

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

***Relatório Técnico Anual Integrado
(2024) - Volume 3***

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

Setembro/2025

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

*Volume 3: Biomarcadores, Análises
de fingerprint, Resíduos Sólidos,
Ações de Comunicação e Seções
Finais*

*Relatório Técnico
Revisão 00
Setembro/2025*

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| TABELAS | 6 |
| FIGURAS | 8 |
| APRESENTAÇÃO | 10 |
| 8 BIOMARCADORES | 12 |
| 8.1 Introdução..... | 12 |
| 8.1.1 Atividades Realizadas no Período | 13 |
| 8.1.2 Recebimento e Guarda de Amostras | 14 |
| 8.1.3 Distribuição Espacial Das Amostras Recebidas..... | 16 |
| 8.2 Padronização da Análise de Biomarcadores Moleculares..... | 20 |
| 8.2.1 Preparação de Amostras para Sequenciamento, Montagem e Análise de Transcriptoma de Novas Espécies Prioritárias | 20 |
| 8.2.2 Extração e Purificação do RNA Total em Amostras de Tecido Hepático de Tetrápodes Marinhos | 22 |
| 8.2.3 Avaliação da Qualidade E Integridade do RNA Total em Amostras de Tecido Hepático de Tetrápodes Marinhos | 23 |
| 8.2.4 Resultado da Extração e Purificação do RNA Total em Amostras de Tecido Hepático e Tegumentar de Tetrápodes Marinhos | 23 |
| 8.2.5 Padronização Das Reações De QPCR Dos Genes Alvo Em Termociclador De Placas..... | 27 |
| 8.2.6 Determinação Do Baseline Para Ajuste Do Limiar De Transcrição Em Chelonia mydas | 30 |
| 8.2.7 Análise De Biomarcadores Bioquímicos E Moleculares Em Tetrápodes Marinhos | 31 |
| 8.2.8 Metodologia de Análise | 31 |
| 8.2.9 Análises Estatísticas Preliminares | 37 |
| 8.3 Resultados e discussão..... | 38 |
| 8.3.1 Imunodeteção de CYP1A em aves marinhas..... | 38 |
| 8.3.2 Imunodeteção De CYP1A E Biomarcadores Moleculares Em Quelônios..... | 41 |
| 8.3.3 Imunodeteção De CYP1A Em Cetáceos | 47 |
| 8.4 Conclusões..... | 48 |
| 8.5 PRÓXIMAS ETAPAS | 50 |
| 8.6 BIBLIOGRAFIA..... | 51 |
| 9 ANÁLISES DE FINGERPRINT | 55 |
| 9.1 Atividades e Empreendimentos em Operação | 55 |
| 9.2 Registros De Incidentes Ambientais | 57 |
| 9.3 Registros de Resíduos Oleosos | 64 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 9.4 | Registros de Fauna Oleada..... | 73 |
| 9.5 | Considerações..... | 86 |
| 10 | REGISTROS DE RESÍDUOS SÓLIDOS..... | 93 |
| 10.1 | Registros por Trecho..... | 93 |
| 11 | AÇÕES DE COMUNICAÇÃO..... | 104 |
| 11.1 | Educação Ambiental..... | 104 |
| 11.2 | Divulgação..... | 106 |
| 11.3 | Divulgação Técnico-Científica..... | 109 |
| 12 | CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 114 |
| 13 | EQUIPE TÉCNICA..... | 117 |
| 13.1 | Coordenação Geral..... | 117 |
| 13.2 | Coordenações Temáticas..... | 118 |
| 13.3 | Colaboradores..... | 119 |
| 14 | APÊNDICES..... | 127 |
| 14.1 | Apêndice 1 – Registros de Fauna..... | 127 |
| 14.2 | Apêndice 2 – Históricos Clínicos..... | 127 |
| 14.3 | Apêndice 3 – Necropsias..... | 127 |
| 14.4 | Apêndice 4 – Modelos Lineares Generalizados..... | 127 |
| 14.5 | Apêndice 5 – Análise de Redundância..... | 127 |
| 14.6 | Apêndice 6 – Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos e organohalogenados..... | 127 |
| 14.7 | Apêndice 7 – Elementos Traço..... | 127 |
| 14.8 | Apêndice 8 – Biomarcadores..... | 127 |
| 14.9 | Apêndice 9 – Ações de Educação Ambiental..... | 128 |
| 14.10 | Apêndice 10 – Coordenadas..... | 128 |

TABELAS

| | |
|---|----|
| TABELA 8.1-1. AMOSTRAS DE INDIVÍDUOS PROVENIENTES DO PMP-BS DESTINADAS À ANÁLISE DE BIOMARCADORES DESDE O INÍCIO DAS ATIVIDADES ATÉ DEZEMBRO DE 2024. “*” - ESPÉCIES PRIORITÁRIAS PARA ANÁLISE DE BIOMARCADORES BIOQUÍMICOS E MOLECULARES. INFORMAÇÕES FORAM OBTIDAS NO SIMBA EM 31/12/2024..... | 14 |
| TABELA 8.2-1. IDENTIFICAÇÃO DOS ESPÉCIMES DE CARETTA CARETTA, LEPIDOCHELYS OLIVACEA, CALONECTRIS BOREALIS, SULA LEUCOGASTER, LARUS DOMINICANUS E SOTALIA GUIANENSIS CUJAS AMOSTRAS FORAM UTILIZADAS PARA EXTRAÇÃO DE RNA PARA SEQUENCIAMENTO E MONTAGEM DE TRANSCRIPTOMAS..... | 21 |
| TABELA 8.2-2. CONCENTRAÇÃO E PUREZA DO RNA EXTRAÍDO DE TECIDO HEPÁTICO DE CARETTA CARETTA, LEPIDOCHELYS OLIVACEA, CALONECTRIS BOREALIS, SULA LEUCOGASTER, LARUS DOMINUCANUS E SOTALIA GUIANENSIS..... | 24 |
| TABELA 8.2-3. PONTOS DE CURVA PADRÃO DO gBLOCK DE PUFFINUS PUFFINUS E SEUS RESPECTIVOS NÚMEROS DE CÓPIAS ABSOLUTOS. | 28 |
| TABELA 8.2-4. DETERMINAÇÃO DO BASELINE DO LIMIAR DE TRANSCRIÇÃO PARA OS GENES ALVO DE CHELONIA MYDAS EM UNIDADES RELATIVAS DE FLUORESCÊNCIA (RFU). OS DADOS ESTÃO APRESENTADOS COM RFU MÉDIO POR ENSAIO, AS RESPECTIVAS MÉDIAS, DESVIO PADRÃO (DP) E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV) PARA CADA GENE. | 30 |
| TABELA 8.2-5. CONDIÇÕES ÓTIMAS PARA A IMUNODETECÇÃO DE CYP1A EM TECIDO HEPÁTICO DE CALONECTRIS BOREALIS, LARUS DOMINICANUS, PUFFINUS PUFFINUS, CHELONIA MYDAS E SOTALIA GUIANENSIS. | 33 |
| TABELA 8.2-6. INICIADORES SENSO (F) E ANTI-SENSO (R) SELECIONADOS PARA QUANTIFICAÇÃO DOS TRANSCRITOS DOS GENES ALVO RECEPTOR DE HIDROCARBONETO AROMÁTICO (AhR), CITOCROMO P450 1A (CYP1A), RECEPTOR DE ESTRÓGENO (ESR1), GLUTATIONA S-TRANSFERASE ALFA (GSTA), URIDINA DIFOSFO GLICURONILTRANSFERASE 1 (UGT1) E VITELOGENINA (VTG2) EM TECIDO HEPÁTICO DE CHELONIA MYDAS. | 37 |
| TABELA 9.2-1 - RELAÇÃO DE INCIDENTES DE DESCARGA NO MAR POR ATIVIDADES/EMPREENHIMENTOS DA PETROBRAS NA BACIA DE SANTOS ENTRE 01/01/2024 E 31/12/2024..... | 59 |
| TABELA 9.3-1 - OCORRÊNCIAS DE RESÍDUOS OLEOSOS REGISTRADOS PELO PMP-BS ENTRE 01/01/2024 E 31/12/2024. | 65 |
| TABELA 9.3-3 - RESÍDUOS OLEOSOS REGISTRADOS NA ÁREA DE ABRANGÊNCIA DO PMP-BS ENTRE 01/01/2024 E 31/12/2024 E RESPECTIVOS CÓDIGOS DE AMOSTRA..... | 67 |
| TABELA 9.4-1 – OCORRÊNCIAS DE FAUNA OLEADA NO PMP-BS ENTRE 01/01/2024 E 31/12/2024. | 75 |
| TABELA 9.4-2 – ASPECTO GERAL DOS EXEMPLARES DE FAUNA OLEADA DETECTADOS NA ÁREA DE ABRANGÊNCIA DO PMP-BS NO PERÍODO DE 01/01/2024 A 31/12/2024 | 80 |

| | |
|--|-----|
| TABELA 9.5-1 – OCORRÊNCIAS DE RESÍDUOS OLEOSOS REGISTRADOS NO PMP-BS ENTRE OS ANOS DE 2017 E 2024. | 87 |
| TABELA 9.5-2 – REGISTROS DE FAUNA OLEADA AO LONGO DO PMP-BS NOS ANOS DE 2017 A 2024..... | 89 |
| TABELA 10.1-1 QUANTIDADE E TIPO DE OCORRÊNCIAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS POTENCIALMENTE RELACIONADOS ÀS ATIVIDADES LICENCIADAS (EXPLORAÇÃO, PRODUÇÃO E ESCOAMENTO DE ÓLEO E GÁS), POR ESTADO, MUNICÍPIO E PRAIA, PELO PMP-BS ÁREA SC/PR, DE 01/01/2024 A 31/12/2024. | 95 |
| TABELA 10.1-2 – REGISTROS DE RESÍDUOS SÓLIDOS POTENCIALMENTE RELACIONADOS ÀS ATIVIDADES LICENCIADAS (EXPLORAÇÃO, PRODUÇÃO E ESCOAMENTO DE ÓLEO E GÁS), PELO PMP-BS ÁREA SC/PR, DE 01/01/2024 A 31/12/2024..... | 95 |
| TABELA 10.1-3 – QUANTIDADE E TIPO DE OCORRÊNCIAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS POR MUNICÍPIO E PRAIAS E POR TRECHO NO PMP-BS ÁREA SP NO PERÍODO DE 01/01/2024 A 31/12/2024..... | 98 |
| TABELA 10.1-4 – REGISTROS DE RESÍDUOS SÓLIDOS POTENCIALMENTE RELACIONADOS ÀS ATIVIDADES LICENCIADAS (EXPLORAÇÃO, PRODUÇÃO E ESCOAMENTO DE ÓLEO E GÁS), PELO PMP-BS ÁREA SP, DE 01/01/2024 A 31/12/2024..... | 98 |
| TABELA 10.1-5 – QUANTIDADE E TIPO DE OCORRÊNCIAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS POTENCIALMENTE RELACIONADOS ÀS ATIVIDADES LICENCIADAS (EXPLORAÇÃO, PRODUÇÃO E ESCOAMENTO DE ÓLEO E GÁS), POR MUNICÍPIO E PRAIAS, PELO PMP-BS ÁREA RJ, DE 01/01/2024 A 31/12/2024. | 99 |
| TABELA 10.1-6 – REGISTROS DE RESÍDUOS SÓLIDOS POTENCIALMENTE RELACIONADOS ÀS ATIVIDADES LICENCIADAS (EXPLORAÇÃO, PRODUÇÃO E ESCOAMENTO DE ÓLEO E GÁS), PELO PMP-BS ÁREA RJ, DE 01/01/2024 A 31/12/2024. | 100 |
| TABELA 11.1-1 – QUANTIDADE DE PESSOAS ATINGIDAS PELAS AÇÕES DE DIVULGAÇÃO E EDUCAÇÃO AMBIENTAL DESENVOLVIDAS PELO PMP-BS NO PERÍODO DE 01/01/2024 A 31/12/2024. | 105 |
| TABELA 11.2-1 – QUANTIDADE DE REAÇÕES EM REDES SOCIAIS RELACIONADAS A PUBLICAÇÕES FEITAS PELAS INSTITUIÇÕES DO PMP-BS NO PERÍODO DE 01/01/2024 A 31/12/2024. | 108 |
| TABELA 11.3-1 – TRABALHOS ACADÊMICO-CIENTÍFICOS FINALIZADOS PELAS INSTITUIÇÕES DO PMP-BS ÁREA SC/PR, NO PERÍODO DE 01/01/2024 A 31/12/2024. | 109 |
| TABELA 11.3-2 – TRABALHOS CIENTÍFICOS FINALIZADOS PELAS INSTITUIÇÕES DO PMP-BS ÁREA SP, NO PERÍODO DE 01/01/2024 A 31/12/2024..... | 112 |

FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 8.1-1. DISTRIBUIÇÃO DAS OCORRÊNCIAS DE CARÇAÇAS DE AVES MARINHAS (CALONECTRIS BOREALIS, LARUS DOMINICANUS, PUFFINUS PUFFINUS E SULA LEUCOGASTER), A PARTIR DAS QUAIS FORAM COLETADAS AMOSTRAS DE FÍGADO PARA ANÁLISES DE BIOMARCADORES..... | 17 |
| FIGURA 8.1-2. DISTRIBUIÇÃO DA OCORRÊNCIA DE QUELÔNIOS (CARETTA CARETTA, LEPIDOCHELYS OLIVACEA E CHELONIA MYDAS) A PARTIR DAS QUAIS FORAM COLETADAS AMOSTRAS DE FÍGADO PARA ANÁLISES DE BIOMARCADORES. | 18 |
| FIGURA 8.1-3. DISTRIBUIÇÃO DAS OCORRÊNCIAS DE CARÇAÇAS DE BOTO CINZA, SOTALIA GUIANENSIS, A PARTIR DAS QUAIS FORAM COLETADAS AMOSTRAS DE FÍGADO PARA ANÁLISES DE BIOMARCADORES..... | 19 |
| FIGURA 8.2-1. PERFIL ELETROFORÉTICO DE RNA EM GEL DE AGAROSE 1,2% COM FORMALDEÍDO DAS AMOSTRAS DE TECIDO HEPÁTICO DE LARUS DOMINICANUS, SULA LEUCOGASTER E LEPIDOCHELYS OLIVACEA. | 26 |
| FIGURA 8.2-2. PERFIL ELETROFORÉTICO DE RNA EM GEL DE AGAROSE 1,2% COM FORMALDEÍDO DAS AMOSTRAS DE TECIDO HEPÁTICO DE CARETTA CARETTA. | 26 |
| FIGURA 8.2-3. PERFIL ELETROFORÉTICO DE RNA EM GEL DE AGAROSE 1,2% COM FORMALDEÍDO DAS AMOSTRAS DE TECIDO HEPÁTICO DE CALONECTRIS BOREALIS E SOTALIA GUIANENSIS. | 27 |
| FIGURA 8.2-4. GRÁFICO DE AMPLIFICAÇÃO DA CURVA PADRÃO DOS TRANSCRITOS DE HSP70 PARA PUFFINUS PUFFINUS. (A) CURVA DE AMPLIFICAÇÃO LOGARÍTMICA, (B) CURVA DE DISSOCIAÇÃO E (C) PICO DE DISSOCIAÇÃO DOS PRODUTOS DE REAÇÃO... | 29 |
| FIGURA 8.3-1. NÍVEIS PROTEICOS DE CYP1A EM TECIDO HEPÁTICO DE CALONECTRIS BOREALIS CATEGORIZADOS PELA AUSÊNCIA OU PRESENÇA DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO TRATO GASTROINTESTINAL. | 39 |
| FIGURA 8.3-2. NÍVEIS PROTEICOS DE CYP1A EM TECIDO HEPÁTICO DE LARUS DOMINICANUS COLETADOS ENTRE OS ANOS DE 2016 E 2023..... | 40 |
| FIGURA 8.3-3. NÍVEIS PROTEICOS DE CYP1A EM TECIDO HEPÁTICO DE PUFFINUS PUFFINUS COLETADOS ENTRE OS ANOS DE 2016 E 2023..... | 41 |
| FIGURA 8.3-4 - NÍVEIS PROTEICOS DE CYP1A EM TECIDO HEPÁTICO DE CHELONIA MYDAS CATEGORIZADOS PELA (A) ESTAÇÃO DO ANO E (B) ANO DE COLETA..... | 42 |
| FIGURA 8.3-5 - RESULTADOS DE BIOMARCADORES MOLECULARES EM TECIDO HEPÁTICO DE CHELONIA MYDAS EM DIFERENTES CONDIÇÕES: (A) NÍVEIS DE TRANSCRITOS DE ESR1 ENTRE INDIVÍDUOS COM NÍVEIS DE HPA NO TECIDO HEPÁTICO ABAIXO E ACIMA DO LIMITE DE DETECÇÃO (LD), (B) NÍVEIS DE TRANSCRITOS DE AHR ENTRE INDIVÍDUOS NA PRESENÇA E NA AUSÊNCIA DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO TRATO GASTROINTESTINAL, (C) NÍVEIS DE TRANSCRITOS DE ESR1 ENTRE INDIVÍDUOS NA PRESENÇA E NA AUSÊNCIA DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO TRATO GASTROINTESTINAL, (D) NÍVEIS DE TRANSCRITOS DE UGT1 ENTRE INDIVÍDUOS NA PRESENÇA E NA AUSÊNCIA DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO TRATO GASTROINTESTINAL. | 43 |

| | |
|--|-----------|
| FIGURA 8.3-6 - RESULTADOS DE BIOMARCADORES MOLECULARES EM TECIDO HEPÁTICO DE CHELONIA MYDAS CATEGORIZADOS DE ACORDO COM O ESCORE CORPORAL (A) NÍVEIS DE TRANSCRITOS DE AHR, (B) NÍVEIS DE TRANSCRITOS DE ESR1, (C) NÍVEIS DE TRANSCRITOS DE UGT1..... | 45 |
| FIGURA 8.3-7 - RESULTADOS DE BIOMARCADORES MOLECULARES EM TECIDO HEPÁTICO DE CHELONIA MYDAS CATEGORIZADOS PELO ANO DE COLETA (A) NÍVEIS DE TRANSCRITOS DE AHR, (B) NÍVEIS DE TRANSCRITOS DE CYP1A, (C) NÍVEIS DE TRANSCRITOS DE UGT1..... | 46 |
| FIGURA 8.3-8 - NÍVEIS PROTEICOS DE CYP1A EM TECIDO HEPÁTICO DE SOTALIA GUIANENSIS EM DIFERENTES ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTO..... | 47 |
| FIGURA 9.1-1 - MAPA COM A AGBS, UNIDADES DE PRODUÇÃO DA PETROBRAS E DE OUTRAS OPERADORAS NA BACIA DE SANTOS. | 57 |
| FIGURA 9.4-1 - LOCAIS DE REGISTRO DE FAUNA OLEADA ENCONTRADA PELO PMP-BS ÁREA SC/PR NO PERÍODO DE 01/01/2024 A 31/12/2024..... | 78 |
| FIGURA 9.4-2 - LOCAIS DE REGISTRO DE FAUNA OLEADA ENCONTRADA PELO PMP-BS ÁREA SP NO PERÍODO DE 01/01/2024 A 31/12/2024..... | 79 |
| FIGURA 9.4-3 - LOCAIS DE REGISTRO DE FAUNA OLEADA ENCONTRADA PELO PMP-BS ÁREA RJ NO PERÍODO DE 01/01/2024 A 31/12/2024. | 79 |
| FIGURA 9.5-1 – SÉRIE HISTÓRICA COM REGISTROS DE RESÍDUOS OLEOSOS PELO PMP-BS. | 88 |
| FIGURA 9.5-2 - SÉRIE HISTÓRICA COM REGISTRO DE FAUNA OLEADA PELO PMP-BS. | 91 |
| FIGURA 10.1-1 - REGISTRO DE OCORRÊNCIAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS APÓS AJUSTE METODOLÓGICO (2019 A 2024) NA ÁREA DE ABRANGÊNCIA DO PMP-BS. | 94 |

APRESENTAÇÃO

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

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

O PMP-BS também contempla a realização de análises de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA) e de elementos traço, realizadas a partir de tecidos extraídos de animais encontrados mortos no monitoramento de praias. Ambas as análises são atualmente executadas por laboratórios da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio). Por último o relatório incorpora as análises de Biomarcadores Bioquímicos e Moleculares, analisadas pelo Laboratório de Biomarcadores de Contaminação Aquática e Imunoquímica da Universidade Federal de Santa Catarina (LABCAI/UFSC). Estas análises são realizadas em amostras de fígado de carcaças frescas (código 2) que não receberam nenhum tipo de tratamento ou passaram por procedimentos veterinários.

Este Relatório Técnico Anual foi elaborado pela UNIVALI, utilizando os dados coletados por todas as instituições que executam o PMP-BS de Santa Catarina,

Paraná, São Paulo e Rio de Janeiro, com suporte das outras duas instituições que coordenam o PMP-BS em cada Área. Os conteúdos relativos às análises de HPA e elementos traço foram produzidos pela PUC-Rio e os de Biomarcadores pelo LABCAI/UFSC. Para facilitar a elaboração e leitura do relatório, ele foi dividido em três volumes que apresentam os seguintes conteúdos:

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

8 BIOMARCADORES

8.1 Introdução

O ambiente natural está constantemente sujeito a alterações, tanto de origem natural, quanto decorrentes de ações antrópicas. Os potenciais impactos gerados por essas alterações antropogênicas reforçam a importância do monitoramento das condições ambientais, visando subsidiar o desenvolvimento e a adequação de estratégias de gerenciamento para mitigação dos danos causados. Diversas abordagens podem ser aplicadas à biota com esse propósito, sendo a análise de biomarcadores uma ferramenta viável e amplamente utilizada para a avaliação da exposição a xenobióticos e dos seus efeitos nos organismos (HUGGETT et al., 2002).

Biomarcadores são definidos como alterações celulares, bioquímicas, moleculares ou fisiológicas medidas em células, fluidos corporais, tecidos ou órgãos, que servem como indicadores de exposição e/ou efeito de xenobióticos (substâncias estranhas ao organismo) (LAM; GRAY, 2003; LIVINGSTONE, 1993; WALKER, 1995). Os biomarcadores fornecem informações precoces sobre os efeitos da contaminação em níveis inferiores de organização biológica, como células e tecidos, antes que ocorram impactos mais severos, como mortalidade ou alterações em populações, comunidades e ecossistemas (CAJARAVILLE et al., 2000; VAN DER OOST; BEYER; VERMEULEN, 2003).

Dentre os biomarcadores amplamente analisados em estudos ambientais, destacam-se as enzimas envolvidas na biotransformação de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) e compostos organohalogenados. Essas enzimas, presentes nas células de todos os organismos vivos, catalisam reações intracelulares de oxidação e conjugação que tornam os contaminantes mais hidrossolúveis e, portanto, mais facilmente elimináveis.

Embora sejam ferramentas extremamente úteis, Den Besten (1998) destaca que o uso de biomarcadores como indicativo de alterações na homeostase do organismo depende diretamente do estabelecimento da amplitude de valores considerados “normais” e “alterados” para cada biomarcador em cada tecido e espécie estudada. Além disso, as particularidades bioquímicas e metabólicas de diferentes tecidos e espécies tornam necessárias adequações dos ensaios para a

análise de biomarcadores, a fim de garantir que as técnicas utilizadas retratem, de forma fidedigna, os processos bioquímicos e moleculares nos organismos (BEGER et al., 2017).

Nesse contexto, o presente relatório apresenta a descrição das atividades desenvolvidas durante o segundo ano do segundo ciclo da prestação de serviços intitulada “Padronização de Técnicas e de Execução de Análises de Biomarcadores Bioquímicos e Moleculares em Amostras Obtidas em Espécies de Aves, Quelônios e Mamíferos Marinhos”. O projeto visa desenvolver, adaptar e padronizar técnicas para a análise de biomarcadores bioquímicos e moleculares de contaminação ambiental em tetrápodes marinhos. No âmbito dos PMPs, as atividades previstas neste ciclo englobam a análise em amostras de tecido hepático de *C. caretta*, *L. olivacea*, *C. mydas*, *C. borealis*, *S. leucogaster*, *L. dominicanus*, *P. puffinus* e *S. guianensis*, cujas carcaças tenham sido classificadas como código 2 e que não tenham recebido qualquer tipo de tratamento ou intervenção veterinária.

8.1.1 Atividades Realizadas no Período

O presente documento descreve as atividades realizadas ao longo do ano de 2024, conforme detalhado a seguir:

(i) Padronização de biomarcadores moleculares: foram realizadas extrações de RNA total a partir de tecido hepático de *C. caretta*, *L. olivacea*, *C. borealis*, *S. leucogaster* e *S. guianensis*. Esse material está sendo utilizado nos processos de sequenciamento, montagem e análise do transcriptoma destas espécies. Além disso, foram padronizados os ensaios de qPCR com novos kits comerciais.

(ii) Análise de biomarcadores bioquímicos: foram realizadas análises de quantificação dos níveis proteicos de CYP1A em amostras de tecido hepático de *C. borealis*, *L. dominicanus*, *P. puffinus*, *C. mydas* e *S. guianensis*. provenientes do PMP-BS.

(iii) Análise de biomarcadores moleculares: foram quantificados os níveis de transcritos de genes-alvo em tecido hepático de *C. mydas*.

8.1.2 Recebimento e Guarda de Amostras

Até 31 de dezembro de 2024, encontravam-se sob guarda do LABCAI amostras hepáticas de 4.925 indivíduos provenientes do PMP-BS, pertencentes a 76 espécies distintas (**Tabela 8.1-1**). Deste total, 646 amostras foram recebidas no período entre 1º de janeiro e 31 de dezembro de 2024.

Das amostras recebidas, 2.542 referem-se a amostras de indivíduos de espécies prioritárias e estão destinadas às análises de biomarcadores bioquímicos e moleculares. O sumário dessas amostras foi elaborado com base nas informações disponíveis no Sistema de Monitoramento da Biota Aquática (SIMBA) até 31 de dezembro de 2024.

Tabela 8.1-1. Amostras de indivíduos provenientes do PMP-BS destinadas à análise de biomarcadores desde o início das atividades até dezembro de 2024. “*” - espécies prioritárias para análise de biomarcadores bioquímicos e moleculares. Informações foram obtidas no SIMBA em 31/12/2024.

| Táxon | Espécie | Número de indivíduos amostrados |
|-----------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Classe Reptilia | | |
| Ordem Testudinata | <i>Chelonia mydas</i> * | 1.413 |
| | <i>Caretta caretta</i> * | 82 |
| | <i>Lepidochelys olivacea</i> * | 9 |
| | <i>Eretmochelys imbricata</i> | 6 |
| | <i>Dermochelys coriacea</i> | 4 |
| | Classe Aves | |
| Ordem Sphenisciformes | <i>Spheniscus magellanicus</i> | 1.527 |
| Ordem Charadriiformes | <i>Larus dominicanus</i> * | 338 |
| | <i>Thalasseus acutiflavus</i> | 20 |
| | <i>Sterna hirundinacea</i> | 16 |
| | <i>Sterna sp.</i> | 12 |
| | <i>Sterna hirundo</i> | 12 |
| | <i>Pluvialis dominica</i> | 1 |
| | <i>Thalasseus maximus</i> | 6 |
| | <i>Haematopus palliatus</i> | 5 |
| | <i>Himantopus melanurus</i> | 4 |
| | <i>Rynchops niger</i> | 3 |
| | <i>Charadrius semipalmatus</i> | 1 |
| | <i>Stercorarius antarcticus</i> | 1 |

| Táxon | Espécie | Número de indivíduos amostrados |
|--------------------------------------|---------------------------------------|--|
| Ordem Procellariiformes | <i>Charadrius collaris</i> | 1 |
| | <i>Sterna trudeaui</i> | 1 |
| | <i>Stercorarius parasiticus</i> | 1 |
| | <i>Stercorarius sp.</i> | 1 |
| | <i>Puffinus puffinus*</i> | 308 |
| | <i>Procellaria sp.</i> | 1 |
| | <i>Procellaria aequinoctialis</i> | 49 |
| | <i>Procellaria cinerea</i> | 1 |
| | <i>Puffinus gravis</i> | 29 |
| | <i>Puffinus griseus</i> | 6 |
| | <i>Puffinus sp.</i> | 2 |
| | <i>Calonectris sp.</i> | 24 |
| | <i>Calonectris diomedea</i> | 9 |
| | <i>Calonectris diomedea borealis*</i> | 45 |
| | <i>Thalassarche melanophris</i> | 23 |
| | <i>Thalassarche chlororhynchos</i> | 10 |
| | <i>Pterodroma mollis</i> | 8 |
| | <i>Macronectes giganteus</i> | 3 |
| | <i>Oceanites oceanicus</i> | 2 |
| | <i>Pachyptila sp.</i> | 2 |
| | <i>Pachyptila desolata</i> | 2 |
| | <i>Pterodroma incerta</i> | 4 |
| | <i>Halobaena caerulea</i> | 1 |
| <i>Fulmarus glacialisoides</i> | 1 | |
| <i>Calonectris edwardsii</i> | 1 | |
| <i>Pterodroma sp.</i> | 1 | |
| Ordem Suliformes | <i>Sula leucogaster*</i> | 210 |
| | <i>Phalacrocorax brasilianus</i> | 153 |
| | <i>Fregata magnificens</i> | 103 |
| Ordem Pelecaniformes | <i>Phimosus infuscatus</i> | 3 |
| | <i>Egretta thula</i> | 1 |
| | <i>Ardea cocoi</i> | 1 |
| | <i>Ardea alba</i> | 7 |
| | <i>Nycticorax nycticorax</i> | 16 |
| | Classe Mammalia | |
| Ordem Cetacea Subordem Odontoceti | <i>Pontoporia blainvillei</i> | 206 |
| | <i>Sotalia guianensis*</i> | 137 |
| | <i>Stenella frontalis</i> | 24 |
| | <i>Tursiops truncatus</i> | 11 |

| <i>Táxon</i> | <i>Espécie</i> | <i>Número de indivíduos amostrados</i> |
|-------------------------|-------------------------------------|--|
| | <i>Tursiops truncatus gephyreus</i> | 1 |
| | <i>Kogia breviceps</i> | 5 |
| | <i>Steno bredanensis</i> | 5 |
| | <i>Mesoplodon sp.</i> | 1 |
| | <i>Delphinus delphis</i> | 3 |
| | <i>Lagenodelphis hosei</i> | 3 |
| | <i>Globicephala macrorhynchus</i> | 2 |
| | <i>Stenella longirostris</i> | 2 |
| | <i>Stenella attenuata</i> | 2 |
| | <i>Stenella sp.</i> | 6 |
| | <i>Grampus griseus</i> | 1 |
| | <i>Kogia sima</i> | 1 |
| | <i>Phocoena dioptrica</i> | 1 |
| | <i>Ziphius cavirostris</i> | 1 |
| Subordem Mysticeti | <i>Megaptera novaeangliae</i> | 5 |
| | <i>Eubalaena australis</i> | 1 |
| | <i>Balaenoptera acutorostrata</i> | 2 |
| Ordem Carnivora | <i>Arctocephalus australis</i> | 11 |
| | <i>Arctocephalus tropicalis</i> | 3 |
| | <i>Lontra longicaudis</i> | 1 |
| TOTAL: 76 espécies | | |
| TOTAL: 4.925 indivíduos | | |

Todas as 646 amostras hepáticas coletadas no âmbito do PMP-BS e encaminhadas para o LABCAI/UFSC no período de janeiro a dezembro de 2024 foram consideradas adequadas para a realização das análises de biomarcadores. As amostras encontram-se armazenadas em freezer -80°C, garantindo a preservação de sua integridade para as etapas analíticas subsequentes.

8.1.3 Distribuição Espacial Das Amostras Recebidas

As amostras das espécies prioritárias (*C. borealis*, *L. dominicanus*, *P. puffinus*, *S. leucogaster*, *C. caretta*, *C. mydas*, *L. olivacea* e *S. guianensis*) foram coletadas em diferentes trechos abrangidos pelo PMP-BS.

A distribuição geográfica das amostras de aves prioritárias (*C. borealis*, *P. puffinus*, *L. dominicanus* e *S. leucogaster*), coletadas no âmbito do PMP-BS e encaminhadas ao LABCAI, está apresentada na **Figura 8.1-1**.

