

**UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA
PROGRAMA DE DOUTORADO EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
AMBIENTAL**

SANDRA DE OLIVEIRA SOARES CARDOSO

**DINÂMICAS DE CONFLITO E SUSTENTABILIDADE: UMA ANÁLISE
SOCIOAMBIENTAL DA CAVA SUBAQUÁTICA DE CUBATÃO NO
ESTUÁRIO SANTISTA**

SANTOS

2025

SANDRA DE OLIVEIRA SOARES CARDOSO

**DINÂMICAS DE CONFLITO E SUSTENTABILIDADE: UMA ANÁLISE
SOCIOAMBIENTAL DA CAVA SUBAQUÁTICA DE CUBATÃO NO
ESTUÁRIO SANTISTA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para a obtenção do título de Doutora em Ciências e Tecnologia Ambiental da Universidade Santa Cecília, sob a orientação da Prof.^a Dra. Patrícia Gorisch.

Santos

2025

363.7394
C267d

CARDOSO, SANDRA DE OLIVEIRA SOARES.
DINÂMICAS DE CONFLITO E SUSTENTABILIDADE: UMA
ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL DA CAVA SUBAQUÁTICA DE
CUBATÃO NO ESTUÁRIO SANTISTA / SANDRA DE OLIVEIRA
SOARES CARDOSO.

2025.
144 f.

Orientador: Dr. PATRÍCIA GORISCH.

Tese (Doutorado) - Universidade Santa Cecília, Programa de
pós-graduação em CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL,
SANTOS, SP, 2025.

1. CAVA SUBAQUÁTICA. 2. BAIXADA SANTISTA. 3.
PROTEÇÃO AMBIENTAL. 4. IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS. I.
GORISCH, PATRÍCIA . II. DINÂMICAS DE CONFLITO E
SUSTENTABILIDADE.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para a obtenção do título de Doutora em Ciências e Tecnologia Ambiental da Universidade Santa Cecília.

Data da Aprovação ___/___/___

Professora Dra. Patrícia Gorisch
(Orientadora)

Professor Dr. Jeffer Castelo Branco

Professor Dr. Jorge Monteiro Júnior

Professor Dr. Luciano Pereira de Souza

Professor Dr. Paulo José Ferraz de Arruda Júnior

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos amigos, colegas, professores e funcionários os quais colaboraram para que este trabalho pudesse existir.

Em especial,

Gostaria de expressar minha mais profunda gratidão à Professora Dra. Patrícia Gorisch, minha orientadora. Seu apoio essencial, orientação dedicada e a confiança que me proporcionou foram fundamentais para que eu pudesse superar os desafios e progredir na pesquisa, culminando na conclusão desta tese. Agradeço imensamente por todo o suporte e por ter acompanhado o projeto, garantindo o direcionamento necessário para a finalização. Sua presença foi um pilar importante nesta jornada.

Ao Professor Dr. Jeffer Castelo Branco, agradeço pelos ensinamentos, correções e disponibilidade ao longo deste processo.

Agradeço também ao Centro Paula Souza (CPS), pelo benefício concedido que permitiu a conclusão deste curso. À Fatec Praia Grande, na direção da Profa. Ma. Viviam Ester de Souza, e à Fatec Baixada Santista – Rubens Lara, na direção do Prof. Dr. Jorge Monteiro Júnior, assim como ao Vice-diretor Prof. Me. Ramon Eduardo Lopez de Torres, por todo apoio e incentivo durante esta trajetória.

Aos Professores Doutores Camilo Dias Seabra Pereira, Alessandra Aloise de Seabra, Luis Felipe de Almeida Duarte, Paloma Kachel Gusso Choueri, Mara Angelina G. Magenta, Aldo Ramos Santos e Professor Mestre Elio Lopes dos Santos, pelas valiosas orientações e palavras de incentivo.

À Sandra Helena Aparecida de Araújo, a Imaculada Scorza e a Ana Carolina Santos, pela amizade e atenção com que sempre me receberam no Programa.

E, a Deus, por permitir que este momento tão sonhado chegasse à minha vida.

Gratidão!

Que Deus os abençoe!

Dedico este trabalho à memória de meu pai, Augusto, de quem herdei o espírito pesquisador e o amor pela natureza, e de quem guardo imensa saudade.

À minha mãe, Diva, que me educou mostrando que nada é impossível quando se tem força, coragem e determinação.

À minha irmã, Solange, por sempre apoiar todas as minhas decisões.

Ao meu marido, Gabriel, por sua paciência, compreensão e amor incondicional.

E à Profa. Dra. Maria Izabel Calil Stamato, que não está mais entre nós. Tive o prazer e o privilégio de conhecê-la; um ser humano da melhor qualidade que ensinava não só com palavras, mas com gestos. Ela sempre demonstrou a certeza de que este dia chegaria.

Dedico.

RESUMO

A atividade portuária é de extraordinária importância para a região da Baixada Santista, em especial para a cidade de Santos, onde está localizado o maior porto da América Latina. Com o assoreamento e a consequente perda de profundidade do canal de navegação para a passagem de navios para o porto da USIMINAS e o aumento do tráfego de navios com maior calado, houve a necessidade de dragar o canal Piaçaguera, que permite o acesso ao Porto localizado na cidade de Cubatão, São Paulo, Brasil. Em decorrência da dragagem, foi decidido construir uma cava subaquática para deposição dos sedimentos contaminados resultantes da mesma. Por ser uma região de manguezal, com diversidade de ecossistemas e com a existência de comunidades que ainda exploram a pesca artesanal, a construção da cava subaquática causou inúmeras questões técnicas e gerou preocupações ambientais e socioeconômicas sendo, inclusive, alvo de ações judiciais. Assim, o objetivo deste trabalho é compreender os conflitos ambientais, sociais e econômicos gerados pela implantação da Cava Subaquática no Estuário Santista. Como metodologia de pesquisa, optou-se pela pesquisa bibliográfica, visando coletar o maior número de informações possíveis com a consulta a diversos autores, em livros, artigos, teses e ainda pareceres técnicos e ações judiciais, por forma a dar resposta aos objetivos traçados. Aplicou-se ainda um estudo de caso e análise documental, análise crítica de publicações em mídias, de dados ambientais e socioeconômicos, além de uma análise comparativa com estruturas similares a nível internacional. Observou-se que existem controvérsias em relação ao licenciamento da obra e correspondente obediência ao estudo de impacto ambiental, que gera preocupações no que diz respeito à segurança e à proteção do meio ambiente, seja pela localização da instalação, seja pelos eventuais perigos de contaminação das águas. Pressões ambientais e contestação à construção da cava subaquática, levaram à instauração de uma CPI e a outras ações civis, visando o esclarecimento da situação e ressarcimento de eventuais indenizações. Conclui-se ainda que esta intervenção falhou em reverter o quadro de poluição, identificando a necessidade de uma nova abordagem que possibilite uma eficaz gestão de passivos ambientais no Brasil.

Palavras-Chaves: Cava Subaquática. Baixada Santista. Proteção Ambiental. Impactos Socioeconômicos

ABSTRACT

Port activity is of extraordinary importance to the Baixada Santista region, especially to the city of Santos, home to the largest port in Latin America. With silting and the consequent loss of depth in the navigation channel for ships to the USIMINAS port, and the increase in traffic from deeper-draft vessels, it became necessary to dredge the Piaçaguera Channel, which provides access to the port located in the city of Cubatão, São Paulo, Brazil. As a result of the dredging, it was decided to build an underwater pit to dispose of the resulting contaminated sediments. Because the region is mangrove-rich, with diverse ecosystems and communities that still engage in artisanal fishing, the construction of the underwater pit raised numerous technical issues and generated environmental and socioeconomic concerns, even being the subject of lawsuits. Therefore, the objective of this study is to understand the environmental, social, and economic conflicts generated by the implementation of the underwater pit in the Santista Estuary. The research methodology used was bibliographical research, aiming to gather as much information as possible by consulting various authors, including books, articles, theses, technical opinions, and lawsuits, in order to meet the objectives set. A case study and documentary analysis, media discourse, environmental and socioeconomic data, and a comparative analysis with similar structures internationally were also applied. It was observed that there are controversies regarding the project's licensing and corresponding compliance with the environmental impact assessment, raising concerns regarding safety and environmental protection, both due to the facility's location and the potential risk of water contamination. Environmental pressures and challenges to the underwater pit's construction led to the establishment of a Parliamentary Commission of Inquiry (CPI) and other civil lawsuits, seeking clarification of the situation and reimbursement of any damages. It is also concluded that this intervention failed to reverse the pollution situation, identifying the need for a new approach that enables effective management of environmental liabilities in Brazil.

Keywords: Underwater Pit. Baixada Santista. Environmental Protection. Socioeconomic Impacts

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ACPO	Associação de Combate aos Poluentes
ALESP	Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
CAD	Confined (or Contained) Aquatic Disposal ou Cava de Disposição Aquática
CDF	Confined Disposal Facilities ou Unidade de Disposição Confinada
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CL	Convenção de Londres
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONSEMA	Conselho Estadual de Meio Ambiente
COSIPA	Companhia Siderúrgica Paulista
CPI	Comissão Parlamentar de Inquérito
CPP	Conselho Pastoral dos Pescadores
EPA	Agência Nacional de Proteção Ambiental
EUA	Estados Unidos da América
HPA	Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos
MP-SP	Ministério Público do Estado de São Paulo
MPF	Ministério Público Federal
ONG	Organização Não Governamental
PCB	Policlorobifenilos
PDO	Polígono de Disposição Oceânica
POC	Point Of Care
PRAD	Projetos de Recuperação de Área Degradada
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
TBT	Tributilestanhos
TIPLAM	Terminal Integrador Portuário Luiz Antônio Mesquita
UDC	Unidade de Disposição Confinada
UE	União Europeia
WFD	Water Framework Directive

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tipos mais comuns de instalações de disposição confinada	32
Figura 2 – Randle Reef - Porto de Hamilton no Canadá.....	36
Figura 3 – Clean Oslofjord, Noruega.....	36
Figura 4 – Instalação confinada de Rotterdam - Holanda	37
Figura 5 – Porto de Hamburgo, Alemanha.....	38
Figura 6 – Porto de Huelva, Espanha.....	39
Figura 7 – Porto de Santos	42
Figura 8 – Cava subaquática de Cubatão	44
Figura 9 – Detalhes da Cava Subaquática	45
Figura 10 – Corte da cava subaquática no estuário de Santos.....	46
Figura 11 – Impacto nos serviços ecossistêmicos da região causados pela Cava e Terminal de Gás	55
Figura 12 – Canal de Piaçaguera	62
Figura 13 – Processo de bombeamento de sedimentos para a cava.....	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros de PH e Oxigênio Dissolvido.....	66
Tabela 2 – Parâmetros de Metais pesados na água.....	67
Tabela 3 – Parâmetros de compostos orgânicos voláteis na água.....	68
Tabela 4 – Parâmetros de Carbono orgânico total.....	68
Tabela 5 – Parâmetros de nutrientes na água.....	69
Tabela 6 – Parâmetros microbiológicos na água.....	69
Tabela 7 – Parâmetros hidrobiológicos na água.....	70
Tabela 8 – Parâmetros Ecotoxicológicos na água.....	70
Tabela 9 – Parâmetros metais pesados em sedimentos.....	89
Tabela 10 – Parâmetros Hidrocarbonetos nos sedimentos.....	91
Tabela 11 – Parâmetros Poluentes orgânicos diversos nos sedimentos.....	93
Tabela 12 – Parâmetros nutrientes nos sedimentos.....	94
Tabela 13 – Parâmetros químicos nos sedimentos (outros).....	94
Tabela 14 – Parâmetros microbiológicos nos sedimentos (outros).....	95
Tabela 15 – Parâmetros Ecotoxicológicos nos sedimentos.....	96
Tabela 16 – Estimativa da indenização pedida na Ação Civil.....	125

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Ensaio Ecotoxicidade <i>Vibrio Fischeri</i>	71
Gráfico 2 – Clorofila-a	71
Gráfico 3 – Feofitina-a	72
Gráfico 4 – Coliformes Termotolerantes	72
Gráfico 5 – Enterococos	73
Gráfico 6 – Benzeno	73
Gráfico 7 – Estireno	74
Gráfico 8 – Etilbenzeno.....	74
Gráfico 9 – m.p. Xileno.....	75
Gráfico 10 – o-Xileno	75
Gráfico 11 – Tolueno	76
Gráfico 12 – Alumínio dissolvido	76
Gráfico 13 – Boro total.....	77
Gráfico 14 – Cádmio total.....	77
Gráfico 15 – Chumbo total.....	78
Gráfico 16 – Cobre dissolvido	78
Gráfico 17 – Crômio hexavalente	79
Gráfico 18 – Crômio total	79
Gráfico 19 – Estanho total.....	80
Gráfico 20 – Ferro dissolvido	80
Gráfico 21 – Mercúrio total.....	81
Gráfico 22 – Níquel total.....	81
Gráfico 23 – Zinco total	82
Gráfico 24 – Fósforo total	82
Gráfico 25 – Fósforo Ortofosfato	83
Gráfico 26 – Nitrogênio Amoniacal	83
Gráfico 27 – Nitrogênio Kjeldahl	84
Gráfico 28 – Nitrogênio-Nitrato	84
Gráfico 29 – Nitrogênio-Nitrito.....	85
Gráfico 30 – Carbono Orgânico	85
Gráfico 31 – Fenóis totais	86

Gráfico 32 – Óleos e Graxas.....	86
Gráfico 33 – Oxigênio dissolvido	87
Gráfico 34 – pH	87
Gráfico 35 – Salinidade.....	88
Gráfico 36 – <i>Grandierella bonnieroides</i>	97
Gráfico 37 – <i>Clostridium Perfringens</i>	97
Gráfico 38 – Coliformes termotolerantes.....	98
Gráfico 39 – 1-Metil-Naftaleno	98
Gráfico 40 – 2-Metil-Naftaleno	98
Gráfico 41 – Acenafteno	99
Gráfico 42 – Acenaftileno	99
Gráfico 43 – Antraceno	99
Gráfico 44 – Benzo(a)antraceno	100
Gráfico 45 – Benzo(a)pireno	100
Gráfico 46 – Benzo(b)fluoranteno	100
Gráfico 47 – Benzo (g.h.i) perileno	101
Gráfico 48 – Benzo(k)fluoranteno	101
Gráfico 49 – Criseno	101
Gráfico 50 – Dibenzo(a,h)antraceno.....	102
Gráfico 51 – Fenantreno.....	102
Gráfico 52 – Fluoranteno	102
Gráfico 53 – Fluoreno	103
Gráfico 54 – Indeno(1,2,3-cd)pireno	103
Gráfico 55 – Naftaleno.....	103
Gráfico 56 – Pireno	104
Gráfico 57 – Alumínio total	104
Gráfico 58 – Arsénio total.....	104
Gráfico 59 – Cádmió total.....	105
Gráfico 60 – Chumbo total.....	105
Gráfico 61 – Cobre total.....	105
Gráfico 62 – Crômio total	106
Gráfico 63 – Estanho total.....	106
Gráfico 64 – Ferro total.....	106
Gráfico 65 – Mercúrio total.....	107

Gráfico 66 – Níquel total.....	107
Gráfico 67 – Zinco total	107
Gráfico 68 – Fósforo total	108
Gráfico 69 – Nitrogênio kjeldahl total	108
Gráfico 70 – Carbono orgânico total.....	108
Gráfico 71 – Fénois totais	109
Gráfico 72 – Óleos e Graxas totais	109
Gráfico 73 – pH	109
Gráfico 74 – Potencial redox	110

