 mg kg⁻¹), Hg (185 a 232 mg kg⁻¹ e 417 a 464 mg kg⁻¹). Os possíveis *outliers* são de animais coletados no trecho 1 (Zn), trecho 5 (Hg), trecho 7 (Pb, Ba e V) e no trecho 8 (Mo).

A **Figura 7.3-86** mostra o histograma para Hg desconsiderando dois indivíduos com concentrações acima de 13 mg kg⁻¹ (192 mg kg⁻¹ e 463 mg kg⁻¹), detalhando a distribuição da categoria de 0,1 a 464 mg kg⁻¹ apresentada na **Figura 7.3-85**. Semelhante aos demais histogramas apresentados para *Chelonia mydas* (**Figura 7.3-74** a **Figura 7.3-85**), o histograma da **Figura 7.3-86** apresentou assimetria, alinhado à esquerda e, sugerindo que os dados não estão distribuídos normalmente.

Análises utilizando boxplot no Excel sugerem os seguintes *Outliers*: para As, 106 indivíduos com concentrações acima de 21,8 mg kg⁻¹; Cd, 41 indivíduos com concentrações acima de 72,1 mg kg⁻¹; Cr, 51 indivíduos com concentrações acima de 0,385 mg kg⁻¹; Cu 28 indivíduos com concentrações acima de 516 mg kg⁻¹; Pb 98 indivíduos com concentração acima de 2,75 mg kg⁻¹; Mn 29 indivíduos com concentrações acima de 22,2 mg kg⁻¹; Mo 43 indivíduos com concentrações acima de 2,46 mg kg⁻¹; Zn 14 indivíduos com concentrações acima de 279,5 mg kg⁻¹; Ni 81 indivíduos com concentração acima de 0,862 mg kg⁻¹; Ba 45 indivíduos com concentrações acima de 0,670 mg kg⁻¹; V 65 indivíduos com concentrações acima 3,02 mg kg⁻¹; Hg 65 indivíduos com concentrações acima de 2,56 mg kg⁻¹.

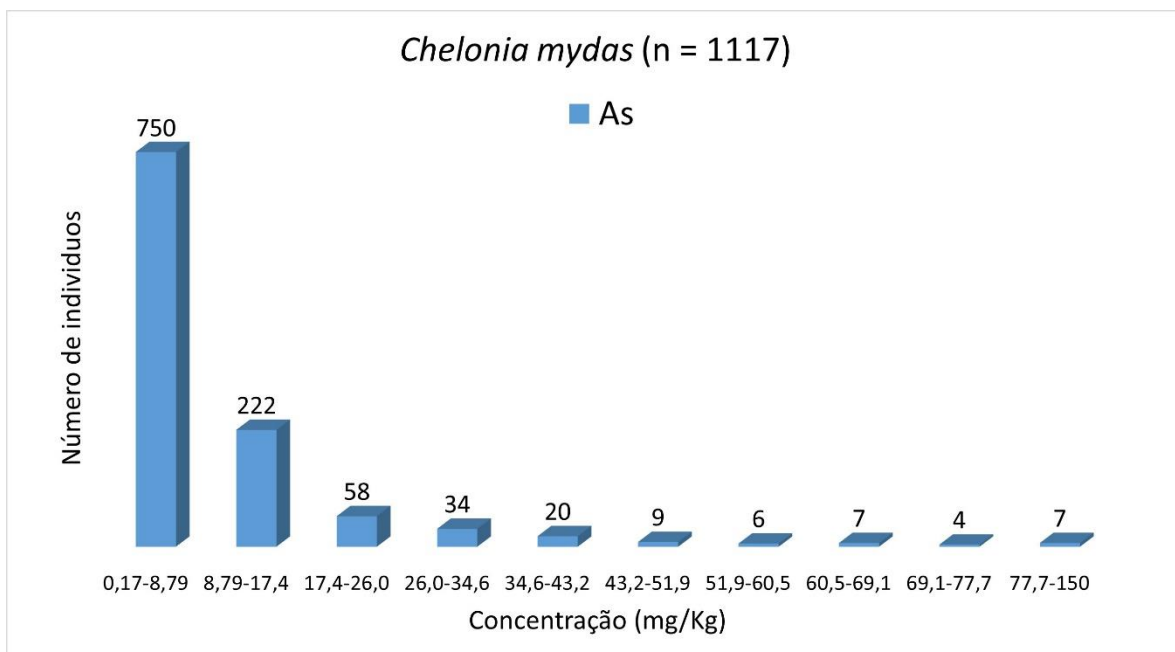


Figura 7.3-74. Histograma de As (*Chelonia mydas*) para elementos traço (n = 1117), considerando o valor do LD.

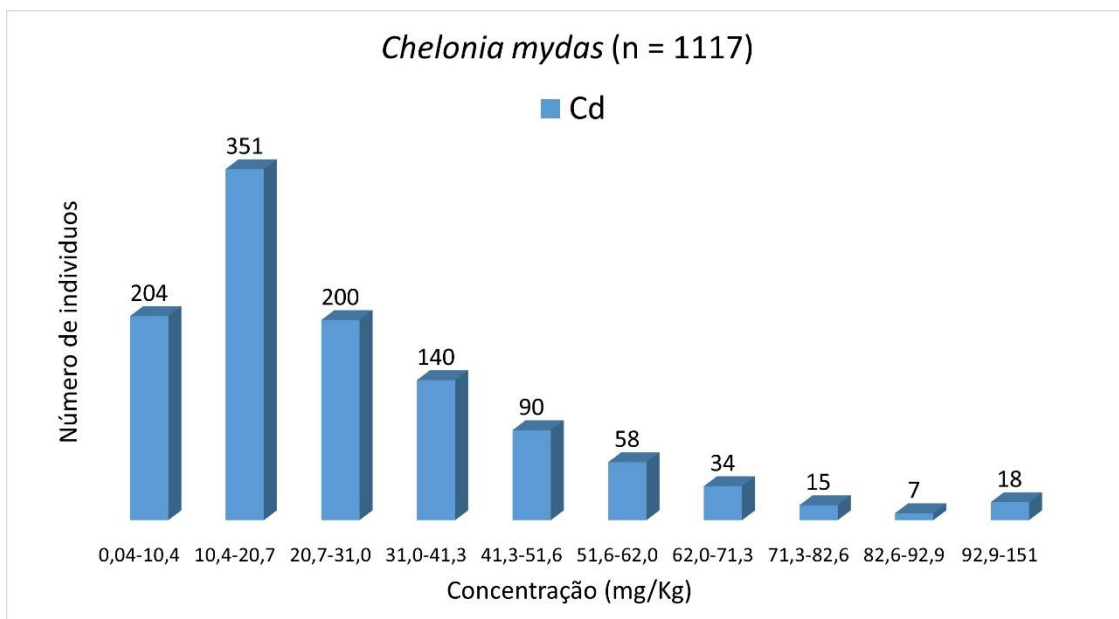


Figura 7.3-75. Histograma de Cd (*Chelonia mydas*) para elementos traço (n = 1117), considerando o valor do LD.

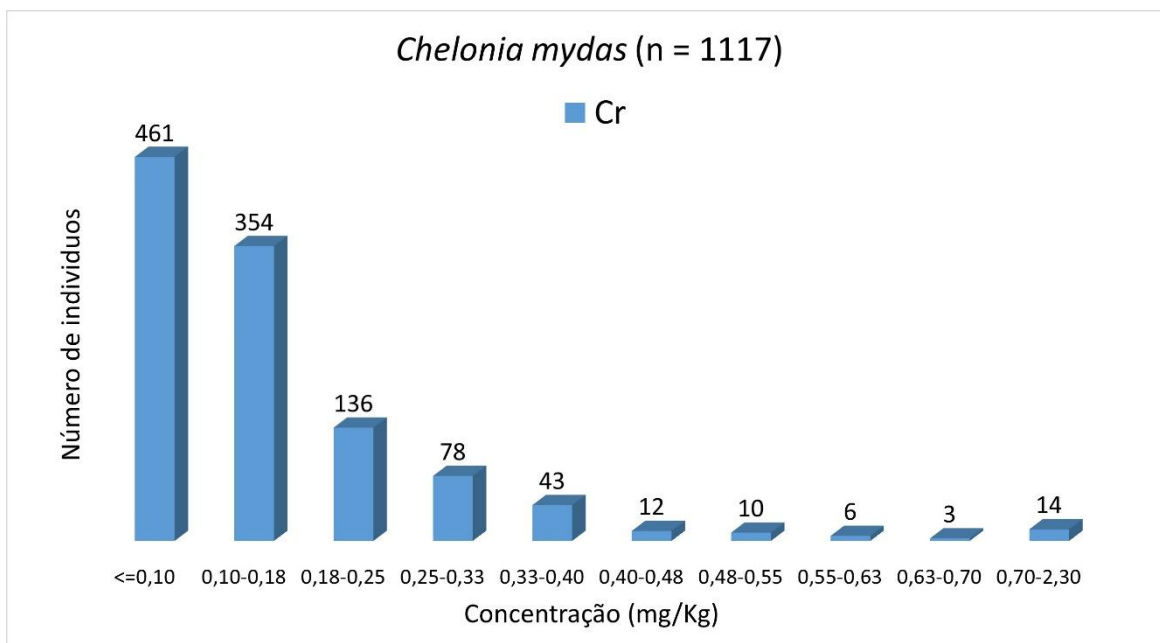


Figura 7.3-76. Histograma de Cr (*Chelonia mydas*) para elementos traço (n = 1117), considerando o valor do LD.

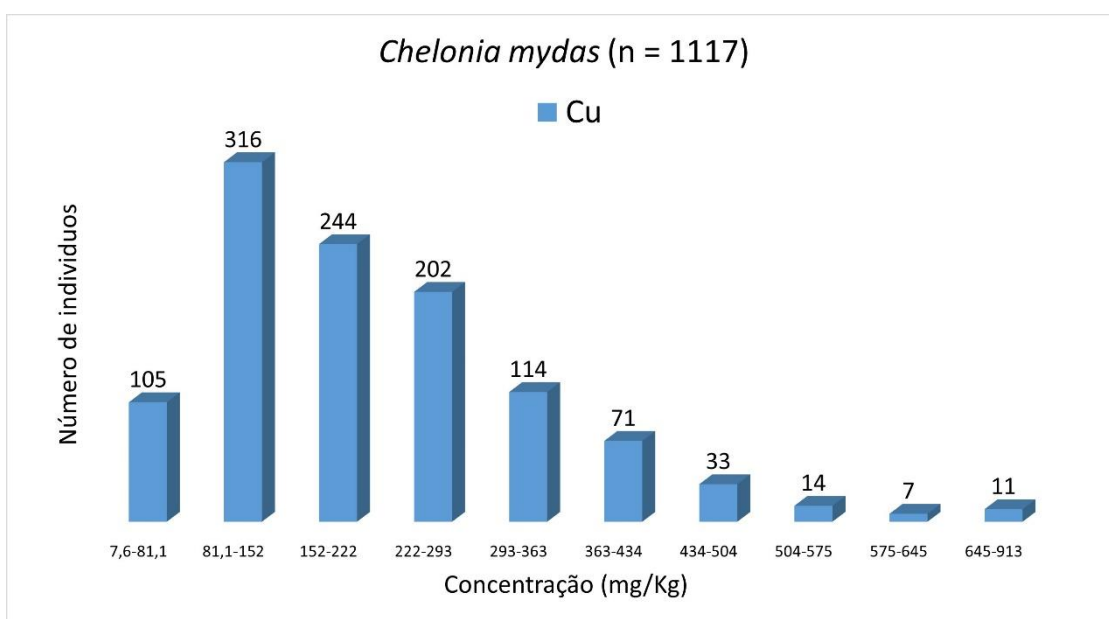


Figura 7.3-77. Histograma de Cu (*Chelonia mydas*) para elementos traço (n = 1117), considerando o valor do LD.

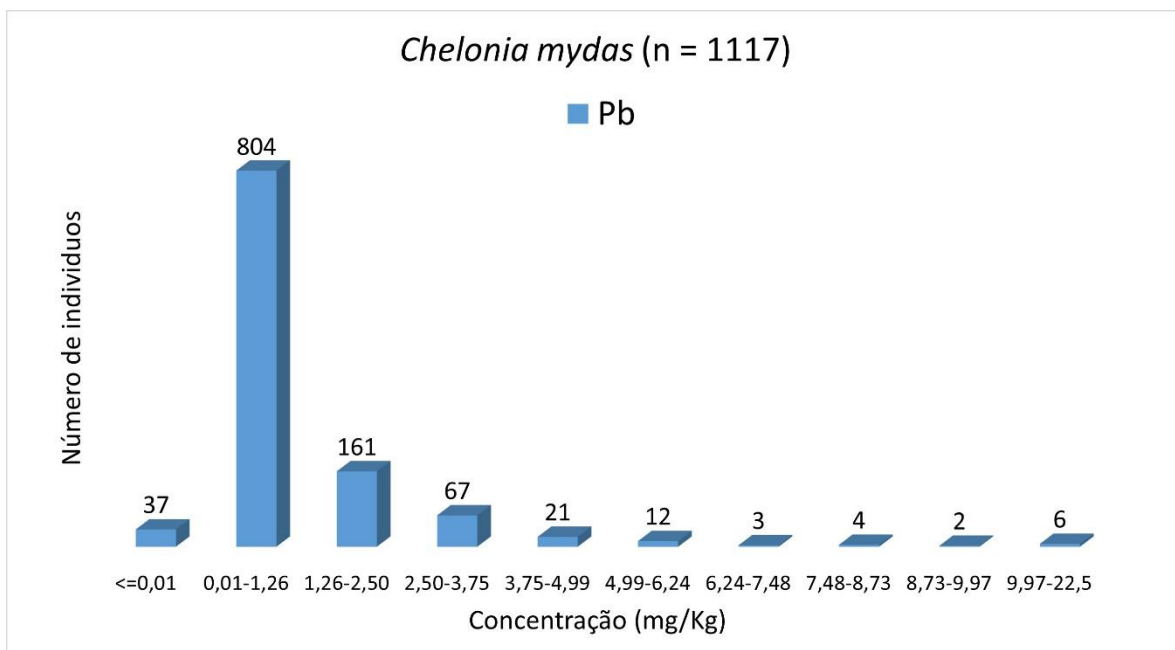


Figura 7.3-78. Histograma de Pb (*Chelonia mydas*) para elementos traço (n = 1117), considerando o valor do LD.

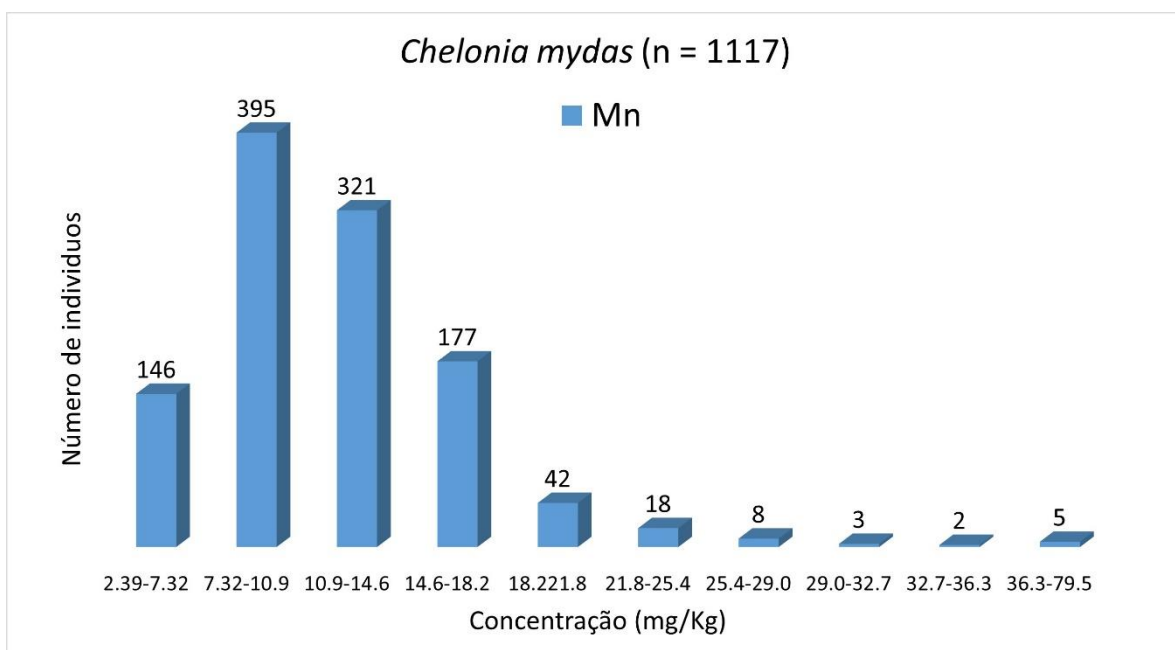


Figura 7.3-79. Histograma de Mn (*Chelonia mydas*) para elementos traço (n = 1117), considerando o valor do LD.

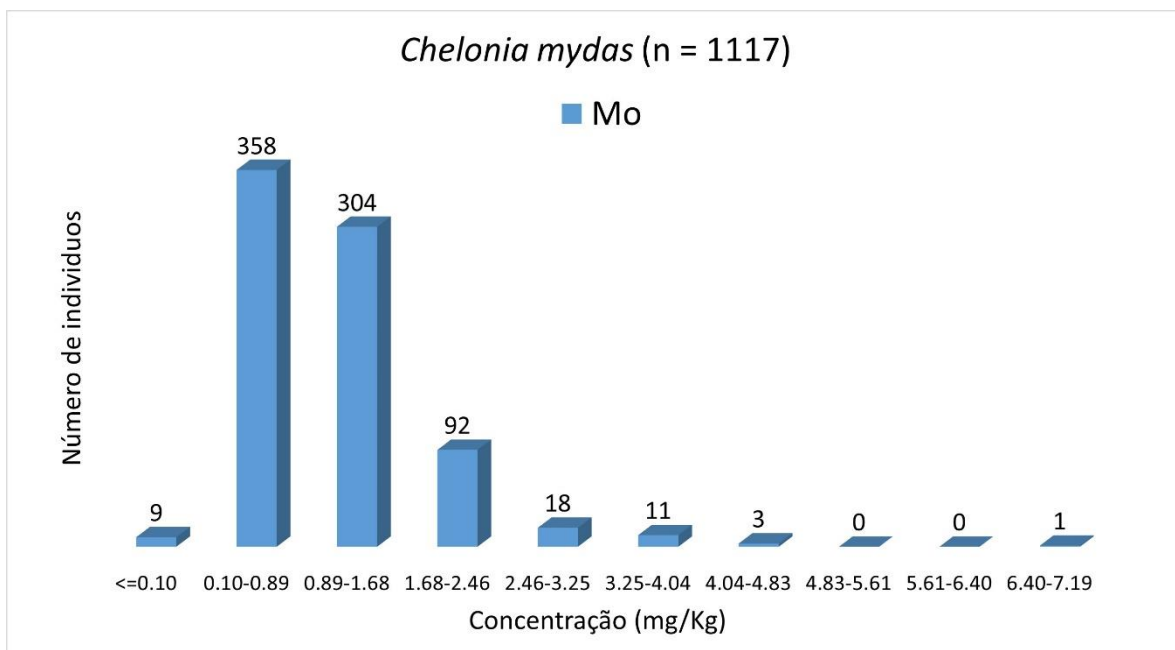


Figura 7.3-80. Histograma de Mo (*Chelonia mydas*) para elementos traço (n = 1117), considerando o valor do LD.

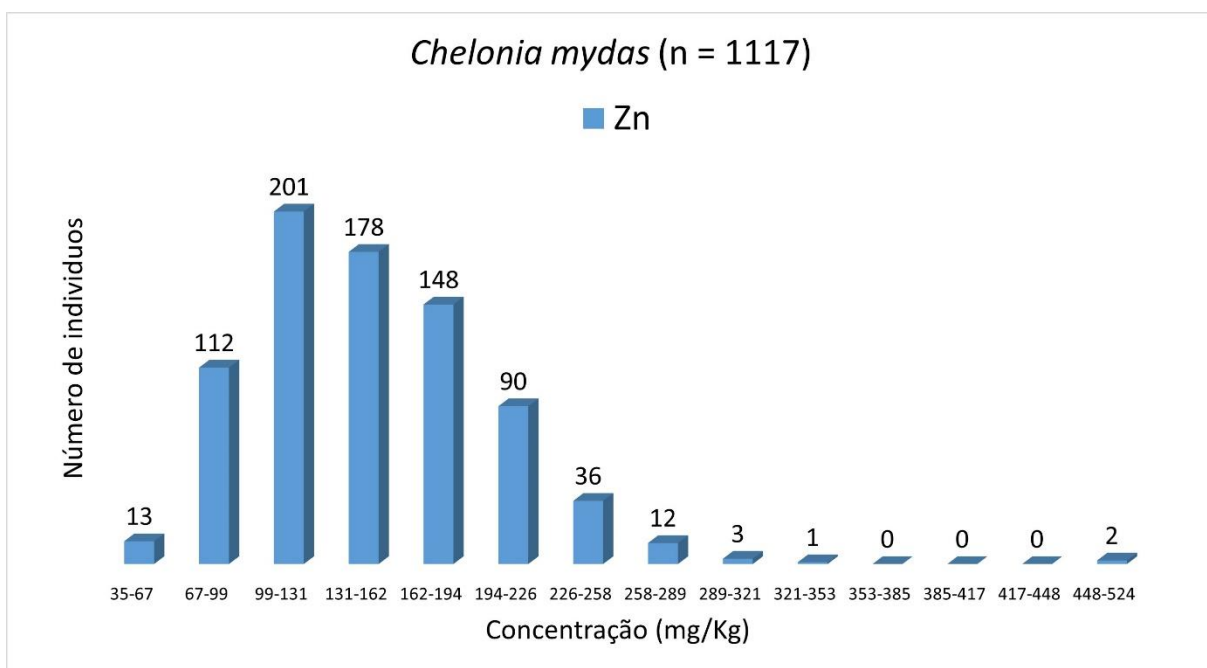


Figura 7.3-81. Histograma de Zn (*Chelonia mydas*) para elementos traço (n = 1117), considerando o valor do LD.

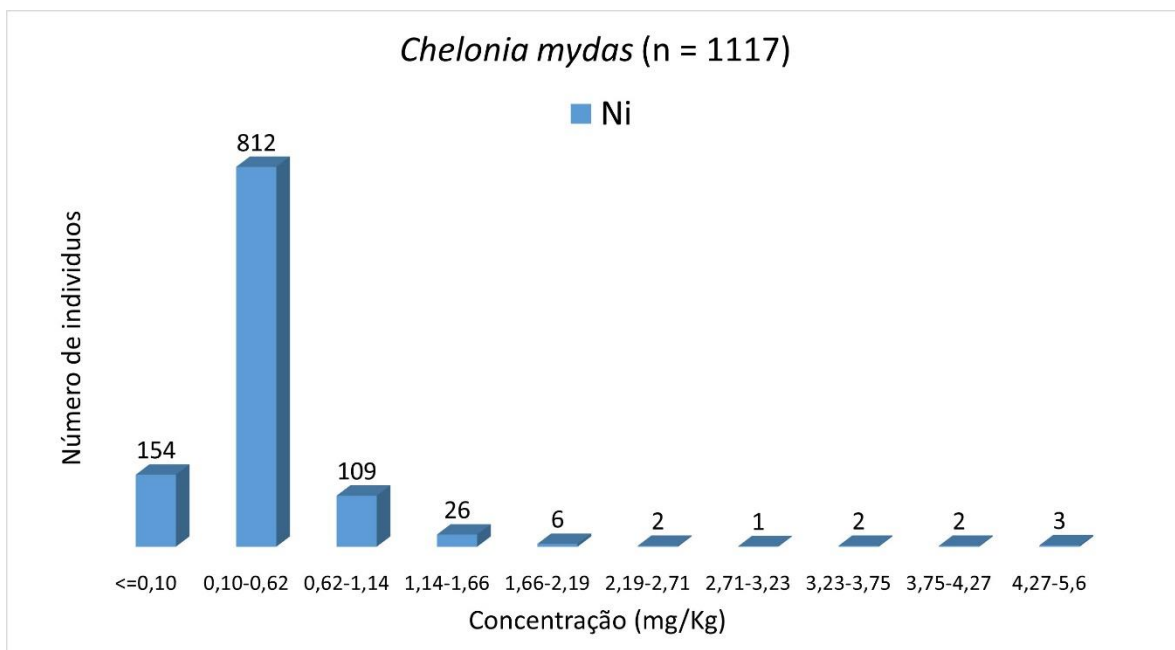


Figura 7.3-82. Histograma de Ni (*Chelonia mydas*) para elementos traço (n = 1117), considerando o valor do LD.

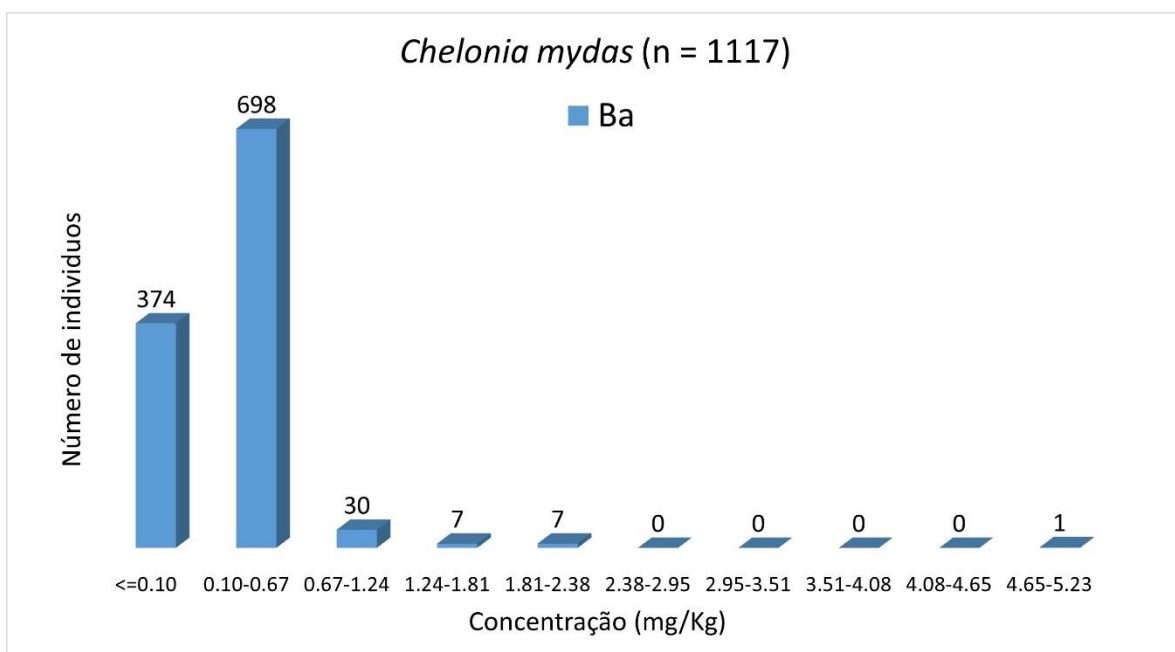


Figura 7.3-83. Histograma de Ba (*Chelonia mydas*) para elementos traço (n = 1117), considerando o valor do LD.

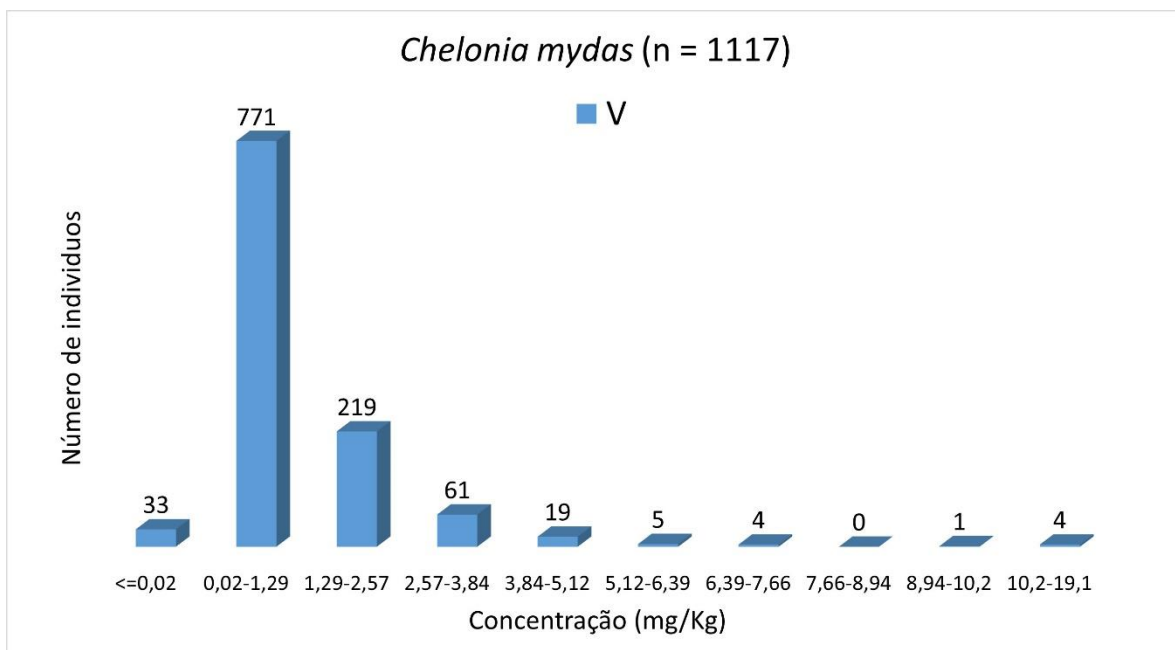


Figura 7.3-84. Histograma de V (*Chelonia mydas*) para elementos traço (n = 1117), considerando o valor do LD.

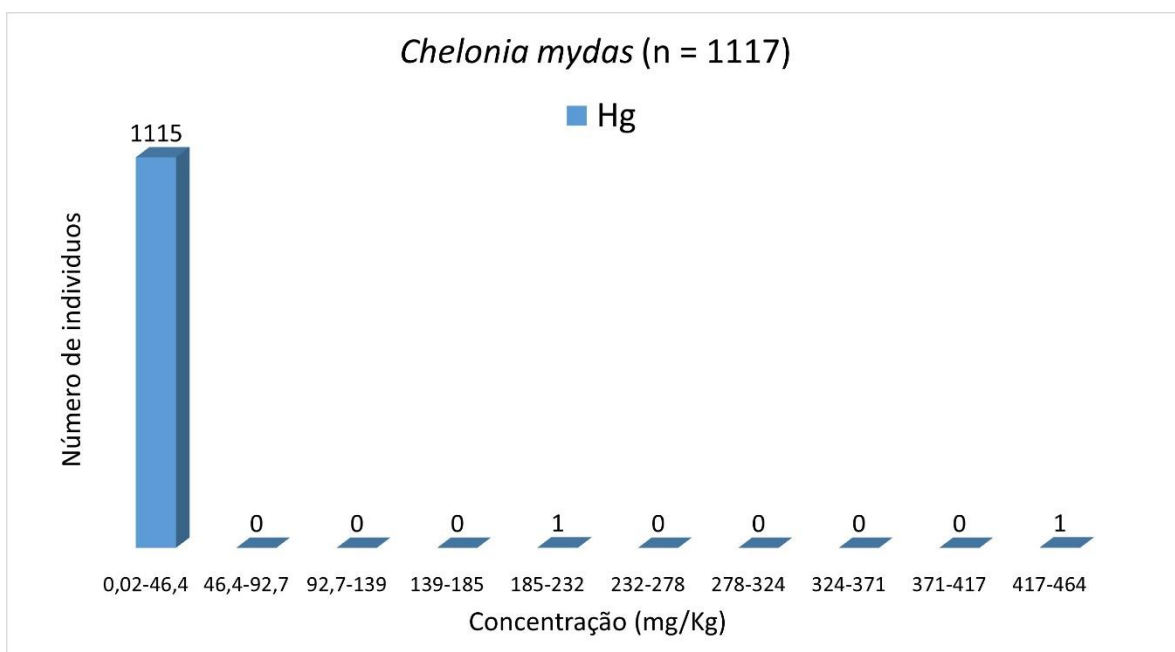


Figura 7.3-85. Histograma de Hg (*Chelonia mydas*) para elementos traço (n = 1117), considerando o valor do LD.

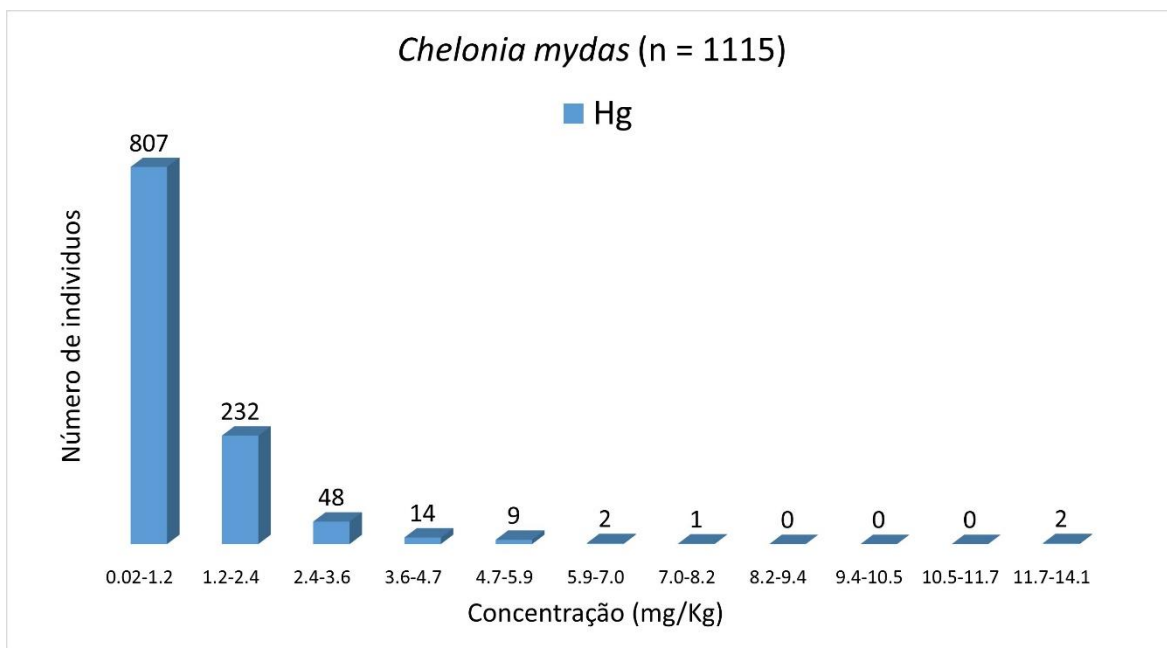


Figura 7.3-86. Histograma de Hg (*Chelonia mydas*) para elementos traço (n = 1115), considerando o valor do LD e a retirada de dois valores extremos.

Caretta caretta

Da **Figura 7.3-87** a **Figura 7.3-98** mostram-se os histogramas da espécie *Caretta caretta* para As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba, V e Hg (n = 59), respectivamente. Geralmente alinhados à esquerda ou multimodais evidenciam que a distribuição dos dados é anormal.

As concentrações mais frequentes para As foram de 2,50 a 6,50 mg Kg⁻¹ (14 indivíduos), 3,50 a 15,4 mg kg⁻¹ para Cd (23 indivíduos), 0,05 a 0,08 mg kg⁻¹ para Cr (21 indivíduos), 0,05 a 19,7 mg kg⁻¹ para Cu (28 indivíduos), 0,10 a 0,50 mg Kg⁻¹ para Pb (34 indivíduos), de 3,10 a 4,95 mg kg⁻¹ para Mn (15 indivíduos), 0,60 a 1,50 mg kg⁻¹ para Mo (15 indivíduos), 86,8 a 102 mg kg⁻¹ para Zn (12 indivíduos), 0,05 a 0,43 mg kg⁻¹ para Ni (50 indivíduos), 0,05 a 0,10 mg kg⁻¹ para Ba (24 indivíduos), 0,01 a 0,60 mg kg⁻¹ para V (16 indivíduos) e 0,18 a 3,22 mg kg⁻¹ para Hg (49 indivíduos).

Análises utilizando boxplot no Excel sugerem os seguintes Outliers: para As, 6 indivíduos com concentrações acima de 62 mg kg⁻¹; Cd, 7 indivíduos com concentrações acima de 78 mg kg⁻¹; Cr, 3 indivíduos com concentrações acima de 0,450 mg kg⁻¹; Cu 2 indivíduos com concentrações acima de 80 mg

kg⁻¹; Pb 12 indivíduos com concentração acima de 0,480 mg kg⁻¹; Mn 3 indivíduos com concentrações acima de 14,0 mg kg⁻¹; Mo 3 indivíduos com concentrações acima de 2,65 mg kg⁻¹; Ni 6 indivíduos com concentração acima de 0,66 mg kg⁻¹; Ba 6 indivíduos com concentrações acima de 0,420 mg kg⁻¹; V 6 indivíduos com concentrações acima 4,13 mg kg⁻¹; Hg 6 indivíduos com concentrações acima de 4,62 mg kg⁻¹.

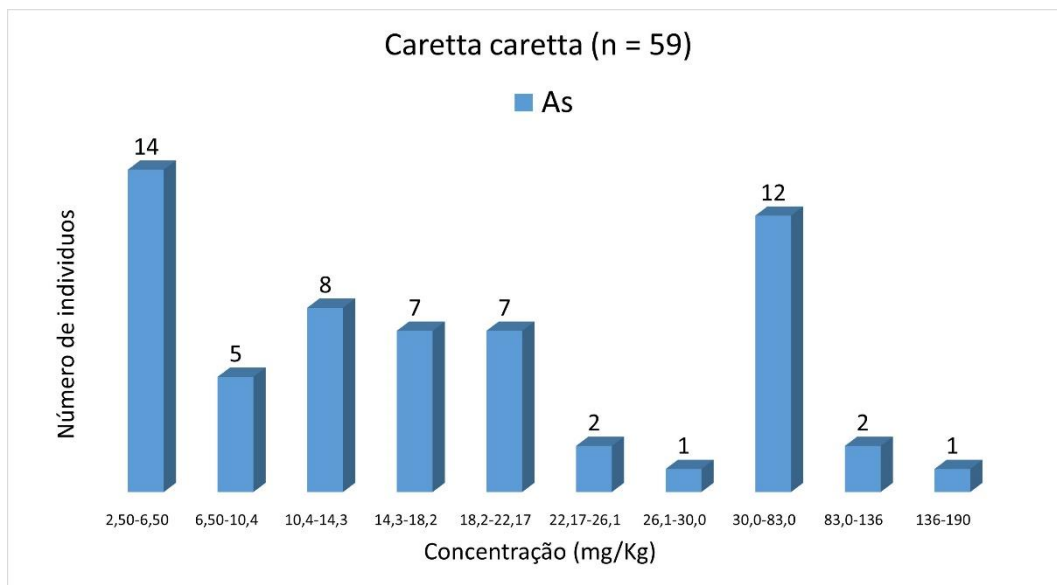


Figura 7.3-87. Histograma de As (*Caretta caretta*) para elementos traço (n = 59), considerando o valor do LD.

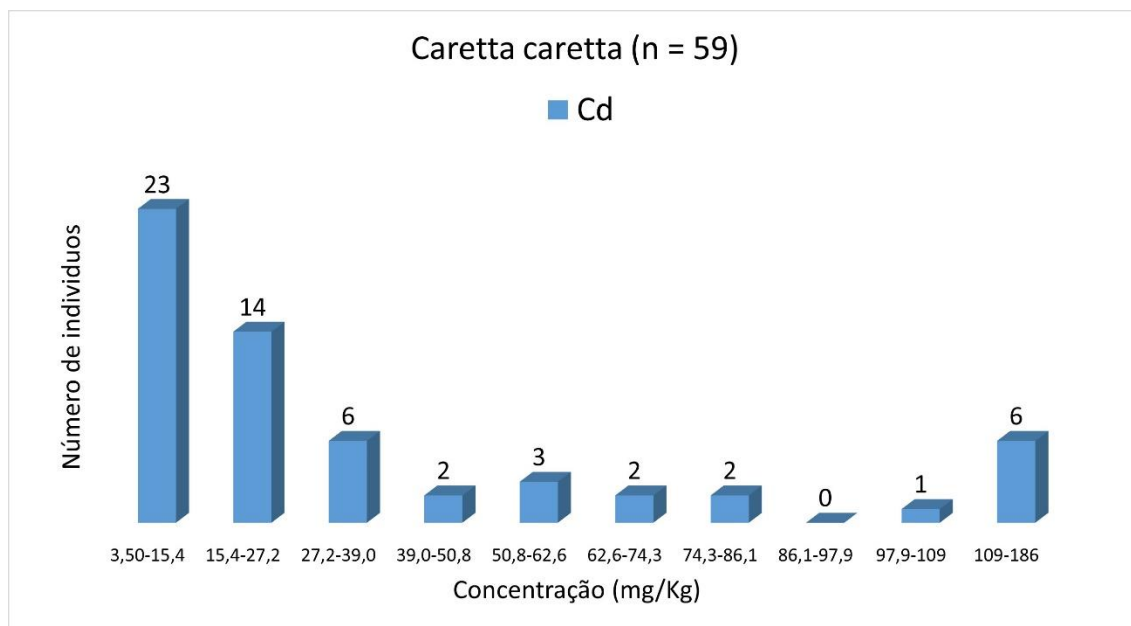


Figura 7.3-88. Histograma de Cd (*Caretta caretta*) para elementos traço (n = 59), considerando o valor do LD.

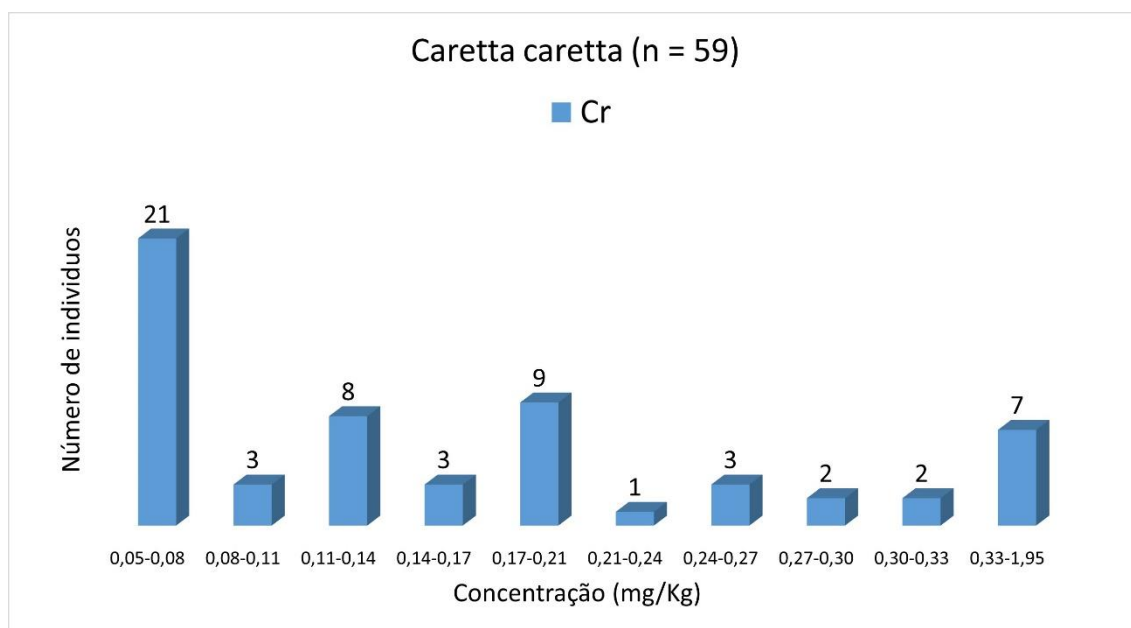


Figura 7.3-89. Histograma de Cr (*Caretta caretta*) para elementos traço (n = 59), considerando o valor do LD.

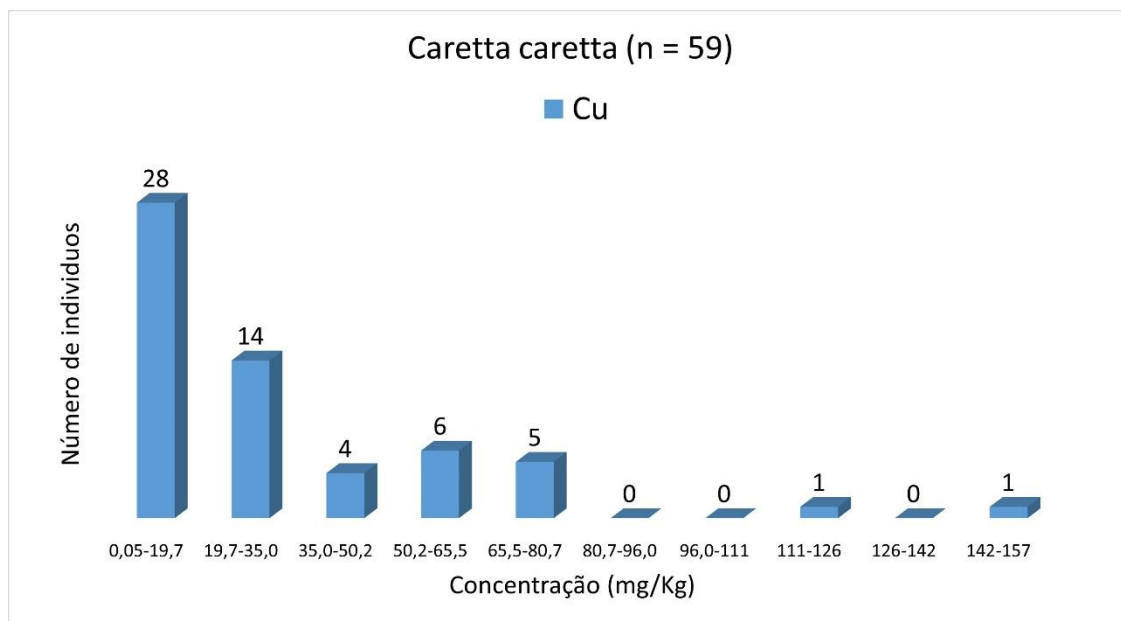


Figura 7.3-90. Histograma de Cu (Caretta caretta) para elementos traço (n = 59), considerando o valor do LD.