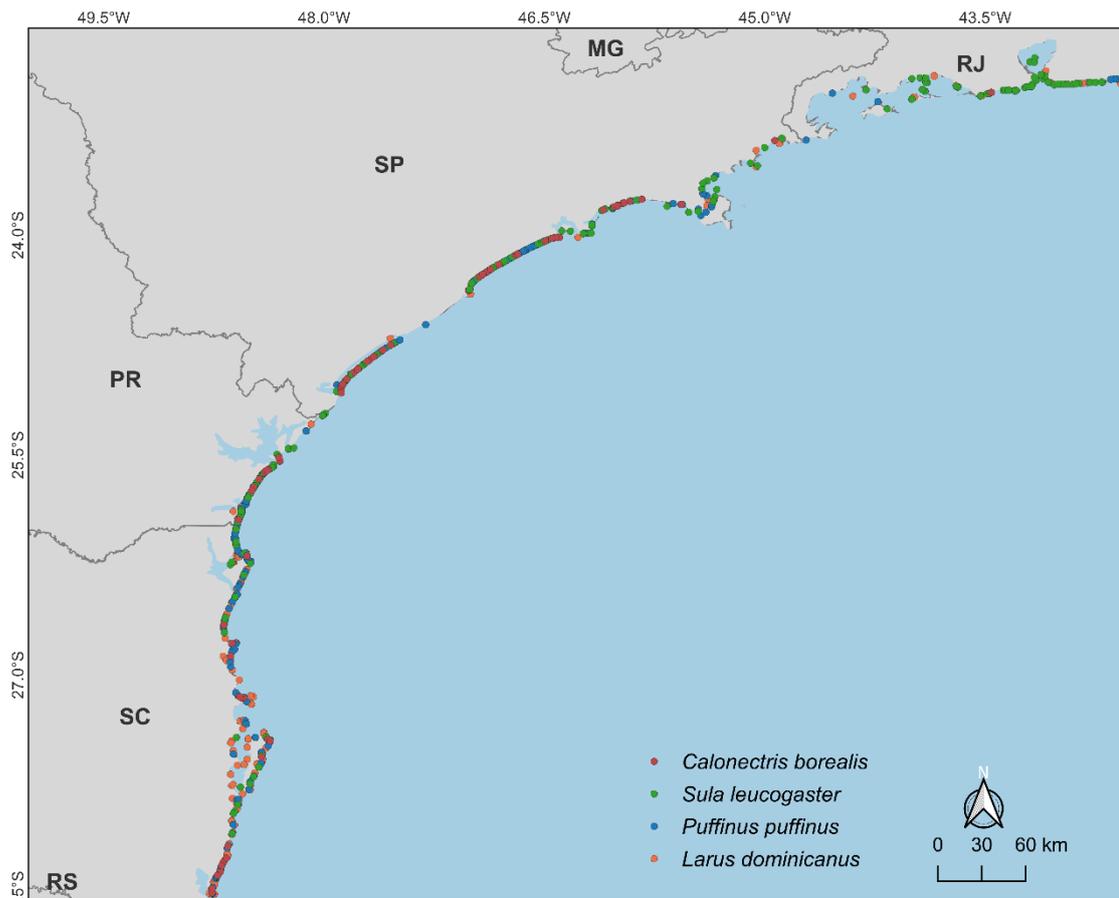


Figura 8.1-1. Distribuição das ocorrências de carcaças de aves marinhas (*Calonectris borealis*, *Larus dominicanus*, *Puffinus puffinus* e *Sula leucogaster*), a partir das quais foram coletadas amostras de fígado para análises de biomarcadores.

A distribuição geográfica das amostras das espécies prioritárias de quelônios (*C. caretta*, *L. olivacea* e *C. mydas*) coletadas no âmbito do PMP-BS e atualmente armazenadas no LABCAI está indicada na **Figura 8.1-2**.

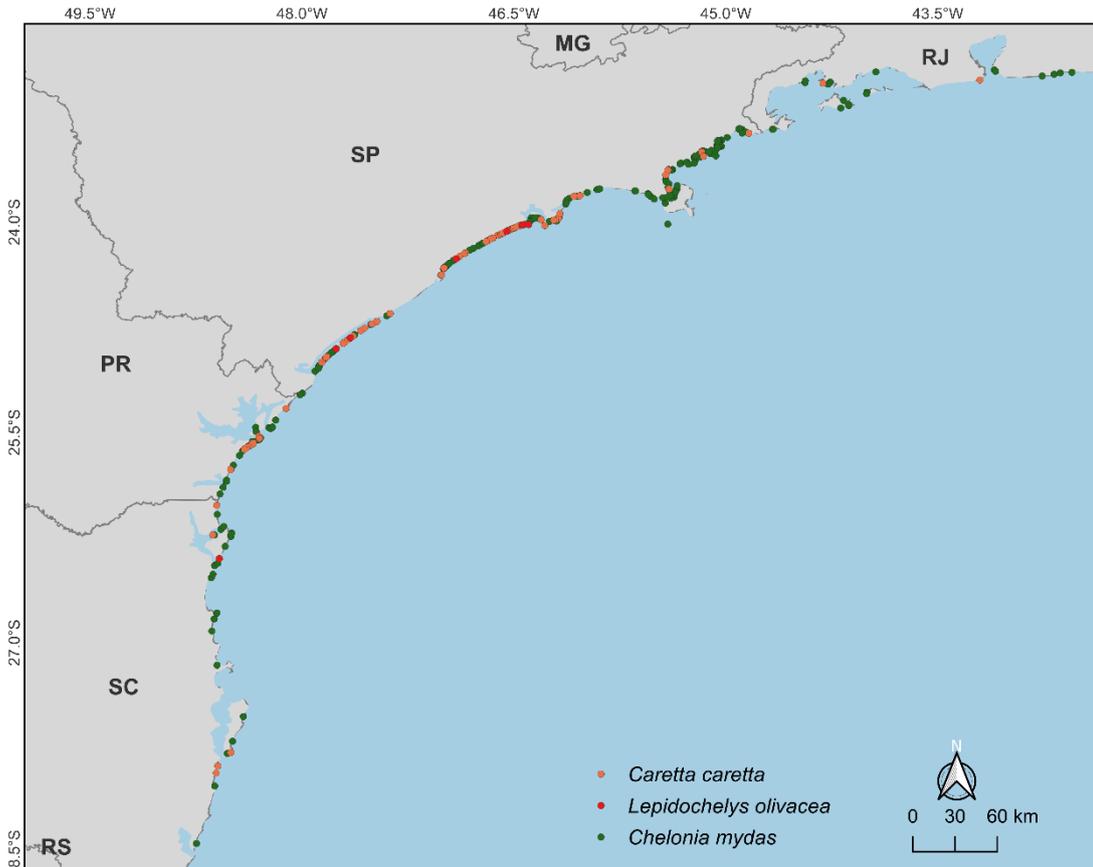


Figura 8.1-2. Distribuição da ocorrência de quelônios (*Caretta caretta*, *Lepidochelys olivacea* e *Chelonia mydas*) a partir das quais foram coletadas amostras de fígado para análises de biomarcadores.

A distribuição geográfica de ocorrência das carcaças de cetáceos da espécie *S. guianensis*, cujas amostras de tecido hepático foram coletadas no âmbito do PMP-BS para análise de biomarcadores, está apresentada na **Figura 8.1-3**.

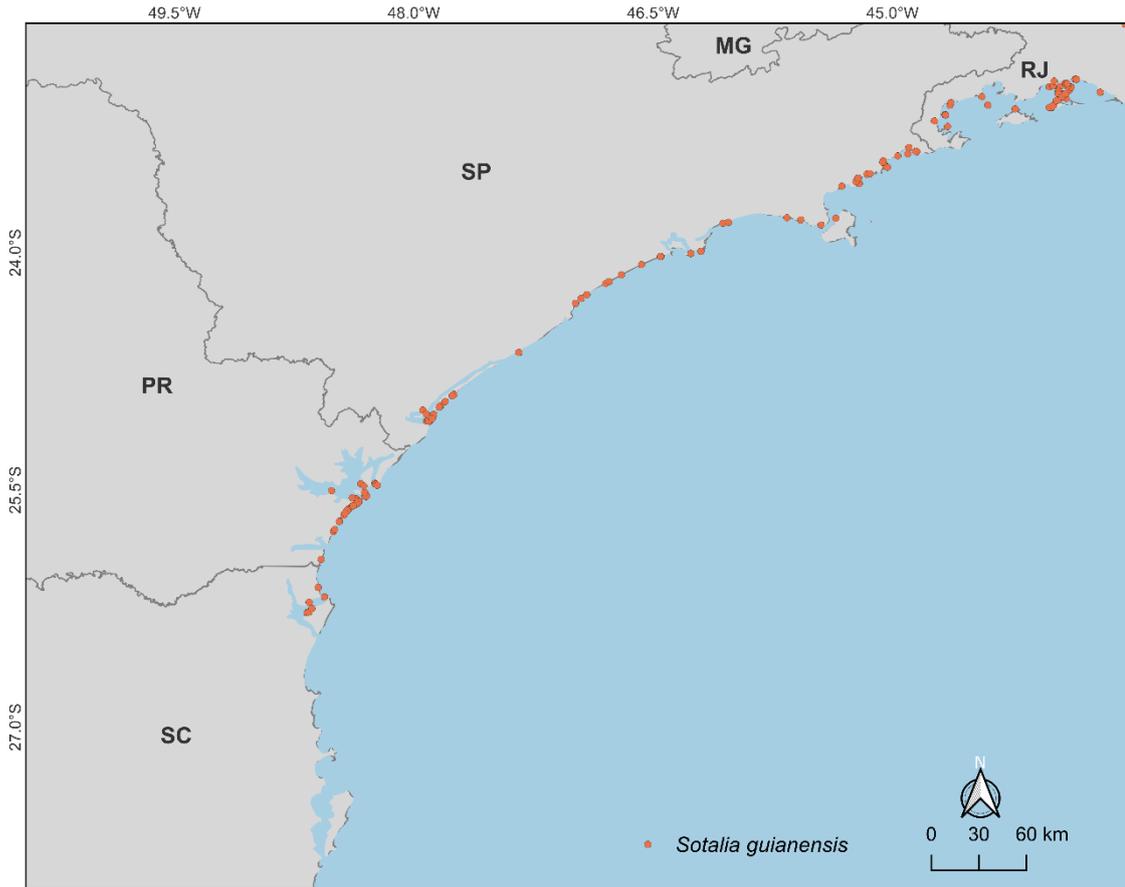


Figura 8.1-3. Distribuição das ocorrências de carcaças de boto cinza, *Sotalia guianensis*, a partir das quais foram coletadas amostras de fígado para análises de biomarcadores.

8.2 Padronização da Análise de Biomarcadores Moleculares

As atividades de padronização de análises moleculares descritas neste relatório englobam: (a) a extração, purificação e avaliação da qualidade do RNA total de *C. caretta*, *L. olivacea*, *C. borealis*, *S. leucogaster* e *S. guianensis* para realização do sequenciamento e anotação funcional dos transcriptomas dessas espécies; e (b) a padronização dos ensaios de *qPCR*, incluindo a determinação do *baseline* para o ajuste do limiar de transcrição de genes-avo em *C. mydas*.

8.2.1 Preparação de Amostras para Sequenciamento, Montagem e Análise de Transcriptoma de Novas Espécies Prioritárias

Conforme apresentado no relatório de 2024, a padronização das técnicas moleculares para as novas espécies prioritárias exige, como etapa inicial, a identificação das sequências gênicas correspondentes aos genes-alvo selecionados para o segundo ciclo do projeto. Para isso, é necessário o sequenciamento e montagem do transcriptoma global qualitativo de cada espécie.

As amostras de tecido hepático das espécies prioritárias utilizadas na extração de RNA descrita no relatório anterior não atenderam aos parâmetros de qualidade exigidos para o sequenciamento de RNA. Dessa forma, foram realizadas novas extrações de RNA, seguidas pelas etapas de purificação e avaliação da qualidade e integridade do RNA total obtido para as cinco novas espécies prioritárias, além de *L. dominicanus*.

A seleção das amostras candidatas ao sequenciamento foi conduzida por meio de uma curadoria minuciosa junto aos dados das espécies de interesse disponibilizados no SIMBA. A partir dessa análise, foram escolhidas amostras de indivíduos adultos, encontrados ainda vivos ou em óbito recente (durante o transporte ou nas bases do PMPs), assegurando a melhor qualidade possível do material biológico. Os dados dos espécimes selecionados para a etapa de extração de RNA e posterior sequenciamento e montagem de transcriptoma estão

apresentados na **Tabela 8.2-1**, abrangendo as seguintes espécies: *C. caretta*, *L. olivacea*, *C. borealis*, *S. leucogaster* e *S. guianensis*.

É importante ressaltar que as amostras utilizadas são provenientes do acervo amostral consolidado ao longo da execução desta Prestação de Serviços de Análise de Biomarcadores, abrangendo os diferentes Projetos de Monitoramento de Praias, (PMP-BS, PMP-BC/ES, PMP-BP e PMP-SE/AL). A justificativa para a utilização de amostras oriundas dos diferentes projetos está fundamentada na sua relevância para as etapas de padronização, permitindo que os procedimentos desenvolvidos possam ser posteriormente aplicados, de forma consistente, a amostras de diversas origens.

Assim, observa-se na **Tabela 8.2-1** a utilização de amostras provenientes tanto do PMP-SE/AL quanto do PMP-BS. Conforme explicado anteriormente, nessa primeira etapa de padronização é imprescindível o uso de amostras com a mais alta qualidade disponível. Além disso, uma vez determinadas as sequências dos genes-alvo, estas poderão ser utilizadas nas análises moleculares em amostras provenientes de todos os PMPs.

Tabela 8.2-1. Identificação dos espécimes de *Caretta caretta*, *Lepidochelys olivacea*, *Calonectris borealis*, *Sula leucogaster*, *Larus dominicanus* e *Sotalia guianensis* cujas amostras foram utilizadas para extração de RNA para sequenciamento e montagem de transcriptomas.

| Espécie | Código LABCAI | Identificação da amostra | Instituição de origem | PMP | Tecido biológico |
|------------------------------|---------------|--------------------------|-----------------------|------------|------------------|
| Quelônios | | | | | |
| <i>Caretta caretta</i> | CC016 | 153824 | Univille | PMP-BS | Hepático |
| <i>Caretta caretta</i> | CC021 | 163288 | IPeC | PMP-BS | Hepático |
| <i>Caretta caretta</i> | CC025 | 198491 | GREMAR | PMP-BS | Hepático |
| <i>Caretta caretta</i> | CC026 | 201036 | GREMAR | PMP-BS | Hepático |
| <i>Caretta caretta</i> | CC029 | 212381 | BIOPESCA | PMP-BS | Hepático |
| <i>Caretta caretta</i> | CC038 | 254582 | IPeC | PMP-BS | Hepático |
| <i>Caretta caretta</i> | CC044 | 203905 | Argonauta | PMP-BS | Hepático |
| <i>Caretta caretta</i> | CC046 | 90532 | Biopesca | PMP-BS | Hepático |
| <i>Lepidochelys olivacea</i> | LO005 | 63822 | Visão ambiental | PMP- SE/AL | Hepático |
| <i>Lepidochelys olivacea</i> | LO006 | 139892 | Visão ambiental | PMP- SE/AL | Hepático |
| <i>Lepidochelys olivacea</i> | LO007 | 202720 | Visão ambiental | PMP- SE/AL | Hepático |
| <i>Lepidochelys olivacea</i> | LO008 | 194630 | Visão ambiental | PMP- SE/AL | Hepático |
| <i>Lepidochelys olivacea</i> | LO009 | 919586 | Visão ambiental | PMP- SE/AL | Hepático |
| <i>Lepidochelys olivacea</i> | LO010 | 193774 | Visão ambiental | PMP- SE/AL | Hepático |
| <i>Lepidochelys olivacea</i> | LO011 | 228765 | Visão ambiental | PMP- SE/AL | Hepático |
| <i>Lepidochelys olivacea</i> | LO012 | 919568 | Visão Ambiental | PMP-SE/AL | Hepático |
| <i>Lepidochelys olivacea</i> | LO013 | 856104 | Visão Ambiental | PMP-SE/AL | Hepático |
| <i>Lepidochelys olivacea</i> | LO014 | 150749 | Visão Ambiental | PMP-SE/AL | Hepático |
| <i>Lepidochelys olivacea</i> | LO015 | 95474 | Visão Ambiental | PMP-SE/AL | Hepático |

| Espécie | Código LABCAI | Identificação da amostra | Instituição de origem | PMP | Tecido biológico |
|------------------------------|---------------|--------------------------|-----------------------|-----------|------------------|
| <i>Lepidochelys olivacea</i> | LO016 | 66196 | Visão Ambiental | PMP-SE/AL | Hepático |
| <i>Lepidochelys olivacea</i> | LO017 | 189787 | Visão Ambiental | PMP-SE/AL | Hepático |
| <i>Lepidochelys olivacea</i> | LO018 | 192813 | Visão Ambiental | PMP-SE/AL | Hepático |
| Aves | | | | | |
| <i>Calonectris borealis</i> | CB166 | 109403 | GREMAR | PMP-BS | Hepático |
| <i>Calonectris borealis</i> | CB167 | 195086 | GREMAR | PMP-BS | Hepático |
| <i>Calonectris borealis</i> | CB168 | 204144 | Visão Ambiental | PMP-SE/AL | Hepático |
| <i>Calonectris borealis</i> | CB169 | 185488 | GREMAR | PMP-BS | Hepático |
| <i>Calonectris borealis</i> | CB170 | 98508 | UFPR | PMP-BS | Hepático |
| <i>Calonectris borealis</i> | CB171 | 109491 | UFPR | PMP-BS | Hepático |
| <i>Sula leucogaster</i> | SU061 | 187286 | CTA/Econservation | PMP-BS | Hepático |
| <i>Sula leucogaster</i> | SU076 | 126632 | CTA Meio Ambiente | PMP-BS | Hepático |
| <i>Sula leucogaster</i> | SU091 | 201642 | IPeC | PMP-BS | Hepático |
| <i>Sula leucogaster</i> | SU094 | 160071 | GREMAR | PMP-BS | Hepático |
| <i>Sula leucogaster</i> | SU152 | 50399 | UDESC | PMP-BS | Hepático |
| <i>Sula leucogaster</i> | SU156 | 53289 | Univali | PMP-BS | Hepático |
| <i>Larus dominicanus</i> | LD121 | 169628 | UDESC | PMP-BS | Hepático |
| <i>Larus dominicanus</i> | LD248 | 45197 | Univille | PMP-BS | Hepático |
| Mamíferos | | | | | |
| <i>Sotalia guianensis</i> | SG003 | 39378 | Argonauta | PMP-BS | Hepático |
| <i>Sotalia guianensis</i> | SG013 | 225972 | Argonauta | PMP-BS | Hepático |
| <i>Sotalia guianensis</i> | SG031 | 163996 | IPeC | PMP-BS | Hepático |
| <i>Sotalia guianensis</i> | SG042 | 244645 | UFPR | PMP-BS | Hepático |
| <i>Sotalia guianensis</i> | SG064 | 758869 | Univille | PMP-BS | Hepático |
| <i>Sotalia guianensis</i> | SG080 | 11755 | Univille | PMP-BS | Hepático |
| <i>Sotalia guianensis</i> | SG081 | 17458 | UFPR | PMP-BS | Hepático |
| <i>Sotalia guianensis</i> | SG085 | 196565 | IPeC | PMP-BS | Hepático |

8.2.2 Extração e Purificação do RNA Total em Amostras de Tecido Hepático de Tetrápodes Marinhos

O RNA total de cada amostra foi extraído individualmente utilizando-se o reagente Qiazol® (Qiagen®), de acordo com as recomendações do fabricante, para amostras de tecido hepático de *C. caretta*, *L. olivacea*, *C. borealis*, *S. leucogaster*, *L. dominicanus* e *S. guianensis*. O RNA extraído foi seco a 40°C e ressuspenso em água livre de DNase e RNase padrão para biologia molecular.

Para garantir a qualidade necessária exigida para o sequenciamento do RNA, foi realizada uma etapa de tratamento de cada amostra de RNA com DNase I (Qiagen®) seguidas pela purificação de possíveis substâncias interferentes (proteínas, carboidratos e sais) com o kit comercial RNeasy MinElute Cleanup® (Qiagen®).

8.2.3 Avaliação da Qualidade E Integridade do RNA Total em Amostras de Tecido Hepático de Tetrápodes Marinhos

O RNA obtido de todas as amostras foi avaliado quanto à concentração (absorbância a 260 nm) e pureza, por meio da análise das razões 260/280 e 260/230 em espectrofotômetro NanoDrop® One (Thermo Fisher Scientific®). Valores de razão 260/280 superiores a 1,8 e de 260/230 superiores a 1,7 foram considerados indicativos de qualidade aceitável (WIECZOREK; DELAURIERE; SCHAGAT, 2012).

Devido à necessidade de alto grau de integridade do RNA para o sequenciamento e montagem de transcriptoma, o RNA extraído e purificado foi submetido à avaliação por eletroforese em gel de agarose a 1,2% com formaldeído. Nesta técnica, a integridade do RNA é verificada pela visualização de duas bandas distintas, referentes às subunidades 28S e 18S do RNA ribossomal. Amostras de RNA íntegro apresentam proporção aproximada de 2:1 na intensidade das bandas 28S:18S, respectivamente. Por outro lado, a ausência dessas bandas sugere degradação do RNA.

8.2.4 Resultado da Extração e Purificação do RNA Total em Amostras de Tecido Hepático e Tegumentar de Tetrápodes Marinhos

Os resultados de concentração, pureza e integridade dos RNAs extraídos estão apresentados na **Tabela 8.2-2**. De modo geral, as amostras utilizadas apresentaram valores satisfatórios para as razões de absorbância 260/280 e 260/230, além de concentrações suficientes para os procedimentos subsequentes. A única exceção foi a amostra CC046, que apresentou uma razão 260/230 de 1,53, inferior ao valor de referência adotado (> 1,7). Entretanto, considerando a limitação no número de amostras de *C. caretta* que atendem aos critérios de elegibilidade para sequenciamento, optou-se por incluir a amostra CC046 na etapa de avaliação da integridade do RNA, juntamente as demais.

Tabela 8.2-2. Concentração e pureza do RNA extraído de tecido hepático de *Caretta caretta*, *Lepidochelys olivacea*, *Calonectris borealis*, *Sula leucogaster*, *Larus dominicanus* e *Sotalia guianensis*.

| Espécie | Código amostra | Concentração de RNA | | |
|------------------------------|----------------|---------------------|---------|---------|
| | | (ng/uL) | 260/280 | 260/230 |
| Quelônios | | | | |
| <i>Caretta caretta</i> | CC016 | 2408,90 | 2,14 | 2,33 |
| <i>Caretta caretta</i> | CC021 | 1837,30 | 2,15 | 2,33 |
| <i>Caretta caretta</i> | CC025 | 1663,60 | 2,15 | 2,37 |
| <i>Caretta caretta</i> | CC026 | 2747,90 | 2,13 | 2,32 |
| <i>Caretta caretta</i> | CC029 | 2237,80 | 2,14 | 2,30 |
| <i>Caretta caretta</i> | CC038 | 1135,10 | 2,03 | 1,95 |
| <i>Caretta caretta</i> | CC044 | 1279,60 | 2,04 | 1,87 |
| <i>Caretta caretta</i> | CC046 | 2412,50 | 1,93 | 1,53 |
| <i>Lepidochelys olivacea</i> | LO005 | 2087,80 | 2,13 | 2,19 |
| <i>Lepidochelys olivacea</i> | LO006 | 2116,60 | 2,10 | 2,13 |
| <i>Lepidochelys olivacea</i> | LO007 | 2207,30 | 2,13 | 2,27 |
| <i>Lepidochelys olivacea</i> | LO008 | 2156,60 | 2,13 | 2,29 |
| <i>Lepidochelys olivacea</i> | LO009 | 1940,70 | 2,08 | 2,02 |
| <i>Lepidochelys olivacea</i> | LO010 | 2063,70 | 2,13 | 2,22 |
| <i>Lepidochelys olivacea</i> | LO011 | 2072,40 | 2,08 | 2,02 |
| <i>Lepidochelys olivacea</i> | LO012 | 2334,40 | 2,14 | 2,34 |
| <i>Lepidochelys olivacea</i> | LO013 | 2314,00 | 2,08 | 2,22 |
| <i>Lepidochelys olivacea</i> | LO014 | 2438,00 | 2,06 | 2,03 |
| <i>Lepidochelys olivacea</i> | LO015 | 2289,00 | 2,13 | 2,33 |
| <i>Lepidochelys olivacea</i> | LO016 | 2405,50 | 2,11 | 2,33 |
| <i>Lepidochelys olivacea</i> | LO017 | 2373,20 | 2,07 | 2,12 |
| <i>Lepidochelys olivacea</i> | LO018 | 1561,30 | 2,11 | 1,97 |
| Aves | | | | |
| <i>Calonectris borealis</i> | CB166 | 2695,50 | 2,11 | 2,34 |
| <i>Calonectris borealis</i> | CB167 | 2521,60 | 2,11 | 2,33 |
| <i>Calonectris borealis</i> | CB168 | 2637,70 | 2,11 | 2,28 |
| <i>Calonectris borealis</i> | CB169 | 2942,90 | 2,12 | 2,34 |
| <i>Calonectris borealis</i> | CB170 | 2896,40 | 2,12 | 2,34 |
| <i>Calonectris borealis</i> | CB171 | 2863,90 | 2,12 | 2,35 |
| <i>Sula leucogaster</i> | SU061 | 2447,10 | 2,17 | 2,31 |
| <i>Sula leucogaster</i> | SU076 | 2667,50 | 2,12 | 2,29 |
| <i>Sula leucogaster</i> | SU091 | 3560,60 | 2,14 | 2,33 |
| <i>Sula leucogaster</i> | SU094 | 2813,00 | 2,14 | 2,28 |
| <i>Sula leucogaster</i> | SU152 | 2551,20 | 2,14 | 2,28 |
| <i>Sula leucogaster</i> | SU156 | 3795,90 | 2,13 | 2,33 |
| <i>Larus dominicanus</i> | LD121 | 2741,80 | 2,11 | 2,30 |
| <i>Larus dominicanus</i> | LD248 | 2455,80 | 2,09 | 2,35 |
| Mamíferos | | | | |
| <i>Sotalia guianensis</i> | SG003 | 2947,40 | 2,10 | 2,31 |
| <i>Sotalia guianensis</i> | SG013 | 2767,40 | 2,10 | 2,22 |
| <i>Sotalia guianensis</i> | SG031 | 2567,40 | 2,09 | 2,28 |
| <i>Sotalia guianensis</i> | SG042 | 2943,10 | 2,09 | 2,24 |
| <i>Sotalia guianensis</i> | SG064 | 2754,80 | 2,10 | 2,32 |
| <i>Sotalia guianensis</i> | SG080 | 1425,80 | 2,09 | 2,12 |
| <i>Sotalia guianensis</i> | SG081 | 2208,70 | 2,15 | 2,44 |
| <i>Sotalia guianensis</i> | SG085 | 2802,90 | 2,09 | 2,32 |

Da **Figura 8.2-1** à **Figura 8.2-3** são apresentados os perfis eletroforéticos das amostras de RNA total extraído, obtidos por eletroforese em gel de agarose a 1,2%. É possível observar, pela presença de um “rastros” no gel, que algumas amostras apresentaram RNA consideravelmente degradado e, portanto, inadequado para a utilização para sequenciamento e montagem de transcriptoma. Mais especificamente, as amostras SU061 e SU076 de *S. leucogaster* e todas as amostras de *L. olivacea* e *S. guianenses* não apresentaram bandas específicas nos tamanhos esperados, o que indica degradação do RNA (**Figura 8.2-1** e **Figura 8.2-3**).

Para *C. caretta*, as amostras CC026 e CC046 foram as únicas consideradas potenciais candidatas ao sequenciamento, embora tenham apresentado bandas pouco definidas (**Figura 8.2-2**). No caso de *C. borealis*, o RNA total extraído das seis amostras apresentou potencial para sequenciamento (**Figura 8.2-3**).

Cabe ressaltar que todas as amostras que apresentaram o perfil eletroforético esperado, isto é, com bandas nítidas e definidas, foram encaminhadas para análise específica de integridade (RIN - *RNA Integrity Number*), a ser realizada no equipamento BioAnalyzer®, pela empresa contratada para o sequenciamento dos transcriptomas.

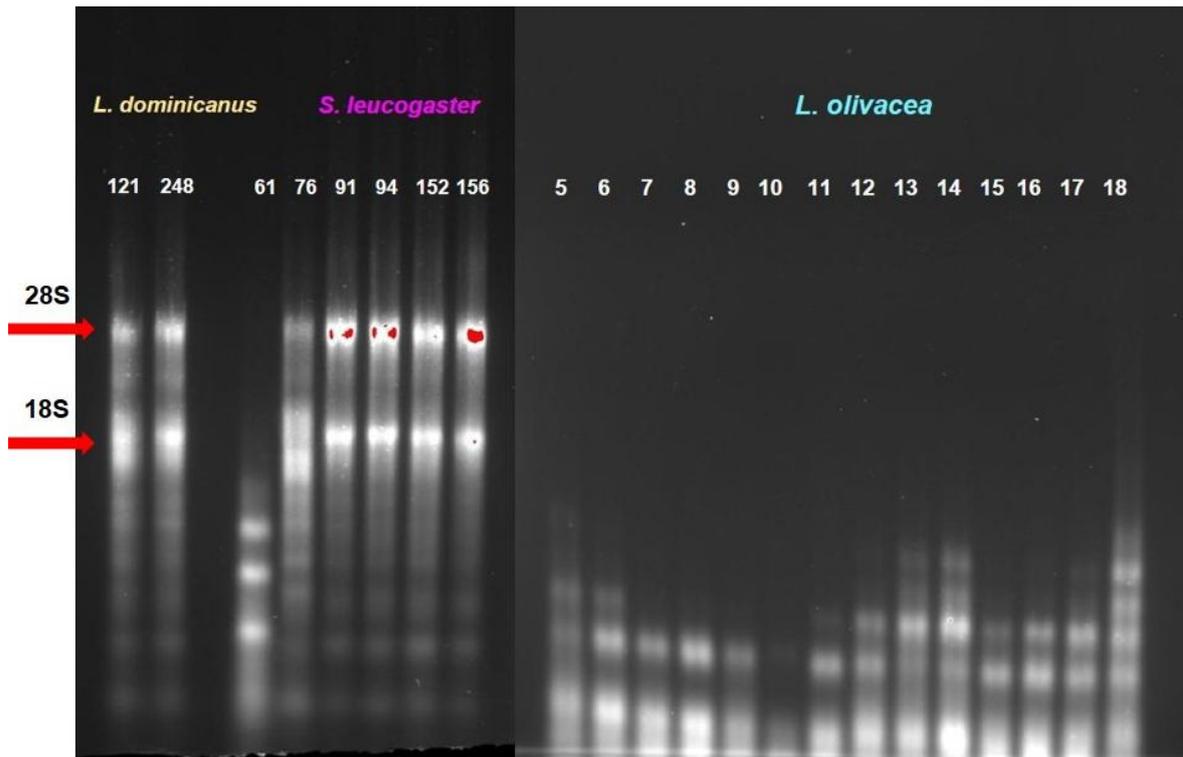


Figura 8.2-1. Perfil eletroforético de RNA em gel de agarose 1,2% com formaldeído das amostras de tecido hepático de *Larus dominicanus*, *Sula leucogaster* e *Lepidochelys olivacea*.

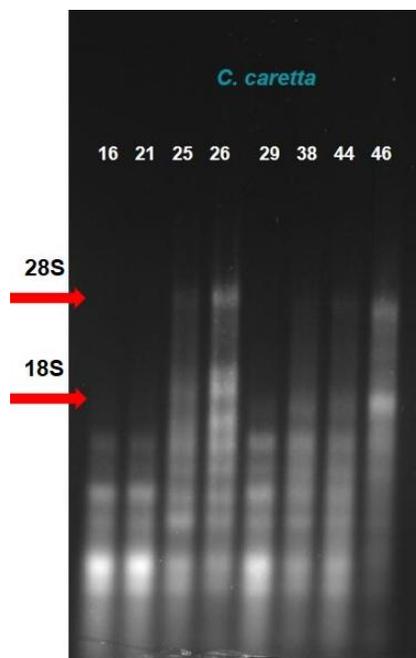


Figura 8.2-2. Perfil eletroforético de RNA em gel de agarose 1,2% com formaldeído das amostras de tecido hepático de *Caretta caretta*.

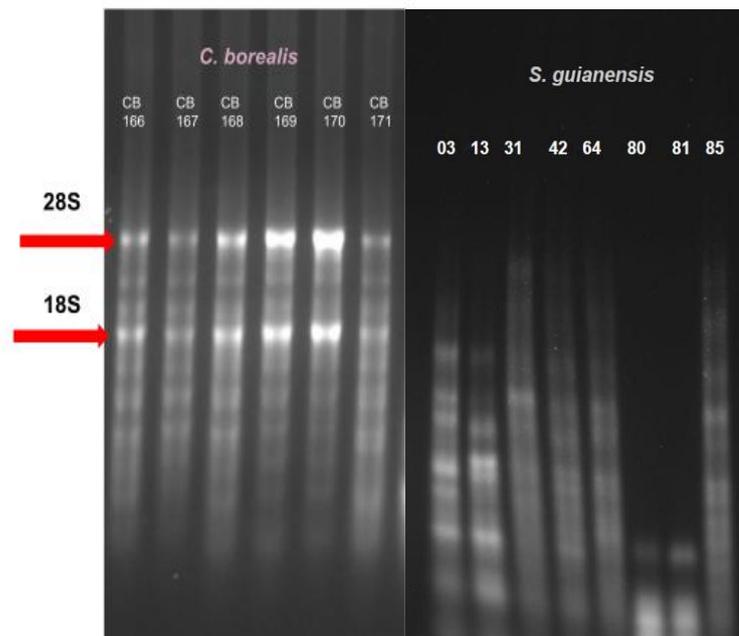


Figura 8.2-3. Perfil eletroforético de RNA em gel de agarose 1,2% com formaldeído das amostras de tecido hepático de *Calonectris borealis* e *Sotalia guianensis*.

8.2.5 Padronização Das Reações De qPCR Dos Genes Alvo Em Termociclador De Placas

A padronização dos ensaios de qPCR em termociclador de placas de 96 poços, utilizando o novo kit SSOAdvanced™ Universal SYBR Green Supermix (BioRad®), foi necessária em função da descontinuação do kit utilizado anteriormente, o QuantiFast SYBR Green PCR Kit (Qiagen®). Além da substituição do kit, também houve mudança de equipamento, substituindo-se as análises no termociclador Rotor Gene Q (Qiagen®), baseado em rotores para um termociclador de placas CFX Opus 96 Real-Time PCR System (BioRad®).