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Contextualização histórica e geográfica	16
1.2	Problematização: impactos sociais e ambientais	18
1.3	Justificativas do título e tema, objetivos e hipóteses	19
1.3.1	Justificativa do Título.....	19
1.3.2	Justificativa do Tema	20
1.4	Metodologia da pesquisa	22
2	POLÍTICAS E PRÁTICAS GLOBAIS NA GESTÃO DE SEDIMENTOS DRAGADOS	24
2.1	Projeto de remediação ambiental	28
2.1.1	Nomenclaturas internacionais para a disposição de sedimentos dragados: CAD e CDF	29
2.1.1.1	Disposição Aquática Contida (CAD).....	30
2.1.1.2	Estruturas de Disposição Confinada (CDF)	30
2.1.2	Exemplos e caracterização da Cava Subaquática de Cubatão	31
2.2	Impactos ambientais das cavas subaquáticas	33
2.3	Cavas subaquáticas e exemplos internacionais	34
2.4	Tecnologias complementares no gerenciamento de sedimentos	37
2.4.1	Tratamento de sedimentos no Porto de Hamburgo, Alemanha	37
2.4.2	Inovações no gerenciamento de sedimentos no Porto de Huelva, Espanha	39
3	EVOLUÇÃO E RELEVÂNCIA DA CAVA SUBAQUÁTICA DE CUBATÃO: PERSPECTIVAS HISTÓRICAS E AMBIENTAIS	41
3.1	Desenvolvimento e função da cava subaquática de Cubatão: perspectivas técnicas e ambientais	43
3.2	Consequências econômicas e ambientais da dragagem no Porto de Santos	46
3.3	Consequências da dragagem e gestão de resíduos no Estuário Santista	48
4	CONSEQUÊNCIAS AMBIENTAIS E SOCIAIS DA CAVA SUBAQUÁTICA DE CUBATÃO	51
4.1	Impactos na fauna e flora locais	51
4.2	Alterações na estrutura e dinâmica do ecossistema	52
4.3	Poluição e contaminação dos manguezais	52

4.4	Impactos socioeconômicos	53
4.5	Consequências para as comunidades de pescadores	54
4.6	Desafios no monitoramento e gestão da cava subaquática	58
4.7	Saúde ambiental e riscos à população	58
5	MONITORAMENTO E PESQUISA CIENTÍFICA DA CAVA SUBAQUÁTICA DE CUBATÃO	61
5.1	Contextualização geográfica e histórica da intervenção	61
5.2	Estratégia de monitoramento e análise crítica das medidas de mitigação	62
5.3	Metodologia de análise de dados	64
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO DO MONITORAMENTO DA QUALIDADE AMBIENTAL	65
6.1	Metodologia do monitoramento	65
6.2	Análise da qualidade da água	65
6.2.1	Parâmetros físico-químicos essenciais (pH e Oxigênio Dissolvido)	66
6.2.2	Metais pesados na água	67
6.2.3	Compostos orgânicos voláteis (COV) na água	68
6.2.4	Poluentes orgânicos diversos na água (carbono orgânico total)	68
6.2.5	Nutrientes na água (fósforo total e nitrogênio amoniacal)	69
6.2.6	Parâmetros Microbiológicos na Água (Coliformes Termotolerantes).....	69
6.2.7	Parâmetros Hidrobiológicos na Água (Clorofila-a).....	70
6.2.8	Parâmetros Ecotoxicológicos na Água.....	70
6.3	Representação gráfica dos resultados	71
6.4	Conclusão geral das análises de qualidade da água (2013-2023)	88
6.5	Análise da qualidade dos sedimentos	89
6.5.1	Metais pesados nos sedimentos	89
6.5.2	Hidrocarbonetos (PAHs) nos sedimentos	91
6.5.3	Poluentes orgânicos diversos nos Sedimentos (incluindo PCBs).....	93
6.5.4	Nutrientes nos sedimentos.....	94
6.5.5	Outros parâmetros químicos nos sedimentos (COT, Sólidos Voláteis, Sulfeto Total)	94
6.5.6	Parâmetros microbiológicos nos sedimentos (Coliformes Fecais).....	95
6.5.7	Parâmetros ecotoxicológicos nos sedimentos	96

6.6	Representação gráfica dos resultados	97
6.7	Discussão Integrada dos Resultados e Implicações Ambientais	110
6.7.1	Panorama geral da contaminação	110
6.7.2	Conexão água-sedimento e dinâmica dos contaminantes	111
6.7.3	Impactos ecológicos e riscos à saúde pública.....	112
6.7.4	Tendências temporais.....	113
6.7.5	Fontes de poluição	113
6.7.6	Desafios e necessidades	113
7	QUESTÕES LEGAIS E AMBIENTAIS EM TORNO DA CAVA SUBAQUÁTICA	115
7.1	Disputas e controvérsias jurídicas	116
7.2	Relatório da CPI das Cavas Subaquáticas	118
7.3	Propostas legislativas e pressões ambientais	122
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	126
8.1	A Condição Crônica e a Autoperpetuação da Poluição: O Ecossistema em Estresse	126
8.2	O Conflito de Paradigmas: A Cava Subaquática entre o Interesse Econômico e a Sustentabilidade	127
8.3	Proposta de Tese: A Necessidade de uma Gestão In Situ e um Olhar para o Futuro	128
8.4	Posicionamento Final	129
	REFERÊNCIAS	131

1. INTRODUÇÃO

A Cava Subaquática de Cubatão, um local de intensa controvérsia desde sua criação, localiza-se no estuário entre Santos e Cubatão. Mais precisamente, ela está situada no Largo do Casqueiro, no lado cubatense do Canal de Piaçaguera. A cava dista aproximadamente 5 km do centro de Cubatão e 5,5 km do centro de Santos, com as coordenadas exatas 23°53'30.0"S 46°22'30.0"W (MARQUES, 2022).

Concebida para o despejo de sedimentos dragados do Canal de Piaçaguera, a cava, com dimensões maiores que as do Estádio do Maracanã, tem gerado significativas preocupações ambientais. Moradores e pescadores locais relatam a escassez de peixes e a poluição que afetaram suas atividades e qualidade de vida (FERRAZ, 2023). A situação é agravada por ações judiciais do Ministério Público Estadual e Federal, que destacam problemas como a licença prévia vencida e o descarte inadequado de sedimentos (BRANCO; SANTOS, 2018).

O risco de contaminação do ecossistema marinho é outro ponto crítico, pois os resíduos tóxicos depositados na cava podem causar danos irreversíveis em caso de rompimento. Estudos indicam que a estrutura contém cerca de 2,4 bilhões de litros de sedimentos contaminados, representando um risco contínuo para a saúde pública e o meio ambiente (ROCHA, 2020).

A intensa polêmica em torno da Cava Subaquática reflete um complexo conflito entre o desenvolvimento econômico e a preservação ambiental. Embora a dragagem do Canal de Piaçaguera seja crucial para a navegação do Porto de Santos, essa operação estava suspensa desde a década de 1990 devido à elevada contaminação dos sedimentos. A criação da cava para esse fim evidenciou desafios significativos, exigindo esforços de mitigação dos impactos para garantir a sustentabilidade da região (JUNIOR, 2019).

Este trabalho se propõe a compreender os conflitos ambientais, sociais e econômicos gerados pela implantação da Cava Subaquática no Estuário Santista.

1.1 Contextualização histórica e geográfica

A Baixada Santista é uma região metropolitana no litoral de São Paulo, abrangendo nove cidades, incluindo Santos e Cubatão. Sua geografia é notavelmente diversa, delimitada ao norte pela Serra do Mar e ao sul pelas águas do Oceano Atlântico.

Essa região apresenta uma geomorfologia marcante, com planícies aluviais, ilhas, estuários e extensos sistemas de manguezais. Esses ecossistemas são cruciais para a

biodiversidade local, funcionando como berçários para diversas espécies marinhas e costeiras, e desempenham um papel vital na proteção da costa contra a erosão e na regulação dos ciclos hidrológicos (PARREIRA, 2012).

Privilegiada em paisagens, a Baixada Santista atrai turistas com suas praias e a cobertura da Mata Atlântica e da Serra do Mar. Além do turismo, Santos se consolidou como o maior e mais importante polo portuário da América Latina. Sua posição estratégica e infraestrutura robusta impulsionam a movimentação de cargas e a economia nacional. Cubatão, que compartilha a zona portuária com Santos, tem uma história marcada por intensa atividade industrial (BEVILACQUA, 2020).

As infraestruturas portuárias são um bom indicador da situação econômica do país, essenciais para o progresso regional ao suportar a comercialização, controle e fiscalização de exportação e importação. O desempenho recente do Porto de Santos tem permitido o recebimento de navios cada vez maiores (BEVILACQUA, 2020). Com o avanço das tecnologias navais, a manutenção e o aumento da profundidade dos canais navegáveis—através de processos complexos e permanentes de dragagem—tornam-se desafios cruciais para a navegabilidade e a eficiência contínua do comércio marítimo (OLIVEIRA; CORREIA, 2019).

Localizado na divisa entre Santos e Cubatão, o Canal de Piaçaguera é uma zona de transição crucial entre o Oceano Atlântico e as águas doces da bacia hidrográfica que abrange cinco municípios da Região Metropolitana. Com 5 km de extensão, o canal é utilizado por navios de carga desde 1969. Sua hidrodinâmica, influenciada pela proximidade da Serra do Mar e das marés, resulta na contínua deposição de sedimentos, exigindo intervenções técnicas para manter a profundidade (PARREIRA, 2012). A dragagem, no entanto, estava suspensa desde 1996 pelo órgão ambiental devido à alta concentração de contaminantes tóxicos, o que demandava licenciamento ambiental com EIA-RIMA. Tais contaminantes representam um risco significativo à saúde humana e ao ecossistema local.

O Largo do Casqueiro é uma região do estuário, localizada entre Santos e Cubatão, próxima à entrada do Canal de Piaçaguera. Caracterizada por seus manguezais e comunidades tradicionais como a Vila dos Pescadores, que dependem da pesca artesanal, a área é um importante berçário de vida marinha. A região é também reconhecida pela importância ecológica dos manguezais, que atuam como filtros naturais, protegendo a qualidade da água e a biodiversidade local (COUTO, 2003).

A região apresenta contrastes importantes. Enquanto Santos e as outras cidades são banhadas diretamente pelo Oceano Atlântico, Cubatão possui uma orla fluvial que foi intensamente usada pelo polo industrial para descarte de efluentes e rejeitos. Durante os anos

1980, Cubatão foi considerada, pela ONU, a cidade mais poluída do mundo, fato que impulsionou esforços de recuperação ambiental. Em 1992, a cidade foi reconhecida internacionalmente como "Cidade-símbolo da Recuperação Ambiental". Entretanto, o legado industrial ainda se reflete na composição dos sedimentos do Canal de Piaçaguera e de seus afluentes (SANTOS; SARTOR, 2019).

É dentro deste intrincado cenário socioambiental, geográfico e portuário que a Cava Subaquática de Cubatão emerge como um ponto nodal de conflitos e desafios, demandando uma análise aprofundada de suas implicações para o estuário santista e suas comunidades.

1.2 Problematização: impactos sociais e ambientais

A COSIPA solicitou licença ambiental em 1998 para a dragagem do Canal de Piaçaguera, visando remover sedimentos contaminados e manter a navegabilidade. O EIA/RIMA da época previa a disposição desses sedimentos em áreas já comprometidas, evitando novas degradações. Contudo, apesar de essencial para as operações portuárias e industriais, essa intervenção apresentava potencial de desequilíbrio ecossistêmico. Apesar do longo processo de planejamento e licenciamento, a construção da cava subaquática só foi iniciada em 2017 (AMARAL, 2021).

Com a contínua deposição de sedimentos, a dragagem tornou-se cada vez mais necessária para recuperar a profundidade e manter a navegabilidade e a qualidade ambiental. Em 2005, a COSIPA obteve a licença prévia para a dragagem. Posteriormente, a Usiminas, que assumiu as operações da COSIPA, deu continuidade ao licenciamento. Em 2016, a VLI, interessada em expandir seu Terminal Integrador Portuário Luiz Antônio Mesquita (TIPLAM), obteve a Licença de Instalação (LI) da cava pela CETESB, permitindo sua construção. A entrada da VLI foi motivada pela necessidade de garantir a continuidade e a eficiência de suas operações logísticas na região. Finalmente, em junho de 2017, a Licença de Operação (LO) foi emitida, permitindo o início do descarte de sedimentos na cava subaquática (VLI, 2024).

Entre as alternativas de destinação, a construção de uma cava subaquática foi a escolhida, causando grande controvérsia. Isso se deve aos impactos ambientais potenciais na região, dado que nela são despejados sedimentos e resíduos com propriedades poluentes (AMARAL, 2021).

Segundo Junior (2019), o objetivo da construção da cava subaquática era isolar os sedimentos de baixa qualidade ambiental dragados, confinando-os em uma estrutura subaquática em um local que não interferisse na navegação do canal. Outro aspecto considerado

era que, por ser uma área protegida de correntes no seu interior, a cava evitaria a contaminação e a dispersão dos materiais ali depositados.

Apesar dessas premissas de contenção e não dispersão, a implementação da cava, e a própria escolha por essa alternativa, logo se viu envolta em acalorados debates e preocupações.

No entanto, essa escolha gerou conflitos significativos. Ambientalistas e comunidades locais, especialmente pescadores, expressaram preocupações sobre os impactos ambientais e sociais da cava subaquática. Eles temiam que a contaminação dos sedimentos pudesse afetar suas atividades de pesca e a qualidade de vida na região. Além disso, houve críticas sobre a adequação e atualização dos estudos ambientais utilizados, com muitos argumentando que o EIA/RIMA de 1998 estava desatualizado e não refletia as novas realidades e desafios ambientais. As autoridades ambientais, como a CETESB, também enfrentaram críticas sobre a emissão das licenças. A mídia e organizações da sociedade civil desempenharam um papel importante ao divulgar informações sobre a polêmica e dar voz às preocupações dos diferentes atores envolvidos.

Acresce o fato de que a localização da cava é em uma região de manguezal, onde diversos serviços ecossistêmicos se localizam, adicionando preocupações relacionadas com eventuais contaminações que impactariam nas comunidades de pescadores da região e a todo o entorno Santos-Cubatão (ALMEIDA; JUNIOR 2018).

1.3 Justificativas do título e tema, objetivos e hipóteses

1.3.1 Justificativa do título

O título proposto é fundamentado em três pilares principais que refletem a complexidade e a abrangência do estudo:

- 1) Dinâmicas de conflito: Este termo investiga as interações e tensões que surgem entre diferentes interesses e impactos. Tais conflitos são de natureza social, ambiental e econômica, destacando a necessidade de compreender como esses elementos se inter-relacionam e influenciam mutuamente no contexto abordado.
- 2) Sustentabilidade: A inclusão deste conceito no título indica a importância de considerar práticas e impactos a longo prazo. No contexto deste estudo, a sustentabilidade é abordada sob a perspectiva do desenvolvimento sustentável e seus três pilares fundamentais: social, ambiental e econômico. Isso ressalta a

necessidade de um equilíbrio entre esses aspectos para garantir um desenvolvimento que seja benéfico para as gerações presentes e futuras na Baixada Santista.

- 3) **Análise Socioambiental:** Este termo enfatiza que o estudo não se limita a aspectos isolados, abrangendo tanto as dimensões sociais quanto as ambientais do problema. Implicitamente, também incorpora os aspectos econômicos, uma vez que estes estão frequentemente interligados aos outros dois. A análise socioambiental permite uma visão holística e integrada dos desafios e oportunidades presentes no contexto estudado.

1.3.2 Justificativa do Tema

A construção da cava subaquática de Cubatão no Estuário Santista é um tema de grande relevância socioambiental e econômica, envolvendo uma série de conflitos e desafios. Este trabalho se justifica pela necessidade de compreender de forma abrangente os impactos gerados por essa intervenção, tanto no meio ambiente quanto nas comunidades locais e na economia regional.

- **Impactos Sociais e Econômicos:** A cava subaquática tem gerado preocupações significativas entre as comunidades locais, especialmente os pescadores que dependem do estuário para sua subsistência. A qualidade de vida dos moradores pode ser afetada pela contaminação dos sedimentos e pela alteração dos ecossistemas, que impactam a qualidade e quantidade do pescado. É crucial avaliar os efeitos socioeconômicos da cava, considerando tanto os benefícios para as operações portuárias e industriais quanto os possíveis prejuízos para as atividades tradicionais das comunidades.
- **Impactos Ambientais:** Os ecossistemas do Estuário Santista, especialmente os manguezais, desempenham um papel fundamental na manutenção da biodiversidade e na proteção da costa. A construção e operação da cava subaquática podem causar degradação ambiental significativa, afetando a qualidade da água e a saúde dos ecossistemas. Este trabalho busca identificar os principais impactos ambientais e avaliar a eficácia das medidas de mitigação implementadas para garantir a sustentabilidade do projeto.