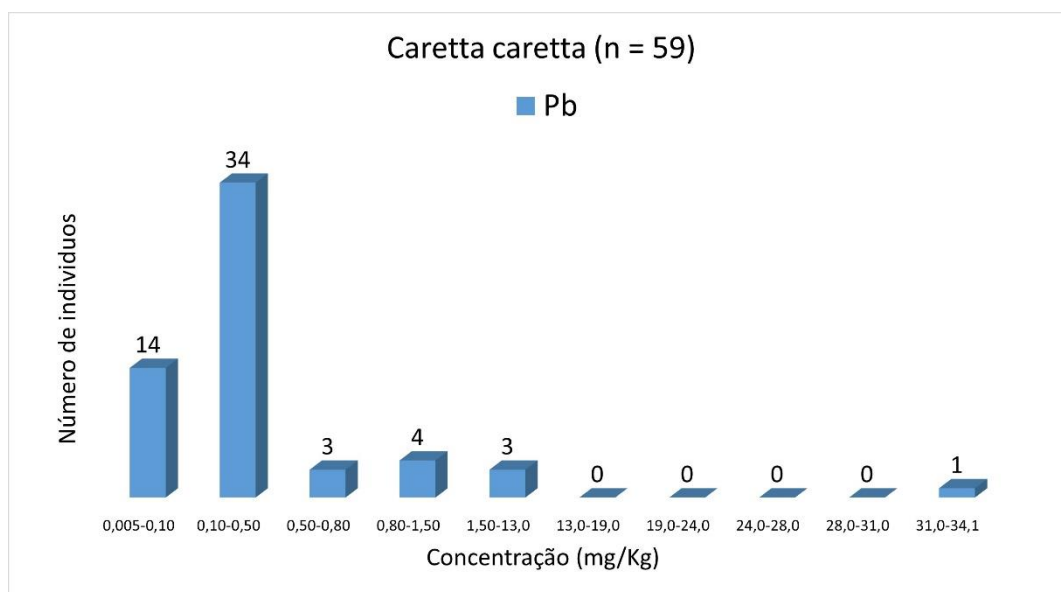


Figura 7.3-91. Histograma de Pb (Caretta caretta) para elementos traço (n = 59), considerando o valor do LD.

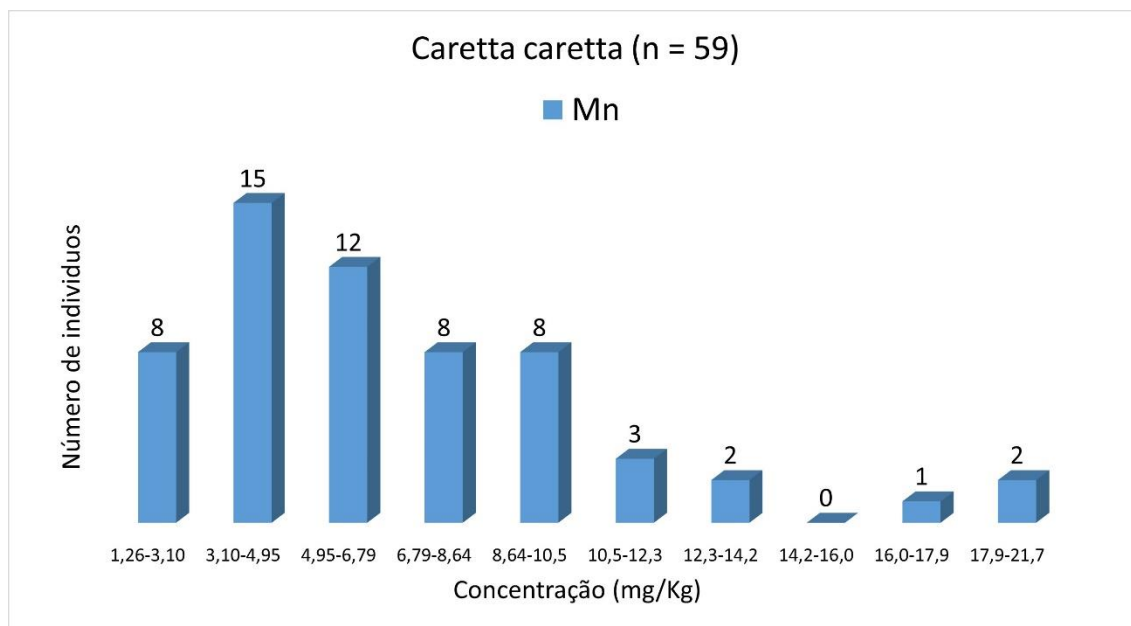


Figura 7.3-92. Histograma de Mn (Caretta caretta) para elementos traço (n = 59), considerando o valor do LD.

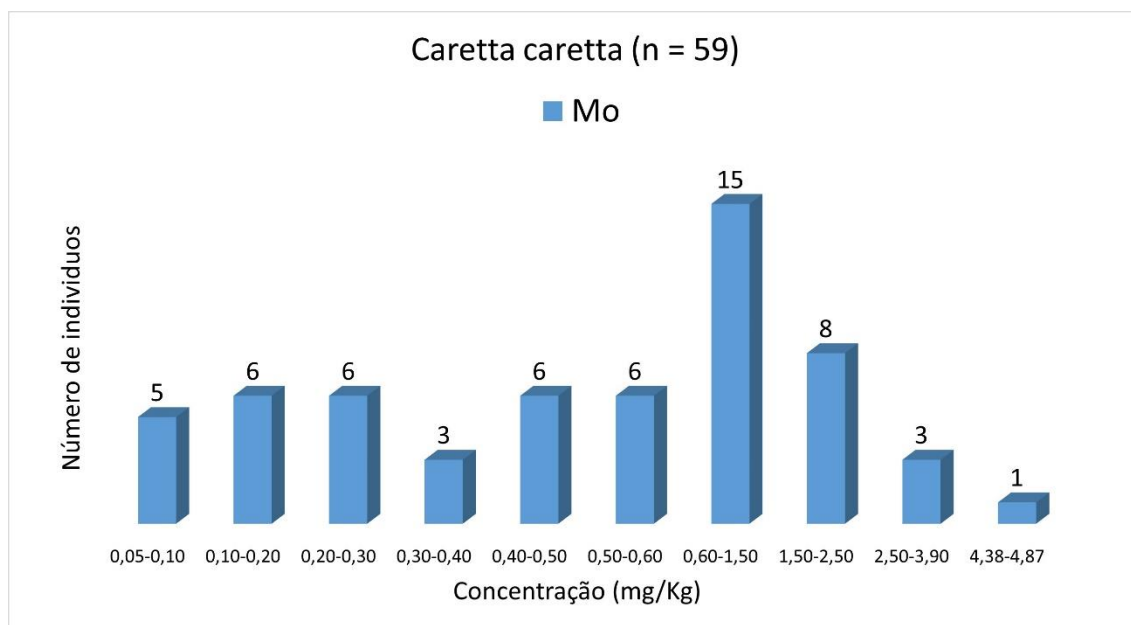


Figura 7.3-93. Histograma de Mo (Caretta caretta) para elementos traço (n = 59) considerando o valor do LD.

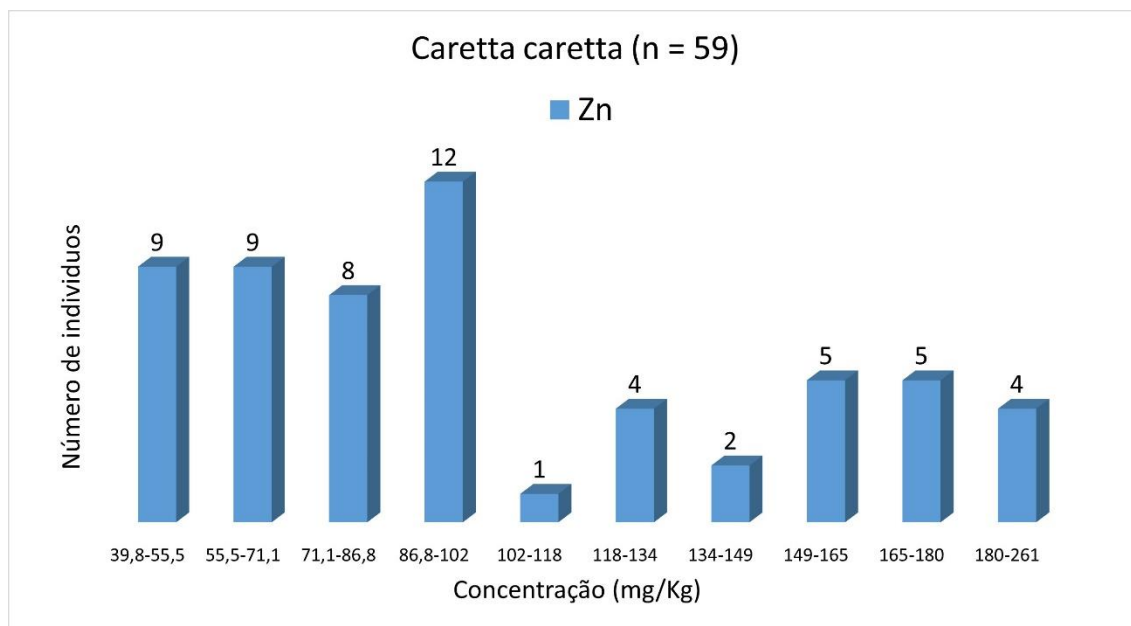


Figura 7.3-94. Histograma de Zn (*Caretta caretta*) para elementos traço (n = 35), considerando o valor do LD.

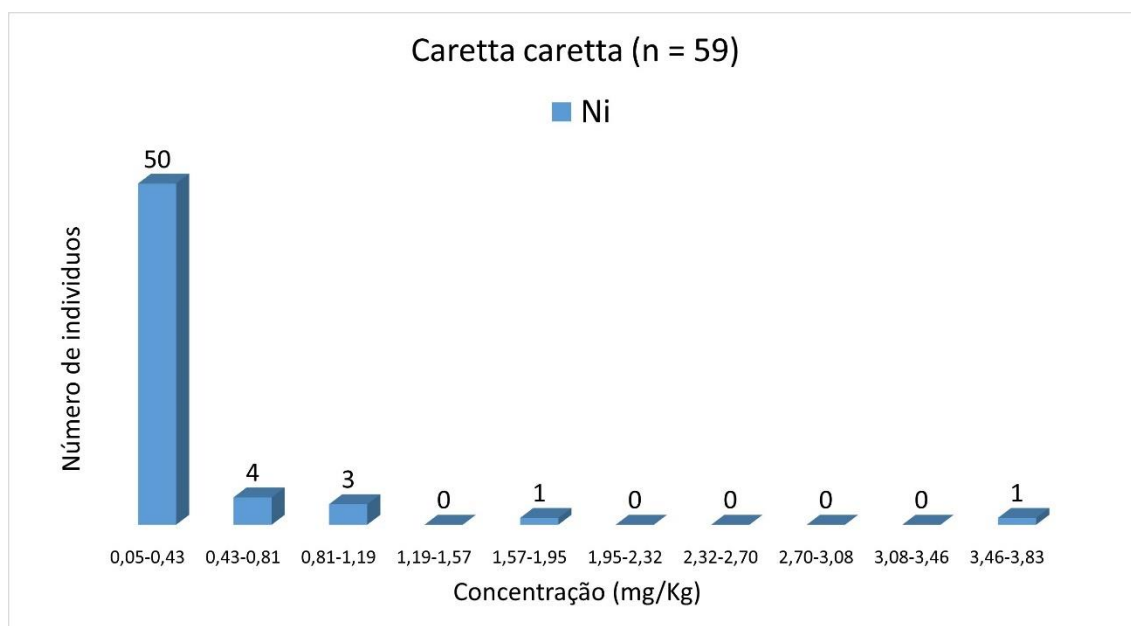


Figura 7.3-95. Histograma de Ni (*Caretta caretta*) para elementos traço (n = 59), considerando o valor do LD.

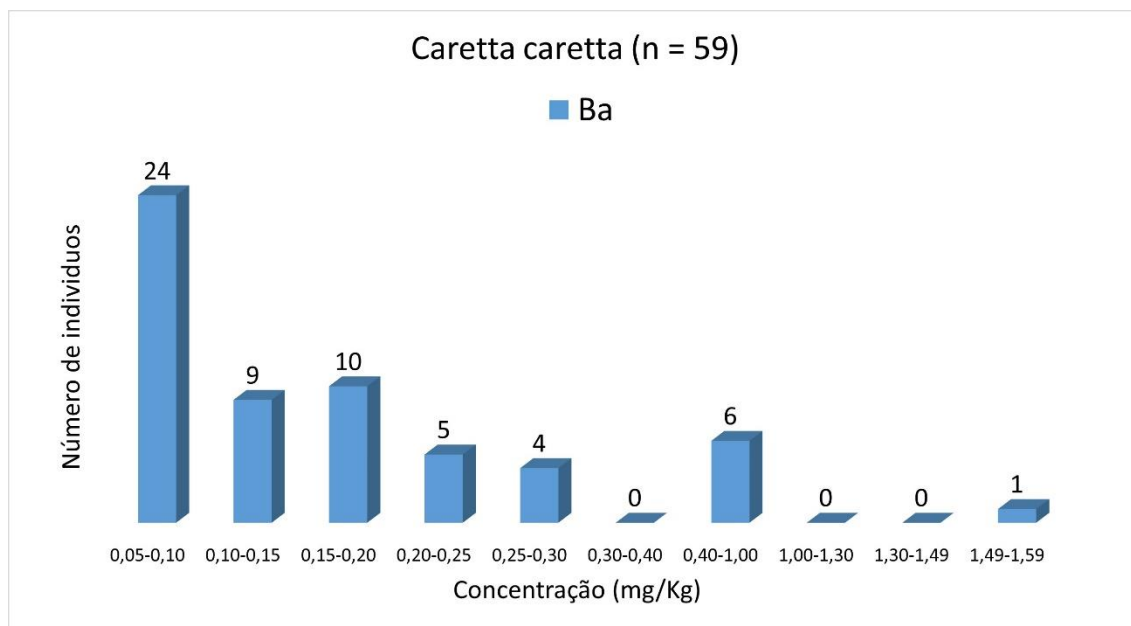


Figura 7.3-96. Histograma de Ba (Caretta caretta) para elementos traço (n = 59), considerando o valor do LD.

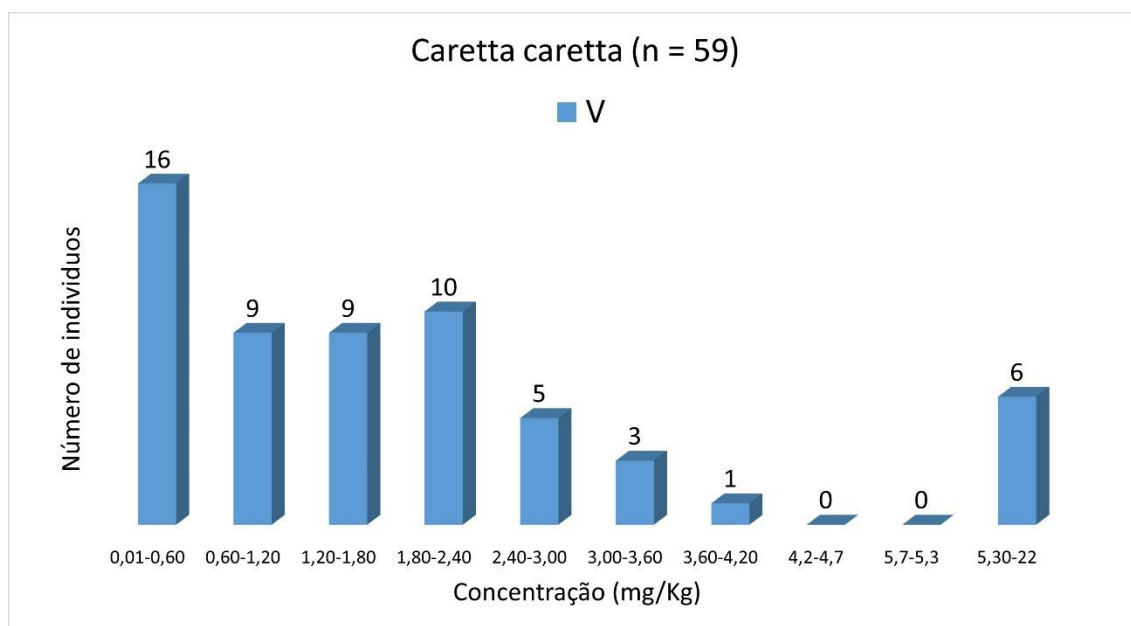


Figura 7.3-97. Histograma de V (Caretta caretta) para elementos traço (n = 59), considerando o valor do LD.

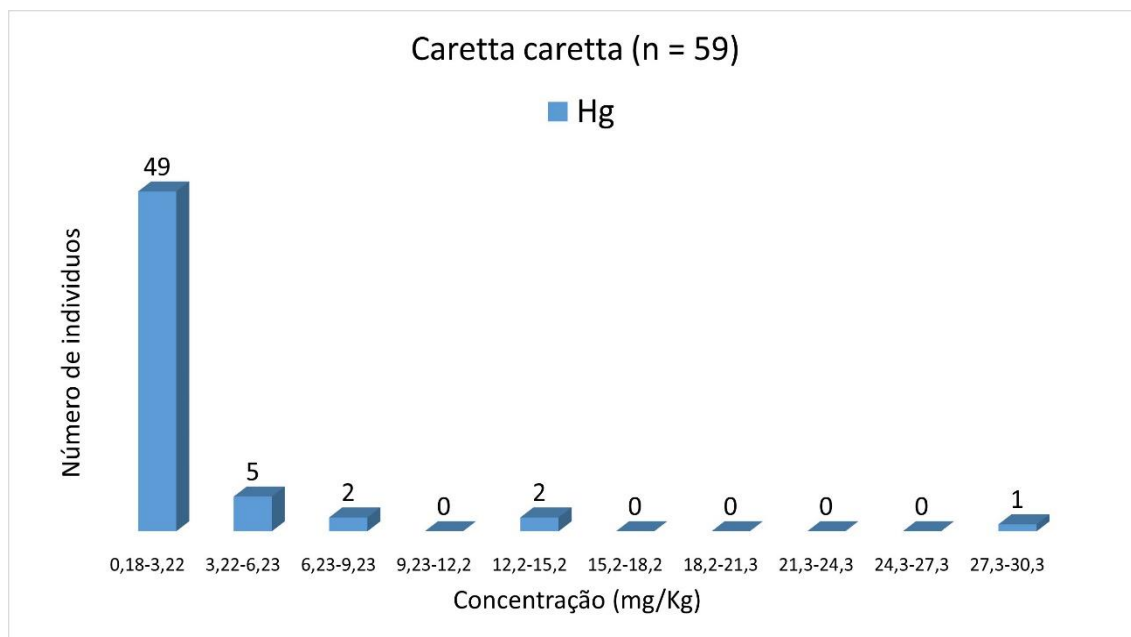


Figura 7.3-98. Histograma de Hg (*Caretta caretta*) para elementos traço (n = 59), considerando o valor do LD.

Mamíferos

Sotalia guianensis

Os histogramas da espécie *Sotalia guianensis* para As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba, V e Hg (n = 107) são apresentados nas **Figura 7.3-99** a **Figura 7.3-110**, respectivamente. Os histogramas, assimétricos e, geralmente alinhados à esquerda, evidenciam que a distribuição dos dados é anormal. A distribuição dos dados de As, Cr, Cu, Zn, Ni, Ba e Hg são claramente distorcidas (à esquerda).

As concentrações mais frequentes para As foram de 0,08 a 0,90 mg kg⁻¹ (64 indivíduos, 59,8%); 0,02 a 2,67 mg kg⁻¹ para Cd (81 indivíduos, 75,7%); < 0,10 mg kg⁻¹ para Cr (69 indivíduos, 64,5%); 5,0 a 148 mg kg⁻¹ para Cu (84 indivíduos, 78,5%); <0,01 a 0,05 mg kg⁻¹ para Pb (86 indivíduos, 80,4%); 6,96 a 12,2 mg kg⁻¹ para Mn (48 indivíduos, 44,9%); 1,14 a 1,84 mg kg⁻¹ para Mo (35 indivíduos, 32,7%); 26 a 179 mg kg⁻¹ para Zn (61 indivíduos, 57%); < 0,10 mg kg⁻¹ para Ni (82 indivíduos, 76,6%); 0,05 a 0,06 mg kg⁻¹ para Ba (97 indivíduos, 90,7%); 0,01 a 0,16 mg kg⁻¹ para V (43 indivíduos, 40,2%) e de 0,20 a 28,5 mg kg⁻¹ para Hg (91 indivíduos, 85%).

Análises utilizando boxplot no Excel sugerem os seguintes *outliers*: para As, 5 indivíduos com concentrações acima de 2,00 mg kg⁻¹; Cd, 5 indivíduos com concentrações acima de 1,50 mg kg⁻¹; Cr, 6 indivíduos com concentrações acima de 0,25 mg kg⁻¹; Cu 12 indivíduo com concentrações acima de 240 mg kg⁻¹; Pb 11 indivíduos com concentrações acima de 0,10 mg kg⁻¹; Mn 2 indivíduos com concentrações acima de 25 mg kg⁻¹; Zn com 8 indivíduo com concentração acima de 485 mg kg⁻¹; Ni 25 indivíduos com concentração acima de 0,10 mg kg⁻¹ (acima do LD); Ba 10 indivíduos com concentrações acima de 0,10 mg kg⁻¹ (acima do LD); V 13 indivíduos com concentrações acima 0,90 mg kg⁻¹; Hg 12 indivíduos com concentrações acima de 35 mg kg⁻¹.

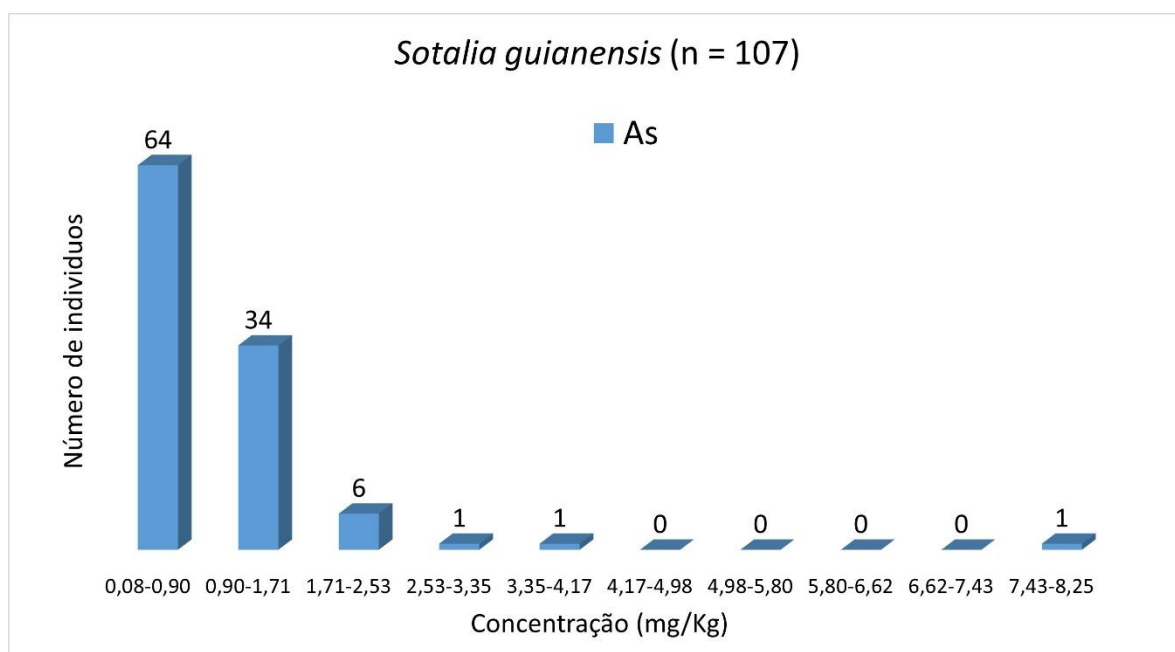


Figura 7.3-99. Histograma de As (*Sotalia guianensis*) para elementos traço (n = 107), considerando o valor do LD.

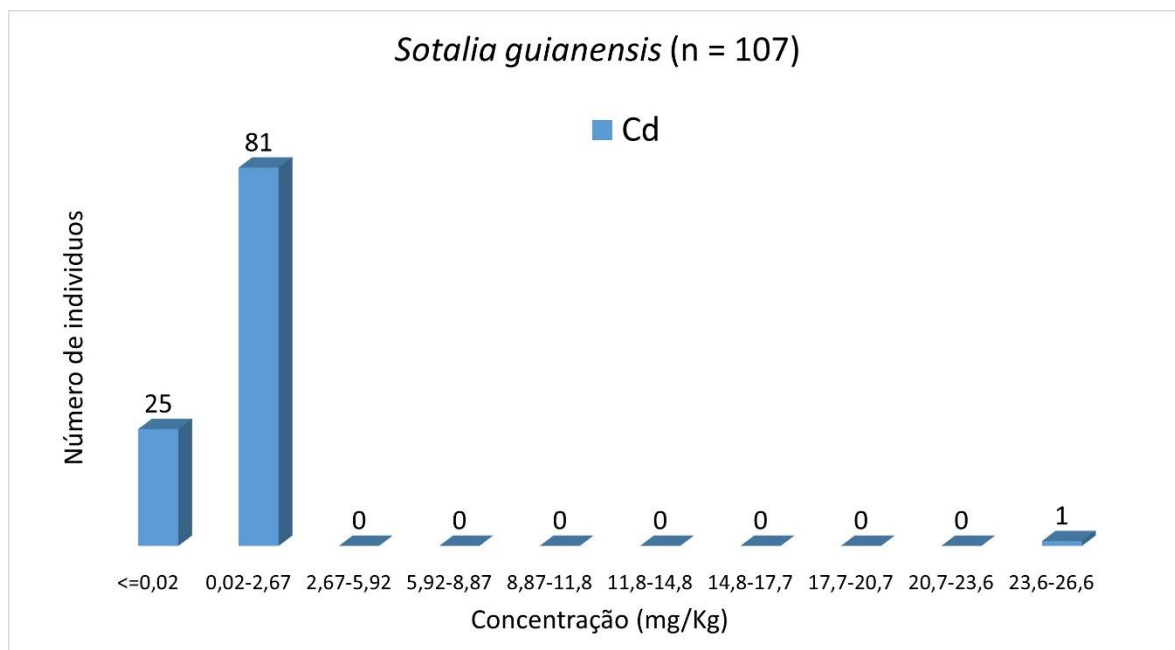


Figura 7.3-100. Histograma de Cd (*Sotalia guianensis*) para elementos traço (n = 107), considerando o valor do LD.

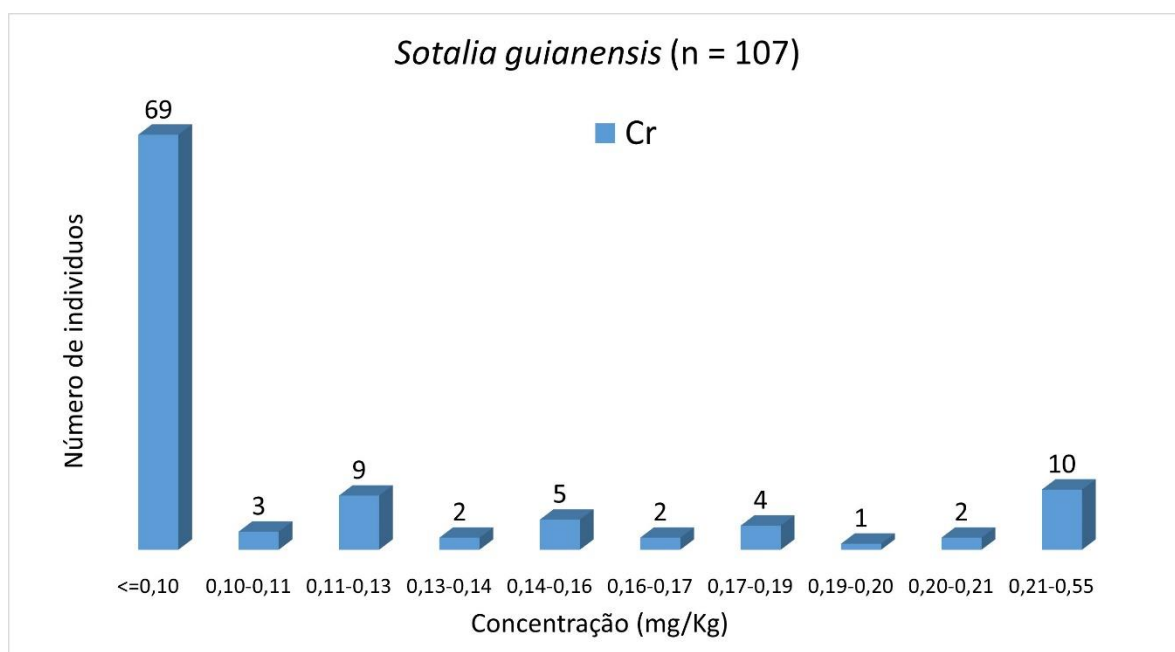


Figura 7.3-101. Histograma de Cr (*Sotalia guianensis*) para elementos traço (n = 107), considerando o valor do LD.

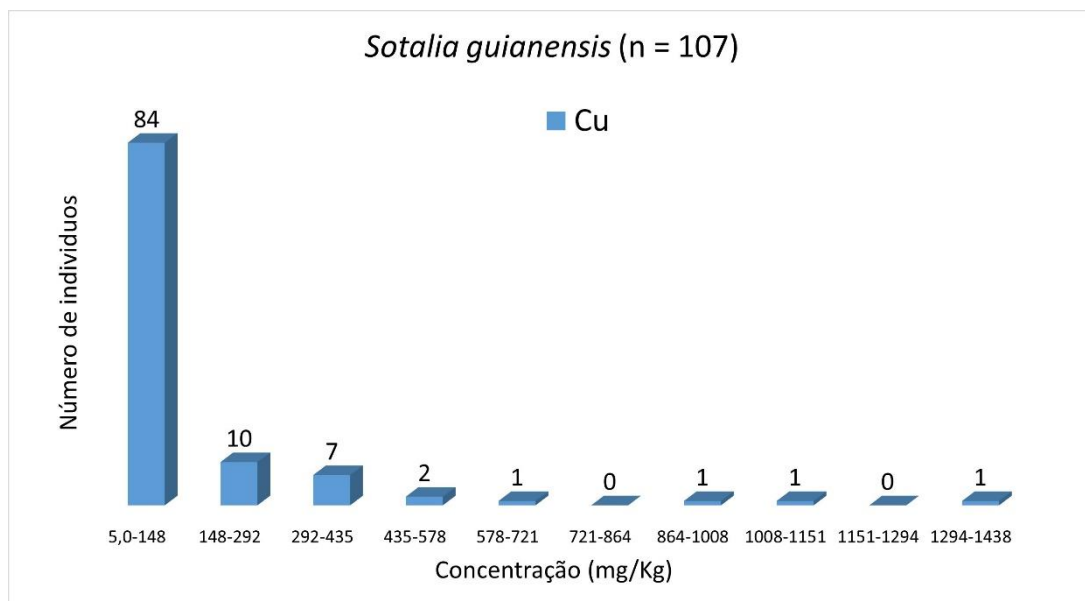


Figura 7.3-102. Histograma de Cu (*Sotalia guianensis*) para elementos traço (n = 107), considerando o valor do LD.

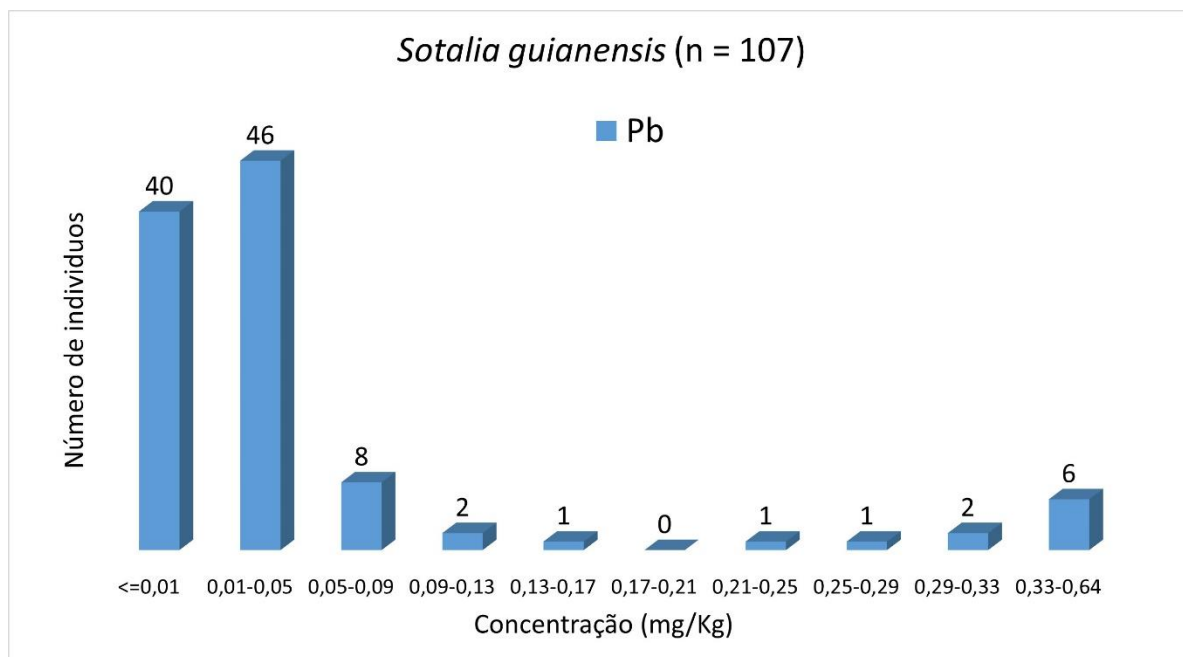


Figura 7.3-103. Histograma de Pb (*Sotalia guianensis*) para elementos traço (n = 107), considerando o valor do LD.

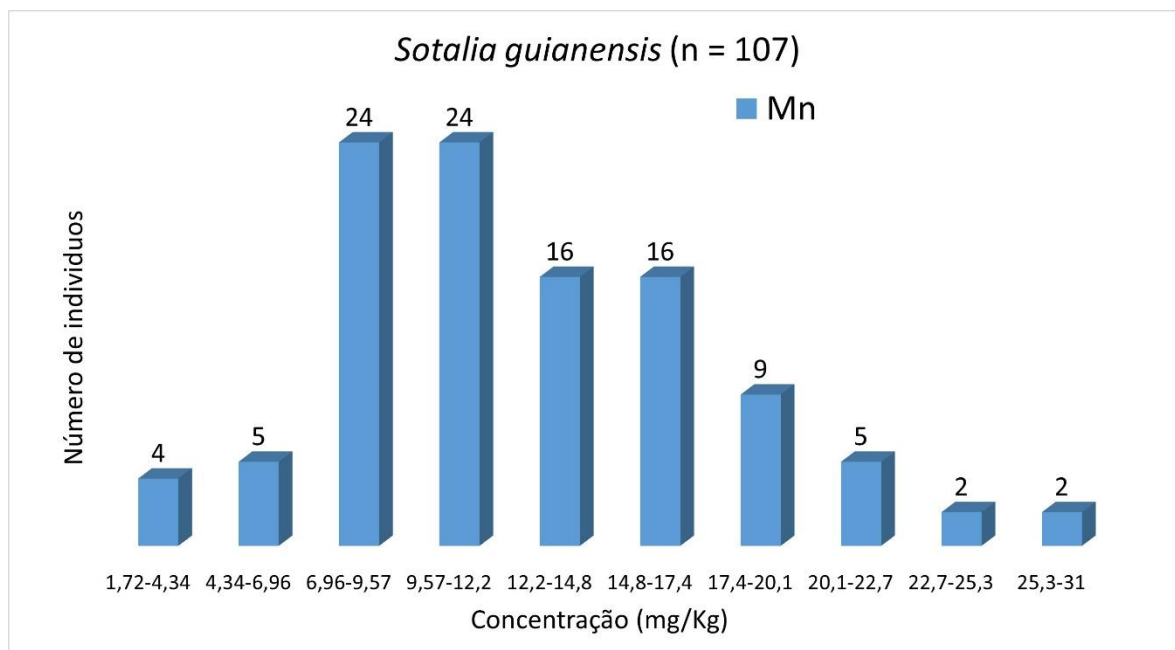


Figura 7.3-104. Histograma de Mn (*Sotalia guianensis*) para elementos traço (n = 107), considerando o valor do LD.

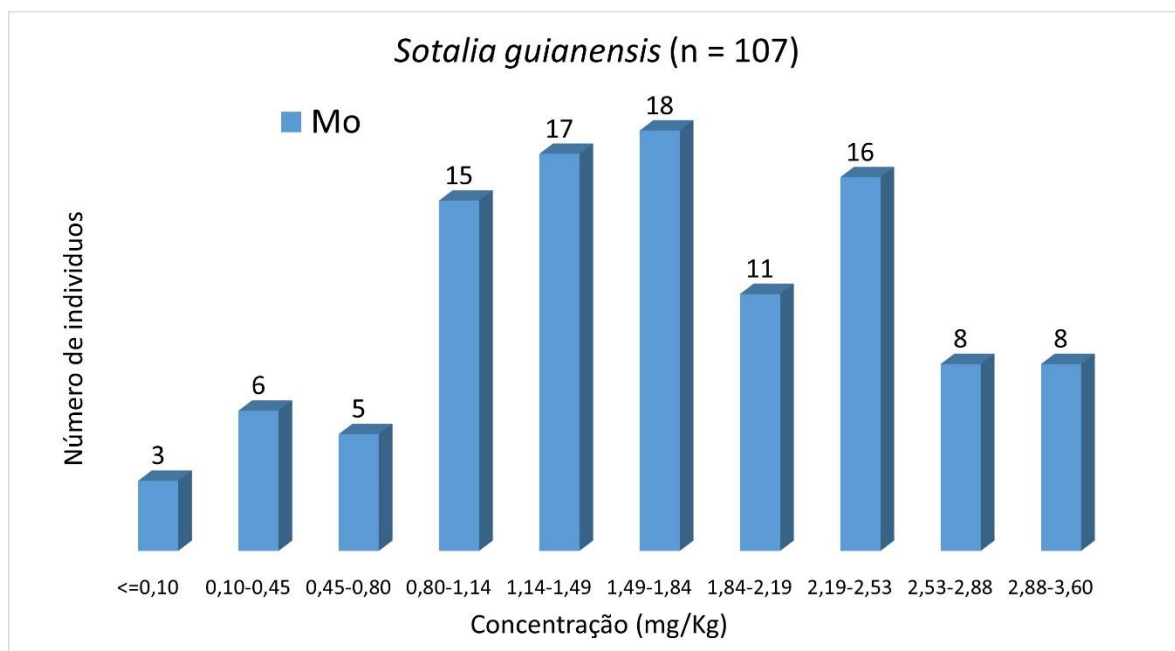


Figura 7.3-105. Histograma de Mo (*Sotalia guianensis*) para elementos traço (n = 107), considerando o valor do LD.

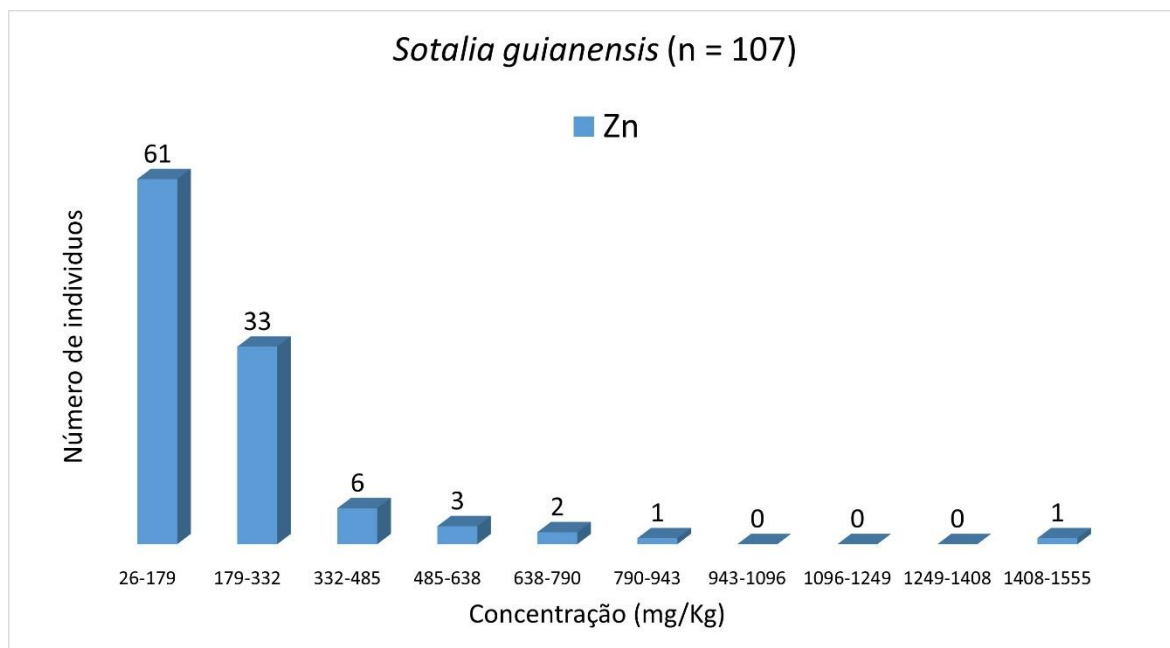


Figura 7.3-106. Histograma de Zn (*Sotalia guianensis*) para elementos traço (n = 107), considerando o valor do LD.

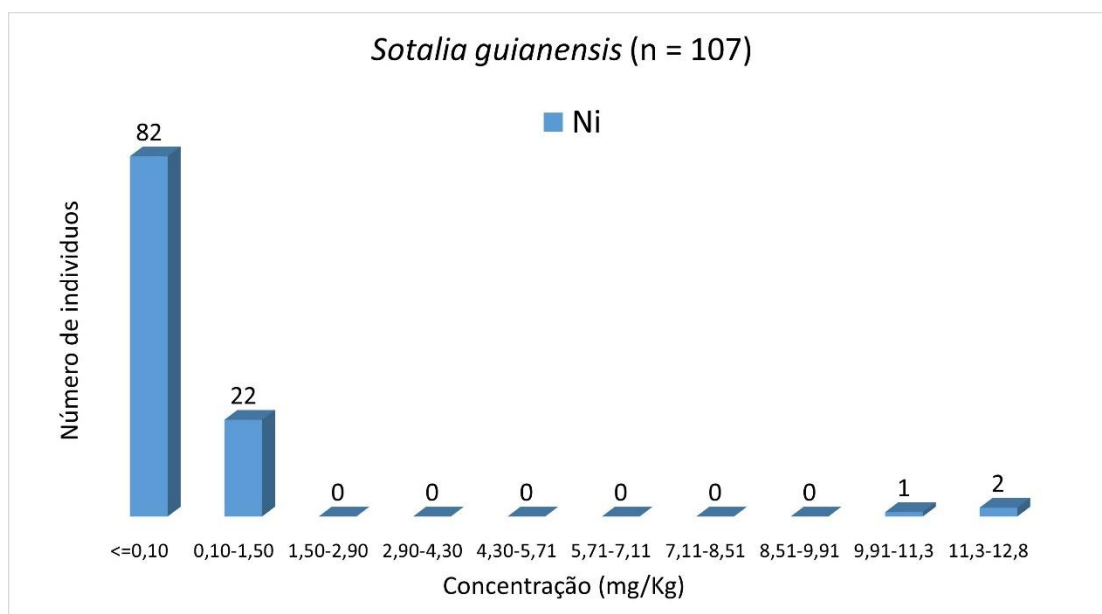


Figura 7.3-107. Histograma de Ni (*Sotalia guianensis*) para elementos traço (n = 107), considerando o valor do LD.

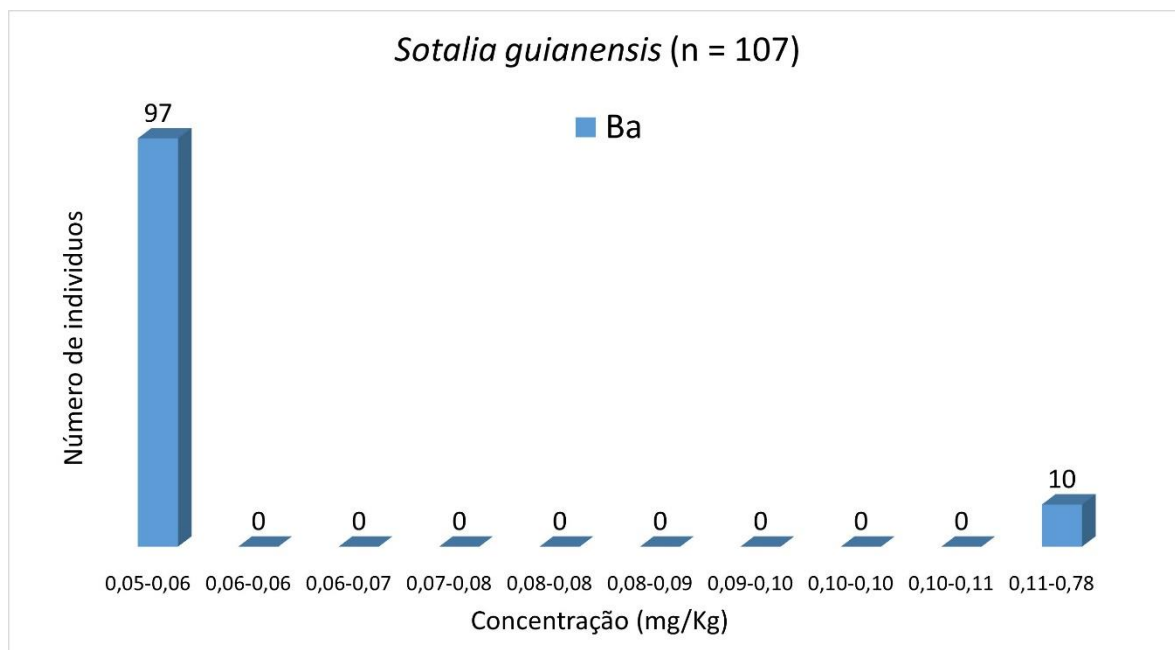


Figura 7.3-108. Histograma de Ba (*Sotalia guianensis*) para elementos traço (n = 107), considerando o valor do LD.