Diante da descontinuação do kit de ensaios de qPCR previamente padronizado e utilizado nas emissões de laudos do projeto, tornou-se imprescindível a seleção de um novo kit com características técnicas semelhantes, assegurando a continuidade das análises moleculares. O kit SSOAdvanced™ Universal SYBR Green Supermix (BioRad®) apresenta como diferencial a enzima DNA polimerase, modificada por engenharia genética, resultante da fusão com uma proteína de 7 kD (Sso7d), a qual confere maior estabilidade ao complexo cDNA-polimerase sem comprometer a

integridade estrutural, estabilidade térmica ou atividade catalítica da enzima. Essa modificação permite melhor performance com alvos e moldes (genes e amostras) desafiadores, além de maior tolerância a possíveis inibidores nas reações de PCR.

A escolha do SSOAdvanced™ Universal SYBR Green Supermix Kit (BioRad®) também foi orientada pela substituição do termociclador anterior, que operava com sistema de rotores, para um novo equipamento com sistema de placas de 96 poços (sistema Qiagen® para BioRad®). A definição do novo kit levou em consideração critérios técnicos, assegurando a compatibilidade com o novo sistema, além de atender às exigências metodológicas estabelecidas na padronização descrita neste relatório.

Para avaliar o desempenho do novo kit quanto aos valores de eficiência e ao coeficiente de determinação (R^2) dos ensaios de *qPCR*, utilizamos o controle positivo (*gBlock*) da espécie *P. puffinus*, em conjunto com os iniciadores do gene *HSP70* (que não faz mais parte do escopo do projeto). Uma curva padrão foi construída a partir de 14 pontos de diluições seriadas do estoque de *gBlock* conforme apresentado na **Figura 8.2-3**.

Tabela 8.2-3. Pontos de curva padrão do *gBlock* de *Puffinus puffinus* e seus respectivos números de cópias absolutos.

| Pontos de curva | n.º de cópias/reação |
|-----------------|----------------------|
| 1 | 4.500.000 |
| 2 | 2.250.000 |
| 3 | 1.125.000 |
| 4 | 562.500 |
| 5 | 281.250 |
| 6 | 4.500 |
| 7 | 2.250 |
| 8 | 1.125 |
| 9 | 562,5 |
| 10 | 281,25 |
| 11 | 140,625 |
| 12 | 70,312 |
| 13 | 35,156 |
| 14 | 17,578 |

O protocolo de ciclagem térmica adotado consiste na ativação da enzima DNA polimerase e desnaturação do DNA (cDNA) a 95°C por 30 segundos, seguida por 40

ciclos de 15 segundos a 95°C para desnaturação e 30 segundos a 60°C para anelamento e extensão, com aquisição da fluorescência a cada ciclo. Após os 40 ciclos de amplificação é realizada a análise da curva de dissociação (curva de *melt*) por meio de uma rampa de temperatura de 65 a 95°C, com incrementos de 0,5°C a cada ciclo por 5 segundos.

As curvas de amplificação (A), dissociação (B) e pico de *melt* (C) apresentadas na **Figura 8.2-3** demonstram a funcionalidade do novo kit, evidenciando uma eficiência de reação dentro dos pressupostos para a técnica ($E = 95-105\%$) e a formação de um único produto amplificado (*amplicon*), sem ocorrência de produtos inespecíficos (**Figura 8.2-4**).

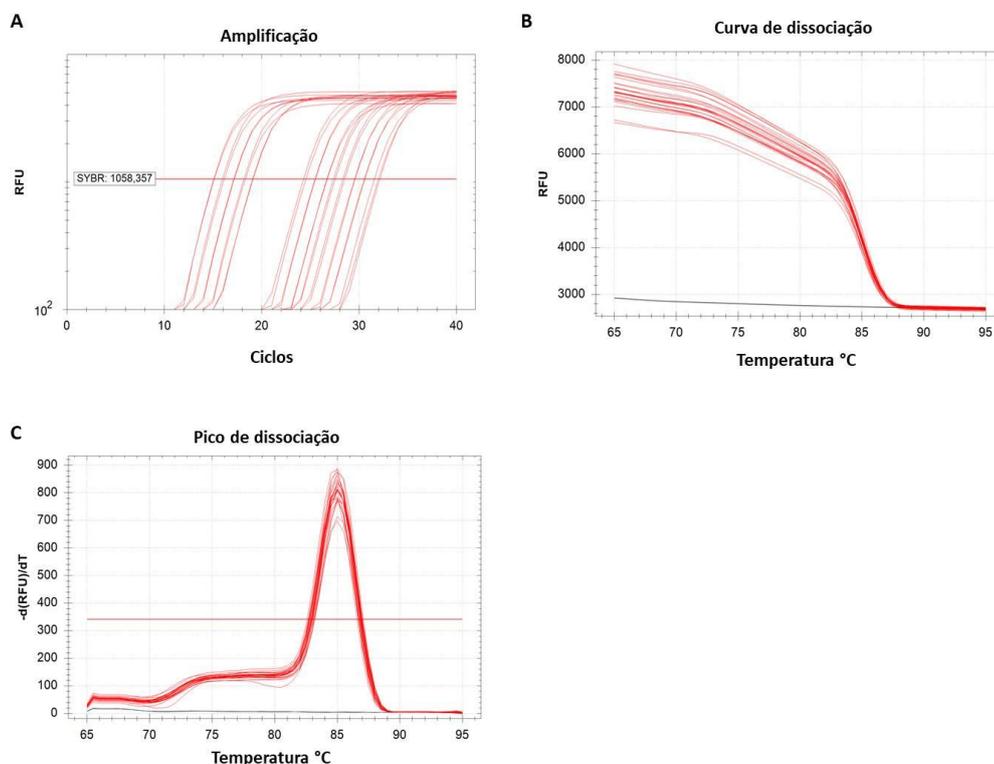


Figura 8.2-4. Gráfico de amplificação da curva padrão dos transcritos de HSP70 para *Puffinus puffinus*. (A) Curva de amplificação logarítmica, (B) Curva de dissociação e (C) Pico de dissociação dos produtos de reação.

8.2.6 Determinação Do Baseline Para Ajuste Do Limiar De Transcrição Em *Chelonia mydas*

Com a aprovação do novo kit no teste de eficiência, iniciou-se a padronização dos ensaios para cada gene alvo de *C. mydas*. Foram realizados ensaios de quantificação de transcritos dos genes *AhR*, *CYP1A*, *ESR1*, *UGT1*, *GSTA* e *VTG2*, em triplicata, com o objetivo de obter os valores de Unidades de Fluorescência Relativa (RFU) do ciclo limiar (C_q do *threshold*) de cada gene. Para construção das curvas padrão, foi utilizado um controle positivo sintético (*gBlock*) de *C. mydas* diluído em série a partir de 4.500 cópias até 70 cópias. Para cada ensaio, uma curva nova foi construída partindo do estoque (*gBlock*), com reações realizadas em duplicata, incluindo os brancos de reação. A eficiência das reações de qPCR foi avaliada com base na taxa de duplicação do cDNA a cada ciclo, sendo considerada ideal uma eficiência de 100%. Após a amplificação, as curvas de dissociação (*melting curve*) foram analisadas para verificar a especificidade dos iniciadores, sendo aceitos apenas os iniciadores que resultaram em um único produto (ou seja, único pico de temperatura de *melting*), indicando amplificação específica.

Foram considerados adequados os genes que apresentaram eficiências entre 95 e 105%, coeficiente de correlação (R^2) maior que 0,97, e um único ponto de dissociação. Estes parâmetros foram analisados diretamente no programa Bio-Rad CFX Maestro 2.3. Os valores de RFU obtidos para cada ensaio estão apresentados na **Tabela 8.2-4**, e servirão como referência para ensaios futuros de qPCR a serem realizados com amostras de tecido hepático de *C. mydas*.

Tabela 8.2-4. Determinação do baseline do limiar de transcrição para os genes alvo de *Chelonia mydas* em Unidades Relativas de Fluorescência (RFU). Os dados estão apresentados com RFU médio por ensaio, as respectivas médias, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) para cada gene.

| Determinação do Ciclo Limiar Basal (RFU – SYBR*) | | | | | | |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|--------|
| Gene | Ensaio 01 | Ensaio 02 | Ensaio 03 | Média | DP | CV (%) |
| <i>AhR</i> | 888,668 | 910,064 | 1.149,629 | 982,790 | 144,88 | 14,74 |
| <i>CYP1A</i> | 1.109,337 | 1.082,573 | 1.167,012 | 1.119,640 | 43,15 | 3,85 |
| <i>ESR1</i> | 1.014,337 | 973,166 | 982,124 | 989,880 | 21,65 | 2,19 |
| <i>UGT1</i> | 998,660 | 995,831 | 949,357 | 981,280 | 27,68 | 2,82 |

| Determinação do Ciclo Limiar Basal (RFU – SYBR*) | | | | | | |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|--------|
| Gene | Ensaio 01 | Ensaio 02 | Ensaio 03 | Média | DP | CV (%) |
| GSTA | 1.064,704 | 1.058,333 | 1.180,880 | 1.101,310 | 68,99 | 6,26 |
| VTG2 | 902,897 | 998,720 | 1.013,795 | 971,800 | 60,15 | 6,19 |

*SYBR: corante fluorescente usado em qPCR.

8.2.7 Análise De Biomarcadores Bioquímicos E Moleculares Em Tetrápodes Marinhos

As atividades de análise de biomarcadores bioquímicos realizadas no período abrangeram a quantificação dos níveis proteicos de CYP1A em amostras de tecido hepático de *C. borealis*, *L. dominicanus*, *P. puffinus*, *C. mydas* e *S. guianensis*.

As análises de biomarcadores moleculares envolveram a quantificação dos níveis de transcritos dos genes-alvo *AhR*, *CYP1A1*, *ESR1*, *GSTA*, *UGT1* e *VTG2* em amostras de tecido hepático de *C. mydas*.

As informações detalhadas sobre os espécimes analisados estão apresentadas no Apêndice 8 – Biomarcadores - Anexo A.

8.2.8 Metodologia de Análise

Biomarcadores Bioquímicos

Homogeneização Das Amostras

Amostras de tecido hepático de *C. borealis*, *L. dominicanus*, *P. puffinus*, *C. mydas*, e *S. guianensis*, contendo aproximadamente 100 mg de cada espécime, foram homogeneizadas individualmente em cinco vezes o volume de tampão de homogeneização Tris-HCl (50 mM Tris-HCl pH 7,4), contendo 150 mM KCl, 1 mM DTT e 0,5 mM de PMSF, um inibidor de proteases. Os tecidos foram homogeneizados com o homogeneizador TissueTearor™ (BioSpec™). Durante todo o procedimento, as amostras foram mantidas sobre o gelo.

O homogeneizado foi centrifugado a 9.000 x g por 30 min a 4°C para obtenção da fração citosólica (fração S9). A fração microssomal, correspondente à membrana do retículo endoplasmático, foi preparada por meio de uma segunda centrifugação

da fração S9 a 100.000 x g por 60 min a 4°C, utilizando uma ultracentrífuga Hitachi CP100WX. A fração sobrenadante resultante dessa segunda centrifugação resultante foi transferida para um novo microtubo e armazenada em um freezer a -80°C. A fração microsomal foi ressuspensa em tampão Tris-HCl (0,1 M, pH 7,4), contendo 1 mM EDTA, 0,1 M KCl e glicerol 20%, e foi utilizada para a análise de imunodeteção de CYP1A.

Determinação De Proteínas Totais

A determinação da concentração de proteínas na fração microsomal foi realizada utilizando o método de Bradford (BRADFORD, 1976). Este método emprega o corante Coomassie Brilliant Blue (G-250), que reage com os aminoácidos das proteínas, resultando em uma coloração que varia de marrom para azul. A intensidade da cor da reação está diretamente relacionada à concentração de proteínas.

A determinação das proteínas totais foi realizada com o kit Bio-Rad Protein Assay® (Bio-Rad®) seguindo as instruções do fabricante. Em uma microplaca de 96 poços, foram adicionados, em duplicata, de 0,75 a 1,5 µL de cada amostra, juntamente com 200 µL do reagente de Bradford filtrado, totalizando um volume final de até 201,5 µL. Após incubação de cinco minutos, foi realizada a leitura das amostras a 595 nm utilizando o espectrofotômetro de placas SpectraMax® M5 (Molecular Devices®). As absorbâncias das amostras foram comparadas a uma curva padrão de albumina sérica bovina gerada no mesmo ensaio das amostras. A concentração de proteínas totais foi expressa em mg.mL⁻¹.

Imunodeteção De CYP1A

As análises de quantificação os níveis proteicos de CYP1A em tecido hepático de *C. borealis*, *L. dominicanus*, *P. puffinus*, *C. mydas* e *S. guianensis* foram realizadas conforme o protocolo padronizado no LABCAI para cada espécie. O procedimento da técnica de *western blotting* é dividido em quatro etapas: 1) separação de proteínas por eletroforese desnaturante em gel de poliacrilamida (*SDS-PAGE*); 2) transferência das proteínas para uma membrana de nitrocelulose (*blotting*); 3) incubação da membrana com os anticorpos primário e secundário

(imunodeteção); e 4) revelação e fotodocumentação da membrana, destacando a proteína de interesse.

Em resumo, as proteínas microssomais de cada amostra foram submetidas à eletroforese, realizada a uma voltagem constante de 300 V por 25 min ou até que as amostras alcançassem o final do gel. Um marcador de peso molecular (*Full-Range Rainbow™*, Amersham) foi incluído em cada corrida para a determinação do peso molecular das bandas proteicas. As membranas foram bloqueadas durante a noite (~15 h) em uma solução de bloqueio.

Após a lavagem das membranas, estas foram incubadas por 60 (cetáceos) ou 90 (aves e tartarugas) minutos com o anticorpo primário anti-CYP1A, diluído em solução de bloqueio. Após a incubação, as membranas foram novamente lavadas e, em seguida, incubadas por 60 ou 90 min com o anticorpo secundário diluído. As condições de ensaio para cada espécie estão descritas na **Tabela 8.2-5**.

Tabela 8.2-5. Condições ótimas para a imunodeteção de CYP1A em tecido hepático de *Calonectris borealis*, *Larus dominicanus*, *Puffinus puffinus*, *Chelonia mydas* e *Sotalia guianensis*.

| Condições de imunodeteção de CYP1A | | | | | | |
|------------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|---------------------|----------|--------------------|
| Espécie | Anticorpo primário | Anticorpo secundário | Massa proteica | Método de revelação | Tecido | Tempo de exposição |
| <i>Calonectris borealis</i> | 1:7.500 ^a | 1:12.500 ^c | 25 µg | Clarity Max | Hepático | 120 s |
| <i>Larus dominicanus</i> | 1:5.000 ^a | 1:12.500 ^c | 20 µg | Clarity Max | Hepático | 120 s |
| <i>Puffinus puffinus</i> | 1:5.000 ^a | 1:12.500 ^c | 20 µg | Clarity Max | Hepático | 120 s |
| <i>Chelonia mydas</i> | 1:7.500 ^a | 1:12.500 ^c | 10 µg | Clarity Max | Hepático | 300 s |
| <i>Sotalia guianensis</i> | 0,15 µg/mL ^b | 0,20 µg/mL ^d | 3,5 µg | Clarity Max | Hepático | 120 s |

^a Anticorpo primário anti-CYP1A de peixe produzido em coelho (código CP-226, Cayman Chemical).

^b Anticorpo primário anti-CYP1A de camundongo produzido em cabra (Abcam, código ab126887).

^c Anticorpo secundário anti-IgG de coelho conjugado à enzima peroxidase (código NIF824, Amersham).

^d Anticorpo secundário de burro anti-IgG de cabra (Abcam, código Ab205723).

A detecção das proteínas foi realizada pelo método de quimioluminescência, em que as membranas, após incubação com os anticorpos primário e secundário, foram expostas a uma solução do kit comercial *Clarity Max™ Western ECL Substrate* (Bio-

Rad[®]). O cálculo de sinal quimioluminescente foi realizado de acordo com a seguinte fórmula:

$$UA = (AVQ/AVSF) * FC$$

Onde,

UA = Unidades arbitrárias de CYP1A

AVQ = Volume ajustado de sinal quimioluminescente da banda referente à proteína CYP1A

AVSF = Volume ajustado do sinal fluorescente referente às proteínas totais da amostra

FC = Fator de correção entre géis, calculado com base no controle positivo inserido na corrida

Como controle positivo, foi incluído, em cada corrida, 1 µg de proteínas microsossomais de tainha (*Mugil sp.*) previamente exposta ao petróleo, ou 0,8 µg de microsossomas hepáticos de camundongo (*M. musculus*, linhagem Swiss) tratados com β-naftoflavona.

Biomarcadores Moleculares

Extração De RNA Total

Para extração de RNA total de tecido hepático de *C. mydas*, 50 mg de tecido hepático de cada amostra foram homogeneizados em 1 mL de Qiazol[®] (Qiagen). A homogeneização foi realizada com o homogeneizador mecânico Tissue-Tearor[®] (BioSpec[®]).

O tecido homogeneizado em Qiazol[®] foi incubado a 20°C por 30 min e, após esse período de incubação, foi acrescentado 0,2 mL de clorofórmio. Os tubos contendo a mistura de amostra homogeneizada em Qiazol[®] e clorofórmio foram agitados vigorosamente em vórtex por 15 s, mantidos a 20°C por 3 min e centrifugados a 14.000 xg por 30 min a 4°C.

Após a centrifugação, a fase transparente superior de cada um dos tecidos, referente à porção no qual o RNA está presente, foi cuidadosamente transferida para outros tubos, no qual foi acrescentado 0,5 mL de isopropanol. O conteúdo dos tubos foi misturado por inversão, incubado por 10 min a 20°C e centrifugado a 14.000 xg por 30 min a 4°C. Após a centrifugação, o RNA sedimentado no *pellet* foi mantido e o sobrenadante descartado. Em seguida, o RNA foi cuidadosamente lavado duas vezes consecutivas com etanol 75% para remover os reagentes utilizados durante a extração.

Após a purificação com etanol, o RNA foi seco a 40°C e ressuspendido com água própria para aplicações de biologia molecular. Todos os reagentes, tubos e ponteiras utilizados no protocolo eram livres de RNases, DNases e pirógenos.

Avaliação da Concentração, Pureza e Qualidade do RNA

O RNA obtido foi avaliado por espectrofotometria com o equipamento Nanodrop® One (Thermo Fisher Scientific). O limite de detecção do equipamento é 1,6 ng/μL e o limite superior de detecção é 22.000 ng/μL. As leituras foram realizadas em 260, 280 e 230 nm, que representam, respectivamente, os picos de absorção de ácidos nucleicos, aminoácidos aromáticos presentes nas proteínas, e de contaminantes (como fenol, carboidratos, EDTA, guanidina e outros). Dessa forma, a absorbância em 260 nm foi utilizada para estimar a concentração de RNA, a razão 260/280 para estimar a pureza com relação à contaminação por proteínas, com faixas aceitáveis entre 1,8 e 2,0, e a razão 260/230 para avaliar a pureza relativa a outros contaminantes, com valores aceitáveis acima de 1,7 (WIECZOREK; DELAURIERE; SCHAGAT, 2012).

A qualidade da amostra de RNA para obtenção de resultados confiáveis foi realizada por fluorimetria, utilizando o fluorímetro QUBiT 4.0 (Thermo Fisher Scientific). Para tal avaliação foi utilizado o Qubit™ RNA IQ Assay Kit, cujo princípio se baseia na utilização de dois corantes, um que interage com moléculas grandes de RNA e com estrutura definida (mRNA, tRNA e rRNA) e outro que interage com moléculas de RNA pequenas e/ou degradadas. Com base em padrões fornecidos pelo próprio kit, o equipamento cria um *score* de qualidade que varia de 1 a 10, sendo 1 referente ao RNA degradado e 10, o RNA estruturado, sem degradação.

Em uma nota técnica disponibilizada pela própria empresa (Thermo Fisher Scientific), valores de IQ foram correlacionados com porcentagem de leituras mapeadas com sucesso através de RNAseq, uma tecnologia de sequenciamento de transcriptoma. Os resultados indicaram que amostras com valores de IQ acima de 4 apresentaram, de modo geral, mais da metade das leituras mapeadas com sucesso via RNAseq. Assim, este valor foi estimado como o mínimo aceitável para considerar o RNA com qualidade suficiente para este tipo de aplicação (Thermo Scientific, 2018).

Devido à alta sensibilidade da técnica de PCR quantitativa (qPCR), optou-se pelo estabelecimento de um parâmetro mais robusto que $IQ > 4$. Para isto foram utilizadas amostras de *C. mydas* mantidas em condições controladas de laboratório durante o período *post mortem* de 24 h. A qualidade de RNA de todas as amostras (coletadas entre 0 a 24 h) foram mensuradas em fluorímetro QUBiT 4.0, sendo considerado como limite inferior de qualidade o valor médio de IQ obtido das amostras referentes a 24 h de degradação *post mortem* ($IQ > 7,5$).

Síntese De DNA Complementar (cDNA)

Para síntese de DNA complementar (cDNA), o RNA total extraído das amostras de tecido hepático de *C. mydas* foi tratado com DNase e submetido à reação de transcrição reversa para obtenção do cDNA com o uso do kit Quantitect Reverse Transcription® (Qiagen).

Reações De PCR Em Tempo Real (qPCR)

As reações de qPCR foram realizadas em duplicata no termociclador CFX Opus 96 Real-Time PCR System (BioRad) com o kit SSOAdvanced™ Universal SYBR Green Supermix kit (BioRad), utilizando 0,5 µM de cada iniciador em um volume final de reação de 20 µL para cada gene (**Tabela 8.2-6**). O protocolo de ciclagem térmica corresponde à ativação da polimerase e desnaturação do DNA (cDNA) à 95°C por 30 segundos, seguidos por 40 ciclos de 15 segundos à 95 °C para desnaturação e 30 segundos à 60°C para anelamento e extensão com aquisição da fluorescência a cada ciclo. Após os 40 ciclos de amplificação, é iniciada uma rampa de temperatura de 65 a 95°C com incremento de 0,5°C a cada ciclo por 5 segundos para a análise da curva de dissociação (curva de melt).

Uma curva padrão com número conhecido de cópias/reação (4.500.000 a 28,125) foi elaborada para cada gene alvo. Para isso, foi desenhado um fragmento de DNA sintético (*gBlocks Gene Fragments*, IDT) contendo todas as sequências dos genes alvo. Amostras com Cq acima de 30 ciclos ou com coeficiente de variação acima de 30% foram excluídas das análises por serem consideradas inadequadas.

Tabela 8.2-6. Iniciadores senso (F) e anti-senso (R) selecionados para quantificação dos transcritos dos genes alvo Receptor de hidrocarboneto aromático (AhR), Citocromo P450 1A (CYP1A), Receptor de estrogênio (ESR1), Glutaciona S-transferase alfa (GSTA), Uridina difosfo glicuroniltransferase 1 (UGT1) e Vitelogenina (VTG2) em tecido hepático de *Chelonia mydas*.

| Gene | Iniciadores | Tm(°C) | %GC |
|--|---------------------------------|--------|------|
| Receptor de hidrocarbonetos de arila (AhR) | F: CAGATTACGGTGCCTCCTGGATAA | 58 | 50 |
| | R:AGAGCCATCCTTCCCTTTCTTGT | 58 | 47,8 |
| Citocromo P450 1A (CYP1A) | F: ACATTCCTCCTTCTGCCCTTCA | 60 | 52 |
| | R: CATCGTGATTGACTTGCCATTGGTTGAC | 59,9 | 46 |
| Receptor de estrogênio alfa (ESR1) | F: CTGGCTCAGCTCCTCCTCATAAC | 58,6 | 59,0 |
| | R: CTGGCTCCGATTCTCTTCTTCCATC | 58,6 | 52,0 |
| Glutaciona S-transferase alfa (GSTA) | F: GGAAACCCAACTTACCTACGCCAATG | 59,6 | 48,1 |
| | R: GTCAAACAGCAGGGCTCCATCTT | 59,4 | 52,2 |
| UDP glucuronosiltransferase (UGT1) | F: ACACAAAGCTAATCAAATGGCTAC | 62,1 | 37,5 |
| | R: GTCTCCAAATAATGGCATCAGAAC | 62 | 41,7 |
| Vitelogenina 2 (VTG) | F: CCTCATCGTTGTCCTCATCATCTTCC | 59,9 | 48,2 |
| | R: TGCTGCTTCTTCTCTTTGTCTAGGTTG | 60 | 46,2 |

8.2.9 Análises Estatísticas Preliminares

Os resultados das análises de quantificação dos níveis proteicos de CYP1A e biomarcadores moleculares (apenas para *C. mydas*) foram avaliados quanto à aderência ao modelo normal (*i.e.* gaussiano) com o uso dos testes de D'Agostino e Pearson, e quanto à homogeneidade de variância utilizando o teste de Bartlett ou teste F.

Para avaliar a influência de variáveis categóricas, como fatores biológicos, que variaram de acordo com a espécie estudada, ambientais (sazonalidade, ano de coleta) e níveis de HPAs nas respostas de biomarcadores, foram realizadas comparações entre grupos. Considerando os resultados da análise de distribuição e homocedasticidade dos biomarcadores, optou-se por realizar: i) para dados não-paramétricos, teste de Kruskal-Wallis seguido pelo teste *post-hoc* de comparações múltiplas de Dunns, para fatores com mais de dois níveis, e teste U de Mann-Whitney, quando o fator possui apenas dois níveis; ii) para dados paramétricos, ANOVA com teste *post-hoc* de Tukey, para fatores com mais de dois níveis, e teste

t não-pareado, quando o fator possuía apenas dois níveis. Todos os testes foram realizados sem remoção de dados discrepantes ou *outliers*.

Os gráficos e análises estatísticas de *L. dominicanus*, *P. puffinus* e *C. mydas* referem-se aos dados acumulados ao longo dos últimos oito anos, contemplando o 1º ciclo e o 2º ciclo de padronização de biomarcadores, com resultados até dezembro/2024.

Para as demais espécies incorporadas como prioritárias (*C. borealis* e *S. guianensis*), os resultados são apresentados com dados gerados no novo ciclo de atividades.

8.3 Resultados e discussão

8.3.1 Imunodeteção de CYP1A em aves marinhas

Para as aves, as comparações entre grupos foram realizadas considerando os seguintes fatores: sexo, sazonalidade (apenas *L. dominicanus* e *P. puffinus*), escore corporal, faixa etária, ano de coleta, níveis de HPAs totais no tecido hepático, presença de resíduos sólidos no trato gastrointestinal (TGI; apenas *C. borealis*) e presença de óleo nas penas (apenas *P. puffinus*).

Calonectris borealis

Dentre as comparações estatísticas da expressão proteica de CYP1A em tecido hepático de *C. borealis*, apenas o parâmetro “presença de resíduos sólidos no TGI” apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) entre os grupos, conforme ilustrado na **Figura 8.3-1**. Níveis proteicos de CYP1A em tecido hepático de *Calonectris borealis* categorizados pela ausência ou presença de resíduos sólidos no trato gastrointestinal.. Os demais parâmetros analisados, que não apresentaram diferenças estatisticamente significativas, encontram-se descritos no Apêndice 8 – Biomarcadores - Anexo B.

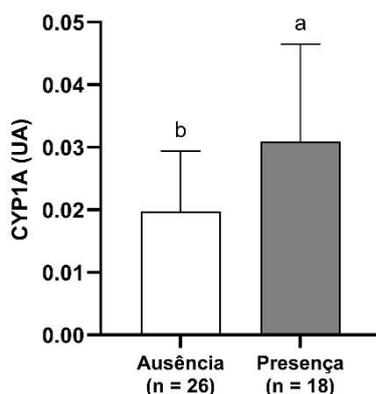


Figura 8.3-1. Níveis proteicos de CYP1A em tecido hepático de *Calonectris borealis* categorizados pela ausência ou presença de resíduos sólidos no trato gastrointestinal.

A **Figura 8.3-1** demonstra que aves com presença de resíduos sólidos no TGI possuem níveis mais elevados da proteína CYP1A. A ocorrência desses resíduos no ambiente geralmente está associada a uma intensa influência antropogênica e, portanto, sua presença no TGI dos animais pode indicar exposição recente a uma elevada carga de contaminantes.

Embora os plásticos sejam considerados biologicamente inertes, diversos compostos químicos, tais como éteres difenílicos polibromados (PBDEs), alquilfenóis, bisfenol A e ftalatos, são inseridos na matriz polimérica com o objetivo de conferir estabilidade térmica, maleabilidade e resistência ao material (AVIO; GORBI; REGOLI, 2017; PETRY et al., 2021; SALA et al., 2021). Esses compostos podem induzir a produção de espécies reativas de oxigênio, causar desregulação endócrina e provocar danos ao DNA.

Além disso, estudos demonstraram que os PBDEs são capazes de induzir a transcrição dos genes *CYP1A2*, *CYP3A4* e *GST M1* em humanos, sugerindo uma via de biotransformação similar à observada para os PCBs (STAPLETON et al., 2009). Assim, os níveis elevados de CYP1A no tecido hepático de *C. borealis* pode refletir uma resposta do sistema de biotransformação a contaminantes orgânicos potencialmente adsorvidos em fragmentos dos plásticos ingeridos.

Larus dominicanus

Os resultados estatisticamente significativos ($p < 0,05$) obtidos para o biomarcador avaliado (expressão de CYP1A) em tecido hepático de *L. dominicanus* estão apresentados na **Figura 8.3-2**. Os parâmetros que não apresentaram diferenças significativas encontram-se descritos no Apêndice 8 – Biomarcadores - Anexo B.

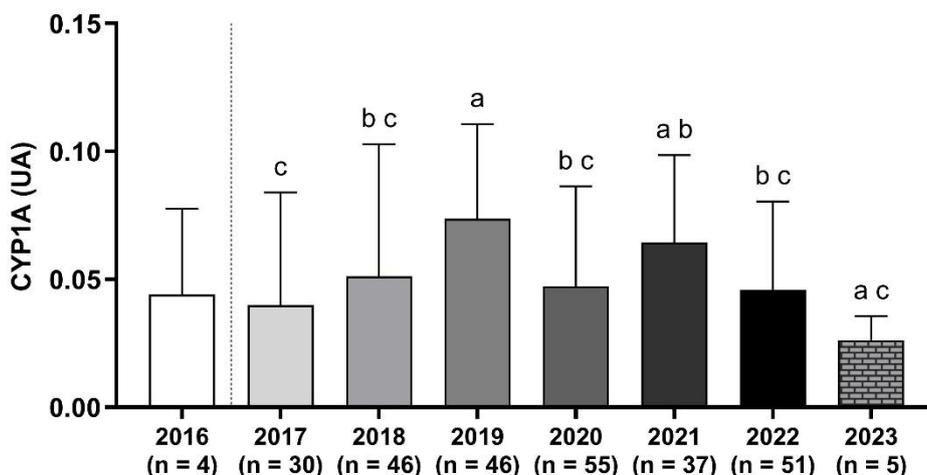


Figura 8.3-2. Níveis proteicos de CYP1A em tecido hepático de *Larus dominicanus* coletados entre os anos de 2016 e 2023.

Dentre os fatores analisados, o ano de coleta foi o único que apresentou diferença estatisticamente significativa na expressão da proteína CYP1A. Os níveis proteicos de CYP1A foram mais elevados em gaivotas coletadas em 2019, em comparação com aquelas coletadas em 2017, 2018, 2020 e 2022 (**Figura 8.3-2**).

Puffinus puffinus

Os resultados estatisticamente significativos ($p < 0,05$) obtidos para os níveis de CYP1A em tecido hepático de *P. puffinus* são apresentados na **Figura 8.3-3**. Os parâmetros que não apresentaram diferenças significativas encontram-se no Apêndice 8 – Biomarcadores - Anexo B.

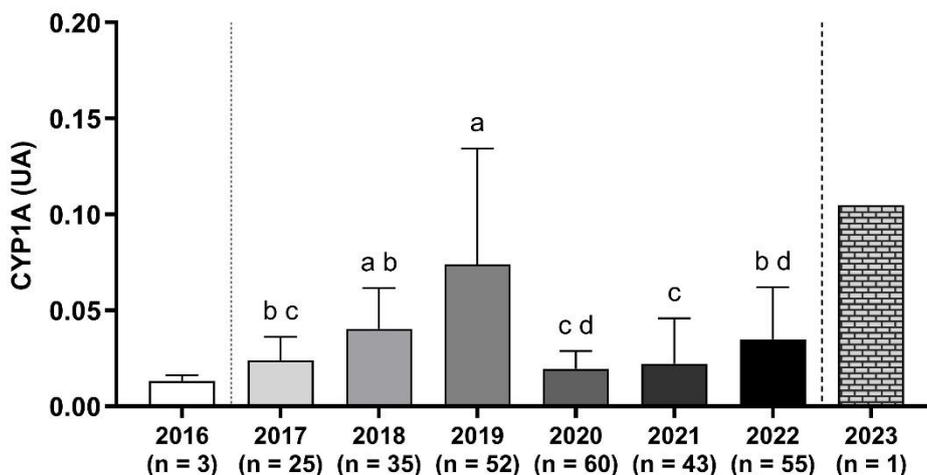


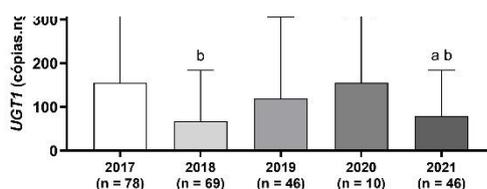
Figura 8.3-3. Níveis proteicos de CYP1A em tecido hepático de *Puffinus puffinus* coletados entre os anos de 2016 e 2023.