- **Processo de Licenciamento e Estudos de Impacto Ambiental:** O processo de licenciamento ambiental da cava subaquática envolveu a utilização de estudos de impacto ambiental (EIA/RIMA) cuja desatualização é uma das principais críticas. É essencial analisar como esses estudos foram conduzidos e quais foram as principais conclusões, além de avaliar a credibilidade do processo de licenciamento. A investigação das políticas e regulamentações ambientais pode fornecer insights valiosos para aprimorar futuros processos de licenciamento e evitar problemas semelhantes.
- **Comparação com Outras Cavas Subaquáticas:** A comparação da cava subaquática de Cubatão com outras construções semelhantes em termos de tecnologia, tamanho e impacto ambiental pode oferecer uma perspectiva mais ampla sobre a eficácia e os desafios desse tipo de intervenção. Identificar exemplos internacionais e avaliar se a cava de Cubatão atende às características definidoras de uma cava subaquática pode contribuir para uma melhor compreensão do projeto.
- **Segurança e Sustentabilidade a Longo Prazo:** Garantir a segurança e a sustentabilidade da cava subaquática a longo prazo é um aspecto crucial. Este trabalho pretende investigar as medidas de segurança implementadas e monitorar a qualidade da água no Canal de Piaçaguera. Além disso, é importante identificar os riscos de contaminação residual e dispersão de poluentes e como eles estão sendo gerenciados.
- **Alternativas e Contribuições Científicas:** Explorar alternativas mais sustentáveis para a disposição de sedimentos contaminados e analisar como a ciência e a pesquisa podem contribuir para a remediação dos impactos ambientais são objetivos fundamentais deste estudo. A justificativa para este trabalho reside na necessidade de encontrar soluções eficazes e sustentáveis que equilibrem o desenvolvimento econômico com a proteção ambiental e o bem-estar das comunidades locais.

No que diz respeito aos objetivos, o objetivo geral é compreender os conflitos ambientais, sociais e econômicos gerados pela implantação da Cava Subaquática no Estuário Santista. Os objetivos específicos são:

- 1) Investigar os impactos sociais da cava subaquática nas comunidades locais.

- 2) Avaliar os principais impactos ambientais sobre os ecossistemas do estuário santista.
- 3) Analisar o processo de licenciamento ambiental e seus conflitos institucionais.

As hipóteses deste trabalho, que buscam ser confirmadas ou refutadas, fundamentam-se em estudos científicos que apontam a presença de resíduos com potencial para causar poluição da água, alterações nos padrões de sedimentação, contaminação de organismos marinhos e degradação de habitats. Considerando esses aspectos, as hipóteses a serem verificadas são:

- 1) A cava subaquática de Cubatão tem gerado impactos negativos nas atividades de pesca artesanal e na qualidade de vida das comunidades locais do estuário santista.
- 2) A operação da cava subaquática tem contribuído para a degradação dos manguezais e para a redução da qualidade da água no estuário santista, afetando a biodiversidade local.
- 3) O uso do EIA/RIMA de 1998 no processo de licenciamento da cava subaquática comprometeu a credibilidade institucional e gerou conflitos entre órgãos ambientais, empresas e sociedade civil.

1.4 Metodologia da pesquisa

Para compreender os conflitos ambientais, sociais e econômicos gerados pela implantação da cava subaquática no Estuário Santista, será adotada uma metodologia de pesquisa abrangente e multidisciplinar (PEDUZZI, 2001). A metodologia proposta inclui as seguintes etapas:

1. Revisão Bibliográfica: Coletar e analisar informações teóricas e empíricas sobre cavas subaquáticas, impactos ambientais, sociais e econômicos, e processos de licenciamento ambiental.
2. Estudo de Caso e Análise Documental: Analisar detalhadamente a cava subaquática de Cubatão como um estudo de caso específico, utilizando documentos oficiais, relatórios de licenciamento, estudos de impacto ambiental, dados fornecidos por empresas e autoridades envolvidas no projeto, bem como materiais de mídia e reportagens da época.

3. **Análise Crítica de Publicações em Mídias:** Acessar e analisar percepções e informações qualitativas de diferentes atores envolvidos no projeto da cava subaquática, conforme veiculadas em publicações jornalísticas e outros documentos históricos.
4. **Análise de Dados Ambientais e Socioeconômicos:** Avaliar os impactos ambientais e socioeconômicos da cava subaquática, com base nos dados disponíveis em documentos oficiais e publicações pertinentes.
5. **Comparação Internacional:** Comparar a cava subaquática de Cubatão com outras cavas subaquáticas internacionais em termos de tecnologia, tamanho e impacto ambiental.
6. **Análise Crítica e Propostas de Melhoria:** Realizar uma análise crítica dos resultados obtidos e propor melhorias nas políticas e práticas de gestão ambiental aplicáveis a intervenções similares.

Essa metodologia permitirá uma análise abrangente e detalhada dos conflitos ambientais, sociais e econômicos gerados pela implantação da cava subaquática no Estuário Santista, contribuindo para uma melhor compreensão e gestão dos impactos associados a esse tipo de intervenção.

2 POLÍTICAS E PRÁTICAS GLOBAIS NA GESTÃO DE SEDIMENTOS DRAGADOS

Após contextualizar a problemática da Cava Subaquática de Cubatão e seus desafios, este capítulo se propõe a analisar as políticas e práticas globais vigentes para a gestão de sedimentos dragados. Compreender essas diretrizes e os modelos de remediação ambiental é fundamental para avaliar o contexto no qual a Cava de Cubatão foi concebida e opera.

As convenções internacionais estabelecem diretrizes abrangentes para o gerenciamento de material dragado, com foco especial na avaliação e no tratamento de sedimentos contaminados. Essas diretrizes promovem as melhores práticas globais para garantir que a disposição de resíduos de dragagem seja realizada de forma sustentável, minimizando os impactos negativos sobre os ecossistemas aquáticos e costeiros. A seguir, destacam-se alguns dos princípios e procedimentos centrais dessas diretrizes (AKCIL et al., 2015) e, entre os princípios fundamentais, sobressaem (AUSILI et al., 2022):

- 1) Sustentabilidade: A proteção ambiental é o princípio fundamental, visando reduzir os efeitos adversos na qualidade da água, na biodiversidade e nos ecossistemas marinhos e costeiros. A sustentabilidade deve estar no centro de todas as decisões, incluindo a escolha de métodos e locais de disposição.
- 2) Avaliação de riscos: Antes de qualquer disposição, é imprescindível realizar uma avaliação abrangente dos riscos ambientais relacionados ao descarte de sedimentos. Essa avaliação considera as características físico-químicas dos materiais e as condições do local de disposição para determinar a aceitabilidade dos potenciais impactos.
- 3) Prevenção: Medidas preventivas e de controle devem ser implementadas em todas as etapas do processo, desde a identificação de fontes de contaminação e o planejamento até o monitoramento contínuo após a disposição. Esse enfoque preventivo visa reduzir ao máximo a entrada de novos contaminantes nos ecossistemas aquáticos.
- 4) Hierarquia de gestão: A gestão de sedimentos dragados deve seguir uma hierarquia de prioridades, começando pela prevenção da geração de resíduos. Caso a dragagem seja necessária, a reutilização e a reciclagem dos sedimentos devem ser priorizadas, deixando a disposição como última alternativa.

No que diz respeito aos procedimentos para o gerenciamento dos sedimentos dragados,

as diretrizes recomendadas são (BOSSY et al., 2023; BRILS, 2020):

- 1) Minimização do volume de dragagem: A redução do volume de material dragado é essencial para minimizar os impactos ambientais. Isso pode ser alcançado através de boas práticas ambientais, incluindo o uso de técnicas de dragagem de alta precisão, a escolha criteriosa do local e a otimização da profundidade de dragagem.
- 2) Caracterização do material: A caracterização dos sedimentos é essencial para definir as opções de gerenciamento mais adequadas. Análises físicas, químicas e biológicas detalhadas são necessárias para entender os riscos e os potenciais impactos associados. As diretrizes internacionais também especificam métodos para amostragem e análise de contaminantes, assegurando a qualidade e a comparabilidade dos dados obtidos.
- 3) Listas de ação e níveis de ação: As diretrizes sugerem o desenvolvimento de "Listas de Ações" nacionais, que funcionam como mecanismos de triagem para determinar a adequação dos sedimentos dragados para disposição no mar. Essas listas devem incluir substâncias contaminantes específicas e seus níveis de tolerância, estabelecendo limites que definem se o material pode ser disposto no mar, se necessita de tratamento ou se requer confinamento.
- 4) Disposição de material contaminado: Para sedimentos que excedem os níveis de ação estabelecidos, recomenda-se a aplicação de técnicas que reduzam ou eliminem os contaminantes, além de explorar o reuso benéfico do material. Caso o sedimento seja considerado inadequado para disposição convencional, ele deve ser contido em estruturas confinadas, em terra ou aquáticas, que previnam a dispersão de contaminantes.
- 5) Seleção do local de disposição: Em situações em que a disposição no mar é necessária, a escolha do local deve ser feita com extremo cuidado, evitando áreas ecologicamente sensíveis, como habitats protegidos e zonas de pesca. Aspectos como distância da costa, profundidade, correntes e a composição do sedimento existente devem ser avaliados para garantir que o impacto ambiental seja mínimo.
- 6) Monitoramento contínuo: O monitoramento contínuo antes, durante e após o descarte dos sedimentos é indispensável para garantir que os impactos na qualidade da água e na saúde dos organismos aquáticos estejam dentro dos limites aceitáveis. Esse monitoramento permite a implementação de ajustes e ações corretivas conforme necessário, assegurando a eficácia das medidas de proteção ambiental.

Segundo Barnes (2024), essas diretrizes internacionais representam uma estrutura de referência que pode ser adaptada para as necessidades e contextos específicos de cada país, assegurando que o gerenciamento dos sedimentos dragados ocorra de forma ambientalmente responsável e alinhada às melhores práticas globais.

No cenário global, o gerenciamento de resíduos é um dos grandes desafios modernos, com a mitigação de impactos ambientais e a promoção da sustentabilidade sendo questões cruciais a serem enfrentadas pela sociedade. Sedimentos contaminados em ambiente aquático podem oferecer riscos à saúde de vários organismos vivos, inclusive humanos, com impactos negativos multifacetados que se estendem por toda a cadeia alimentar e ecossistemas (BORTONE et al., 2004; DELL'ANNO et al., 2020; OEN et al., 2017; ROSA; DE FREITAS, 2021; WEIS, 2024; WIKSTROM et al., 2024). Os potenciais adversos ao meio ambiente e à saúde humana são fortes razões para a busca de modelos eficazes de gestão desses resíduos, com o objetivo de evitar a exposição aos contaminantes e proteger a biodiversidade, garantindo a segurança das comunidades, especialmente os provenientes de processos de dragagem (KVASNICKA et al., 2020).

Essas preocupações se tornaram mais disseminadas durante as décadas de 1960 e 1970, período marcado pelo aumento da consciência ambiental e pelos crescentes impactos da poluição industrial e urbana nos ecossistemas. Esse movimento foi impulsionado por desastres ambientais e evidências científicas sobre os efeitos nocivos de resíduos tóxicos no meio ambiente e na saúde humana. Nos Estados Unidos da América, esta conjuntura culminou em uma grande coordenação política e social para chamar a atenção e educar sobre a poluição do meio ambiente; o evento, em 1970, ficou conhecido como Dia da Terra. Toda essa convergência levou à criação da Agência Nacional de Proteção Ambiental (EPA), influenciando outros países nessa direção (DIETZ, 2020).

Nesse contexto, visando preencher a lacuna de um marco legal comum e promover a troca de experiências e tecnologias sobre a redução da poluição marítima transnacional, diversos países membros das Nações Unidas se reuniram para decidir sobre regulamentações comuns à disposição de resíduos no oceano. Desse encontro, emergiu um dos primeiros tratados firmados sobre o tema: a "Convenção sobre a Prevenção da Poluição Marinha por Despejo de Resíduos e Outros Materiais, 1972", mais conhecida como Convenção de Londres (CL), aplicada a partir de 1975, e seu Protocolo de 1996 (PL) (BARNES, 2024; CLARKE et al., 2022; KLEVERLAAN; REICHEL-T-BRUSHETT, 2023; VOGT; HARTMAN, 2019), que entrou em vigor em 2006. Esses tratados também definiram diretrizes específicas para materiais de dragagem, com última revisão e atualização em 2014 (Revised Specific Guidelines for the

assessment of dredged material, 2014). Com 87 países signatários e 54 que ratificaram ou aderiram ao PL, totalizando 101 países (45th Consultative Meeting of Contracting Parties to the London Convention and the 18th Meeting of Contracting Parties to the London Protocol (LC 45/LP 18), [s.d.]), entre eles o Brasil, eles são reconhecidos como os instrumentos regulatórios internacionais mais abrangentes e amplamente aplicados relativos à disposição de resíduos no oceano até a data desta pesquisa (CLARKE et al., 2022; VOGT; HARTMAN, 2019).

Cada país signatário da Convenção de Londres (LC/LP) é responsável por adaptar, implementar e, quando necessário, aprofundar as regulamentações estabelecidas por esses tratados. Além da Convenção de Londres, surgiram tratados regionais que expandem e ajustam esses princípios às especificidades locais. Exemplos notáveis incluem:

- Convenção de Helsinque (HELCOM) para a proteção do Mar Báltico. Orientações sobre gerenciamento de dragagem revisados em 2024 (HELCOM Guidelines for Management of Dredged Material at Sea, 2024)
- Convenção de Barcelona para o Mar Mediterrâneo, orientações sobre gerenciamento de dragagem revisados em 2023 (Annex - Updated Guidelines on Management of Dredged Materials - UNEP(DEPI)/MED IG.23/23, 2023)
- Convenção de Oslo-Paris (OSPAR) para o Mar do Norte. Orientações sobre gerenciamento de dragagem revisados em 2024 (OSPAR Guidelines for the Management of Dredged Material at Sea - Agreement 2014-06. (Update 2024), 2024)

Essas convenções regionais estabelecem normas específicas para o descarte de resíduos no oceano, adequadas às características ecológicas e necessidades ambientais de cada região (OBHODAS et al., 2020).

Na União Europeia (UE), a Water Framework Directive (WFD), instituída em 2000, estabelece diretrizes para proteger e melhorar a qualidade da água, incluindo ecossistemas em áreas estuarinas e costeiras (AUSILI et al., 2022; DORLEON et al., 2024; LEHOUX et al., 2020). Embora a WFD trate sobre a disposição de sedimentos contaminados em terra, ela não aborda especificamente o gerenciamento de sedimentos contaminados em corpos d'água (BRUCE et al., 2020). Contudo, como os sedimentos são componentes essenciais dos ecossistemas aquáticos, entende-se que projetos de dragagem afetam a qualidade da água e devem submeter planos de gestão de sedimentos para atingir as diretrizes da WFD (BRILS,

2020).

Para suprir as lacunas regulatórias sobre o gerenciamento de sedimentos contaminados em ambientes aquáticos, foi criada a European Sediment Network (SedNet), uma rede europeia que reúne especialistas de diferentes setores e países. A SedNet desempenha um papel crucial na promoção de políticas públicas para o manejo de sedimentos, incentivando a inclusão de diretrizes específicas para a gestão de sedimentos contaminados na legislação ambiental europeia (SITTONI, 2019).

No Brasil, a Resolução CONAMA nº 454/12, estabelecida pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), define diretrizes gerais e procedimentos referenciais para o gerenciamento de material dragado em águas sob jurisdição nacional. Essa resolução é fundamental para assegurar que as práticas de dragagem no Brasil sejam realizadas de maneira ambientalmente responsável, alinhando-se às melhores práticas internacionais. A resolução detalha procedimentos para a caracterização e avaliação de sedimentos dragados, incluindo análises físicas, químicas e biológicas. Esses procedimentos são essenciais para determinar a adequação dos sedimentos para disposição e para minimizar os impactos ambientais. A harmonização das práticas globais com as necessidades locais é essencial para garantir que as diretrizes internacionais sejam eficazes no contexto brasileiro. Isso inclui considerar a diversidade de ecossistemas e as condições ambientais específicas do Brasil. A adaptação também envolve o desenvolvimento de tecnologias locais e a capacitação de profissionais para implementar as diretrizes de maneira eficaz.

É importante notar que, embora essas diretrizes internacionais estabeleçam os princípios gerais para a disposição de material contaminado em estruturas confinadas (em terra ou aquáticas), os detalhes específicos de design e engenharia dessas estruturas, como as cavas subaquáticas, são geralmente delegados às regulamentações e normas técnicas de cada país signatário. No contexto brasileiro, a Resolução CONAMA nº 454/12, juntamente com outras normas pertinentes, servem como a base regulatória para definir essas especificações detalhadas, garantindo a adaptação das práticas globais às particularidades locais e a eficácia das intervenções.