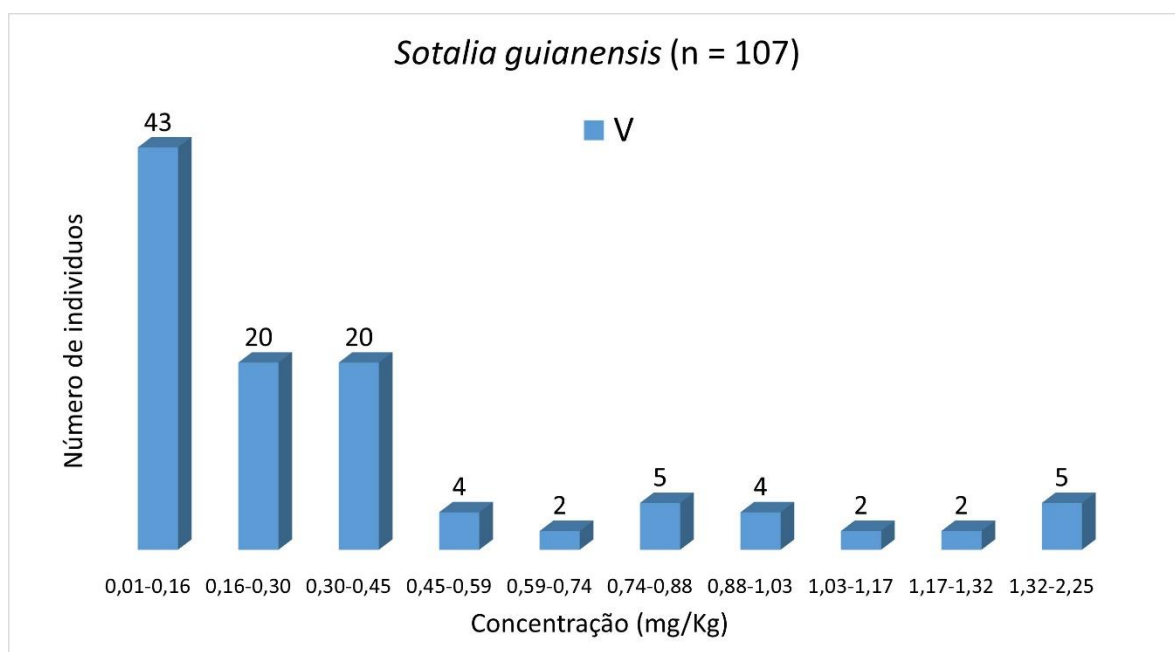


Figura 7.3-109. Histograma de V (*Sotalia guianensis*) para elementos traço (n = 107), considerando o valor do LD.

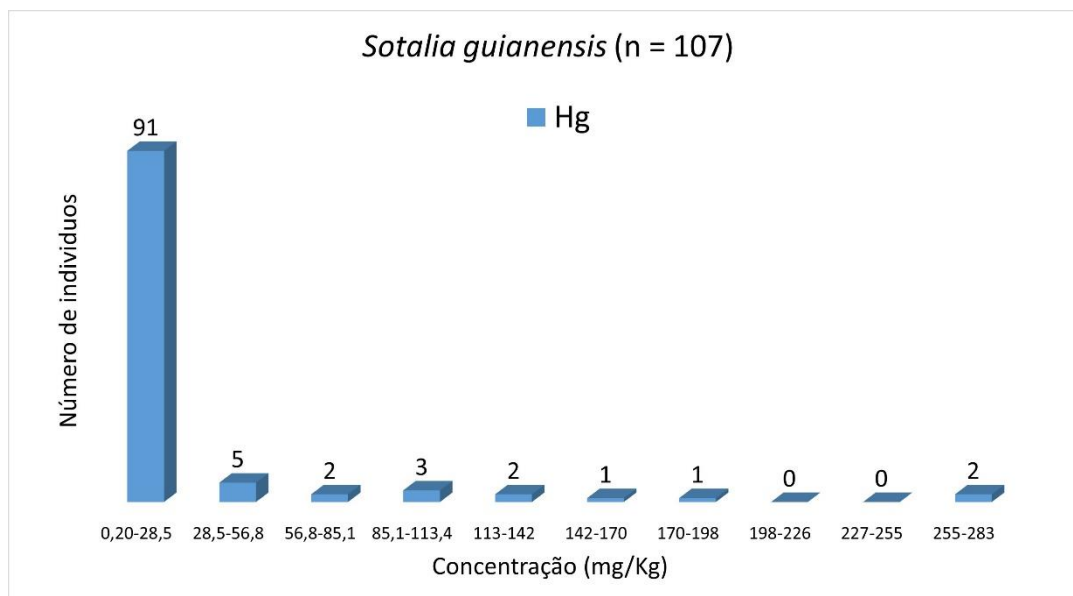


Figura 7.3-110. Histograma de Hg (*Sotalia guianensis*) para elementos traço (n = 107), considerando o valor do LD.

Pontoporia blainvillei

Da **Figura 7.3-111** à **Figura 7.3-122** podem ser vistos os histogramas da espécie *Pontoporia blainvillei* para As, Cd, Cr, Cu Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba, V e Hg (n = 130), respectivamente. Para a grande maioria dos elementos, os histogramas mostram-se assimétricos, alguns totalmente alinhados à esquerda, outros aparentemente multimodais e, conseqüentemente, sugerem que os dados não estão distribuídos normalmente.

As concentrações mais frequentes para As foram de 0,15 a 0,88 mg kg⁻¹ (69 indivíduos, 53,1%); <0,02 mg kg⁻¹ (<LD) para Cd (61 indivíduos, 46,9%), <0,10 mg kg⁻¹ (<LD) para Cr (83 indivíduos, 63,8%); 4,6 a 45,2 mg kg⁻¹ para Cu (81 indivíduos, 62,3%); <0,01 mg kg⁻¹ (<LD) para Pb (77 indivíduos, 59,2%); 12,9 a 14,8 mg kg⁻¹ para Mn (25 indivíduos, 19,2%); 0,10 a 0,68 mg kg⁻¹ para Mo (39 indivíduos, 30%); 100 a 167 mg kg⁻¹ para Zn (62 indivíduos, 47,7%); <0,10 mg kg⁻¹ (<LD) para Ni (110 indivíduos, 84,6%); <0,10 mg kg⁻¹ (<LD) para Ba (125 indivíduos, 96,2%); 0,02 a 0,31 mg kg⁻¹ para V (61 indivíduos, 46,9%) e 0,30 a 3,70 mg kg⁻¹ para Hg (105 indivíduos, 80,8%).

Análises utilizando boxplot no Excel sugerem os seguintes *Outliers*: para As, 4 indivíduos com concentrações acima de 2,50 mg kg⁻¹; Cd, 17 indivíduos

com concentrações acima de $0,85 \text{ mg kg}^{-1}$; Cr, 9 indivíduos com concentrações acima de $0,27 \text{ mg kg}^{-1}$; Cu 8 indivíduo com concentrações acima de 250 mg kg^{-1} ; Pb 7 indivíduos com concentrações acima de $0,063 \text{ mg kg}^{-1}$; Mn 2 indivíduos com concentrações acima de 26 mg kg^{-1} ; Mo 10 indivíduos com concentrações acima de $3,30 \text{ mg kg}^{-1}$; Zn com 10 indivíduo com concentração acima de 380 mg kg^{-1} ; Ni 15 indivíduos com concentração acima de $0,10 \text{ mg kg}^{-1}$ (acima do LD); Ba 5 indivíduos com concentrações acima de $0,10 \text{ mg kg}^{-1}$ (acima do LD); V 6 indivíduos com concentrações acima $1,46 \text{ mg kg}^{-1}$; Hg 10 indivíduos com concentrações acima de $6,0 \text{ mg kg}^{-1}$. Na **Figura 7.3-122** se mostra o histograma para Hg após excluir dois *outliers* extremos, neste caso foram considerados *outliers* 8 indivíduos com concentrações acima de $5,46 \text{ mg kg}^{-1}$.

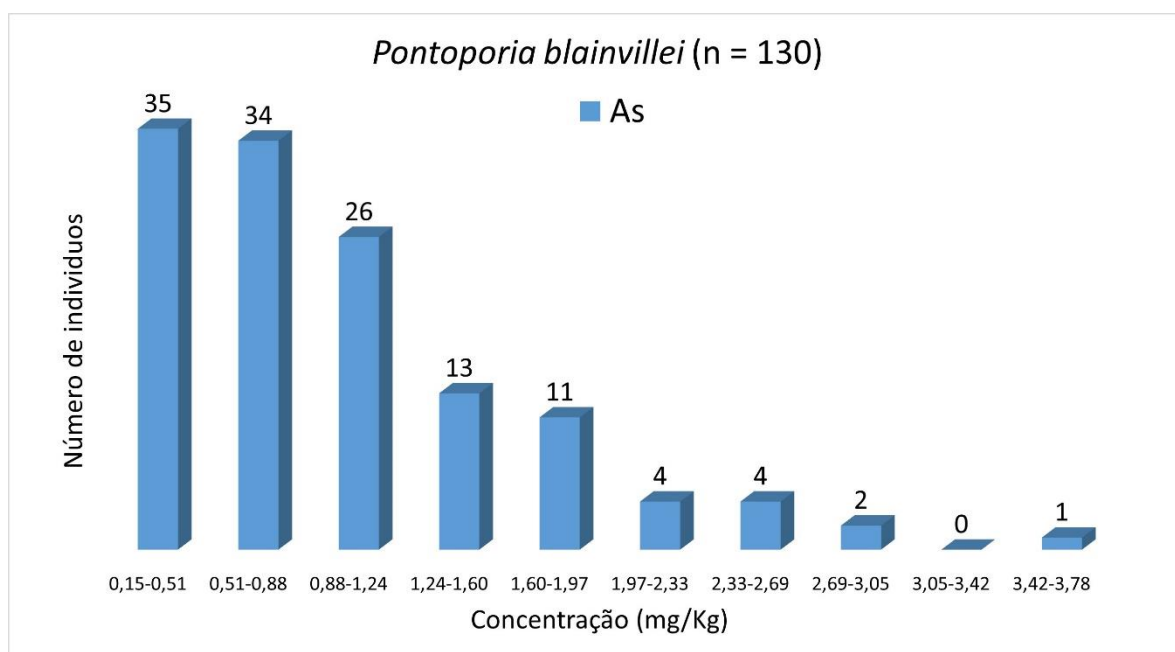


Figura 7.3-111. Histograma de As (*Pontoporia blainvillei*) para elementos traço (n = 130), considerando o valor do LD.

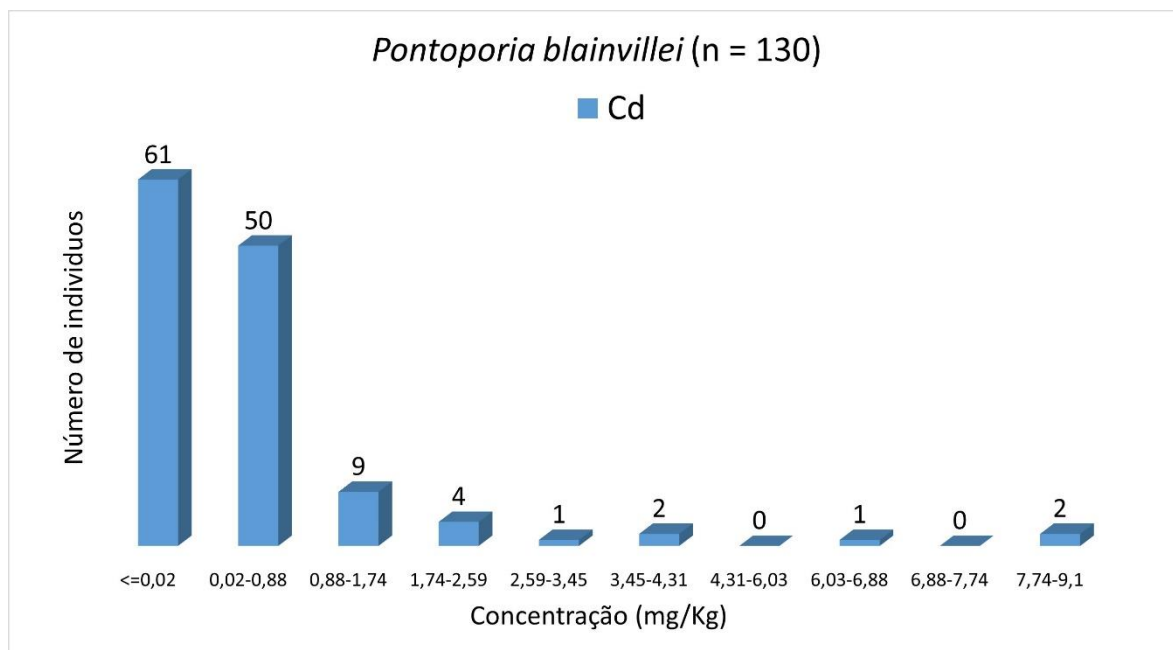


Figura 7.3-112. Histograma de Cd (*Pontoporia blainvillei*) para elementos traço (n = 130), considerando o valor do LD.

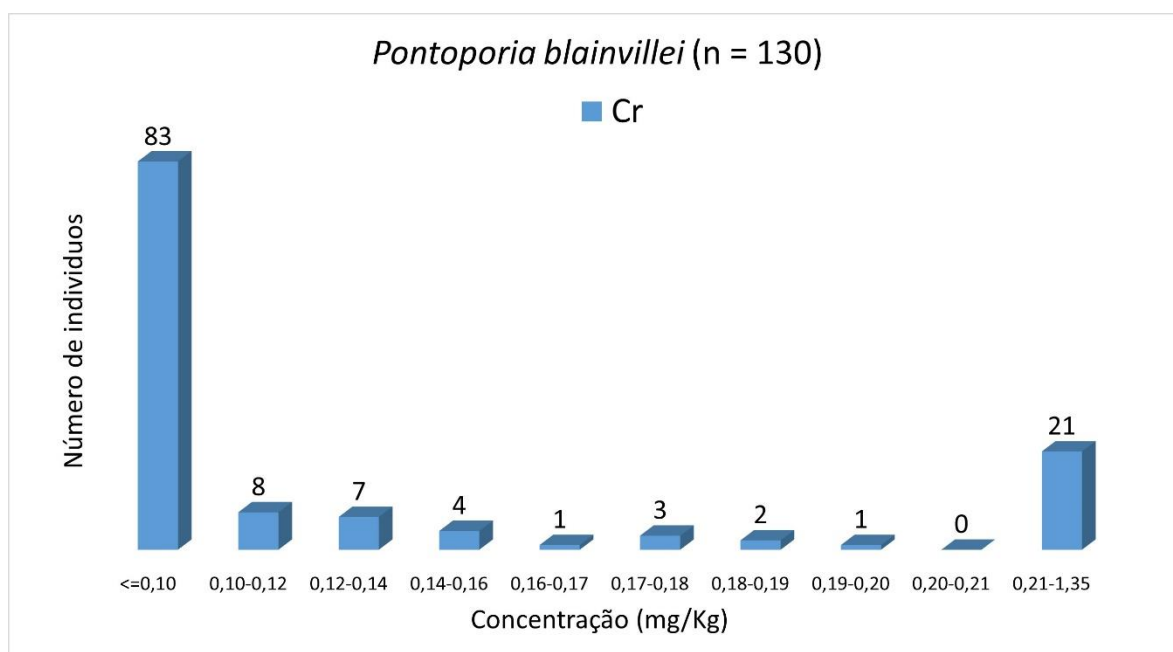


Figura 7.3-113. Histograma de Cr (*Pontoporia blainvillei*) para elementos traço (n = 130), considerando o valor do LD.

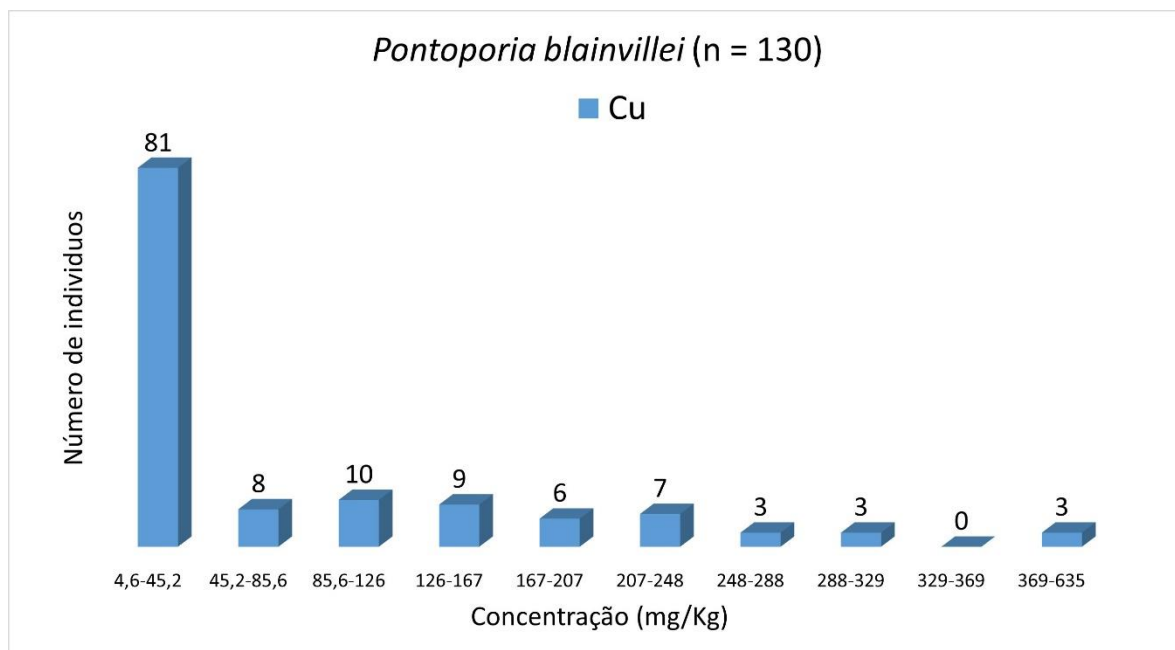


Figura 7.3-114. Histograma de Cu (*Pontoporia blainvillei*) para elementos traço (n = 130), considerando o valor do LD.

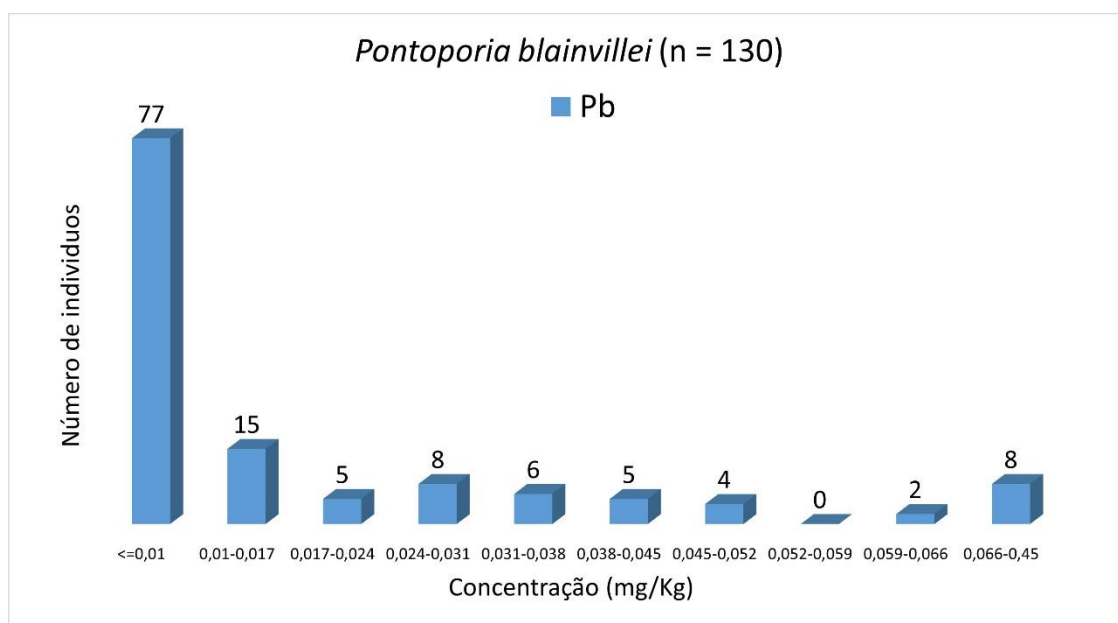


Figura 7.3-115. Histograma de Pb (*Pontoporia blainvillei*) para elementos traço (n = 130), considerando o valor do LD.

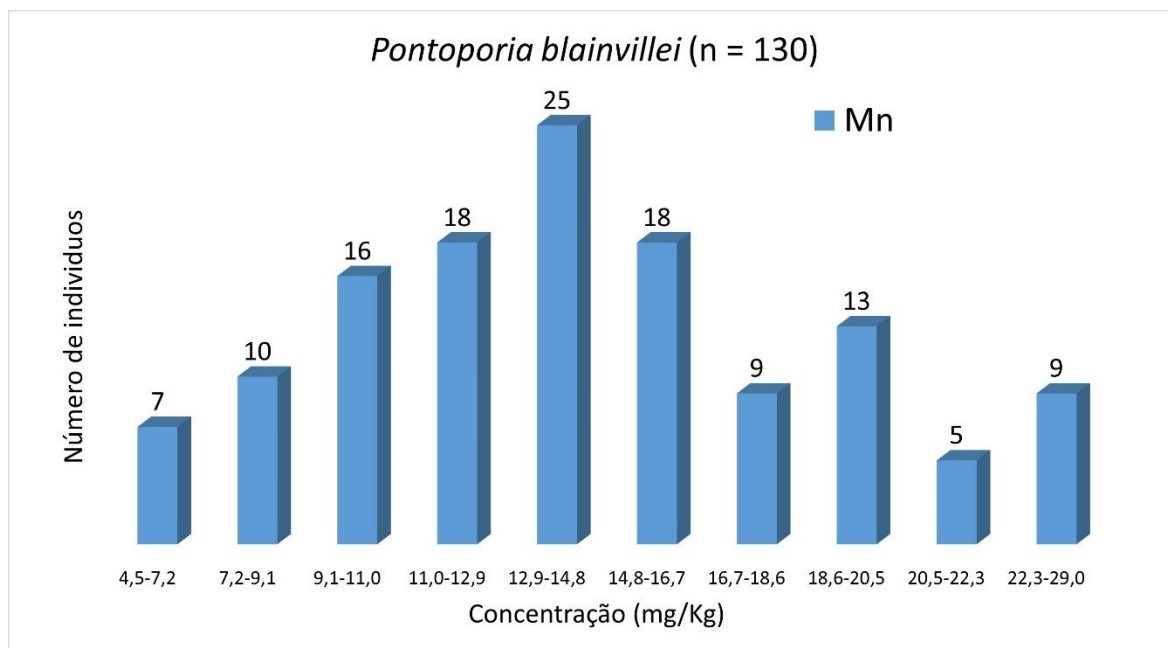


Figura 7.3-116. Histograma de Mn (*Pontoporia blainvillei*) para elementos traço (n = 130), considerando o valor do LD.

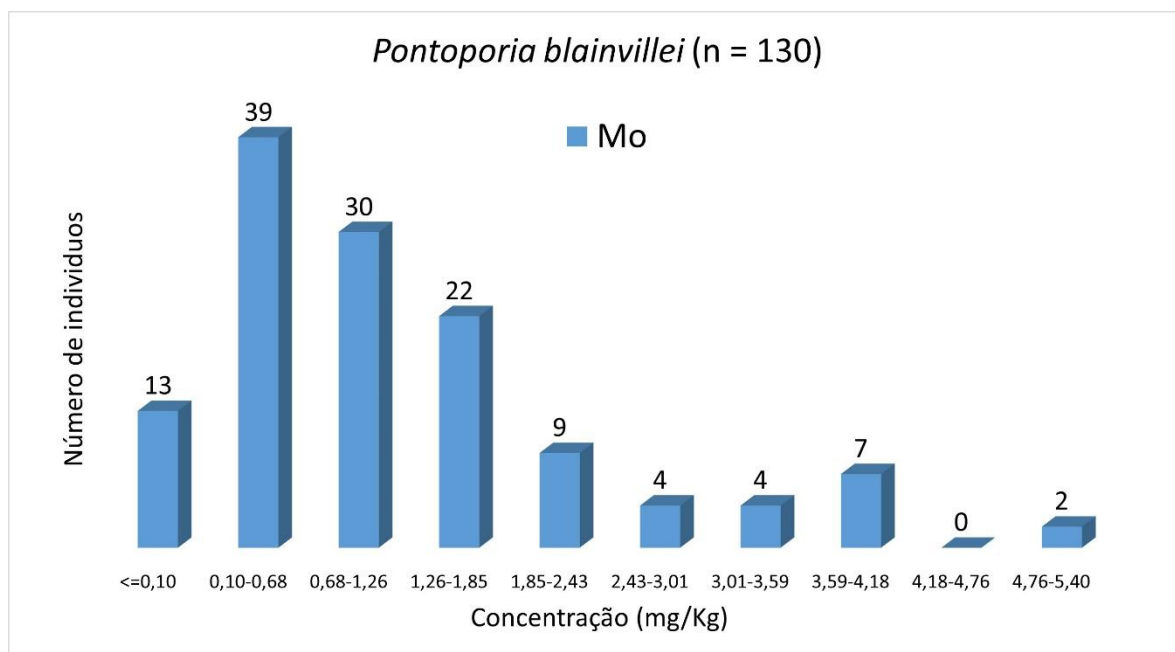


Figura 7.3-117. Histograma de Mo (*Pontoporia blainvillei*) para elementos traço (n = 130), considerando o valor do LD.

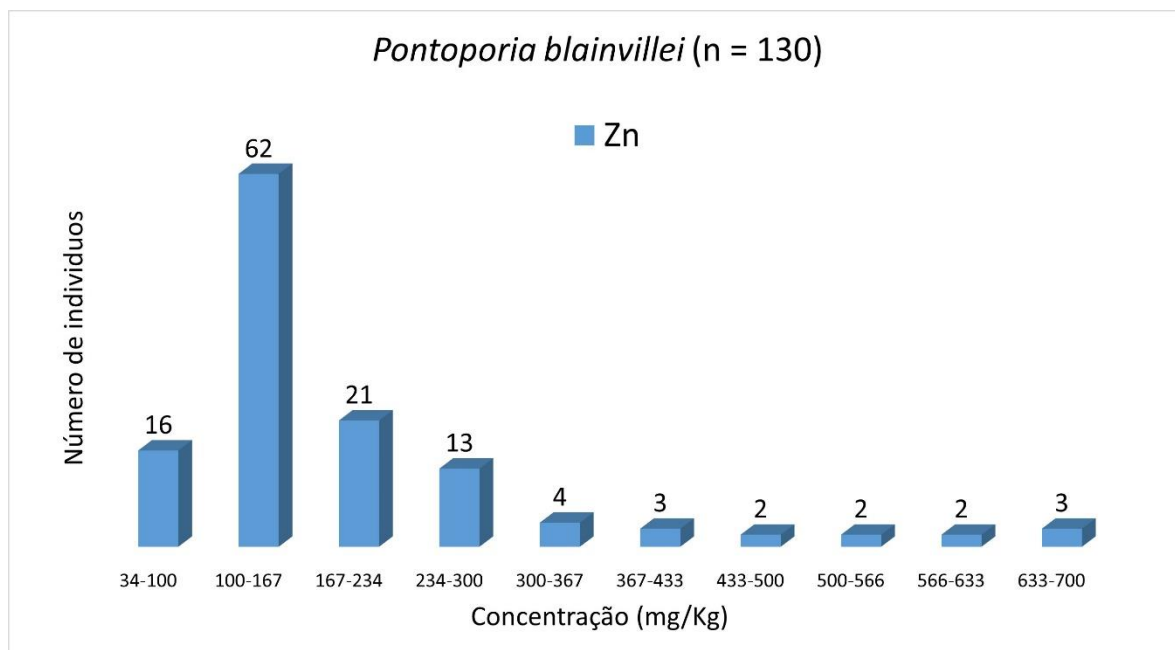


Figura 7.3-118. Histograma de Zn (*Pontoporia blainvillei*) para elementos traço (n = 130), considerando o valor do LD.

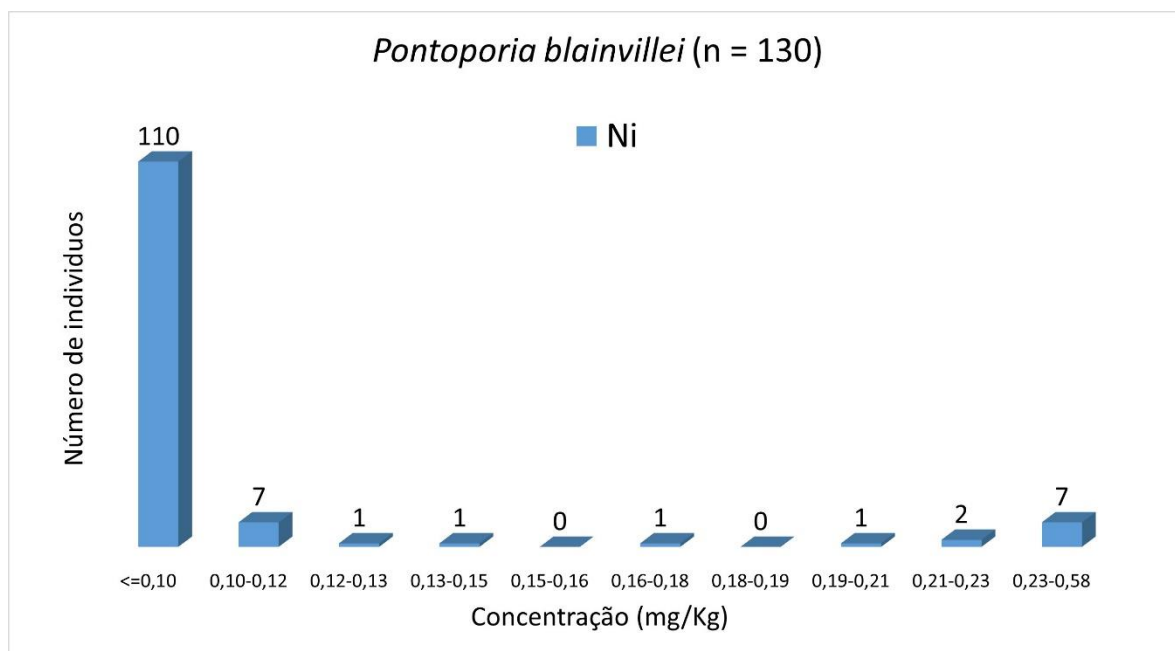


Figura 7.3-119. Histograma de Ni (*Pontoporia blainvillei*) para elementos traço (n = 130), considerando o valor do LD.

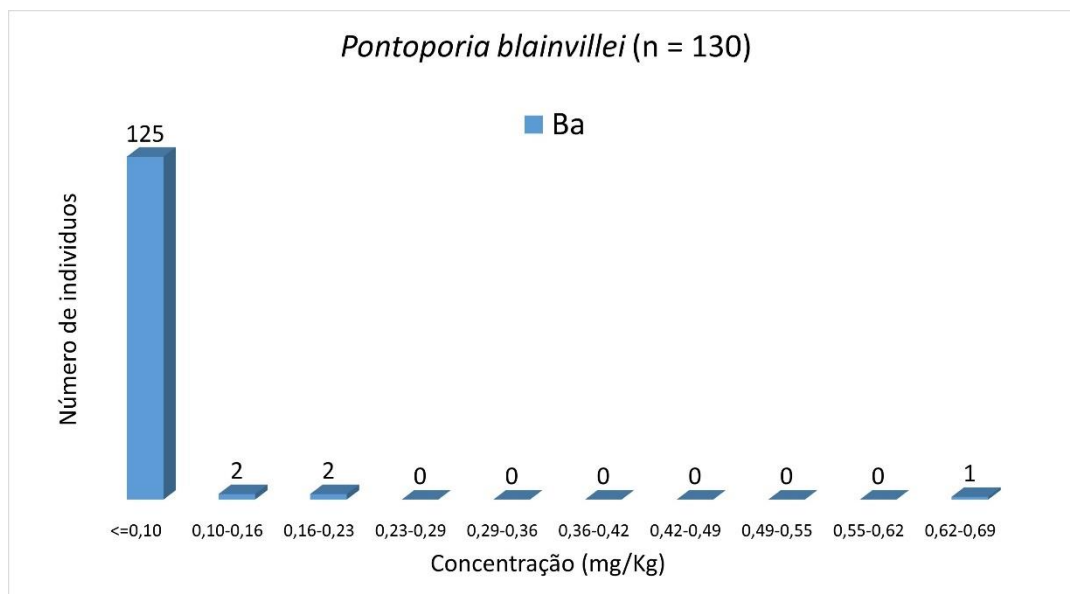


Figura 7.3-120. Histograma de Ba (*Pontoporia blainvillei*) para elementos traço (n = 130), considerando o valor do LD.

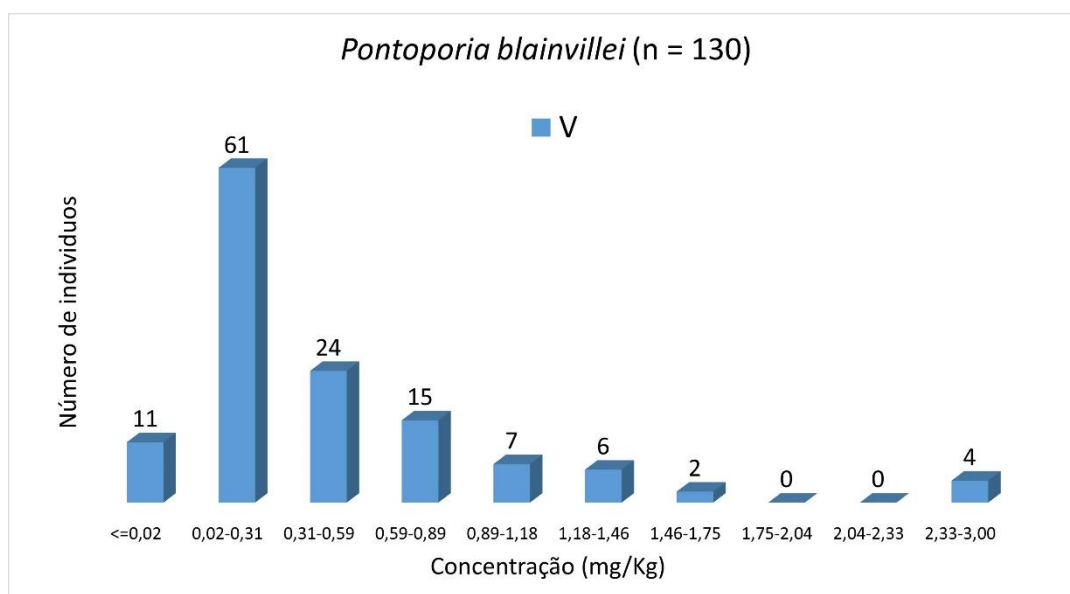


Figura 7.3-121. Histograma de V (*Pontoporia blainvillei*) para elementos traço (n = 130), considerando o valor do LD.

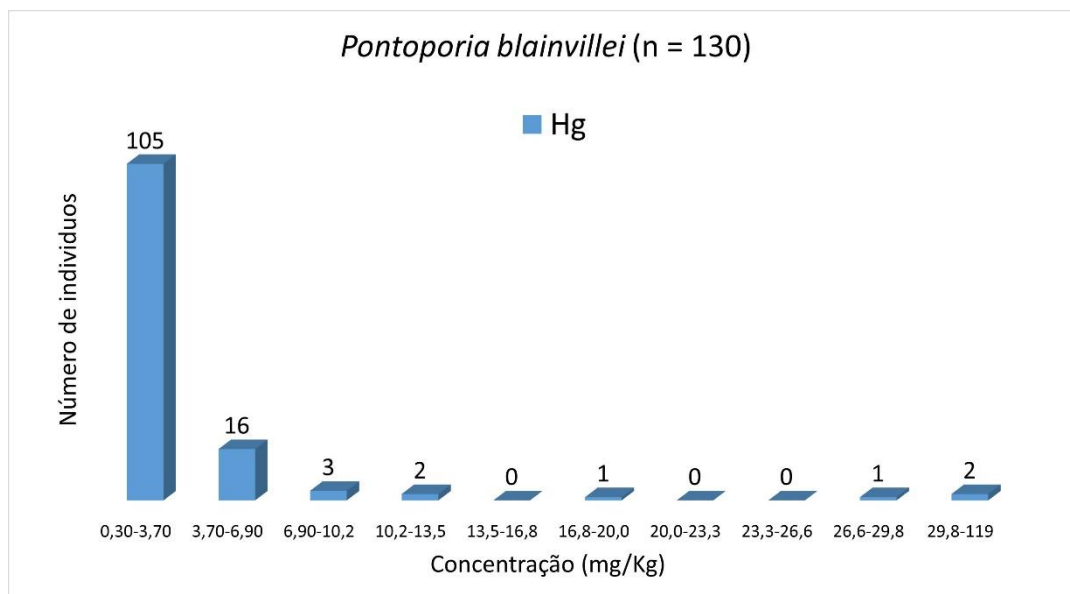


Figura 7.3-122. Histograma de Hg (*Pontoporia blainvillei*) para elementos traço (n = 130), considerando o valor do LD.

Arctocephalus australis

Da **Figura 7.3-123** a **Figura 7.3-134** podem ser vistos os histogramas da espécie *Arctocephalus australis* para As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba, V e Hg (n = 34), respectivamente. Geralmente alinhados à esquerda ou multimodais evidenciam que a distribuição dos dados é anormal.

As concentrações mais frequentes para As foram de 0,30 a 1,38 mg Kg⁻¹ (22 indivíduos, 64,7%); 0,0 a 36,0 mg kg⁻¹ para Cd (24 indivíduos, 70,6%); <0,10 mg kg⁻¹ (<LD) para Cr (26 indivíduos, 76,5%); 7,0 a 27 mg kg⁻¹ e 44 a 62,1 mg kg⁻¹ para Cu (9 e 10 indivíduos respectivamente, 55,9%); 0,01 a 0,03 mg Kg⁻¹ para Pb (12 indivíduos cada, 35,3%); 21,0 a 24,0 mg kg⁻¹ para Mn (8 indivíduos, 23,5%); 1,4 a 2,2 mg kg⁻¹ para Mo (17 indivíduos, 50%); de 120 a 145 mg kg⁻¹ para Zn (7 indivíduos, 20,6%); <0,10 mg kg⁻¹ (<LD) para Ni (29 indivíduos, 85,3%); <0,10 mg kg⁻¹ (<LD) para Ba (33 indivíduos, 97,1%); 0,2 a 0,5 mg kg⁻¹ para V (15 indivíduos, 44,1%) e 0,5 a 6,8 mg kg⁻¹ para Hg (7 indivíduos, 20,6%).

Análises utilizando boxplot no Excel sugerem os seguintes *Outliers*: para As, 3 indivíduos com concentrações acima de 3,00 mg kg⁻¹; Cd, 2 indivíduos com concentrações acima de 100 mg kg⁻¹; Cr, 8 indivíduos com concentrações acima de 0,10 mg kg⁻¹; Cu 2 indivíduo com concentrações acima de 110 mg

kg⁻¹; Pb 4 indivíduos com concentrações acima de 0,10 mg kg⁻¹; Mn 1 indivíduos com concentração acima de 36 mg kg⁻¹; Mo 1 indivíduo com concentração acima de 3,00 mg kg⁻¹; Zn com 1 indivíduo com concentração acima de 385 mg kg⁻¹; Ni 1 indivíduo com concentração acima de 0,20 mg kg⁻¹; Ba 1 indivíduos com concentração acima de 0,10 mg kg⁻¹ (acima do LD); V 2 indivíduos com concentrações acima 1,70 mg kg⁻¹; Hg 2 indivíduos com concentrações acima de 82 mg kg⁻¹.

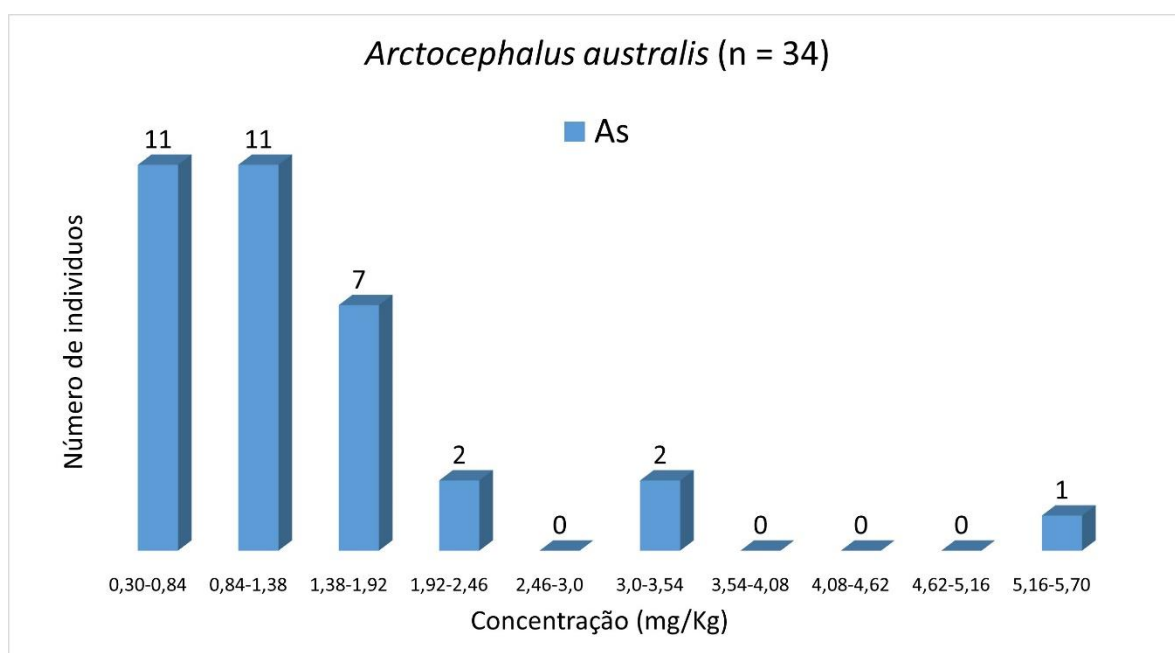


Figura 7.3-123. Histograma de As (*Arctocephalus australis*) para elementos traço (n = 34), considerando o valor do LD

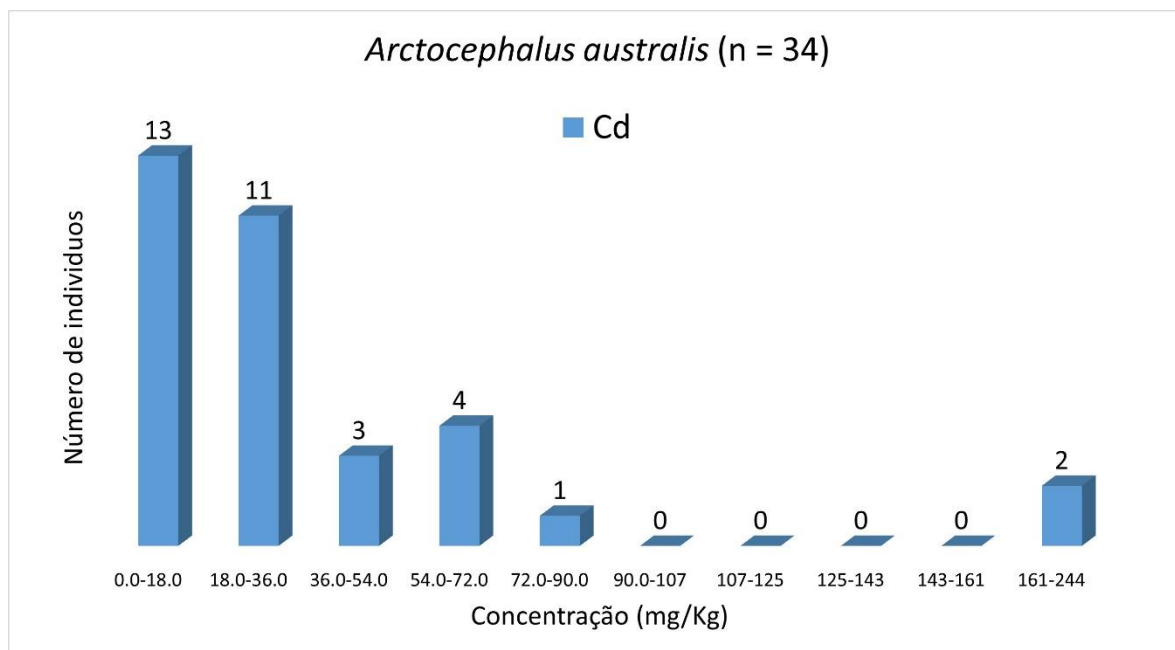


Figura 7.3-124. Histograma de Cd (*Arctocephalus australis*) para elementos traço (n = 34), considerando o valor do LD.

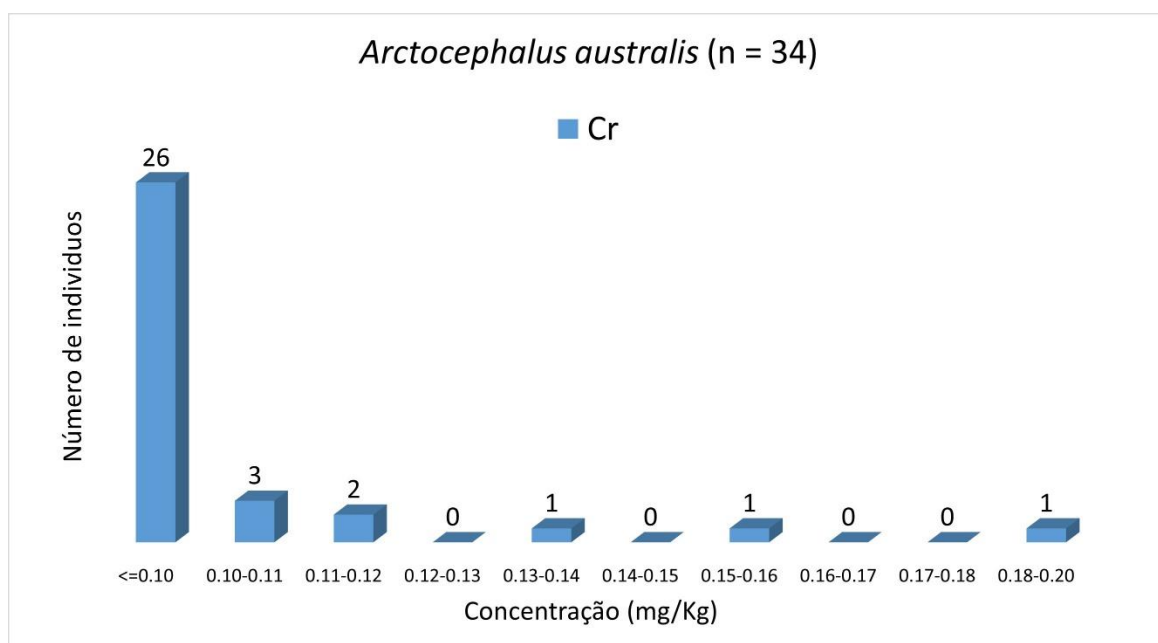


Figura 7.3-125. Histograma de Cr (*Arctocephalus australis*) para elementos traço (n = 34), considerando o valor do LD.