Os níveis proteicos de CYP1A foram significativamente mais elevados nas aves amostradas em 2019, quando comparados aos indivíduos coletados em 2017, 2020, 2021 e 2022. Adicionalmente, *P. puffinus* coletados em 2018 também apresentaram maiores níveis de CYP1A em relação às aves coletadas em 2020 e 2021. Por fim, os níveis de CYP1A nas aves coletadas em 2021 foram inferiores aos observados nos indivíduos amostrados em 2022 (**Figura 8.3-3**).

8.3.2 Imunodeteção De CYP1A E Biomarcadores Moleculares Em Quelônios

Para quelônios, as comparações entre grupos foram realizadas considerando os seguintes fatores: sexo, comprimento curvilíneo de carapaça (CCL), sazonalidade, escore corporal, ano de coleta, níveis de HPA totais no tecido hepático e presença de resíduos sólidos no TGI.

Chelonia mydas



Os parâmetros analisados que não apresentaram diferenças estatisticamente significativas encontram-se no Apêndice 8 – Biomarcadores - Anexo B.

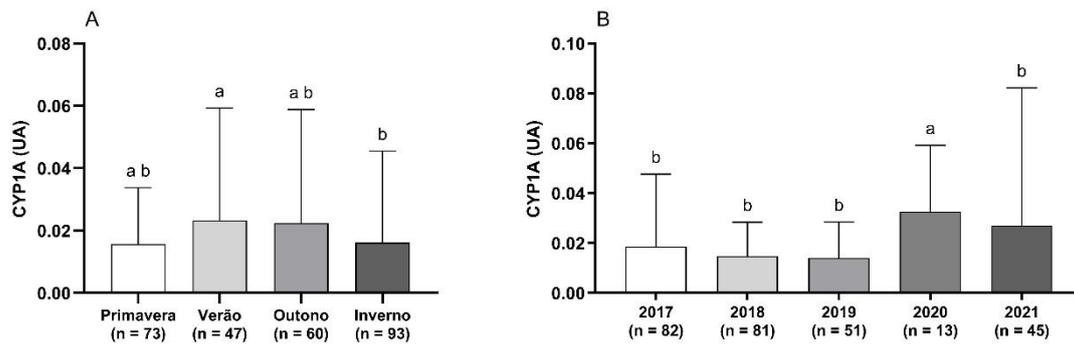
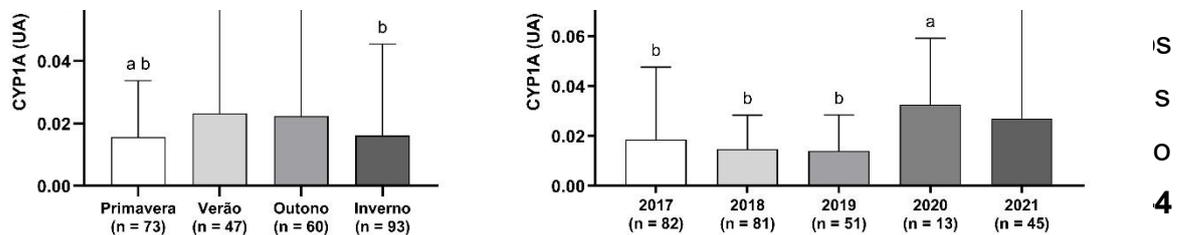


Figura 8.3-4 - Níveis proteicos de CYP1A em tecido hepático de *Chelonia mydas* categorizados pela (A) estação do ano e (B) ano de coleta



A). Similarmente, Rie et al. (2000) observaram variações sazonais na expressão de CYP1A em *Chrysemis picta*, com picos entre o final da primavera e o outono. Os autores sugerem que essas variações podem estar associadas a variações hormonais relacionadas ao ciclo reprodutivo. No entanto, considerando que praticamente todos os animais incluídos nestes estudos são juvenis, não é esperado que as variações sazonais observadas estejam associadas ao ciclo reprodutivo da espécie.

Adicionalmente, os níveis proteicos de CYP1A foram maiores em tartarugas coletadas em 2020, quando comparados aos níveis registrados nos demais anos analisados (**Figura 8.3-4B**).

As análises estatísticas dos dados de biomarcadores moleculares revelaram que tartarugas com níveis totais de HPA acima do limite de detecção (> LD) no tecido hepático apresentaram maiores níveis de transcritos do gene ESR1 em comparação àquelas com níveis abaixo do limite de detecção (< LD) (**Figura 8.3-5A**). Diversos contaminantes ambientais atuam como desreguladores endócrinos, devido, principalmente, à semelhança estrutural entre compostos como os PCBs e o 17 β -estradiol (DE CASTRO et al., 2006; RADICE et al., 2008). O mecanismo de desregulação endócrina está normalmente associado a alterações na expressão de

genes que codificam enzimas e receptores envolvidos no metabolismo de hormônios esteroides.

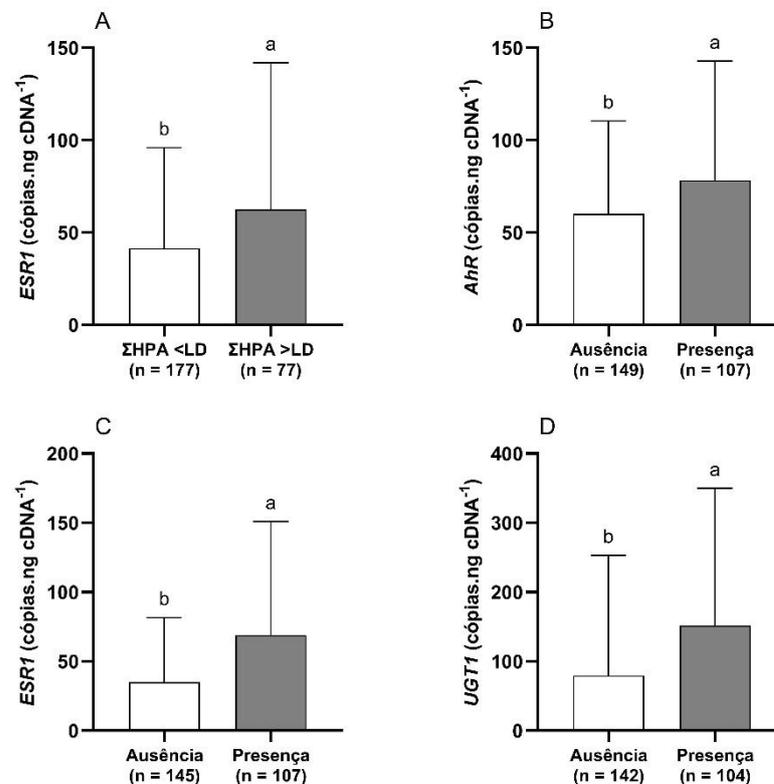


Figura 8.3-5 - Resultados de biomarcadores moleculares em tecido hepático de *Chelonia mydas* em diferentes condições: (A) níveis de transcritos de *ESR1* entre indivíduos com níveis de HPA no tecido hepático abaixo e acima do limite de detecção (LD), (B) níveis de transcritos de *AhR* entre indivíduos na presença e na ausência de resíduos sólidos no trato gastrointestinal, (C) níveis de transcritos de *ESR1* entre indivíduos na presença e na ausência de resíduos sólidos no trato gastrointestinal, (D) níveis de transcritos de *UGT1* entre indivíduos na presença e na ausência de resíduos sólidos no trato gastrointestinal.

Embora menos estudados que os PCBs, os HPAs também têm sido investigados quanto ao seu potencial de desregulação endócrina, em função da toxicidade e potencial carcinogênico. Zajda et al. (2019) observaram um aumento da expressão proteica de *ESR1* em células da granulosa exposta a duas misturas de HPAs (uma com os 16 HPAs prioritários e outra contendo cinco compostos não carcinogênicos). De forma semelhante, Vignet et al. (2016) observaram elevação na transcrição dos genes *ESR1* e *ESR2a* no ovário de peixes expostos oralmente a HPAs de origem

pirogênica e petrogênica. Nossos resultados indicam que, em *C. mydas*, os HPAs podem exercer efeitos similares, atuando potencialmente como desreguladores endócrinos.

Adicionalmente, tartarugas que apresentaram resíduos sólidos no TGI apresentaram maiores níveis de transcritos de *AhR*, *ESR1* e *UGT1* em relação às aquelas sem resíduos no TGI (**Figura 8.3-5B** a **Figura 8.3-5D**). Conforme mencionado anteriormente, a presença de resíduos sólidos no ambiente está relacionada a uma maior influência antropogênica, incluindo o lançamento de efluentes sem tratamento adequado. Dessa forma, a detecção desses materiais no TGI pode indicar que os animais estiveram recentemente expostos a uma maior carga de contaminantes.

Outro aspecto relevante é que o acúmulo de resíduos sólidos no TGI pode reduzir a ingestão de alimentos, provavelmente levando à sensação de saciedade induzida pela presença de plásticos (SANTOS et al., 2020). Embora os plásticos sejam considerados biologicamente inertes, compostos químicos como PBDEs, alquilfenóis, bisfenol A e ftalatos, são inseridos na matriz de seus polímeros (AVIO; GORBI; REGOLI, 2017; PETRY et al., 2021; SALA et al., 2021). Esses compostos são capazes de induzir danos ao DNA, induzir a produção de espécies radicalares e causar desregulação endócrina e indução do sistema de biotransformação (AVIO; GORBI; REGOLI, 2017; PETRY et al., 2021; SALA et al., 2021).

Além da influência dos resíduos sólidos, outro importante indicador do estado de saúde, o escore corporal, mostrou estar intimamente associado aos níveis de diversos biomarcadores moleculares analisados em *C. mydas*. Tartarugas com escore corporal caquético apresentaram menores níveis de transcritos do gene *AhR* quando comparadas às aquelas com escore bom, além de menores níveis de transcritos de *ESR1* e *UGT1* em relação às tartarugas com escore magro, bom e ótimo (**Figura 8.3-6**).

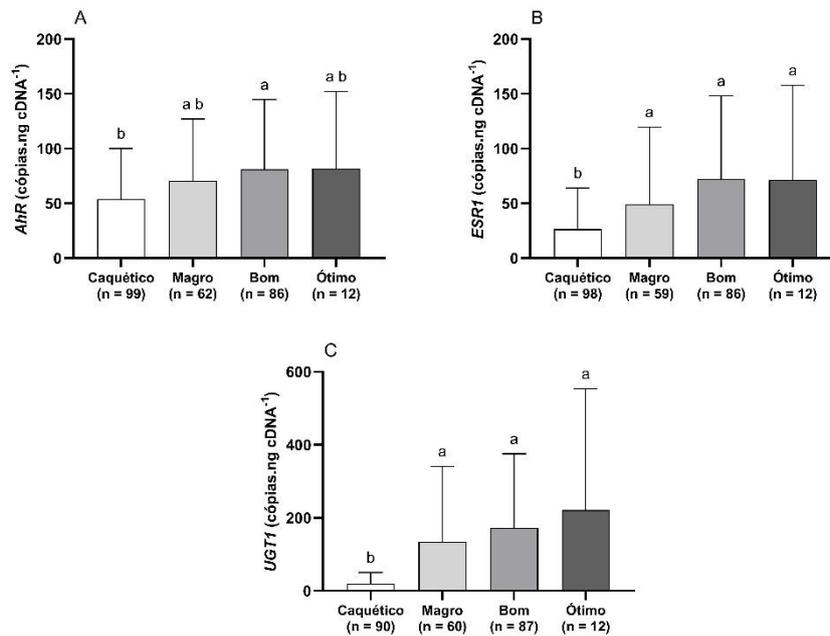


Figura 8.3-6 - Resultados de biomarcadores moleculares em tecido hepático de *Chelonia mydas* categorizados de acordo com o escore corporal (A) níveis de transcritos de *AhR*, (B) níveis de transcritos de *ESR1*, (C) níveis de transcritos de *UGT1*.

Considera-se que animais com escore caquético e magro estejam submetidos a uma condição metabólica similar à observada em situações de jejum prolongado ou inanição. Este estado metabólico é tradicionalmente classificado em três fases sequenciais, definidas com base na taxa de perda de massa corporal, taxa metabólica, excreção de nitrogênio e principais combustíveis metabólicos utilizados (glicose, lipídios e proteínas) (McCUE, 2010).

Os resultados observados, com a redução da expressão dos genes *AhR*, *ESR1* e *UGT1* em tartarugas caquéticas, estão em consonância com dados da literatura, que mostraram uma diminuição dos níveis plasmáticos do hormônio T₄, glicose e consumo de oxigênio em tartarugas submetidas à restrição alimentar, indicando um decréscimo da sua taxa metabólica sob essas condições (SIEVERT; SIEVERT; CUUP, 1988; MOON; OWENS; MACKENZIE, 1999).

De modo geral, postula-se que, em situações de estresse, como privação alimentar, anaerobiose, desidratação ou exposição a baixas temperaturas, os organismos tendem a priorizar funções essenciais à sobrevivência, reduzindo temporariamente atividades consideradas não prioritárias (McCUE, 2010). Dentre essas, incluem-se processos de biotransformação de xenobióticos, como os

analisados neste trabalho. Assim, a interpretação dos resultados dos biomarcadores moleculares em *C. mydas* devem considerar o estado de saúde dos indivíduos, uma vez que este pode influenciar significativamente as respostas moleculares observadas.

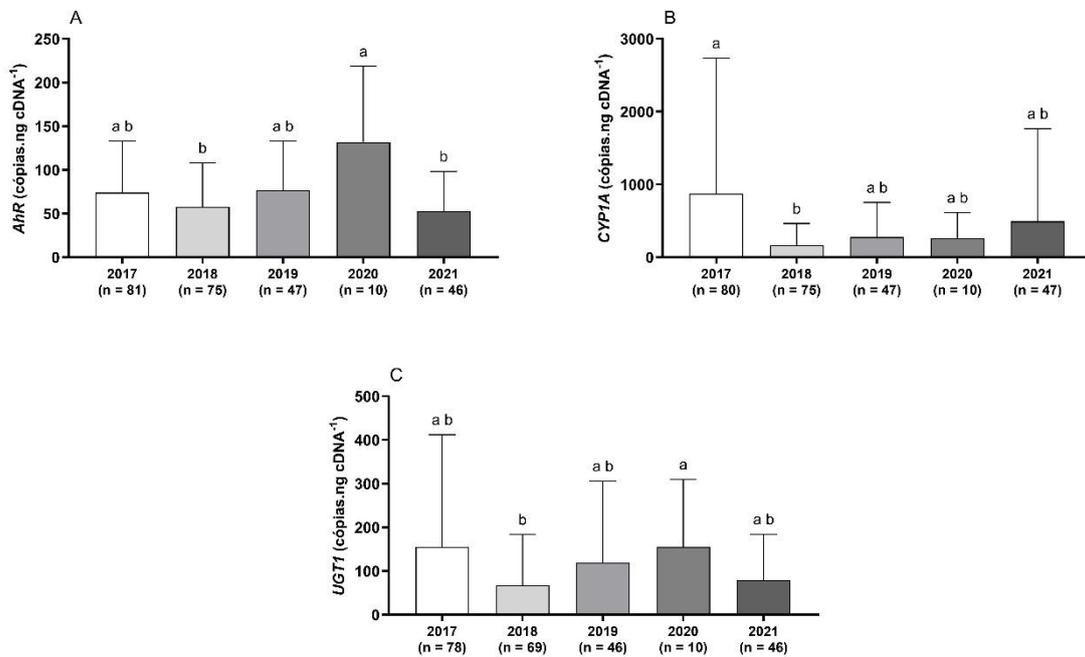


Figura 8.3-7 - Resultados de biomarcadores moleculares em tecido hepático de *Chelonia mydas* categorizados pelo ano de coleta (A) níveis de transcritos de *AhR*, (B) níveis de transcritos de *CYP1A*, (C) níveis de transcritos de *UGT1*.

Alguns biomarcadores moleculares também apresentaram variação anual. Os níveis de transcritos de *AhR* e *UGT1* foram significativamente maiores em tartarugas amostradas em 2020, em relação àquelas coletadas em 2018 (**Figura 8.3-7A** e **Figura 8.3-7C**). Adicionalmente, observou-se uma redução nos níveis de *AhR* em 2021, quando comparados aos valores registrados para o ano de 2020 (**Figura 8.3-7A**). De forma semelhante, os níveis de transcritos de *CYP1A* foram maiores nos animais coletados em 2017, quando comparados com os coletados em 2018 (**Figura 8.3-7B**).

8.3.3 Imunodeteção De CYP1A Em Cetáceos

Sotalia guianensis

Para o boto-cinza (*S. guianensis*), as comparações entre grupos foram realizadas considerando os seguintes fatores: sexo, sazonalidade, escore corporal, faixa etária, ano de coleta e níveis de HPA prioritários bioacumulados no tecido hepático.

Os resultados estatisticamente significativos ($p < 0,05$) referentes aos níveis de expressão da proteína CYP1A no tecido hepático de *S. guianensis* estão apresentados na **Figura 8.3-8**. Os parâmetros que não apresentaram diferenças estatísticas encontram-se no Apêndice 8 – Biomarcadores - **Anexo B**.

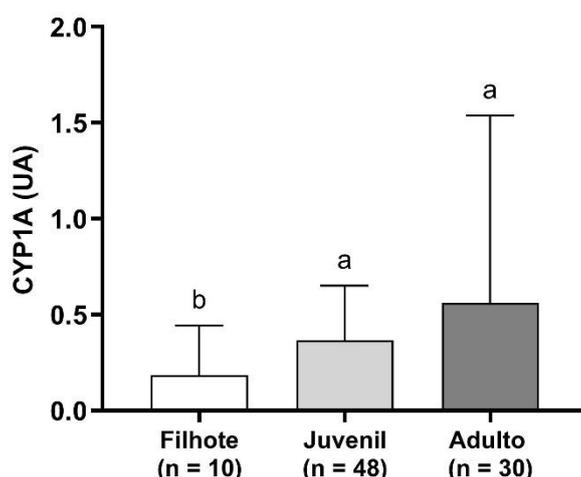


Figura 8.3-8 - Níveis proteicos de CYP1A em tecido hepático de *Sotalia guianensis* em diferentes estágios de desenvolvimento.

Em *S. guianensis* coletadas no âmbito do projeto PMP-BS, observou-se que a expressão hepática de CYP1A foi significativamente maior em indivíduos subadultos e adultos quando comparados aos juvenis (**Figura 8.3-8**). Esse resultado pode estar relacionado à mobilização de contaminantes lipofílicos agonistas do AhR, armazenados no tecido adiposo subcutâneo (*blubber*), em situações de aumento da demanda energética, como lactação, crescimento ou inanição (BACHMAN et al., 2015).

Durante o crescimento dos golfinhos, a redução da razão entre área superficial e volume leva à diminuição da necessidade de isolamento térmico, paralelamente a

um aumento da demanda energética para sustentar o crescimento (DUNKIN et al., 2005; MONTIE et al., 2008; STRUNTZ et al., 2004). Para suprir essa demanda, ocorre a mobilização de lipídios do *blubber*, o que pode resultar na comobilização e redistribuição de contaminantes lipofílicos agonistas do receptor de hidrocarbonetos aromáticos (AhR) da gordura para o plasma. Essa redistribuição pode promover o aumento da expressão do CYP1A1 em diversos tecidos, incluindo o fígado (MONTIE et al., 2008).

Adicionalmente, a redistribuição de contaminantes orgânicos por aumento de demanda energética também ocorre na inanição, e na lactação em fêmeas adultas, levando à indução de enzimas de biotransformação (MONTIE et al., 2008). Por fim, a maior expressão de CYP1A em subadultos e adultos pode estar relacionada ao maior tempo de exposição desses indivíduos a contaminantes ambientais ao longo da vida, em comparação aos juvenis.

8.4 Conclusões

- Até dezembro de 2024, foram recebidas amostras de 4.925 indivíduos no âmbito do PMP-BS, abrangendo 76 espécies distintas. Destas, 646 amostras foram recebidas entre 1º de janeiro e 31 de dezembro de 2024.

- Amostras de RNA total de tecido hepático de *C. caretta*, *C. borealis*, *S. leucogaster* e *L. dominicanus* foram purificadas e enviadas para o sequenciamento transcriptômico, com o objetivo de identificar a sequência dos genes-alvo nestas espécies prioritárias. Entretanto, nenhuma amostra de *L. olivacea* e *S. guianensis* apresentou qualidade suficiente para ser submetida ao sequenciamento. Durante um novo treinamento de amostragem, realizado em 5 de abril de 2024, foi solicitado apoio às bases dos PMPs para a obtenção de novas amostras destas espécies, visando a extração de RNA total de melhor qualidade.

- Foram padronizadas as condições dos ensaios de PCR quantitativa em tempo real (qPCR) em um novo termociclador de placas de 96 poços, com o kit comercial de quantificação SSOAdvanced™ Universal SYBR Green Supermix (BioRad). Após a padronização, foi possível obter os valores de unidades relativas de fluorescência

(RFU) para cada gene-alvo (*AhR*, *CYP1A*, *ESR1*, *UGT1*, *GSTA* e *VTG2*), visando à quantificação de transcritos gênicos em amostras de tecido hepático de *C. mydas*.

- Os níveis de expressão da proteína CYP1A foram quantificados em amostras de tecido hepático de *C. borealis*, *L. dominicanus*, *P. puffinus*, *C. mydas* e *S. guianensis*, amostrados no âmbito do PMP-BS.

- As análises estatísticas indicaram ausência de diferenças significativas nos níveis de CYP1A entre sexos e entre diferentes escores corporais.

- Em *C. borealis*, a presença de resíduos sólidos no TGI foi o único fator que apresentou associação estatisticamente significativa com o aumento dos níveis hepáticos de CYP1A, possivelmente refletindo a exposição a contaminantes orgânicos adsorvidos em partículas plásticas ingeridas.

- A expressão da proteína CYP1A variou significativamente entre os anos em *L. dominicanus* e *P. puffinus*, com níveis mais elevados em 2019. Em *P. puffinus*, observou-se maior variação interanual, sugerindo influência de fatores ambientais na exposição a contaminantes ao longo do tempo.

- Os resultados de expressão proteica de CYP1A em amostras hepáticas de *C. mydas* evidenciaram que tartarugas amostradas no verão apresentaram níveis mais altos de CYP1A do que aquelas coletadas no inverno. Variação interanual também foi detectada, sugerindo um cenário ambiental com variação na maior carga de contaminantes entre os anos de amostragem.

- As análises de biomarcadores moleculares envolveram a quantificação dos níveis de transcritos dos genes-alvo *AhR*, *CYP1A1*, *ESR1*, *GSTA*, *UGT1* e *VTG2* em amostras de tecido hepático de *C. mydas*.

- Os resultados indicaram que indivíduos *C. mydas* com níveis detectáveis de HPAs hepáticos apresentaram maior transcrição de *ESR1*, sugerindo potencial ação desses contaminantes como desreguladores endócrinos. A presença de resíduos sólidos no TGI de tartarugas-verdes foi associada ao aumento na transcrição de *AhR*, *ESR1* e *UGT1*, reforçando seu papel como fonte indireta de exposição a contaminantes. Além disso, tartarugas em condição corporal caquética apresentaram menores níveis de transcritos desses mesmos genes.

- Também foram observadas variações interanuais nos resultados dos biomarcadores moleculares em tecido hepático de *C. mydas*, com destaque para os

anos de 2017 e 2020, indicando possíveis flutuações na carga contaminante ambiental e a importância do monitoramento de longo prazo.

- Por fim, os resultados de biomarcadores bioquímicos em fígado de *S. guianensis* indicaram que a expressão hepática de CYP1A foi maior em subadultos e adultos em comparação aos juvenis, possivelmente devido à mobilização de contaminantes lipofílicos do tecido adiposo durante períodos de maior demanda energética, além da exposição cumulativa prolongada a contaminantes ambientais ao longo da vida.

8.5 PRÓXIMAS ETAPAS

As seguintes padronizações de biomarcadores bioquímicos ainda precisam ser finalizadas:

- a imunodeteção de CYP1A tecido hepático de *C. caretta* e *L. olivacea*;
- a quantificação de adutos de DNA [benzo(a)pireno diol epóxido - BPDE-DNA] em tecido hepático de *C. caretta*, *C. mydas*, *L. olivacea*, *L. dominicanus*, *P. puffinus*, *S. leucogaster* e *C. borealis*, *S. guianensis*.

Para o próximo período de referência está prevista a finalização das etapas de sequenciamento, a análise dos transcriptomas, bem como as padronizações de biomarcadores moleculares em tecido hepático de *L. olivacea*, *C. caretta*, *S. leucogaster*, *C. borealis* e *S. guianensis*.

Também é prevista a realização do teste piloto de avaliação de biomarcadores em tecidos hepático e tegumentar de *Tursiops truncatus* provenientes dos PMPs. Esta etapa depende da disponibilidade de amostras de carcaças coletadas em cod. 2.

Por fim, daremos sequência às análises dos seguintes biomarcadores:

- bioquímicos, GST e EROD, para todas as espécies prioritárias;

- bioquímicos, de quantificação de CYP1A, em *C. mydas*, *C. borealis*, *L. dominicanus*, *P. puffinus* e *S. leucogaster*;
- moleculares em tecido hepático de *C. mydas*, *L. dominicanus* e *P. puffinus*.

8.6 BIBLIOGRAFIA

AVIO, C.G.; GORBI, S.; REGOLI, F. Plastics and microplastics in the oceans: from emerging pollutants to emerged threat. **Marine Environmental Research**, v. 128, p. 2-11, 2017.

BACHMAN, M.J.; FOLTZ, K.M.; LYNCH, J.M.; WEST, K.L.; JENSEN, B.A. Using cytochrome P4501A1 expression in liver and blubber to understand effects of persistent organic pollutant exposure in stranded Pacific Island cetaceans. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 34, p. 1989-1995. 2015.

BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p. 248-254. 1976.

CAJARAVILLE, M. P.; BEBIANNO, M. J.; BLASCO, J.; PORTE, C.; SARASQUETE, C.; VIARENGO, A. The use of biomarkers to assess the impact of pollution in coastal environments of the Iberian Peninsula: a practical approach. **The Science of the total environment**, v. 247, n. 2–3, p. 295–311, 2000.

DE CASTRO, B.R.; KORRICK, S.A.; SPENGLER, J.D.; SOTO, A.M. Estrogenic activity of polychlorinated biphenyls present in human tissue and the environment. **Environmental Science and Technology**, v. 40, p. 2819-2825, 2006.

DUNKIN, R. C., MCLELLAN, W. A., BLUM, J. E., PABST, D. A. The ontogenetic changes in the thermal properties of blubber from Atlantic bottlenose dolphin *Tursiops truncatus*. **Journal of Experimental Biology**, 208(8), p. 1469–1480, 2005.

LAM, P. K. S.; GRAY, J. S. The use of biomarkers in environmental monitoring programmes. **Marine Pollution Bulletin**, v. 46, n. 2, p. 182–186, 2003.

LIVINGSTONE, D. R. Biotechnology and pollution monitoring: Use of molecular biomarkers in the aquatic environment. **Journal of Chemical Technology & Biotechnology**, v. 57, n. 3, p. 195–211, 1993.

McCUE, M.D. Starvation physiology: Reviewing the different strategies animals use to survive a common challenge. **Comparative Biochemistry and Physiology, Part A**, v. 156, p. 1-18, 2010.

MONTIE, E. W., FAIR, P. A., BOSSART, G. D., MITCHUM, G. B., HOUDE, M., MUIR, D. C. G., LETCHER, R. J., MCFEE, W. E., STARCZAK, V. R., STEGEMAN, J. J., HAHN, M. E. Cytochrome P4501A1 expression, polychlorinated biphenyls and hydroxylated metabolites, and adipocyte size of bottlenose dolphins from the Southeast United States. **Aquatic Toxicology**, 86(3), p. 397–412, 2008.

MOON, D.Y.; OWENS, D.W.; MACKENZIE, D.S. The effects of fasting and increased feeding on plasma thyroid hormones, glucose, and total protein in sea turtles. **Zoological Science**, v. 16, p. 579-586, 1999.

PETRY, M.V.; ARAÚJO, L.D.; BRUM, A.C.; BENEMANN, V.R.F.; FINGER, J.V.G. Plastic ingestion by juvenile green turtles (*Chelonia mydas*) off the coast of Southern Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 167, p.112337, 2021.

SALA, B.; BALASCH, A.; ELJARRAT, E.; CARDONA, L. First study on the presence of plastic additives in loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) from the Mediterranean Sea. **Environmental Pollution**, v. 283, p. 117108, 2021.

SIEVERT, L.M.; SIEVERT, G.A.; CUUP, P.V.Jr. Metabolic rate of feeding and fasting juvenile midland painted turtles, *Chrysemys picta marginata*. **Comparative Biochemistry and Physiology, Part A**, v. 90, p. 157-159, 1988

SANTOS, R.G.; ANDRADES, R.; DEMETRIO, G.R.; KUWAI, G.M.; SOBRAL, M.F.; VIEIRA, J.S.; MACHOVSKY-CAPUSKA, G.E. Exploring plastic-induced satiety in foraging green turtles. **Environmental Pollution**, v. 265, p. 114918, 2020.

STAPLETON, H.M.; KELLY, S.M.; PEI, R.; LETCHER, R.J.; GUNSCH, C. Metabolism of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) by human hepatocytes in vitro. **Environmental Health Perspectives**, v. 117, p. 197-202, 2009.

THERMO FISHER SCIENTIFIC, 2018. Application Note: Qubit RNA IQ Assay: a fast and easy fluorometric RNA quality assessment. Disponível em: <https://assets.thermofisher.com/TFS-Assets/BID/Application-Notes/qubit-rna-iq-assay-fluorometric-rna-quality-assessment-app-note.pdf>. Acesso em 24 de junho de 2019.

VAN DER OOST, R.; BEYER, J.; VERMEULEN, N. P. E. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. **Environmental toxicology and pharmacology**, v. 13, n. 2, p. 57–149, 2003.

VIGNET, C.; LARCHER, T.; DAVAIL, B.; JOASSARD, L.; Le MENACH, K.; GUIONNET, T.; LYPHOUT, L.; LEDEVIN, M.; GOUBEAU, M.; BUDZINSKI, H.; BÉGOUT, M.; COUSIN, X. Fish reproduction is disrupted upon lifelong exposure to environmental PAHs fractions revealing different modes of action. **Toxics**, v. 4, p. 26, 2016.

WALKER, C.H. Biochemical biomarkers in ecotoxicology – some recent developments. **Science of the Total Environment**, v. 171, p. 189-195. 1995.

WIECZOREK, D.; DELAURIERE, L.; SCHAGAT, T. **Methods of RNA Quality Assessment**. 2012. <<https://www.promega.com.br/resources/pubhub/methods-of-rna-quality-assessment/>>. Acesso em: 08 dez. 2017.

ZAJDA, K.; RAK, A.; PTAK, A.; GREGORASZCZUK, E.L. Compound of PAH mixtures dependent interaction between multiple signaling pathways in granulosa tumor cells. **Toxicology Letters**, v. 310, p. 14-22, 2019.

9 ANÁLISES DE FINGERPRINT

O Projeto Executivo Integrado do PMP-BS prevê o registro de qualquer resíduo oleoso e a realização de análises de *fingerprint* para amostras de óleo ou borra oleosa coletadas pelas equipes em praias ou animais. Os procedimentos de coleta, armazenamento e envio destas amostras estão descritos no Protocolo de Atividades 8.

A análise de “*fingerprint*” é um estudo geoquímico realizado por meio de técnicas analíticas consagradas mundialmente, como a cromatografia gasosa com detecção por ionização de chama e detecção por espectrometria de massas, com o objetivo de caracterizar e identificar amostras de fluidos oleosos e borras oleosas desconhecidas. Os resultados destas análises são correlacionados, sempre que possível, à um petróleo cru ou a algum derivado de petróleo, fornecendo assim, informações sobre sua natureza e/ou origem.

Dentre as informações apresentadas nesta seção constam: a apresentação das atividades e empreendimentos da Petrobras em operação na Bacia de Santos para o período de referência, os registros de incidentes ambientais relacionados, os registros de resíduos oleosos e de fauna oleada e seus respectivos resultados das análises de *fingerprint*, bem como resultados consolidados de anos anteriores de registros de resíduos oleosos e de fauna oleada obtidos pelo PMP-BS. Desde 2022, esta seção apresenta as informações que anteriormente constavam nos Relatórios Anuais de Análises de *Fingerprint* do PMP-BS, em atendimento ao disposto nos Pareceres Técnicos nº 491/2021-COPROD/CGMAC/DILIC e nº 172/2022-COPROD/CGMAC/DILIC, que requisitaram a apresentação de relatório único para o PMP-BS.

9.1 Atividades e Empreendimentos em Operação

Dentre as atividades da Petrobras executadas no período de referência na Área Geográfica da Bacia de Santos (AGBS) estão: o levantamento de dados sísmicos, a perfuração, completação, avaliação e intervenção de poços, bem como as atividades de produção e escoamento de petróleo. As atividades de pesquisa sísmica marítima

contemplaram a aquisição nos Campos Sapinhoá Monitor (de agosto de 2023 a janeiro de 2024), Sépia (de janeiro de 2024 a abril de 2024) e Búzios (de setembro de 2024 a março de 2025). Foram perfurados 34 poços na AGBS de janeiro a dezembro de 2024 (computados a partir do mês de início da perfuração).