2.1 Projeto de remediação ambiental

A gestão de sedimentos dragados, essencial para a limpeza e manutenção de portos, envolve diversas ações cruciais para a logística e a economia marítima. Essas atividades incluem:

1. Manutenção da profundidade dos canais de navegação: Portos exigem profundidade adequada em seus canais para garantir a passagem segura de navios. O acúmulo de sedimentos pode reduzir essa profundidade, tornando a dragagem essencial para remover esses materiais e assegurar a navegabilidade contínua (CASTRO; ALMEIDA, 2012).
2. Remoção de materiais contaminados: Sedimentos impactados por atividades industriais e portuárias podem se acumular no fundo de corpos d'água adjacentes. A dragagem é empregada para remover esses materiais, prevenindo a dispersão de contaminantes e os danos ambientais (CASTRO; ALMEIDA, 2012).
3. Expansão e construção de novas infraestruturas: Em projetos de expansão portuária ou construção de novas infraestruturas, como terminais de carga ou áreas de atracação, a dragagem é necessária para preparar o leito marinho ou fluvial. Isso envolve a remoção de sedimentos para criar o espaço físico para as novas construções (CASTRO; ALMEIDA, 2012).
4. Manutenção de áreas de atracação: As áreas onde os navios atracam precisam ser mantidas livres de sedimentos para garantir operações seguras de atracação e desatracação. A dragagem regular dessas áreas é essencial para evitar problemas operacionais e garantir a eficiência portuária (CASTRO; ALMEIDA, 2012).
5. Prevenção de enchentes: Em certas situações, a dragagem é realizada para otimizar o fluxo da água e mitigar riscos de enchentes. Sedimentos acumulados podem obstruir o curso d'água, elevando o risco de inundações em áreas portuárias e adjacentes (CASTRO; ALMEIDA, 2012).

Tais atividades são vitais para assegurar a operação eficiente e segura dos portos, facilitando o tráfego de navios, a movimentação de cargas e a proteção ambiental.

2.1.1 Nomenclaturas internacionais para disposição de sedimentos dragados: CAD e CDF

Os projetos de remediação ambiental são cruciais para a limpeza e recuperação de áreas contaminadas por atividades industriais. Tais projetos abrangem uma variedade de técnicas e abordagens para o manejo de sedimentos, destacando-se a Disposição Aquática Contida (CAD) e as Estruturas de Disposição Confinada (CDF). Ambas as nomenclaturas são amplamente reconhecidas e empregadas globalmente por agências reguladoras, instituições de pesquisa e na literatura científica de países com vasta experiência em dragagem e remediação

ambiental, como Estados Unidos, Canadá e diversas nações europeias (USACE, 1987; USACE & EPA, 2016).

2.1.1.1 Disposição Aquática Contida (CAD)

O termo CAD, que se refere à Disposição Aquática Contida, é largamente aplicado por órgãos como a Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA) e o Corpo de Engenheiros do Exército dos EUA (USACE), bem como em publicações científicas e guias técnicos internacionais (USACE, 1987; USACE & EPA, 2016). Constitui um conceito consolidado para a disposição de materiais contaminados em locais subaquáticos, projetados especificamente para confinar esses materiais (PALERMO et al., 1998).

Uma CAD tipicamente envolve a criação de uma depressão no fundo de um corpo d'água – seja por escavação ou utilizando uma formação natural – que é então preenchida com sedimentos contaminados. Subsequentemente, essa área é coberta por uma camada de material limpo, processo conhecido como capping, com o intuito primordial de isolar os contaminantes do ambiente aquático circundante (THIBODEAUX; BROUWER, 2016). Diferentemente de uma Estrutura de Disposição Confinada (CDF), que frequentemente envolve a construção de diques e outras barreiras elevadas, o ambiente químico que envolve o material contaminado em uma CAD permanece inalterado.

A característica distintiva da CAD é sua ênfase na contenção eficaz dos poluentes diretamente no ambiente aquático. Essa abordagem é frequentemente mencionada em documentos e orientações de convenções internacionais, como a Convenção de Londres, e de agências regionais, como a OSPAR (Comissão OSPAR para a Proteção do Meio Marinho do Atlântico Nordeste), que a reconhecem como uma alternativa viável para o manejo de sedimentos dragados contaminados (IMO, 2014; OSPAR Commission, 2014).

A utilização da CAD está mais restrita à deposição de materiais cuja contaminação é mais ligeira ou moderada (AGERSCHOU et al., 2004).

2.1.1.2 Estruturas de Disposição Confinada (CDF)

A sigla CDF, que significa Estrutura de Disposição Confinada (ou, em alguns contextos, Contained/Confined Disposal Facility), possui vasto reconhecimento e uso internacional, especialmente na América do Norte (EUA e Canadá). Ela designa instalações de engenharia concebidas para o confinamento seguro de material dragado, particularmente

quando contaminado (USACE, 2003). O termo é comum em relatórios técnicos, manuais e publicações sobre gerenciamento de sedimentos.

Uma CDF é uma estrutura de engenharia desenvolvida com o propósito de reter e isolar material dragado. Ela pode ser implementada em diferentes ambientes: em terra (upland CDF), em águas rasas próximas à costa (nearshore CDF) ou na forma de ilhas artificiais (island CDF) (USACE & EPA, 2016). A principal distinção em relação a uma CAD é que a CDF pode não ser totalmente subaquática e, frequentemente, envolve a construção de diques ou outras barreiras que se elevam acima da superfície da água para contenção do material. O objetivo central de uma CDF é o confinamento a longo prazo, muitas vezes permitindo o tratamento ou a desidratação dos sedimentos. Agências como o USACE e a EPA dos EUA utilizam extensivamente a terminologia CDF em suas diretrizes e projetos para o gerenciamento de material dragado contaminado (USACE & EPA, 2016; EPA, 2016).

No caso do CDF, Agerschou et al. (2004) indicam que este é um modelo que pode ser facilmente revestido, dependendo das condições hidrológicas e geológicas, bem como do grau de contaminação dos materiais previamente dragados. Este é um modelo mais caro, mas que pode ser a única opção para contenção de sedimentos moderada e altamente contaminados. A água descarregada dos CDFs deve atender aos padrões aplicáveis de sólidos suspensos e critérios de contaminantes dentro de uma zona de mistura especificada, e os CDFs são projetados para realizar este “tratamento” rudimentar. O tamanho e o design dos CDFs podem variar de estruturas de terra simples com sistemas de barragem passivos a instalações de descarte sofisticadas com revestimento, sistemas de coleta de lixiviado e outros controles projetados para evitar a migração de contaminantes do local (PALERMO; AVERETT, 2000, p. 28).

2.1.2 Exemplos e caracterização da Cava Subaquática de Cubatão

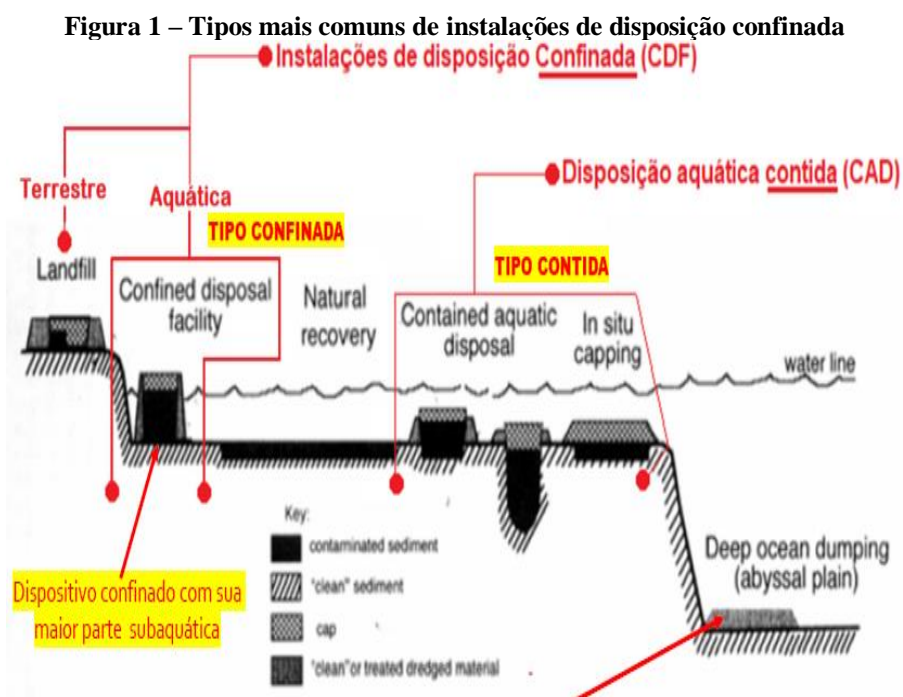
Além das tipologias CAD e CDF, outros projetos de remediação ambiental, como o Clean Oslofjord na Noruega e as iniciativas de economia circular no Porto de Rotterdam, Países Baixos, exemplificam abordagens inovadoras para a limpeza e recuperação de áreas contaminadas. Embora esses projetos não se enquadrem estritamente como CADs ou CDFs tradicionais, eles utilizam técnicas de dragagem, tratamento de sedimentos e reciclagem para promover a sustentabilidade ambiental (VOGT; POREBSKI, 2010).

A Cava Subaquática de Cubatão pode ser caracterizada como uma Disposição Aquática Contida (CAD). Essa classificação é justificada pela sua natureza de depressão

subaquática que recebe o material dragado com o objetivo de contenção e isolamento dos contaminantes. A existência de uma cobertura de 1 metro de areia sobre os sedimentos depositados na cava é um elemento-chave que alinha diretamente o projeto de Cubatão com as características de uma CAD, onde o capping é fundamental para o isolamento dos poluentes. O projeto também inclui análises periódicas da água para monitorar a eficácia da contenção.

Contudo, devido à proximidade com o dinâmico Canal de Navegação do Piaçaguera e a complexidade do ambiente estuarino, não é possível afirmar com certeza absoluta que o material depositado não sofra dispersão ao longo do tempo. Essa incerteza é uma consideração crítica para o monitoramento e a avaliação da eficácia da cava, destacando os desafios inerentes ao confinamento em ambientes estuarinos dinâmicos. Embora a Cava de Cubatão sirva como um local de disposição final para os sedimentos, ela não se enquadra na definição de uma Estrutura de Disposição Confinada (CDF) no sentido estrito de uma instalação construída com diques ou barreiras elevadas. Em vez disso, sua funcionalidade de confinamento é inerente à sua condição de recesso no leito aquático, onde o material é depositado e isolado pela cobertura, mas sujeito às condições do ambiente. Essa abordagem específica, característica do contexto local, demonstra uma metodologia adaptada para a remediação ambiental.

Para auxiliar na visualização das diferentes abordagens de confinamento discutidas, a Figura 1 apresenta os tipos mais comuns de instalações de disposição confinada.



Fonte: Melo et al., 2012

Estes ilustram os princípios de contenção aplicados em projetos de remediação

ambiental.

2.2 Impactos ambientais das cavas subaquáticas

Os impactos ambientais das cavas subaquáticas variam significativamente conforme o tipo de material disposto e as características da técnica de confinamento empregada. Para esta pesquisa, destacam-se os impactos associados a dois cenários principais de disposição:

1. Disposição de Sedimentos Contaminados: Embora a Disposição Aquática Contida (CAD) de sedimentos contaminados em cavas subaquáticas vise o confinamento para prevenir a poluição, há riscos inerentes. Os poluentes presentes nesses sedimentos – como metais pesados, compostos orgânicos e outros contaminantes provenientes de atividades de dragagem (MONTEIRO; AMORIM; MARQUES, 2014) – podem, em caso de falha da contenção, ser liberados. Isso resultaria em contaminação da coluna d'água e do bento, impactando negativamente a biota aquática e os ecossistemas adjacentes (PALERMO; BOSWORTH, 2008; MONTEIRO; AMORIM; MARQUES, 2014).
2. Disposição de Resíduos Industriais: Quando cavas subaquáticas são utilizadas para a disposição de resíduos industriais – que podem incluir produtos químicos, metais, plásticos e outros sólidos e líquidos gerados por processos industriais (GARCIA; PASSOS, 2012) – os impactos potenciais são igualmente severos. O objetivo é gerenciar e confinar esses resíduos de maneira segura. Contudo, falhas nos sistemas de confinamento podem levar à contaminação do solo, da água e do ar, com consequências diretas para a saúde humana e o meio ambiente (GARCIA; PASSOS, 2012).

Os sedimentos contaminados depositados na Cava Subaquática de Cubatão são provenientes principalmente das atividades industriais e portuárias da região. O Canal de Navegação do Piaçaguera, de onde os sedimentos foram dragados, é uma área que recebe efluentes de diversas indústrias químicas, petroquímicas e siderúrgicas localizadas no polo industrial de Cubatão. Consequentemente, esses sedimentos contêm metais pesados, hidrocarbonetos e outros poluentes, resultantes das operações industriais e do tráfego de embarcações.

2.3 Cavas Subaquáticas e exemplos internacionais

O uso de cavas subaquáticas para a disposição controlada de materiais é uma prática de engenharia ambiental reconhecida globalmente. Essas depressões, sejam naturais ou escavadas no leito de sistemas aquáticos, são empregadas para receber e conter sedimentos dragados e outros materiais, como resíduos sólidos e tóxicos (VLI, 2024). Projetadas para minimizar o impacto ambiental, elas buscam isolar os materiais dispostos, embora o manejo inadequado possa gerar riscos de contaminação da água e alteração da fauna local (MARQUES, 2022). Nestas cavas, os sedimentos são confinados por meio de uma camada de cobertura adequada para evitar sua dispersão.

As Disposições Aquáticas Contidas (CAD), que representam uma das principais abordagens para cavas subaquáticas, podem ser monitoradas e mantidas ao longo do tempo sem que isso implique a remoção futura dos resíduos (BRASIL, 2024). Esse monitoramento regular verifica a eficácia da contenção dos contaminantes e a funcionalidade da estrutura conforme o planejado. A principal característica da CAD é a contenção do material dentro de uma área definida, permitindo um grau controlado de interação com o ambiente aquático circundante, mas minimizando a mobilidade dos contaminantes através de barreiras físicas e camadas de cobertura.

Similarmente ao Brasil, cavas subaquáticas internacionais também são frequentemente localizadas próximas a ecossistemas sensíveis, o que exige monitoramento rigoroso para minimizar os impactos ambientais. Diversos países empregam a solução de Disposição Aquática Contida (CAD) para gerenciar sedimentos contaminados.

Nos Estados Unidos, destacam-se projetos em portos, baías e estuários, como o de Stryker Bay, em Minnesota, onde uma camada de cobertura com areia e carvão ativado foi aplicada para tratar sedimentos contaminados com hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (PAHs). O Reino Unido, por sua vez, utiliza CAD no porto de Bowling, na Escócia, em um projeto piloto que realizou análises *in situ* e em tempo real para avaliar a contaminação por metais e identificar potenciais fontes de poluição (WIJDEVELD et al., 2024).

Além disso, países como Austrália, Holanda, Hong Kong, Bélgica, Alemanha, Dinamarca e Finlândia também implementaram projetos de CAD (FREDETTE, 2006; JOUBERT et al., 2024; LEHOUX et al., 2020; POPENDA, 2020; WIJDEVELD et al., 2024). A Dinamarca, por exemplo, realizou um projeto piloto no porto de Copenhague para testar diferentes designs de camadas de cobertura, enquanto a Finlândia desenvolveu um projeto no lago Jämsänvesi. Esses exemplos demonstram a versatilidade e a eficácia do uso de CAD na

gestão de sedimentos contaminados em diversos contextos geográficos.

A crescente preocupação com a poluição nos Estados Unidos da América (EUA) durante a década de 1970 resultou na aprovação do Clean Water Act em 1972 (DIETZ, 2020). Essa legislação crucial estabeleceu a estrutura regulatória para a proteção das águas dos EUA, incluindo a gestão de materiais dragados, o que impulsionou a pesquisa e o monitoramento da qualidade dos sedimentos. Tal iniciativa levou à identificação de um grande número de locais contaminados (KEIL et al., 2022; SOLANKI et al., 2023), resultando em um conjunto abrangente de soluções.