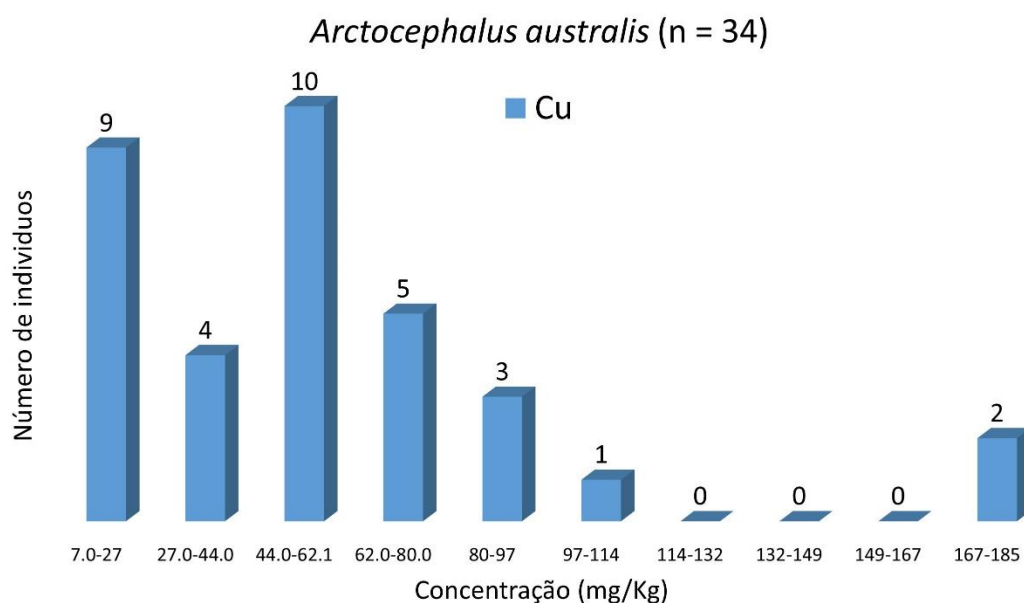


Figura 7.3-126. Histograma de Cu (*Arctocephalus australis*) para elementos traço (n = 34), considerando o valor do LD.

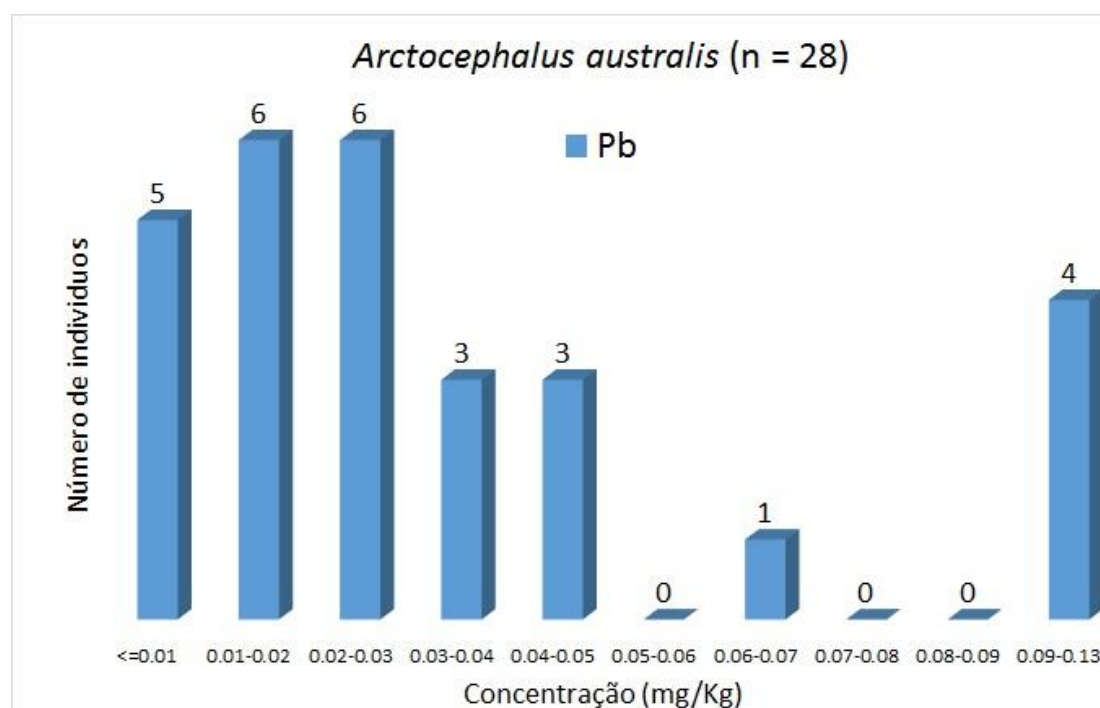


Figura 7.3-127. Histograma de Pb (*Arctocephalus australis*) para elementos traço (n = 34), considerando o valor do LD.

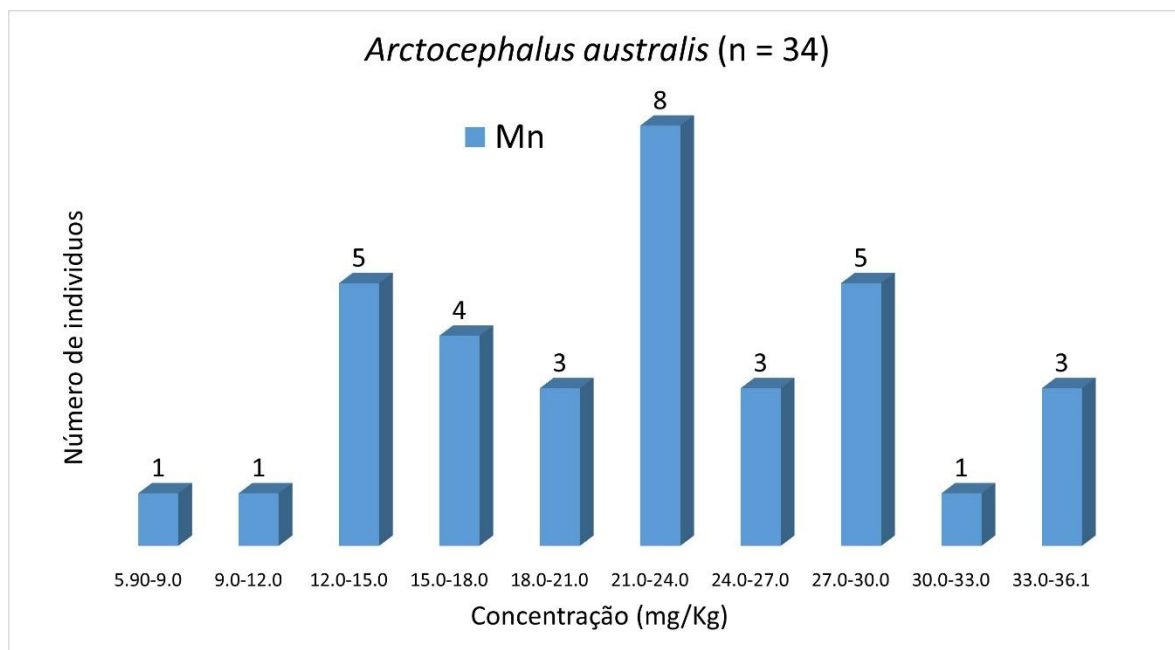


Figura 7.3-128. Histograma de Mn (*Arctocephalus australis*) para elementos traço (n = 34), considerando o valor do LD.

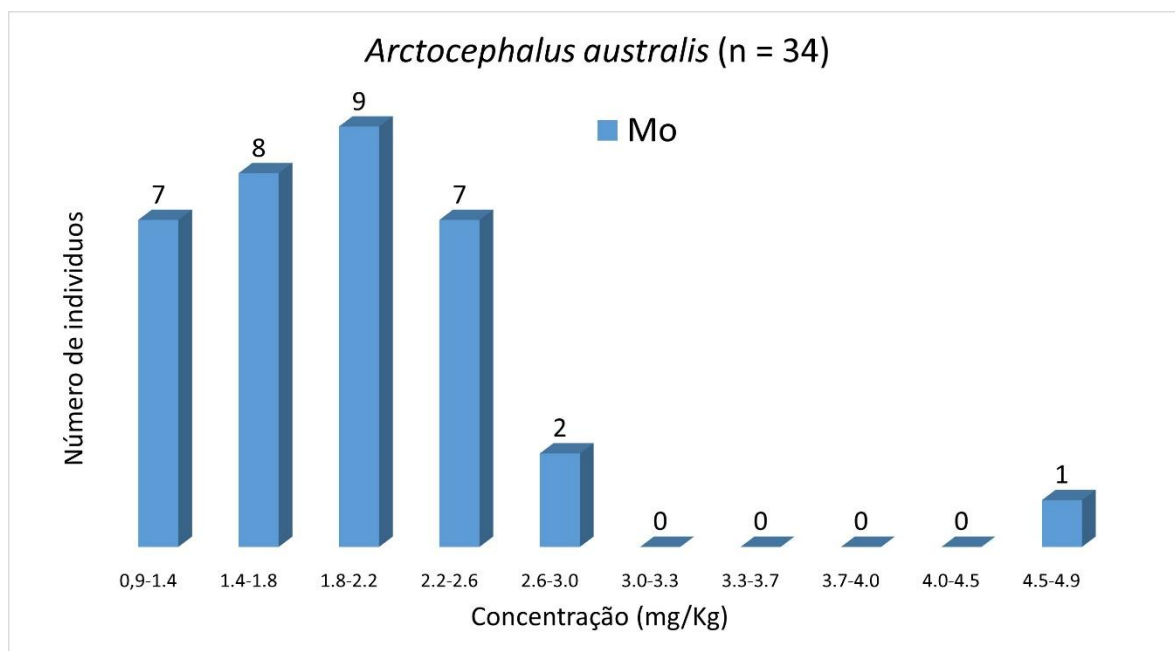


Figura 7.3-129. Histograma de Mo (*Arctocephalus australis*) para elementos traço (n = 34) considerando o valor do LD

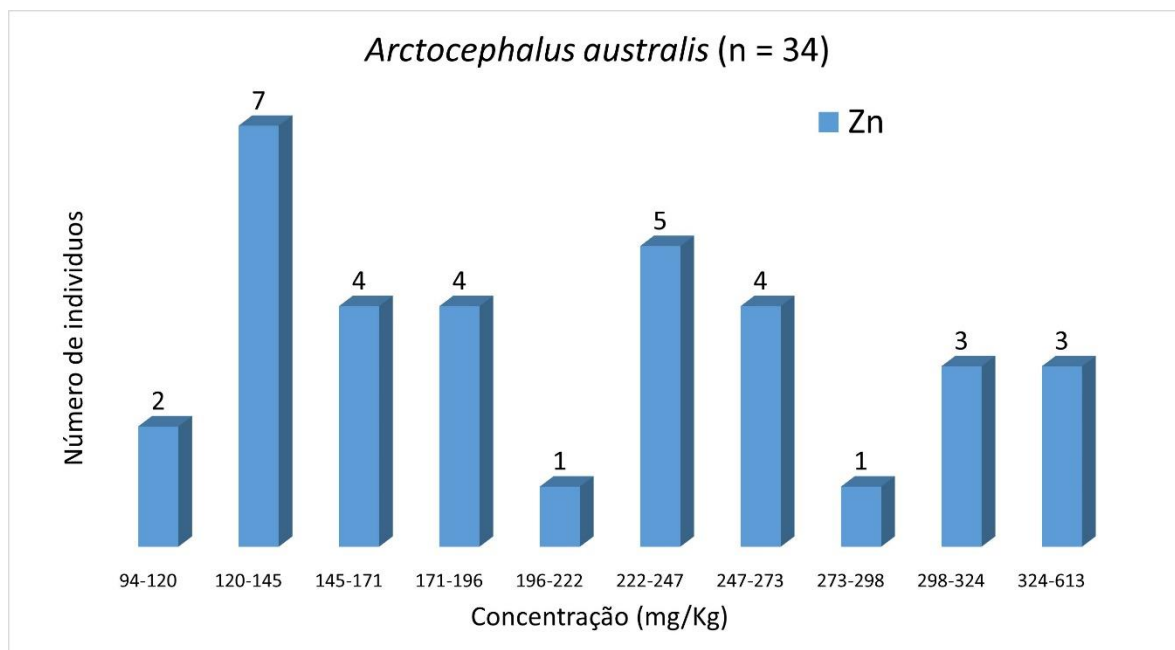


Figura 7.3-130. Histograma de Zn (*Arctocephalus australis*) para elementos traço (n = 34), considerando o valor do LD.

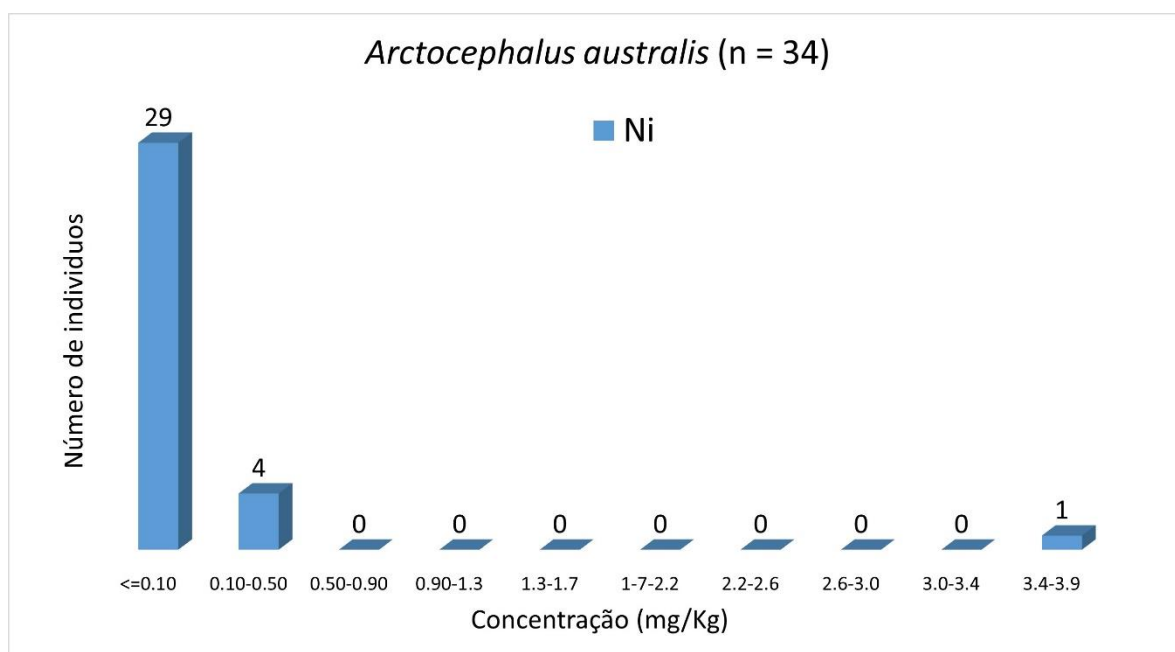


Figura 7.3-131. Histograma de Ni (*Arctocephalus australis*) para elementos traço (n = 34), considerando o valor do LD.

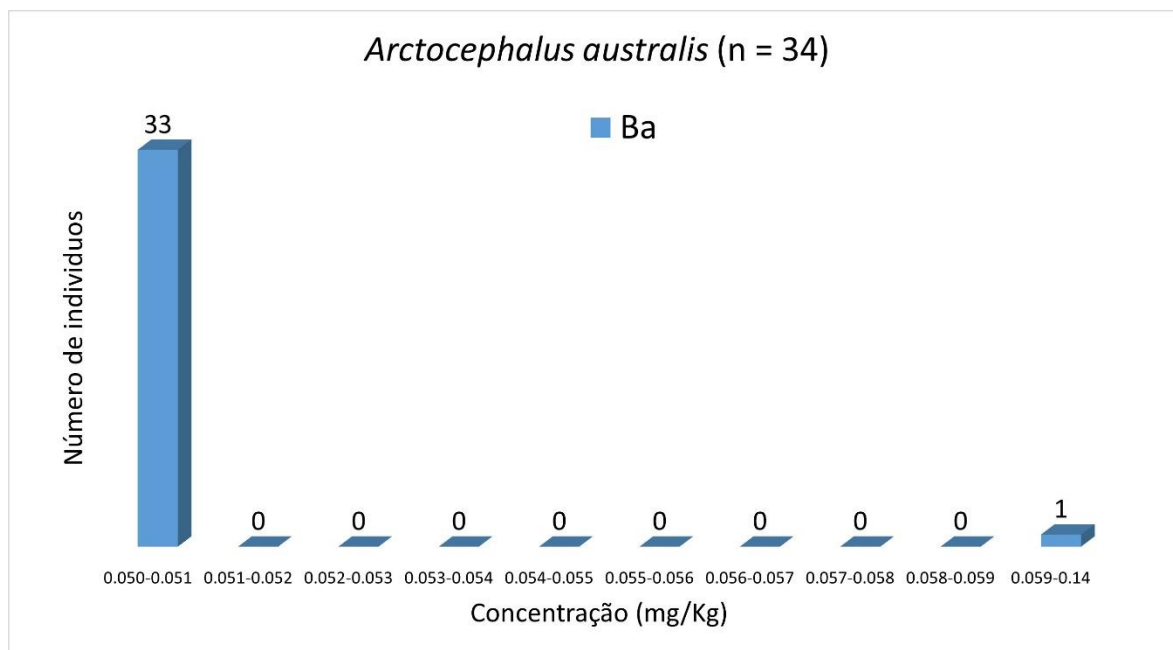


Figura 7.3-132. Histograma de Ba (*Arctocephalus australis*) para elementos traço (n = 34), considerando o valor do LD.

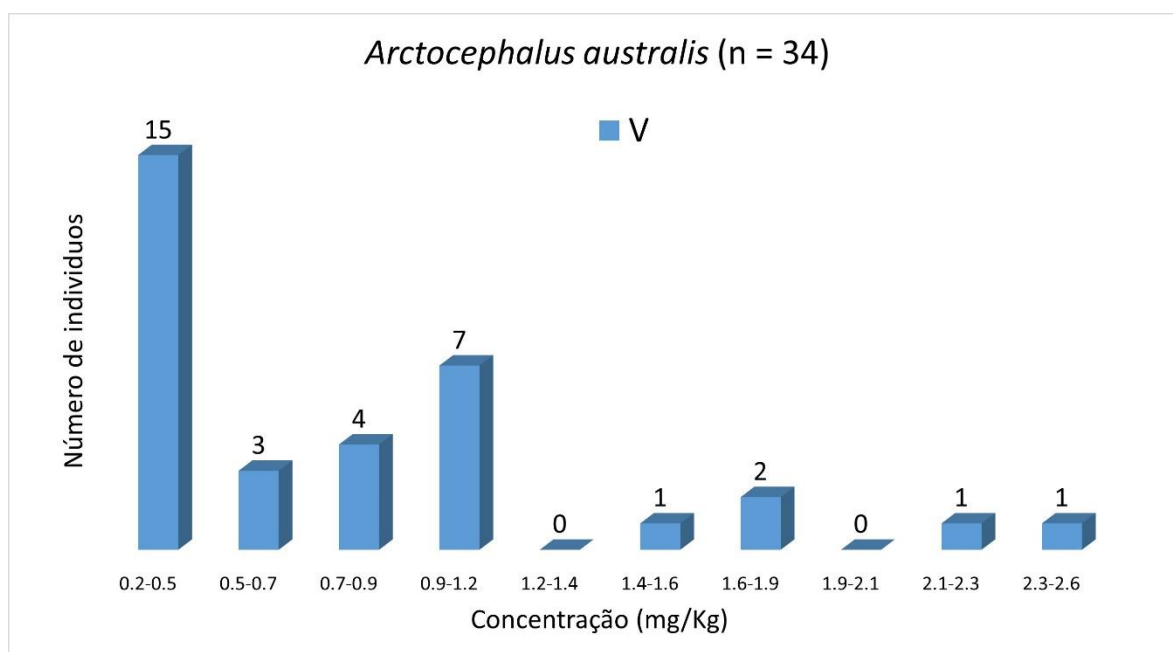


Figura 7.3-133. Histograma de V (*Arctocephalus australis*) para elementos traço (n = 34), considerando o valor do LD.

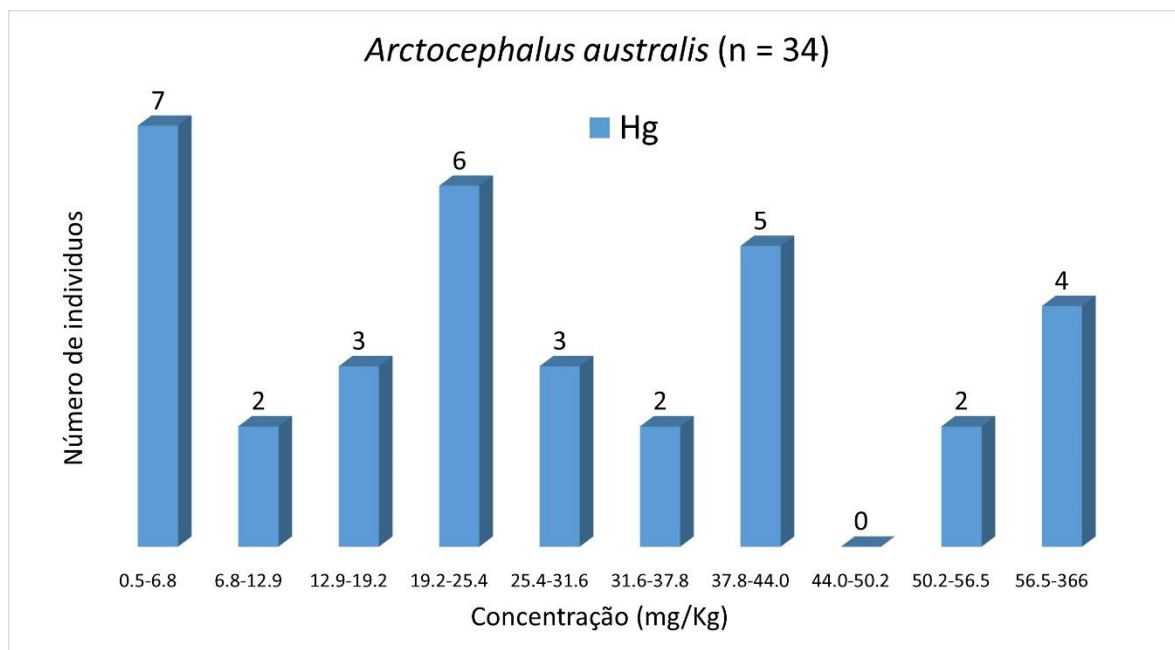


Figura 7.3-134. Histograma de Hg (*Arctocephalus australis*) para elementos traço (n = 34), considerando o valor do LD

7.3.5 Análise Estatística Quantitativa (Teste Kruskal-Wallis)

Sexo

Nas Tabela 7.3-24, Tabela 7.3-25, Tabela 7.3-26, Tabela 7.3-27, Tabela 7.3-28, Tabela 7.3-29, Tabela 7.3-30, Tabela 7.3-31, Tabela 7.3-32, Tabela 7.3-33 e Tabela 7.3-34 apresentam, respectivamente, a frequência e o respectivos sexos dos quelônios (*Chelonia mydas* e *Caretta caretta*), das aves (*Spheniscus magellanicus*, *Larus dominicanus*, *Sula leucogaster*, *Phalacrocorax brasilianus*, *Fregata magnificens* e *Thalassarche melanophris*) e dos mamíferos (*Pontoporia blainvillei*, *Sotalia guianensis* e *Arctocephalus australis*).

Tabela 7.3-24. Frequência de sexo para *Chelonia mydas*.

Sexo	Frequência	Código
Fêmea	888	1
Macho	217	2
Indefinido	11	3
Não informado	1	4
Total	1117	

Tabela 7.3-25. Frequência de sexo para *Caretta caretta*.

Sexo	Frequência	Código
Fêmea	36	1
Macho	22	2
Indefinido	1	3
Não informado	0	4
Total	35	

Tabela 7.3-26. Frequência de sexo para *Spheniscus magellanicus*.

Sexo	Frequência	Código
Fêmea	741	1
Macho	256	2
Indefinido	8	3
Não informado	0	4
Total	1005	

Tabela 7.3-27 Frequência de sexo para *Larus dominicanus*.

Sexo	Frequência	Código
Fêmea	110	1
Macho	114	2
Indefinido	5	3
Não informado	0	4
Total	229	

Tabela 7.3-28. Frequência de sexo para *Sula leucogaster*.

Sexo	Frequência	Código
Fêmea	88	1
Macho	63	2
Indefinido	1	3
Não informado	0	4
Total	151	

Tabela 7.3-29. Frequência de sexo para *Phalacrocorax brasilianus*.

Sexo	Frequência	Código
Fêmea	54	1
Macho	43	2
Indefinido	2	3
Não informado	0	4
Total	99	

Tabela 7.3-30. Frequência de sexo para *Fregata magnificens*.

Sexo	Frequência	Código
Fêmea	32	1
Macho	37	2
Indefinido	0	3
Não informado	0	4
Total	69	

Tabela 7.3-31. Frequência de sexo para *Thalassarche melanophris*.

Sexo	Frequência	Código
Fêmea	12	1
Macho	11	2
Indefinido	0	3
Não informado	0	4
Total	23	

Tabela 7.3-32. Frequência de sexo para *Pontoporia blainvillei*.

Sexo	Frequência	Código
Fêmea	70	1
Macho	59	2
Indefinido	1	3
Não informado	0	4
Total	130	

Tabela 7.3-33. Frequência de sexo para *Sotalia guianensis*.

Sexo	Frequência	Código
Fêmea	56	1
Macho	51	2
Indefinido	0	3
Não informado	0	4
Total	107	

Tabela 7.3-34. Frequência de sexo para *Arctocephalus australis*.

Sexo	Frequência	Código
Fêmea	17	1
Macho	17	2
Indefinido	0	3
Não informado	0	4
Total	34	

Comparações entre sexos

Aves

Spheniscus magellanicus

Também, comparou-se as concentrações dos elementos traço obtidos para indivíduos de diferentes sexos para a espécie *Spheniscus magellanicus* (741 fêmeas, 256 machos), cujos valores de probabilidade p são apresentados na **Tabela 7.3-35**. Foram excluídos os indivíduos com sexo indefinido (n=8). A partir da **Tabela 7.3-35** observa-se diferença significativa entre os sexos para As, Cd, Cu, Mn e Zn. A concentração média de As nos machos (média = 5,47 mg kg⁻¹) foi menor que nas fêmeas (média = 6,84 mg kg⁻¹); para Cd nos machos (média = 42,9 mg kg⁻¹) foi maior que nas fêmeas (média = 33,8 mg kg⁻¹). A concentração média de Cu nos machos (média = 37,1 mg kg⁻¹) também foi maior quando comparado com a concentração média nas fêmeas (média = 30,1 mg kg⁻¹). A concentração média de Mn nos machos (média = 7,89 mg kg⁻¹) também foi maior quando comparado com a concentração média nas fêmeas (média = 7,56 mg kg⁻¹). A concentração média de Zn nos machos (média = 271,3 mg kg⁻¹) também foi maior quando comparado com a concentração média nas fêmeas (média = 254 mg kg⁻¹). A concentração média de V nos machos (média = 0,440 mg kg⁻¹) também foi maior quando comparado com a concentração média nas fêmeas (média = 0,331 mg kg⁻¹). A concentração média de Hg nos machos (média = 7,38 mg kg⁻¹) também foi maior quando comparado com a concentração média nas fêmeas (média = 6,50 mg kg⁻¹).

Tabela 7.3-35. Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre sexo para *Spheniscus magellanicus*).

Elemento	(p) Kruskal-Wallis
As	<0,0001
Cd	<0,0001
Cr	0,6545
Cu	0,0118
Pb	0,5953
Mn	0,0271
Mo	0,2687
Zn	0,0150
Ni	0,6101
Ba	0,7508
V	0,0058
Hg	0,0328

Larus dominicanus

Para a espécie *Larus dominicanus* (110 fêmeas, 114 machos), os valores de probabilidade *p* são apresentados na **Tabela Tabela 7.3-36**. Foram excluídos os indivíduos com sexo indefinido (*n* = 5). Observa-se diferença significativa entre os sexos para Pb e Hg. A concentração média de Pb os machos apresentaram concentração média menor que as fêmeas (média = 0,066 e 0,259 mg kg⁻¹ respectivamente); A concentração média de Hg nos machos (média = 3,65 mg kg⁻¹) foi maior do que a concentração média deste elemento nas fêmeas (média = 2,99 mg kg⁻¹).

Tabela 7.3-36. Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre sexo para *Larus dominicanus*).

Elemento	(p) Kruskal-Wallis
As	0,4922
Cd	0,3955
Cr	0,0875
Cu	0,1341
Pb	0,0026
Mn	0,9392
Mo	0,7982
Zn	0,8974
Ni	0,7129
Ba	0,9021
V	0,3252
Hg	0,0195

Em negrito os elementos com diferenças significativas entre ambos os sexos

Sula leucogaster

Ao se comparar as concentrações dos elementos traço obtidos para indivíduos de diferentes sexos da espécie *Sula leucogaster* (63 fêmeas, 88 machos), cujos valores de probabilidade *p* são apresentados na **Tabela 7.3-37**,

foram encontradas diferenças significativas entre indivíduos machos e fêmeas para os elementos Cu, Mo e Hg. A concentração média de Cu nos machos (média = 16,3 mg kg⁻¹) foi menor quando comparado com a concentração média nas fêmeas (média = 20,7 mg kg⁻¹). A concentração média de Mo nos machos (média = 1,69 mg kg⁻¹) também foi menor quando comparado com a concentração média nas fêmeas (média = 1,99 mg kg⁻¹). A concentração média de Zn nos machos (média = 7,3 mg kg⁻¹) também foi menor quando comparado com a concentração média nas fêmeas (média = 16,3 mg kg⁻¹).

Tabela 7.3-37. Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre sexo para *Sula leucogaster*).

Elemento	(p) Kruskal-Wallis
As	0,9054
Cd	0,8268
Cr	0,1678
Cu	0,0208
Pb	0,1905
Mn	0,3407
Mo	0,0074
Zn	0,2576
Ni	0,2161
Ba	0,8682
V	0,8518
Hg	0,0246

Em negrito os elementos com diferenças significativas entre ambos os sexos

Phalacrocorax brasilianus

Na comparação efetuada entre as concentrações obtidas dos elementos traço para indivíduos de diferentes sexos da espécie *Phalacrocorax brasilianus* (54 fêmeas, 43 machos), cujos valores de probabilidade *p* de Kruskal-Wallis são apresentados na **Tabela 7.3-38**. Para esta espécie, não foram observadas diferenças significativas para as concentrações médias entre machos e fêmeas. Foram excluídos dois indivíduos cujo sexo não foi definido.

Tabela 7.3-38. Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre sexo para *Phalacrocorax brasilianus*).

Elemento	(p) Kruskal-Wallis
As	0,0826
Cd	0,5322
Cr	0,9692
Cu	0,9363
Pb	0,8815
Mn	0,5860
Mo	0,2728
Zn	0,7003
Ni	0,1094
Ba	0,5595
V	0,8275
Hg	0,3564

Fregata magnificens

Na comparação das concentrações dos elementos traço obtidos para indivíduos de diferentes sexos (37 fêmeas, 32 machos) para a espécie *Fregata magnificens* (**Tabela 7.3-39**), observou-se diferença significativa entre as concentrações encontradas em fêmeas e machos para Cr (média = 0,127 e 0,068 mg kg⁻¹, respectivamente), Ni (média = 0,142 e 0,065 mg kg⁻¹, respectivamente) e V (média = 0,799 e 0,403 mg kg⁻¹, respectivamente).

Tabela 7.3-39. Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre sexo para *Fregata magnificens*).

Elemento	(p) Kruskal-Wallis
As	0,3007
Cd	0,6913
Cr	0,0043
Cu	0,1897
Pb	0,3253
Mn	0,1235
Mo	0,9808
Zn	0,1235
Ni	0,0284
Ba	*
V	0,0030
Hg	0,6218

* Ba não foram estatisticamente comparados, pois não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Em negrito os elementos com diferenças significativas entre ambos os sexos

Talassarche melanophris

Na comparação das concentrações dos elementos traço obtidos para indivíduos de diferentes sexos (12 fêmeas, 11 machos) para a espécie

Thalassarche melanophris (**Tabela 7.3-40**), observou-se diferença significativa entre as concentrações encontradas em fêmeas e machos para Pb (média = 0,163 e 0,017 mg kg⁻¹, respectivamente).

Tabela 7.3-40. Valores de probabilidade p do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre sexo para *Thalassarche melanophris*).

Elemento	(p) Kruskal-Wallis
As	0,7119
Cd	0,8055
Cr	0,3468
Cu	0,4602
Pb	0,0164
Mn	0,0848
Mo	0,9020
Zn	0,7119
Ni	*
Ba	*
V	0,7818
Hg	0,2954

* Ni e Ba não foram estatisticamente comparados, pois não apresentaram dados suficientes para a análise estatística (n < 4) superior ao LD.

Em negrito os elementos com diferenças significativas entre ambos os sexos

Tartarugas Marinhas

Chelonia mydas

Comparou-se as concentrações dos elementos traço obtidos para indivíduos de diferentes sexos para a espécie *Chelonia mydas* (888 fêmeas, 217 machos), cujos valores de probabilidade p são apresentados na **Tabela 7.3-41**. Foram excluídos os indivíduos com sexo indefinido (n=11) e indivíduos com sexo não informado (n = 1). Observa-se que o elemento traço Hg apresentou diferenças significativas entre as concentrações médias de machos e fêmeas, com médias de 3,43 e 1,17 mg kg⁻¹ respectivamente.

Tabela 7.3-41. Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre sexo para *Chelonia mydas*).

Elemento	(p) Kruskal-Wallis
As	0,2716
Cd	0,1991
Cr	0,9003
Cu	0,5801
Pb	0,6576
Mn	0,5963
Mo	0,2936
Zn	0,9127
Ni	0,1551
Ba	0,0583
V	0,4589
Hg	0,0006

Em negrito os elementos com diferenças significativas entre machos e fêmeas.

Caretta caretta

Para *Caretta caretta* (36 fêmeas, 22 machos), os valores de probabilidade *p* de Kruskal-Wallis são apresentados na **Tabela 7.3-42**. Pode-se observar que não houve diferença significativa entre as concentrações de todos os elementos analisados.

Tabela 7.3-42. Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre sexo para *Caretta caretta*).

Elemento	(p) Kruskal-Wallis
As	0,5532
Cd	0,5426
Cr	0,7127
Cu	0,4513
Pb	0,5372
Mn	0,5320
Mo	0,3651
Zn	0,7976
Ni	0,3797
Ba	0,1342
V	0,6421
Hg	0,8853

Mamíferos

Sotalia guianensis

Comparou-se as concentrações dos elementos traço obtidos para indivíduos de diferentes sexos (51 fêmeas, 56 machos) para a espécie *Sotalia guianensis* (**Tabela 7.3-43**). Observou-se diferença significativa entre as

concentrações de Cu obtidas para machos e fêmeas (média = 113,1 e 136,4 mg kg⁻¹, respectivamente).

Tabela 7.3-43. Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre sexo para *Sotalia guianensis*).

Elemento	(p) Kruskal-Wallis
As	0,9602
Cd	0,6133
Cr	0,5795
Cu	0,0420
Pb	0,7390
Mn	0,5005
Mo	0,6332
Zn	0,2918
Ni	0,5254
Ba	0,2881
V	0,8564
Hg	0,1265

Em negrito os elementos com diferenças significativas entre ambos os sexos

Pontoporia blainvillei

Para a espécie *Pontoporia blainvillei* (59 fêmeas, 70 machos), os valores de probabilidade *p* de *Kruskal-Wallis* são apresentados na **Tabela 7.3-44**. Foi excluído o indivíduo com sexo indefinido (*n* = 1). Conforme resultados apresentados na **Tabela 7.3-44**, houve diferença significativa entre as concentrações obtidas do elemento Cu para fêmeas e machos (média = 106,3 e 59,03 mg kg⁻¹, respectivamente).

Tabela 7.3-44. Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre sexo para *Pontoporia blainvillei*).

Elemento	(p) Kruskal-Wallis
As	0,1074
Cd	0,3296
Cr	0,2924
Cu	0,0060
Pb	0,9852
Mn	0,1493
Mo	0,5371
Zn	0,0970
Ni	0,8512
Ba	*
V	0,5019
Hg	0,7318

*Ba não foram estatisticamente comparados, pois não apresentaram dados suficientes para a análise estatística (*n*<4) superior ao LD.

Em negrito os elementos com diferenças significativas entre ambos os sexos

Arctocephalus australis

Os valores de probabilidade p do teste de *Kruskal-Wallis* ($\alpha=0,05$) para a espécie *Arctocephalus australis* (17 fêmeas, 17 machos), estão apresentados na **Tabela 7.3-45**. Como podemos observar, não houve diferenças significativas entre as concentrações médias de fêmeas e machos.

Tabela 7.3-45. Valores de probabilidade p do teste de *Kruskal-Wallis* (comparação entre sexo para *Arctocephalus australis*).

Elemento	(p) Kruskal-Wallis
As	0,8095
Cd	0,5815
Cr	0,9446
Cu	0,8768
Pb	0,1085
Mn	0,9040
Mo	0,9863
Zn	0,7435
Ni	*
Ba	*
V	0,5467
Hg	0,3263

*Ni e Ba não foram estatisticamente comparados, pois não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Estágio de desenvolvimento

Desde a **Tabela 7.3-46** até a **Tabela 7.3-53** se apresentam, respectivamente, os números de indivíduos de *Chelonia mydas*, *Caretta caretta*, *Spheniscus magellanicus*, *Larus dominicanus*, *Sula leucogaster*, *Phalacrocorax brasilianus*, *Fregata magnificens*, *Thalassarche melanophris*, *Pontoporia blainvillei*, *Sotalia guianensis* e *Arctocephalus australis*, e seus respectivos estágios de desenvolvimento.

Tabela 7.3-46. Frequência de estágio de desenvolvimento para *Chelonia mydas*.

Estágio de desenvolvimento	Frequência	Código
Juvenil	1102	1
Não informado	12	2
Filhote	2	3
Adulto	1	4
Indeterminado	0	5
Feto	0	6
Total	1117	

Tabela 7.3-47. Frequência de estágio de desenvolvimento para *Caretta caretta*.

Estágio de desenvolvimento	Frequência	Código
Juvenil	45	1
Adulto	11	2
Indeterminado	2	3
Não informado	1	4
Filhote	0	5
Feto	0	6
Total	59	

Tabela 7.3-48. Frequência de estágio de desenvolvimento para *Spheniscus magellanicus*.

Estágio de desenvolvimento	Frequência	Código
Juvenil	984	1
Adulto	12	2
Não informado	7	3
Filhote	2	4
Indeterminado	0	5
Feto	0	6
Total	1005	

Tabela 7.3-49. Frequência de estágio de desenvolvimento para *Larus dominicanus*.

Estágio de desenvolvimento	Frequência	Código
Adulto	123	1
Juvenil	103	2
Indeterminado	3	3
Filhote	0	4
Não informado	0	5
Feto	0	6
Total	229	

Tabela 7.3-50. Frequência de estágio de desenvolvimento para *Sula leucogaster*.

Estágio de desenvolvimento	Frequência	Código
Adulto	94	1
Juvenil	56	2
Indeterminado	1	3
Filhote	0	4
Não informado	0	5
Feto	0	6
Total	151	

Tabela 7.3-51. Frequência de estágio de desenvolvimento para *Phalacrocorax brasilianus*.

Estágio de desenvolvimento	Frequência	Código
Juvenil	57	1
Adulto	41	2
Indeterminado	1	3
Filhote	0	4
Não informado	0	5
Feto	0	6
Total	99	

Tabela 7.3-52. Frequência de estágio de desenvolvimento para *Fregata magnificens*.

Estágio de desenvolvimento	Frequência	Código
Adulto	32	1
Juvenil	19	2
Filhote	1	3
Não informado	0	4
Indeterminado	0	5
Feto	0	6
Total	52	

Tabela 7.3-53. Frequência de estágio de desenvolvimento para *Thalassarche melanophris*.

Estágio de desenvolvimento	Frequência	Código
Juvenil	21	1
Adulto	2	2
Filhote	0	3
Não informado	0	4
Indeterminado	0	5
Feto	0	6
Indefinido	0	7
Total	23	

Comparação entre estágios de desenvolvimento

Aves

Comparou-se as concentrações dos elementos traço obtidos para indivíduos de diferentes estágios de desenvolvimento para a espécie *Spheniscus magellanicus* (984 juvenis, 12 adultos), cujos valores de probabilidade p são apresentados na **Tabela 7.3-54**. Foram excluídos os indivíduos com estágios de desenvolvimento não informado ($n = 7$) e indivíduos com estágio de desenvolvimento filhote ($n = 2$), cuja frequência está abaixo do critério satisfatório para análise estatística ($n \geq 4$). Os elementos Ni e Ba não tiveram suficientes indivíduos com concentrações acima do LD e, portanto, não foi possível fazer as devidas comparações. Houve diferença para Mo entre as concentrações de juvenis e adultos (4,39 e 3,52 mg Kg⁻¹ respectivamente).

Tabela 7.3-54. Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre estágio de desenvolvimento para *Spheniscus magellanicus*).

Elemento	(p) Kruskal-Wallis
As	0,8148
Cd	0,8956
Cr	0,9309
Cu	0,0650
Pb	0,1784
Mn	0,3237
Mo	0,0415
Zn	0,5400
Ni	*
Ba	*
V	0,5091
Hg	0,5629

*Ni e Ba não foram estatisticamente comparados, pois não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Comparou-se as concentrações dos elementos traço obtidos para indivíduos de diferentes estágios de desenvolvimento para a espécie *Larus dominicanus* (123 adultos e 103 juvenis). Os valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis obtidos para variável estágio de desenvolvimento (**Tabela 7.3-55**) indicaram diferença significativa para os elementos As, Cd, Pb, Mo, Zn e Hg. As concentrações de As, Cd, Pb, Mo, Zn e Hg para o conjunto de indivíduos juvenis (médias = 3,95; 0,209; 0,053; 1,88; 165,4 e 3,87 mg kg⁻¹, respectivamente) foram consideradas diferentes, quando comparadas com as concentrações de As, Cd, Pb, Mo, Zn e Hg obtidas no conjunto de indivíduos adultos (médias = 2,67; 0,517; 0,249; 2,07; 119,2 e 2,99 mg kg⁻¹, respectivamente).

Tabela 7.3-55. Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre estágio de desenvolvimento para *Larus dominicanus*).

Elemento	(p) Kruskal-Wallis
As	0,0009
Cd	<0,0001
Cr	0,7670
Cu	0,1605
Pb	0,0009
Mn	0,4052
Mo	0,0179
Zn	0,0005
Ni	0,6004
Ba	0,3268
V	0,0694
Hg	0,0005

Em negrito os elementos com diferenças significativas entre estágios de desenvolvimento

Comparou-se as concentrações dos elementos traço obtidos para indivíduos de diferentes estágios de desenvolvimento para a espécie *Sula*

leucogaster (56 juvenis, 94 adultos). Foram excluídos os indivíduos com estágios de desenvolvimento indeterminado ($n = 1$). Os valores de probabilidade p de *Kruskal-Wallis* são apresentados na **Tabela 7.3-56**. As concentrações médias de As, Cd e Hg para o conjunto de indivíduos juvenis (médias = 2,37; 0,643 e 12,6 mg kg⁻¹) foram consideradas diferentes, quando comparadas com as concentrações médias de As, Cd e Hg obtidas para o conjunto de indivíduos adultos (médias = 1,68; 1,24 e 10,2 mg kg⁻¹).

Tabela 7.3-56. Valores de probabilidade p do teste de *Kruskal-Wallis* (comparação entre estágio de desenvolvimento para *Sula leucogaster*).

Elemento	(p) <i>Kruskal-Wallis</i>
As	0,0431
Cd	<0,0001
Cr	0,2631
Cu	0,0714
Pb	0,5089
Mn	0,2950
Mo	0,1435
Zn	0,8066
Ni	*
Ba	0,9566
V	0,6933
Hg	0,0046

*Ni não foi estatisticamente comparado, pois não apresentou dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Em negrito os elementos com diferenças significativas entre estágios de desenvolvimento

Comparou-se as concentrações dos elementos traço obtidos para indivíduos de diferentes estágios de desenvolvimento para a espécie *Phalacrocorax brasilianus* (57 juvenis, 41 adultos), cujos valores de probabilidade p são apresentados na **Tabela 7.3-57**. Foi excluído o indivíduo com sexo indeterminado ($n = 1$). Os valores de probabilidade p do teste de *Kruskal-Wallis* obtidos para variável estágio de desenvolvimento indicaram diferença significativa para as concentrações médias de Cd, Cu, Zn e V em indivíduos juvenis (médias = 0,101; 71,4; 320,1 e 0,871 mg kg⁻¹) quando comparadas com as concentrações médias de Cd, Cu, Zn e V obtidas para o conjunto de indivíduos adultos (médias = 0,223; 42,5; 245,0 e 0,622 mg kg⁻¹).

Tabela 7.3-57. Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre estágio de desenvolvimento para *Phalacrocorax brasilianus*).