Dentre as atividades de produção, registra-se para 2024 a continuidade da operação de 26 unidades da Petrobras instaladas, bem como o início da produção do FPSO Duque de Caxias em outubro/2024 no campo de Mero, totalizando 27 unidades de produção em operação ao final do período de referência (janeiro a dezembro/24).

A localização da AGBS, campos e plataformas de produção da Petrobras encontram-se representados na **Figura 9.1-1**.

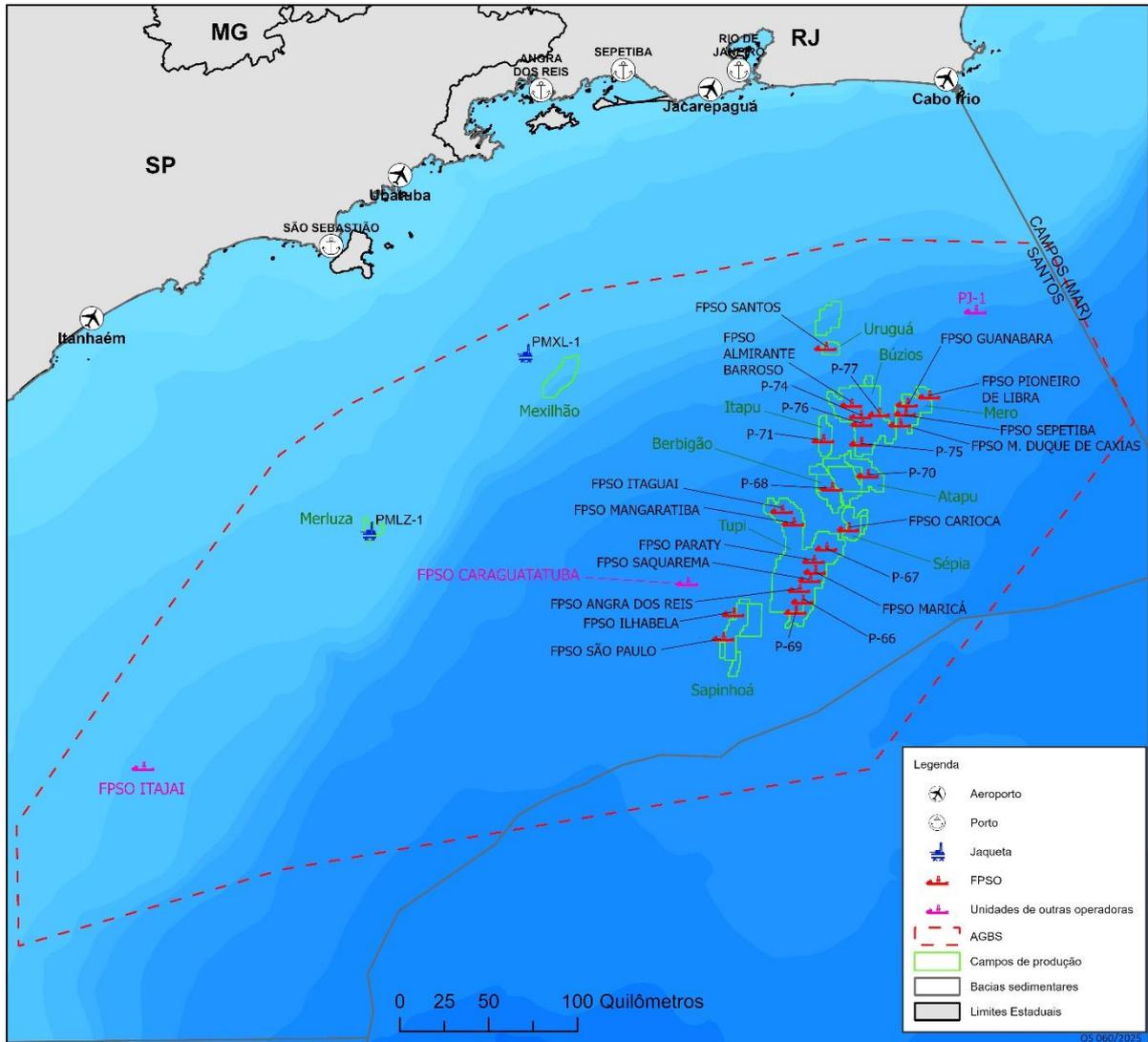


Figura 9.1-1 - Mapa com a AGBS, unidades de produção da Petrobras e de outras operadoras na Bacia de Santos.

9.2 Registros De Incidentes Ambientais

A seguir, na **Tabela 9.2-1**, são apresentados os dados dos incidentes nas atividades da Petrobras na Bacia de Santos, inclusive informações de descartes das plataformas de perfuração (“NS” – Navios Sondagens), além de plataformas de produção. Tais dados foram recebidos pela equipe do PMP-BS no dia 08/07/2025, ou seja, possíveis mudanças ou inclusões de informações após esta data não poderão ser considerados neste Relatório. Observa-se que ao todo foram 78 incidentes de descarga no mar no período de referência, totalizando um volume de 43.596,22 litros, com destaque para as descargas de fluido de perfuração/base água

(24.535,30 litros) e petróleo bruto (10.066,26 litros). E, em menores quantidades, óleo diesel (652,61 litros), óleo lubrificante (500,10 litros) e água oleosa (2,50 litros).

Tabela 9.2-1 - Relação de incidentes de descarga no mar por atividades/empreendimentos da Petrobras na Bacia de Santos entre 01/01/2024 e 31/12/2024.

| Nº | Data do Incidente | Unidade | Volume (Litros) | Tipo do Incidente | Substância Descarregada | Comunicação de incidente (CI) |
|----|-------------------|-------------------------------|-----------------|---|--------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 03/01/2024 | FPSO Cidade de São Paulo | 650,00 | Descarga significativa | Óleo diesel | UN-BS-1100 |
| 2 | 03/01/2024 | NS-54 | 1,50 | Perda de contenção primária significativa; Descarga menor | Fluido hidráulico base óleo | POCOS/SM-1120 |
| 3 | 16/01/2024 | FPSO Cidade de Angra dos Reis | 0,00 | Descarga menor | Óleo diesel | UN-BS-1192 |
| 4 | 21/01/2024 | P-75 | 0,20 | Parada emergencial da planta de processo (ESD); Descarga menor. | Petróleo bruto | UN-BUZ-1214 |
| 5 | 24/01/2024 | NS-38 | 29,52 | Falha no Blowout Preventer (BOP); Descarga significativa; Perda de contenção primária significativa | Fluido hidráulico base água | POCOS/SM-1237 |
| 6 | 27/01/2024 | NS-29 | 9,08 | Descarga significativa; Perda de contenção primária significativa; Falha no Blowout Preventer (BOP) | Fluido hidráulico base água | POCOS/SM-1255 (RETIFICADOR 2) |
| 7 | 31/01/2024 | 3-RJS-745 | 4,10 | Descarga menor | Fluido hidráulico base água | UN-MERO-1282 |
| 8 | 07/02/2024 | P-70 (poço 3-RJS-722) | 4353,00 | Descarga significativa; Perda de contenção primária significativa. | Fluido sintético de perfuração | UN-BS-1311-V6 |
| 9 | 09/02/2024 | FPSO Cidade de Maricá | 2,00 | Descarga menor | Água oleosa | UN-BS-1322-V1 |
| 10 | 13/02/2024 | FPSO Cidade de Mangaratiba | 140,00 | Descarga menor | Fluido hidráulico base água | UN-BS-1332 |
| 11 | 18/02/2024 | SS-70 | 3,00 | Descarga menor | Fluido hidráulico base água | POCOS/SM-1437 (Retificador 2) |
| 12 | 20/02/2024 | NS-54 | 0,10 | Descarga menor | Fluido hidráulico base óleo | POCOS/SM-1446 |
| 13 | 24/02/2024 | P-74 | 4300,00 | Descarga significativa; Perda de contenção primária significativa. | Fluido de perfuração base água | UN-BUZ-1466 |
| 14 | 28/02/2024 | NS-29 | 0,70 | Falha no Blowout Preventer (BOP); Descarga menor | Fluido hidráulico base água | POCOS/SM-1483 |
| 15 | 01/03/2024 | FPSO Cidade de Mangaratiba | 285,00 | Descarga significativa; Perda de contenção primária significativa. | Fluido hidráulico base água | UN-BS-1485 |

| Nº | Data do Incidente | Unidade | Volume (Litros) | Tipo do Incidente | Substância Descarregada | Comunicação de incidente (CI) |
|----|-------------------|----------------------------|-----------------|--|-----------------------------------|-------------------------------|
| 16 | 01/03/2024 | NS-57 | 2,30 | Falha no Blowout Preventer (BOP); Descarga menor | Fluido hidráulico base água | POCOS/SM-1498 (Retificador) |
| 17 | 01/03/2024 | NS-29 | 0,70 | Descarga menor; Falha no Blowout Preventer (BOP) | Fluido hidráulico base água | POCOS/SM-1496 |
| 18 | 01/03/2024 | NS-44 | 500,00 | Descarga significativa | Óleo lubrificante | POCOS/SM-1468 |
| 19 | 02/03/2024 | NS-48 | 9,58 | Descarga menor; Perda de contenção primária significativa | Fluido hidráulico base óleo | POCOS/SM-1499 |
| 20 | 18/03/2024 | NS-32 | 225,00 | Falha de elemento do conjunto solidário de barreira (CSB); Descarga significativa | Petróleo bruto | POCOS/CAMAP-AUP-1582 |
| 21 | 29/03/2024 | PMXL-1 | 108,00 | Descarga menor | Fluido hidráulico base água | UN-BS-1617-V1 |
| 22 | 08/04/2024 | NS-29 | 4,50 | Falha no Blowout Preventer (BOP); Descarga menor | Fluido hidráulico base água | POCOS/SM-1668 |
| 23 | 18/04/2024 | FPSO Carioca | 0,03 | Descarga menor | Petróleo bruto | UN-BS-1716-V1 |
| 24 | 24/04/2024 | NS-29 | 31,20 | Perda de contenção primária significativa; Descarga significativa | Fluido hidráulico base água | POCOS/SM-1747 |
| 25 | 28/04/2024 | FPSO Sepetiba | 0,00 | Descarga menor | Água oleosa | UN-MERO-1762 |
| 26 | 04/05/2024 | FPSO Cidade de Paraty | 0,01 | Descarga menor | Óleo diesel | UN-BS-1786 |
| 27 | 15/05/2024 | NS-39 | 13,25 | Falha no Blowout Preventer (BOP); Descarga menor | Fluido hidráulico base água | POCOS/SM-1846 |
| 28 | 17/05/2024 | FPSO Cidade de Mangaratiba | 5,00 | Descarga menor | MEG | UN-BS-1849 |
| 29 | 26/05/2024 | P-70 | 7,00 | Descarga menor | Petróleo bruto | UN-BS-1893 |
| 30 | 02/06/2024 | NS-39 | 1700,00 | Descarga significativa; Perda de contenção primária significativa | Fluido de perfuração base água | POCOS/SM-1927 (Retificador 1) |
| 31 | 12/06/2024 | FPSO Cidade de São Paulo | 7,60 | Descarga menor | Fluido hidráulico base água | UN-BS-1988 |
| 32 | 19/06/2024 | NS-47 | 0,05 | Falha no Blowout Preventer (BOP); Descarga menor | Fluido hidráulico base água | POCOS/SM-2012 |
| 33 | 22/06/2024 | SS-75 | 24,70 | Descarga menor | Fluido sintético de perfuração | POCOS/CAMAP-BUZ-2027 |
| 34 | 26/06/2024 | FPSO Cidade de Mangaratiba | 95,00 | Descarga menor | Fluido hidráulico base água | UN-BS-2037 |

| Nº | Data do Incidente | Unidade | Volume (Litros) | Tipo do Incidente | Substância Descarregada | Comunicação de incidente (CI) |
|----|-------------------|-----------------------|-----------------|---|--------------------------------|------------------------------------|
| 35 | 29/06/2024 | NS-47 | 477,00 | Falha no Blowout Preventer (BOP); Descarga significativa | Fluido de perfuração base água | POCOS/SM-2060 (Retificador 1) |
| 36 | 01/07/2024 | NS-55 | 45,00 | Falha no Blowout Preventer (BOP); Descarga significativa | Fluido hidráulico base água | POCOS/SM-2066 (Retificador) |
| 37 | 04/07/2024 | SS-70 | 0,46 | Falha no Blowout Preventer (BOP); Descarga significativa | Fluido hidráulico base água | POCOS/SM-2088 |
| 38 | 06/07/2024 | P-70 | 2208,00 | Descarga significativa; Falha estrutural em sistema de coleta ou escoamento da produção; Prejuízos materiais ao patrimônio próprio, para terceiros ou para as populações. | Petróleo bruto | UN-BS-2098-V3 |
| 39 | 10/07/2024 | P-74 | 1,00 | Descarga menor | Óleo diesel | UN-BUZ-2119 |
| 40 | 16/07/2024 | FPSO Carioca | 0,05 | Descarga menor | Óleo diesel | UN-BS-2145 |
| 41 | 16/07/2024 | NS-38 | 120,00 | Descarga menor | Fluido hidráulico base água | POCOS/CAMAP-BUZ-2154 (Retificador) |
| 42 | 19/07/2024 | P-70 (poço 9-RJS-730) | 29,20 | Descarga menor | Fluido sintético de perfuração | UN-BS-2165 |
| 43 | 20/07/2024 | P-75 | 1,00 | Descarga menor | Petróleo bruto | UN-BUZ-2175 |
| 44 | 22/07/2024 | P-69 | 0,50 | Descarga menor | Água oleosa | UN-BS-2177 |
| 45 | 01/08/2024 | NS-38 | 0,05 | Descarga menor | Fluido hidráulico base óleo | POCOS/SM-2230 |
| 46 | 14/08/2024 | NS-54 | 0,10 | Falha no Blowout Preventer (BOP); Descarga menor | Fluido hidráulico base água | POCOS/SM-2297 |
| 47 | 14/08/2024 | SS-75 | 28,39 | Falha no Blowout Preventer (BOP); Descarga significativa | Fluido hidráulico base água | POCOS/SM-2298-V1 (Retificador 1) |
| 48 | 15/08/2024 | NS-54 | 0,03 | Descarga menor | Fluido hidráulico base água | POCOS/SM-2300 |
| 49 | 21/08/2024 | P-76 | 1,00 | Descarga menor | Óleo diesel | UN-BUZ-2320 |
| 50 | 21/08/2024 | P-74 | 7625,00 | Descarga significativa; Perda de contenção primária significativa. | Petróleo bruto | UN-BUZ-2318-V5 |
| 51 | 25/08/2024 | NS-47 | 78,62 | Descarga menor | Fluido hidráulico base água | POCOS/SM-2338 |

| Nº | Data do Incidente | Unidade | Volume (Litros) | Tipo do Incidente | Substância Descarregada | Comunicação de incidente (CI) |
|----|-------------------|---------------------------------|-----------------|---|-----------------------------------|----------------------------------|
| 52 | 27/08/2024 | NS-55 | 0,85 | Falha no Blowout Preventer (BOP); Descarga menor | Fluido hidráulico base água | POCOS/SM-2352 |
| 53 | 06/09/2024 | 8-MRO-34-RJS | 70,30 | Descarga menor | Fluido de perfuração base água | UN-MERO-2399 |
| 54 | 08/09/2024 | NS-47 | 80,00 | Descarga menor | Fluido de perfuração base água | POCOS/SM-2405 |
| 55 | 09/09/2024 | NS-48 | 10,00 | Descarga menor | Fluido de perfuração base água | POCOS/SM-2411 |
| 56 | 14/09/2024 | NS-48 | 5088,00 | Desconexão de emergência; Descarga significativa; Perda de posicionamento | Fluido de perfuração base água | POCOS/SM-2431-V1 (Retificador 1) |
| 57 | 17/09/2024 | NS-47 | 234,90 | Descarga significativa; Falha no Blowout Preventer (BOP) | Fluido hidráulico base água | POCOS/SM-2443 |
| 58 | 21/09/2024 | SS-70 | 45,00 | Descarga significativa; Perda de contenção primária significativa | Fluido hidráulico base água | POCOS/SM-2459 |
| 59 | 25/09/2024 | NS-55 | 2380,00 | Descarga significativa; Perda de contenção primária significativa | Fluido de perfuração base água | POCOS/SM-2476 |
| 60 | 25/09/2024 | NS-29 | 6,00 | Descarga significativa; Falha no Blowout Preventer (BOP) | Fluido hidráulico base água | POCOS/SM-2480 |
| 61 | 01/10/2024 | P-76 | 1,50 | Descarga menor | Fluido sintético de perfuração | UN-BUZ-2496-V1 |
| 62 | 13/10/2024 | NS-59 | 15,00 | Falha no Blowout Preventer (BOP); Descarga significativa | Fluido hidráulico base água | POCOS/SM-2543 |
| 63 | 26/10/2024 | NS-38 | 0,79 | Descarga menor | Fluido hidráulico base água | POCOS/CAMAP-BUZ-2593 |
| 64 | 27/10/2024 | SS-70 | 5,40 | Descarga menor | Fluido hidráulico base água | POCOS/CAMAP-BUZ-2601 |
| 65 | 01/11/2024 | NS-48 | 5,84 | Descarga significativa | Fluido hidráulico base água | POCOS/SM-2623 |
| 66 | 03/11/2024 | FPSO Sepetiba (poço 3-RJS-748D) | 1994,00 | Descarga significativa | Fluido sintético de perfuração | UN-MERO-2629-V3 |
| 67 | 13/11/2024 | FPSO Sepetiba | 0,01 | Descarga menor | Petróleo bruto | UN-MERO-2676 |
| 68 | 13/11/2024 | NS-59 | 413,00 | Descarga significativa; Perda de contenção primária significativa | Fluido de perfuração base água | POCOS/SM-2674 |

| Nº | Data do Incidente | Unidade | Volume (Litros) | Tipo do Incidente | Substância Descarregada | Comunicação de incidente (CI) |
|----|-------------------|----------------------------|-----------------|--|--------------------------------|-------------------------------|
| 69 | 18/11/2024 | P-68 | 0,20 | Descarga menor | Fluido sintético de perfuração | UN-BS-2706 |
| 70 | 01/12/2024 | FPSO Cidade de Mangaratiba | 0,05 | Descarga menor | Óleo diesel | UN-BS-2759 |
| 71 | 04/12/2024 | FPSO Sepetiba | 3,00 | Descarga menor | Fluido hidráulico base óleo | UN-MERO-2779 |
| 72 | 08/12/2024 | NS-59 | 5565,00 | Descarga significativa; Perda de contenção primária significativa | Fluido de perfuração base água | POCOS/SM-2790 |
| 73 | 09/12/2024 | P-68 | 97,00 | Descarga menor | Fluido hidráulico base água | UN-BS-2795 |
| 74 | 09/12/2024 | NS-47 | 4452,00 | Descarga significativa; Perda de contenção primária significativa | Fluido de perfuração base água | POCOS/SM-2793 |
| 75 | 18/12/2024 | AKOFS SANTOS | 0,02 | Descarga menor | Petróleo bruto | POCOS/CAMAP-AGUP-LIBRA-2836 |
| 76 | 27/12/2024 | P-74 | 0,10 | Descarga menor | Óleo lubrificante | UN-BUZ-2873 |
| 77 | 27/12/2024 | NS-32 | 0,24 | Descarga menor | Fluido hidráulico base óleo | POCOS/CAMAP-BUZ-2871 |
| 78 | 30/12/2024 | P-75 | 0,50 | Descarga menor | Óleo diesel | UN-BUZ-2879 |

9.3 Registros de Resíduos Oleosos

Considerando o período de referência deste relatório (01/01/2024 a 31/12/2024), foram registradas 18 ocorrências de resíduos oleosos para a área de abrangência do PMP-BS, todas as amostras foram coletadas e as informações constam na **Tabela 9.3-1**.

As equipes do PMP-BS Área SC/PR realizaram 6 registros de resíduos oleosos, sendo 5 através do monitoramento ativo das praias e 1 por acionamento. Já as equipes do PMP-BS Área SP realizaram 10 registros de resíduos oleosos, sendo 5 através do monitoramento ativo das praias e 5 por acionamento. E, por fim, as equipes do PMP-BS Área RJ realizaram 2 registros de resíduos oleosos, sendo 1 através do monitoramento ativo das praias e 1 por acionamento. Estas amostras de resíduos oleosos coletadas foram categorizadas em campo quanto à matriz, como pelotas de piche (12 amostras) e o restante como óleo (6 amostras).

Para todas estas ocorrências de resíduos oleosos realizou-se a coleta de amostras para análises de fingerprint, realizadas no Centro de Pesquisas & Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello (CENPES).

Os resultados das análises de fingerprint indicaram que 14 das 18 amostras de resíduos oleosos coletadas correspondiam a derivados de petróleo. Duas amostras foram identificadas como óleo cru, porém não compatíveis com os óleos produzidos na Bacia de Santos. Uma amostra não apresentou perfil compatível com óleos crus de origem nacional, sendo classificada na **Tabela 9.3-1** como “outros”. Por fim, uma amostra revelou um perfil característico de óleo cru proveniente dos reservatórios do Pré-Sal da Bacia de Santos. No entanto, essa amostra está associada a um evento de derramamento de petróleo ocorrido durante uma operação de offloading no Terminal de São Sebastião, em 11 de janeiro de 2024.

O Trecho 10 foi a região com maior número de amostras de resíduos oleosos coletados em 2024 (9 amostras), padrão semelhante ao observado nos relatórios anteriores (período de referência: ano de 2021, 2022 e 2023). E o mês de outubro foi o mês com maior número de amostras coletadas em 2024 (5 amostras). Cabe ressaltar que todas estas análises estão devidamente registradas no SIMBA.

Tabela 9.3-1 - Ocorrências de resíduos oleosos registrados pelo PMP-BS entre 01/01/2024 e 31/12/2024.

| Nº | Data da coleta | Trecho (Instituição) | Município/Estado | Monitoramento | Código da Amostra | Matriz | Resultado | Nº Comunicação Técnica |
|----|----------------|---------------------------|---------------------|---------------|-------------------|--------|--|------------------------|
| 1 | 11/01/2024 | Trecho 10 (Argonauta) | São Sebastião/SP | Acionamento | PIC-000-0862 | Piche | Óleo Cru do Pré-Sal da Bacia de Santos | CT GEOQ 095/2024 |
| 2 | 30/01/2024 | Trecho 01 (UDESC) | Laguna/SC | Acionamento | PIC-000-0863 | Piche | Derivado | CT GEOQ 099/2024 |
| 3 | 02/02/2024 | Trecho 10 (Argonauta) | Caraguatatuba/SP | Regular | PIC-000-0864 | Piche | Óleo Cru * | CT GEOQ 097/2024 |
| 4 | 09/02/2024 | Trecho 06 (UPFR) | Pontal Do Paraná/PR | Regular | PIC-000-0869 | Piche | Óleo Cru* | CT GEOQ 100/2024 |
| 5 | 18/02/2024 | Trecho 03 (R3 Animal) | Florianópolis/SC | Regular | PIC-000-0870 | Piche | Derivado | CT GEOQ 101/2024 |
| 6 | 12/05/2024 | Trecho 09 (Gremar) | Guarujá/SP | Regular | PIC-000-0883 | Piche | Derivado | CT GEOQ 107/2024 |
| 7 | 09/06/2024 | Trecho 10 (Argonauta) | Ubatuba/SP | Regular | PIC-000-0890 | Piche | Derivado | CT GEOQ 110/2024 |
| 8 | 12/06/2024 | Trecho 14 - Econservation | Rio de Janeiro/RJ | Regular | OLE-000-0896 | Óleo | Derivado | CT GEOQ 112/2024 |
| 9 | 05/07/2024 | Trecho 01 (UDESC) | Laguna/SC | Regular | OLE-000-0901 | Óleo | Derivado | CT GEOQ 017/2025 |
| 10 | 16/07/2024 | Trecho 10 (Argonauta) | Ubatuba/SP | Acionamento | PIC-379-0001 | Piche | Derivado | CT GEOQ 021/2025 |
| 11 | 30/07/2024 | Trecho 10 (Argonauta) | Ubatuba/SP | Regular | PIC-000-0903 | Piche | Outros | CT GEOQ 020/2025 |
| 12 | 03/09/2024 | Trecho 15 - Econservation | Maricá/RJ | Regular | OLE-000-0914 | Óleo | Derivado | CT GEOQ 023/2025 |
| 13 | 08/09/2024 | Trecho 06 (UPFR) | Pontal Do Paraná/PR | Regular | PIC-000-0915 | Piche | Derivado | CT GEOQ 024/2025 |

| Nº | Data da coleta | Trecho (Instituição) | Município/Estado | Monitoramento | Código da Amostra | Matriz | Resultado | Nº Comunicação Técnica |
|----|----------------|-----------------------|------------------|---------------|----------------------------------|--------|----------------------|--------------------------------------|
| 14 | 10/10/2024 | Trecho 10 (Argonauta) | São Sebastião/SP | Acionamento | OLE-000-0924 | Óleo | Derivado | CT GEOQ 149/2024 |
| 15 | 11/10/2024 | Trecho 10 (Argonauta) | São Sebastião/SP | Acionamento | OLE-000-0925 | Óleo | Derivado | CT GEOQ 150/2024 |
| 16 | 15/10/2024 | Trecho 10 (Argonauta) | São Sebastião/SP | Acionamento | PIC-000-0926 | Piche | Derivado | CT GEOQ 025/2025 |
| 17 | 24/10/2024 | Trecho 06 (UPFR) | Paranaguá/PR | Regular | OLE-000-0929 | Óleo | Derivado | CT GEOQ 042/2025 |
| 18 | 28/10/2024 | Trecho 10 (Argonauta) | Ubatuba/SP | Regular | PIC-000-0930 PIC-000-0930 - 1 | Piche | Derivado Derivado | CT GEOQ 028/2025 CT GEOQ 029/2025 |

*Óleo cru não produzido na Bacia de Santos.

Na **Tabela 9.3-2** são apresentadas as imagens das 18 ocorrências de resíduos oleosos e respectivos códigos de amostra, registrados pelo PMP-BS entre 01/01/2024 e 31/12/2024.

Tabela 9.3-2 - Resíduos oleosos registrados na área de abrangência do PMP-BS entre 01/01/2024 e 31/12/2024 e respectivos Códigos de Amostra.

| Nº | Data da coleta | Código da Amostra | Foto da ocorrência |
|----|----------------|-------------------|--------------------|
| 1 | 11/01/2024 | PIC-000-0862 | |
| 2 | 30/01/2024 | PIC-000-0863 | |

| Nº | Data da coleta | Código da Amostra | Foto da ocorrência |
|----|----------------|-------------------|---|
| 3 | 02/02/2024 | PIC-000-0864 |  |
| 4 | 09/02/2024 | PIC-000-0869 |  |

| Nº | Data da coleta | Código da Amostra | Foto da ocorrência |
|----|----------------|-------------------|--|
| 5 | 18/02/2024 | PIC-000-0870 |  <p data-bbox="1230 300 1374 412">R3A000004 Piche 18/02/2024 Rogério</p> <p data-bbox="1230 421 1394 465"> </p> <p data-bbox="1187 860 1394 949">18/02/2024 12:22 -27°29'48"S -48°23'53"W TEC: Rogério Praia: Moçambique</p> |
| 6 | 12/05/2024 | PIC-000-0883 |  <p data-bbox="1262 1487 1394 1518">12/05/2024</p> |
| 7 | 09/06/2024 | PIC-000-0890 |  |

| Nº | Data da coleta | Código da Amostra | Foto da ocorrência |
|----|----------------|-------------------|--|
| 8 | 12/06/2024 | OLE-000-0896 |  <p>12/06/2024</p> |
| 9 | 05/07/2024 | OLE-000-0901 |  |
| 10 | 16/07/2024 | PIC-379-0001 |  <p>16 de jul. de 2024 09:00:13 -23°31'23,682"S -45°12'36,024"W lagoinha</p> |

| Nº | Data da coleta | Código da Amostra | Foto da ocorrência |
|----|----------------|-------------------|--------------------|
| 11 | 30/07/2024 | PIC-000-0903 | |
| 12 | 03/09/2024 | OLE-000-0914 | |
| 13 | 08/09/2024 | PIC-000-0915 | |

| Nº | Data da coleta | Código da Amostra | Foto da ocorrência |
|----|----------------|-------------------|--|
| 14 | 10/10/2024 | OLE-000-0924 |  |
| 15 | 11/10/2024 | OLE-000-0925 |  |
| 16 | 15/10/2024 | PIC-000-0926 |  |

| Nº | Data da coleta | Código da Amostra | Foto da ocorrência |
|----|----------------|------------------------------------|--------------------|
| 17 | 24/10/2024 | OLE-000-0929 | |
| 18 | 28/10/2024 | PIC-000-0930 / PIC-000-0930 - 1 | |

9.4 Registros de Fauna Oleada

Considerando o período de referência deste relatório (01/01/2024 a 31/12/2024), foram registradas 23 ocorrências de fauna oleada para a área de abrangência do PMP-BS (**Tabela 9.4-1**). Todos os indivíduos registrados foram aves.

As equipes do PMP-BS Área SC/PR realizaram 14 registros de fauna oleada, 11 através do monitoramento ativo das praias e três por acionamento. Já as equipes do PMP-BS Área SP realizaram três registros de fauna oleada, um através do monitoramento ativo das praias e dois por acionamento. Por fim, as equipes do PMP-BS Área RJ realizaram seis registros de fauna oleada, um através de monitoramento ativo das praias e cinco via acionamento.

Em todas estas ocorrências de fauna oleada, houve a coleta de amostras para análise de *fingerprint* no Centro de Pesquisas & Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello (CENPES).

Os resultados das análises de *fingerprint* indicaram que 16 das 23 amostras coletadas nos animais oleados correspondiam a derivados de petróleo. Uma amostra apresentou baixa recuperação de resíduo oleoso observadas na análise cromatografia gasosa e a distribuição irregular de biomarcadores, impediram a determinação da natureza do resíduo oleoso recuperado. Ainda assim, foi possível visualizar feições composicionais não condizentes com amostras de óleo cru de produção nacional. Para as outras seis amostras foram constatadas que se tratavam de óleo cru não produzido na Bacia de Santos.

Dos seis registros em que o resultado das análises indicou óleo cru, quatro foram obtidos de *Puffinus puffinus* sendo três registrados em Santa Catarina e um no Paraná, e os outros dois foram *Calonectris diomedea borealis* registrados em Santa Catarina e São Paulo. Ambas as espécies são de habitat oceânico e os registros evidenciaram até 25% do corpo afetado pelo óleo.

Assim como no ano anterior, o trecho com maior número de ocorrências de fauna oleada em 2024 foi o Trecho 06, com seis indivíduos. Com exceção dos trechos 03, 09, 10 e 11, todos os outros trechos registraram fauna oleada ao longo do ano. Para descrição dos trechos monitorados, vide item 3. Monitoramentos de Praia, no volume 1.

No decorrer do ano, os meses de março e novembro apresentaram as maiores quantidades de ocorrência, sendo quatro indivíduos em cada mês. Com exceção de setembro e dezembro, todos os outros meses registraram ao menos um animal oleado na área do PMP-BS.

Cabe ressaltar que todas estas análises estão devidamente registradas no SIMBA.

Do total de 23 ocorrências de fauna oleada, 13 eram indivíduos encontrados com vida e outras 10 ocorrências se tratava de carcaças. Os estágios de decomposição destas carcaças foram: uma carcaça em código 2 (ii 084001), duas em código 3 (ii 149591 e ii 169134) e sete em código 4 (ii 169147, ii 243406, ii 243918, ii 243422, ii 210275, ii 124226 e ii 235784). A causa mortis destes indivíduos foi determinada como natural para as carcaças em código 2 e em código 3 e, para as carcaças código 4, foi considerada natural para três indivíduos (ii 243406, ii 243918 e ii 235784), antropogênica para um indivíduo (ii 124226) e indeterminada para três indivíduos (ii 169147, ii 243422 e ii 210275).