Um caso notável é o projeto em Stryker Bay, Minnesota, onde a técnica CAD foi utilizada para confinar sedimentos contaminados com PAHs (hidrocarbonetos aromáticos policíclicos). Nesse projeto, foi aplicada uma camada de cobertura composta por areia e carvão ativado para imobilizar os contaminantes e reduzir o risco de exposição (POPENDA, 2020).

Nos portos de Boston, Massachusetts, e Providence, Rhode Island, houve a necessidade de considerar os efeitos na integridade estrutural de píeres e paredões próximos, ilustrando a importância do planejamento e da avaliação de riscos geotécnicos durante o projeto de Disposições Aquáticas Contidas (FREDETTE, 2006).

Outro exemplo é o projeto de capping no Porto de Hueneme, Califórnia. Este projeto envolveu a construção de uma Disposição Aquática Contida (CAD) com capacidade para 240.000 m³ de sedimentos contaminados, subsequentemente coberta por uma camada de areia de 3 m de espessura e uma camada de proteção de rocha de 1 m. O monitoramento da qualidade dos sedimentos e da água intersticial por cinco anos confirmou a eficácia do capping na contenção dos contaminantes (JOUBERT et al., 2024).

Outros locais, incluindo o Porto de Los Angeles, Califórnia; Bremerton, Washington; Newark, New Jersey; e Hyannis, Massachusetts, também utilizam CAD, demonstrando a ampla aplicação dessa técnica em todo o país.

No Canadá, o projeto de remediação de sedimentos contaminados em Randle Reef, no Hamilton Harbour, envolve a construção de uma instalação de contenção para isolar sedimentos contaminados de forma definitiva, utilizando CDFs (MARQUES, 2022). A Figura 2 ilustra a localização de Randle Reef.

Figura 2 – Randle Reef - Porto de Hamilton no Canadá



Fonte: Port of Hamilton, 2025

Da mesma forma, na Noruega, o projeto Clean Oslofjord removeu material contaminado do fundo do porto de Oslo e o depositou em uma bacia profunda, cobrindo-o com uma camada de areia, utilizando CDFs para a disposição final dos sedimentos contaminados (PORT OF OSLO, 2025). A Figura 3 mostra uma vista do Clean Oslofjord.

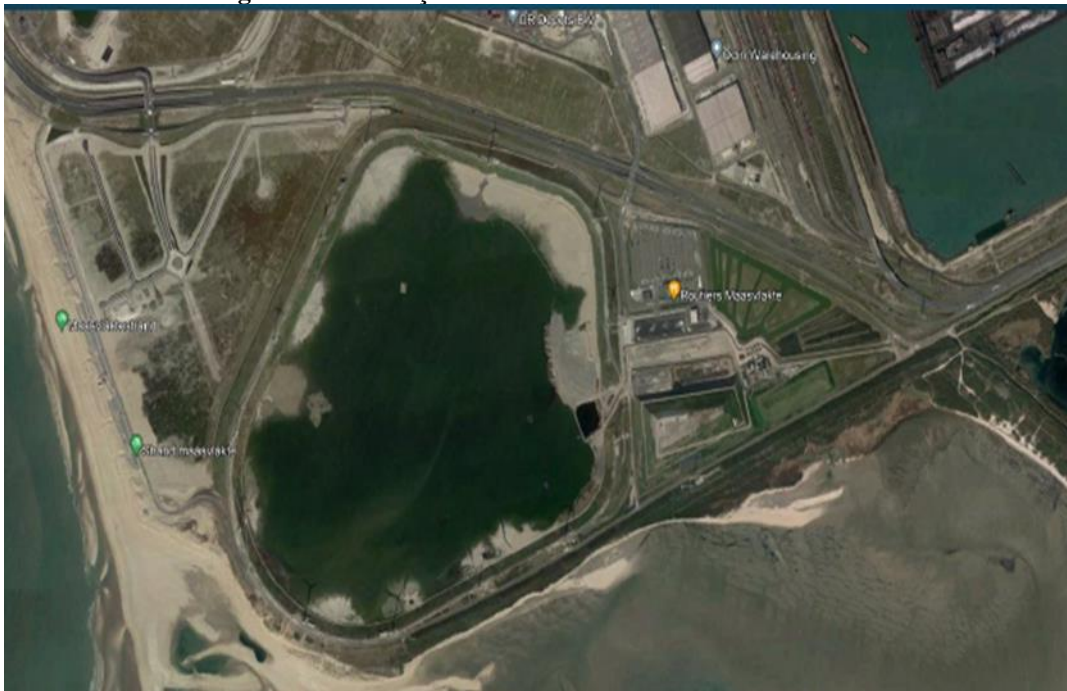
Figura 3 – Clean Oslofjord, Noruega



Fonte: Port of Oslo, 2025

Nos Países Baixos, as iniciativas de economia circular no Porto de Roterdã envolvem técnicas de dragagem e tratamento de sedimentos, com a disposição definitiva dos sedimentos contaminados no CDF Slufter (MARQUES, 2022). A Figura 4 apresenta uma vista de uma instalação confinada em Roterdã.

Figura 4 – Instalação confinada de Roterdã – Holanda



Fonte: Port of Rotterdam, 2025

2.4 Tecnologias complementares no gerenciamento de sedimentos

Além das estratégias de disposição como CADs e CDFs, o gerenciamento de sedimentos contaminados em portos e ambientes aquáticos muitas vezes envolve tecnologias de tratamento complementares. Essas abordagens visam reduzir a toxicidade, o volume ou a mobilidade dos contaminantes, permitindo uma disposição mais segura ou até mesmo a valorização do material.

2.4.1 Tratamento de sedimentos no Porto de Hamburgo, Alemanha

Na Alemanha, a crescente contaminação do rio Elba na década de 1970 impulsionou o desenvolvimento de uma abordagem inovadora para a gestão de materiais dragados em Hamburgo. Em 1981, um programa de investigação foi aprovado para determinar soluções viáveis de utilização e eliminação desses materiais, além de investigar as causas da

contaminação (DETZNER et al., 2004). Uma visão geral do Porto de Hamburgo pode ser vista na Figura 5.

Figura 5 – Porto de Hamburgo, Alemanha



Fonte: Port of Hamburg, 2025

Nesse contexto, em 1993, entrou em operação a METHA, uma instalação de processamento de sedimentos de dragagem contaminados em larga escala. A METHA utiliza uma tecnologia de separação em duas etapas para tratar os sedimentos, com o principal objetivo de separar a areia do lodo e desidratar o material. A planta tem capacidade para processar aproximadamente 1 milhão de m³ de sedimentos por ano (HAKSTEGE et al., 2007).

Os sedimentos tratados são separados em diferentes frações: areia, areia fina e lodo. A destinação desses materiais varia de acordo com suas características e nível de contaminação. A areia, geralmente menos contaminada, é considerada um subproduto valioso e pode ser reutilizada para diversos fins, como material de aterro e recuperação de áreas (SITTONI, 2019), ou empregada na fabricação de produtos cerâmicos (HAKSTEGE et al., 2007). A areia fina também pode ser utilizada como material de aterro e em projetos de restauração (SITTONI, 2019). O lodo, a fração mais fina e geralmente mais contaminada, exige cuidados especiais em sua destinação e, em grande parte, é disposto em aterros especiais (DETZNER et al., 2004).

Segundo Spadaro e Rosenthal (2020), a reutilização de material tratado, particularmente o lodo, enfrenta desafios substanciais relacionados aos custos e à viabilidade econômica. O alto custo do tratamento, comparado à disposição em aterros, torna a reutilização menos competitiva. Tecnologias avançadas como o processo da METHA requerem

investimentos significativos em infraestrutura e operação, o que encarece o material tratado em relação aos materiais convencionais. Além disso, a falta de demanda por produtos feitos com lodo tratado limita as oportunidades de reutilização em larga escala.

2.4.2 Inovações no gerenciamento de sedimentos no Porto de Huelva, Espanha

O Porto de Huelva, na Espanha, tem se destacado pela implementação de tecnologias inovadoras para o gerenciamento de sedimentos contaminados. Recentemente, foi apresentada uma planta piloto de depuração de sedimentos e águas, desenvolvida pela startup Water Challenge. A Figura 6 mostra uma vista geral do Porto de Huelva.

Figura 6 – Porto de Huelva, Espanha



Fonte: Puerto de Huelva, 2025

Esta planta utiliza a tecnologia patenteada ASEC, que permite depurar sedimentos provenientes de dragagens e águas derivadas da atividade portuária, convertendo-os em água pura e sólidos valorizáveis com um custo energético muito baixo. A planta piloto é capaz de recuperar 100% da água contida nos resíduos e obter sólidos secos com menos de 5% de umidade, sem a necessidade de utilizar produtos químicos ou consumíveis, como membranas. Esta tecnologia é adaptável a fluidos altamente contaminados ou de extrema acidez ou alcalinidade, com um pH entre 0 e 14. Além disso, a planta piloto no Porto de Huelva está destinada a ensaiar com fluidos procedentes de dragagens, bem como águas portuárias, como as de tanques de tormentas ou resíduos MARPOL. Os laboratórios certificados do CSIC e da Universidade de Sevilha validaram o correto processamento desta instalação e a qualidade dos

subprodutos obtidos (água e sólidos secos) a nível físico, químico e biológico. Essa abordagem inovadora não só melhora a gestão ambiental do porto, mas também promove a economia circular, permitindo que a água resultante seja reutilizada em processos industriais ou para irrigação, reduzindo a necessidade de descarte e facilitando a gestão dos materiais sólidos secos (PUERTO DE HUELVA, 2025).

3 EVOLUÇÃO E RELEVÂNCIA DA CAVA SUBAQUÁTICA DE CUBATÃO: PERSPECTIVAS HISTÓRICAS E AMBIENTAIS

Estratégicas para o desenvolvimento da região, as margens do estuário de Santos sempre foram alvo de interesses. A paulatina implantação do Porto de Santos representou um importante passo em termos econômicos e sociais para a Baixada Santista e para o País, abrangendo toda a atividade portuária que se prolonga por todo o Canal de Santos e o de Piaçaguera até Cubatão, onde foram instalados os primeiros terminais privativos da Cosipa, à margem direita do canal, e da Ultrafértil em Santos, na margem esquerda do canal (PONTES, 2001).

O terminal da Ultrafértil, agora parte do grupo VLI, opera no Terminal Integrador Portuário Luiz Antônio Mesquita (Tiplam), localizado na área continental de Santos, no Canal de Piaçaguera. Este terminal é utilizado para a movimentação e armazenamento de granéis sólidos, como açúcar (SANTOS AUTORIDADE PORTUÁRIA, 2025).

De acordo com a explicação histórica de Schiavon (1986), a estrutura histórica original montada na área central de Santos, que remonta aos tempos coloniais, teve seu primeiro grande impulso com a concessão do porto à Companhia Docas de Santos em 1890. Os primeiros 260 metros de cais foram inaugurados em 1892. A ocupação da estrutura percorreu longitudinalmente toda a costa do município de Santos, compreendida entre a Ponta da Praia até o bairro da Alemoa, expandindo-se, a partir de 1967, para o outro lado do Canal.

O Complexo Portuário de Santos foi estratégico para a implantação do polo industrial de Cubatão e tem desempenhado um papel importante na economia brasileira, tornando-se um ponto estratégico para a exportação de produtos nacionais (SANTOS AUTORIDADE PORTUÁRIA, 2025). Nos últimos anos, o Porto de Santos passou por diversas modernizações e expansões para aumentar sua capacidade e eficiência, incluindo a construção de novos terminais e a implementação de tecnologias avançadas para a gestão portuária (NTC, 2025). A expansão do porto também trouxe desafios ambientais, como a necessidade de mitigar os impactos sobre os ecossistemas locais, levando à implementação de projetos de sustentabilidade para minimizar esses efeitos.

Figura 7 – Porto de Santos

Fonte: CNT, 2024

Além disso, o Porto de Santos é um dos principais pontos de conexão do Brasil com o mercado internacional, confirmado como o maior da América Latina pela ONU, liderando a movimentação de contêineres e facilitando a exportação de produtos como café, soja, açúcar e carne. O porto enfrenta desafios como a necessidade de melhorar a infraestrutura logística e a competição com outros portos da América Latina. Projetos como o túnel Santos-Guarujá e a concessão do canal de acesso são estratégicos para aumentar a eficiência e competitividade do porto. No entanto, ele continua sendo um pilar fundamental para a economia brasileira (CARDOSO, 2021).

Durante o ciclo do café, o Porto de Santos foi crucial para a exportação do produto, impulsionando a economia brasileira no final do século XIX e início do século XX (BENEWS, 2025). A infraestrutura atual do porto inclui uma capacidade significativa de movimentação de contêineres, a extensão dos píeres e os principais terminais em operação. Tecnologias de ponta estão sendo implementadas, como sistemas de automação e digitalização, que aumentam a eficiência e a segurança das operações portuárias (SANTOS AUTORIDADE PORTUÁRIA, 2025).

O Porto de Santos tem recebido investimentos significativos, incluindo R\$ 22 bilhões em modernizações e expansões, com recursos públicos e privados, garantindo sua competitividade no cenário global. A implementação de uma rede privativa 5G está em andamento para transformar o porto em um Porto 4.0. O impacto social do porto na região é

significativo, com a geração de empregos diretos e indiretos e o desenvolvimento de infraestrutura urbana em Santos e cidades vizinhas (AGÊNCIA PORTO, 2024).

3.1 Desenvolvimento e função da Cava Subaquática de Cubatão: perspectivas técnicas e ambientais

A cava subaquática foi construída em substituição ao Polígono de Disposição Oceânica (PDO), uma área utilizada para confinar sedimentos. A decisão de usar a cava subaquática foi considerada uma alternativa mais adequada, devido à constatação de que o volume e o tipo de sedimento a ser dragado (principalmente provenientes de atividade urbana e industrial) poderiam conter elementos contaminantes acima dos valores permitidos para disposição no PDO. A construção da cava, portanto, buscava evitar a dispersão desses materiais (JUNIOR, 2019).

Segundo o portal Cava Subaquática (2022), o capping (fechamento) da cava, localizada no Largo do Casqueiro, em Santos e Cubatão, foi realizado em 2020. Essa ação marcou o culminar de um trabalho de limpeza do Canal de Piaçaguera, de onde foram retirados materiais contaminantes do leito para uma disposição considerada segura, em conformidade com a legislação ambiental vigente.

As cavas subaquáticas são um método de disposição de sedimentos reconhecido internacionalmente e utilizado com sucesso em diversos países como Austrália, Estados Unidos, Espanha, Holanda, Noruega, Reino Unido, Hong Kong, além de Rio de Janeiro e Santos, no Brasil. Consistem na criação de uma área submersa, caracterizada por baixa correnteza e distância da costa, onde são confinados sedimentos que, de outra forma, estariam sujeitos à dispersão na corrente marinha (CAVA SUBAQUÁTICA, 2022, s/p). A opção pela cava confinada resulta da vantagem de sua localização próxima ao local de origem do problema e da velocidade de intervenção, que permite um menor tempo de exposição e uma disposição segura do material a ser confinado, longe da zona biótica de troca com o ecossistema (MARQUES, 2022).

Pesquisas mostram que a cava subaquática de Cubatão foi inicialmente projetada sob o modelo Confined Disposal Facility (CDF), mas acabou sendo construída como um Contained Aquatic Disposal (CAD). Isso significa que, embora tenha sido planejada para armazenar sedimentos contaminados de forma segura, a estrutura final de CAD, em vez de um confinamento total, garante a contenção dos sedimentos por meio de uma depressão no leito do canal. A estrutura não possui proteção lateral completa, o que diferencia a contenção da cava

de Cubatão de um confinamento total. Assim, a cava garante a contenção dos sedimentos, mas não o confinamento total (JUNIOR, 2019).

Figura 8 – Cava subaquática de Cubatão



Fonte: Mar Sem Fim, 2019

Existem no Brasil duas cavas subaquáticas que armazenam sedimentos contaminados: a da Figura 8, localizada na região do estuário de Santos-Cubatão próxima ao Canal de Piaçaguera, e outra no Rio de Janeiro, na Baía de Sepetiba. Para se ter uma noção de grandeza, a cava do estuário santista é maior do que o estádio do Maracanã. Esta cava subaquática, localizada no Largo do Casqueiro em Cubatão, possui cerca de 25 metros de profundidade e 400 metros de diâmetro, com capacidade para armazenar aproximadamente 2,4 milhões de metros cúbicos de sedimentos tóxicos. Além desta cava, que é uma das alternativas listadas no EIA (Estudo de Impacto Ambiental), outras três foram mencionadas no RIMA (Relatório de Impacto Ambiental) do licenciamento ambiental: a cava confinada do Largo do Cubatão (alternativa 5, em Cubatão), a cava confinada do Largo do Canéu (alternativa 6, em Santos) e a cava contida submersa no canal de Piaçaguera (alternativa 7, em Cubatão). O EIA e RIMA são documentos exigidos para o licenciamento ambiental de atividades que possam causar impactos significativos ao meio ambiente, conforme regulamentado pela Resolução CONAMA 001/1986.