Elemento	(p) Kruskal-Wallis
As	0,4431
Cd	0,0099
Cr	0,4099
Cu	0,0126
Pb	0,2347
Mn	0,6371
Mo	0,8149
Zn	0,0035
Ni	0,4878
Ba	0,1528
V	0,0053
Hg	0,0718

Em negrito os elementos com diferenças significativas entre estágios de desenvolvimento

Também, comparou-se as concentrações dos elementos traço obtidos para indivíduos de diferentes estágios de desenvolvimento da espécie *Fregata magnificens* (44 adultos, 24 juvenis). Foram excluídos os indivíduos com estágio de desenvolvimento Filhote ($n = 1$). Os valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis obtidos para variável estágio de desenvolvimento indicaram diferença significativa para Cd, Cr, Zn e Hg (**Tabela 7.3-58**). A concentração média destes elementos para o conjunto de indivíduos adultos foi 2,11; 0,078; 166,9 e 15,4 mg kg⁻¹ respectivamente, enquanto que para os indivíduos juvenis as médias dos mesmos elementos foi 1,60; 0,141; 201,1 e 8,30 mg kg⁻¹, respectivamente.

Tabela 7.3-58. Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre estágio de desenvolvimento para *Fregata magnificens*).

Elemento	(p) Kruskal-Wallis
As	0,7532
Cd	0,0413
Cr	0,0161
Cu	0,4490
Pb	0,3297
Mn	0,6719
Mo	0,7193
Zn	0,0453
Ni	0,1722
Ba	*
V	0,0713
Hg	0,0015

* Ba não foi estatisticamente comparado, pois não apresentou dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Em negrito os elementos com diferenças significativas entre estágios de desenvolvimento

A comparação entre estágios de desenvolvimento para a espécie *Thalassarche melanophris* não foi possível devido à insuficiência de indivíduos adultos ($n = 2$).

Tartarugas Marinhas

Não foi possível avaliar a variável estágio de desenvolvimento para a espécie *Chelonia mydas* devido a indisponibilidade de indivíduos adultos ($n = 1$) e filhotes ($n = 2$), os quais estão abaixo do critério de frequência satisfatória para análise estatística ($n \geq 4$). Além da indisponibilidade de indivíduos adultos e filhotes, 12 indivíduos não tiveram seu estágio de desenvolvimento informado.

Estatisticamente, também se comparou as concentrações dos elementos traço obtidos para indivíduos de diferentes estágios de desenvolvimento de *Caretta caretta* (11 adultos, 45 juvenis). Foram excluídos os indivíduos com estágio de desenvolvimento não informado ($n = 1$) e indeterminado ($n = 2$). Os valores de probabilidade p do teste de Kruskal-Wallis obtidos para a variável estágio de desenvolvimento não indicaram diferença significativa entre indivíduos juvenis e adultos da espécie *Caretta caretta* (**Tabela 7.3-59**).

Tabela 7.3-59. Valores de probabilidade p do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre estágio de desenvolvimento para *Caretta caretta*).

Elemento	(p) Kruskal-Wallis
As	0,4768
Cd	0,8286
Cr	0,8992
Cu	0,3802
Pb	0,9097
Mn	0,3376
Mo	0,9589
Zn	0,5567
Ni	0,3160
Ba	0,1364
V	0,9918
Hg	0,2699

Mamíferos

Na **Tabela 7.3-60** se apresenta a comparação entre as concentrações dos elementos traço obtidos para indivíduos de diferentes estágios de

desenvolvimento da espécie *Sotalia guianensis* (39 adultos, 54 juvenis e 11 filhotes). Foram excluídos os indivíduos com estágio de desenvolvimento Feto ($n = 3$). Os valores de probabilidade p-Kruskal-Wallis e p-Student-Newman-Keuls são apresentados na **Tabela 7.3-60**. Os valores obtidos para a variável estágio de desenvolvimento indicaram diferença significativa para as concentrações de Cd entre indivíduos adultos e juvenis (medias de 1,32 e 0,349 mg kg⁻¹, respectivamente), não houve número estatisticamente suficiente de indivíduos filhotes com concentrações acima do LD. Os elementos Cu, Mo e Hg apresentaram diferenças significativas entre os três estágios de desenvolvimento, com concentrações médias de: Cu juvenis = 151,0; adultos = 39,6 e filhotes = 277,2; Mo juvenis = 1,61 mg kg⁻¹, adultos = 2,11 e filhotes = 0,834; Hg juvenis = 9,36, adultos = 51,55 e filhotes = 1,86 mg kg⁻¹, respectivamente).

As concentrações médias de Mn em indivíduos adultos (média = 11,22 mg kg⁻¹) são consideradas estatisticamente diferentes das concentrações médias em indivíduos filhotes (média = 15,1 mg kg⁻¹) e juvenis (média = 13,9 mg kg⁻¹). Este mesmo padrão foi observado nas concentrações médias de Zn, onde indivíduos adultos (média = 170,4 mg kg⁻¹) são considerados estatisticamente diferentes quando comparados com a concentração média em indivíduos filhotes (média = 302,1 mg kg⁻¹) juvenis (média = 245,5 mg kg⁻¹).

Tabela 7.3-60. Valores de probabilidade p do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre estágio de desenvolvimento para *Sotalia guianensis*). Desdobramento realizado pelo teste Student-Newman-Keuls.

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) Idade 0 e 1 (Juvenil e Adulto)	(p) Idade 0 e 2 (Juvenil e Filhote)	(p) Idade 1 e 2 (Adulto e Filhote)
As	0,1555			
Cd	0,0016	0,0016	*	*
Cr	0,8674		*	*
Cu	0,0000	0,0003	0,0259	<0,0001
Pb	0,2254			
Mn	0,0035	0,0017	0,7410	0,0243
Mo	0,0000	0,0023	0,0035	<0,0001
Zn	0,0066	0,0066	0,33949	0,0126
Ni	0,6587			
Ba	*			
V	0,1765			
Hg	0,0000	0,0030	0,0046	<0,0001

*Cd e Cr (filhotes) e Ba (todos) não foram estatisticamente comparados por não apresentar dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Em negrito os elementos com diferenças significativas entre estágios de desenvolvimento.

Também se comparou estatisticamente as concentrações médias dos elementos traço obtidos para indivíduos de diferentes estágios de desenvolvimento da espécie *Pontoporia blainvillei* (23 adultos, 40 juvenis, 59 filhotes e 7 fetos). Os valores de probabilidade p do teste de Kruskal-Wallis obtidos para variável estágio de desenvolvimento indicaram diferença significativa para As, Cd, Cu, Mn Mo, Zn e Hg na espécie *Pontoporia blainvillei* (**Tabela 7.3-61**).

Tabela 7.3-61. Valores de probabilidade p do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre estágio de desenvolvimento para *Pontoporia blainvillei*).
Desdobramento realizado pelo teste Student-Newman-Keuls.

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) Idade 0 e 1 (Adulto e Juvenil)	(p) Idade 1 e 2 (Adulto e Filhote)	(p) Idade 0 e 2 (Adulto e Feto)	(p) Idade 1 e 2 (Juvenil e Filhote)	(p) Idade 0 e 2 (Juvenil e Feto)	(p) Idade 0 e 2 (Filhote e Feto)
As	0,0000	0,5455	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,3779
Cd	0,0000	0,0013	< 0,0001	*	< 0,0001	*	*
Cr	0,3921	0,3921	0,3921	*	0,3921	*	*
Cu	0,0000	0,0919	0,0007	0,0097	< 0,0001	0,0001	0,4828
Pb	0,6917	0,6917	0,6917	*	0,6917	*	*
Mn	0,0000	0,4311	0,0008	0,0004	0,0024	0,0011	0,0752
Mo	0,0000	0,0264	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,0004	0,4527
Zn	0,0000	0,7880	0,0001	0,0002	< 0,0001	0,0002	0,0898
Ni	0,5440	0,5440	0,5440	0,5440	0,5440	*	*
Ba	*	*	*	*	*	*	*
V	0,3228	0,3228	0,3228	0,3228	0,3228	0,3228	0,3228
Hg	0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,0808	0,6604	0,3689	0,4865

*n amostral insuficiente para análise estatística.

As concentrações médias dos elementos traço aqui analisados (em mg kg⁻¹) encontradas nos diferentes estágios de desenvolvimento em indivíduos de *Pontoporia blainvillei*, são apresentados na **Tabela 7.3-62**.

Tabela 7.3-62. Concentrações médias (em mg kg⁻¹) encontradas nos diferentes estágios de desenvolvimento em indivíduos de *Pontoporia blainvillei*.

Elemento	Filhotes (n = 59)	Juvenil (n = 40)	Adulto (n = 23)	Feto (n = 7)
As	0,61	1,34	1,47	0,42
Cd	0,025	0,283	2,296	>LD n=0
Cr	0,115	0,094	0,154	>LD n=2
Cu	126,3	18,61	32,82	206,5
Pb	0,018	0,025	0,038	>LD n=2
Mn	12,95	15,77	17,08	10,11
Mo	0,534	1,45	2,76	0,353
Zn	268,9	127,8	123,7	474,9
Ni	0,080	0,070	0,077	>LD n=1
Ba	>LD n=1	>LD n=1	>LD n=0	>LD n=0
V	0,413	0,446	0,490	0,595
Hg	2,19	2,57	10,96*	2,26

*Um indivíduo com concentração considerada outlier elevou consideravelmente a média

Após realizado o desdobramento pelo teste Student-Newman-Keuls (resultados na **Tabela 7.3-61**), observou-se diferenças significativas entre as concentrações de As quando comparados os indivíduos adultos e juvenis com indivíduos filhotes e fetos, não havendo diferenças significativas entre as concentrações médias de adultos e juvenis nem entre as de filhotes e fetos (**Tabela 7.3-62**). Para o elemento traço Cd, se observou diferenças significativas entre todos os estágios de desenvolvimento, salientando-se que a comparação com fetos não foi possível por apresentarem baixo número de indivíduos com valores estatisticamente comparáveis (**Tabela 7.3-62**). Para o elemento Cu observou-se diferenças significativas entre as concentrações médias de indivíduos adultos e juvenis quando comparados com indivíduos filhotes e fetos (**Tabela 7.3-62**). O elemento Mn apresentou comportamento estatístico similar para os elementos As e Cu, evidenciando diferenças significativas entre as concentrações médias de indivíduos adultos e juvenis quando comparados com indivíduos filhotes e fetos (**Tabela 7.3-62**). Para Mo o conjunto de indivíduos filhotes apresentou diferenças significativas ao se comparar com adultos e juvenis (**Tabela 7.3-62**). Para o Zn se observou diferenças significativas quando comparadas as concentrações de adultos e juvenis com indivíduos filhotes e fetos (**Tabela 7.3-62**); no entanto o Hg

apresentou diferenças significativas para os indivíduos adultos quando comparados com juvenis, filhotes e fetos (**Tabela 7.3-62**).

Não foi possível avaliar a variável estágio de desenvolvimento para *Arctocephalus australis* devido à indisponibilidade de indivíduos adultos ($n = 3$) e filhotes ($n = 1$), os quais estão abaixo do critério de frequência satisfatória para análise estatística ($n \geq 4$). Além da indisponibilidade de indivíduos com diferentes estágios de desenvolvimento, um ($n = 1$) indivíduo teve seu estágio de desenvolvimento não informado.

Local (Trecho)

Desde a **Tabela 7.3-63** até a **Tabela 7.3-73** se apresentam, respectivamente, os números de indivíduos de cada espécie, *Chelonia mydas*, *Caretta caretta*, *Spheniscus magellanicus*, *Larus dominicanus*, *Sula leucogaster*, *Phalacrocorax brasilianus*, *Fregata magnificiens*, *Sotalia guianensis*, *Pontoporia blainvillei*, *Arctocephalus australis*, nos respectivos locais (trecho) de ocorrência.

Tabela 7.3-63. Frequência de local para *Chelonia mydas*.

Local (Trecho)	Frequência	Código
Trecho 1 e 2	24	1/2
Trecho 3	5	3
Trecho 4	13	4
Trecho 5	46	5
Trecho 6	112	6
Trecho 7	94	7
Trecho 8	172	8
Trecho 9	120	9
Trecho 10	348	10
Trecho 11	17	11
Trecho 12	27	12
Trecho 13	77	13
Trecho 14	15	14
Trecho 15	47	15
Total	1117	

Tabela 7.3-64. Frequência de local para *Caretta caretta*.

Local (Trecho)	Frequência	Código
Trecho 1 e 2	2	1/2
Trecho 3	0	3
Trecho 4	0	4
Trecho 5	2	5
Trecho 6	10	6
Trecho 7	13	7
Trecho 8	15	8
Trecho 9	9	9
Trecho 10	7	10
Trecho 11	0	11
Trecho 12	1	12
Trecho 13	0	13
Trecho 14	0	14
Trecho 15	0	15
Total	59	

Tabela 7.3-65. Frequência de local para *Spheniscus magellanicus*.

Local (Trecho)	Frequência	Código
Trecho 1 e 2	222	1/2
Trecho 3	272	3
Trecho 4	35	4
Trecho 5	101	5
Trecho 6	77	6
Trecho 7	84	7
Trecho 8	70	8
Trecho 9	25	9
Trecho 10	44	10
Trecho 11	1	11
Trecho 12	3	12
Trecho 13	7	13
Trecho 14	12	14
Trecho 15	52	15
Total	1005	

Tabela 7.3-66. Frequência de local para *Larus dominicanus*.

Local (Trecho)	Frequência	Código
Trecho 1 e 2	50	1/2
Trecho 3	32	3
Trecho 4	47	4
Trecho 5	31	5
Trecho 6	27	6
Trecho 7	5	7
Trecho 8	17	8
Trecho 9	1	9
Trecho 10	3	10
Trecho 11	0	11
Trecho 12	1	12
Trecho 13	5	13
Trecho 14	2	14
Trecho 15	8	15
Total	229	

Tabela 7.3-67. Frequência de local para *Sula leucogaster*.

Local (Trecho)	Frequência	Código
Trecho 1 e 2	5	1/2
Trecho 3	6	3
Trecho 4	3	4
Trecho 5	10	5
Trecho 6	21	6
Trecho 7	17	7
Trecho 8	19	8
Trecho 9	8	9
Trecho 10	10	10
Trecho 11	0	11
Trecho 12	4	12
Trecho 13	7	13
Trecho 14	25	14
Trecho 15	16	15
Total	151	

Tabela 7.3-68. Frequência de local para *Phalacrocorax brasilianus*.

Local (Trecho)	Frequência	Código
Trecho 1 e 2	9	1/2
Trecho 3	3	3
Trecho 4	6	4
Trecho 5	1	5
Trecho 6	9	6
Trecho 7	5	7
Trecho 8	1	8
Trecho 9	5	9
Trecho 10	8	10
Trecho 11	0	11
Trecho 12	1	12
Trecho 13	12	13
Trecho 14	26	14
Trecho 15	13	15
Total	99	

Tabela 7.3-69. Frequência de local para *Fregata magnificens*.

Local (Trecho)	Frequência	Código
Trecho 1 e 2	2	1/2
Trecho 3	0	3
Trecho 4	0	4
Trecho 5	2	5
Trecho 6	8	6
Trecho 7	15	7
Trecho 8	4	8
Trecho 9	2	9
Trecho 10	3	10
Trecho 11	0	11
Trecho 12	4	12
Trecho 13	4	13
Trecho 14	13	14
Trecho 15	12	15
Total	69	

Tabela 7.3-70. Frequência de local para *Thalassarche melanophris*.

Local (Trecho)	Frequência	Código
Trecho 1 e 2	1	1/2
Trecho 3	1	3
Trecho 4	0	4
Trecho 5	0	5
Trecho 6	3	6
Trecho 7	7	7
Trecho 8	5	8
Trecho 9	0	9
Trecho 10	4	10
Trecho 11	1	11
Trecho 12	0	12
Trecho 13	0	13
Trecho 14	0	14
Trecho 15	1	15
Total	23	

Tabela 7.3-71. Frequência de local para *Sotalia guianensis*.

Local (Trecho)	Frequência	Código
Trecho 1 e 2	0	1/2
Trecho 3	0	3
Trecho 4	0	4
Trecho 5	7	5
Trecho 6	30	6
Trecho 7	20	7
Trecho 8	3	8
Trecho 9	3	9
Trecho 10	16	10
Trecho 11	3	11
Trecho 12	3	12
Trecho 13	21	13
Trecho 14	1	14
Trecho 15	0	15
Total	107	

Tabela 7.3-72. Frequência de local para a espécie *Pontoporia blainvillei*.

Local (Trecho)	Frequência	Código
Trecho 1 e 2	5	1/2
Trecho 3	3	3
Trecho 4	4	4
Trecho 5	6	5
Trecho 6	8	6
Trecho 7	19	7
Trecho 8	38	8
Trecho 9	24	9
Trecho 10	23	10
Trecho 11	0	11
Trecho 12	0	12
Trecho 13	0	13
Trecho 14	0	14
Trecho 15	0	15
Total	130	

Tabela 7.3-73. Frequência de local para *Arctocephalus australis*.

Local (Trecho)	Frequência	Código
Trecho 1 e 2	18	1/2
Trecho 3	5	3
Trecho 4	6	4
Trecho 5	2	5
Trecho 6	1	6
Trecho 7	1	7
Trecho 8	0	8
Trecho 9	0	9
Trecho 10	0	10
Trecho 11	0	11
Trecho 12	0	12
Trecho 13	0	13
Trecho 14	0	14
Trecho 15	1	15
Total	34	

Comparação entre locais (trechos)

Aves

Comparou-se as concentrações dos elementos traço obtidos para indivíduos coletados em diferentes locais (12 trechos) para *Spheniscus magellanicus* (T = Trecho: T1/2, T03, T04, T05, T06, T07, T08, T09, T10, T13, T14 e T15). Foram excluídos os locais com frequência inferior ao mínimo satisfatório para análise estatística ($n \geq 4$).

As concentrações médias encontradas para os elementos traço analisados nos indivíduos de *Spheniscus magellanicus* nos diferentes locais são apresentadas na **Tabela 7.3-74**.

Tabela 7.3-74. Concentrações médias encontradas para os elementos traço analisados nos indivíduos de *Spheniscus magellanicus* nos diferentes locais de coleta.

Trecho	T1/2 (mgKg ⁻¹)	T03 (mgKg ⁻¹)	T04 (mgKg ⁻¹)	T05 (mgKg ⁻¹)	T06 (mgKg ⁻¹)	T07 (mgKg ⁻¹)	T08 (mgKg ⁻¹)	T09 (mgKg ⁻¹)	T10 (mgKg ⁻¹)	T11 (mgKg ⁻¹)	T12 (mgKg ⁻¹)	T13 (mgKg ⁻¹)	T14 (mgKg ⁻¹)	T15 (mgKg ⁻¹)
ET														
As	7,83	8,36	7,52	5,82	5,03	4,57	3,83	5,52	5,03	*	*	2,28	2,65	3,61
Cd	32,05	28,66	41,95	30,49	42,70	42,27	47,60	41,13	47,82	*	*	45,73	51,16	47,00
Cr	0,105	0,112	0,088	0,117	0,100	0,069	0,078	0,108	0,088	*	*	*	*	0,073
Cu	32,86	29,18	36,32	27,45	32,42	32,54	38,13	32,86	41,71	*	*	27,65	23,77	30,93
Pb	0,021	0,035	0,026	0,021	0,144	0,131	0,036	0,029	0,173	*	*	0,025	0,059	0,039
Mn	7,60	8,02	8,56	7,61	7,68	6,83	7,65	7,59	8,12	*	*	7,32	5,85	6,61
Mo	4,20	3,87	5,38	3,90	4,67	4,54	5,08	4,72	5,18	*	*	4,63	4,57	5,34
Zn	227,8	245,3	322,5	245,3	262,5	283,0	304,7	286,8	292,0	*	*	288,8	254,3	272,2
Ni	0,072	0,077	*	0,112	0,063	*	*	0,076	0,061	*	*	*	*	*
Ba	0,097	0,081	0,078	0,065	0,160	0,076	0,073	*	0,111	*	*	*	*	0,066
V	0,364	0,438	0,451	0,197	0,388	0,361	0,333	0,584	0,279	*	*	0,228	0,173	0,266
Hg	6,01	5,98	7,40	6,41	7,01	8,35	7,69	8,30	6,46	*	*	9,19	7,50	8,15

* não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Os valores de probabilidade p do teste de *Kruskal-Wallis* indicaram diferença significativa entre as concentrações médias nos mencionados locais de coleta para os elementos traço As, Ba, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, V e Hg. Não foram encontradas diferenças significativas entre os seis trechos estatisticamente comparáveis para Ni. Deste modo, o desdobramento a partir do teste de *Student-Newman-Keuls* foi realizado e os valores p -*Student-Newman-Keuls* são apresentados na **Tabela 7.3-75**, na qual podemos observar, em negrito, os valores p -*Student-Newman-Keuls* para as comparações entre pares de trechos com diferenças estatísticas significativas.

Com 6 dos 45 pares de trechos intercomparados, o elemento traço Cr apresentou menor número de diferenças estatísticas significativas na comparação das concentrações encontradas no tecido hepático de *Spheniscus magellanicus*, cujos valores p – *Kruskal-Wallis* se destacam em negrito na **Tabela 7.3-75**. Em número crescente de pares intercomparados com diferenças significativas o elemento Cr foi seguido pelos elementos V (12 dos 66 pares intercomparados); Ba (9 dos 43 pares); Zn (20 de 66 pares); Hg (22 dos 66 pares); Mo (23 dos 66 pares); Cu (23 dos 66 pares); Pb (23 dos 66 pares); Mn (24 dos 66 pares); Cd (26 dos 66 pares); o elemento traço As com 39 diferenças significativas entre os 66 pares de trechos intercomparados.

As concentrações médias dos elementos traço analisados em amostras de tecido hepático de *Larus dominicanus* nos diferentes locais de coleta são apresentadas na **Tabela 7.3-76**.

Tabela 7.3-75. Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre locais para *Spheniscus magellanicus*). Desdobramento realizado pelo teste Student-Newman-Keuls.

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 1/2 e 3	(p) trecho 1/2 e 4	(p) trecho 1/2 e 5	(p) trecho 1/2 e 6	(p) trecho 1/2 e 7	(p) trecho 1/2 e 8	(p) trecho 1/2 e 9	(p) trecho 1/2 e 10	(p) trecho 1/2 e 13	(p) trecho 1/2 e 14
As	0,0000	ns	ns	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.0055	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
Cd	0,0000	ns	0.0359	ns	0.0010	0.0003	< 0.0001	0.0308	0.0004	0.0467	0.0052
Cr	0,0011	ns	ns	ns	ns	0.0041	ns	ns	ns	*	*
Cu	0,0000	ns	0.0002	ns	ns	0.0215	< 0.0001	0.001	< 0.0001	ns	ns
Pb	0,0000	ns	ns	ns	ns	0.0001	ns	ns	0.0007	ns	ns
Mn	0,0000	0.0309	ns	ns	ns	0.0006	ns	ns	ns	ns	0.001
Mo	0,0000	0.0294	0.0081	ns	ns	0.0197	< 0.0001	0.0388	0.0004	ns	ns
Zn	0,0000	ns	< 0.0001	0.0481	0.0015	< 0.0001	< 0.0001	0.0016	< 0.0001	ns	ns
Ni	0,6289	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	*	*
Ba	0,2277	0.0049	ns	ns	0.0003	0.0349	0.039	*	0,0100	*	*
V	0,0029	ns	ns	0.0191	ns	ns	ns	0.0296	ns	ns	ns
Hg	0,0000	ns	0.0024	ns	0.0103	< 0.0001	< 0.0001	0.0017	ns	ns	0.0494
Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 1/2 e 15	(p) trecho 3 e 4	(p) trecho 3 e 5	(p) trecho 3 e 6	(p) trecho 3 e 7	(p) trecho 3 e 8	(p) trecho 3 e 9	(p) trecho 3 e 10	(p) trecho 3 e 13	(p) trecho 3 e 14
As	0,0000	< 0,0001	ns	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.0012	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
Cd	0,0000	0,0024	0.0182	ns	0.0002	< 0.0001	< 0.0001	0.0171	0.0001	0.0352	0.0032
Cr	0,0011	0.0323	ns	ns	ns	0.0014	0.0399	ns	ns	*	*
Cu	0,0000	0,0199	0.0009	ns	ns	ns	< 0.0001	0.0033	< 0.0001	0.8417	ns
Pb	0,0000	< 0,0001	ns	ns	0.021	< 0.0001	0.0346	ns	< 0.0001	0.047	ns
Mn	0,0000	0,0002	ns	ns	ns	< 0.0001	ns	ns	ns	ns	< 0.0001
Mo	0,0000	0,0001	0.0002	ns	0.0029	< 0.0001	< 0.0001	0.0025	< 0.0001	ns	0.0392
Zn	0,0000	0,0006	0.0002	ns	ns	0.0001	< 0.0001	0.0186	0.0007	ns	ns
Ni	0,6289	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	*	*
Ba	0,2277	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	*	*
V	0,0029	ns	ns	0.0344	0.0035	ns	0.0050	ns	ns	ns	ns
Hg	0,0000	< 0,0001	0.0018	ns	0.0072	< 0.0001	< 0.0001	0.0013	ns	ns	0.0453

Continuação - Tabela 7.3-75

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 3 e 15	(p) trecho 4 e 5	(p) trecho 4 e 6	(p) trecho 4 e 7	(p) trecho 4 e 8	(p) trecho 4 e 9	(p) trecho 4 e 10	(p) trecho 4 e 13	(p) trecho 4 e 14	(p) trecho 4 e 15
As	0,0000	< 0,0001	0.0277	0.0029	ns	ns	ns	0.0020	0.0002	< 0.0001	< 0,0001
Cd	0,0000	< 0,0001	0.0138	ns	ns	ns	ns	ns	0.3561	ns	ns
Cr	0,0011	0.0175	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
Cu	0,0000	ns	0.0034	0.0335	ns	ns	ns	ns	ns	0.0136	ns
Pb	0,0000	< 0,0001	ns	ns	ns	ns	ns	0.0072	ns	ns	0,0002
Mn	0,0000	< 0,0001	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.0006	0,0016
Mo	0,0000	< 0,0001	0.0031	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,0000	0.0169	0.0016	0.0323	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	0,6289	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	*	*	ns
Ba	0,2277	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	ns
V	0,0029	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Hg	0,0000	< 0,0001	0.0322	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 5 e 6	(p) trecho 5 e 7	(p) trecho 5 e 8	(p) trecho 5 e 9	(p) trecho 5 e 10	(p) trecho 5 e 13	(p) trecho 5 e 14	(p) trecho 5 e 15	(p) trecho 6 e 7	(p) trecho 6 e 8
As	0,0000	ns	0.0140	0.0007	ns	ns	0.0049	0.0021	0,0017	ns	0.0339
Cd	0,0000	0.0004	0.0001	< 0.0001	0.0126	0.0002	0.0269	0.0023	ns	0.8570	ns
Cr	0,0011	ns	0.0231	ns	ns	ns	*	*	ns	0.0486	ns
Cu	0,0000	ns	ns	< 0.0001	0.0083	0.0001	ns	ns	ns	ns	0.0037
Pb	0,0000	ns	< 0.0001	ns	ns	0.0003	ns	ns	0,0004	0.0200	ns
Mn	0,0000	ns	0.0015	ns	ns	ns	ns	0.001	0,0002	0.0037	ns
Mo	0,0000	ns	0.0071	< 0.0001	0.0166	0.0002	ns	ns	< 0,0001	ns	0.0129
Zn	0,0000	ns	0.0051	0.0001	ns	0.0066	ns	ns	0,1381	ns	0.0105
Ni	0,6289	ns	*	*	ns	ns	*	*	ns	*	*
Ba	0,2277	0.0085	ns	ns	*	ns	*	*	0,4522	0.1866	ns
V	0,0029	0.0049	0.0004	ns	0.0009	0.0321	ns	ns	0,1370	0.5596	ns
Hg	0,0000	ns	0.0003	0.0028	0.0172	ns	ns	ns	0,0023	0.0413	ns

Continuação - Tabela 7.3-75

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 6 e 9	(p) trecho 6 e 10	(p) trecho 6 e 13	(p) trecho 6 e 14	(p) trecho 6 e 15	(p) trecho 7 e 8	(p) trecho 7 e 9	(p) trecho 7 e 10	(p) trecho 7 e 13	(p) trecho 7 e 14
As	0,0000	ns	ns	0.0193	0.0141	0,0407	ns	ns	ns	ns	ns
Cd	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cr	0,0011	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	*	*
Cu	0,0000	ns	0.0035	ns	ns	ns	0.0077	ns	ns	ns	ns
Pb	0,0000	ns	0.0209	ns	ns	< 0,0001	0.0183	ns	ns	ns	ns
Mn	0,0000	ns	ns	ns	ns	0,0003	0.0009	ns	ns	ns	ns
Mo	0,0000	ns	0.0370	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	0,6289	ns	ns	*	*	ns	*	*	*	*	*
Ba	0,2277	*	0,7769	*	*	ns	ns	*	ns	*	*
V	0,0029	ns	ns	ns	ns	ns	0.0227	ns	ns	ns	0.0461
Hg	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.0216	ns	ns
Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 7 e 15	(p) trecho 8 e 9	(p) trecho 8 e 10	(p) trecho 8 e 13	(p) trecho 8 e 14	(p) trecho 8 e 15	(p) trecho 9 e 10	(p) trecho 9 e 13	(p) trecho 9 e 14	(p) trecho 9 e 15
ns As	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.0165	0.0139	0,0190
Cd	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cr	0,0011	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	*	*	ns
Cu	0,0000	ns	ns	ns	ns	0.0052	ns	ns	ns	0.0167	ns
Pb	0,0000	ns	ns	0.0190	ns	0.6621	ns	ns	ns	ns	0,0317
Mn	0,0000	ns	ns	ns	ns	0.0006	< 0,0001	ns	ns	0.0071	0,0156
Mo	0,0000	0,0295	ns	ns	ns	0.5500	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,0000	ns	ns	ns	ns	0.1165	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	0,6289	*	*	*	*	*	*	ns	*	*	ns
Ba	0,2277	ns	*	ns	ns	ns	ns	*	*	*	*
V	0,0029	ns	0.0112	ns	ns	0.4293	ns	ns	ns	0.0171	0,0289
Hg	0,0000	ns	ns	ns	ns	0.9625	0,3821	ns	ns	ns	ns

Continuação - Tabela 7.3-75

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 10 e 13	(p) trecho 10 e 14	(p) trecho 10 e 15	(p) trecho 13 e 14	(p) trecho 13 e 15	(p) trecho 14 e 15
As	0,0000	0.0407	0.0392	0,0350	ns	ns	ns
Cd	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cr	0,0011	*	*	ns	*	*	*
Cu	0,0000	ns	0.0037	ns	ns	ns	ns
Pb	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	0,0281
Mn	0,0000	ns	< 0.0001	< 0,0001	ns	ns	ns
Mo	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	0,6289	*	*	ns	*	*	*
Ba	0,2277	*	*	ns	*	*	*
V	0,0029	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Hg	0,0000	ns	ns	0,0023	ns	0,4369	0,6783

*Ni e Ba não foram estatisticamente comparados, pois não apresentaram dados suficientes para a análise estatística (n < 4) superior ao LD.
ns = não significativo

Tabela 7.3-76. Concentrações médias encontradas para os elementos traço analisados nos indivíduos de *Larus dominicanus* nos diferentes locais de coleta.

Trecho	T1/2 (mgKg ⁻¹)	T03 (mgKg ⁻¹)	T04 (mgKg ⁻¹)	T05 (mgKg ⁻¹)	T06 (mgKg ⁻¹)	T07 (mgKg ⁻¹)	T08 (mgKg ⁻¹)	T09 (mgKg ⁻¹)	T10 (mgKg ⁻¹)	T11 (mgKg ⁻¹)	T12 (mgKg ⁻¹)	T13 (mgKg ⁻¹)	T14 (mgKg ⁻¹)	T15 (mgKg ⁻¹)
ET														
As	3,75	2,03	2,58	4,15	3,75	4,63	3,82	*	*	*	*	2,42	*	2,29
Cd	0,519	0,385	0,264	0,471	0,303	0,348	0,369	*	*	*	*	0,213	*	0,222
Cr	0,090	0,087	0,105	0,145	0,094	*	0,106	*	*	*	*	*	*	0,182
Cu	15,07	13,31	15,08	14,53	15,84	15,64	14,32	*	*	*	*	21,19	*	14,92
Pb	0,091	0,696	0,089	0,037	0,030	0,035	0,110	*	*	*	*	0,145	*	0,035
Mn	12,59	11,06	12,61	12,68	13,63	11,24	12,79	*	*	*	*	14,13	*	12,04
Mo	2,16	1,86	1,93	1,98	1,91	1,71	2,06	*	*	*	*	2,39	*	1,94
Zn	150,2	99,28	134,2	165,6	169,9	84,94	123,0	*	*	*	*	264,3	*	129,0
Ni	*	*	0,098	0,112	0,154	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ba	0,075	0,070	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
V	0,502	0,482	0,426	0,687	0,506	0,598	0,383	*	*	*	*	0,503	*	0,388
Hg	3,12	2,53	3,16	4,27	4,87	3,44	3,59	*	*	*	*	1,85	*	2,69

* não apresentaram dados suficientes para a análise estatística (n < 4) superior ao LD.

Comparou-se as concentrações dos elementos traço obtidos para indivíduos de *Larus dominicanus* coletados em diferentes locais. Foram excluídos os locais com valores abaixo do critério de frequência satisfatória para análise estatística ($n \geq 4$). Os valores de probabilidade p do teste de *Kruskal-Wallis* obtidos para variável local de coleta indicaram diferença significativa para As (5 dos 36 pares comparados), Cd (6 dos 36 pares comparados), Pb (9 dos 36 pares comparados), Zn (6 dos 36 pares comparados) e Hg com 10 dos 36 pares de trechos intercomparados. Os valores de probabilidade p dos testes *Kruskal-Wallis* e *Student-Newman-Keuls* são apresentados na **Tabela 7.3-77**, onde são destacados em negrito os pares de trechos com diferenças estatísticas significativas.]

As concentrações médias dos elementos traço analisados em amostras de tecido hepático de *Sula leucogaster* nos diferentes locais de coleta apresentam-se na **Tabela 7.3-78**.

Tabela 7.3-77. Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre locais para *Larus dominicanus*). Desdobramento realizado pelo teste Student-Newman-Keuls.

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 1/2 e 3	(p) trecho 1/2 e 4	(p) trecho 1/2 e 5	(p) trecho 1/2 e 6	(p) trecho 1/2 e 7	(p) trecho 1/2 e 8	(p) trecho 1/2 e 13	(p) trecho 1/2 e 15	(p) trecho 3 e 4	(p) trecho 3 e 5
As	0,0096	0.0082	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.0018
ns ns Cd	0,0013	ns	< 0.0001	0.1872	0.0027	ns	ns	ns	0.0299	0.0067	ns
Cr	0,4481	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,4029	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,0001	ns	ns	0.0041	0.0003	ns	ns	ns	0.0409	ns	0.0007
Mn	0,1785	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,0647	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,0303	0.0385	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.0168
Ni	0,0574	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ba	0,9467	ns	*	*	*	*	*	*	*	*	*
V	0,2571	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Hg	0,0001	ns	ns	0.0016	0.0005	ns	ns	ns	ns	ns	0.0003

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 3 e 6	(p) trecho 3 e 7	(p) trecho 3 e 8	(p) trecho 3 e 13	(p) trecho 3 e 15	(p) trecho 4 e 5	(p) trecho 4 e 6	(p) trecho 4 e 7	(p) trecho 4 e 8	(p) trecho 4 e 13	(p) trecho 4 e 15
ns As	0,0096	0.0074	0.0086	0.0047	ns	ns	0.0352	ns	0.0407	0.0530	ns	ns
Cd	0,0013	ns	ns	ns	ns	ns	0.0125	ns	ns	0.0251	ns	ns
Cr	0,4481	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,4029	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,0001	< 0.0001	0.0356	ns	ns	0.0134	0.0100	0.0009	ns	ns	ns	ns
Mn	0,1785	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,0647	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,0303	0.0057	ns	ns	0.0118	ns	ns	ns	ns	ns	0.0411	ns
Ni	0,0574	*	*	*	*	*	ns	ns	*	*	*	*
Ba	0,9467	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
V	0,2571	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Hg	0,0001	< 0.0001	ns	ns	ns	ns	0.0138	0.0044	ns	ns	ns	ns

*Ni e Ba não foram estatisticamente comparados, pois não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

ns = não significativo

Continuação - Tabela 7.3-77

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 5 e 6	(p) trecho 5 e 7	(p) trecho 5 e 8	(p) trecho 5 e 13	(p) trecho 5 e 15	(p) trecho 6 e 7	(p) trecho 6 e 8	(p) trecho 6 e 13	(p) trecho 6 e 15	(p) trecho 7 e 8
As	0,0096	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cd	0,0013	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cr	0,4481	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,4029	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,0001	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,1785	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,0647	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,0303	ns	0.0478	ns	ns	ns	0.0275	ns	ns	ns	ns
Ni	0,0574	ns	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ba	0,9467	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
V	0,2571	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Hg	0,0001	ns	ns	ns	0.0065	0.0226	ns	ns	0.0033	0.0111	ns

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 7 e 13	(p) trecho 7 e 15	(p) trecho 8 e 13	(p) trecho 8 e 15	(p) trecho 13 e 15
As	0,0096	ns	ns	ns	ns	ns
Cd	0,0013	ns	ns	ns	ns	ns
Cr	0,4481	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,4029	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,0001	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,1785	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,0647	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,0303	0.0135	ns	ns	ns	ns
Ni	0,0574	*	*	*	*	*
Ba	0,9467	*	*	*	*	*
V	0,2571	ns	ns	ns	ns	ns
Hg	0,0001	ns	ns	ns	ns	ns

*Ni e Ba não foram estatisticamente comparados, pois não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

ns = não significativo

Tabela 7.3-78. Concentrações médias encontradas para os elementos traço analisados nos indivíduos de *Sula leucogaster* nos diferentes locais de coleta.

Trecho	T1/2 (mgKg ⁻¹)	T03 (mgKg ⁻¹)	T04 (mgKg ⁻¹)	T05 (mgKg ⁻¹)	T06 (mgKg ⁻¹)	T07 (mgKg ⁻¹)	T08 (mgKg ⁻¹)	T09 (mgKg ⁻¹)	T10 (mgKg ⁻¹)	T11 (mgKg ⁻¹)	T12 (mgKg ⁻¹)	T13 (mgKg ⁻¹)	T14 (mgKg ⁻¹)	T15 (mgKg ⁻¹)
ET														
As	4,19	2,22	*	2,11	1,36	2,13	1,83	2,32	2,39	*	2,71	0,725	1,27	2,67
Cd	0,658	0,795	*	1,01	0,722	0,575	1,95	1,50	1,21	*	1,38	0,841	0,843	0,863
Cr	*	*	*	0,127	0,109	0,109	*	0,100	*	*	*	*	0,158	*
Cu	16,83	14,74	*	18,51	18,91	16,75	19,64	19,48	15,97	*	24,38	17,80	17,89	17,13
Pb	*	0,063	*	0,022	0,102	0,015	0,018	0,100	0,019	*	*	0,030	0,019	0,031
Mn	19,61	19,84	*	17,25	16,54	15,48	17,01	19,16	15,14	*	16,38	18,53	15,66	18,29
Mo	2,07	1,95	*	1,88	2,10	1,57	1,71	1,76	1,83	*	1,93	1,98	1,67	1,83
Zn	130,2	116,0	*	140,4	134,4	117,6	137,1	178,4	135,3	*	192,2	123,3	137,9	150,3
Ni	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ba	*	*	*	*	0,129	*	*	*	*	*	*	*	*	*
V	0,387	0,659	*	1,006	0,650	0,370	0,441	0,350	0,291	*	0,524	0,794	0,648	0,310
Hg	4,02	5,01	*	44,21	7,56	9,96	19,58	12,85	5,34	*	5,04	2,26	4,90	6,84

* não apresentaram dados suficientes para a análise estatística (n < 4) superior ao LD.

Comparou-se estatisticamente as concentrações dos elementos traço obtidos para indivíduos *Sula leucogaster* coletados em diferentes locais (12 trechos). Foram excluídos os locais com frequência inferior ao mínimo satisfatório para análise estatística ($n \geq 4$).

Os valores de probabilidade p do teste de *Kruskal-Wallis* obtidos para variável local de coleta indicaram diferença significativa para As, Cd, V e Hg. Não se evidenciaram diferenças significativas na comparação entre trechos para os elementos Cr, Cu, Pb, Mn, Mo e Zn. Os elementos Ni e Ba não tiveram dados estatisticamente significativos em nenhum dos locais de coleta ($n \geq 4$). Os valores de probabilidade p dos testes *Kruskal-Wallis* e *Student-Newman-Keuls* são apresentados na **Tabela 7.3-79**, onde são destacados em negrito os pares de trechos com diferenças estatísticas significativas.

Dentre os elementos que apresentaram diferenças significativas entre os locais de coleta comparados Hg apresentaram maior número de diferenças (21 dos 66 pares intercomparados), seguido pelo As e Cd (15 dos 66 pares intercomparados), e V com 8 pares com diferenças significativas dos 66 pares intercomparados.

Tabela 7.3-79. Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre locais para *Sula leucogaster*). Desdobramento realizado pelo teste Student-Newman-Keuls.

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 1/2 e 3	(p) trecho 1/2 e 5	(p) trecho 1/2 e 6	(p) trecho 1/2 e 7	(p) trecho 1/2 e 8	(p) trecho 1/2 e 9	(p) trecho 1/2 e 10	(p) trecho 1/2 e 12	(p) trecho 1/2 e 13	(p) trecho 1/2 e 14
ns As	0,0068	ns	ns	0.0426	0.3866	ns	ns	ns	ns	0.0026	0.0106
Cd	0,0000	ns	ns	ns	ns	0.0068	0.0095	ns	ns	ns	ns
Cr	0,1003	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,6352	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,7564	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,6484	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,0572	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,4061	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ba	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
V	0,0406	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Hg	0,0000	ns	ns	ns	ns	0.0011	0.0123	ns	ns	ns	ns

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 1/2 e 15	(p) trecho 3 e 5	(p) trecho 3 e 6	(p) trecho 3 e 7	(p) trecho 3 e 8	(p) trecho 3 e 9	(p) trecho 3 e 10	(p) trecho 3 e 12	(p) trecho 3 e 13	(p) trecho 3 e 14
As	0,0068	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.0390	ns
Cd	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	0.0329	ns	ns	ns	ns
Cr	0,1003	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,6352	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,7564	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,6484	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,0572	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,4061	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ba	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
V	0,0406	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Hg	0,0000	ns	ns	ns	ns	0.0074	ns	ns	ns	ns	ns

*Ni e Ba não foram estatisticamente comparados, pois não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

ns = não significativo

Continuação - Tabela 7.3-79

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 3 e 15	(p) trecho 5 e 6	(p) trecho 5 e 7	(p) trecho 5 e 8	(p) trecho 5 e 9	(p) trecho 5 e 10	(p) trecho 5 e 12	(p) trecho 5 e 13	(p) trecho 5 e 14	(p) trecho 5 e 15
As	0,0068	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
ns Cd	0,0000	ns	ns	ns	0.0004	0.0016	ns	ns	ns	ns	ns
Cr	0,1003	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,6352	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,7564	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,6484	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,0572	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,4061	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ba	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
V	0,0406	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Hg	0,0000	ns	ns	ns	0.0034	0.0492	ns	ns	0.0184	ns	ns

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 6 e 7	(p) trecho 6 e 8	(p) trecho 6 e 9	(p) trecho 6 e 10	(p) trecho 6 e 12	(p) trecho 6 e 13	(p) trecho 6 e 14	(p) trecho 6 e 15	(p) trecho 7 e 8	(p) trecho 7 e 9
As	0,0068	ns	ns	ns	0.0348	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cd	0,0000	ns	0.0001	0.0012	ns	ns	ns	ns	ns	< 0.0001	< 0.0001
Cr	0,1003	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,6352	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,7564	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,6484	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,0572	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,4061	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ba	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
V	0,0406	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Hg	0,0000	ns	0.0009	0.0423	ns	ns	0.0042	ns	ns	0.0064	ns

*Ni e Ba não foram estatisticamente comparados, pois não apresentaram dados suficientes para a análise estatística (n < 4) superior ao LD.
ns = não significativo

Continuação - Tabela 7.3-79

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 7 e 10	(p) trecho 7 e 12	(p) trecho 7 e 13	(p) trecho 7 e 14	(p) trecho 7 e 15	(p) trecho 8 e 9	(p) trecho 8 e 10	(p) trecho 8 e 12	(p) trecho 8 e 13	(p) trecho 8 e 14
As	0,0068	ns	ns	0.0032	0.0099	ns	ns	ns	ns	0.0077	0.0283
Cd	0,0000	0.0130	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.0100	0.0014
Cr	0,1003	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,6352	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,7564	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,6484	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,0572	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,4061	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ba	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
V	0,0406	ns	ns	0.0172	0.0078	ns	ns	ns	ns	0.0464	0.0334
Hg	0,0000	ns	ns	0.0019	ns	ns	ns	0.0006	0.0285	< 0.0001	< 0.0001

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 8 e 15	(p) trecho 9 e 10	(p) trecho 9 e 12	(p) trecho 9 e 13	(p) trecho 9 e 14	(p) trecho 9 e 15	(p) trecho 10 e 12	(p) trecho 10 e 13	(p) trecho 10 e 14	(p) trecho 10 e 15
As	0,0068	ns	ns	ns	0.0054	0.0224	ns	ns	0.0015	0.0049	ns
Cd	0,0000	0.0048	ns	ns	0.0152	0.0072	0.0131	ns	ns	ns	ns
Cr	0,1003	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,6352	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,7564	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,6484	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,0572	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,4061	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ba	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
V	0,0406	ns	ns	ns	0.0367	0.0368	ns	ns	0.0116	0.0069	ns
Hg	0,0000	0.0026	0.0164	ns	< 0.0001	0.0037	ns	ns	ns	ns	ns

*Ni e Ba não foram estatisticamente comparados, pois não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.
ns = não significativo

Continuação - Tabela 7.3-79

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 12 e 13	(p) trecho 12 e 14	(p) trecho 12 e 15	(p) trecho 13 e 14	(p) trecho 13 e 15	(p) trecho 14 e 15
As	0,0068	ns	ns	ns	ns	0.0050	0.0176
Cd	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cr	0,1003	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,6352	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,7564	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,6484	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,0572	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,4061	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	*	*	*	*	*	*	*
Ba	*	*	*	*	*	*	*
V	0,0406	ns	ns	ns	ns	0.0116	0.0044
Hg	0,0000	ns	ns	ns	0.0323	0.0047	ns

*Ni e Ba não foram estatisticamente comparados, pois não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.
ns = não significativo

As concentrações médias dos elementos traço analisados em amostras de tecido hepático de *Phalacrocorax brasilianus* nos diferentes locais de coleta que apresentaram n amostral suficiente para as análises estatísticas ($n \geq 4$) se mostram na **Tabela 7.3-80**.