Tabela 9.4-1 – Ocorrências de fauna oleada no PMP-BS entre 01/01/2024 e 31/12/2024.

| Nº | Identificador do Indivíduo | Espécie | Data do resgate | Monitoramento | Status no resgate | Quantidade de óleo | Habitat | Trecho (Instituição) | Município/ Estado | Código da Amostra | Resultado | Nº Comunicação Técnica |
|----|----------------------------|--------------------------------------|-----------------|---------------|-------------------|--------------------|--------------|---------------------------------|-------------------------|------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|
| 1 | 149591 | <i>Calonectris diomedea borealis</i> | 06/01/2024 | Regular | Morto (Cod. 3) | até 25% | Oceânico | Trecho 07 (IPEC) | Ilha Comprida/SP | 149591-OAD-0001 | Óleo Cru* | CT GEOQ 131/2024 |
| 2 | 174494 | <i>Calonectris diomedea borealis</i> | 08/01/2024 | Regular | Vivo (Cod. 1) | até 25% | Oceânico | Trecho 05 (Univille) | São Francisco Do Sul/SC | 174494-OAD-0002 174494-PEN-0001 | Óleo Cru* Óleo Cru* | CT GEOQ 093/2024 CT GEOQ 092/2024 |
| 3 | 145337 | <i>Sula leucogaster</i> | 25/01/2024 | Acionamento | Vivo (Cod. 1) | até 50% | Cost./Ocean. | Trecho 06 (UFPR) | Paranaguá/PR | 145337-PEN-0001 | Derivado | CT GEOQ 098/2024 |
| 4 | 208367 | <i>Fregata magnificens</i> | 01/02/2024 | Acionamento | Vivo (Cod. 1) | até 25% | Costeiro | Trecho 12 (Econservation) | Angra dos Reis/RJ | 208367-PEN-0001 | Derivado | CT GEOQ 096/2024 |
| 5 | 209015 | <i>Fregata magnificens</i> | 06/03/2024 | Acionamento | Vivo (Cod. 1) | até 50% | Costeiro | Trecho 15 (Econservation) | Niterói/RJ | 209015-PEN-0001 | Derivado | CT GEOQ 102/2024 |
| 6 | 176781 | <i>Sula leucogaster</i> | 19/03/2024 | Acionamento | Vivo (Cod. 1) | até 25% | Cost./Ocean. | Trecho 06 (UFPR) | Pontal do Paraná/PR | 176781-OAD-0001 | Derivado | CT GEOQ 103/2024 |
| 7 | 084001 | <i>Larus dominicanus</i> | 24/03/2024 | Acionamento | Morto (Cod. 2) | até 25% | Costeiro | Trecho 06 (UFPR) | Guaratuba/PR | 084001-OAD-0005 | Derivado | CT GEOQ 104/2024 |
| 8 | 210533 | <i>Phalacrocorax brasilianus</i> | 27/03/2024 | Acionamento | Vivo (Cod. 1) | mais do que 75% | Costeiro | Trecho 14 (Econservation) | Rio de Janeiro/RJ | 210533-PEN-0001 | Derivado | CT GEOQ 105/2024 |
| 9 | 205513 | <i>Phalacrocorax brasilianus</i> | 01/04/2024 | Acionamento | Vivo (Cod. 1) | mais do que 75% | Costeiro | Trecho 14 (Econservation) | Rio de Janeiro/RJ | 205513-PEN-0001 | Derivado | CT GEOQ 106/2024 |
| 10 | 232628 | <i>Puffinus gravis</i> | 19/05/2024 | Acionamento | Vivo (Cod. 1) | até 50% | Oceânico | Trecho 08 (Biopesca) | Praia Grande/SP | 232628-PEN-0002 | Derivado | CT GEOQ 108/2024 |
| 11 | 144205 | <i>Puffinus gravis</i> | 20/05/2024 | Acionamento | Vivo (Cod. 1) | até 25% | Oceânico | Trecho 08 (Biopesca) | Praia Grande/SP | 144205-PEN-0003 | Derivado | CT GEOQ 109/2024 |
| 12 | 169134 | <i>Fulmarus glacialis</i> | 07/06/2024 | Regular | Morto (Cod. 3) | até 25% | Oceânico | Trecho 02 (Instituto Australis) | Garopaba/SC | 169134-PEN-0001 | Derivado | CT GEOQ 111/2024 |

| Nº | Identificador do Indivíduo | Espécie | Data do resgate | Monitoramento | Status no resgate | Quantidade de óleo | Habitat | Trecho (Instituição) | Município/ Estado | Código da Amostra | Resultado | Nº Comunicação Técnica |
|----|----------------------------|----------------------------------|-----------------|---------------|-------------------|--------------------|--------------|---------------------------------|-----------------------|---------------------|--------------------|------------------------|
| 13 | 169147 | <i>Spheniscus magellanicus</i> | 17/06/2024 | Regular | Morto (Cod. 4) | até 25% | Cost./Ocean. | Trecho 02 (Instituto Australis) | Paulo Lopes/SC | 169147-PEN-0002 | Derivado | CT GEOQ 113/2024 |
| 14 | 184744 | <i>Spheniscus magellanicus</i> | 24/06/2024 | Regular | Vivo (Cod. 1) | até 25% | Cost./Ocean. | Trecho 02 (Instituto Australis) | Paulo Lopes/SC | 184744-PEN-0001 | Derivado | CT GEOQ 114/2024 |
| 15 | 138369 | <i>Spheniscus magellanicus</i> | 05/07/2024 | Regular | Vivo (Cod. 1) | mais do que 75% | Cost./Ocean. | Trecho 01 (UDESC) | Laguna/SC | 138369-PEN-0001 | Derivado | CT GEOQ 016/2025 |
| 16 | 365775 | <i>Phalacrocorax brasilianus</i> | 18/07/2024 | Acionamento | Vivo (Cod. 1) | até 25% | Costeiro | Trecho 13 (Econservation) | Mangaratiba/RJ | 365775-OAD-0001 | Massa Insuficiente | CT GEOQ 018/2025 |
| 17 | 251351 | <i>Larus dominicanus</i> | 25/08/2024 | Regular | Vivo (Cod. 1) | até 50% | Costeiro | Trecho 13 (Econservation) | Itaguaí/RJ | 251351-PEN-0001 | Derivado | CT GEOQ 019/2025 |
| 18 | 243406 | <i>Puffinus puffinus</i> | 22/10/2024 | Regular | Morto (Cod. 4) | até 25% | Oceânico | Trecho 06 (UFPR) | Pontal do Paraná/PR | 243406-PEN-0001 | Derivado | CT GEOQ 027/2025 |
| 19 | 243918 | <i>Puffinus puffinus</i> | 22/10/2024 | Regular | Morto (Cod. 4) | até 25% | Oceânico | Trecho 06 (UFPR) | Pontal do Paraná/PR | 243918-PEN-0001 | Derivado | CT GEOQ 026/2025 |
| 20 | 243422 | <i>Puffinus puffinus</i> | 03/11/2024 | Regular | Morto (Cod. 4) | até 25% | Oceânico | Trecho 05 (Univille) | Itapoá/SC | 243422-OAD-0001 | Óleo Cru* | CT GEOQ 030/2025 |
| | | | | | | | | | | 243422-OAD-0001 - 1 | Óleo Cru* | CT GEOQ 032/2025 |
| 21 | 210275 | <i>Puffinus puffinus</i> | 06/11/2024 | Regular | Morto (Cod. 4) | até 25% | Oceânico | Trecho 04 (Univali) | Balneário Piçarras/SC | 210275-PEN-0001 | Óleo Cru* | CT GEOQ 043/2025 |
| 22 | 124226 | <i>Puffinus puffinus</i> | 18/11/2024 | Regular | Morto (Cod. 4) | até 25% | Oceânico | Trecho 01 (UDESC) | Laguna/SC | 124226-PEN-0001 | Óleo Cru* | CT GEOQ 033/2025 |
| 23 | 235784 | <i>Puffinus puffinus</i> | 18/11/2024 | Regular | Morto (Cod. 4) | até 25% | Oceânico | Trecho 06 (UFPR) | Matinhos/PR | 235784-PEN-0001 | Óleo Cru* | CT GEOQ 034/2025 |
| | | | | | | | | | | 235784-PEN-0001-1 | Óleo Cru* | CT GEOQ 035/2025 |

*Óleo cru não produzido na Baía de Santos.

Para a Área SC/PR foram registrados cinco indivíduos com vida e nove carcaças, cujas localizações das ocorrências constam na **Figura 9.4-1**. Das 5 aves encontradas vivas, três indivíduos foram a óbito durante a reabilitação e dois indivíduos foram soltos após concluída a reabilitação, listados abaixo:

- *Calonectris diomedea borealis* (ii 174494): foi tratado na UE de São Francisco do Sul e morreu após 10 dias de tratamento.
- *Sula leucogaster* (ii 145337): foi tratado no CRD Pontal do Paraná e solto após 22 dias de tratamento.
- *Sula leucogaster* (ii 176781): foi tratado no CRD Pontal do Paraná e morreu após 2 dias de tratamento.
- *Spheniscus magellanicus* (ii 184744): foi transferido da UE de Laguna para o CRD Florianópolis e solto após 46 dias de tratamento.
- *Spheniscus magellanicus* (ii 138369): foi tratado na UE de Laguna e morreu após 4 dias de tratamento.

Para a Área SP foram registrados duas aves vivas e uma carcaça, cuja localização encontra-se na **Figura 9.4-2**. As aves vivas, ambas *Puffinus gravis*, foram transferidas da UE de Praia Grande para o CRD de Guarujá e morreram após 11 (ii 232628) e 20 (ii 144205) dias de tratamento.

Para a Área RJ todas as aves registradas foram resgatadas com vida, cuja localização consta na **Figura 9.4-3**. Das seis aves encontradas vivas, cinco indivíduos foram a óbito durante a reabilitação e um foi solto após concluída a reabilitação, listados abaixo:

- *Fregata magnificens* (ii 208367): foi tratado no CRD Itacuruçá e solto após 47 dias de tratamento.
- *Fregata magnificens* (ii 209015): foi tratado na UE do Rio de Janeiro e morreu após 2 dias de tratamento.
- *Phalacrocorax brasilianus* (ii 210533): foi transferido da UE do Rio de Janeiro para o CRD Maricá e morreu após 4 dias de tratamento.
- *Phalacrocorax brasilianus* (ii 205513): foi tratado na UE do Rio de Janeiro e morreu após 2 dias de tratamento.
- *Phalacrocorax brasilianus* (ii 365775): foi tratado no CRD Itacuruçá e morreu após 3 dias de tratamento.
- *Larus dominicanus* (ii 251351): foi tratado no CRD Itacuruçá e morreu após 28 dias de tratamento.

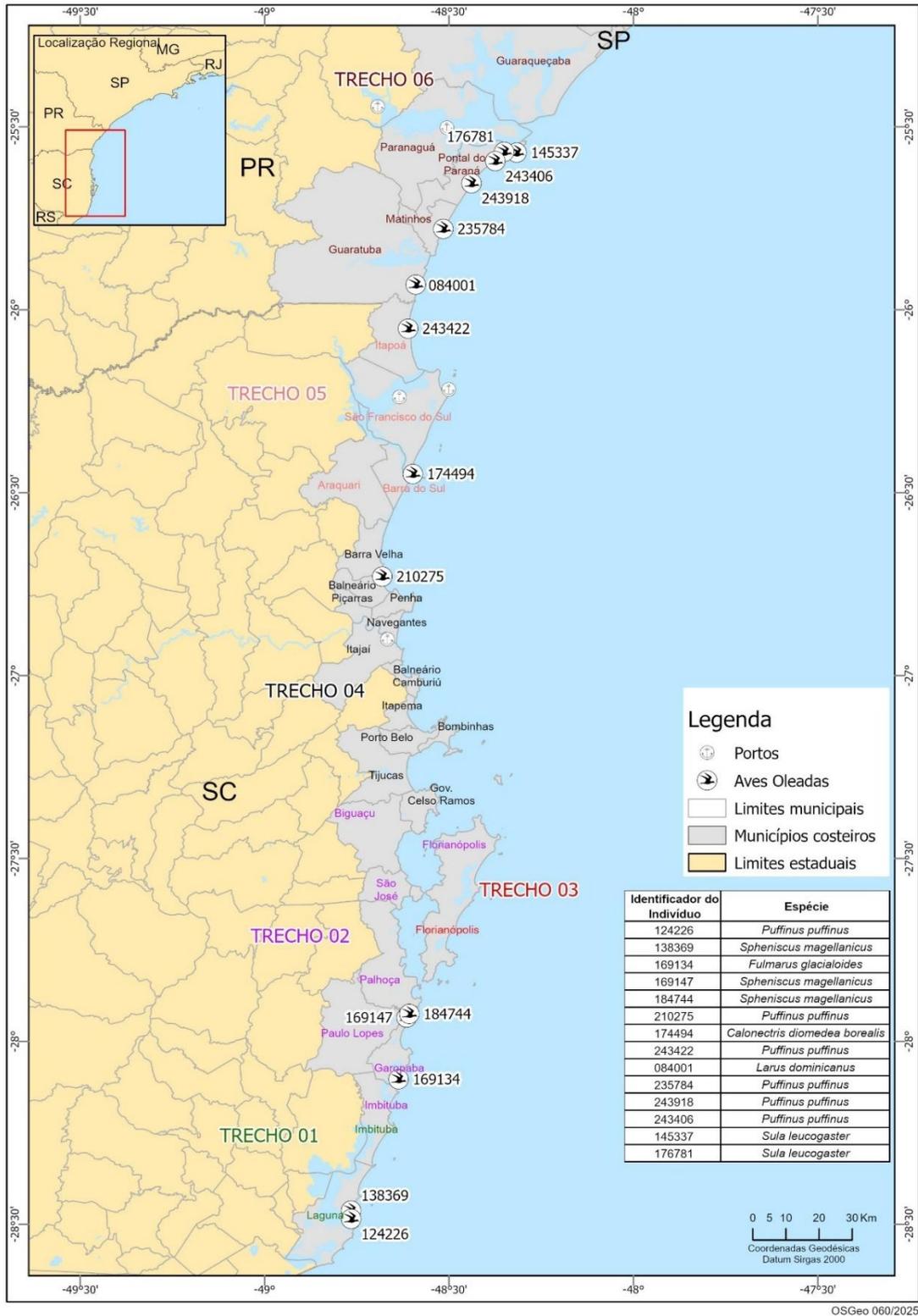


Figura 9.4-1 - Locais de registro de fauna oleada encontrada pelo PMP-BS Área SC/PR no período de 01/01/2024 a 31/12/2024.

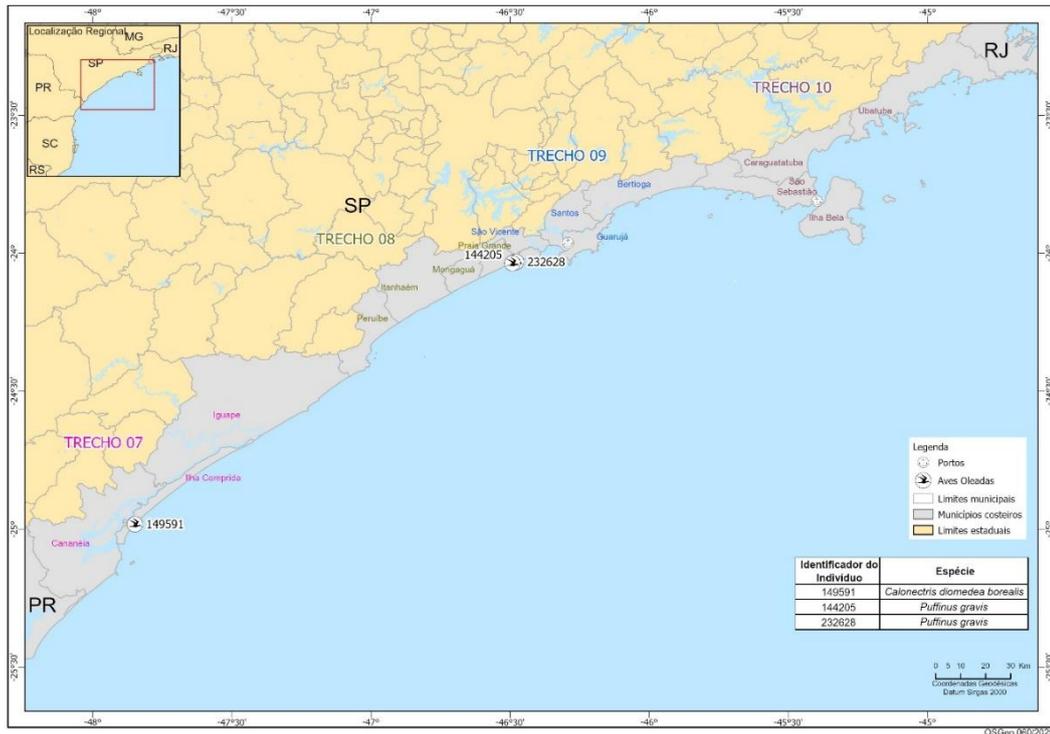


Figura 9.4-2 - Locais de registro de fauna oleada encontrada pelo PMP-BS Área SP no período de 01/01/2024 a 31/12/2024.

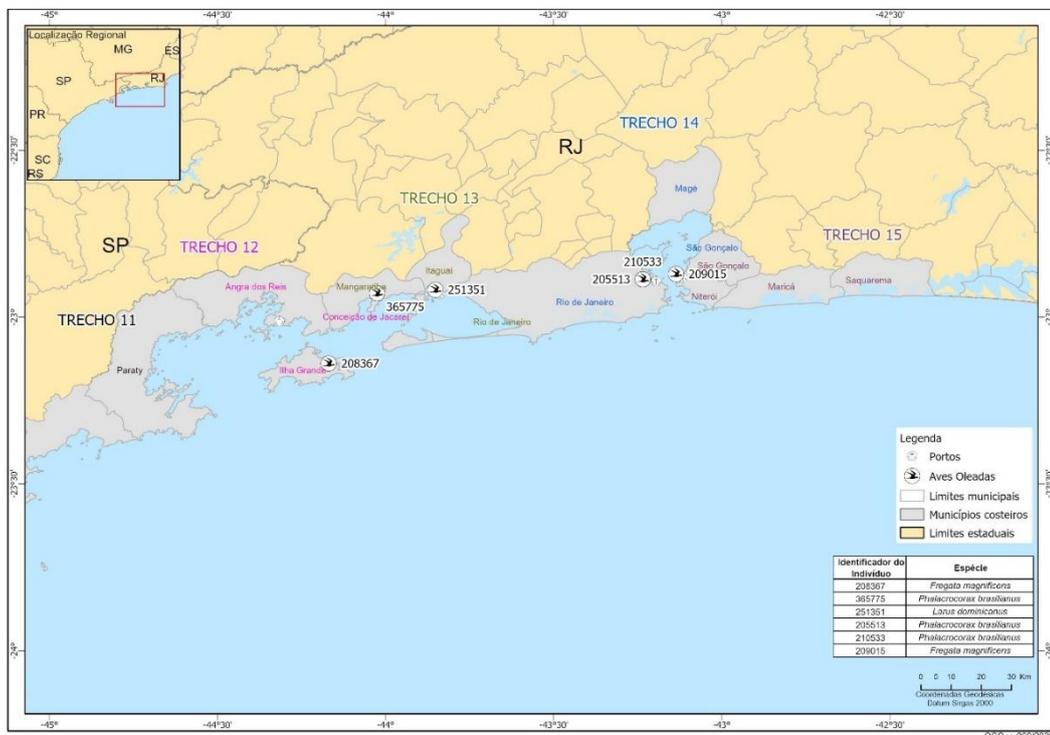


Figura 9.4-3 - Locais de registro de fauna oleada encontrada pelo PMP-BS Área RJ no período de 01/01/2024 a 31/12/2024.

Na **Tabela 9.4-2** são apresentadas as imagens dos 23 animais oleados e respectivos ii (Identificadores dos Indivíduos), registrados pelo PMP-BS entre 01/01/2024 e 31/12/2024.

Tabela 9.4-2 – Aspecto geral dos exemplares de fauna oleada detectados na área de abrangência do PMP-BS no período de 01/01/2024 a 31/12/2024

| Nº | II | Espécie | Data do resgate | Trecho | Foto da ocorrência |
|----|--------|--------------------------------------|-----------------|-----------|--|
| 1 | 149591 | <i>Calonectris diomedea borealis</i> | 06/01/2024 | Trecho 07 |  |
| 2 | 174494 | <i>Calonectris diomedea borealis</i> | 08/01/2024 | Trecho 05 |  |

| Nº | II | Espécie | Data do resgate | Trecho | Foto da ocorrência |
|----|--------|----------------------------|-----------------|-----------|--|
| 3 | 145337 | <i>Sula leucogaster</i> | 25/01/2024 | Trecho 06 |  |
| 4 | 208367 | <i>Fregata magnificens</i> | 01/02/2024 | Trecho 12 |  |
| 5 | 209015 | <i>Fregata magnificens</i> | 06/03/2024 | Trecho 15 |  |
| 6 | 176781 | <i>Sula leucogaster</i> | 19/03/2024 | Trecho 06 |  |

| Nº | II | Espécie | Data do resgate | Trecho | Foto da ocorrência |
|----|--------|----------------------------------|-----------------|-----------|--|
| 7 | 084001 | <i>Larus dominicanus</i> | 24/03/2024 | Trecho 06 |  |
| 8 | 210533 | <i>Phalacrocorax brasilianus</i> | 27/03/2024 | Trecho 14 |  |
| 9 | 205513 | <i>Phalacrocorax brasilianus</i> | 01/04/2024 | Trecho 14 |  |
| 10 | 232628 | <i>Puffinus gravis</i> | 19/05/2024 | Trecho 08 |  |
| 11 | 144205 | <i>Puffinus gravis</i> | 20/05/2024 | Trecho 08 |  |

| Nº | II | Espécie | Data do resgate | Trecho | Foto da ocorrência |
|----|--------|--------------------------------|-----------------|-----------|--|
| 12 | 169134 | <i>Fulmarus glacialoides</i> | 07/06/2024 | Trecho 02 |  |
| 13 | 169147 | <i>Spheniscus magellanicus</i> | 17/06/2024 | Trecho 02 |  |
| 14 | 184744 | <i>Spheniscus magellanicus</i> | 24/06/2024 | Trecho 02 |  |
| 15 | 138369 | <i>Spheniscus magellanicus</i> | 05/07/2024 | Trecho 01 |  |

| Nº | II | Espécie | Data do resgate | Trecho | Foto da ocorrência |
|----|--------|----------------------------------|-----------------|-----------|--|
| 16 | 365775 | <i>Phalacrocorax brasilianus</i> | 18/07/2024 | Trecho 13 |  |
| 17 | 251351 | <i>Larus dominicanus</i> | 25/08/2024 | Trecho 13 |  |
| 18 | 243406 | <i>Puffinus puffinus</i> | 22/10/2024 | Trecho 06 |  |

| Nº | II | Espécie | Data do resgate | Trecho | Foto da ocorrência |
|----|--------|--------------------------|-----------------|-----------|--|
| 19 | 243918 | <i>Puffinus puffinus</i> | 22/10/2024 | Trecho 06 |  |
| 20 | 243422 | <i>Puffinus puffinus</i> | 03/11/2024 | Trecho 05 |  |
| 21 | 210275 | <i>Puffinus puffinus</i> | 06/11/2024 | Trecho 04 |  |

| Nº | II | Espécie | Data do resgate | Trecho | Foto da ocorrência |
|----|--------|--------------------------|-----------------|-----------|--------------------|
| 22 | 124226 | <i>Puffinus puffinus</i> | 18/11/2024 | Trecho 01 | |
| 23 | 235784 | <i>Puffinus puffinus</i> | 18/11/2024 | Trecho 06 | |

9.5 Considerações

Esta seção apresenta a série histórica de resultados de fingerprint, a partir dos dados revisados e correções de inconsistências pontuais identificadas em relatórios anteriores.

Considerando a série histórica anual desde 01/01/2017, ano em que o PMP-BS consolidou as coletas no Fase 1 (SC/PR e SP) e Fase 2 (RJ), foram registradas 263 ocorrências de resíduos oleosos na área de monitoramento do PMP-BS (**Tabela 9.5-1**). Deste total de ocorrências de resíduos oleosos, 24 (dos anos de 2017, 2018 e 2024) não foram enviadas para análise de *fingerprint* por terem a origem conhecida, por serem de praias, com ocorrência recorrente e já analisada de óleo intemperizado, ou ainda, não ter sido possível a adequada coleta da amostra. Um

registro de 2024 não teve amostra coletada por se tratar de óleo diesel de embarcação identificado na lâmina d'água e faixa da areia, proveniente de um acidente de embarcação que resultou no derramamento do combustível.

Do total, 77,9% foram categorizados como piche (n=205) e outros 22,1% como óleo (n=58), pelas equipes de campo (**Tabela 9.5-1**). Esclarece-se que, quando da eventual coleta de mais de uma amostra de resíduo oleoso no mesmo dia e local pelas equipes de monitoramento, as amostras são analisadas em separado para determinação de *fingerprint* pelo CENPES, e após a confirmação da semelhança entre elas, estas amostras replicadas são consideradas como uma única ocorrência para fins de cômputo nos quantitativos deste relatório.

Tabela 9.5-1 – Ocorrências de resíduos oleosos registrados no PMP-BS entre os anos de 2017 e 2024.

| Ano/Tipo de Resíduo | Santa Catarina | Paraná | São Paulo | Rio de Janeiro | Total Geral |
|---------------------|----------------|-----------|------------|----------------|-------------|
| 2017 | | | | | |
| Óleo | 1 | 3 | 3 | 4 | 11 |
| Piche | 2 | 1 | 32 | | 35 |
| 2018 | | | | | |
| Óleo | 1 | 4 | 8 | 2 | 15 |
| Piche | | 2 | 9 | 2 | 13 |
| 2019 | | | | | |
| Óleo | 1 | | 3 | 2 | 6 |
| Piche | | | 46 | 10 | 56 |
| 2020 | | | | | |
| Óleo | | | 3 | 2 | 5 |
| Piche | 2 | | 16 | 3 | 21 |
| 2021 | | | | | |
| Óleo | 3 | 0 | 2 | 1 | 6 |
| Piche | | 4 | 9 | 1 | 14 |
| 2022 | | | | | |
| Óleo | 1 | | 2 | 3 | 6 |
| Piche | | 5 | 25 | 4 | 34 |
| 2023 | | | | | |
| Óleo | | | | 1 | 1 |
| Piche | | 4 | 15 | 2 | 21 |
| 2024 | | | | | |
| Óleo | 2 | 1 | 3 | 2 | 8 |
| Piche | 2 | 2 | 7 | | 11 |
| Total Geral | 15 | 26 | 183 | 39 | 263 |

Do total de 219 amostras que apresentaram resultados de *fingerprint*, ou seja, desconsiderando as amostras com massa insuficiente, extraviadas, inadequadas ou que não foram enviadas para análise não é possível observar uma tendência na

ocorrência de resíduos oleosos (**Figura 9.5-1**). As amostras cujos resultados indicam derivados são as predominantes durante todos os anos de realização de coleta de resíduos oleosos pelo PMP-BS, com destaque para os anos de 2019 e 2022. As amostras cujos resultados indicam óleo cru variaram de zero a três por ano.

Em 2024, se observou a menor quantidade total de amostras registradas em um ano. Do total de 19 amostras, 14 foram classificadas como derivados de petróleo (73,7%), mantendo essa categoria como predominante. Já para óleo cru, foram registradas três amostras, número igual ao ano anterior (2023).

Vale destacar que, dentro da categoria “outros”, cuja ocorrência variou de zero a três registros por ano, estão incluídos os seguintes casos:

- os resultados inconclusivos, onde não foi possível sugerir a natureza da amostra (não foi evidenciado a presença de biomarcadores de petróleo),
- os resultados que não apresentam correlação com amostras de óleos crus de produção nacional,
- quando não foi possível determinar que se tratava de óleo cru ou derivado, provavelmente oriundo das ocorrências do litoral do Nordeste brasileiro, ocorridas a partir do segundo semestre de 2019.

Em 2024 não houve amostras com massa insuficiente, extraviadas ou inadequadas, o que reflete avanços na padronização e eficiência dos procedimentos de coleta e envio para análise.

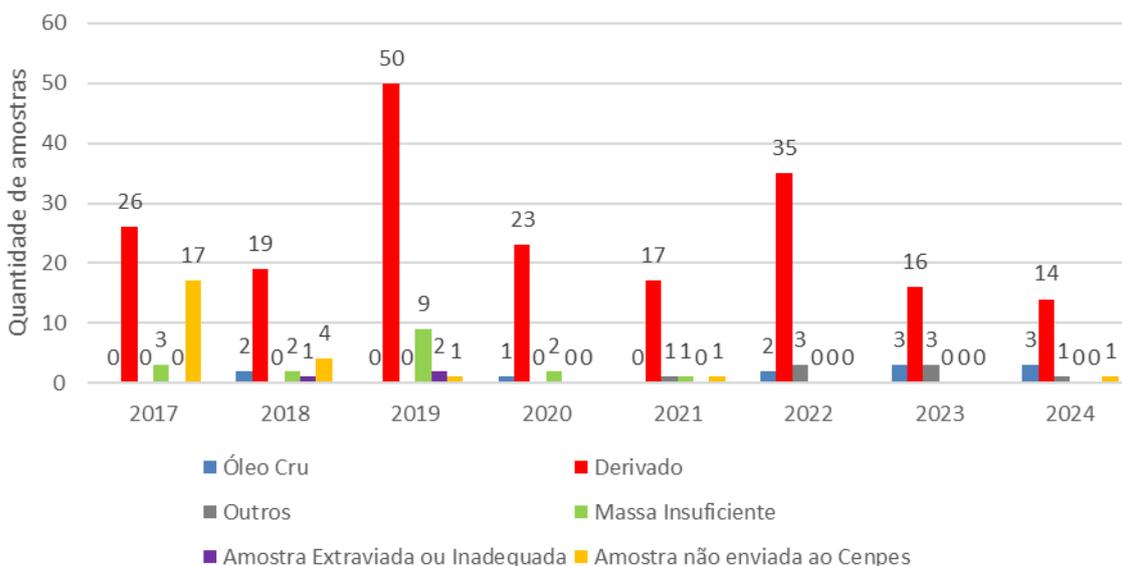


Figura 9.5-1 – Série histórica com registros de resíduos oleosos pelo PMP-BS.

Já para fauna oleada, foram registradas 216 ocorrências de animais oleados na área de monitoramento do PMP-BS e 8 animais considerados “não oleados” externamente (**Tabela 9.5-2**), dos quais 90,2% (n=202) eram aves. Do total de animais, 69,2% (n=155) foram registrados com menos de 25% de óleo no corpo (**Tabela 9.5-2**). Vale destacar também que, em alguns casos, houve coleta de duas amostras para o mesmo animal, por exemplo, em aves nas penas e óleo aderido à outras partes do animal. Porém, o total não considera essas amostras repetidas, ou seja, houve o registro de 224 animais oleados, incluindo os 8 animais oleados internamente, desde 2017. Até 2023 houve apenas três amostras (ii 182388, ii 223106 e ii 195725) coletadas em 2019, 2020 e 2023, respectivamente, que não foram enviadas para o CENPES, conforme informado no Relatório Técnico Anual Integrado do PMP-BS, período de referência 2023. Em 2024 todas as amostras coletadas foram enviadas.

Tabela 9.5-2 – Registros de fauna oleada ao longo do PMP-BS nos anos de 2017 a 2024.

| Ano/Quantidade de óleo | Aves | Mamíferos | Tartarugas | Total Geral |
|------------------------|------|-----------|------------|-------------|
| 2017 | | | | |
| Sem óleo externo | 2* | | 1** | 3 |
| até 25% | 11 | | 5 | 16 |
| até 50% | 5 | | | 5 |
| até 75% | 1 | | | 1 |
| 2018 | | | | |
| até 25% | 46 | | 5 | 51 |
| até 50% | 9 | | | 9 |
| até 75% | 2 | | | 2 |
| mais do que 75% | 5 | | | 5 |
| 2019 | | | | |
| Sem óleo eterno | 1* | | 2* | 3 |
| até 25% | 25 | 1 | 2 | 28 |
| até 50% | 9 | | 1 | 10 |
| até 75% | 5 | | | 5 |
| 2020 | | | | |
| até 25% | 7 | | 1 | 8 |
| até 50% | 2 | | | 2 |
| até 75% | 2 | | | 2 |
| 2021 | | | | |
| até 25% | 12 | | | 12 |
| até 50% | 3 | | | 3 |
| até 75% | 3 | | | 3 |
| mais do que 75% | 1 | | | 1 |
| 2022 | | | | |
| Sem óleo externo | | | 1*** | 1 |
| até 25% | 17 | | 2 | 19 |
| até 50% | 3 | | | 3 |
| até 75% | 2 | | | 2 |
| mais do que 75% | 1 | | | 1 |

| Ano/Quantidade de óleo | Aves | Mamíferos | Tartarugas | Total Geral |
|------------------------|------------|-----------|------------|-------------|
| 2023 | | | | |
| Sem óleo externo | | | 1*** | 1 |
| até 25% | 5 | | | 5 |
| 2024 | | | | |
| até 25% | 16 | | | 16 |
| até 50% | 4 | | | 4 |
| mais do que 75% | 3 | | | 3 |
| Total Geral | 202 | 1 | 21 | 224 |

* Amostras coletadas junto com material biológico (fezes).

** *Chelonia mydas* (ii 055494) não cadastrada no SIMBA como oleada na OFAI, porém na transferência da UE para o CRD foi verificada presença de até 25% de óleo.

*** Amostras coletadas junto com material biológico (estômago).

Os dados de fauna oleada (**Figura 9.5-2**) mostram que entre 2017 e 2024, houve um pico em 2018, com 67 amostras (principalmente de derivados de óleo), seguido de uma diminuição e estabilização nos anos seguintes. A partir de 2021, não houve mais registro de amostras com massa insuficiente ou extravio, apenas uma amostra inadequada em 2022, o que sugere uma melhoria nos processos de coleta e envio do material. Em 2024, se observa um aumento das amostras de óleo cru, com a segunda maior quantidade de amostras em toda a série temporal (n=6), atrás somente do ano de 2019 que registrou uma quantidade expressiva (n=15).

Assim como ocorre com os Resíduos Oleosos, também há a categoria “outros” nos registros de fauna oleada. No entanto, para fauna, essa categoria inclui exclusivamente resultados não compatíveis com óleos crus de origem nacional até o momento.