Embora a cava só tenha começado a ser construída em 2016, os estudos e análises para sua implementação tiveram início em 2004 e foram realizados pela Companhia Siderúrgica Paulista (COSIPA). Antes do início da construção, a Cetesb (2019) exigiu que a cava obedecesse a algumas condições específicas, especialmente no que diz respeito à dragagem, que teria que ser executada com tecnologia de ponta, o que significava que uma draga do tipo

Hopper teria que ser utilizada para minimizar o soerguimento do material.

No seu trabalho, Ferraz (2023) explica que a descrição aprovada em 2004 para a disposição dos sedimentos da área representava uma estrutura do modelo Confined Disposal Facilities ou Unidade de Disposição Confinada (CDF), porém a estrutura que veio a ser construída está de acordo com o modelo Confined ou Contained Aquatic Disposal ou Cava de Disposição Aquática (CAD). As diferenças entre esses modelos residem no método de construção, nos custos envolvidos, bem como na segurança e indicação de uso de cada um.

Adicionalmente, a Cetesb (2019) também determinou a necessidade de colocar uma cortina de silte ao longo de todo o perímetro da cava, a qual deveria ser vistoriada periodicamente e monitorada 24 horas por dia, para evitar que sedimentos depositados na cava pudessem dispersar-se para o estuário.

Em relação a esta cortina de silte, Hiroshi et al. (2021, s/p) comentam que:

Do alto, o que se vê é um cerco, semelhante a uma grande rede de pesca, traçando um círculo mal ajambrado nas águas turvas do Canal de Piaçaguera que desemboca no estuário de Santos, praticamente encostado na área de manguezal. Fica bem na divisa entre Santos e Cubatão, numa região chamada Largo do Casqueiro, mas passa quase despercebido, tanto que a maioria dos habitantes da Baixada Santista provavelmente não sabe da sua existência.

Figura 9 – Detalhes da Cava Subaquática

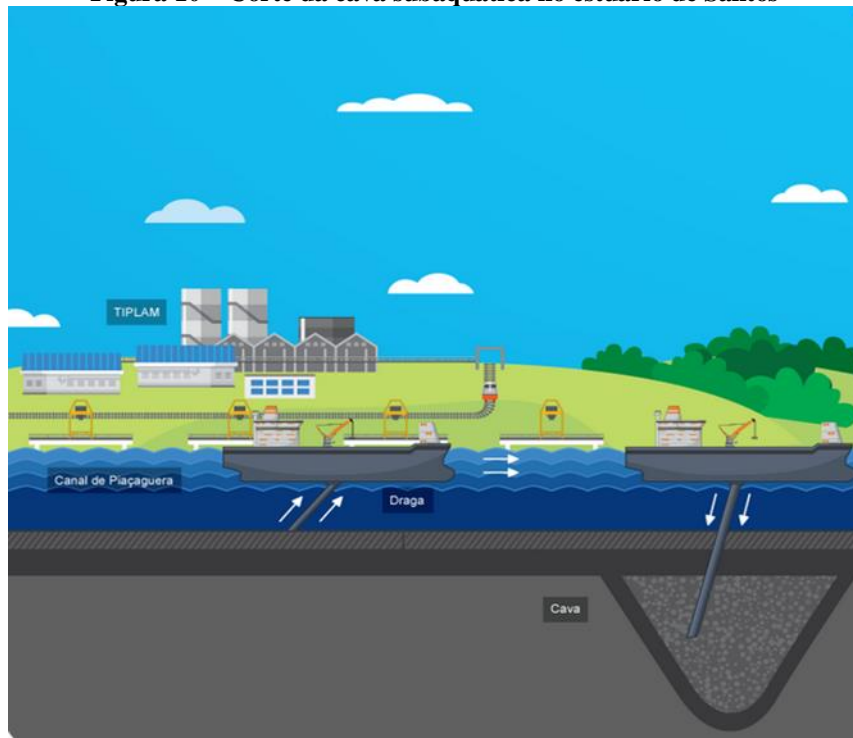


Fonte: Diário do Litoral

A cava começou a ser preenchida em 2017, com os sedimentos oriundos da dragagem do canal. Para a inserção dos sedimentos, foi utilizado um tubo conectado à dragagem que os bombeava para a cava, conforme Fig. 10. Contudo, tanto sua construção quanto sua utilização ao longo dos anos têm gerado inúmeras discussões e conflitos, sobretudo de natureza ambiental, pelos eventuais impactos que a cava tem sobre os serviços ecossistêmicos da região

(CONTRACAVA, 2021).

Figura 10 – Corte da cava subaquática no estuário de Santos



Fonte: Mar sem Fim, 2019

Além de todas essas questões, foi implementado um projeto de construção de um terminal de gás, com gasoduto para recebimento do produto, o que aumentou as preocupações em relação à poluição e degradação do estuário, bem como os riscos para o futuro das comunidades locais (STRUPENI, 2022).

Conforme explica Torronteguy et al. (2018), foi utilizado um difusor acoplado ao tubo para evitar a dispersão dos sedimentos ao saírem do mesmo, minimizando o soerguimento do material para a superfície da cava. Devido ao aprofundamento maior do que o inicialmente proposto (15 metros em vez de 12 metros), o volume de sedimentos inseridos na cava foi significativamente maior. Em 2020, ao final da deposição de sedimentos, a cava foi coberta com uma camada de quase 2 metros de areia, um material sem risco ambiental, visando à reincorporação do local ao ambiente (CAVA SUBAQUÁTICA, 2022).

3.2 Consequências econômicas e ambientais da dragagem no Porto de Santos

Um dos aspectos mais importantes para a competitividade dos portos é a profundidade das águas, uma vez que pois o transporte marítimo de contêineres exige a acomodação de navios

de maior calado. Assim, para permitir a passagem desses navios, as áreas portuárias devem ser dragadas para remoção do excesso de sedimentos (OLIVEIRA, 2010).

Alfredini e Arasaki (2014) explicam que a dragagem consiste na escavação e remoção de solo e rochas decompostas submersas, independentemente da profundidade, utilizando diversos equipamentos em diferentes águas, tais como o mar, estuário ou rio. Periodicamente, é necessário efetuar a dragagem do Porto de Santos, devido ao assoreamento natural que ocorre na região. Isso acontece porque o canal é a via marítima através da qual as embarcações acessam os locais de atracação e, devido a essa situação, é imperativo que sua profundidade se mantenha para permitir a navegação, bem como o acesso de embarcações maiores e a manutenção das atividades na região (CODESP, 2022).

Atualmente, o canal de navegação do Porto de Santos apresenta uma extensão de 24,6 km, uma largura média de 220 metros e uma profundidade de 15 metros. A área composta pelo Porto de Santos se estende desde a baía de Santos até a região do Píer da Alemoa, onde termina o trecho sob responsabilidade e jurisdição da Santos Port Authority e tem início o Canal de Piaçaguera, que os Terminais de Uso Privado Tiplam e Usiminas utilizam como acesso (SANTOS AUTORIDADE PORTUÁRIA, 2023).

Como impactos econômicos podem ser associados:

- Aumento da capacidade de carga, na medida em que a dragagem permite que navios de maior calado acessem o porto, aumentando assim a capacidade de carga e a eficiência logística (OLIVEIRA; CORREIA, 2019).
- Geração de empregos, já que as obras de dragagem e a movimentação adicional de cargas geram empregos diretos e indiretos na região (LOPES, 2024).
- Competitividade internacional, pois a modernização do porto através da dragagem o torna mais competitivo no cenário global, atraindo mais investimento e comércio (OLIVEIRA; CORREIA, 2019).

Em contraponto ao cenário de prosperidade econômica que as atividades portuárias proporcionam, a dragagem efetuada próxima à costa pode causar erosão, resultando na perturbação de processos litorâneos naturais, alterando os padrões de transformação das ondas e provocando uma perda de areia do sistema litorâneo (BRITO, 2010). Os impactos ambientais resultantes da dragagem, segundo Brito (2010), estão relacionados com a profundidade, a quantidade de sedimentos marinhos extraídos e a distância entre a linha costeira e o local onde a dragagem é efetuada.

Além disso, a remoção de sedimentos libera poluentes acumulados no fundo do mar, o que afeta a qualidade da água e a vida marinha (SOUZA et al., 2021). A dragagem também pode destruir os habitats marinhos, como os recifes de corais e as áreas de reprodução de peixes, resultando na perda da biodiversidade (SOUZA et al., 2021). Os poluentes liberados podem ser absorvidos por organismos marinhos e, a partir daí, entrar na cadeia alimentar, afetando a saúde de espécies superiores, incluindo o ser humano (MELO, 2021; SANTOS AUTORIDADE PORTUÁRIA, 2021; ALIANÇA SOLUÇÃO AMBIENTAL, 2024).

É importante que a dragagem seja efetuada com planejamento e monitoramento ambiental rigoroso para minimizar os impactos negativos. Algumas medidas essenciais para a proteção do meio ambiente, enquanto se aproveitam os benefícios econômicos, incluem:

- Monitoramento contínuo: acompanhamento da qualidade da água e dos sedimentos, antes, durante e após a dragagem (SOUZA et al., 2021; LF AMBIENTAL, 2024; SANTOS AUTORIDADE PORTUÁRIA, 2021).
- Gestão adequada dos resíduos: tratamento e disposição adequada dos resíduos dragados para evitar a contaminação (SANTOS AUTORIDADE PORTUÁRIA, 2021).
- Planejamento ambiental: realização de estudos de impacto ambiental e implementação de planos de mitigação para a proteção dos ecossistemas locais (SOUZA et al., 2021; LF AMBIENTAL, 2024; SANTOS AUTORIDADE PORTUÁRIA, 2021).

3.3 Consequências da dragagem e gestão de resíduos no Estuário Santista

Em contraponto ao cenário de prosperidade econômica que as atividades portuárias proporcionam, as atividades correlatas, como as das indústrias químicas, siderúrgicas e petroquímicas, impactam os ecossistemas sob os quais foram fundados e, como consequência, as comunidades que deles dependem (PARREIRA, 2012). Atividades portuárias, esgotos clandestinos, efluentes industriais e fontes indiretas como a deposição atmosférica estão entre as principais causas de poluição dos ambientes delicados que compõem o sistema estuarino e o manguezal, características da área de construção da cava (PARREIRA, 2012). Nesse sentido, o objetivo declarado é conciliar a manutenção da via de acesso às instalações portuárias e a reparação ambiental do Canal de Piaçaguera.

No caso do estuário santista, este se encontra em constante transição de água salobra,

o que provoca uma mistura biogeoquímica de substâncias. Um conjunto de moléculas de íons metálicos e de materiais orgânicos que são despejados no estuário e que se acumulam no fundo, que é composto, sobretudo, de cascalho, areia, silte e argila (CARMO et al., 2011). Devido a esta condição, as empresas que operavam em Santos e Cubatão depositavam resíduos perigosos presentes em seus efluentes neste canal, representando riscos para o meio ambiente e para a população ribeirinha, já que esses resíduos eram compostos por substâncias químicas e, eventualmente, lixo doméstico e outros materiais (POVO DE CUBATÃO, 2023).

O descarte de materiais diversos, que contêm metais pesados como mercúrio, níquel, chumbo, cobre, cádmio, zinco, dentre outros, tem a capacidade de contaminar solos por meio da infiltração, atingindo também lençóis freáticos e, como consequência, a fauna e a flora de regiões próximas (ROA et al., 2009). A contaminação hídrica é uma das principais causas dos problemas ambientais a que as populações se encontram expostas, já que a água é considerada uma fonte transmissora de diversos agentes biológicos (GUEDES et al., 2015).

É neste contexto que as cavas subaquáticas confinadas (CDF), que em tese são construídas justamente para reduzir o risco de dispersão de sedimentos contaminados poluírem toda a área, armazenando-os e isolando esse material contaminado, resultante da dragagem (PALERMO, 2002). As deposições de resíduos são responsáveis pela degradação ambiental e sanitária, recebendo resíduos que vão desde aqueles que apresentam valores de baixa periculosidade até poluentes mais agressivos. Uma infinidade de compostos orgânicos e inorgânicos é transportada pela água, comprometendo também o solo e, por consequência, toda a cadeia alimentar, provocando a bioacumulação nos mais diversos compartimentos ambientais (ARAÚJO, 2015).

Considerando a existência do manguezal, o potencial toxicológico deletério desses resíduos é significativo. Por exemplo, em relação ao Dibenzo(ah)antraceno, ao Benzo(a)pireno e ao Benzo(a)antraceno, existem estudos científicos suficientes para caracterizá-los como genotóxicos, mutagênicos e carcinogênicos, ou seja, capaz de causar danos e mutações de diversas ordens nos genes. Por essas características, esses compostos tóxicos, agressivos à fauna, flora e aos seres humanos, não poderiam ser confinados em cavas subaquáticas – configurando um passivo tóxico abandonado, sem qualquer tratamento, sujeito às influências das marés (FONASC, 2018).

Para Araújo (ALESP, 2022), entre os problemas decorrentes da cava subaquática, destacam-se a contaminação dos rios, do manguezal e do pescado, a eventual dispersão dos elementos poluentes até as praias pelo movimento das marés, para além da possível recontaminação do estuário resultante do processo de dragagem e da disposição dos elementos

poluentes colocados na cava. Resíduos tóxicos como mercúrio, arsênio, cádmio, níquel e outros metais poluentes foram identificados como existentes na cava subaquática, e os níveis atingidos estão consideravelmente acima dos valores estabelecidos como aceitáveis pela resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Além do mercúrio e do cádmio, outros metais pesados também estão presentes no sedimento da cava subaquática de Santos, como chumbo, zinco e cobre. Esses metais são liberados por diversas atividades industriais e podem causar danos à saúde humana e ao meio ambiente (MARQUES, 2022).

A atividade no local, relacionada com os resíduos que são despejados, pode ser caracterizada por (SANTOS AUTORIDADE PORTUÁRIA, 2021):

- a) Sedimentos contaminados, uma vez que, no decorrer do processo de dragagem, os sedimentos encontrados no fundo do mar, que podem conter metais pesados, hidrocarbonetos e outros poluentes, são removidos e realocados;
- b) b. Resíduos sólidos, onde se incluem materiais como plásticos, metais e outros detritos que se acumulam no fundo do porto; e
- c) c. Resíduos oleosos, que são constituídos por óleos e graxas provenientes de embarcações e operações portuárias, podendo ser liberados durante a dragagem.

Na fase de planejamento do impacto da CAD, importa referir que a instalação da estrutura gerou expectativas, mas também inseguranças na população. Em relação às expectativas, elas estavam relacionadas a continuidade das operações dos Terminais Marítimos e, dessa forma, garantindo postos de trabalho da população da Baixada Santista. Já em relação aos efeitos no meio ambiente que a instalação da cava causaria, a preocupação era que a dragagem impactaria na vida marinha local e, conseqüentemente, interferiria na atividade pesqueira da região (MARQUES, 2022).

Prevalece ainda a percepção de que o meio ambiente foi utilizado como um depósito de sedimentos contaminados, em vez de se proceder ao tratamento desses materiais.

4 CONSEQUÊNCIAS AMBIENTAIS E SOCIAIS DA CAVA SUBAQUÁTICA DE CUBATÃO

A cava subaquática de Cubatão, localizada no estuário entre Santos e Cubatão, emergiu como um complexo desafio ambiental e social, contrariando sua concepção inicial como uma solução técnica. Projetada para o descarte seguro de sedimentos dragados do Porto de Santos, a obra transformou-se em um foco de preocupações, revelando consequências profundas decorrentes de decisões tomadas durante sua própria implantação.

Um dos aspectos mais críticos dessa trajetória reside na alteração substancial do projeto original, realizada sem a devida reavaliação do Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA). Modificações significativas, como a fusão de duas células menores em uma única e maior, a não construção do dique de isolamento e mudanças na profundidade e localização final, nunca foram submetidas a uma nova análise de impacto ambiental ou a consulta pública. Essa conduta gerou sérios questionamentos sobre a validade do licenciamento e a segurança da obra (MAURICI, 2022; SANTOS; SARTOR, 2019), antecipando os desafios e impactos detalhados a seguir.