Tabela 7.3-80. Concentrações médias encontradas para os elementos traço analisados nos indivíduos de *Phalacrocorax brasilianus* nos diferentes locais de coleta.

Trecho	T1/2 (mgKg ⁻¹)	T04 (mgKg ⁻¹)	T06 (mgKg ⁻¹)	T07 (mgKg ⁻¹)	T09 (mgKg ⁻¹)	T10 (mgKg ⁻¹)	T13 (mgKg ⁻¹)	T14 (mgKg ⁻¹)	T15 (mgKg ⁻¹)
ET									
As	0,932	1,42	1,30	1,37	1,23	1,80	0,600	0,265	0,278
Cd	0,185	0,218	0,110	0,118	0,233	0,233	0,048	0,111	0,070
Cr	0,137	*	*	*	*	0,098	0,288	0,151	0,199
Cu	97,37	73,78	51,80	65,57	53,47	64,68	54,81	43,49	49,10
Pb	0,018		0,014	0,045	0,146	0,371	0,039	0,045	0,027
Mn	12,01	12,27	11,39	13,80	11,25	13,87	11,87	10,90	10,57
Mo	2,54	2,78	2,66	3,08	2,88	2,68	2,50	2,33	2,47
Zn	200,9	287,2	248,2	261,2	184,3	159,0	356,5	319,2	445,0
Ni	*	*	*	*	*	*	0,115	0,064	0,109
Ba	*	*	*	*	*	*	*	0,199	*
V	1,23	0,651	0,661	0,649	0,717	0,438	0,987	0,567	1,12
Hg	5,79	5,32	4,65	2,70	4,13	4,75	3,05	3,82	3,26

* não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Na **Tabela 7.3-81** são apresentados os valores de p de *Kruskal-Wallis* e dos *desdobramentos* realizados pelo teste *Student-Newman-Keuls* para a espécie *Phalacrocorax brasilianus* em função da distribuição por locais de coleta.

Observa-se que os elementos Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Ni e Hg não apresentaram diferenças significativas entre os trechos de coleta. Entretanto, como se pode observar, destacados em negrito na **Tabela 7.3-81**, o As e o Zn apresentaram 12 diferenças significativas na comparação da concentração média dentre os 36 pares de trechos comparados, seguido pelo V com 8 diferenças significativas dentre os 36 pares de trechos intercomparados e o

elemento traço Cd com 7 pares de trechos com diferenças significativas dos 36 pares intercomparados.

Tabela 7.3-81. Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre locais para *Phalacrocorax brasilianus*). Desdobramento realizado pelo teste Student-Newman-Keuls.

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 1/2 e 4	(p) trecho 1/2 e 6	(p) trecho 1/2 e 7	(p) trecho 1/2 e 9	(p) trecho 1/2 e 10	(p) trecho 1/2 e 13	(p) trecho 1/2 e 14	(p) trecho 1/2 e 15	(p) trecho 4 e 6	(p) trecho 4 e 7
As	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.0106	0.0206	ns	ns
Cd	0,0072	ns	ns	ns	ns	ns	0.0013	0.0015	0.0010	ns	ns
Cr	0,2596	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,6702	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,4778	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,1611	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,4672	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,0011	ns	ns	ns	ns	ns	0.0180	0.0466	0.0061	ns	ns
Ni	0,0813	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ba	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
V	0,0069	ns	0.0484	0.0487	ns	0.0047	ns	0.0035	ns	ns	ns
Hg	0,5687	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 4 e 9	(p) trecho 4 e 10	(p) trecho 4 e 13	(p) trecho 4 e 14	(p) trecho 4 e 15	(p) trecho 6 e 7	(p) trecho 6 e 9	(p) trecho 6 e 10	(p) trecho 6 e 13	(p) trecho 6 e 14
As	0,0000	ns	ns	ns	0.0010	0.0024	ns	ns	ns	ns	0.0013
Cd	0,0072	ns	ns	0.0471	ns	0.0442	ns	ns	ns	ns	ns
Cr	0,2596	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,6702	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,4778	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,1611	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,4672	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,0011	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.0203	ns
Ni	0,0813	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ba	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
V	0,0069	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Hg	0,5687	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

*Ni e Ba não foram estatisticamente comparados, pois não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.
ns = diferenças estatísticas não significativas

Continuação - Tabela 7.3-81

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 6 e 15	(p) trecho 7 e 9	(p) trecho 7 e 10	(p) trecho 7 e 13	(p) trecho 7 e 17	(p) trecho 7 e 15	(p) trecho 9 e 10	(p) trecho 9 e 13	(p) trecho 9 e 14	(p) trecho 9 e 15
As	0,0000	0.0036	ns	ns	ns	0.0019	0.0036	ns	ns	ns	ns
Cd	0,0072	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cr	0,2596	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,6702	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,4778	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,1611	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,4672	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,0011	0.0071	ns	ns	ns	ns	0.0354	ns	0.0188	0.0454	0.0080
Ni	0,0813	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ba	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
V	0,0069	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Hg	0,5687	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 10 e 13	(p) trecho 10 e 14	(p) trecho 10 e 15	(p) trecho 13 e 14	(p) trecho 13 e 15	(p) trecho 14 e 15
As	0,0000	0.1247	< 0.0001	0.0002	0.0072	0.0172	0.9632
Cd	0,0072	0.0160	0.0252	0.0144	0.5784	0.9988	0.5669
Cr	0,2596	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,6702	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,4778	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,1611	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,4672	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,0011	0.0016	0.0040	0.0004	ns	ns	ns
Ni	0,0813	*	*	*	ns	ns	ns
Ba	*	*	*	*	*	*	*
V	0,0069	0.0100	ns	0.0076	0.0076	ns	0.0049
Hg	0,5687	ns	ns	ns	ns	ns	ns

*Ni e Ba não foram estatisticamente comparados, pois não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.
ns = diferenças estatísticas não significativas

Ao se comparar estatisticamente as concentrações dos elementos traços na espécie *Fregata magnificens*, observou-se que não houve diferença significativa entre na concentração média nos diferentes trechos de coleta do PMP-BS para os elementos Mo e Hg. Salientando que os 334 trechos 6, 7, 8, 12, 13, 14 e 15 foram os únicos trechos com n amostral suficiente para o tratamento estatístico de Kruskal-Wallis (2 ou mais trechos com $n \geq 4$).

As concentrações médias dos elementos traço analisados em amostras de tecido hepático de *Fregata magnificens* nos diferentes locais de coleta são apresentados na **Tabela 7.3-82**, salientando-se que se apresentam unicamente os trechos com $n \geq 4$.

Os elementos Mo (3 dos 21 pares comparados) apresentou diferenças significativas entre as concentrações médias dos trechos 12 e 15 e o trecho 13 com os trechos 14 e 15; o Hg (4 dos 21 pares comparados), apresentou diferença significativa na comparação dos trechos 6 e 7 com os trechos 14 e 15. Os valores de p de Kruskal-Wallis e os valores de p resultantes do desdobramento pelo método de Student-Newman-Keuls para elementos com diferenças significativas (destacados em negrito), são apresentados na **Tabela 7.3-83**.

Tabela 7.3-82. Concentrações médias encontradas para os elementos traço analisados nos indivíduos de *Fregata magnificens* nos diferentes locais de coleta.

Trecho	T06 (mgKg ⁻¹)	T07 (mgKg ⁻¹)	T08 (mgKg ⁻¹)	T12 (mgKg ⁻¹)	T13 (mgKg ⁻¹)	T14 (mgKg ⁻¹)	T15 (mgKg ⁻¹)
ET							
As	4,38	6,04	7,98	3,95	2,44	8,40	2,42
Cd	0,709	1,29	1,19	0,832	6,73	0,820	3,57
Cr	0,103	*	*	*	*	0,111	*
Cu	22,67	34,67	29,10	23,84	40,04	22,30	29,23
Pb	0,022	0,021	*	*	*	0,046	0,036
Mn	13,01	13,76	12,66	14,80	8,83	12,04	11,65
Mo	1,37	1,48	1,48	1,34	3,01	1,20	1,07
Zn	130,0	166,3	191,1	195,2	266,7	208,3	168,0
Ni	0,161	*	*	*	*	0,147	*
Ba	*	*	*	*	*	*	*
V	0,647	0,335	0,830	0,922	*	0,953	0,528
Hg	18,13	21,86	7,83	8,23	11,38	7,11	5,17

* não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Tabela 7.3-83. Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre locais para *Fregata magnificens*). Desdobramento realizado pelo teste Student-Newman-Keuls.

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 6 e 7	(p) trecho 6 e 8	(p) trecho 6 e 12	(p) trecho 6 e 13	(p) trecho 6 e 14	(p) trecho 6 e 15	(p) trecho 7 e 8	(p) trecho 7 e 12	(p) trecho 7 e 13	(p) trecho 7 e 14	(p) trecho 7 e 15
As	0,2333	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cd	0,1525	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cr	0,8276	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,0587	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,9914	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,1785	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,0223	ns	ns	ns	ns	ns	0,0347	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,2367	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	0,4557	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ba	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
V	0,0664	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Hg	0,0027	ns	ns	ns	ns	0,0197	0,0009	ns	ns	ns	0,0118	0,0002

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 8 e 12	(p) trecho 8 e 13	(p) trecho 8 e 14	(p) trecho 8 e 15	(p) trecho 12 e 13	(p) trecho 12 e 14	(p) trecho 12 e 15	(p) trecho 13 e 14	(p) trecho 13 e 15	(p) trecho 14 e 15
As	0,2333	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cd	0,1525	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cr	0,8276	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,1112	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,9914	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,1785	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,0223	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,0218	0,0218	0,0028	ns
Zn	0,2367	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	0,4557	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ba	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
V	0,0664	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Hg	0,0027	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,0262	ns

*Ba não apresentou dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD. Em negrito os pares de trechos com diferença significativa.
ns = diferenças estatísticas não significativas.

Ao se comparar estatisticamente as concentrações dos elementos traços na espécie *Thalassarche melanophris*, não se observaram diferenças significativas entre os diferentes trechos de coleta do PMP-BS na concentração dos elementos traço analisados. Salientando que os trechos 7, 8 e 10 foram os únicos trechos com n amostral suficiente para o tratamento estatístico de Kruskal-Wallis (2 ou mais trechos com n amostral ≥ 4 acima do LD), cujos valores são apresentados na **Tabela 7.3-84**.

As concentrações médias dos elementos traço analisados em amostras de tecido hepático de *Thalassarche melanophris* nos diferentes locais de coleta são apresentados na **Tabela 7.3-85**.

Tabela 7.3-84. Valores de probabilidade p do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre locais para *Thalassarche melanophris*).

Elemento	(p) Kruskal-Wallis
As	0,8839
Cd	0,3760
Cr	*
Cu	0,3704
Pb	0,9239
Mn	0,2015
Mo	0,9606
Zn	0,7446
Ni	*
Ba	*
V	0,0748
Hg	0,1107

*Cr, Ni e Ba não foram estatisticamente comparados, pois não apresentaram dados suficientes para a análise estatística (n < 4) superior ao LD.

ns = diferenças estatísticas não significativas

Tabela 7.3-85. Concentrações médias encontradas para os elementos traço analisados nos indivíduos de *Thalassarche melanophris* nos diferentes locais de coleta.

Trecho	T07 (mgKg ⁻¹)	T08 (mgKg ⁻¹)	T10 (mgKg ⁻¹)
ET			
As	26,9	28,7	32,8
Cd	39,6	17,0	13,7
Cr	*	*	*
Cu	38,0	29,1	30,3
Pb	0,157	*	0,028
Mn	12,1	14,6	13,0
Mo	1,39	1,41	1,29
Zn	433,7	479,7	501,8
Ni	*	*	*
Ba	*	*	*
V	0,892	0,449	0,466
Hg	8,90	24,7	11,3

* não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Tartarugas Marinhas

Comparou-se as concentrações dos elementos traço obtidos para indivíduos coletados em 14 locais (T = Trecho: T1/2, T03, T04, T05, T06, T07, T08, T09, T10, T11, T12, T13, T14 e T15) para *Chelonia mydas*. Os valores de probabilidade p do teste de *Kruskal-Wallis* indicaram diferença significativa entre as concentrações médias de todos os elementos traço analisados nos mencionados locais. Deste modo, o desdobramento a partir do teste de *Student-Newman-Keuls* foi realizado e os valores p -*Student-Newman-Keuls* são apresentados na **Tabela 7.3-86**, na qual podemos observar, em negrito, os valores p -*Student-Newman-Keuls* para as comparações entre pares de trechos com diferenças estatísticas significativas.

As concentrações médias dos elementos traço analisados, encontradas em *Chelonia mydas* nos diferentes locais de coleta são apresentados na **Tabela 7.3-86**.

Tabela 7.3-86. Concentrações médias encontradas para *Chelonia mydas* nos diferentes locais de coleta.

Trecho	T1/2 (mgKg ⁻¹)	T03 (mgKg ⁻¹)	T04 (mgKg ⁻¹)	T05 (mgKg ⁻¹)	T06 (mgKg ⁻¹)	T07 (mgKg ⁻¹)	T08 (mgKg ⁻¹)	T09 (mgKg ⁻¹)	T10 (mgKg ⁻¹)	T11 (mgKg ⁻¹)	T12 (mgKg ⁻¹)	T13 (mgKg ⁻¹)	T14 (mgKg ⁻¹)	T15 (mgKg ⁻¹)
ET														
As	16,35	9,47	13,13	10,57	10,71	11,12	11,28	9,14	9,11	7,85	7,37	10,74	13,28	10,97
Cd	22,35	22,05	22,84	21,79	18,84	21,54	24,31	30,8	33,93	41,26	32,68	18,33	16,88	24,3
Cr	0,095	0,199	0,140	0,156	0,120	0,117	0,150	0,178	0,179	0,085	0,118	0,085	0,173	0,162
Cu	178,7	132,0	216,1	237,9	160,5	190,4	216,6	270,1	224,3	197,7	285,9	174,9	208,8	225,1
Pb	0,397	0,285	0,725	0,779	0,625	1,032	1,293	1,549	0,928	0,761	1,251	0,496	1,070	1,935
Mn	12,76	11,66	10,56	12,66	11,75	11,41	11,45	12,20	11,97	12,03	12,68	11,18	10,90	13,65
Mo	0,897	1,430	1,017	1,037	0,841	0,953	1,163	1,283	1,162	0,947	1,025	0,761	0,753	1,067
Zn	169,4	160,9	136,8	147,3	119,8	132,3	136,2	157,4	161,8	167,6	196,3	128,5	163,4	154,0
Ni	0,368	*	0,330	0,298	0,260	0,353	0,328	0,406	0,467	0,403	0,519	0,216	0,302	0,425
Ba	0,145	0,202	0,156	0,218	0,197	0,298	0,191	0,222	0,281	0,183	0,346	0,104	0,158	0,219
V	0,482	3,560	0,785	0,697	0,629	0,862	0,976	1,267	1,380	1,293	1,061	0,599	1,353	1,227
Hg	0,739	1,516	0,935	15,79	0,811	0,887	0,795	1,064	1,185	1,330	1,259	0,830	0,733	1,011

* não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

O elemento traço Zn foi quem a apresentou maior número de diferenças significativas (34 pares de trechos com diferenças significativas), seguido pelos elementos Cd e Pb com 33 pares, Hg 27 pares, V 26 pares, Cr e Cu com 24 pares, Ba com 22 pares, Ni (21 pares), As e Mo com 15 pares. O elemento traço Mn não apresentou diferenças significativas em nenhum dos trechos intercomparados. Os valores p – Kruskal-Wallis e do desdobramento p – Student-Newman-Keuls se destacam em negrito na **Tabela 7.3-87**.

Tabela 7.3-87. Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre locais para *Chelonia mydas*). Desdobramento realizado pelo teste Student-Newman-Keuls.

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 1/2 e 3	(p) trecho 1/2 e 4	(p) trecho 1/2 e 5	(p) trecho 1/2 e 6	(p) trecho 1/2 e 7	(p) trecho 1/2 e 8	(p) trecho 1/2 e 9	(p) trecho 1/2 e 10	(p) trecho 1/2 e 11	(p) trecho 1/2 e 12
As	0,0070	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.0025	0.0071	0.0442	0.0267
Cd	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.0088	0.0083	0.0439
Cr	0,0011	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.0011	0.0118	ns	ns
Cu	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.0017	0.0819	ns	0.0093
Pb	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	ns	< 0.0001	0.0007	ns	0.0006
Mn	0,0977	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,0003	ns	ns	ns	< 0.0001	0.0072	0.0110	ns	ns	ns	0.0075
Ni	0,0006	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.0543	ns	ns
Ba	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.0010	ns	0.0043
V	0,0025	ns	ns	ns	ns	ns	0.0058	< 0.0001	< 0.0001	0.0079	0.0084
Hg	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.0025	0.0242	0.0139
Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 1/2 e 13	(p) trecho 1/2 - 14	(p) trecho 1/2 - 15	(p) trecho 3 e 4	(p) trecho 3 e 5	(p) trecho 3 e 6	(p) trecho 3 e 7	(p) trecho 3 e 8	(p) trecho 3 e 9	(p) trecho 3 e 10
As	0,0070	ns	ns	0.0196	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cd	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cr	0,0011	ns	0.0242	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,0000	ns	ns	0.0004	ns	ns	ns	ns	ns	0.0055	0.0466
Mn	0,0977	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,0003	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	0,0006	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*
Ba	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
V	0,0025	ns	0.0122	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Hg	0,0000	ns	ns	ns	*	*	*	*	*	ns	ns

Continuação - Tabela 7.3-87

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 3 e 11	(p) trecho 3 e 12	(p) trecho 3 e 13	(p) trecho 3 - 14	(p) trecho 3 - 15	(p) trecho 4 e 5	(p) trecho 4 e 6	(p) trecho 4 e 7	(p) trecho 4 e 8	(p) trecho 4 e 9
As	0,0070	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cd	0,0000	0.0252	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cr	0,0011	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,0000	ns	ns	ns	ns	0.0218	ns	ns	ns	ns	0,0309
Mn	0,0977	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,0003	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	0,0006	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ba	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
V	0,0025	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Hg	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 4 e 10	(p) trecho 4 e 11	(p) trecho 4 e 12	(p) trecho 4 e 13	(p) trecho 4 - 14	(p) trecho 4 - 15	(p) trecho 5 e 6	(p) trecho 5 e 7	(p) trecho 5 e 8	(p) trecho 5 e 9
As	0,0070	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cd	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,0202
Cr	0,0011	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.0280	ns	ns	ns
Cu	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.0006	0.0421	ns	ns
Pb	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.0471	ns	ns	<0,0001
Mn	0,0977	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,0003	ns	ns	0.0001	ns	ns	ns	0.0002	ns	ns	ns
Ni	0,0006	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.0207
Ba	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
V	0,0025	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,0002
Hg	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

*Ni e Ba não foram estatisticamente comparados, pois não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.
ns = não significativo

Continuação - Tabela 7.3-87

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 5 e 10	(p) trecho 5 e 11	(p) trecho 5 e 12	(p) trecho 5 e 13	(p) trecho 5 - 14	(p) trecho 5 - 15	(p) trecho 6 e 7	(p) trecho 6 e 8	(p) trecho 6 e 9	(p) trecho 6 e 10
As	0,0070	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.0003	0.0009
Cd	0,0000	< 0.0001	0.0015	0.0087	ns	ns	ns	ns	ns	< 0.0001	< 0.0001
Cr	0,0011	ns	0.0364	ns	0.0004	ns	ns	ns	0.0105	< 0.0001	< 0.0001
Cu	0,0000	ns	ns	ns	0.0068	ns	ns	ns	0.0006	< 0.0001	< 0.0001
Pb	0,0000	0.0318	ns	0.0160	0.0454	ns	0.0132	ns	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
Mn	0,0977	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,0000	ns	ns	ns	0.0051	ns	ns	ns	ns	< 0.0001	< 0.0001
Zn	0,0003	0.0488	ns	ns	ns	ns	ns	0.0347	0.0034	< 0.0001	< 0.0001
Ni	0,0006	0.0014	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	< 0.0001	< 0.0001
Ba	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.0137	< 0.0001
V	0,0025	< 0.0001	ns	ns	ns	ns	ns	ns	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
Hg	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.0022	< 0.0001
Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 6 e 11	(p) trecho 6 e 12	(p) trecho 6 e 13	(p) trecho 6 e 14	(p) trecho 6 e 15	(p) trecho 7 e 8	(p) trecho 7 e 9	(p) trecho 7 e 10	(p) trecho 7 e 11	(p) trecho 7 e 12
As	0,0070	ns	ns	ns	ns	0.0325	ns	0.0004	0.0012	ns	ns
Cd	0,0000	< 0.0001	< 0.0001	ns	ns	ns	ns	0.0006	< 0.0001	0.0003	0.0012
Cr	0,0011	ns	ns	0.0494	0.0217	ns	ns	0.0002	0.0075	ns	ns
Cu	0,0000	ns	< 0.0001	ns	ns	0.0002	ns	< 0.0001	0.0123	ns	0.0030
Pb	0,0000	ns	< 0.0001	ns	ns	< 0.0001	0,0349	< 0.0001	0.0002	ns	0.0023
Mn	0,0977	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,0000	ns	0.0185	ns	ns	0.0115	ns	< 0.0001	0.0003	ns	ns
Zn	0,0003	0.0001	< 0.0001	ns	0.0105	< 0.0001	ns	< 0.0001	< 0.0001	0.0067	< 0.0001
Ni	0,0006	0.0442	0.0007	ns	ns	ns	0.3682	< 0.0001	< 0.0001	ns	0.0023
Ba	0,0000	ns	0.0004	0.0352	ns	0.0143	ns	ns	0.0019	ns	0.0320
V	0,0025	0.0070	0.0042	ns	0.0146	ns	ns	< 0.0001	< 0.0001	ns	ns
Hg	0,0000	0.0131	0.0034	ns	ns	ns	ns	0.0386	< 0.0001	0.0436	0.0193

*Ni e Ba não foram estatisticamente comparados, pois não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD. ns = não significativo

Continuação - Tabela 7.3-87

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 7 e 13	(p) trecho 7 e 14	(p) trecho 7 e 15	(p) trecho 8 e 9	(p) trecho 8 e 10	(p) trecho 8 e 11	(p) trecho 8 e 12	(p) trecho 8 e 13	(p) trecho 8 e 14	(p) trecho 8 e 15
As	0,0070	ns	ns	0.0288	0.0437	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cd	0,0000	ns	ns	ns	0.0039	< 0.0001	0.0012	0.0053	0.0212	ns	ns
Cr	0,0011	0.0080	ns	ns	0.0037	ns	0.0417	ns	< 0.0001	ns	ns
Cu	0,0000	ns	ns	0.0329	0.0002	ns	ns	0.0252	0.0187	ns	ns
Pb	0,0000	ns	ns	0.0009	< 0.0001	ns	ns	ns	< 0.0001	ns	ns
Mn	0,0977	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,0000	ns	ns	ns	0.0026	ns	ns	ns	0.0004	ns	ns
Zn	0,0003	ns	ns	0.0082	< 0.0001	< 0.0001	0.0128	< 0.0001	ns	ns	0.0165
Ni	0,0006	ns	ns	ns	0,0003	< 0.0001	ns	0.0047	0.0242	ns	ns
Ba	0,0000	< 0.0001	ns	ns	ns	< 0.0001	ns	0.0043	0.0004	ns	ns
V	0,0025	ns	ns	ns	0.0006	< 0.0001	ns	ns	0.0005	ns	ns
Hg	0,0000	ns	ns	ns	0.0009	< 0.0001	0.0116	0.0029	ns	ns	ns
Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 9 e 10	(p) trecho 9 e 11	(p) trecho 9 e 12	(p) trecho 9 e 13	(p) trecho 9 e 14	(p) trecho 9 e 15	(p) trecho 10 e 11	(p) trecho 10 e 12	(p) trecho 10 e 13	(p) trecho 10 e 14
As	0,0070	ns	ns	ns	0.0010	ns	ns	ns	ns	0.0030	ns
Cd	0,0000	0.0386	ns	ns	< 0.0001	0.0121	ns	ns	ns	< 0.0001	0.0006
Cr	0,0011	ns	0.0010	0.0164	< 0.0001	ns	ns	ns	ns	< 0.0001	ns
Cu	0,0000	0.0016	0.0040	ns	< 0.0001	ns	ns	ns	ns	0.0007	ns
Pb	0,0000	0.0005	0.0182	ns	< 0.0001	0.0188	ns	ns	ns	< 0.0001	ns
Mn	0,0977	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,0000	ns	ns	ns	< 0.0001	0.0026	ns	ns	ns	< 0.0001	0.0178
Zn	0,0003	ns	ns	0.0003	< 0.0001	ns	ns	ns	0.0004	< 0.0001	ns
Ni	0,0006	ns	ns	ns	< 0.0001	ns	0.0413	ns	ns	< 0.0001	ns
Ba	0,0000	ns	ns	0.0374	< 0.0001	ns	ns	ns	ns	< 0.0001	0.0265
V	0,0025	ns	ns	ns	< 0.0001	ns	0.0022	ns	ns	< 0.0001	ns
Hg	0,0000	ns	ns	ns	0.0013	0.0456	0.0265	ns	ns	< 0.0001	0.0062

*Ni e Ba não foram estatisticamente comparados, pois não apresentaram dados suficientes para a análise estatística (n < 4) superior ao LD. ns = não significativo

Continuação - Tabela 7.3-87

Elemen- to	(p) Kruskal- Wallis	(p) trecho 10 e 15	(p) trecho 11 e 12	(p) trecho 11 e 13	(p) trecho 11 e 14	(p) trecho 11 e 15	(p) trecho 12 e 13	(p) trecho 12 e 14	(p) trecho 12 e 15	(p) trecho 13 e 14	(p) trecho 13 e 15
As	0,0070	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.0344
Cd	0,0000	0.0006	ns	< 0.0001	0.0008	0.0040	< 0.0001	0.0043	0.0245	ns	ns
Cr	0,0011	ns	ns	ns	0.0148	ns	ns	ns	ns	0.0011	0.0075
Cu	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	0.0004	ns	ns	ns	0.0051
Pb	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	< 0.0001	ns	ns	ns	< 0.0001
Mn	0,0977	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	0.0088	ns	ns	ns	0.0041
Zn	0,0003	ns	ns	0.0016	ns	ns	< 0.0001	0.0062	0.0004	0.0472	0.0014
Ni	0,0006	0.0026	ns	0.0087	ns	ns	< 0.0001	ns	0.0282	ns	ns
Ba	0,0000	ns	ns	0.0257	ns	ns	< 0.0001	0.0315	0.1594	ns	< 0.0001
V	0,0025	0.0010	ns	0.0051	ns	ns	0.0038	ns	ns	0.0095	ns
Hg	0,0000	0.0003	ns	0.0071	0.0243	0.0255	0.0018	0.0163	0.0118	ns	ns
Elemen- to	(p) Kruskal- Wallis	(p) trecho 14 e 15									
As	0,0070	ns									
Cd	0,0000	ns									
Cr	0,0011	ns									
Cu	0,0000	ns									
Pb	0,0000	ns									
Mn	0,0977	ns									
Mo	0,0000	ns									
Zn	0,0003	ns									
Ni	0,0006	ns									
Ba	0,0000	ns									
V	0,0025	ns									
Hg	0,0000	ns									

*Ni e Ba não foram estatisticamente comparados, pois não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD. ns = não significativo

Na comparação das concentrações dos elementos traços analisados na espécie *Caretta caretta*, entre os diferentes locais de coleta (Trechos) observou-se que não houve diferença significativa entre os trechos com n amostral suficiente para o tratamento estatístico de Kruskal-Wallis (2 ou mais trechos com $n \geq 4$), os valores de p de *Kruskal-Wallis* são apresentados na **Tabela Tabela 7.3-88**.

Tabela 7.3-88. Valores de probabilidade p do teste de *Kruskal-Wallis* (comparação entre locais para *Caretta caretta*).

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	Trechos intercomparados
As	0,7055	T06/07/08/09/10
Cd	0,9798	T06/07/08/09/10
Cr	0,8810	T07/08/09/10
Cu	0,9425	T06/07/08/09/10
Pb	0,4485	T06/07/08/09/10
Mn	0,7493	T06/07/08/09/10
Mo	0,1482	T06/07/08/09/10
Zn	0,6836	T06/07/08/09/10
Ni	0,5397	T06/07/08/09/10
Ba	0,7675	T06/07/08/09/10
V	0,9678	T06/07/08/09/10
Hg	0,9168	T06/07/08/09/10

Mamíferos

Comparou-se as concentrações dos elementos traço obtidos para indivíduos coletados em diferentes locais (5 trechos) para *Sotalia guianensis*. Foram excluídos os locais com frequência inferior ao mínimo satisfatório para análise ($n \geq 4$).

As concentrações médias dos elementos traço analisados em amostras de tecido hepático de *Sotalia guianensis* nos diferentes locais de coleta se apresentam na **Tabela 7.3-89**.

Tabela 7.3-89. Concentrações médias encontradas para os elementos traço analisados nos indivíduos de *Sotalia guianensis* nos diferentes locais de coleta.

Trecho	T05 (mgKg ⁻¹)	T06 (mgKg ⁻¹)	T07 (mgKg ⁻¹)	T10 (mgKg ⁻¹)	T13 (mgKg ⁻¹)
ET					
As	0,627	0,929	1,29	1,24	0,746
Cd	0,092	0,416	1,47	1,07	0,337
Cr	0,120	0,115	0,072	0,102	0,123
Cu	159,5	148,0	143,8	104,4	110,4
Pb		0,110	0,049	0,032	0,037
Mn	9,20	12,68	12,31	12,16	15,55
Mo	1,51	1,93	1,49	1,84	1,58
Zn	142,9	232,6	202,3	245,0	247,0
Ni	*	0,144	*	*	1,94
Ba	*	0,153	*	*	*
V	0,520	0,421	0,341	0,365	0,441
Hg	3,59	12,07	45,92	34,88	7,84

* não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Os valores de probabilidade p do teste de *Kruskal-Wallis* obtidos para variável local de coleta em indivíduos *Sotalia guianensis* indicaram diferença significativa para As, Cd, e Hg, conforme apresentado na **Tabela 7.3-90**. Assim, o desdobramento pelo teste *Student-Newman-Keuls*, indicou diferença significativa para concentração média de Cd em 4 dos 10 pares de trechos estatisticamente comparáveis e Hg com 5 dos 10 pares estatisticamente comparáveis. Os valores p do teste de *Kruskal-Wallis* resultantes do desdobramento pelo teste *Student-Newman-Keuls* cujos pares de trechos intercomparados apresentam diferenças estatísticas significativas estão destacados em negrito na **Tabela 7.3-90**.

Tabela 7.3-90. Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre locais para *Sotalia guianensis*). Desdobramento realizado pelo teste Student-Newman-Keuls.

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 5 e 6	(p) trecho 5 e 7	(p) trecho 5 e 10	(p) trecho 5 e 13	(p) trecho 6 e 7	(p) trecho 6 e 10	(p) trecho 6 e 13	(p) trecho 7 e 10	(p) trecho 7 e 13	(p) trecho 10 e 13
As	0,0611	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cd	0,0008	ns	ns	0,0004	ns	ns	0,0112	ns	0,0002	ns	0,0007
Cr	0,3344	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,5790	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,1613	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,0701	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,3707	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,6690	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ba	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
V	0,8458	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Hg	0,0032	ns	ns	0,0103	ns	ns	0,0372	0,0402	ns	0,0237	0,0002

*Ni e Ba não foram estatisticamente comparados, pois não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

ns = diferenças estatísticas não significativas

A partir das análises estatísticas, comparou-se as concentrações dos elementos traço obtidos para indivíduos coletados em diferentes locais (8 trechos) para a espécie *Pontoporia blainvillei*. Foram excluídos os locais com frequência inferior ao mínimo satisfatório para análise ($n \geq 4$).

As concentrações médias dos elementos traço analisados em amostras de tecido hepático de indivíduos desta espécie nos diferentes locais de coleta, considerando somente os trechos com n amostral adequado ($n \geq 4$) são apresentados na **Tabela 7.3-91**.

Os valores de probabilidade p do teste de *Kruskal-Wallis* obtidos para variável local indicaram diferença significativa para Cd, Cr, Mn, Mo e Hg. Desta forma, foi realizado o desdobramento pelo teste *Student-Newman-Keuls*. Os valores de probabilidade p -*Kruskal-Wallis* e p -*Student-Newman-Keuls* são apresentados na **Tabela 7.3-92**. O desdobramento indicou diferença significativa para 5 dos 15 pares de trechos intercomparados para o elemento traço Cd, 7 dos 15 pares de trechos intercomparados para o elemento traço Cr, 7 dos 28 pares de trechos intercomparados para o elemento traço Mn, 4 dos 28 pares de trechos intercomparados para o elemento traço Mo e 8 dos 28 pares de trechos intercomparados para Hg.

Tabela 7.3-91. Concentrações médias encontradas para os elementos traço analisados nos indivíduos de *Pontoporia blainvillei* nos diferentes locais de coleta.

Trecho	T1/2	T04	T05	T06	T07	T08	T09	T10
	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)
ET								
As	1,11	1,84	0,758	0,812	1,13	0,891	0,856	1,07
Cd	3,96	*	*	0,115	0,562	0,342	0,135	0,715
Cr	*	*	0,166	0,193	0,081	0,121	0,148	0,082
Cu	55,3	31,9	89,5	187,5	51,6	86,4	63,2	72,5
Pb	0,021	*	0,067	*	0,017	0,015	0,036	0,017
Mn	16,7	19,4	18,4	11,4	14,0	13,9	14,2	14,9
Mo	2,18	0,741	1,52	0,717	1,70	1,20	0,945	1,15
Zn	143,6	180,7	221,0	266,6	224,7	180,4	221,1	228,5
Ni	*	*	*	0,228	*	0,070	*	*
Ba	*	*	*	*	*	*	*	*
V	0,275	0,268	0,849	0,462	0,471	0,381	0,479	0,456
Hg	31,2	2,14	9,42	3,15	2,83	2,80	1,63	1,90

* não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Tabela 7.3-92. Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre locais para *Pontoporia blainvillei*). Desdobramento realizado pelo teste Student-Newman-Keuls.

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 1/2 e 4	(p) trecho 1/2 e 5	(p) trecho 1/2 e 6	(p) trecho 1/2 e 7	(p) trecho 1/2 e 8	(p) trecho 1/2 e 9	(p) trecho 1/2 e 10	(p) trecho 4 e 5	(p) trecho 4 e 6	(p) trecho 4 e 7
As	0,5927	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cd	0,0126	*	*	0.0333	ns	0.0170	0.0046	ns	*	*	*
Cr	0,0003	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Cu	0,1672	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,2346	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,0207	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.0031	0.0210
Mo	0,0494	ns	ns	0.0192	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,1337	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ba	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
V	0,6420	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Hg	0,0018	ns	ns	ns	ns	0.0262	0.0027	0.0006	ns	ns	ns

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 4 e 8	(p) trecho 4 e 9	(p) trecho 4 e 10	(p) trecho 5 e 6	(p) trecho 5 e 7	(p) trecho 5 e 8	(p) trecho 5 e 9	(p) trecho 5 e 10	(p) trecho 6 e 7	(p) trecho 6 e 8
As	0,5927	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cd	0,0126	*	*	*	*	*	*	*	*	ns	ns
Cr	0,0003	*	*	*	ns	0.0269	0.0225	ns	0.0388	0.0046	0.0029
Cu	0,1672	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,2346	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
ns Mn	0,0207	0.0085	0.0253	ns	0.0075	ns	0.0207	ns	ns	ns	ns
Mo	0,0494	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.0039	ns
Zn	0,1337	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ba	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
V	0,6420	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Hg	0,0018	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.0196	0.0053	ns	ns

(*) Elementos traço ou trechos com n amostral insuficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.
ns = diferenças estatísticas não significativas

Continuação - Tabela 7.3-92

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 6 e 9	(p) trecho 6 e 10	(p) trecho 7 e 8	(p) trecho 7 e 9	(p) trecho 7 e 10	(p) trecho 8 e 9	(p) trecho 8 e 10	(p) trecho 9 e 10
As	0,5927	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cd	0,0126	ns	ns	0.0485	0.0083	ns	ns	ns	ns
Cr	0,0003	ns	0.0072	ns	0.0427	ns	0.0241	ns	ns
Cu	0,1672	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,2346	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,0207	ns	0.0406	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,0494	ns	ns	ns	0.0119	0.0297	ns	ns	ns
Zn	0,1337	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ba	*	*	*	*	*	*	*	*	*
V	0,6420	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Hg	0,0018	0.0237	0.0056	ns	ns	0.0204	ns	0.0173	ns

(*) Elementos traço ou trechos com n amostral insuficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

ns = diferenças estatísticas não significativas

Dentre todos os locais onde os indivíduos da espécie *Arctocephalus australis* foram encontrados, somente os trechos T1/2 ($n = 16$), T03 ($n = 4$) e T04 ($n = 4$) atendem ao critério de frequência satisfatório para análise estatística ($n \geq 4$). O número máximo de ocorrência para os outros trechos foi igual ou menor que três ($n \leq 3$). Na **Tabela Tabela 7.3-93** são apresentadas as concentrações médias dos elementos traço analisados em amostras de tecido hepático de indivíduos desta espécie nos diferentes locais de coleta.

Tabela 7.3-93. Concentrações médias encontradas para os elementos traço analisados nos indivíduos de *Arctocephalus australis* nos diferentes locais de coleta.

Trecho	T1/2 (mgKg ⁻¹)	T03 (mgKg ⁻¹)	T04 (mgKg ⁻¹)
ET			
As	1,18	1,41	2,00
Cd	31,7	31,4	75,9
Cr	*	*	*
Cu	67,0	59,4	31,8
Pb	0,036	0,069	0,055
Mn	22,7	27,1	16,7
Mo	1,91	1,82	2,13
Zn	210,4	266,0	225,3
Ni	*	*	*
Ba	*	*	*
V	0,673	0,673	0,812
Hg	23,3	36,3	110,2

* não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Os valores de probabilidade p do teste de *Kruskal-Wallis* obtidos para variável local de coleta indicaram ausência de diferença significativa entre os três locais com n satisfatório para todos os elementos analisados. As ($p = 0,7685$); Cd ($p = 0,2312$); Cu ($p = 0,1533$); Pb ($p = 0,2424$); Mn ($p = 0,2654$); Mo ($p = 0,7532$); Zn ($p = 0,9715$); V ($p = 0,4627$) e Hg ($p = 0,4352$).

Estatística temporal (ano de coleta)

Desde o 4º Relatório Técnico Anual de Quantificação, Avaliação e Interpretação de Resultados de Elementos Traço em Amostras Biológicas de Tetrápodes Marinhos foi incluída uma comparação estatística da variação da

concentração dos elementos traço em função do ano em que os indivíduos das diferentes espécies foram coletados.

Aves

Na **Tabela 7.3-94** são apresentadas as concentrações médias dos elementos traço analisados em amostras de tecido hepático de *Spheniscus magellanicus* nos diferentes locais de coleta, considerando somente os anos com n amostral adequado ($>LD$, $n \geq 4$).

Tabela 7.3-94. Concentrações médias dos elementos traço analisados em amostras de tecido hepático de indivíduos da espécie *Spheniscus magellanicus* nos diferentes anos de coleta, considerando somente os anos com n amostral adequado ($>LD$, $n \geq 4$).

Ano	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Elemen	Conc.mé d. (mg Kg ⁻¹)	Conc.mé d. (mg Kg ⁻¹)	Conc.mé d. (mg Kg ⁻¹)	Conc.mé d. (mg Kg ⁻¹)	Conc.mé d. (mg Kg ⁻¹)	Conc.mé d. (mg Kg ⁻¹)	Conc.mé d. (mg Kg ⁻¹)	Conc.mé d. (mg Kg ⁻¹)
to								
As	*	4,52	6,33	5,33	5,54	5,02	8,12	8,85
Cd	*	23,3	22,9	24,7	52,7	46,1	37,7	28,3
Cr	*	0,085	0,142	0,089	0,073	0,081	0,132	0,108
Cu	*	16,1	27,1	24,0	40,7	35,0	33,6	31,8
Pb	*	0,020	0,016	0,014	0,030	0,023	0,028	0,183
Mn	*	6,21	8,19	6,97	7,58	7,71	7,86	7,89
Mo	*	4,20	3,50	3,65	4,33	4,88	4,60	4,29
Zn	*	163,1	264,7	224,6	298,0	262,3	263,5	270,1
Ni	*	*	0,065	0,074	0,079	0,064	0,075	0,088
Ba	*	*	0,070	0,053	0,054	0,061	0,079	0,186
V	*	0,086	1,13	0,141	0,505	0,149	0,675	0,355
Hg	*	2,81	3,75	6,90	6,14	6,70	8,30	6,40

Os resultados da análise da variância, teste de Kruskal-Wallis, aplicado aos resultados das concentrações dos elementos traço analisados em *Spheniscus magellanicus* são apresentados na **Tabela 7.3-95**.

Quando aplicado o desdobramento pelo teste de Student-Newman-Keuls para comparação entre pares de anos, o V foi o elemento com maiores diferenças significativas, 19 pares de 21 combinações possíveis entre 2016/17/18/19/20/21/22; seguidos pelo Cd com 15 pares significativamente diferentes, logo Cu, Hg e Zn com 14 dos 21 pares com diferenças significativas, Pb com 13 dos 21 pares intercomparados, Cr com 11 dos 21 pares, As, Mn e Mo com 10 dos 21 pares, Ba com 8 dos 15 pares

(intercomparações entre 2017/18/19/20/21/22) e Ni com 3 pares com diferenças significativas dentro das 15 intercomparações.

Tabela 7.3-95. Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre anos da coleta para *Spheniscus magellanicus*).
Desdobramento realizado pelo teste Student-Newman-Keuls.

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	2016-17	2016-18	2016-19	2016-20	2016-21	2016-22	2017-18	2017-19	2017-20	2017-21	2017-22
As	0,0000	ns	ns	ns	ns	0,0011	<0,0001	ns	ns	ns	0,0114	0,0003
Cd	0,0000	0.0151	0.0055	< 0.0001	< 0.0001	<0,0001	0,0002	ns	< 0.0001	0.0001	ns	ns
Cr	0,0000	ns	ns	ns	ns	0,0342	ns	0.0038	0.0027	< 0.0001	ns	ns
Cu	0,0000	0.0014	0.0051	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	ns	0.0325	0.0027	0,0243	ns
Pb	0,0000	ns	ns	ns	ns	0,0135	ns	ns	0,0254	ns	0,0639	<0,0001
Mn	0,0000	0.0020	ns	0.0035	0.0010	0,0006	0,0006	0,0049	ns	ns	ns	ns
Mo	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.0051	< 0.0001	<0,0001	0,0033
Zn	0,0000	0.0005	0.0056	< 0.0001	< 0.0001	<0,0001	<0,0001	ns	0.0023	ns	ns	ns
Ni	0,0001	*	*	*	*	*	*	ns	ns	ns	ns	ns
Ba	0,0002	*	*	*	*	*	*	0,0630	0,1479	ns	ns	0,0440
V	0,0000	< 0.0001	ns	< 0.0001	0.0026	< 0.0001	0,0020	< 0.0001	0.0047	0.0135	< 0.0001	ns
Hg	0,0000	ns	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	<0,0001	<0,0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	<0,0001	<0,0001
Elemento	(p) Kruskal-Wallis	2018-19	2018-20	2018-21	2018-22	2019-20	2019-21	2019-22	2020-21	2020-22	2021-22	
As	0,0000	ns	ns	<0,0001	<0,0001	ns	0,0002	<0,0001	<0,0001	<0,0001	ns	
Cd	0,0000	< 0.0001	< 0.0001	0,0016	ns	ns	0,0021	<0,0001	0,0102	<0,0001	ns	
Cr	0,0000	ns	ns	<0,0001	0,0122	ns	<0,0001	0,0165	<0,0001	<0,0001	0,0065	
Cu	0,0000	< 0.0001	< 0.0001	<0,0001	0,0007	ns	ns	ns	ns	0,0007	ns	
Pb	0,0000	0,0018	ns	0,0051	<0,0001	0,0140	<0,0001	0,0023	0,0002	<0,0001	<0,0001	
Mn	0,0000	0.0078	< 0.0001	<0,0001	<0,0001	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
Mo	0,0000	0.0031	< 0.0001	<0,0001	0,0004	0,0357	ns	ns	ns	0,0010	ns	
Zn	0,0000	< 0.0001	< 0.0001	0,0006	<0,0001	0,0023	0,0041	0,0031	ns	ns	ns	
Ni	0,0001	ns	ns	ns	ns	0,0195	ns	ns	0,1095	0,1554	ns	
Ba	0,0002	ns	0,0801	ns	<0,0001	ns	ns	<0,0001	ns	<0,0001	<0,0001	
V	0,0000	< 0.0001	0.0003	< 0.0001	< 0.0001	<0,0001	0,0022	0,0001	< 0.0001	0,0002	< 0.0001	
Hg	0,0000	ns	ns	0,0095	ns	ns	0,0011	ns	0,0020	ns	0,0023	

(*) anos que não apresentaram dados suficientes para a análise estatística (n < 4) superior ao LD.

Valores em negrito = anos significativamente diferentes entre si, segundo teste *Student-Newman-Keuls*.

ns = diferenças estatísticas não significativas

As concentrações médias obtidas para os elementos traço analisados, nos indivíduos encontrados ao longo dos diferentes anos de coleta, são apresentadas na **Tabela 7.3-96**. Na **Tabela 7.3-97** são apresentados os valores de p do teste de *Kruskal-Wallis* para a espécie *Larus dominicanus* em relação a variável ano da coleta. Observa-se que para esta espécie somente os elementos traço Cr, Pb e V apresentaram diferenças significativas entre os pares de anos de coleta intercomparados, sendo Cr (6 de 10 pares), Pb (1 de 15 pares) e V (3 de 15 pares).

Tabela 7.3-96. 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	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
E.T.	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)
As	*	*	3,43	3,31	2,44	3,36	3,21	3,67
Cd	*	*	0,436	0,385	0,310	0,314	0,369	0,468
Cr	*	*	*	0,090	0,087	0,092	0,159	0,158
Cu	*	*	14,0	15,4	14,6	15,7	13,9	16,1
Pb	*	*	0,841	0,085	0,070	0,084	0,047	0,126
Mn	*	*	11,8	12,3	11,9	12,5	12,5	13,9
Mo	*	*	1,94	1,98	1,92	2,05	1,96	2,08
Zn	*	*	167,4	142,3	133,0	123,4	144,3	170,7
Ni	*	*	*	0,063	0,061	*	0,136	0,173
Ba	*	*	*	*	*	0,109	0,068	0,136
V	*	*	0,476	0,536	0,754	0,354	0,291	0,548
Hg	*	*	3,80	2,89	3,17	3,52	3,80	3,01

Tabela 7.3-97. Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre anos da coleta para *Larus dominicanus*).
Desdobramento realizado pelo teste Student-Newman-Keuls.