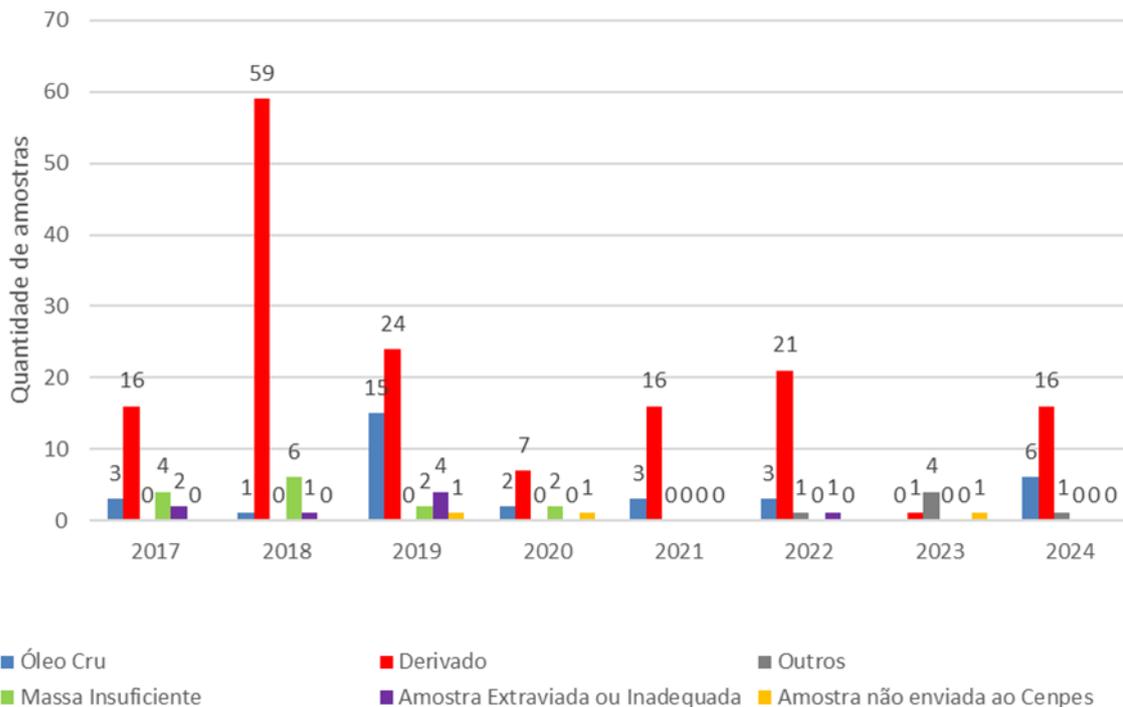


Figura 9.5-2 - Série histórica com registro de fauna oleada pelo PMP-BS.

Vale destacar que do total de 418 amostras obtidas pelo PMP-BS desde 2017 que apresentaram resultados de fingerprint – excluindo aquelas com massa insuficiente, extraviadas, inadequadas ou que não foram enviadas para análise – 219 referem-se a resíduos oleosos e 199 a fauna oleada. Dentre essa, 360 amostras (86,1%) apresentaram perfil compatível com derivados de petróleo, enquanto 44 amostras (10,5%) indicaram origem relacionada a óleo cru, sendo que apenas 4 (0,9%) demonstraram alguma relação com óleo cru produzido na Bacia de Santos, conforme detalhado a seguir:

- 1 amostra de resíduo oleoso (OLE-110-0001), coletado no dia 17/11/2020 em Bertioga-SP, provavelmente se trata de um petróleo cru proveniente do Campo de Júpiter (campo não produtor em 2020), misturado a algum derivado de petróleo, provavelmente graxa ou óleo lubrificante.
- 1 amostra de fauna oleada (*Puffinus puffinus* - ii 025626), coletada no dia 01/10/2021 em Imbituba-SC, sendo possível sugerir os campos de Lula/Tupi.

- 1 amostra de fauna oleada (*Puffinus puffinus* - ii 012118), coletada no dia 01/11/2021 em Paranaguá-PR, sendo possível sugerir os campos de Lula/Tupi e Sapinhoá.
- 1 amostra de resíduo oleoso (PIC-000-0862), coletada no dia 11/01/2024 na Praia do Arrastão, município de São Sebastião (SP), revelou um perfil composicional representativo de óleo cru, mais especificamente do reservatório Pré-Sal da Bacia de Santos. Entretanto, tal amostra está relacionada a um evento de derramamento de petróleo cru ocorrido durante operação de *offloading* no Terminal São Sebastião em 11 de janeiro de 2024.

10 REGISTROS DE RESÍDUOS SÓLIDOS

10.1 Registros por Trecho

Como parte das atividades do PMP-BS, as equipes de campo registram as ocorrências de resíduos sólidos que possam estar relacionadas às atividades licenciadas (exploração, produção e escoamento de óleo e gás). Quando observadas, as ocorrências são fotografadas e as informações são registradas no SIMBA. Havendo condições de identificação da origem do resíduo os responsáveis são acionados para recolhimento. Em todos os casos os resíduos foram classificados em três grupos:

- Barris, galões e tambores;
- Boias de diversos tipos (sinalização/defensa/pesca);
- Outros

Apesar do período de execução das atividades do PMP-BS ser diferente entre áreas de abrangência, a padronização dos registros de resíduos sólidos também sofreu uma alteração metodológica ao longo do contrato das Áreas de SC/PR e SP. A partir do ano de 2019 ficou determinado que somente resíduos sólidos relacionados às atividades licenciadas de exploração, produção e escoamento de óleo e gás seriam registrados no âmbito do PMP-BS. Esse ajuste metodológico reduziu o registro de resíduos de baixa relevância e conseqüentemente gerou uma diminuição no número de ocorrências na série histórica do PMP-BS. A **Figura 10.1-1** apresenta as ocorrências de resíduos sólidos registrados a partir do ajuste metodológico (2019 a 2024). É importante destacar que as atividades de monitoramento e registro de resíduos iniciou em agosto de 2015 para as Áreas de SC/PR e SP, enquanto na Área RJ as atividades tiveram início em setembro de 2016. Desde o relatório de 2023 ocorreu uma nova padronização com relação a categorização dos resíduos sólidos registrados pelo Projeto, onde foram englobados na categoria “outros” os registros diversos fora das categorias padronizadas e os Equipamentos de Proteção Individual – EPI, registrados durante os monitoramentos, como capacetes de proteção e protetores auriculares. O motivo pelo qual foi decidido

manter os registros deste tipo de resíduo se deu pelo fato de as ocorrências serem feitas próximas a locais onde possui obras ligadas à expansão da indústria de petróleo e gás da Bacia de Santos, principalmente no Rio de Janeiro.

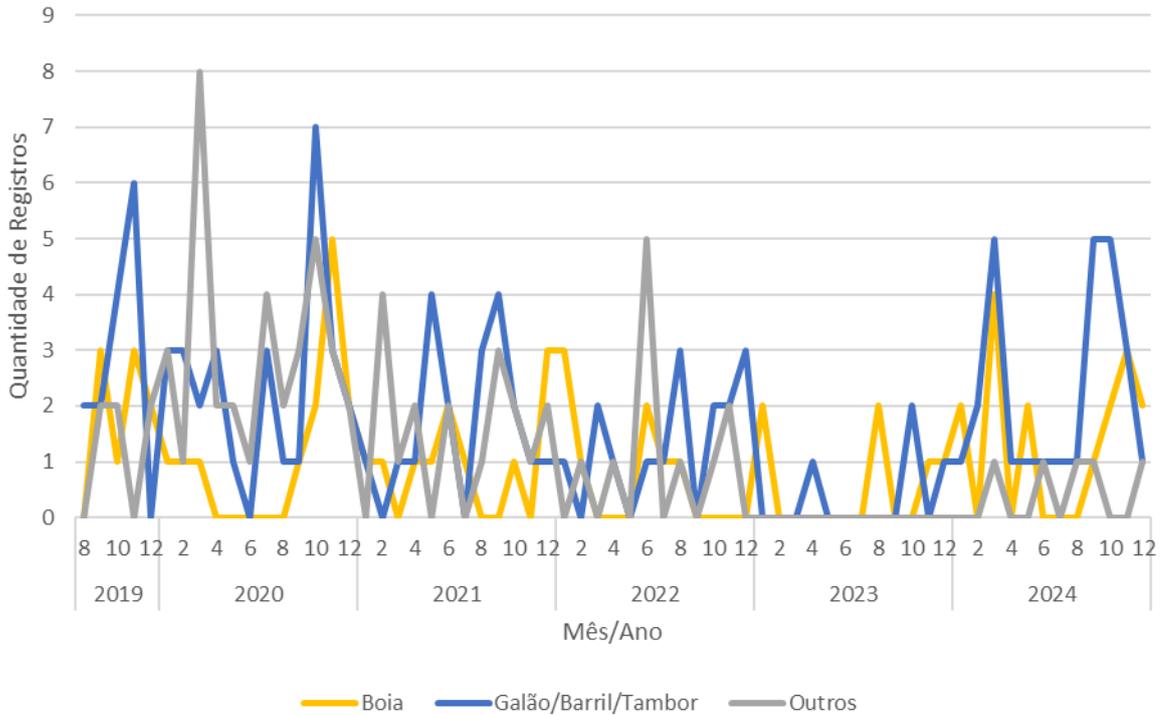


Figura 10.1-1 - Registro de ocorrências de resíduos sólidos após ajuste metodológico (2019 a 2024) na área de abrangência do PMP-BS.

Santa Catarina e Paraná

Considerando o período deste relatório (01/01/2024 a 31/12/2024), as equipes do PMP-BS Área SC/PR realizaram 14 registros de resíduos sólidos, 13 através de monitoramento regular das praias e um por acionamento. A **Tabela 10.1-1** apresenta a quantidade e tipo de resíduos encontrados por município/praias. Em todos os casos os resíduos foram classificados em dois grupos (Barril/Galão/Tambor; Boia).

Tabela 10.1-1 Quantidade e tipo de ocorrências de resíduos sólidos potencialmente relacionados às atividades licenciadas (exploração, produção e escoamento de óleo e gás), por estado, município e praia, pelo PMP-BS Área SC/PR, de 01/01/2024 a 31/12/2024.

| Estado/Município/Praia | Barril/Galão/Tambor | Boia | Total Geral |
|-----------------------------------|---------------------|----------|-------------|
| Paraná | | | |
| Guaraqueçaba | | | |
| Ilha das Peças | 1 | 2 | 3 |
| Ilha do Superagui | 2 | | 2 |
| Matinhos, Pontal Do Paraná | | | |
| Pontal do Sul/ Flamingo | 2 | 2 | 4 |
| Paranaguá | | | |
| Ilha do Mel | 1 | | 1 |
| Santa Catarina | | | |
| Florianópolis | | | |
| Morro das Pedras | 1 | | 1 |
| Penha | | | |
| Poá | | 1 | 1 |
| São Francisco Do Sul | | | |
| Ervinho / Praia Grande | | 2 | 2 |
| Total Geral | 7 | 7 | 14 |

Devido à pequena quantidade de registros, não é possível definir padrões de ocorrência para os resíduos sólidos na Área SC/PR do PMP-BS. Ao se analisar os registros por categoria (**Tabela 10.1-2**), a quantidade de registros encontrados para Galão/Barril/Tambor é a mesma de Boias, em sua maioria encontrados no Paraná, nos municípios de Guaraqueçaba e Matinhos/Pontal do Paraná.

Tabela 10.1-2– Registros de resíduos sólidos potencialmente relacionados às atividades licenciadas (exploração, produção e escoamento de óleo e gás), pelo PMP-BS Área SC/PR, de 01/01/2024 a 31/12/2024.

| Código SIMBA | Identificador da ocorrência | Município | Data | Imagem do objeto |
|--------------|-----------------------------|--------------|------------|---|
| 284368 | T0620240119s209103 | Guaraqueçaba | 19/01/2024 |  |
| 286241 | T0620240208s209116 | Guaraqueçaba | 08/02/2024 |  |

| Código SIMBA | Identificador da ocorrência | Município | Data | Imagem do objeto |
|--------------|-----------------------------|----------------------------|------------|---|
| 287643 | T0620240227s209120 | Guaraqueçaba | 27/02/2024 |  |
| 288250 | T0620240306s209124 | Guaraqueçaba | 06/03/2024 |  |
| 288251 | T0620240306s209125 | Guaraqueçaba | 06/03/2024 |  |
| 288943 | T0620240319s201564 | Matinhos, Pontal Do Paraná | 19/03/2024 |  |
| 289014 | T0620240320s199123 | Paranaguá | 20/03/2024 |  |
| 293207 | T0520240514s214009 | São Francisco Do Sul | 14/05/2024 |  |
| 293208 | T0520240514s214010 | São Francisco Do Sul | 14/05/2024 |  |

| Código SIMBA | Identificador da ocorrência | Município | Data | Imagem do objeto |
|--------------|-----------------------------|----------------------------|------------|---|
| 320480 | T0620240920s201975 | Matinhos, Pontal Do Paraná | 20/09/2024 |  |
| 323269 | T0320241009s203062 | Florianópolis | 09/10/2024 |  |
| 331988 | T0420241130s000001 | Penha | 30/11/2024 |  |
| 337471 | T0620241230s000001 | Matinhos, Pontal Do Paraná | 30/12/2024 |  |
| 337679 | T0620241231s000001 | Matinhos, Pontal Do Paraná | 31/12/2024 |  |

São Paulo

Considerando o período deste relatório (01/01/2024 a 31/12/2024), as equipes do PMP-BS Área SP realizaram cinco registros de resíduos sólidos, todos através de monitoramento regular. A **Tabela 10.1-3** apresenta a quantidade e tipo de resíduos encontrados por município/praias. Em todos os casos os resíduos foram classificados em dois grupos (Barril/Galão/Tambor; Boia).

Tabela 10.1-3 – Quantidade e tipo de ocorrências de resíduos sólidos por município e praias e por trecho no PMP-BS Área SP no período de 01/01/2024 a 31/12/2024.

| Município/Praia | Barril/Galão/Tambor | Boia | Total Geral |
|-------------------------------|---------------------|----------|-------------|
| Cananéia | | | |
| Ilha do Cardoso - Ipanema | | 1 | 1 |
| Itanhaém | | | |
| Itanhaém | 2 | 1 | 3 |
| Mongaguá, Praia Grande | | | |
| Praia Grande - Mongaguá | | 1 | 1 |
| Total Geral | 2 | 3 | 5 |

Não é possível definir padrões de ocorrência para os resíduos sólidos na Área SP do PMP-BS, entretanto pode-se destacar que a maior parte dos resíduos foram encontrados no Trecho 08. Ao se analisar os registros por categoria (**Tabela 10.1-4**) foram evidenciados três boias e dois tambores.

Tabela 10.1-4 – Registros de resíduos sólidos potencialmente relacionados às atividades licenciadas (exploração, produção e escoamento de óleo e gás), pelo PMP-BS Área SP, de 01/01/2024 a 31/12/2024.

| Código SIMBA | Identificador da ocorrência | Município | Data | Imagem do objeto |
|--------------|-----------------------------|------------------------|------------|---|
| 282459 | T0820240103s343006 | Mongaguá, Praia Grande | 03/01/2024 |  |
| 283580 | T0820240111s345044 | Itanhaém | 11/01/2024 |  |
| 287955 | T0820240303s344042 | Itanhaém | 03/03/2024 |  |

| Código SIMBA | Identificador da ocorrência | Município | Data | Imagem do objeto |
|--------------|-----------------------------|-----------|------------|---|
| 287956 | T0820240303s344044 | Itanhaém | 03/03/2024 |  |
| 332358 | T0720241127s000001 | Cananéia | 27/11/2024 |  |

Rio de Janeiro

Considerando o período deste relatório (01/01/2024 a 31/12/2024), as equipes do PMP-BS Área RJ realizaram 29 registros de resíduos sólidos, todos eles através de monitoramento regular das praias. A **Tabela 10.1-5** apresenta a quantidade e tipo de resíduos encontrados por município/praias. A maior parte dos resíduos foram categorizados como Galão/Barril/Tambor. Na categoria “outros”, foram registrados quatro capacetes de EPI e um artefato de navio.

Tabela 10.1-5 – Quantidade e tipo de ocorrências de resíduos sólidos potencialmente relacionados às atividades licenciadas (exploração, produção e escoamento de óleo e gás), por município e praias, pelo PMP-BS Área RJ, de 01/01/2024 a 31/12/2024.

| Município/Praia | Galão/Barril/Tambor | Boia | Outros | Total Geral |
|--|---------------------|----------|----------|-------------|
| Itaguaí | | | | |
| Saco da Coroa Grande | | 1 | | 1 |
| Maricá | | | | |
| Itaipuaçu - Jaconé | 2 | 3 | | 5 |
| Niterói | | | | |
| Região Oceânica | 1 | | | 1 |
| Paraty | | | | |
| Baía da Ilha Grande - Ponta do Rosa ao Rio Mambucaba | 1 | | | 1 |
| Rio de Janeiro | | | | |
| Oeste Baía de Guanabara | 5 | 1 | | 6 |
| Zona Oeste | 8 | 1 | 5 | 14 |
| Zona Sul | 1 | | | 1 |
| Total Geral | 18 | 6 | 5 | 29 |

Apesar da quantidade de registros na Área RJ ser a maior em relação aos outros Estados, não é possível definir padrões de ocorrência para os resíduos sólidos. No ano de 2024 foi registrada a maior quantidade de resíduos sólidos na Área RJ. Enquanto nos anteriores (2019-2023) foi registrado um total de 44 ocorrências de resíduos sólidos, o ano de 2024 registrou 29, ou seja, pelo menos três vezes maior que a quantidade média anual. A seguir são apresentados os registros por categoria (**Tabela 10.1-6**).

Tabela 10.1-6– Registros de resíduos sólidos potencialmente relacionados às atividades licenciadas (exploração, produção e escoamento de óleo e gás), pelo PMP-BS Área RJ, de 01/01/2024 a 31/12/2024.

| Código SIMBA | Identificador da ocorrência | Município | Data | Imagem do objeto |
|--------------|-----------------------------|----------------|------------|---|
| 288938 | T1420240319s000002 | Rio de Janeiro | 19/03/2024 |  |
| 289341 | T1420240325s000003 | Rio de Janeiro | 25/03/2024 |  |
| 289393 | T1420240326s000001 | Rio de Janeiro | 26/03/2024 |  |
| 289572 | T1420240330s000002 | Rio de Janeiro | 30/03/2024 |  |
| 291076 | T1420240420s000001 | Rio de Janeiro | 20/04/2024 |  |

| Código SIMBA | Identificador da ocorrência | Município | Data | Imagem do objeto |
|--------------|-----------------------------|----------------|------------|---|
| 292404 | T1420240504s000005 | Rio de Janeiro | 04/05/2024 |  |
| 297482 | T1420240605s000004 | Rio de Janeiro | 05/06/2024 |  |
| 300749 | T1420240627s000001 | Rio de Janeiro | 27/06/2024 |  |
| 307321 | T1120240721s000001 | Paraty | 21/07/2024 |  |
| 317055 | T1420240829s000006 | Rio de Janeiro | 29/08/2024 |  |
| 317058 | T1420240829s000008 | Rio de Janeiro | 29/08/2024 |  |
| 317829 | T1420240901s000001 | Rio de Janeiro | 01/09/2024 |  |
| 318162 | T1520240903s000004 | Maricá | 03/09/2024 |  |
| 320152 | T1420240917s000005 | Rio de Janeiro | 17/09/2024 |  |

| Código SIMBA | Identificador da ocorrência | Município | Data | Imagem do objeto |
|--------------|-----------------------------|----------------|------------|------------------|
| 320657 | T1520240922s000001 | Niterói | 22/09/2024 | |
| 321415 | T1420240927s000006 | Rio de Janeiro | 27/09/2024 | |
| 321858 | T1420240929s000004 | Rio de Janeiro | 29/09/2024 | |
| 322691 | T1420241005s000001 | Rio de Janeiro | 05/10/2024 | |
| 322818 | T1420241006s000001 | Rio de Janeiro | 06/10/2024 | |
| 323062 | T1320241008s000001 | Itaguaí | 08/10/2024 | |
| 323356 | T1420241010s000001 | Rio de Janeiro | 10/10/2024 | |
| 324717 | T1420241018s000001 | Rio de Janeiro | 18/10/2024 | |
| 327128 | T1520241031s000001 | Maricá | 31/10/2024 | |

| Código SIMBA | Identificador da ocorrência | Município | Data | Imagem do objeto |
|--------------|-----------------------------|----------------|------------|---|
| 327516 | T1520241103s000001 | Maricá | 03/11/2024 |  |
| 327605 | T1420241104s000001 | Rio de Janeiro | 04/11/2024 |  |
| 328287 | T1420241108s000003 | Rio de Janeiro | 08/11/2024 |  |
| 329018 | T1520241111s000001 | Maricá | 11/11/2024 |  |
| 336164 | T1420241223s000001 | Rio de Janeiro | 23/12/2024 |  |
| 336475 | T1520241224s000001 | Maricá | 24/12/2024 |  |

11 AÇÕES DE COMUNICAÇÃO

11.1 Educação Ambiental

Em 2024, as ações de Educação Ambiental do Projeto de Monitoramento de Praias da Bacia de Santos (PMP-BS) evidenciaram uma atuação robusta, integrada e de ampla abrangência territorial, com resultados significativos nas Áreas SC/PR, SP e RJ. No total, as três áreas somaram mais de 700 atividades educativas, alcançando diretamente cerca de 73 mil pessoas (**Tabela 11.1-1**), com estratégias adaptadas às especificidades socioculturais e ambientais de cada região.

Na Área SC/PR, houve 212 ações presenciais, com mais de 23.700 mil pessoas impactadas, refletindo uma atuação consolidada e diversa. A presença em aproximadamente 90 eventos públicos e institucionais permitiu alcançar públicos variados, enquanto as mais de 130 atividades em escolas mobilizaram cerca de 8.400 estudantes e educadores. As instituições executoras investiram fortemente em estratégias participativas e na produção de materiais didáticos, como jogos e exposições interativas, além de ações com multiplicadores locais — como guarda-vidas e agentes ambientais — e de articulações com mais de 100 instituições parceiras, favorecendo o enraizamento territorial e a sustentabilidade das ações. A diversidade temática incluiu desde os impactos do lixo marinho até os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), sempre com abordagens lúdicas, sensoriais e dialógicas.

Na Área SP, com 179 ações educativas e um público direto superior a 35 mil pessoas, com destaque para a diversidade metodológica e para o uso de recursos de acessibilidade (como libras e audiodescrição). As atividades se distribuíram entre oficinas, exposições, rodas de conversa, ações em escolas e espaços públicos. Mais de 100 escolas foram atendidas, consolidando o vínculo com a educação formal. As metodologias participativas e sensoriais, o uso de materiais recicláveis e as ações em locais de grande circulação reforçaram uma proposta inclusiva e inovadora. Apesar do destaque nas articulações institucionais, as instituições relataram desafios como a necessidade de formação continuada de educadores e limitações de infraestrutura em algumas localidades.

Já a Área RJ registrou 364 atividades e um público direto de mais de 13 mil pessoas, com atuação distribuída ao longo do litoral e presença forte em comunidades tradicionais, como caiçaras e quilombolas, e em escolas rurais. As ações educativas incluíram oficinas, rodas de conversa, mutirões de limpeza, exposições e eventos com soltura de animais reabilitados. As metodologias foram adaptadas às realidades locais, integrando saberes tradicionais e científicos e valorizando o diálogo e a linguagem acessível. A cooperação com órgãos governamentais e secretarias municipais de meio ambiente foi essencial para o sucesso das ações, especialmente em áreas remotas.

Considerando os resultados das três áreas, nota-se uma adoção de metodologias participativas e na valorização dos contextos locais, com esforços contínuos de formação de redes e parcerias. A integração entre ciência, educação e conservação esteve presente em todas as frentes, com o fortalecimento da cultura oceânica como eixo transversal. A atuação do PMP-BS em 2024 no aspecto da Educação Ambiental costeiro-marinha manteve a busca por sensibilização, engajamento comunitário e transformação socioambiental por meio de ações educativas amplas e inclusivas.

Tabela 11.1-1 – Quantidade de pessoas atingidas pelas ações de divulgação e educação ambiental desenvolvidas pelo PMP-BS no período de 01/01/2024 a 31/12/2024.

| Instituição | Quantidade de participantes | | Total |
|-------------------|-----------------------------|----------------------------------|---------------|
| | Com lista de presença | Sem lista de presença (estimado) | |
| Área SC/PR | | | |
| Trecho 1 | 0 | 2.514 | 2.514 |
| Trecho 2 | 3.166 | 1.499 | 4.665 |
| Trecho 3 | 0 | 1.408 | 1.408 |
| Trecho 4 | 0 | 4.017 | 4.017 |
| Trecho 5 | 88 | 3.740 | 3.828 |
| Trecho 6 | 1.020 | 6.266 | 7.286 |
| | 4.274 | 19.444 | 23.718 |
| Área SP | | | |
| Trecho 7 | 0 | 4.960 | 4.960 |
| Trecho 8 | 3.405 | 73 | 3.478 |
| Trecho 9 | 1.242 | 5.380 | 6.622 |
| Trecho 10 | 3.298 | 17.469 | 20.767 |
| | 7.945 | 27.882 | 35.827 |
| Área RJ | | | |

| Instituição | Quantidade de participantes | | Total |
|-------------|-----------------------------|----------------------------------|---------------|
| | Com lista de presença | Sem lista de presença (estimado) | |
| Trecho 11 | 0 | 1.701 | 1.701 |
| Trecho 12 | 0 | 2.899 | 2.899 |
| Trecho 13 | 0 | 3.053 | 3.053 |
| Trecho 14 | 0 | 4.997 | 4.997 |
| Trecho 15 | 139 | 694 | 833 |
| | 139 | 13.344 | 13.483 |

11.2 Divulgação

As ações de Comunicação Digital e Assessoria de Imprensa realizadas pelas instituições executoras do Projeto de Monitoramento de Praias da Bacia de Santos (PMP-BS) nas Áreas SC/PR, SP e RJ, ao longo de 2024, revelam uma atuação estratégica e integrada, orientada não apenas pela disseminação de informações, mas sobretudo pela construção de narrativas que promovem a empatia e o engajamento social em torno da conservação da fauna marinha. As iniciativas, embora adaptadas às realidades locais, compartilham elementos comuns que evidenciam o amadurecimento da comunicação como eixo transversal do projeto, com papel pedagógico, mobilizador e institucional (**Tabela 11.2-1**).

Na Área SC/PR, observa-se uma comunicação profundamente sensível à dinâmica das redes sociais, com forte investimento em formatos visuais atrativos, como carrosséis e *reels*, e linguagem acessível. O engajamento foi intensificado quando os conteúdos exploraram emoções humanas, como compaixão e indignação, associadas a eventos marcantes envolvendo a fauna. Casos como o dos elefantes-marinhos no Siriú (98 mil contas alcançadas e 154 mil impressões) e o do filhote de toninha “Valentino” (com *reels* atingindo até 48 mil visualizações e mais de 3 mil curtidas) demonstram a eficácia de conteúdos que aproximam os leitores da realidade dos animais e destacam os esforços da equipe técnica. Além disso, o uso estratégico de colaborações entre perfis e a padronização de identidade visual permitiram fortalecer a coesão entre instituições, consolidando a imagem do PMP-BS como uma frente única de conservação. A Assessoria de Imprensa complementou essa atuação com inserções relevantes em veículos de alcance

regional e nacional, especialmente em casos com forte apelo, o que ampliou a presença do projeto fora das redes sociais.

A Área SP apresenta um panorama de comunicação igualmente estruturado e diversificado, com publicações em diferentes plataformas e um alcance superior a 630 mil contas. A linguagem foi cuidadosamente adaptada ao perfil de cada canal, com destaque para o uso de personagens fictícios e recursos visuais educativos que facilitaram a compreensão de temas técnicos. Essa abordagem não apenas elevou o número de interações, mas também favoreceu a permanência das mensagens educativas junto ao público. A escolha de temáticas com alto valor emocional — como resgates, reabilitações e solturas — foi decisiva para o sucesso da comunicação, registrando engajamentos muito acima da média do setor. A Assessoria de Imprensa da Área SP teve atuação robusta e contínua, com diversas matérias publicadas em mídias impressas, digitais, televisivas e radiofônicas. A ampla cobertura de eventos como encalhes de grandes cetáceos e solturas simbólicas reforçou o vínculo com o público e a imagem do PMP-BS como referência nacional em ações de resposta e educação ambiental.

Na Área RJ, o uso criativo e responsivo das redes sociais se destacou por sua capacidade de gerar conexão com o público, inclusive em postagens informais e bem-humoradas. Os conteúdos que retrataram ações práticas, como o resgate do lobo-marinho-de-peito-branco (29,4 mil contas alcançadas) ou o *reels* do lobo-marinho “Joca” (18,2 mil visualizações e mais de 1.200 curtidas), mostraram que o público responde de forma expressiva quando as ações do projeto são tangibilizadas em histórias reais. O uso de *trends* e formatos interativos funcionou como facilitador para a disseminação de conteúdo técnico em linguagem popular. Em paralelo, a assessoria de imprensa mostrou-se eficiente ao inserir o PMP-BS em veículos de alto alcance e credibilidade, contribuindo para dar voz institucional ao projeto em pautas que ultrapassam o universo ambiental, alcançando também segmentos de ciência, sociedade e atualidades. A presença constante nos meios de comunicação não apenas ampliou o alcance das ações, como também reforçou a legitimidade do projeto junto à opinião pública.

De modo geral, a integração entre comunicação digital e assessoria de imprensa nas três áreas operacionais do PMP-BS demonstrou-se essencial para transformar dados e ações técnicas em narrativas acessíveis e mobilizadoras. As estratégias

utilizadas — como o foco em espécies carismáticas, o aproveitamento de acontecimentos de alto impacto emocional, o uso de recursos visuais e a padronização de identidade — permitiram um diálogo fluido com diferentes públicos, desde comunidades locais até audiências urbanas e especializadas. A comunicação, assim, não apenas deu visibilidade ao trabalho de campo, mas também contribuiu para a construção de uma cultura de valorização da vida marinha, funcionando como uma ponte entre a ciência e a sociedade e ampliando a efetividade das ações de educação ambiental previstas pelo PMP-BS.

Tabela 11.2-1 – Quantidade de reações em redes sociais relacionadas a publicações feitas pelas instituições do PMP-BS no período de 01/01/2024 a 31/12/2024.

| Instituição | Nº de Postagens | Curtidas | Compartilhamentos | Visualizações |
|--------------------|-----------------|----------------|-------------------|------------------|
| Trecho 1 | 74 | 51.557 | 7.732 | 583.842 |
| Trecho 2 | 126 | 51.850 | 7.048 | 493.442 |
| Trecho 3 | 146 | 71.995 | 8.324 | 638.562 |
| Trecho 4 | 162 | 16.414 | 2.294 | 164.392 |
| Trecho 5 | 214 | 30.181 | 3.807 | 290.609 |
| Trecho 6 | 89 | 16.266 | 2.228 | 142.485 |
| Total | 811 | 238.263 | 31.433 | 2.313.332 |
| Trecho 7 | 93 | 9.423 | 877 | 127.387 |
| Trecho 8 | 170 | 12.290 | 1.096 | 140.897 |
| Trecho 9 | 72 | 29.956 | 3.472 | 339.000 |
| Trecho 10 | 12.393 | 9.771 | 1.358 | 149.611 |
| Total | 428 | 61.440 | 6.803 | 756.895 |
| Área RJ | | | | |
| Trechos 11 a 15 | 1.093 | 60.683 | 7.915 | 1.317.252 |
| Total | 1.093 | 60.683 | 7.915 | 1.317.252 |
| Total Geral | 2.242 | 360.386 | 46.151 | 4.387.479 |

11.3 Divulgação Técnico-Científica

Durante o período de janeiro a dezembro de 2024 as instituições responsáveis pelo PMP-BS encaminharam diversos pedidos para utilização de dados gerados no âmbito do PMP-BS para serem utilizados em trabalhos acadêmico-científicos. As informações de cada área serão apresentadas abaixo.

Santa Catarina e Paraná

No período de referência deste relatório as instituições vinculadas ao PMP-BS Área SC/PR, finalizaram 35 resumos de congresso, que estão listados na **Tabela 11.3-1**.