4.1 Impactos na fauna e flora locais

Os efeitos da cava subaquática de Cubatão sobre a fauna e a flora do manguezal, um ecossistema de vital importância, envolvem múltiplos níveis de impacto. Esses impactos abrangem a contaminação por metais pesados e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), a modificação do habitat e interferências nos processos ecológicos que sustentam a biodiversidade local. A presença de metais pesados e HPAs nos sedimentos pode levar à bioacumulação desses compostos na fauna local, afetando a saúde dos organismos e, potencialmente, entrando na cadeia alimentar.

Além disso, a cava subaquática pode alterar significativamente o habitat do manguezal, reduzindo a área disponível para espécies nativas e modificando as condições físicas e químicas do ambiente. Isso resulta em uma diminuição da biodiversidade e na fragmentação dos habitats. As interferências nos processos ecológicos, como a circulação de nutrientes e a reprodução das espécies, podem comprometer a sustentabilidade do ecossistema local. A fragmentação do habitat e a poluição podem alterar as interações entre as espécies e os processos naturais que mantêm a saúde do manguezal.

A flora do manguezal é particularmente vulnerável à presença de contaminantes como os HPAs, que, quando absorvidos pelas raízes, podem causar fitotoxicidade e inibir o crescimento e desenvolvimento das plantas. Estudos indicam que espécies como *Spartina alterniflora*, característica dos manguezais da região, são suscetíveis à contaminação e, quando afetadas, apresentam sinais de estresse, como redução na fotossíntese e no crescimento das raízes (SUGAUARA, 2022). Esses efeitos, em longo prazo, podem reduzir a capacidade do manguezal de atuar como zona de retenção de sedimentos e proteger as margens contra a erosão, além de afetar o equilíbrio da flora local.

A modificação do solo causada pela deposição de sedimentos contaminados afeta também as comunidades de micro-organismos do solo, fundamentais para a fertilidade e a ciclagem de nutrientes, levando a um efeito cascata sobre as plantas superiores e, conseqüentemente, sobre toda a estrutura ecológica do manguezal (MONTEIRO, 2010; SUGAUARA, 2022).

4.2 Alterações na Estrutura e Dinâmica do Ecossistema

A operação da cava subaquática e as atividades de dragagem associadas interferem na hidrodinâmica do estuário, resultando em alterações na circulação das marés, deposição de sedimentos e concentração de nutrientes (SANTOS; SARTOR, 2019). Essas mudanças afetam diretamente a flora e fauna do manguezal, visto que a disponibilidade de nutrientes e a estabilidade do habitat são essenciais para a sobrevivência das espécies. A turbidez elevada, consequência da ressuspensão dos sedimentos, diminui a penetração de luz na água, limitando a fotossíntese das plantas aquáticas e de algas, que são fundamentais para a base da cadeia alimentar (GOMES et al., 2023).

Essas alterações podem prejudicar a composição da flora local e comprometer as funções ecológicas dos manguezais, como a filtragem de nutrientes e o fornecimento de habitat para diversas espécies. A diminuição da qualidade da água impacta negativamente a fauna bentônica, essencial para a decomposição de matéria orgânica e reciclagem de nutrientes, e compromete a saúde dos organismos dependentes desse ecossistema (CUNHA; OLIVEIRA, 2015; DAMASIO et al., 2020).

4.3 Poluição e contaminação dos manguezais

Em relação aos impactos da CAD na sua fase de implantação, conforme explicação de

Marques (2022), a emissão de poluentes causada pelas embarcações, pelas máquinas e pelo equipamento utilizado para o trabalho de implantação é considerada um impacto negativo, ainda que o EIA/RIMA o classifique como impacto de baixa magnitude e relevância.

Já no que diz respeito à poluição sonora ou geração de ruídos, o fato de já ser uma área onde existem operações portuárias e industriais faz com que o impacto acabe sendo inadvertidamente desconsiderado. Ainda assim, e apesar do impacto de ambas as situações ser considerado irrelevante, houve medidas mitigadoras que se traduziram na manutenção dos equipamentos utilizados, evitando assim emissões sonoras e gasosas consideradas desnecessárias (MARQUES, 2022).

De forma resumida, a poluição e a contaminação dos manguezais na área da cava subaquática de Santos são vistas como preocupações válidas e significativas em função dos impactos causados ao meio ambiente e à saúde pública. Em relação à contaminação por metais pesados, os sedimentos dragados e depositados na cava subaquática contêm metais pesados e outros poluentes que se infiltram nesses manguezais e, em função disso, afetam a fauna e a flora (PORTAL AMAZÔNIA, 2024).

Já em relação à absorção de poluentes, e conforme explicação apresentada pelas Nações Unidas (ONU, 2014), as plantas dos manguezais absorvem poluentes que são subsequentemente transferidos para os animais que se alimentam dessas mesmas plantas. Esse fato gera um ciclo de contaminação que pode afetar toda a cadeia alimentar, inclusive os seres humanos.

O impacto causado por essa poluição na biodiversidade leva à sua redução nos manguezais, afetando as diversas espécies de peixes, crustáceos e aves que dependem desse ecossistema para sobreviver (SURGIU, 2020). A poluição e a contaminação dos manguezais resultam também, inevitavelmente, em riscos à saúde pública e coletiva, uma vez que esses poluentes podem entrar na cadeia alimentar do ser humano, através do consumo de peixes e de mariscos contaminados oriundos dessa área (SURGIU, 2020).

Verifica-se, portanto, que os impactos mencionados destacam a importância da implementação de medidas de recuperação ambiental e de um monitoramento contínuo que possa alertar e prevenir maiores danos aos manguezais e também às comunidades que dependem deles para a sua sobrevivência.

4.4 Impactos socioeconômicos

Além dos impactos ecológicos, os riscos para as comunidades locais, que dependem

da pesca e de outros recursos naturais para sua subsistência, são significativos (DAMASIO, 2021; ROSA; DE FREITAS, 2021; SANTOS; SARTOR, 2019). A contaminação dos recursos pesqueiros gera incertezas econômicas e de saúde pública, afetando as cadeias produtivas e a segurança alimentar das comunidades tradicionais (MAURICI, 2022). As espécies de valor comercial podem sofrer com a perda de habitat e de qualidade de vida, prejudicando o rendimento da pesca e a qualidade do pescado disponível para consumo.

4.5 Consequências para as Comunidades de Pescadores

Segundo Campos (2019), boa parte dos pescados comercializados no Brasil é decorrente da pesca artesanal, sendo também uma importante fonte de renda, por gerar emprego para um grande número de famílias e para comunidades tradicionais em todo o território brasileiro, com uma forte componente cultural atrelada a esses povos.














































De acordo com Strupeni (2022), a região compreendida entre o Canal Piaçaguera e os rios Casqueiro e Piaçaguera e o Largo do Caneú é responsável pela criação de diversos serviços ecossistêmicos, por ser uma região estuarina fortemente ligada aos ecossistemas do manguezal. As comunidades de pescadores localizadas na área da cava subaquática de Santos enfrentam várias consequências devido à poluição e contaminação do local. Um dos elementos que mais contribui para esses serviços ecossistêmicos é a comunidade ali instalada, conhecida como Vila dos Pescadores, que gera uma série de serviços associados, como os de provisão, cultura, social, educacional e ambiental.




A população caiçara está presente na região costeira do litoral sudeste brasileiro desde os primórdios da colonização e seu modo de vida evidencia os estreitos laços entre as atividades culturais, econômicas, sociais, e religiosas com o manguezal, os rios e o mar. Sua subsistência baseia-se na pesca artesanal, agricultura itinerante e o extrativismo e dependem profundamente da integridade do meio ambiente para a perpetuação de seus costumes (FERRAZ, 2023, p. 9).

No entender de Strupeni (2022), é no estuário de Santos que estão localizadas as sete principais comunidades de pescadores artesanais, sendo a Vila dos Pescadores a mais afetada pela atividade portuária e industrial da região.

Todo esse ambiente é impactado, direta e indiretamente, pela construção da Cava e do terminal de gás, e a Figura 11 evidencia essa situação, destacando os diversos impactos da Cava na comunidade.

Figura 11 – Impacto nos serviços ecossistêmicos da região causados pela Cava e Terminal de Gás

Serviços de Provisão	Alimento   Recursos genéticos   Bioquímicos, medicamentos naturais e produtos farmacêuticos 
Serviços de Regulação	Regulação da qualidade do ar  Regulação climática  Regulação da água  Regulação de erosão  Purificação da água e tratamento de resíduos  Regulação de doenças  Regulação de pragas  Regulação de risco natural
Serviços de Suporte	Formação do solo   Fotossíntese  Produção primária  Ciclagem de nutrientes  Ciclagem da água
Serviços Culturais	Valores do patrimônio social   Sentido de Lugar e Identidade Social  Valores estéticos   Diversidade cultural Valores espirituais e religiosos  Sistemas de conhecimento (tradicionais)   Valores educacionais e científicos  Desenvolvimento de atividades científicas e educacionais   Inspiração  Relações sociais   Trabalho   Liberdade   Saúde  Relaxamento   Fruição  Contato com a natureza   Satisfação pela conservação ambiental   Acesso ao mar Abrigo de embarcações  

 = Impacto indireto
  = Impacto direto

Fonte: Strupeni, 2022

As comunidades locais, em especial os pescadores artesanais, identificam uma diminuição na quantidade de peixes disponíveis, o que afetou sua fonte de sustento. Além disso, houve a necessidade de se deslocar para áreas mais distantes para poder pescar, o que acarreta desafios adicionais (DOLCE, 2019). Essa necessidade de se deslocar para áreas mais distantes acabou por afetar também a coesão da própria comunidade de pescadores, que anteriormente dependia das áreas mais próximas para o desenvolvimento de suas atividades cotidianas (DIÁRIO DO LITORAL, 2024).

Em entrevista a Dolce (2019), Geraldo Malaquias, pescador profissional que habita a região há mais de 20 anos, afirma que um dos principais problemas da família, que vive da pesca, é a diminuição do número de peixes e siris. De acordo com as suas palavras: “a gente

pega essa poluição toda, principalmente quando passa o dia na água. A gente sente tanto mau cheiro quanto comemos os pescados” (DOLCE, 2019, s/n).

Ainda segundo Geraldo Malaquias:

Lá dentro da cava, que agora está cercado, era o melhor ponto de pesca. Agora a gente tem que ir mais longe, gastar mais com gasolina. Antes eu largava a rede aqui na frente de casa e cansei de pegar 100 quilos, 150 quilos de peixe. Agora não é assim. Meu cunhado pegou o barco ontem mesmo para pescar, saiu às 23 horas e voltou às 5 horas sem nenhum peixe. (DOLCE, 2019, s/n).

Daniel Freitas, nascido em Cubatão, costumava pescar siris e peixes para viver. Após a construção da Cava, acabou por desistir da paixão pela pesca profissional, adquiriu um automóvel e agora trabalha fazendo frete. De acordo com as suas palavras: “cacei outro ramo de trabalho porque a pesca, antes dessa poluição toda, era satisfatória para a gente. Hoje não mais” (SINDAPORT, 2024, s/n).

Descendente de pescadores que atuavam na região há décadas, Cezar Guma, de 39 anos, afirma que a cava causou impactos na sua atividade. Segundo ele, a comunidade “vem sofrendo muito, principalmente com essas empresas que vêm se alastrando e limitando os espaços do pescador, tirando nossa área pesqueira. A lama que jogam se espalha e fica difícil para nós pegarmos o peixe. O que vai ser da nossa geração amanhã?” (UOL, 2024, s/n).

Além disso, Cezar Guma se preocupa com as próximas gerações e explica que é bem provável que tenham que aprender novas profissões e migrar para outras cidades. Dá como exemplo o caso do próprio filho:

Meu filho ama pescar. Então, imagina como ele vai sustentar a família. Porque hoje nós ainda estamos aqui, e amanhã? Tem embarcação, equipamento, rede que pescamos. Tem uma cultura que meu pai passou para mim e eu passo para os meus filhos. Mas de que adianta tudo isso se não tiver peixe para pescar? (UOL, 2024, s/n)

Diante desses elementos relacionados aos impactos causados pela cava subaquática nas comunidades, verifica-se a importância de implementar medidas de recuperação ambiental e de apoio a essas comunidades. Não existe um programa específico de assistência aos pescadores diretamente afetados pela instalação da cava subaquática de Santos. Contudo, existem algumas organizações não governamentais e grupos locais que providenciam apoio aos pescadores afetados.

Dentre esses grupos destacam-se:

- O Conselho Pastoral dos Pescadores (CPP), uma organização que trabalha em

defesa dos direitos das comunidades pesqueiras tradicionais no Brasil. O “Relatório dos Conflitos Socioambientais e Violações de Direitos Humanos em Comunidades Tradicionais Pesqueiras” publicado por esta organização destaca os desafios que os pescadores, de uma forma geral e aqueles afetados pela cava subaquática, vêm enfrentando (CPP, 2021).

- O Projeto Gente da Maré (FBB, 2024), desenvolvido pela Organização Não Governamental (ONG) World Fisheries Trust, que apesar de ter seu foco no Nordeste, tem como objetivo a melhora da qualidade de vida de pescadores e marisqueiras, por meio da capacitação e de desenvolvimento sustentável. Este é um projeto que pode servir como modelo para iniciativas semelhantes em outras regiões do país.

Essas são organizações que se encontram ativamente envolvidas no apoio e defesa dos direitos dos pescadores, promovendo a recuperação ambiental e a sustentabilidade.

Existem exemplos de programas específicos de capacitação e de treinamento para os pescadores afetados pela cava subaquática de Santos. Um deles é o Programa de Capacitação de Pescadores, desenvolvido e realizado pela Petrobras como parte das condicionantes ambientais do licenciamento do Polo do Pré-Sal da Bacia de Santos e que oferece cursos em áreas diversas, tais como (PETROBRAS, 2023):

- Agregação de valor ao pescado;
- Empreendedorismo;
- Negócios sustentáveis e economia circular;
- Aproveitamento de resíduos de pescado;
- Legislação pesqueira;
- Confecção de redes de pesca;
- Formação de aquaviários para pescador profissional;
- Capacitação para moço de convés.

Segundo a Petrobras (2023), o objetivo do programa é apoiar a geração de renda, estimular a continuidade das atividades pesqueiras artesanais e valorizar a cultura local.

Outro programa importante é o Programa de Fortalecimento Produtivo dos Territórios Pesqueiros Artesanais, desenvolvido pelo Ministério da Pesca e Agricultura. Este é um programa cujo objetivo é melhorar todas as etapas da cadeia produtiva da pesca artesanal, desde

o processo produtivo até a comercialização do pescado, e que inclui o treinamento e o apoio institucional para pescadores artesanais (BRASIL, 2024).

Esses programas são fundamentais para auxiliar os pescadores a se adaptarem às mudanças e terem a possibilidade de continuar a desenvolver sua atividade de uma forma sustentável.

4.6 Desafios no monitoramento e gestão da cava subaquática

A complexidade dos impactos da cava subaquática na fauna e flora do manguezal é intensificada pela dificuldade de realizar um monitoramento constante e preciso (GOMES et al., 2023). Embora a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) afirme que realiza esse monitoramento, as informações disponibilizadas ao público são insuficientes para uma avaliação clara dos impactos da obra. A ausência de dados detalhados sobre a qualidade da água, dos sedimentos e da biota compromete a compreensão dos riscos e limita a possibilidade de uma análise independente por especialistas e pela comunidade (MAURICI, 2022).

A localização submersa da cava e a falta de transparência nos dados ambientais dificultam tanto a avaliação dos efeitos a longo prazo quanto a formulação de estratégias eficazes para mitigar impactos negativos. A implementação de um plano de monitoramento abrangente, que contemple análises periódicas da qualidade da água, dos sedimentos e da biota, é essencial para reduzir riscos, ajustar as práticas de gestão e garantir a proteção do ecossistema. Além disso, são necessários mais estudos e dados específicos sobre a interação entre os contaminantes e os organismos do manguezal, fundamentais para uma compreensão mais aprofundada dos impactos e para o planejamento de intervenções ambientalmente responsáveis.