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	2017-18	2017-19	2017-20	2017-21	2017-22	2018-19	2018-20	2018-21	2018-22	2019-20	2019-21
As	0,4712	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cd	0,4567	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cr	0,0003	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.0385	0.0047	0.6971	0.0208
Cu	0,1528	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,0391	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.0398	ns	ns	ns
Mn	0,2907	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,7644	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,5981	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	0,0042	*	*	*	*	*	ns	*	ns	0,0251	*	ns
Ba	0,3807	*	*	*	*	*	*	*			*	
V	0,0114	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.0013	0.0436
Hg	0,3381	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	2019-22	2020-21	2020-22	2021-22
As	0,4712	ns	ns	ns	ns
Cd	0,4567	ns	ns	ns	ns
Cr	0,0003	0.0022	0.0378	0.0041	0.4033
Cu	0,1528	ns	ns	ns	ns
Pb	0,0391	ns	ns	ns	ns
Mn	0,2907	ns	ns	ns	ns
Mo	0,7644	ns	ns	ns	ns
Zn	0,5981	ns	ns	ns	ns
Ni	0,0042	0,0311	*	*	0,2296
Ba	0,3807	*	ns	ns	ns
V	0,0114	0.9885	0.3511	0.0039	0.0657
Hg	0,3381	ns	ns	ns	ns

(*) anos que não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.
Valores em negrito = anos significativamente diferentes entre si, segundo teste *Student-Newman-Keuls*.
ns = diferenças estatísticas não significativas

Na **Tabela Tabela 7.3-99** são apresentados os valores de p do teste de *Kruskal-Wallis* para a espécie *Sula leucogaster* em relação a variável ano da coleta. Observa-se que para esta espécie não houve diferença significativa entre as concentrações médias nos diferentes anos de coleta, com exceção do V (4 dos 21 pares de anos intercomparados) e Hg (5 dos 21 pares de anos intercomparados), respectivamente.

As concentrações médias de cada elemento traço nos diferentes anos de coleta são apresentados na **Tabela 7.3-98**.

Tabela 7.3-98. Concentrações médias dos elementos traço analisados em amostras de tecido hepático de indivíduos da espécie *Sula leucogaster* nos diferentes anos de coleta, considerando somente os anos com n amostral adequado ($>LD$, $n \geq 4$).

Ano	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
E.T.	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)
As	*	2,27	1,73	1,69	1,97	1,79	2,35	1,72
Cd	*	1,70	0,420	0,944	0,910	1,32	0,774	1,11
Cr	*	*	*	0,082	0,131	0,131	*	0,099
Cu	*	14,0	17,7	17,4	17,9	19,7	19,8	17,8
Pb	*	*	*	0,017	0,021	0,015	0,014	0,179
Mn	*	12,5	17,2	16,9	16,9	17,6	16,4	18,5
Mo	*	1,61	2,17	1,79	1,76	1,78	1,78	2,04
Zn	*	108,5	104,1	135,4	137,6	138,7	139,4	167,0
Ni	*	*	*	*	*	*	*	*
Ba	*	*	*	*	*	*	*	0,182
V	*	0,193	0,250	0,788	0,647	0,285	0,474	0,486
Hg	*	4,41	81,4	6,34	6,75	15,2	7,99	8,39

(*) anos que não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Tabela 7.3-99. Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre anos da coleta para *Sula leucogaster*). Desdobramento realizado pelo teste Student-Newman-Keuls.

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	2016-17	2016-18	2016-19	2016-20	2016-21	2016-22	2017-18	2017-19	2017-20	2017-21	2017-22
As	0,7414	ns	ns	ns	ns	ns		ns	ns	ns	ns	ns
Cd	0,2119	ns	ns	ns	ns	ns		ns	ns	ns	ns	ns
Cr	0,2476	ns	ns	ns	ns	ns		ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,9207	ns	ns	ns	ns	ns		ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,0006	ns	ns	ns	ns	ns		ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,1402	ns	ns	ns	ns	ns		ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,4827	ns	ns	ns	ns	ns		ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,8557	ns	ns	ns	ns	ns		ns	ns	ns	ns	ns
Ni	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*
Ba	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*
V	0,0031	ns	0.0092	0.0062	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Hg	0,0433	ns	ns	ns	0.0072	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	2018-19	2018-20	2018-21	2018-22	2019-20	2019-21	2019-22	2020-21	2020-22	2021-22
As	0,7414	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cd	0,2119	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cr	0,2476	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,9207	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,0006	ns	ns	ns	0.016	ns	ns	0.0008	ns	0.0012	0.0003
Mn	0,1402	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,4827	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,8557	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ba	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
V	0,0031	ns	0.0035	ns	ns	0.0009	ns	ns	ns	ns	ns
Hg	0,0433	ns	0.0207	ns	ns	0.0055	ns	ns	0.0258	0.0416	ns

(*) anos que não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.
Valores em negrito = anos significativamente diferentes entre si, segundo teste *Student-Newman-Keuls*.
ns = diferenças estatísticas não significativas

Os valores de p do teste de *Kruskal-Wallis* para a análise da variância das concentrações dos elementos traço analisados na espécie *Phalacrocorax brasilianus* em relação à variável ano da coleta, são apresentados na **Tabela 7.3-101**. Os dados demonstram diferenças significativas na comparação entre as concentrações médias (**Tabela 7.3-100**) nos anos de coleta para os elementos traço Pb, Zn, Ni e V. Ressalta-se que os anos de coleta 2015, 2016 e 2017 não tiveram número de indivíduos coletados acima de 4 (n amostral). O elemento traço Ba não apresentou dados suficientes para o tratamento estatístico.

Tabela 7.3-100. Concentrações médias dos elementos traço analisados em amostras de tecido hepático de indivíduos da espécie *Phalacrocorax brasilianus* nos diferentes anos de coleta, considerando somente os anos com n amostral adequado ($>LD$, $n \geq 4$).

Ano	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. mg Kg ⁻¹	Conc.méd. mg Kg ⁻¹
E.T.								
As	*	*	*	0,477	0,971	0,951	0,812	0,781
Cd	*	*	*	0,135	0,200	0,188	0,091	0,175
Cr	*	*	*	0,102	*	0,154	0,126	0,228
Cu	*	*	*	43,6	76,2	36,5	77,2	58,7
Pb	*	*	*	0,017	0,218	0,020	0,018	0,096
Mn	*	*	*	10,4	12,1	13,0	12,4	11,6
Mo	*	*	*	2,45	2,90	2,56	2,31	2,68
Zn	*	*	*	275,0	226,0	222,3	296,8	378,2
Ni	*	*	*	*	*	*	0,072	0,109
Ba	*	*	*	*	*	*	*	0,243
V	*	*	*	0,535	0,789	0,513	0,820	1,05
Hg	*	*	*	4,13	5,21	4,35	3,34	3,74

(*) anos que não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Tabela 7.3-101. Valores de probabilidade p do teste de *Kruskal-Wallis* (comparação entre anos da coleta para *Phalacrocorax brasilianus*). Desdobramento realizado pelo teste *Student-Newman-Keuls*.

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	#Anos de coleta comparados
As	0,5509	2018/19/20/21/22
Cd	0,1514	2018/19/20/21/22
Cr	0,1321	2018/20/21/22
Cu	0,0785	2018/19/20/21/22
Pb	0,0000	2018/19/20/21/22
Mn	0,2515	2018/19/20/21/22
Mo	0,1965	2018/19/20/21/22
Zn	0,0279	2018/19/20/21/22
Ni	0,0432	2021/22
Ba	*	*
V	0,0044	2018/19/20/21/22
Hg	0,7458	2017/18/19/20/21/22

*Dados estatísticos insuficientes ($n < 4$) superior ao LD.

Na **Tabela 7.3-103** são apresentados os valores de p do teste de *Kruskal-Wallis* para a espécie *Fregata magnificens* em relação a variável ano da coleta. Observa-se que para esta espécie não houve diferença significativa entre as concentrações médias dos anos de coleta (**Tabela 7.3-103**), com exceção do elemento traço V que apresentou diferenças significativas entre as concentrações médias de indivíduos coletados ao longo do ano de 2018 com os anos 2017, 2019, 2020 e 2022, como também houve diferenças significativas entre os anos 2019, 2020 e 2021.

Tabela 7.3-102. Concentrações médias dos elementos traço analisados em amostras de tecido hepático de indivíduos da espécie *Fregata magnificens* nos diferentes anos de coleta, considerando somente os anos com n amostral adequado ($>LD$, $n \geq 4$).

Ano	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. mg Kg ⁻¹	Conc.méd. mg Kg ⁻¹
E.T.								
As	*	*	5,73	5,46	7,35	4,76	4,36	7,09
Cd	*	*	0,892	0,558	1,62	1,91	0,994	5,31
Cr	*	*	*	0,098	*	0,101	0,099	0,166
Cu	*	*	29,3	22,1	40,2	21,7	25,4	39,6
Pb	*	*	*	0,017	0,047	0,024	*	0,074
Mn	*	*	12,6	11,4	14,7	12,5	12,9	12,6
Mo	*	*	1,54	1,33	1,39	1,29	1,20	1,69
Zn	*	*	198,3	212,4	181,3	153,0	145,1	217,5
Ni	*	*	*	*	*	*	0,143	0,169
Ba	*	*	*	*	*	*	*	0,188
V	*	*	0,292	1,09	0,373	0,386	0,613	0,746
Hg	*	*	9,66	9,95	14,6	12,4	16,7	9,97

(*) anos que não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Tabela 7.3-103. Valores de probabilidade p do teste de *Kruskal-Wallis* (comparação entre anos da coleta para *Fregata magnificens*). Desdobramento realizado pelo teste *Student-Newman-Keuls*.

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	Anos Comparados
As	0,8544	2017/18/19/20/21/22
Cd	0,0641	2017/18/19/20/21/22
Cr	0,9473	2018/20/21/22
Cu	0,2548	2017/18/19/20/21/22
Pb	0,1177	2018/19/20/22
Mn	0,7173	2017/18/19/20/21/22
Mo	0,5825	2017/18/19/20/21/22
Zn	0,1054	2017/18/19/20/21/22
Ni	0,4026	2021/22
Ba	*	
V	0,0081	2017/18/19/20/21/22
Hg	0,8300	

*Dados estatísticos insuficientes ($n < 4$) superior ao LD.

Na **Tabela 7.3-104** são apresentados os valores de p do teste de *Kruskal-Wallis* para a espécie *Thalassarche melanophris* em relação a variável ano da coleta. Observa-se que para esta espécie não houve diferença significativa entre os únicos dois anos de coleta com número suficiente de indivíduos para análise estatística (anos 2019 e 2021).

Tabela 7.3-104. Valores de probabilidade p do teste de *Kruskal-Wallis* (comparação entre anos da coleta para *Thalassarche melanophris*).

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	Anos Comparados
As	0,0617	2019/21
Cd	0,1859	2019/21
Cr	*	*
Cu	0,1742	2019/21
Pb	0,1177	2019/21
Mn	0,2345	2019/21
Mo	0,2345	2019/21
Zn	0,1742	2019/21
Ni	*	*
Ba	*	*
V	0,1264	2019/21
Hg	0,0894	2019/21

*Dados estatísticos insuficientes ($n < 4$) superior ao LD.

Tartarugas Marinhas

Na **Tabela 7.3-105** são apresentadas as concentrações médias dos elementos traço analisados em amostras de tecido hepático de indivíduos desta espécie nos diferentes anos de coleta, considerando somente os anos com n amostral adequado ($>LD$, $n \geq 4$).

Tabela 7.3-105. Concentrações médias 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 ($n \geq 4$)

Ano	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Elemen	Conc.mé d. (mg Kg ⁻¹)	Conc.mé d. (mg Kg ⁻¹)	Conc.mé d. (mg Kg ⁻¹)	Conc.mé d. (mg Kg ⁻¹)	Conc.mé d. (mg Kg ⁻¹)	Conc.mé d. (mg Kg ⁻¹)	Conc.mé d. (mg Kg ⁻¹)	Conc.mé d. (mg Kg ⁻¹)
to								
As	12,2	8,81	10,6	7,68	9,46	19,1	7,42	11,3
Cd	11,2	21,4	27,0	26,1	35,1	24,6	25,9	23,5
Cr	-----	0,126	0,121	0,115	0,157	0,222	0,187	0,181
Cu	162,8	201,4	218,6	198,4	231,3	227,9	232,5	199,4
Pb	0,427	0,552	0,781	0,822	1,764	1,17	1,06	0,973
Mn	13,08	11,76	12,33	11,13	11,76	11,8	12,4	12,6
Mo	1,13	1,03	1,06	0,943	1,41	1,00	1,08	0,920
Zn	131,5	149,9	153,5	142,2	156,8	138,1	150,0	146,0
Ni		0,258	0,363	0,370	0,515	0,332	0,348	0,343
Ba	0,187	0,306	0,220	0,200	0,300	0,170	0,191	0,250
V	0,500	0,589	0,630	0,969	1,58	1,27	1,30	1,26
Hg	0,447	0,687	3,69	1,01	1,20	1,14	1,12	0,923

Na **Tabela 7.3-106** são apresentados os valores de p do teste de *Kruskal-Wallis* para a espécie *Chelonia mydas* em relação a variável ano da coleta. Observa-se que todos os elementos apresentaram diferenças significativas da concentração média quando aplicado o teste de *Kruskal-Wallis* na comparação entre todos os anos. Entretanto, quando aplicado o desdobramento pelo método de *Student-Newman-Keuls*, comparação entre pares de anos observou-se diferentes comportamentos para cada um dos pares de anos comparados para cada elemento traço.

Em ordem decrescente as diferenças significativas encontradas entre as concentrações médias desta espécie nos diferentes anos de coleta, na intercomparação de pares de anos foi: V (16 pares com diferenças significativas), Hg (15 pares), Cd (12 pares), Ba e Cr (11 pares), Mo (10 pares), As e Ni (8 pares), Pb (7 pares), Cu e Zn (4 pares) e Mn (3 pares). Destacam-se em negrito, na **Tabela 7.3-106**, os valores de p resultantes do desdobramento *Student-Newman-Keuls* cujos valores evidenciam diferenças significativas entre os anos comparados.

Tabela 7.3-106. Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre anos da coleta para *Chelonia mydas*). Desdobramento realizado pelo teste *Student-Newman-Keuls*.

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	2015-16	2015-17	2015-18	2015-19	2015-20	2015-21	2015-22	2016-17	2016-18	2016-19	2016-20
As	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cd	0,0003	ns	0.0103	0.0149	0.002	0.0288	0,0070	0,0259	ns	ns	0.0007	ns
Cr	0,0000	*	*	*	*	*	*	*	ns	ns	0.0313	0.0042
Cu	0,0069	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,0000	ns	ns	ns	0.0221	ns	ns	ns	ns	ns	< 0.0001	ns
Mn	0,0026	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.0045	ns
Zn	0,0005	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	0,0000	*	*	*	*	*	*	*	0.0256	0.0173	< 0.0001	ns
Ba	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.0083	0.004	ns	0.0057
V	0,0000	ns	ns	ns	0,0195	ns	ns	ns	ns	0.0008	< 0.0001	0.0040
Hg	0,0000	ns	ns	0.0363	0.0147	0.0464	0,0233	ns	0.0068	< 0.0001	< 0.0001	0.0007
Elemento	(p) Kruskal-Wallis	2016-21	2016-22	2017-18	2017-19	2017-20	2017-21	2017-22	2018-19	2018-20	2018-21	2018-22
As	0,0000	ns	ns	< 0.0001	< 0.0001	ns	ns	ns	ns	0.0003	ns	0,0015
Cd	0,0003	ns	ns	ns	0.0226	ns	ns	ns	0.0035	ns	ns	ns
Cr	0,0000	0,0185	ns	ns	0.0010	< 0.0001	0,0004	0,0044	< 0.0001	< 0.0001	<0,0001	0,0016
Cu	0,0069	0,0230	ns	0.0147	ns	ns	ns	ns	0,0003	ns	0,0007	ns
Pb	0,0000	ns	ns	ns	< 0.0001	ns	ns	ns	< 0.0001	ns	ns	ns
Mn	0,0026	ns	ns	< 0.0001	0.0217	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,0226
Mo	0,0000	ns	0,0386	0.0153	< 0.0001	ns	ns	0,0035	< 0.0001	ns	ns	ns
Zn	0,0005	ns	ns	0.0077	ns	0.0059	ns	ns	0.0006	ns	ns	ns
Ni	0,0000	ns	ns	ns	< 0.0001	ns	ns	ns	< 0.0001	ns	ns	ns
Ba	0,0000	0,0002	ns	ns	0,0001	ns	0,0324	ns	0,0002	ns	ns	0,0347
V	0,0000	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	ns	0,0001	ns
Hg	0,0000	< 0.0001	0.0482	ns	0.0011	ns	0,0136	ns	ns	ns	ns	0,0446

*Cr e Ni não apresentaram dados suficientes para a análise estatística no ano de 2015 (n < 4) superior ao LD. *Ba não dados estatísticos suficientes.

Valores em negrito = anos significativamente diferentes entre si segundo teste *Student-Newman-Keuls*.

ns = diferenças estatísticas não significativas

Continuação - Tabela 7.3-106

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	2019-20	2019-21	2019-22	2020-21	2020-22	2021-22
As	0,0000	<0,0001	ns	0,0001	0,0010	ns	0,0076
Cd	0,0003	0,0016	0,0224	0,0003	ns	ns	ns
Cr	0,0000	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,0069	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,0000	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	ns	ns	ns
Mn	0,0026	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,0000	< 0.0001	0,0003	<0,0001	ns	ns	0,0257
Zn	0,0005	0,0007	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	0,0000	< 0.0001	<0,0001	0,0008	ns	ns	ns
Ba	0,0000	ns	<0,0001	ns	ns	0,0411	0,0014
V	0,0000	< 0.0001	0,0319	0,0021	0,0039	ns	ns
Hg	0,0000	ns	ns	0,0022	ns	ns	0,0157

*Cr e Ni não apresentaram dados suficientes para a análise estatística no ano de 2015 (n < 4) superior ao LD. *Ba não dados estatísticos suficientes.

Valores em negrito = anos significativamente diferentes entre si segundo teste *Student-Newman-Keuls*.

ns = diferenças estatísticas não significativas

De igual modo, a análise da variância das concentrações dos elementos traço em função do ano da coleta, realizado mediante o teste de *Kruskal-Wallis* para a espécie *Caretta caretta*, apresentados na **Tabela 7.3-108**, revelou ausência de diferenças significativas para todos os elementos traço analisados, com exceção do elemento As e V os quais apresentaram 6 diferenças significativas entre as médias das concentrações nos 5 anos com dados estatístico suficientes dos 15 pares intercomparados.

Na **Tabela 7.3-107** são apresentadas as concentrações médias dos elementos traço analisados em amostras de tecido hepático de indivíduos desta espécie nos diferentes anos de coleta, considerando somente os anos com n amostral adequado ($n \geq 4$).

Tabela 7.3-107. Concentrações médias dos elementos traço analisados em amostras de tecido hepático de indivíduos da espécie *Caretta caretta* nos anos de coleta, considerando somente os anos com n amostral adequado ($>LD$, $n \geq 4$)

Ano	2016	2018	2019	2020	2021	2022
Elemento	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)
As	9,13	11,6	32,2	30,8	41,6	19,6
Cd	12,8	26,8	21,7	33,3	46,7	57,5
Cr	*	0,149	0,122	0,156	0,242	0,283
Cu	41,5	21,4	34,2	28,0	27,2	36,7
Pb	0,196	0,207	4,47	0,246	0,220	0,526
Mn	4,47	5,36	6,78	6,33	10,2	6,01
Mo	0,515	0,971	0,863	0,478	1,06	1,14
Zn	76,1	88,8	98,8	103,9	121,9	110,2
Ni	*	0,555	0,259	*	0,280	0,333
Ba	*	0,117	*	0,131	0,133	0,295
V	0,495	1,05	1,67	1,41	3,63	3,08
Hg	0,515	5,81	1,78	1,07	1,80	2,75

* não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Tabela 7.3-108. Valores de probabilidade p do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre anos da coleta para *Caretta caretta*).

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	2016-18	2016-19	2016-20	2016-21	2016-22	2018-19	2018-20	2018-21	2018-22	2019-20	2019-21
As	0,0032	ns	ns	0.043	0.00	ns	ns		0.001	ns	ns	0.006
				7	62			0.0258	3			7
Cd	0,0614	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cr	0,2836	*	*	*	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,7964	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,9283	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,0586	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,1297	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,5733	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	0,3771	*	*	*	*	*	ns	*	ns	ns	*	ns
Ba	0,6988	*	*	*	*	*	*	ns	ns	ns	*	*
V	0,0045	ns	ns	ns	0.00	0.006	ns	ns	0.015	0.033	ns	ns
					3	4			2	9		
Hg	0,1462	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	2019-22	2020-21	2020-22	2021-22
As	0,0032	0.620		0.11	0.00
		1	0.464	96	72
Cd	0,0614	ns	ns	ns	ns
Cr	0,2836	ns	ns	ns	ns
Cu	0,7964	ns	ns	ns	ns
Pb	0,9283	ns	ns	ns	ns
Mn	0,0586	ns	ns	ns	ns
Mo	0,1297	ns	ns	ns	ns
Zn	0,5733	ns	ns	ns	ns
Ni	0,3771	ns	*	*	ns
Ba	0,6988	*	ns	ns	ns
V	0,0045		0.012	0.02	
		ns	9	91	ns
Hg	0,1462	ns	ns	ns	ns

(*) anos que não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Valores em negrito = anos significativamente diferentes entre si, segundo teste *Student-Newman-Keuls*.

ns = diferenças estatísticas não significativas

Mamíferos

Na **Tabela 7.3-109** são apresentados os valores de p do teste de *Kruskal-Wallis* para a espécie *Pontoporia blainvillei* em relação a variável ano da coleta. Observa-se que para esta espécie, houve diferenças significativas para os elementos traço Cr (2 dos 20 pares intercomparados), Zn (4 dos 20 pares intercomparados), Mo e Pb (5 dos 20 pares intercomparados), V (6 dos 20

pares intercomparados) e o elemento Hg apresentou diferenças significativas em 7 dos 20 pares de anos intercomparados.

Não houve tratamento estatístico para os elementos Ni e Ba, pois apresentaram quantidade insuficiente de dados ($n = <4$).

Tabela 7.3-109. Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre anos da coleta para *Pontoporia blainvillei*).
Desdobramento realizado pelo teste Student-Newman-Keuls.

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	2016-17	2016-18	2016-19	2016-20	2016-21	2016-22	2017-18	2017-19	2017-20	2017-21
As	0,1528	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cd	0,0519	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cr	0,0012	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,0995	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,0232	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,5057	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,0107	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,0241	ns	0,0008	ns
Zn	0,0355	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,0005	ns
Ni	0,2691	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ba	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
V	0,0001	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,0002	<0,0001	0,0150	0,0080
Hg	0,0205	0,0425	0,0057	0,0146	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	2017-22	2018-19	2018-20	2018-21	2018-22	2019-20	2019-21	2019-22	2020-21	2020-22
As	0,1528	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cd	0,0519	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cr	0,0012	ns	ns	0,0011	ns	ns	0,0012	ns	ns	ns	ns
Cu	0,0995	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,0232	0,0221	ns	ns	ns	0,0362	ns	0,0348	ns	0,0235	ns
Mn	0,5057	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,0107	ns	ns	ns	0,0435	ns	ns	ns	ns	0,0020	0,0118
Zn	0,0355	0,0326	ns	0,0310	ns	ns	0,0268	ns	ns	ns	ns
Ni	0,2691	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ba	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
V	0,0001	<0,0001	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Hg	0,0205	ns	ns	0,0100	0,0357	0,0282	0,0355	ns	ns	ns	ns

(*) anos que não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.
Valores em negrito = anos significativamente diferentes entre si, segundo teste *Student-Newman-Keuls*.
ns = diferenças estatísticas não significativas

Continuação - Tabela 7.3-109

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	2021-22
As	0,1528	ns
Cd	0,0519	ns
Cr	0,0012	ns
Cu	0,0995	ns
Pb	0,0232	0,0042
Mn	0,5057	ns
Mo	0,0107	ns
Zn	0,0355	ns
Ni	0,2691	ns
Ba	*	*
V	0,0001	0,0320
Hg	0,0205	ns

(*) anos que não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.
Valores em negrito = anos significativamente diferentes entre si, segundo teste *Student-Newman-Keuls*.
ns = diferenças estatísticas não significativas

As concentrações médias nos diferentes anos de coleta, de cada elemento traço analisado, são apresentadas na **Tabela 7.3-110**.

Tabela 7.3-110. Concentrações médias 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	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
E.T.	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. mg Kg ⁻¹	Conc.méd. mg Kg ⁻¹
As	*	1,03	1,07	0,807	0,941	0,945	1,24	0,969
Cd	*	0,639	0,837	0,274	0,318	0,198	0,401	1,02
Cr	*	*	*	0,073	0,072	0,183	0,202	0,128
Cu	*	98,9	43,1	68,4	62,5	99,6	101,7	81,9
Pb	*	0,021	0,011	0,012	0,019	0,012	0,031	0,060
Mn	*	15,9	14,5	13,0	14,0	13,4	15,8	16,1
Mo	*	1,86	1,38	0,870	1,18	0,778	1,57	1,38
Zn	*	169,4	138,4	201,5	193,9	295,4	230,7	194,9
Ni	*	*	*	*	*	*	0,097	0,129
Ba	*	*	*	*	*	*	*	*
V	*	0,263	0,104	0,783	0,672	0,277	0,339	0,690
Hg	*	6,90	3,37	1,97	1,93	2,57	3,35	8,58

(*) anos que não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Na **Tabela 7.3-111** se apresentam as concentrações médias para cada ano de coleta, dos elementos traços analisados.

Na **Tabela 7.3-112** são apresentados os valores de *p* do teste de *Kruskal-Wallis* para a espécie *Sotalia guianensis* em relação a variável ano da coleta. Observa-se que para esta espécie houve diferença significativa entre os anos de coleta para os elementos traço Pb em 5 dos 21 pares de anos intercomparados, V em 4 dos 21 pares intercomparados e Ba entre os anos 2017 e 2022, únicos anos com dados estatísticos suficientes.

Tabela 7.3-111. Concentrações médias 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	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
E.T.	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. mg Kg ⁻¹	Conc.méd. mg Kg ⁻¹
As	*	1,52	0,850	0,700	1,00	0,747	1,11	1,11
Cd	*	3,34	0,420	0,329	0,654	0,374	0,389	0,421
Cr	*	*	0,083	0,072	0,088	*	0,135	0,157
Cu	*	268,4	89,4	107,9	61,0	90,6	151,7	161,4
Pb	*	0,049	0,018	0,023	0,057	0,014	0,018	0,283
Mn	*	12,2	13,0	12,4	9,51	13,5	14,3	14,3
Mo	*	1,81	1,47	1,47	1,76	1,80	1,77	1,92
Zn	*	329,5	237,7	102,5	162,3	203,5	233,1	220,0
Ni	*	*	0,118	1,15	*	*	0,224	0,894
Ba	*	*	0,118	*	*	*	*	0,297
V	*	0,236	0,126	0,346	0,509	0,176	0,443	0,736
Hg	*	15,9	17,5	21,3	57,6	17,8	20,7	3,67

(*) anos que não apresentaram dados suficientes para a análise estatística (n < 4) superior ao LD.

Tabela 7.3-112. Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre anos da coleta para *Sotalia guianensis*).
Desdobramento realizado pelo teste Student-Newman-Keuls.

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	2016-17	2016-18	2016-19	2016-20	2016-21	2016-22	2017-18	2017-19	2017-20	2017-21
As	0,1181	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cd	0,7587	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cr	0,1324	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,7828	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,0001	ns	ns	ns	ns	ns	0.0019	ns	ns	ns	ns
Mn	0,0794	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,6929	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,3698	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	0,8356	*	*	*	*	*	*	ns	*	*	ns
Ba	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
V	0,0068	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.0125	0.0012	ns	0.0008
Hg	0,1306	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	2017-22	2018-19	2018-20	2018-21	2018-22	2019-20	2019-21	2019-22	2020-21	2020-22
As	0,1181	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cd	0,7587	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cr	0,1324	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,7828	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,0001	< 0.0001	ns	ns	ns	0.0029	ns	ns	0.0124	ns	0.0002
Mn	0,0794	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,6929	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,3698	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	0,8356	ns	*	*	ns	ns	*	*	*	ns	ns
Ba	*	0,0432	*	*	*	*	*	*	*	*	*
V	0,0068	0.0044	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Hg	0,1306	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

(*) anos que não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.
Valores em negrito = anos significativamente diferentes entre si, segundo teste *Student-Newman-Keuls*.
ns = diferenças estatísticas não significativas

Continuação - Tabela 7.3-112

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	2021-22
As	0,1181	ns
Cd	0,7587	ns
Cr	0,1324	ns
Cu	0,7828	ns
Pb	0,0001	< 0.0001
Mn	0,0794	ns
Mo	0,6929	ns
Zn	0,3698	ns
Ni	0,8356	ns
Ba	*	*
V	0,0068	ns
Hg	0,1306	ns

(*) anos que não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.
Valores em negrito = anos significativamente diferentes entre si, segundo teste *Student-Newman-Keuls*.
ns = diferenças estatísticas não significativas

Os resultados da análise da variância das concentrações dos elementos traço em função do ano da coleta, realizado mediante o teste de Kruskal-Wallis para a espécie *Arctocephalus australis*, são apresentados na **Tabela 7.3-113**. Para esta espécie, somente os elementos traço Cd, Pb e Zn apresentaram diferenças significativas entre os dados correspondentes aos anos estatisticamente intercomparados, com 1 diferença significativa dentre os 3 pares intercomparados para o Pb, 5 diferenças significativas dentre os 10 pares intercomparados para o Zn, e 6 diferenças significativas dentre os 10 pares intercomparados o Cd. Os elementos Cr, Ni e Ba não foram analisados estatisticamente por não possuir dados suficientes ($n \geq 4$ e 4 ou mais dados com valor acima do limite de detecção do elemento).

Tabela 7.3-113. Valores de probabilidade p do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre anos da coleta para *Arctocephalus australis*). Desdobramento realizado pelo teste Student-Newman-Keuls.

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	2017 2018	2017 2019	2017 2020	2017 2022	2018 2019	2018 2020	2018 2022	2019 2020	2019 2022	2020 2022
As	0,8398	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cd	0,0163	0.047	0.0371	0.0126	ns	ns	ns	0.0395	ns	0.0309	0.0107
Cr	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Cu	0,4080	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,0070	ns	*	*	ns	*	*	0,0020	*	*	*
Mn	0,4852	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,5809	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,0270	0.0561	0.0325	0.0109	ns	ns	ns	ns	ns	0.045	0.0165
Ni	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ba	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
V	0,2099	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Hg	0,1958	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

(*) anos que não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Valores em negrito = anos significativamente diferentes entre si, segundo teste Student-Newman-Keuls.

ns = diferenças estatísticas não significativas

7.4 DISCUSSÕES

7.4.1 Aves

Spheniscus magellanicus

Comparando o intervalo de concentrações obtidas nos tecidos hepático de *Spheniscus magellanicus* com outras espécies de aves marinhas (**Tabela 7.1-1**), observa-se que dos elementos traço analisados, 6 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 (33,7 mg kg⁻¹), Cd (275,7 mg kg⁻¹), Mn (29,3 mg kg⁻¹), Mo (19,0 mg kg⁻¹), Zn (869,0 mg kg⁻¹) e Hg (71,3 mg kg⁻¹). Contudo, embora estes seis elementos tenham apresentado valores máximos acima dos valores máximos relatados na literatura científica, suas médias e medianas (**Tabela 7.3-13**) se mantêm dentro (ou muito próximo) do intervalo apresentado na **Tabela 7.1-1**. Outros elementos (Cr, Cu, Pb, Ni e V) estiveram dentro do intervalo. Para esta espécie, torna-se difícil a comparação dos resultados obtidos para Ba e V pela falta de informação na literatura.

Diferentemente do que ocorre com a *Chelonia mydas*, encontraram-se apenas três artigos envolvendo a determinação de elementos traço em amostras de tecido hepático de *Spheniscus magellanicus*. Além disso, são apenas três os elementos traço determinados (Cd, Pb e Hg). Dois artigos científicos mais recentes, Quadri-Adrogué et al. (2022) e Dodino et al. (2022) abordam somente a determinação de Hg e ambos os artigos empregaram amostras de penas e não de tecido hepático.

Para efeito de comparação, Vega et al. (2010) relataram concentrações médias de Cd e Hg em amostras de tecido hepático de *Spheniscus magellanicus* de 8,6 e 1,6 mg kg⁻¹ respectivamente, para indivíduos coletados na costa norte do Rio de Janeiro. Concentrações médias de Cd e Hg de 3,3 e 0,9 mg kg⁻¹ respectivamente, para indivíduos na costa norte Rio Grande do Sul. Também, relataram que a concentração de Pb nos indivíduos coletados (n = 47) foram inferiores a 0,1 mg kg⁻¹. Os autores consideram dois fatores que potencialmente afetariam a concentração de metais na espécie: local e tecido. Também relatam que as concentrações de Cd e Hg encontradas nos dois locais estudados (Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul) foram significativamente diferentes.

Concentrações médias de 7,5; 0,58; 5,7 mg kg⁻¹ 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 $\mu\text{g g}^{-1}$ (peso úmido), com média de $1,82 \pm 1,61 \mu\text{g g}^{-1}$. 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 concentração média para Cd (29,6 mg kg^{-1}) obtidas no presente trabalho foi maior (96 indivíduos de 348 apresentaram concentrações entre 28,6 e 83,5 mg kg^{-1}). A concentrações média de Pb (0,02 mg kg^{-1}) 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^{-1}), porém, inferior quando comparado ao valor relatado por Kehrig et al. (2015). As concentrações médias obtidas para Hg (5,81 mg kg^{-1}) foram superiores aos valores relatados por Vega et al. (2010), porém, semelhantes 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.

Similarmente aos resultados relatados por Kehrig et al. (2015), no presente trabalho, não se observou diferenças significativas entre as concentrações de Hg e Pb para machos e fêmeas. No entanto diferença significativas obtidas entre as concentrações de Cd em machos (42,9 mg kg^{-1}), maiores que nas fêmeas (33,8 mg kg^{-1}) não corroboraram os resultados relatados Kehrig et al. (2015). Foram obtidas diferenças significativas também para Zn: a concentração do elemento nos machos (271,3 mg kg^{-1}) foi maior que nas fêmeas mg kg^{-1} (254 mg kg^{-1}). Não foram obtidas diferenças significativas para machos e fêmeas para os outros elementos. Neste sentido pode-se sugerir a existência de diferença nos hábitos alimentares entre machos e fêmeas, principalmente, se considerarmos que foram obtidas diferenças entre

um elemento essencial e um não essencial. Não foram obtidas diferenças significativas (para todos os elementos traço analisados) para animais em diferentes estágios de desenvolvimento. Contudo, pondera-se que foram analisados apenas 12 indivíduos adultos.

Corroborando os 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 presente trabalho observou-se diferenças significativas também para Cd e Hg em amostras de tecido hepático de *Spheniscus magellanicus*. Indivíduos coletados nos trechos 4, 6, 7, 8, 9 e 10 apresentaram maior concentração de Cd no tecido hepático que indivíduos coletados no trecho 1/2, 3 e 5; indivíduos coletados nos trechos 7, 8 e 9 apresentaram concentrações de Hg maiores que indivíduos coletados nos outros trechos.

Na interpretação dos resultados acima devem ser resguardadas algumas características relacionadas a 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. Assim, os resultados obtidos para Hg e Cd mostram que os elementos não essenciais são enriquecidos ao longo da costa brasileira (do litoral sul de Santa Catarina até o litoral norte de São Paulo). Corroboram esta afirmação os elementos traço Mo, V, além de outro elemento não essencial, o Pb e elementos essenciais, como o Cu e Zn.

O elemento As apresenta um comportamento distinto, sendo as concentrações do elemento no tecido hepático de indivíduos coletados nos trechos 1/2, 3 e 4, maiores que as concentrações nos indivíduos coletados nos trechos 5, 6, 7, 8, 9 e 10; por sua vez, as concentrações nos indivíduos coletados nos trechos 5, 6, 7, 9 e 10 maiores que nos trechos 8, 13, 14 e 15.

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 os elementos traço aqui determinados apresentaram concentrações maiores que as reportadas anteriormente na literatura no período de 2006 a 2016, sendo As (valor máximo = 14 mg kg⁻¹), Pb (valor máximo = 18,7 mg kg⁻¹), Mo (valor máximo = 5,3 mg kg⁻¹) e Zn (valor máximo = 671,2 mg kg⁻¹). Entretanto, os valores médios de concentração para estes seis elementos traço estiveram dentro do intervalo apresentado na **Tabela 7.1-1**. Os demais sete elementos, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Ni e Hg não apresentaram valores máximos acima do intervalo citado na **Tabela 7.1-1**. Para esta espécie, torna-se difícil a comparação dos resultados obtidos para Ba e V pela falta de informação na literatura.

O primeiro trabalho publicado sobre a concentração de metais em tecido hepático de *Larus dominicanus* foi bastante recente. Moura et al. (2018) relataram concentrações médias de As (3,26 mg kg⁻¹), Cd (1,28 mg kg⁻¹), Cr (2,74 mg kg⁻¹), Cu (17,61 mg kg⁻¹), Zn (253,43 mg kg⁻¹), Hg (2,83 mg kg⁻¹), para indivíduos (9) encontrados na costa do Rio de Janeiro, similares ou maiores as encontradas neste trabalho: As (3,05 mg kg⁻¹), Cd (0,37 mg kg⁻¹), Cr (0,08 mg kg⁻¹), Cu (14,7 mg kg⁻¹), Zn (136 mg kg⁻¹), Hg (3,23 mg kg⁻¹). O destaque da comparação fica pela baixa concentração de Cr encontrada no presente trabalho, que, em parte, pode ser justificada pelo rigoroso procedimento adotado para amostragem do tecido hepático dos animais (e.g. facas de cerâmicas). Os autores não identificam o sexo e claramente o estágio de desenvolvimento dos indivíduos. Assim pode-se sugerir que os indivíduos encontrados neste trabalho não apresentam indícios contaminações 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 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⁻¹ (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 presente trabalho as concentrações médias foram: maior para Hg (3,39 mg kg⁻¹), similares para As (2,32 mg kg⁻¹), Zn (141

mg kg⁻¹) e Pb (0,16 mg kg⁻¹) e inferiores para Cd (0,37 mg kg⁻¹) e Cu (14,9 mg kg⁻¹). 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⁻¹ (ambiente selvagem) e 9,6 mg kg⁻¹ (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⁻¹ (ambiente selvagem) e 16,1 mg kg⁻¹ ambiente urbano). Animais juvenis, em ambiente selvagem e urbano apresentaram concentrações de Cd de 1,5 mg kg⁻¹ e <0,01 mg kg⁻¹, respectivamente. Para Cu as concentrações (animais juvenis) foram de 15,8 e 15,4 mg kg⁻¹ 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⁻¹) (Cortés e 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 presente trabalho confirmam os relatados por Cortés e Luna-Jorquera (2011), que pontuam que animais adultos apresentam maior concentração do elemento, justificado por um processo de biomagnificação pelo consumo de ovos e filhotes de outros pássaros marinhos. No entanto, as concentrações médias para animais juvenis (0,21 mg kg⁻¹) e adultos (0,51 mg kg⁻¹) estiveram bem abaixo (10 vezes menores) do limite considerado tóxico para aves marinhas (5 mg kg⁻¹). Assim, considerando o trabalho Cortés e Luna-Jorquera (2011), pode-se concluir que não há evidências de contaminação de Cu e Cd nos animais coletados.

Não foi encontrado trabalhos onde avalia-se diferenças entre as concentrações de elementos traço em machos e fêmeas. No presente trabalho não houve diferença significativa entre sexo para as concentrações de quase

todos os elementos traço a exceção do Cd e Pb que apresentaram maiores concentrações em fêmeas do que em machos.

Com relação a variável local, as concentrações de As no tecido hepático de indivíduos coletados nos trechos 5, 6 e 7 apresentaram as maiores concentrações, as concentrações de Cu no tecido hepático de indivíduos coletados no trecho 13 foram maiores que os coletados nos demais trechos.

Não houve no período, entre o relatório anterior e este, novas publicações sobre análise de elementos traço em *Larus dominicanus*.

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, As (8,47 mg kg⁻¹), Mn (35,7 mg kg⁻¹), Mo (4,70 mg kg⁻¹), Zn (480 mg kg⁻¹) e Hg (395 mg kg⁻¹) 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**). Contudo, as médias obtidas no presente trabalho para estes cinco 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 um trabalho contendo informações sobre as concentrações de elementos traço em tecido hepático de *Sula leucogaster*. Nesse trabalho (Moura et al., 2018), 20 amostras de tecido hepático foram coletadas no Rio de Janeiro e apresentaram concentrações médias de As (2,20 ± 0,44 mg kg⁻¹); Cd (1,24 ± 0,99 mg kg⁻¹); Cu (16,49 ± 0,24 mg kg⁻¹); Cr (1,16 ± 0,46 mg kg⁻¹); Zn (96,88 ± 0,37 mg kg⁻¹); Hg (6,69 ± 0,48 mg kg⁻¹). Comparando com os valores obtidos no presente projeto, apenas Hg (11,02 mg kg⁻¹) foi consideravelmente superior aos valores relatados por (Moura et al., 2018). Assim, no caso da *Sula leucogaster* pode ser considerada alta apenas a concentração de Hg. Contudo, ressalta-se que a maioria dos animais (64 apresentaram concentrações de Hg entre (0,75 e 10,9 mg kg⁻¹).

O ato de mergulhar torna a espécie *Sula leucogaster* seletiva em termos de escolha de presas, sendo sua dieta a base de peixes pelágicos e grandes o que pode explicar a alta concentração de Hg encontrada nesta espécie (Moura et al., 2018). A afirmação é corroborada quando se compara as concentrações de Hg no tecido hepático das quatro aves contidas neste relatório.

Não há na literatura relatos que confirmem as diferenças significativas entre as concentrações de Cu e Mo para machos e fêmeas nem a existência de diferenças significativas para Cd, Cr, Cu e Mo entre os estágios de desenvolvimento (adulto e juvenil) e para todos os elementos obtidas no presente trabalho.

No presente trabalho as concentrações de Hg no tecido hepático de indivíduos coletados no trecho 5 e 8 apresentaram as maiores concentrações.

As concentrações de V no tecido hepático de indivíduos coletados nos trechos 13 e 14 foram maiores que a do trecho 10.

Recentemente, Bighetti et al. (2021) publicaram um trabalho comparando a concentração total de Hg em amostras de penas e sangue de *Sula leucogaster* entre sexos e entre estágios de desenvolvimento. Em concordância com os resultados apresentados no presente relatório, estes autores reportam ausência de diferenças significativas na concentração de Hg em amostras de sangue tanto na comparação entre fêmeas e machos como entre adultos e juvenis.

Em comparação com as concentrações encontradas recentemente na literatura científica (Nunes et al. 2022), no presente trabalho as concentrações médias em tecido hepático para Cu, Mn, Zn, Cd As e Hg foram superiores às concentrações reportadas por estes autores em amostras de sangue e penas; concentração similar para Cr em sangue e inferior comparado com as concentrações reportadas para amostras de pena. A concentração de Pb nas amostras do presente trabalho em *Sula leucogaster* foram inferiores às concentrações relatadas para amostras de sangue e pena (Nunes et al. 2022).

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, Mo (valor máximo = 4,9 mg kg⁻¹), Zn (valor máximo = 815 mg kg⁻¹) e Hg (valor máximo = 24,4 mg kg⁻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 $0,26 \pm 0,06$ mg kg⁻¹ e $1,88 \pm 0,21$ mg kg⁻¹, respectivamente, valores bem acima dos encontrados, principalmente para Pb. As concentrações de Cd e Pb encontradas nos animais foram associadas diretamente as concentrações dos elementos no Lago: Cd (entre 0,29 e 1,05 ng mL⁻¹ e Pb entre 24,4 e 103 ng mL⁻¹, sugerindo que a espécie é um bom biomonitor. A alta concentração de Pb no Lago deriva de atividade antrópica segundo os autores.

Semelhantemente aos resultados obtidos, os autores relatam não haver diferença significativa nas concentrações de Pb e Cd em tecido hepático de machos e fêmeas. Contudo, não foi possível confirmar as diferenças significativas nas concentrações de Cd e Zn para a variável estágio de desenvolvimento.

No período precedente a este relatório, não foram encontradas novas publicações sobre análise de elementos traço em *Phalacrocorax brasilianus*. Um artigo foi encontrado para a espécie *Phalacrocorax carbo* na Hungria (LEHEL et al. 2022). Estes autores analisaram as concentrações de As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb e Zn em amostras de músculos peitoral e

músculo de *Phalacrocorax carbo*, não foram encontradas diferenças significativas entre ambos os gêneros.

Fregata magnificens

Como já mencionado, para o presente relatório técnico anual, foi possível incorporar mais duas espécies de tetrápodes marinhos e suas respectivas análises estatísticas. Com 32 indivíduos fêmea e 37 machos, dos quais 32 foram reportados como estágio de desenvolvimento adulto e 19 juvenis, a espécie *Fregata Magnificens* contou com 69 indivíduos cujas concentrações de elementos traço em amostras de tecido hepático foram analisados e tratados estatisticamente.

Poucos dados científicos são encontrados na literatura que permitam realizar uma comparação adequada com os resultados aqui apresentados. No presente estudo foram encontradas diferenças significativas entre os indivíduos adultos e juvenis para Cd, maiores concentrações em indivíduos adultos do que em indivíduos juvenis (média = 2,11 e 1,60 mg kg⁻¹, respectivamente). Embora tenham sido estudadas diferentes matrizes (amostras de tecido hepático neste trabalho), Padilha et al. (2018) também reportaram maiores concentrações de Cd em penas analisadas de indivíduos adultos quando comparadas com as concentrações encontradas em penas de indivíduos juvenis. Quando comparadas as concentrações médias de todos os indivíduos analisados, neste trabalho foram encontradas concentrações maiores de Cd (média= 1,90 mg Kg⁻¹), Cu (23,6 mg Kg⁻¹) e Mn (12,8 mg Kg⁻¹) do que os valores relatados por Padilha et. al. (2018) em penas desta espécie.