Tabela 11.3-1 – Trabalhos acadêmico-científicos finalizados pelas instituições do PMP-BS Área SC/PR, no período de 01/01/2024 a 31/12/2024.

| Título | Tipo | Local de publicação | Data de Publicação | Status |
|--|------------------|---------------------|--------------------|------------|
| Diversidade de mamíferos marinhos ao longo do trecho entre Guaraqueçaba/PR e Laguna/SC, no período compreendido entre 2019 e 2023, por meio das ações do Projeto de Monitoramento de Praias da Bacia de Santos (PMP-BS). | Resumo Congresso | COLACMAR CBO 2024 | 13/08/2024 | Finalizado |
| Critical priority Enterobacterales in clinical samples from Procellariiformes in Brazil: A warning for ocean health | Resumo Congresso | VII Congresso ABCF | 04/07/2024 | Finalizado |
| First Report of carbapenemase KPC Gene and Rising NDM Prevalence in <i>E. coli</i> from Magellanic Penguins of Santa Catarina | Resumo Congresso | VII Congresso ABCF | 04/07/2024 | Finalizado |
| Emerging Challenges in One Health: Detection of Multidrug-Resistant and Methicillin-Resistant <i>Staphylococcus haemolyticus</i> and <i>Mammaliicoccus sciuri</i> in Wild Birds in Southern Brazil | Resumo Congresso | VII Congresso ABCF | 04/07/2024 | Finalizado |
| Adenoma cortical de glândula adrenal em leão-marinho-do-sul (<i>Otaria flavescens</i>) | Resumo Congresso | ABRAVAS 2024 | 29/07/2024 | Finalizado |
| Uso da termografia como método de imagem durante procedimento cirúrgico para remoção de projétil em gaivota (<i>Larus dominicanus</i>) | Resumo Congresso | ABRAVAS 2024 | 29/07/2024 | Finalizado |
| Isolamento e identificação de microrganismos associados a aves costeiras mortas no litoral Paranaense | Resumo Congresso | COLACMAR CBO 2024 | 13/08/2024 | Finalizado |

| Título | Tipo | Local de publicação | Data de Publicação | Status |
|---|------------------|---------------------|--------------------|------------|
| Associação entre fatores climáticos, oceanográficos e encalhes de <i>Thalassarche melanophris</i> e <i>Procellaria aequinoctialis</i> (aves: procellariiformes) na Baía de Santos | Resumo Congresso | COLACMAR CBO 2024 | 13/08/2024 | Finalizado |
| Investigating the diet of marine megafauna in Paraná state: A data-driven study | Resumo Congresso | COLACMAR CBO 2024 | 13/08/2024 | Finalizado |
| Caracterização etária de tartarugas marinhas da família cheloniidae encalhadas no litoral do Paraná e Santa Catarina, Brasil | Resumo Congresso | COLACMAR CBO 2024 | 13/08/2024 | Finalizado |
| Aspectos morfológicos de parasitos do gênero <i>synthesium</i> encontrados no intestino de <i>Sotalia guianensis</i> (VAN BÉNÉDEN, 1864) encalhados no litoral do Paraná | Resumo Congresso | COLACMAR CBO 2024 | 13/08/2024 | Finalizado |
| Elementos-traço em tartarugas-verde (<i>Chelonia mydas</i>) do Atlântico sul ocidental | Resumo Congresso | COLACMAR CBO 2024 | 13/08/2024 | Finalizado |
| Análise de idade do golfinho-nariz-de-garrafa (<i>Tursiops truncatus</i>) no litoral de Santa Catarina. | Resumo Congresso | COLACMAR CBO 2024 | 13/08/2024 | Finalizado |
| Ocorrência de pinípedes antárticos e subantárticos no litoral de Santa Catarina - Brasil | Resumo Congresso | COLACMAR CBO 2024 | 13/08/2024 | Finalizado |
| Análise de idade de <i>Pontoporia blainvillei</i> (toninha) na ilha de Santa Catarina. | Resumo Congresso | COLACMAR CBO 2024 | 13/08/2024 | Finalizado |
| Análise de idade de odontocetos oceânicos na ilha de Santa Catarina | Resumo Congresso | COLACMAR CBO 2024 | 13/08/2024 | Finalizado |
| Projeto de Monitoramento de Praias da Baía de Santos (PMP-BS): 8 anos de monitoramento diário em números | Resumo Congresso | COLACMAR CBO 2024 | 13/08/2024 | Finalizado |
| Padrões espaciais e temporais dos encalhes de aves marinhas na margem meridional brasileira: influências meteoceanográficas e antrópicas | Resumo Congresso | COLACMAR CBO 2024 | 13/08/2024 | Finalizado |
| Padrões espaço-temporais, ambientais e antrópicos dos encalhes de mamíferos marinhos na região adjacente a Margem Meridional Brasileira | Resumo Congresso | COLACMAR CBO 2024 | 13/08/2024 | Finalizado |
| Riqueza e diversidade de tetrápode marinhos encalhados na Baía de Santos | Resumo Congresso | COLACMAR CBO 2024 | 13/08/2024 | Finalizado |

| Título | Tipo | Local de publicação | Data de Publicação | Status |
|--|------------------|---|--------------------|------------|
| Padrões de enclaves de tartarugas-marinhas, de 2017 a 2023, entre Cabo Frio/RJ e Cabo de Santa Marta/SC | Resumo Congresso | COLACMAR CBO 2024 | 13/08/2024 | Finalizado |
| Análise do conteúdo gastrointestinal do pinguim-de-Magalhães (<i>Spheniscus magellanicus</i>) no litoral do Paraná, Brasil: frequência dos itens alimentares | Resumo Congresso | COLACMAR CBO 2024 | 13/08/2024 | Finalizado |
| Avaliação dos padrões de enclaves de <i>Stenella</i> sp. na costa do Paraná e Santa Catarina | Resumo Congresso | COLACMAR CBO 2024 | 13/08/2024 | Finalizado |
| Ingestão de resíduos na biodiversidade marinha: um olhar para os tetrápodes enclavados no Atlântico Sul | Resumo Congresso | COLACMAR CBO 2024 | 13/08/2024 | Finalizado |
| A origem geográfica dos bobos (<i>Calonectris</i> sp.) pode auxiliar na identificação taxonômica | Resumo Congresso | COLACMAR CBO 2024 | 13/08/2024 | Finalizado |
| Golfinhos infectados, saúde comprometida e pesca acidental | Resumo Congresso | COLACMAR CBO 2024 | 13/08/2024 | Finalizado |
| Elementos traço em <i>Procellaria aequinoctialis</i> , <i>Thalassarche melanophris</i> e <i>Thalassarche chlororhynchos</i> na Baía de Santos | Resumo Congresso | COLACMAR CBO 2024 | 13/08/2024 | Finalizado |
| Helmintos do Biguá (<i>Nannopterum brasiliense</i>) encontrados enclavados mortos no litoral do Paraná | Resumo Congresso | COLACMAR CBO 2024 | 13/08/2024 | Finalizado |
| Seven years of guiana dolphin (<i>Sotalia guianensis</i>) stranding rates in southeastern and southern Brazil | Resumo Congresso | COLACMAR CBO 2024 | 13/08/2024 | Finalizado |
| Fibropapilomatose em tartarugas-verde: caracterização temporal e eventos climáticos | Resumo Congresso | COLACMAR CBO 2024 | 13/08/2024 | Finalizado |
| Isolamento e identificação de microrganismos associados a aves costeiras mortas no litoral paranaense | Resumo Congresso | COLACMAR CBO 2024 | 13/08/2024 | Finalizado |
| Caracterização da dieta de biguás (<i>Nannopterum brasiliense</i>) enclavados mortos no litoral do Paraná | Resumo Congresso | COLACMAR CBO 2024 | 13/08/2024 | Finalizado |
| Ações de sensibilização ambiental como ferramenta para promoção das atividades desenvolvidas no trecho 2 do Projeto de Monitoramento de Praias da Baía de Santos: uma breve descrição. | Resumo Congresso | I Encontro Conectando Outras Raízes e II Fórum das Escolas do Mar de SC | 14/09/2024 | Finalizado |

| Título | Tipo | Local de publicação | Data de Publicação | Status |
|--|------------------|---|--------------------|------------|
| Descrição das espécies de aves marinhas encalhadas na costa sul e sudeste do Brasil | Resumo Congresso | I Congresso & IV Workshop de Reabilitação, Monitoramento e Conservação da Fauna Silvestre | 27/09/2024 | Finalizado |
| Estimando as diferenças na razão sexual e fase de desenvolvimento de encalhes de pinguins-de-Magalhães no litoral sul e sudeste brasileiro | Resumo Congresso | I Congresso & IV Workshop de Reabilitação, Monitoramento e Conservação da Fauna Silvestre | 27/09/2024 | Finalizado |

São Paulo

No período de referência deste relatório as instituições vinculadas ao PMP-BS Área SP finalizaram nove trabalhos científicos, sendo sete resumos de congresso e uma dissertação de mestrado, que estão listados na **Tabela 11.3-2**.

Tabela 11.3-2 – *Trabalhos científicos finalizados pelas instituições do PMP-BS Área SP, no período de 01/01/2024 a 31/12/2024.*

| Título | Tipo | Local de publicação | Data de publicação | Status |
|--|---------------------|---|--------------------|------------|
| Teste de aplicação de índice de adiposidade de baleias-jubarte (<i>Megaptera novaeangliae</i>) encalhadas no estado de São Paulo, Brasil | Mestrado | UNIFESP – Campus Santos | 22/01/2024 | Finalizado |
| Adequações nos recintos visando o bem-estar de animais marinhos em reabilitação | Resumo de Congresso | 47° Congresso da Associação de Zoológicos e Aquários do Brasil | 24/05/2024 | Finalizado |
| Descrições e adaptações dos tanques nos recintos para a reabilitação de tartarugas marinhas | Resumo de Congresso | 47° Congresso da Associação de Zoológicos e Aquários do Brasil | 24/05/2024 | Finalizado |
| Resíduos sólidos antropogênicos em conteúdo estomacal de aves marinhas encalhadas no litoral de São Paulo (2016-2024) | Resumo de Congresso | COLACMAR CBO 2024 | 13/08/2024 | Finalizado |
| Encalhes de tetrápodes marinhos no litoral centro-sul de São Paulo (2015 a 2023) | Resumo de Congresso | COLACMAR CBO 2024 | 13/08/2024 | Finalizado |
| Sucesso de reabilitação de tartarugas marinhas no litoral norte São Paulo: captura na pesca x encalhes | Resumo de Congresso | XXXII Encontro e XXVI Congresso da Associação Brasileira de Veterinários de Animais Selvagens | 29/07/2024 | Finalizado |

| Título | Tipo | Local de publicação | Data de publicação | Status |
|---|---------------------|--|--------------------|------------|
| Franciscana mass stranding report in south-central coast of São Paulo, Brazil | Resumo de congresso | SMM2024- 25th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals | 12/09/2024 | Finalizado |
| The exceptional case of rescue and rehabilitation of the pygmy sperm whale, <i>Kogia breviceps</i> in the coastal waters of São Paulo, southeastern Brazil. | Resumo de congresso | SMM2024- 25th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals | 12/09/2024 | Finalizado |

Rio de Janeiro

No período de referência deste relatório as instituições vinculadas ao PMP-BS Área RJ não houve nenhum trabalho científico finalizado.

12 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao considerar todo o conteúdo apresentado nos três volumes do Relatório Técnico Anual Integrado de 2024 fica clara a grande quantidade de dados e informações gerados pelo PMP-BS. A integração de informações de atividades tão distintas como o monitoramento das praias e o tratamento veterinário, considerando locais tão diferentes como as baías do Rio de Janeiro e as praias abertas do sul de Santa Catarina, vem sendo um desafio para as análises integradas. Mesmo assim, se consegue com este relatório uma visão unificada da ocorrência da fauna e dos respectivos efeitos das atividades humanas sobre ela.

De um modo geral a quantidade de animais registrados nas praias se manteve dentro da variabilidade e quantitativo observados em anos anteriores, mas com exceções pontuais. No Estado do Rio de Janeiro, se manteve a tendência de aumento do registro de aves observada no relatório de 2023. Possivelmente, este fato está relacionado às alterações nas estratégias de monitoramento das praias no Rio de Janeiro, iniciada em 2023. Os resultados obtidos nesse estado precisarão ser reavaliados nos próximos anos, para verificar o momento que passarão a ser representativos.

Um segundo ponto que chamou a atenção em 2024 foi o aumento do registro de toninhas, *Pontoporia blainvillei*. Um total de 834 exemplares (maior valor da série histórica) foi registrado pelo monitoramento ativo ou de acionamentos, em todos os estados. A média para o período entre 2016 e 2023 foi de $530,9 \pm 57,5$, portanto em 2024, os registros foram 57% maiores. Nas análises integradas de interações antrópicas em mamíferos também se observou que 2024 foi acima do efeito médio, apesar do intervalo de confiança não se separar dos anos anteriores. Desta forma, considerando o status de ameaça da toninha, estes resultados reforçam a necessidade de ações para sua conservação ao longo de sua distribuição.

Devido à baixa quantidade de eventos de interação com as atividades de exploração de óleo e gás, objetivo principal do PMP-BS, este fator não foi significativo nas análises de RDA, nem de GLM durante as análises integradas. Entretanto, isto não implica em ausência de interações, pois em 2024 houve registro de aves de hábitos oceânicos com petróleo, com confirmação através das análises

de *fingerprint*. Uma vez que a comparação dos dados de acionamento e monitoramento mostram que a população não costuma entrar em contato para informar sobre aves mortas, fica evidente a necessidade de se manter as atividades de monitoramento ativo. Como os registros de interação com óleo são raros, somente através do monitoramento regular das praias será possível detectar tais eventos.

Nas análises de elementos-traço houve um foco nas sete espécies mais abundantes. As comparações por sexo revelaram poucas diferenças na concentração de elementos entre machos e fêmeas, variando de um a quatro elementos nas espécies analisadas (*Larus dominicanus*, *Pontoporia blainvillei*, *Phalacrocorax brasilianus* e *Chelonia mydas*). Em termos de estágio de desenvolvimento, em aves marinhas, o Cd apresentou concentrações maiores em adultos (*Sula leucogaster*), enquanto uma tendência contrária foi observada para o Cr em *Spheniscus magellanicus*. No boto-cinza, *Sotalia guianensis*, adultos apresentaram concentrações significativamente maiores de Mn, Cd, Mo e V em comparação com indivíduos jovens. Para as tartarugas-marinhas, essa comparação não foi viável, pois todas as amostras eram de indivíduos jovens. Os padrões espaciais observados foram variados, mas os resultados foram limitados em função do número de resultados. Para os pinguins-de-Magalhães, *S. magellanicus*, algumas mesorregiões costeiras houve equivalência estatística em todos os elementos, mas variação em outras. Nas tartarugas-marinhas (*C. mydas*), a maioria dos elementos, com exceção de As, Pb e Ni, foi afetada pelo local de coleta. Por fim, a análise temporal abrangendo a série histórica das seis espécies com dados suficientes não indicou indícios de aumento nas concentrações médias de elementos-traço ao longo dos anos.

Os resultados da análise de contaminantes orgânicos (HPAs, PCBs, PBDEs e pesticidas clorados) houve a análise de 817 amostras de aves, mamíferos e répteis, somando-se a um total histórico de 6.691 amostras desde o início do PMP-BS. Embora não tenham sido observadas tendências de aumento nas concentrações médias entre 2016 e 2024, os HPAs, PCBs e Σ DDTs foram os contaminantes detectados com maior frequência, enquanto PBDEs e outros pesticidas organoclorados em sua maioria estiveram ausentes. O perfil de HPAs sugere

predominantemente fontes petrogênicas (compostos leves), embora fontes pirogênicas e mistas sejam notadas em quelônios.

O padrão de PCB encontrado foi o usual para a região, com o PCB-180 predominante, um congêner altamente clorado e lipofílico que é preocupante devido à sua persistência e potencial de bioacumulação/biomagnificação. O metabólito p,p'-DDE foi o mais frequente para Σ DDT, indicando a predominância de fontes antigas de DDT no meio ambiente. Comparações estatísticas por sexo e estágio de desenvolvimento, realizadas com HPAs, PCBs e DDTs em espécies com maior número de amostras, indicaram diferenças significativas em casos específicos. Notavelmente, nas tartarugas, as análises revelaram diferenças significativas nas concentrações de Σ 37HPAs, Σ PCBs e Σ DDTs entre estágios, com maior contaminação observada em indivíduos juvenis.

Com relação às análises de biomarcadores, os resultados obtidos em 2024 demonstram que a presença de resíduos sólidos (lixo) no sistema digestivo foi associada a um aumento nos níveis de biomarcadores (CYP1A, AhR, ESR1 e UGT1). Isso sugere que o lixo ingerido pode atuar como uma fonte indireta de exposição a contaminantes ambientais, como poluentes orgânicos. De modo similar, tartarugas-verdes com níveis detectáveis de HPAs (Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos) no fígado apresentaram maior transcrição de ESR1, indicando que esses contaminantes podem funcionar como desreguladores endócrinos. Ao considerar a condição corporal dos animais, animais em pior condição física (caquéticos) apresentaram níveis mais baixos de biomarcadores (AhR, ESR1 e UGT1) do que aqueles em melhor estado. Isso sugere que a saúde geral do animal pode influenciar a resposta biológica aos contaminantes.

Neste Relatório Técnico Anual Integrado pode-se ver a importância de realizar as diferentes atividades em paralelo. Um único organismo encontrado na praia, por exemplo, pode fornecer dados para análises de padrões de encalhe, saúde da fauna, influência das atividades antrópicas, presença de contaminantes e respostas bioquímicas/moleculares a eles. Embora a interpretação integrada de todos os resultados deva ser constantemente aprimorada, a utilidade dos dados gerados é inegável para avaliar a interferência das atividades humanas, incluindo as de exploração e produção de óleo e gás, sobre os tetrápodes marinhos na Bacia de Santos.

13 EQUIPE TÉCNICA

13.1 Coordenação Geral

| | |
|---|--|
| Profissional | André Silva Barreto |
| Empresa/Instituição | UNIVALI |
| Registro no conselho de Classe | 21.500/03-D |
| Cadastro Técnico Federal de Atividade de Defesa Ambiental | 358880 |
| Função | Coordenação Geral do PMP-BS Área SC/PR |
| Responsável pela(s) Seção(ões) | 1 – 5, 10, 11 |
| Assinatura | |



Ministério do Meio Ambiente
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis



CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS
CONSULTA PÚBLICA A CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR

Registro n.º: Data da consulta: CR emitido em: CR válido até:

[Dados básicos](#)

CPF:
Nome:

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental - CTF/AIDA

| <u>Código CBO</u> | <u>Ocupação</u> | <u>Área de Atividade</u> |
|-------------------|-----------------|---|
| 2211-05 | Biólogo | Estudar seres vivos |
| 2211-05 | Biólogo | Inventariar biodiversidade |
| 2211-05 | Biólogo | Realizar consultoria e assessoria na área biológica e ambiental |

Conforme dados disponíveis na presente data, a pessoa física acima possui Certificado de Regularidade, em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

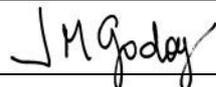
Este site é protegido por hCaptcha e sua [Política de Privacidade](#) e [Termos de Serviço](#) se aplicam.

13.2 Coordenações Temáticas

PUC-Rio (HPA e organohalogenados)

| | |
|---|--|
| Profissional | Renato da Silva Carreira |
| Empresa/Instituição | PUC-Rio |
| Registro no conselho de Classe | Não se aplica |
| Cadastro Técnico Federal de Atividade de Defesa Ambiental | 236563 |
| Função | Coordenador (HPA e Organohalogenados) |
| Responsável pela(s) Seção(ões) | 6 |
| Assinatura |  |

PUC-Rio (Elementos Traço)

| | |
|---|--|
| Profissional | José Marcus de Oliveira Godoy |
| Empresa/Instituição | PUC-Rio |
| Registro no conselho de Classe | 03211017, CRQ 3ª região |
| Cadastro Técnico Federal de Atividade de Defesa Ambiental | 4955033 |
| Função | Coordenador (Elementos Traço) |
| Responsável pela(s) Seção(ões) | 7 |
| Assinatura |  |

UFSC (Biomarcadores)

| | |
|---|---|
| Profissional | Afonso Celso Dias Bainy |
| Empresa/Instituição | UFSC |
| Registro no Conselho de Classe | Não se aplica |
| Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental | Não se aplica |
| Função | Coordenador (Biomarcadores) |
| Responsável pela(s) Seção(ões) | 8 |
| Assinatura |  |

Petrobras (Fingerprint)

| | |
|---|--|
| Profissional | Thiago Otto Corrêa Alves |
| Empresa/Instituição | Petrobras |
| Registro no conselho de Classe | CREA-SP 126477 |
| Cadastro Técnico Federal de Atividade de Defesa Ambiental | 6791016 |
| Responsável pela(s) Seção(ões) | 9 |
| Assinatura |  |

13.3 Colaboradores

Univali

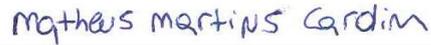
| | |
|---|---|
| <i>Profissional</i> | <i>Alencar Cabral</i> |
| Empresa/Instituição | UNIVALI |
| Registro no conselho de Classe | Não se aplica |
| Cadastro Técnico Federal de Atividade de Defesa Ambiental | -- |
| Responsável pela(s) Seção(ões) | 3 e 5 |
| Assinatura |  |

| | |
|---|---|
| Profissional | Antônio Carlos Beaumord |
| Empresa/Instituição | UNIVALI |
| Registro no conselho de Classe | Não se aplica (Oceanógrafo) |
| Cadastro Técnico Federal de Atividade de Defesa Ambiental | -- |
| Responsável pela(s) Seção(ões) | 5 |
| Assinatura |  |

| | |
|---|--|
| Profissional | Deborah Garcia Boeira |
| Empresa/Instituição | UNIVALI |
| Registro no conselho de Classe | Não se aplica (Jornalismo) |
| Cadastro Técnico Federal de Atividade de Defesa Ambiental | -- |
| Responsável pela(s) Seção(ões) | 11 |
| Assinatura |  |

| | |
|---|--|
| Profissional | Karla Renata Kaminski Andreoli |
| Empresa | UNIVALI |
| Registro no conselho de Classe | 7780 CRMV-SC |
| Cadastro Técnico Federal de Atividade de Defesa Ambiental | 8850591 |
| Responsável pela(s) Seção(ões) | 2 e 4 |
| Assinatura |  |

| | |
|---|--|
| Profissional | Mariana Carrion |
| Empresa/Instituição | UNIVALI |
| Registro no conselho de Classe | 95368/03 |
| Cadastro Técnico Federal de Atividade de Defesa Ambiental | 6380304 |
| Responsável pela(s) Seção(ões) | 2 e 4 |
| Assinatura |  |

| | |
|---|--|
| Profissional | Matheus Martins Cardim |
| Empresa/Instituição | UNIVALI |
| Registro no conselho de Classe | 07212 CRMV SC |
| Cadastro Técnico Federal de Atividade de Defesa Ambiental | 6870429 |
| Responsável pela(s) Seção(ões) | 4 |
| Assinatura |  |

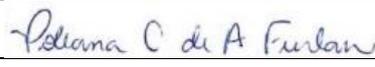
| | |
|---|--|
| Profissional | Mauro Michelena Andrade |
| Empresa/Instituição | UNIVALI |
| Registro no conselho de Classe | Não se aplica (Oceanógrafo) |
| Cadastro Técnico Federal de Atividade de Defesa Ambiental | -- |
| Responsável pela(s) Seção(ões) | 5 |
| Assinatura |  |

| | |
|---|--|
| Profissional | Renata Maria Taufer |
| Empresa/Instituição | UNIVALI |
| Registro no conselho de Classe | Não se aplica (Oceanógrafo) |
| Cadastro Técnico Federal de Atividade de Defesa Ambiental | -- |
| Responsável pela(s) Seção(ões) | 5 |
| Assinatura |  |

| | |
|---|---|
| Profissional | Rodrigo Sant'anna |
| Empresa/Instituição | UNIVALI |
| Registro no conselho de Classe | Não se aplica (Oceanógrafo) |
| Cadastro Técnico Federal de Atividade de Defesa Ambiental | -- |
| Responsável pela(s) Seção(ões) | 5 |
| Assinatura |  |

| | |
|---|--|
| Profissional | Tiago Zis |
| Empresa/Instituição | UNIVALI |
| Registro no conselho de Classe | Não se aplica (Ciência da Computação) |
| Cadastro Técnico Federal de Atividade de Defesa Ambiental | -- |
| Responsável pela(s) Seção(ões) | 3 e 5 |
| Assinatura |  |

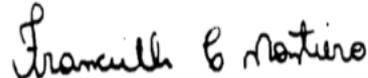
Petrobras

| | |
|---|--|
| Profissional | Poliana Carvalho de Andrade Furlan |
| Empresa/Instituição | Petrobras |
| Registro no conselho de Classe | Não se aplica (oceanógrafa) |
| Cadastro Técnico Federal de Atividade de Defesa Ambiental | Não se aplica (oceanógrafa) |
| Responsável pela(s) Seção(ões) | 9 |
| Assinatura |  |

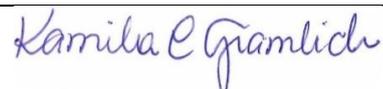
PUC-Rio (HPA e organohalogenados)

| | |
|---|--|
| Profissional | Renato da Silva Carreira |
| Empresa/Instituição | PUC-Rio |
| Registro no conselho de Classe | Não se aplica |
| Cadastro Técnico Federal de Atividade de Defesa Ambiental | 236563 |
| Função | Coordenador (HPA e Organohalogenados) |
| Responsável pela(s) Seção(ões) | 6 |
| Assinatura |  |

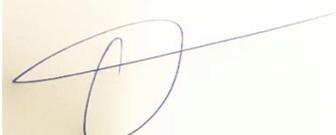
| | |
|---|--|
| Profissional | Dr. Carlos German Massone |
| Empresa/Instituição | PUC-Rio |
| Registro no conselho de Classe | Não se aplica |
| Cadastro Técnico Federal de Atividade de Defesa Ambiental | 903847 |
| Responsável pela(s) Seção(ões) | 6 |
| Assinatura |  |

| | |
|---|--|
| Profissional | Dra. Francieli Casanova Monteiro |
| Empresa/Instituição | PUC-Rio |
| Registro no conselho de Classe | CRQ: 031056369 |
| Cadastro Técnico Federal de Atividade de Defesa Ambiental | Não se aplica |
| Responsável pela(s) Seção(ões) | 6 |
| Assinatura |  |

| | |
|---|--|
| Profissional | Gustavo Souza de Carvalho |
| Empresa/Instituição | PUC-Rio |
| Registro no conselho de Classe | Não se aplica |
| Cadastro Técnico Federal de Atividade de Defesa Ambiental | Não se aplica |
| Responsável pela(s) Seção(ões) | 6 |
| Assinatura |  |

| | |
|---|--|
| Profissional | MSc. Kamila Cezar Gramlich |
| Empresa/Instituição | PUC-Rio |
| Registro no conselho de Classe | 032054668 |
| Cadastro Técnico Federal de Atividade de Defesa Ambiental | Não se aplica |
| Responsável pela(s) Seção(ões) | 6 |
| Assinatura |  |

| | |
|---|--|
| Profissional | MSc. Matheus Grohs Ribeiro |
| Empresa/Instituição | PUC-Rio |
| Registro no conselho de Classe | CRQ: 031056362 |
| Cadastro Técnico Federal de Atividade de Defesa Ambiental | Não se aplica |
| Responsável pela(s) Seção(ões) | 6 |
| Assinatura |  |

| | |
|---|--|
| Profissional | Rayan de Oliveira Fortes |
| Empresa/Instituição | PUC-Rio |
| Registro no conselho de Classe | CRQ: 034034916 |
| Cadastro Técnico Federal de Atividade de Defesa Ambiental | Não se aplica |
| Responsável pela(s) Seção(ões) | 6 |
| Assinatura |  |

| | |
|---|--|
| Profissional | Wellington Luiz S. Guedes |
| Empresa/Instituição | PUC-Rio |
| Registro no conselho de Classe | CRQ: 03.253.416 |
| Cadastro Técnico Federal de Atividade de Defesa Ambiental | 2154616 |
| Responsável pela(s) Seção(ões) | 6 |
| Assinatura |  |

LABCAI/UFSC (Biomarcadores)

| | |
|---|---|
| Profissional | Ana Beatriz Bauer |
| Empresa/Instituição | LABCAI/UFSC |
| Registro no conselho de Classe | Não se aplica |
| Cadastro Técnico Federal de Atividade de Defesa Ambiental | Não se aplica |
| Responsável pela(s) Seção(ões) | 8 |
| Assinatura |  <p>Documento assinado digitalmente Ana Beatriz Bauer Data: 25/09/2025 17:21:46-0300 CPF: ***.298.461-** Verifique as assinaturas em https://v.ufsc.br</p> |

| | |
|---|---|
| Profissional | Beatriz Lahoz |
| Empresa/Instituição | LABCAI/UFSC |
| Registro no conselho de Classe | Não se aplica |
| Cadastro Técnico Federal de Atividade de Defesa Ambiental | Não se aplica |
| Responsável pela(s) Seção(ões) | 8 |
| Assinatura |  <p>Documento assinado digitalmente BEATRIZ MIRA LAHOZ Data: 25/09/2025 14:59:59-0300 CPF: ***.599.848-** Verifique as assinaturas em https://v.ufsc.br</p> |

| | |
|---|--|
| Profissional | Dr. Clei Endrigo Piazza |
| Empresa/Instituição | LABCAI/UFSC |
| Registro no conselho de Classe | 63804-09D |
| Cadastro Técnico Federal de Atividade de Defesa Ambiental | 2023690 |
| Responsável pela(s) Seção(ões) | 8 |
| Assinatura |  <p>Documento assinado digitalmente Clei Endrigo Piazza Data: 25/09/2025 14:55:49-0300 CPF: ***.190.499-** Verifique as assinaturas em https://v.ufsc.br</p> |

| | |
|---|--|
| Profissional | Dra. Daína de Lima |
| Empresa/Instituição | LABCAI/UFSC |
| Registro no conselho de Classe | Não se aplica |
| Cadastro Técnico Federal de Atividade de Defesa Ambiental | Não se aplica |
| Responsável pela(s) Seção(ões) | 8 |
| Assinatura |  <p>Documento assinado digitalmente DAINA DE LIMA Data: 25/09/2025 14:41:38-0300 CPF: ***.407.578-** Verifique as assinaturas em https://v.ufsc.br</p> |

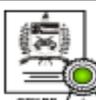
| | |
|---|---|
| Profissional | Guilherme de Espindola da Silveira |
| Empresa/Instituição | LABCAI/UFSC |
| Registro no conselho de Classe | Não se aplica |
| Cadastro Técnico Federal de Atividade de Defesa Ambiental | Não se aplica |
| Responsável pela(s) Seção(ões) | 8 |
| Assinatura |  <p>Documento assinado digitalmente GUILHERME DE ESPINDOLA DA SILVEIRA Data: 25/09/2025 14:43:25-0300 CPF: ***.010.429-** Verifique as assinaturas em https://v.ufsc.br</p> |

| | |
|---|--|
| Profissional | Dr. Jacó Joaquim Mattos |
| Empresa/Instituição | LABCAI/UFSC |
| Registro no conselho de Classe | 63534-09D |
| Cadastro Técnico Federal de Atividade de Defesa Ambiental | Não se aplica |
| Responsável pela(s) Seção(ões) | 8 |
| Assinatura |  <p>Documento assinado digitalmente JACO JOAQUIM MATTOS Data: 25/09/2025 14:49:23-0300 CPF: ***.170.139-** Verifique as assinaturas em https://v.ufsc.br</p> |

| | |
|---|---|
| Profissional | Dra. Juliana Righetto Moser |
| Empresa/Instituição | LABCAI/UFSC |
| Registro no conselho de Classe | 133450-09D |
| Cadastro Técnico Federal de Atividade de Defesa Ambiental | Não se aplica |
| Responsável pela(s) Seção(ões) | 8 |
| Assinatura |  <p>Documento assinado digitalmente JULIANA RIGHETTO MOSER Data: 25/09/2025 14:37:31-0300 CPF: ***.759.009-** Verifique as assinaturas em https://v.ufsc.br</p> |

| | |
|---|--|
| Profissional | Dra. Karim Hahn Luchmann |
| Empresa/Instituição | UDESC |
| Registro no conselho de Classe | Não se aplica |
| Cadastro Técnico Federal de Atividade de Defesa Ambiental | Não se aplica |
| Responsável pela(s) Seção(ões) | 8 |
| Assinatura |  <p>Documento assinado digitalmente KARIM HAHN LUCHMANN Data: 25/09/2025 15:16:12-0300 CPF: ***.452.069-** Verifique as assinaturas em https://v.ufsc.br</p> |

| | |
|---|---|
| Profissional | Luiza Manaut Rodrigues |
| Empresa/Instituição | LABCAI/UFSC |
| Registro no conselho de Classe | Não se aplica |
| Cadastro Técnico Federal de Atividade de Defesa Ambiental | Não se aplica |
| Responsável pela(s) Seção(ões) | 8 |
| Assinatura |  <p>Documento assinado digitalmente LUIZA MANAUT RODRIGUES Data: 25/09/2025 14:43:01-0300 CPF: ***.677.250-** Verifique as assinaturas em https://v.ufsc.br</p> |

| | |
|---|---|
| Profissional | MSc. Vanessa Schadeck Deconto |
| Empresa/Instituição | LABCAI/UFSC |
| Registro no conselho de Classe | 118308-09D |
| Cadastro Técnico Federal de Atividade de Defesa Ambiental | Não se aplica |
| Responsável pela(s) Seção(ões) | 8 |
| Assinatura |  <p>Documento assinado digitalmente VANESSA SCHADECK DECONTO Data: 25/09/2025 14:44:17-0300 CPF: ***.331.499-** Verifique as assinaturas em https://v.ufsc.br</p> |

| | |
|---|---|
| Profissional | Thiago Mazzuco Vinter |
| Empresa/Instituição | LABCAI/UFSC |
| Registro no conselho de Classe | Não se aplica |
| Cadastro Técnico Federal de Atividade de Defesa Ambiental | Não se aplica |
| Responsável pela(s) Seção(ões) | 8 |
| Assinatura |  <p>Documento assinado digitalmente THIAGO MAZZUCCO VINTER Data: 25/09/2025 16:00:59-0300 CPF: ***.704.699-** Verifique as assinaturas em https://v.ufsc.br</p> |

14 APÊNDICES

14.1 Apêndice 1 – Registros de Fauna

(disponível em formato eletrônico)

14.2 Apêndice 2 – Históricos Clínicos

(disponível em formato eletrônico)

14.3 Apêndice 3 – Necropsias

(disponível em formato eletrônico)

14.4 Apêndice 4 – Modelos Lineares Generalizados

(disponível em formato eletrônico)

14.5 Apêndice 5 – Análise de Redundância

(disponível em formato eletrônico)

14.6 Apêndice 6 – Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos e organohalogenados

(disponível em formato eletrônico)

14.7 Apêndice 7 – Elementos Traço

(disponível em formato eletrônico)

14.8 Apêndice 8 – Biomarcadores

(disponível em formato eletrônico)

14.9 Apêndice 9 – Ações de Educação Ambiental

(disponível em formato eletrônico)

14.10 Apêndice 10 – Coordenadas

(disponível em formato eletrônico)