Analogamente, as maiores concentrações de Hg obtidas para o conjunto de indivíduos adultos (média = 15,4 mg kg⁻¹), quando comparada com o conjunto de indivíduos juvenis (média = 8,29 mg kg⁻¹) encontradas no presente trabalho, coincidem com os dados apresentados por Sebastiano et al, (2016) que reportaram maiores concentrações de As, Pb, Hg e Zn em indivíduos adultos quando comparados com filhotes em amostras de sangue. No presente trabalho foram encontradas concentrações médias maiores de Cu (29,6 mg

Kg-1) Cd (1,90 mg Kg-1) e Hg (12,7 mg Kg-1), e menores concentrações de Cr (média <LD), Zn (180 mg Kg-1) e As (5,67 mg Kg-1), quando comparados com os valores reportados anteriormente por Moura et al. (2018) e Sebastiano et al. (2016) (**Tabela 7.4-1**). No último ano, não foram encontradas novas publicações sobre análise de elementos traço em amostras de *Fregata magnificens*.

Tabela 7.4-1. Concentrações (mg kg-1) de elementos traço relatados para *Fregata magnificens*.

Elemento	Moura et. al. 2018 Matriz = tecido hepático	Sebastiano et. al. 2016 Matriz = sangue	Padilha et. al. 2018 Matriz = penas	Este trabalho Matriz = tecido hepático
As	1,29	2,35	ND	5,97
Cd	0,57	ND	0,116	1,04
Cr	2,02	ND	ND	<LD
Cu	13,23	0,78	8,25	30,82
Pb	ND	0,02	ND	0,03
Mn	ND	0,21	5,14	13,03
Mo	ND	ND	ND	1,38
Zn	266,6	26,8	ND	191,0
Ni	ND	ND	ND	<LD
Ba	ND	ND	ND	<LD
V	ND	ND	ND	0,65
Hg	1,99	5,81	ND	11,57

*ND = Não Declarado; <LD = menor que o Limite de detecção. Em negrito os maiores valores encontrados

Thalassarche melanophris

Para o presente relatório técnico anual, foi possível incorporar mais uma espécie de tetrápodes marinhos e suas respectivas análises estatísticas. Com 12 indivíduos fêmea e 17 machos, dos quais unicamente 2 foram reportados como estágio de desenvolvimento adulto e 21 juvenis, a espécie *Thalassarche melanophris* contou com 23 indivíduos cujas concentrações de elementos traço em amostras de tecido hepático foram analisados e tratados estatisticamente.

Na comparação entre as concentrações dos elementos traço encontradas em ambos os sexos, somente o Pb apresentou diferenças significativas, com um valor p do desdobramento Student-Newman-Keuls igual a 0,0164. A falta de um número amostral estatisticamente significativo de indivíduos adultos, impossibilitou a comparação entre os diferentes estágios de desenvolvimento,

como tampouco foram observadas diferenças significativas entre os locais de coleta.

Poucos dados científicos são encontrados na literatura que permitam realizar uma comparação adequada com os resultados aqui apresentados. Kim et al. (1998) e Stewart et al. (1999) analisaram tecido hepático e de rins de *Thalassarche melanophris*, os resultados encontrados por estes autores são apresentados na **Tabela 7.4-2**. Comparando com os resultados obtidos no presente trabalho, podemos observar que o Cd apresentou uma concentração média similar aos valores relatados por esses autores (vide **Tabela 7.3-18**) e um máximo superior às concentrações relatadas na **Tabela 7.4-2**, embora este máximo seja considerado um outlier extremo (148,3 mg Kg⁻¹), sem o qual o valor máximo seria 47,83 mg Kg⁻¹ valor semelhante ao relatado na literatura. A mesma situação foi encontrada ao comparar o elemento traço Cu, com um máximo outlier extremo de 4251,7 mg kg⁻¹ (possível contaminação na cadeia da amostra), sem o qual o valor máximo seria de 82 mg Kg, com uma concentração média de 29,7 mg Kg⁻¹. O Zn apresentou valores mais elevados que os apresentados na literatura. O V também apresentou um valor máximo superior, entretanto o valor mínimo e a concentração média estão em concordância com a literatura.

Para este relatório, não somente foi possível incorporar as análises estatísticas de *Thalassarche melanophris*, como também já foi aceito para publicação um artigo onde se propõe esta espécie como potencial biomarcador de contaminação ambiental (Lima et al. 2023).

Tabela 7.4-2. Concentrações (mg kg⁻¹) de elementos traço relatados para *Thalassarche melanophris*.

Elemento	Kim et al. 1998		Stewart et al. 1999
	Mínimo	Máximo	Conc. média
As	ND	ND	ND
Cd	3.2	46.8	19,4
Cr	ND	ND	ND
Cu	12.7	24.6	16,3
Pb	0.019	0.065	ND
Mn	6.69	16.7	ND
Mo	ND	ND	ND
Zn	125	344	148,1
Ni	ND	ND	ND
Ba	ND	ND	ND
V	0.082	0.349	ND
Hg	13.6	138	124,6

Elemento	Kim et al. 1998		Stewart et al. 1999
	Mínimo	Máximo	Conc. média

*ND = Não Declarado; <LD = menor que o Limite de detecção. Em negrito os maiores valores encontrados

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, sete dos elementos traço determinados, As (valor máximo = 149 mg kg⁻¹), Cu (valor máximo = 912 mg kg⁻¹), Pb (valor máximo = 19,4 mg kg⁻¹), Mn (valor máximo = 79,5 mg kg⁻¹), Mo (valor máximo = 7,19 mg kg⁻¹), Zn (valor máximo = 524 mg kg⁻¹) e Hg (valor máximo = 463 mg kg⁻¹) apresentaram concentrações maiores que as reportadas anteriormente na literatura no período de 2006 a 2016. Outros dois elementos, Cd e Ni, estiveram abaixo do limite máximo citado no item (**Tabela 7.1-1**) e dois elementos, Cr (valor máximo = 2,29 mg kg⁻¹) e V (valor máximo = 19,1 mg kg⁻¹), apresentaram valores muito próximos dos reportados na referida (**Tabela 7.1-1**). Não há informação suficiente de Ba na literatura para estabelecer uma comparação ampla. Apesar da comparação dos resultados obtidos com a literatura ser imprecisa (há várias espécies envolvidas nos intervalos relatados), pode-se pontuar indícios de concentração elevadas para os seis elementos acima citados. Estas discordâncias podem ser atribuídas, além das diferentes concentrações nas distintas espécies, a vários fatores (e.g. local, estágio do desenvolvimento e sexo dos animais) e, também, as diferentes metodologias analíticas empregadas nos diferentes trabalhos.

Encontram-se atualmente vários trabalhos envolvendo a determinação de elementos traço em tecido hepático de *Chelonia mydas*. Por exemplo, só no trabalho de Macêdo et al. (2015) encontram-se sete citações envolvendo a determinação de elementos traço em tecidos de *Chelonia mydas* provenientes do Japão, China, Mar Mediterrâneo e Brasil. Contudo, poucas são conclusivas com relação a origem dos elementos traço presentes nesta tartaruga. Apesar de muitos dos trabalhos relatarem informações de várias localidades, no

presente trabalho, na discussão, por uma questão de proximidade e coesão, compara-se os resultados obtidos somente com os trabalhos realizados no Brasil. Esta abordagem será feita para todas as espécies destacadas neste trabalho (*Chelonia mydas*, *Spheniscus magellanicus*, *Larus dominicanus*, *Sula leucogaster*, *Phalacrocorax brasilianus*, *Sotalia guianensis*, *Pontoporia blainvillei*, *Fregata Magnificens*, *Arctocephalus australis*, *Caretta caretta* e *Thalassarche melanophris*), exceto quando o número de trabalhos disponíveis na literatura for insatisfatório (<2), neste caso serão incluídos nas discussões trabalhos realizados fora do Brasil.

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⁻¹, respectivamente. Os valores relatados foram consideravelmente inferiores aos obtidos no presente trabalho: Cd (27,0 mg kg⁻¹); Cu (215 mg kg⁻¹); Pb (1,03 mg kg⁻¹); Mn (11,9 mg kg⁻¹) Ni (0,38 mg kg⁻¹). 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 contamos com amostra de apenas um (01) indivíduo adulto entre as 1117 amostras analisadas desta espécie, e por tanto não foi possível a comparação estatística.

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⁻¹), Cu (100,9 mg kg⁻¹) e Pb (4,5 mg kg⁻¹) muito mais altas que as relatadas por Barbieri *et al.* (2009), porém, inferiores (no caso do Cd = 25,2; Cu = 206,7 mg kg⁻¹ e Pb = 0,75 mg kg⁻¹) às concentrações médias obtidas no presente trabalho. A concentração de Zn (45,0 mg kg⁻¹) relatada por Silva *et al.* (2014) também foi inferior a obtida neste trabalho (147,5 mg kg⁻¹). Neste sentido pode-se destacar como altas as concentrações obtidas para o Cd, Cu, Pb e Zn.

No estudo de Da Silva *et al.* (2014), os autores consideram dois fatores relacionados a 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.

Corroborando com os resultados obtidos no presente trabalho, Da Silva *et al.* (2014) relataram que não houve diferenças significativas nas concentrações dos elementos Cd, Cu, Pb e Zn analisados entre machos e fêmeas. Os autores atribuem esta semelhança ponderando que todos os indivíduos analisados foram juvenis e que as taxas absorção, excreção e acumulação de metais em quelônios são geralmente associadas com a maturidade e reprodução. Os autores citam trabalhos realizados no Japão (ANAN *et al.*, 2001) que confirmam este comportamento. Contudo estas justificativas não explicam os resultados obtidos para Hg no presente trabalho, maior para machos do que para fêmeas.

Em um outro estudo, realizado na costa norte do Brasil (Camaçari, Bahia, Brasil), Macêdo *et al.* (2015), relataram concentrações médias de As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, V e Hg de 29,8; 18,8; 0,6; 36,7; 0,54; 8,73; 1,09; 132; 0,79; 3,22 e 1,34 mg kg⁻¹, em amostras de tecido hepático de animais juvenis de *Chelonia mydas*, respectivamente. O elemento traço Ba não foi detectado. O estudo realizado por Macêdo *et al.* (2015) considera dois fatores relacionados a 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 o presente trabalho com o estudo de Macêdo *et al.* (2015), foram obtidas concentrações médias similares para a maioria dos elementos (Cd, Pb, Mn, Mo, Zn e Hg). Porém, foram obtidas concentrações médias inferiores para As, Cr, Ni e V, e concentrações médias superiores para Cu. Mais uma vez pontua-se a alta concentração de Cu nesta espécie.

Recentemente, Di Benedetto *et al.* (2019) relataram uma concentração de 0,43 mg kg⁻¹ 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. No presente trabalho a média de Hg encontrada (1,61 mg kg⁻¹ de Hg) foi maior que a relatado por Di Benedetto *et al.* (2019). Contudo a grande maioria dos animais (807 dos 1117) apresentou concentrações próximas (0,6 a 1,2) a média relatada por Di Benedetto *et al.* (2019). Sulato *et al.* (2022) relatam maiores concentrações de Cu, Pb, Mo, Zn, Ba e V em indivíduos costeiros, quando comparados com indivíduos oceânicos; entretanto para os elementos As e Hg foi observado o contrário, maiores concentrações em indivíduos oceânicos.

Segundo Anan *et al.* (2001) são necessários estudos relacionados a interações dinâmicas desses animais em diferentes estágios de vida para medir a transferência trófica de elementos e avaliar a influência do tamanho corporal e hábitos alimentares na acumulação de contaminantes. Assim, se desprezadas as interações dinâmicas desses animais em diferentes estágios de vida para medir a transferência trófica de elementos e avaliar a influência

do tamanho corporal (foi analisado apenas um animal adulto), pode-se sugerir os altos valores de concentrações encontrados no presente trabalhos estão associados aos hábitos alimentares dos quelônios.

Recentemente foi publicado um artigo comparando a concentração de Zn no fígado, rins e músculos de *Chelonia mydas* procedentes de Australia, Japão, USA, Hawai e Brasil (FRAGA *et al.* 2023); os autores reportam que tanto para fígado como para rins, os animais provenientes do Brasil apresentaram as menores concentrações médias (12,2 e 9,39 mg Kg⁻¹ respectivamente).

Com relação ao local, foi observada alguma diferença significativa para todos os elementos traço determinados, com exceção do Mn que não apresentou diferenças significativas entre os locais de coleta. Animais coletados no trecho 1/2 apresentaram concentração de As no tecido hepático significativamente maior (15,57 mg kg⁻¹) que animais coletados nos trechos 9, 10, 11, 12 e 15; animais coletados no trecho 11 apresentaram concentração Cd no tecido hepático (41,3 mg kg⁻¹) maior que animais coletados nos demais trechos; no trecho 3 concentrações de Cr (0,20 mg kg⁻¹) maior que animais coletados nos outros trechos; no trecho 12 concentrações de Cu (286 mg kg⁻¹) maior que animais coletados nos demais trechos; no trecho 15 concentrações de Pb maior (1,94 mg kg⁻¹) que animais os coletados nos trechos 1/2 a 14; no trecho 3 concentrações de Mo (1,43 mg kg⁻¹) maior que animais coletados nos trechos 1/2, 6, 7, 11,13, 14; no trecho 12 concentrações de Zn maior (196,3 mg kg⁻¹) que os animais coletados nos trechos 1/2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10; no trecho 12 concentrações de Ni maior (0,519 mg kg⁻¹) que animais os coletados nos trechos 1/2, 3, 4,5, 6, 7, 8, 11,13 e 14; no trecho 12 concentrações de Ba maior (0,346 mg kg⁻¹) que animais coletados nos outros trechos; no trecho 3 concentrações de V (13,56 mg kg⁻¹) maiores que nos outros trechos; o trecho 5 apresentou concentração média de Hg maior (15,8 mg kg⁻¹) que animais coletados nos demais trechos (medias entre 0,73 e 1,52 mg kg⁻¹ respectivamente); cabe salientar que neste trecho 5 foram coletados os dois indivíduos com concentrações extremas (192 e 463 mg kg⁻¹ respectivamente) sem os quais a concentração média seria de 1,63 mg kg⁻¹. O elemento traço Mn não apresentou diferenças significativas entre os trechos de coleta.

Pontua-se que apesar das diferenças significativas encontradas nos trechos não se pode atribuir claramente contaminações aos valores mais altos.

Caretta caretta

A espécie de tartaruga *Caretta caretta* foi a segunda espécie adicionada a este relatório, com um total de 59 indivíduos dos quais 36 fêmeas e 22 machos, com 11 indivíduos adultos e 45 juvenis, nos foi possível realizar os correspondentes tratamentos estatísticos após análise das amostras. Ainda continuam as dificuldades na hora de esquadrihar a literatura científica em busca de informações que permitiam 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). Souza et al. (2018) reportam valores de Cd, Cr, Cu, pb, Mn, Zn e Ba em ovos e carapaça de *Caretta caretta*, e Day et al. (2005) fizeram o monitoramento de Hg em diversas matrizes como tecido hepático, sangue, musculo e rins, mas reportam os valores em base úmida. Os valores reportados por estes autores, e os valores obtidos neste trabalho são apresentados na **Tabela 7.4-3**.

Tabela 7.4-3. Concentrações (mg kg^{-1}) de elementos traço relatados para *Caretta caretta*.

Elemento	Souza et. al. 2018		Day et. al., 2005	Este trabalho
	Ovos	Filhotes	Matriz = tecido hepático ¹	Matriz = tecido hepático
As	ND	ND	ND	18,5
Cd	0,34	0,34	ND	23,1
Cr	0,31	0,31	ND	0,12
Cu	1,48	1,68	ND	29,2
Pb	1,22	1,27	ND	1,77
Mn	0,53	0,54	ND	5,75
Mo	ND	ND	ND	0,83
Zn	10,1	11,72	ND	91,1
Ni	ND	ND	ND	0,33
Ba	0,56	0,62	ND	0,18
V	ND	ND	ND	1,26
Hg	ND	ND	0,59	2,99

*ND = Não Declarado; <LD = menor que o Limite de detecção. Em negrito os maiores valores encontrados

1. Valores reportados em peso úmido

Como se observa na **Tabela 7.4-3**, neste trabalho foram encontradas maiores concentrações de Cd, Cu, Zn e Hg. Entretanto observou-se maiores concentrações de Ba em ovos e filhotes desta espécie reportados por Souza *et al.*, (2018).

Salienta-se também que nenhum dos 12 elementos traço aqui analisados apresentou diferenças significativas, nem entre os trechos de coleta nem entre os estágios de desenvolvimento (adultos e juvenis).

7.4.3 Mamíferos

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, apenas Cu (valor máximo = 635 mg kg^{-1}) e Ni ($0,57 \text{ mg kg}^{-1}$) apresentaram concentrações maiores que as reportadas anteriormente na literatura no período de 2006 a 2016. Outros 10 elementos, As, Cd, Cr, Pb, Mn, Mo, Zn, Ba, V e Hg estiveram abaixo do limite máximo citado no item na **Tabela 7.1-1**.

A **Tabela 7.4-4** mostra as concentrações médias de alguns elementos traço em tecidos hepáticos de *Pontoporia blainvillei* coletadas em diferentes regiões do Brasil. As concentrações relatadas para As, Cd, Cu, Mn, Zn e V foram semelhantes aos valores obtidos, enquanto as concentrações relatadas para Cr, Pb e Mo foram maiores que os valores obtidos. A concentração média obtida para Hg ficou dentro do intervalo relatado, já a concentração média obtida para Ba (0,06 mg kg⁻¹) foi maior que o valor relatado. Ressalta-se, no entanto que a maioria dos indivíduos (125 dos 130 indivíduos) tiveram a concentração de Ba abaixo do LD. Assim, presume-se não haver dentre os animais coletados altas concentrações dos elementos traço determinados.

Kunito *et al.* (2004) relataram não haver diferença significativa entre as concentrações de As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ba e V em tecido hepático de machos e fêmeas de *Pontoporia blainvillei*. O comportamento foi confirmado para As, Cd, Cu, Pb por Seixas *et al.* (2009a) e relatado para Hg por Seixas *et al.* (2008). Os resultados obtidos no presente trabalho (ausência de diferença significativa para o fator sexo para todos os elementos traço) são assim corroborados pela literatura.

Tabela 7.4-4. Concentrações (mg kg⁻¹) de elementos traço relatados para *Pontoporia blainvillei*.

Ref. Local	Kunito <i>et al.</i> ,2004 São Paulo e Paraná	Seixas <i>et al.</i> ,2008 Sudeste Sul	Seixas <i>et al.</i> ,2009a Norte do Rio de Janeiro
As	1,2	NR	1,10
Cd	0,404	NR	0,55
Cr	0,49	NR	NR
Cu	44,5	NR	25,64
Pb	0,026	NR	0,67
Mn	14,8	NR	NR
Mo	2,28	NR	NR
Zn	152	NR	NR
Ni	NR	NR	NR
Ba	0,008	NR	NR
V	0,089	NR	NR
Hg	NR	2,60-10,7	NR

* NR = Não Relatado

Segundo Kunito *et al.* (2004) as concentrações de V, Mo, Cd e Hg no tecido hepático aumentaram com o aumento da idade da *Pontoporia blainvillei*. Seixas *et al.* (2008) relataram correlações positivas para a concentração de Hg e o tamanho dos indivíduos capturados no sudeste e sul do Brasil. Seixas *et*

al. (2009 a) relatam a inexistência de correlações entre as concentrações de As, Cd, Cu e Pb e o tamanho dos indivíduos.

No presente trabalho obteve-se os seguintes resultados: as concentrações de As, Cd, Mn, Mo e Hg foram maiores em animais adultos do que em filhotes (também juvenis, no caso de Hg); as concentrações de Cu e em animais juvenis 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).

A aparente inconsistência na comparação dos resultados pode ser devido a concentração dos elementos na dieta dos indivíduos. Neste sentido, as correlações positivas encontradas particularmente para elementos não essenciais (As, Cd e Hg) sugerem considerável exposição (ou, mais precisamente, considerável influência da concentração de elementos traço na cadeia alimentar) dos indivíduos da espécie para estes elementos. Estes comentários não corroboram as conclusões acima (quando se compara as concentrações médias) de não haver dentre os animais coletados altas concentrações dos elementos traço determinados. Por outro lado, a ausência de correlações positivas para outros elementos não essenciais (Pb e Ba), indicam a pouca exposição (ou, mais precisamente, pouca influência da concentração de elementos traço na cadeia alimentar) para estes elementos.

Kunito *et al.* (2004) afirmam que a contribuição antropogênica para altas acumulações em cetáceos brasileiros é difícil de ser avaliada porque elementos traço podem 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 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.

No presente trabalho, as concentrações de Cd no tecido hepático de indivíduos coletados no trecho 1/2 foram maiores que os coletados nos outros trechos. Diferenças significativas na concentração de Cd era esperada segundo Seixas *et al.* (2009a).

Para o elemento traço Pb as maiores concentrações foram encontradas no trecho 5; entanto que para Mn maiores concentrações foram encontradas em indivíduos coletados nos trechos 4 e 5. Pontua-se aqui, a maior concentração dos elementos não essenciais Cd e Pb encontradas no litoral catarinense em comparação ao litoral paulista.

Em uma recente publicação, Garcia-Garin e colaboradores (2021) analisaram a concentração de elementos traços em amostras de ossos de *Pontoporia blainvillei* encontrados mortos na bacia do Rio da Prata e suas adjacências ao longo dos últimos 62 anos. A comparação com os resultados do presente trabalho é dificultada pela diferença no tipo de tecido utilizado como amostra. No entanto, a modo de informação, os valores de concentração encontrados para Cr e Pb por estes autores, foram superiores aos encontrados no presente trabalho, valores similares para Ni e Zn, e valores inferiores para As, Hg, Cd e Cu.

Em artigo recente (MANHAES *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 presente trabalho. Assim, todos os valores relatados por Manhaes *et al.* (2022) para concentração de elementos traço em amostras de tecido hepático foram inferiores aos valores encontrados no presente trabalho.

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 elementos traço podem 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, apenas Cu (valor máximo = 1437 mg kg⁻¹), Mn (valor máximo = 27,8 mg kg⁻¹) e Ni (valor máximo = 12,7 mg kg⁻¹) apresentaram concentrações maiores que as reportadas anteriormente na literatura no período de 2006 a 2016. O valor máximo obtido para Mn foi muito próximo do limite esperado (valor máximo = 27,3 mg kg⁻¹), enquanto os outros nove elementos, As, Cd, Cr, Pb, Mo, Zn, Ba, V e Hg estiveram abaixo do limite máximo citado no item **Tabela 7.1-1**.

São apresentadas na **Tabela 7.4-5** as concentrações médias de alguns elementos traço em tecido hepático de *Sotalia guianensis* coletadas em diferentes regiões do Brasil. As concentrações relatadas para As, Mn, Mo, Zn, V e Hg foram semelhantes aos valores obtidos, enquanto as concentrações relatadas para Cr e Pb foram maiores que os valores obtidos. As concentrações médias obtidas para Cu ficaram dentro do intervalo relatado, já as concentrações médias obtidas para Ba (0,05 mg kg⁻¹) e Cd (0,94 mg kg⁻¹) foram maiores que os valores relatados. Ressalta-se, no entanto, que todos os indivíduos (41) tiveram a concentração de Ba abaixo do LD (vide **Figura 7.3-120**). Assim, pode-se presumir apenas uma possível contaminação de Cd no indivíduo.

Similarmente aos apontamentos para *Pontoporia blainvillei*, Kunito *et al.* (2004) relataram não haver diferença significativa entre as concentrações de As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ba e V em tecido hepático de machos e fêmeas de *Sotalia guianensis*. Os resultados foram confirmados para As, Cd, Cu, Pb por Seixas *et al.* (2009a). Seixas (2009b) também relata que o fator gênero não altera as concentrações de Cd, Cu e Hg. Os resultados obtidos no presente trabalho (ausência de diferença significativa para o fator sexo para todos os elementos traço) são corroborados pela literatura também para este cetáceo,

confirmando 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 positiva entre idade e a concentração de Hg, porém, inexistência de correlações entre Cd e Cu.

No presente trabalho as concentrações de Cd, Mn, Mo, Zn, V e Hg foram maiores em animais adultos do que em filhotes (e juvenis também no caso de Cd, V), enquanto as concentrações de Cu em filhotes ou animais juvenis foram maiores em animais adultos. Os resultados obtidos concordaram, em parte (para As e Pb), com resultados relatados por Seixas *et al.* (2009a) e parcialmente com os resultados (V, Mo, Cd e Hg) relatados por Kunito *et al.* (2004). Mais uma vez, ressalta-se que aparentes inconsistências na comparação dos resultados podem ser resultado das concentrações dos elementos na dieta dos indivíduos. Neste sentido as correlações positivas encontradas para Cd e Hg (elementos não essenciais) sugerem maior exposição dos indivíduos da espécie para estes elementos.

A diminuição da concentração hepática obtida para Cu com o aumento da idade observada no presente trabalho e comentada por alguns autores (SEIXAS 2009a e 2009b) é justificada (citando vários autores) pela perda do elemento (essencial) durante o crescimento, diluição do elemento com o crescimento do animal ou pela diminuição do nível requerido do metal para processos metabólicos.

Com relação ao local a concentração de As e de Cd no tecido hepático de indivíduos coletados nos trechos 7 e 10 foram maiores que a dos indivíduos do trecho 5, 6 e 13.

As concentrações de Ni no tecido hepático de animais coletados no trecho 13 (Mangaratiba a Sepetiba, RJ) maior que no trecho 6 (Guaratuba a Guaraqueçaba, PR).

As concentrações de Hg no tecido hepático de animais coletados no trecho 7 e 10 foram maiores que nos outros trechos.

Não foram encontradas novas publicações sobre análise de elementos traço em *Sotalia guianensis* no período entre o relatório anual anterior e o presente relatório.

Tabela 7.4-5. Concentrações (mg kg^{-1}) de elementos traço relatados para *Sotalia guianensis*.

Ref.	Kunito <i>et al.</i> ,2004	Seixas <i>et al.</i> ,2009 a	Seixas <i>et al.</i> ,2009 b
Local	São Paulo e Paraná	Norte do Rio de Janeiro	Norte do Rio de Janeiro
As	0,83	1,11	NR
Cd	0,654	0,39	0,41
Cr	0,93	26,48	NR
Cu	157	NR	26,48
Pb	0,070	1,55	NR
Mn	9,84	NR	NR
Mo	2,55	NR	NR
Zn	192	NR	NR
Ni	NR	NR	NR
Ba	0,009	NR	NR
Ba	0,009	NR	NR
V	0,13	NR	NR
Hg	NR	NR	27,77

* NR = Não Relatado

Arctocephalus australis

Foi encontrado um único artigo relatando a concentração de elementos traço em tecido hepático de *Arctocephalus australis* (na principal coleção do *Web of Science*). Baraj *et al.* (2009) relataram concentrações máximas e mínimas de Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Zn, Ni e Hg para *A. australis*. Os valores, relatados em base úmida, foram transformados em base seca (considerando uma umidade de 80%) (**Tabela 7.4-6**). Os animais (8) foram coletados no sul do Brasil, nas proximidades da cidade de Rio Grande (RS). Tentando achar uma referência para os níveis de elementos traço encontrados, os autores comparam seus resultados com os de outras espécies encontradas na

Antártica (*Arctocephalus gazella*) e, surpreendentemente, observam que os valores de Cd e Hg obtidos para *A. australis* foram mais baixos.

No período entre este relatório anual e o anterior não foram encontradas novas publicações envolvendo determinação de elementos traço em *Arctocephalus australis*.

Tabela 7.4-6. Concentrações mínimas e máximas de elementos traço no tecido hepático de *Arctocephalus australis* relatadas por Baraj et al., 2009. Valores em mg kg^{-1} transformado em base seca (considerando 80% de umidade).

	Mínimo	Máximo
Cd	0,80	147
Cr	5,50	5,20
Cu	18,9	64,1
Pb	0,38	1,40
Mn	20,4	52,3
Zn	212	745,7
Ni	0,45	0,85
Hg	1,60	271

Comparado os valores obtidos com os valores relatados por Baraj et al. 2009 observa-se que, apenas Cu (184 mg kg^{-1}) e Ni ($3,80 \text{ mg kg}^{-1}$) tiveram máximos superiores. As concentrações máximas obtidas para Cr ($0,19 \text{ mg kg}^{-1}$) e Pb ($0,20 \text{ mg kg}^{-1}$) foram inferiores as relatados por Baraj et al. (2009), enquanto os máximos para Cd (179 mg kg^{-1}), Mn (36 mg kg^{-1}) foram similares. Neste sentido, para efeito de contaminação, podem ser destacadas as concentrações de Cu e Ni. As diferenças nas concentrações obtidas às relatadas por Baraj et al. (2009) podem ser justificadas pelos diferentes locais onde os animais foram coletados. A maioria dos tecidos hepáticos analisados foram coletados nos trechos 1 (Laguna a Imbituba, SC) e 4 (Gov. Celso Ramos e a Barra Velha, SC), enquanto os tecidos analisados por Baraj et al. (2009) foram obtidos por animais coletados bem mais ao sul do Brasil). Os autores corroboram esta hipótese quando comparam os resultados obtidos com outras espécies do gênero *Arctocephalus* sp.

Não foi possível confirmar na literatura a inexistência de diferenças significativas entre as concentrações de todos os elementos traço analisados para macho e fêmea. No entanto, pode se observar que este é um comportamento comum entre mamíferos marinhos (vide os resultados obtidos para cetáceos).

7.4.4 Elementos traço derivados de atividades associadas a exploração de Petróleo

Abdullah *et al.* (2012) relatam um estudo para avaliar o impacto da indústria de petróleo na deposição de 11 elementos traço em torno da principal planta de refinaria de petróleo da Malásia em (Kerteh Terengganu, parte oriental da península da Malásia). Baseando-se no uso de bioindicadores e análise multivariada os autores apontam a precipitação dos elementos V, Cr, Cu e As no entorno da refinaria como predominantemente originários de suas atividades.

Um estudo sobre a acumulação histórica (dos últimos 100 anos) de elementos traço em sedimentos marinhos a partir da plataforma Tamaulipas, Golfo do México, foi recentemente publicado por Celis-Hernandez *et al.* (2017). Os autores apontam aumento da concentração dos elementos V, Cr, Zn, Cu, Pb, Zr e Ba.

Baseando-se nas discussões acima, podem ser destacados, por apresentar enriquecimento significativo, os elementos Cd, Hg Cu e Ni (considerando as espécies *Chelonia mydas*, *Spheniscus magellanicus*, *Sula leucogaster*, *Sotalia guianensis*, *Arctocephalus australis* como bioindicadores de elementos traço). Comparando com os resultados relatados por Abdullah *et al.* (2012) e Omar *et al.* (2018), somente o Cu é potencialmente originário da indústria de petróleo. Por outro lado, incrementos na concentração de Cu (ainda que considerada só as de origem antrópica) podem ter várias outras fontes diferentes da indústria de petróleo, como os resíduos tecnológicos descartados em forma inadequada (AZEVEDO; CHASIN, 2003). Assim, não se pode afirmar inequivocamente que este elemento é oriundo da indústria de petróleo para a área de estudo em questão.

7.5 CONSIDERAÇÕES

Para a elaboração deste relatório, foram analisadas 3193 amostras recebidas do Projeto de Monitoramento de Praias da Bacia de Santos, totalizando 56 espécies diferentes das quais, para os tratamentos estatísticos, foram consideradas somente aquelas espécies com 20 ou mais indivíduos, com o qual foi possível contar com um n amostral mínimo de 4 indivíduos para as comparações estatísticas intra-espécie (comparação entre sexos, estágio de desenvolvimento, local e ano da coleta, etc). Desta forma, apresentam-se análises estatísticas das 11 espécies mais abundantes (vide **Tabela 7.3-9**).

Alguns dos elementos traço analisados podem ser considerados, segundo a literatura, provenientes da atividade de exploração de petróleo, como Ba, Ni e V; entretanto estes elementos provem também de uma ampla variedade de fontes naturais e antropogênicas.

Considerando a comparação entre sexo, com exceção do Hg em *Chelonia mydas*, as tartarugas marinhas não apresentaram diferenças significativas entre as concentrações médias dos elementos traço analisados em machos e fêmeas. Entre as aves analisadas, *Spheniscus magellanicus* apresentou o maior número de diferenças significativas entre machos e fêmeas (7 dos 12 ET analisados), seguido de *Sula leucogaster* e *Fregata magnificens*, com 3 ET's com diferenças significativas entre machos e fêmeas. *Larus dominicanus* e *Thalassarche melanophris* apresentaram diferenças significativas entre ambos os sexos unicamente para o elemento Pb; enquanto *Phalacrocorax brasilianus* não apresentou diferenças significativas entre as concentrações de nenhum dos elementos analisados.

Considerando os mamíferos, não foram detectadas diferenças significativas nas concentrações médias dos elementos traço analisados entre machos e fêmeas, com a única exceção do Cu em *Sotalia guianensis* e *Pontoporia blainvillei*.

A análise temporal das concentrações de elementos traço, nas 11 espécies estatisticamente analisadas não apontaram indícios de aumento nas concentrações médias ao longo dos anos de coleta.

7.6 REFERÊNCIAS – ELEMENTOS TRAÇO

ABDULLAH, M. Z. B; SAAT, A. B; HAMZAH, Z. B., 2012. 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* 184:3459-3969.

ANAN, Y.; KUNITO, T.; WATANABE, I.; SAKAI, H.; TANABE, S., 2001. Trace element accumulation in hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata*) and green turtle (*Chelonia mydas*) from Yaeyama Islands, Japan. *Environ. Toxicol. Chem.* 20: 2802-2814.

AZEVEDO, F. A.; CHASIN, A. A. M. 2003. Metais: gerenciamento da toxicidade. São Paulo: Ed Atheneu.

BARAJ, B.; NIENCHESKI, L. F.; FILLMANN, G.; HERMANSS, L., 2009. Biochemical Normalization of Trace Metals in *Arctocephalus australis*. *Brazilian Journal of Oceanography*. 57 (1):1-6.

BARBIERI, E., 2009. Concentration of Heavy Metals in Tissues of green turtles (*Chelonia mydas*) sampled in the Cananeia Estuary, Brazil. *Brazil. Journ. of Oceanography*. 57:243-248.

BARBIERI, E.; GARCIA, C. A. B.; PASSOS, E. A.; ARAGÃO, K. A. S.; ALVES, J. P. H., 2007. Heavy metal concentration in tissues of *Puffinus gravis* sampled on the Brazilian coast. *Rev. Brasil. de Ornitol.* 15:69-72.

BERGHOF. Speedwave Four - Environment, Geology: Cleaning of Microwave Digestion Vessel - S.1/12 (Application Note).

BERGHOF. Speedwave Four - Food, Pharma, Cosmetic: Microwave Digestion of Meat – S. 82/88 (Application Note).

BIGHETTI, G. P.; PADILHA, J. A.; CUNHA, L. S.T.; KASPER, D.; MALM, O.; MANCINI, P. L. Bioaccumulation of mercury is equal between sexes but different by age in seabird (*Sula leucogaster*) population from southeast coast of Brazil. *Environmental Pollution*, v. 285, p. 117222, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117222>

CELIS-HERNANDEZ, O.; ROSALES-HOZ, L.; CUNDY, A. B.; CARRANZA-EDWARDS, A.; CROUDACE, I. W.; HERNANDEZ-HERNANDEZ, H., 2017. Historical Trace element accumulation in marine sediments from the Tamaulipas shelf, Gulf of Mexico: An assessment of natural vs anthropogenic inputs. *Scienc. of the Total Environ.* 622-623:325-336.

CID, F. D.; GATICA-SOSA, C.; ANTÓN, R. I.; CAVIEDES-VIDAL, E., 2009. Contamination of heavy metals in birds from Embalse La Florida (San Luis, Argentina). *Journal of Environmental Monitoring*. 11:2044-2051.

CIPRO, C. V. Z.; CHEREL, Y.; CAURANT, F.; MIRAMAND, P.; MÉNDEZ-FERNANDEZ, P.; BUSTAMANTE, P., 2014. Trace elements in tissues of white-chinned petrels (*Procellaria aequinoctialis*) from Kerguelen waters, Southern Indian Ocean. *Pol. Biol.* 37:763-771.

CORTÉS, M.; LUNA-JORQUERA, GUILLERMO., 2011. 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.

DA SILVA, C. C.; JR VARELA, A. S.; BARCAROLLI, I. F.; BIANCHINI, A., 2014. 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.

DAY, R. D., CHRISTOPHER, S. J., BECKER, P. R., & WHITAKER, D. W., 2005. Monitoring Mercury in the Loggerhead Sea Turtle, *Caretta caretta*. *Environmental Science & Technology*, 39(2), 437–446.

DI BENEDITTO, A. P., ARAÚJO, B. F., CARVALHO, C. E. V., 2019. 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.* 142, 64-68.

DODINO, S.; RICCIARDELI, L.; POLITO, M. J.; PÜTZ, K.; BRASSO, R. L.; REY, A. R. Mercury exposure driven by geographic and trophic factors in Magellanic penguins from Tierra del Fuego. *Marine Pollution Bulletin*, v. 174, p. 113184, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.113184>

EPA - US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 1995. Method 3052: Microwave Assisted Acid Digestion of Siliceous and Organically Based Matrices. Washington DC.

EPA - US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 1998. EPA 6020a: Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry. Washington DC.

EPA – US Environmental Protection Agency. 1998. Method 6020A (SW-846): Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry, Revision 1.

EPA - US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 2007. EPA 7474: Mercury in Sediment and Tissue Sample by Atomic Fluorescence Spectrometry. Washington DC.

FRAGA, N.S., MARTINS, A.S., BIANCHINI, A., FAUST, D. R., SAKAI, H., CARNEIRO DA SILVA, C., ALONSO AGUIRRE A. 2023. Pantropical distribution of zinc in green turtles (*Chelonia mydas*): marine vertebrates as sentinel species. *Environ Sci Pollut Res.* 30, p. 50509–50519. DOI: 10.1007/s11356-023-25771-6

FRERE, E.; GANDINI, P.; LICHTSCHEIN, V., 1996. Variacion latitudinal en la dieta del pinguino de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*) en la costa Patagonica, Argentina. *Ornitol. Neotrop.* 7:35-41.

GARCIA-GARIN, O.; BORREL, A.; VIGHI, M. AGUILAR, A.; VALDIVIA, M.; GONZÁLEZ, E. M.; DRAGO, M. Long-term assessment of trace elements in franciscana dolphins from the Río de la Plata estuary and adjacent Atlantic waters. *Science of The Total Environment*, V. 788, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147797>

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. 2008. Orientações Sobre validação de métodos de ensaios químicos -DOQ-CGCRE-008. Revisão: 01.

ISHII, C.; IKENAKA, Y.; NAKAYAMA, S. M. M.; SUZUKI, Y.; WATANUKI, Y.; WATANABE, Y.; FUKUWAKA, M.-A.; YOHANNES, Y. B.; KAWAI, Y. K.; ISHIZUKA, M., 2013. Heavy metal pollution in Japanese seabirds. *Jap. Journ. of Vet. Res.* v. 61, p. 75-76.

KEHRIG, H. A., HAUSER-DAVIS, R. A., SEIXAS, T. G., FILLMANN, G. 2015. Trace-elements, methylmercury and metallothionein levels in Magellanic penguin (*Spheniscus magellanicus*) found stranded on the Southern Brazilian coast. *Marine Pollution Bulletin*, v. 96(1), p. 450–455. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2015.05.006

KIM E. Y., GOTO R., TANABE S., TANAKA H., TATSUKAWA R. 1998. Distribution of 14 elements in tissues and organs of oceanic seabirds. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* v. 35(4), p. 638-645. DOI10.1007/s002449900426.

KOJADINOVIC, J.; BUSTAMANTE, P.; LE CORRE, M.; COSSON, R., 2007b. 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.

KOJADINOVIC, J.; LE CORRE, M; COSSON, R. P.; BUSTAMANTE, P., 2007a. 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.

KUNITO, T. et al., 2004. Concentration and subcellular distribution of trace elements in liver of small cetaceans incidentally caught along the Brazilian coast. *Marine Pollution Bulletin*, v. 49, n. 7–8, p. 574–587.

LEHEL, J. et al. Comparison of metal burden in different muscle tissues of Great cormorant (*Phalacrocorax carbo*). *Environmental Science and Pollution Research*, v. 29, n. 2, p. 2375-2384, 2022.

LE MOS, L. S.; MOURA, J. F.; HAUSER-DAVIS, R. A.; CAMPOS, R. C.; SICILIANO, S., 2013. 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.

LIMA, G. DOS S.; MENEGARIO, A. A.; SUAREZ, C. A.; KAMAZUKA, S. H.; GEMEINER, H.; SÁNCHEZ-SARMIENTO, A. M.; FERIOLI, R. B.; BARRETO, A. S. (2023). Pelagic and estuarine birds as sentinels of metal(loid)s in the South Atlantic Ocean: Ecological niches as main factors acting on bioaccumulation. *Environmental Pollution*, v. 326, p. 121452. DOI: 10.1016/j.envpol.2023.121452

MACÊDO, G. R.; TARANTINO, T. B.; BARBOSA, I. S.; PIRES, T. T.; ROSTAN, G.; GOLDBERG, D. W.; PINTO, L. F. B.; KORN, M. G. A.; FRANKE, C. A. 2015. 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(1-2), p. 284-289.

MANHÃES, B.M.R.; VANNUCI-SILVA, M.; BRIÃO, J. A.; GUARI, E. B.; BOTTA, S.; COLOSIO, A. C.; RAMOS, H. G. C.; BARBOSA, L. A.; CUNHA, I. A. G.; AZEVEDO, A. F.; CUNHA, H. A.; BISI, T. L.; LAILSON-BRITO, J. 2022. 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

MOURA, J. F.; TAVARES, D. C.; LEMOS, L.S.; ACEVEDO-TREJOS, E.; SAINT'PIERRE, T. D.; SICILIANO, S.; MERICO, A., 2018. Interspecific variation of essential and non-essential trace elements in sympatric seabirds. *Environmental Pollution* v. 242, p. 470-490.

NUMATA, M.; FAWCETT, J. P.; SAVILLE, D. J.; ROSENGREN, R. J., 2008. 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.

NUNES, G. T.; EFE, M. A.; BARRETO, C. T.; GAIOTO, J. B.; SILVA, A. B.; VILELA, F.; ROY, A.; BERTRAND, F.; COSTA, P. G.; BIANCHINI, A.; BUGONI, L. 2022. Ecological trap for seabirds due to the contamination caused by the Fundão dam collapse, Brazil. *Science of The Total Environment*, v. 807, p. 151486. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.151486

PADILHA, J. A.; CUNHA, L. S. T.; CASTRO, R. M.; MALM, O. AND DORNELES, P. R., 2018. Exposure of Magnificent Frigatebird (*Fregata magnificens*) and Brown Booby (*Sula leucogaster*) to Metals and Selenium in Rio de Janeiro State (Brazil) Coastal Waters. *Orbital: Electron. J. Chem.* v. 10 (4), p. 254-261.

QUADRI-ADROGUÉ, A.; GÓMEZ-RAMIREZ, P.; GARCÍA-FERNANDEZ, A. J.; GARCÍA, J. O.; SECO-PON, J. P.; MIGLIORANZA, K. S. B. 2022. Feather mercury levels in beached Magellanic penguin (*Spheniscus magellanicus*) in northern Argentina during the non-breeding season. *Environmental Science*

and Pollution Research, v. 29, p. 24793–24801. DOI: 10.1007/s11356-021-17539-7

SEBASTIANO, M.; BUSTAMANTE, P.; COSTANTINI, D.; EULAERS, I.; MALARVANNAN, G.; MENDEZ-FERNANDEZ, P.; CHURLAUD, C.; BLÉVIN, P.; HAUSELMANN, A.; DELL'OMO, G.; COVACI, A.; EENS, M.; CHASTEL, O. 2016. High levels of mercury and low levels of persistent organic pollutants in a tropical seabird in French Guiana, the Magnificent frigatebird, *Fregata magnificens*. *Environmental Pollution*, v. 214, p. 384-393.

SEIXAS, T. G., KEHRIG, H. A., DI BENEDITTO, A. P. M., SOUZA, C. M. M., MALM, O., MOREIRA, I. 2009b. Trace elements in different species of cetacean from Rio de Janeiro coast. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 20, p. 243–251. DOI: 10.1590/S0103-50532009000200008

SEIXAS, T. G.; KEHRIG, H. A.; COSTA, M.; FILLMANN, G.; DI BENEDITTO, A. P. M.; SECCHI, E. R.; SOUZA, C. M. M. S.; MALM, O.; MOREIRA, I., 2008. 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.

SEIXAS, T. G.; KEHRIG, H. A.; DI BENEDITTO, A. P. M.; SOUZA, C. M. M.; MALM, O.; MOREIRA, I., 2009a. 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.

SOUZA, N. L.; CARNEIRO, M. T. W. D.; PIMENTEL, E. F.; FROSSARD, A.; FREIRE, J. B.; ENDRINGER, D. C.; FERREIRA JÚNIOR, P. D., 2018. Trace elements influence the hatching success and emergence of *Caretta caretta* and *Chelonia mydas*. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, v. 50, p. 117–122.

STEWART, F. M., PHILLIPS, R. A., BARTLE, J. A., CRAIG, J., SHOOTER, D. 1999. Influence of phylogeny, diet, moult schedule and sex on heavy metal concentrations in New Zealand Procellariiformes. *Marine Ecology Progress Series*, v. 178, p. 295-305, 1999. DOI10.3354/meps178295.

SULATO, E. T.; LUKO-SULATO, K; PEDROBOM, J. H.; OLIVEIRA, L.M. S.; LIMA, G. S.; GOVONE, J. S.; BARRETO, A. S.; ARAÚJO, M. A. G.; MENEGÁRIO, A. A. 2022. Metals and metalloids in green turtle hepatic tissue (*Chelonia mydas*) from Santos Basin, Brazil. *Environmental Research*, v. 203, p. 111835. DOI: 10.1016/j.envres.2021.111835

THERMO SCIENTIFC. AN-E0619: US EPA SW-846 Method 6020A Using the X Series ICP-MS (Application Note).

THERMO SCIENTIFIC. Detection Limits for X Series II ICP-MS Instrumentation.

VEGA, C. M.; SICILIANO, S.; BARROCAS, P. R.; HACON, S. S.; CAMPOS, R. C.; JACOB, S. C.; OTT, P. H., 2010. 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.