4.7 Saúde ambiental e riscos à população

A saúde ambiental é um elemento ligado a diversos fatores, incluindo mudanças climáticas, poluição, pobreza, exposição a produtos químicos tóxicos, qualidade da água, saneamento básico, radiação, locais de trabalho seguros, práticas agrícolas e urbanização. Esses fatores estão diretamente relacionados ao desenvolvimento econômico, social e ambiental. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), esses problemas podem ser mitigados por meio de ações como a redução da contaminação ambiental, melhoria da qualidade da água, saneamento básico adequado e descarte correto dos resíduos poluentes (WHO, 2017).

Conforme Palermo (2002), sedimentos inaceitáveis são aqueles que apresentam potencial de causar efeitos prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente. Sedimentos contaminados incluem solo, areia, matéria orgânica ou outros minerais acumulados no fundo de corpos d'água, contendo materiais perigosos ou tóxicos em níveis que possam afetar adversamente o meio ambiente ou a saúde humana. As atividades portuárias, dragagem de canais, esgotos clandestinos, efluentes industriais e deposição atmosférica são algumas das principais fontes poluentes dos ambientes estuarinos e manguezais na área da cava (PARREIRA, 2012).

Segundo Marques (2022), os efeitos dos metais pesados incluem danos ao sistema nervoso central, cardiovascular, rins e fígado. Além disso, eles podem ser carcinogênicos e mutagênicos, aumentando o risco de câncer e alterações genéticas em seres humanos e animais. Pereira Netto et al. (2000) explicam que os metais se instalam facilmente no organismo de animais como peixes e invertebrados, mas são de difícil excreção, acumulando-se no sedimento e podendo ser cancerígenos e tóxicos. Esses metais são hidrofílicos e, na sua forma iônica, se misturam com as moléculas da água, dificultando a excreção e levando à bioacumulação.

Existe um plano de recuperação ambiental que se encontra em andamento para a área afetada pela cava subaquática no estuário entre Santos e Cubatão. Esse plano foi proposto como parte de uma ação civil pública movida pelo Ministério Público do Estado de São Paulo (MP-SP) e pelo Ministério Público Federal (MPF), em outubro de 2023 (BUSINARI, 2024).

Segundo Businari (2024), o plano proposto inclui as seguintes medidas:

- a) A desativação da cava subaquática e a remoção dos sedimentos contaminados;
- b) A remoção dos sedimentos contaminados deve ser efetuada e eles serem dispostos em locais mais seguros, de acordo com as diretrizes ambientais;
- c) Implementação de um monitoramento ambiental contínuo da qualidade da água e do solo na área afetada, visando garantir que os níveis de contaminação possam ser reduzidos e controlados;
- d) Recomposição do habitat, por meio de projetos de recuperação ambiental, como a recomposição da vegetação nativa e a restauração dos habitats marinhos, visando auxiliar no restabelecimento do ecossistema local; e
- e) Compensação financeira, por parte das empresas responsáveis pela cava subaquática, pelos danos ambientais causados e pelas consequências negativas para as comunidades locais.

A implementação deste plano de recuperação ambiental para a área afetada pela cava subaquática de Santos está em progresso e com várias iniciativas a decorrer. Dentre elas destacam-se (BRASIL, 2024):

- Plataforma Recooperar, lançada pelo Ibama, é uma ferramenta digital inovadora que auxilia na gestão e acompanhamento de áreas degradadas. Esta plataforma possibilita o monitoramento contínuo e a transparência ativa das ações efetuadas para a recuperação;
- Instrução Normativa nº14/2024, esta é uma norma publicada pelo Ibama onde se estabelecem alguns procedimentos para a elaboração, execução e monitoramento de Projetos de Recuperação de Área Degradada (PRAD). Nesta normativa encontram-se orientações para as ações técnicas consideradas necessárias para a recuperação ambiental, incluindo a recomposição da vegetação nativa;
- Monitoramento e avaliação contínua dos impactos ambientais, bem como o plano para a adaptação de estratégias de recuperação, de acordo com a necessidade. Este plano envolve a utilização de tecnologias de monitoramento geoespacial que permitem acompanhar o progresso de recuperação das áreas afetadas.

Existem relatórios públicos disponíveis sobre o progresso da recuperação ambiental da cava subaquática de Santos, sendo que um dos documentos principais é o relatório final elaborado pela Comissão Parlamentar de Inquérito (CPI) das Cavas Subaquáticas e que foi aprovado pela Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo, em março de 2022. Neste relatório são detalhadas as investigações efetuadas e as medidas recomendadas para uma maior segurança e monitoramento da cava, bem como os impactos ambientais que foram observados (ALESP, 2022).

Também o MP-SP e o MPF fazem o acompanhamento da situação e publicaram atualizações relacionadas com as ações judiciais impetradas e as medidas de recuperação ambiental que estão em andamento (G1, 2024).

5 MONITORAMENTO E PESQUISA CIENTÍFICA DA CAVA SUBAQUÁTICA DE CUBATÃO

Após examinar as complexas consequências ambientais e sociais da cava subaquática de Cubatão, incluindo as profundas implicações da alteração de seu projeto original, torna-se imperativo aprofundar a compreensão sobre o acompanhamento dessa estrutura. O monitoramento contínuo e a pesquisa científica rigorosa são ferramentas essenciais para avaliar a verdadeira magnitude dos impactos e para garantir que quaisquer atividades relacionadas à cava sejam realizadas de maneira sustentável e eficaz. Este capítulo, portanto, explora os pilares desse acompanhamento, desde as características geográficas que moldam o desafio até a análise dos métodos de controle, prevenção e a discussão sobre a eficácia das técnicas de mitigação aplicadas.

5.1 Contextualização geográfica e histórica da intervenção

Para compreender a complexidade do monitoramento e das consequências da cava subaquática de Cubatão, é fundamental entender a geografia intrincada da região, que atua como pano de fundo e fator determinante para os desafios ambientais. A região de Cubatão pertence a uma província costeira, onde a drenagem de bacias como a do rio Cubatão deságua diretamente no mar. A bacia é cercada pela Serra do Mar ao norte e pela planície litorânea e Oceano Atlântico a sul (RIBEIRO, 2004; PARREIRA, 2012).

A área que envolve a cava, o Canal de Piaçaguera, localiza-se no Estuário de Santos. Trata-se de uma zona de transição semifechada entre o oceano e as águas doces da bacia hidrográfica, caracterizada por elevada sedimentação devido à proximidade da Serra do Mar (PARREIRA, 2012; SILVA et al., 2012). Estuários são ambientes naturalmente dinâmicos e ricos em nutrientes, com grande importância biológica para a fauna marinha e de água doce (DIAS, 2005). O canal do Rio Piaçaguera é um canal natural que, em 1969, teve uma extensão artificial de navegação de 4.500 metros criada para o transporte de cargas (FERRAZ, 2023).

Em virtude da contaminação do estuário e da necessidade de maior navegabilidade, em 2005, o projeto de dragagem do Canal do Piaçaguera foi iniciado (MARQUES, 2022). Diferentes opções foram consideradas para a disposição dos sedimentos dragados, incluindo uma Unidade de Disposição Confinada (UDC) e um Quadrilátero de Disposição Oceânica. No entanto, a opção escolhida foi a Cava de Disposição Aquática (CAD), principalmente por sua proximidade com a origem do material, que oferecia eficiência logística e menor tempo de

exposição dos sedimentos contaminados (MORRIS; FREDETTE, 2002).

Figura 12 – Canal de Piaçaguera



Fonte: Ferraz, 2023

5.2 Estratégias de monitoramento e análise crítica das medidas de mitigação

Para que uma instalação como a cava subaquática funcione de maneira segura e sustentável, o monitoramento e a pesquisa científica são essenciais. Segundo Goes Filho (2004), o monitoramento de uma cava pode ser dividido em quatro grupos principais: monitoramento das instalações (integridade física), das operações de disposição (velocidade e preenchimento),

do processo (compactação, decomposição) e das emissões (fluxos de água, qualidade da biota). Relatórios públicos de órgãos como a CETESB e estudos científicos (ACPO, 2020; CARDOSO et al., 2023) complementam essas atividades, garantindo a transparência e a avaliação de riscos.

Apesar da existência dessas estratégias, a discussão sobre a eficácia das medidas de mitigação é um ponto crucial. Inicialmente, o projeto não considerava medidas para o material dragado, mas a presença de componentes tóxicos como metais pesados e PAHs exigiu uma gestão mais cuidadosa. A suspensão da dragagem em 1996 já evidenciava as preocupações com a inadequação das medidas de mitigação e o potencial de dispersão dos sedimentos contaminados (MARQUES, 2022).

Um ponto central de crítica é a ausência de diques de confinamento na cava subaquática. Embora o estudo ambiental tenha justificado essa decisão com a alegação de que os impactos seriam temporários e que a colonização natural do substrato seria possível, essa abordagem contrasta com as preocupações levantadas pela comunidade e por estudos técnicos. De fato, a ausência de um confinamento adequado permitiu a dispersão dos poluentes pelo ambiente aquático. Essa divergência entre a abordagem técnica e as consequências reais para o ecossistema e as comunidades demonstra as falhas no planejamento e na execução do projeto original, tornando as alterações geotécnicas do solo e a dispersão de poluentes um problema central.

Figura 13 – Processo de bombeamento de sedimentos para a cava



Fonte: Torronteguy, 2018

5.3 Metodologia de análise de dados

A análise dos dados de monitoramento ambiental no Canal do Piaçaguera, abrangendo o período de 2013 a 2023, seguiu uma metodologia rigorosa. Os dados brutos foram fornecidos pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). O processo metodológico incluiu as seguintes etapas:

- **Estrutura e Limpeza dos Dados:** Os dados foram organizados em uma estrutura tabular. Parâmetros com baixa representatividade (séries históricas com menos de dois anos) foram removidos para garantir a consistência das análises.
- **Integração de Valores de Referência:** Para a avaliação da conformidade, foram utilizados valores de referência normativos: para sedimentos, os limites ISQG e PEL (do CCME); para a água, os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05 para águas salobras de Classe 1.
- **Análise Agregada e Avaliação de Conformidade:** Os dados foram agregados por parâmetro, ponto de amostragem e ano. Para cada agrupamento, calculou-se a média anual, o número de amostras e a porcentagem de amostras em não conformidade.
- **Análise de Tendência Temporal:** Para avaliar a evolução das concentrações ao longo do tempo, foram aplicados testes estatísticos não paramétricos, como o Teste de Mann-Kendall e o Estimador de Theil-Sen, que são robustos para dados ambientais com distribuições não normais.
- **Visualização Gráfica:** Gráficos foram gerados para ilustrar a evolução dos parâmetros, incluindo as linhas de referência dos limites normativos.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO DO MONITORAMENTO DA QUALIDADE AMBIENTAL

Este capítulo apresenta e discute os resultados das análises de monitoramento da qualidade da água e dos sedimentos na área do estuário Santos/Cubatão, abrangendo o período de 2013 a 2023. As avaliações de conformidade são realizadas em relação aos limites e valores orientadores estabelecidos pela legislação ambiental brasileira (Resolução CONAMA) e diretrizes da CETESB, quando aplicável.

6.1 Metodologia do monitoramento

O presente monitoramento ambiental foi realizado no estuário de Santos/Cubatão, com coletas de amostras de água e sedimentos abrangendo o período de 2013 a 2023. As amostras foram coletadas em três pontos específicos (CPRC Ponto 1, 2 e 3) selecionados por sua representatividade na área de estudo. Para a água, foram analisados parâmetros físico-químicos (incluindo pH, Oxigênio Dissolvido, Metais, COV, Orgânicos e Nutrientes), microbiológicos e ecotoxicológicos, com os resultados comparados aos limites da Resolução CONAMA. Para os sedimentos, os parâmetros químicos (Metais, Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos - PAHs, Bifenilas Policloradas - PCBs, Nutrientes, Carbono Orgânico Total, Sólidos Voláteis e Sulfeto Total), microbiológicos e ecotoxicológicos foram avaliados em conformidade com os Valores Orientadores de Qualidade da CETESB para Sedimentos (VR1 e VR2), onde disponíveis, ou outros limites legais aplicáveis.

6.2 Análise da qualidade da água

Esta seção detalha os achados do monitoramento da coluna d'água, classificando os parâmetros conforme sua natureza e discutindo as implicações de suas concentrações observadas no período de 2013 a 2023.

6.2.1 Parâmetros Físico-Químicos Essenciais (pH e Oxigênio Dissolvido)

Tabela 1 – Parâmetros de PH e Oxigênio Dissolvido

Parâmetro	Unidade	Ponto	Limite CONAMA (Min)	Limite CONAMA (Max)	Observações Gerais sobre Conformidade	Destaques de Não Conformidade (Média %NC)
pH	-	1, 2, 3	6.0	9.0	Alta %NC, especialmente em 2018, 2019, 2020, 2021 e 2023, com médias frequentemente fora da faixa. Em outros anos, a não conformidade foi intermitente, mas presente. O Ponto 3, por exemplo, teve 100% de não conformidade em 2018 e 2020.	Ponto 1: 2018 (60%), 2019 (67%), 2020 (67%), 2021 (75%), 2023 (67%). Ponto 2: Comportamento similar. Ponto 3: 2018 (100%), 2020 (100%), 2023 (100%).
Oxigênio Dissolvido	mg/L	1, 2, 3	5	-	Alta %NC na maioria dos anos e pontos, incluindo 2022 e 2023. As médias de Oxigênio Dissolvido frequentemente ficam abaixo do limite mínimo de 5 mg/L, indicando uma situação crítica de baixa oxigenação.	Ponto 1: 2014 (50%), 2015 (83%), 2018 (80%), 2020 (83%), 2021 (100%), 2022 (100%), 2023 (83%). Ponto 2 e 3: Comportamento similar, com alta incidência de não conformidade. Ponto 2 com 100% em 2022 e Ponto 3 com 100% em 2023.

Fonte: Elaboração própria, 2025

Análise: O pH no estuário apresenta um preocupante e frequente não conformidade, persistindo até o final do período analisado (2023), indicando que a acidez ou alcalinidade da água está fora da faixa ideal para a vida aquática, refletindo possivelmente descargas de efluentes industriais ou processos de decomposição orgânica intensa. Os baixos níveis de Oxigênio Dissolvido são um problema crônico e generalizado, com 100% de não conformidade em 2022 para o Ponto 1 e 2, e 100% em 2023 para o Ponto 3, corroborando a ideia de uma alta carga orgânica e/ou processos de eutrofização que consomem o oxigênio disponível, impactando severamente a biota aquática.

6.2.2 Metais Pesados na Água

Tabela 2 – Parâmetros de Metais pesados na água

Parâmetro	Unidade	Ponto	Limite CONAMA (Máx)	Observações Gerais sobre Conformidade	Destques de Não Conformidade (Média %NC)
Alumínio Dissolvido	mg/L	1, 2, 3	0.1	Alta %NC a partir de 2017 e persistindo até 2023, com 100% de não conformidade em diversos anos para todos os pontos.	Ponto 1: 2018 (100%), 2019 (100%), 2020 (100%), 2021 (100%), 2022 (100%), 2023 (100%). Ponto 2: Comportamento similar. Ponto 3: Comportamento similar.
Bário Total	mg/L	1, 2, 3	5	Geralmente em conformidade. Não conformidades pontuais em 2022.	Ponto 1: 2022 (17%), Ponto 2: 2022 (17%).
Cádmio Total	mg/L	3	0.005	Alta %NC no Ponto 3 em 2018 e 2019 (100%). Em outros anos, conformidade total.	Ponto 3: 2018 (100%), 2019 (100%).
Estanho Total	mg/L	1, 2, 3	4	100% de conformidade em todos os anos e pontos analisados, incluindo 2022 e 2023.	Nenhuma não conformidade registrada.
Ferro Dissolvido	mg/L	1, 2, 3	0.3	Alta %NC na maioria dos anos para todos os pontos, frequentemente 100%, estendendo-se a 2022 e 2023. Indica contaminação persistente.	Ponto 1: 2018 (100%), 2019 (100%), 2020 (100%), 2021 (100%), 2022 (100%), 2023 (100%). Ponto 2: Comportamento similar. Ponto 3: 2013 (100%), 2016 (100%), 2017 (100%), 2018 (100%), 2022 (100%).
Prata Total	mg/L	1, 2, 3	0.01	100% de conformidade em todos os anos e pontos analisados, incluindo 2022 e 2023.	Nenhuma não conformidade registrada.
Vanádio Total	mg/L	1, 2, 3	0.1	100% de conformidade em todos os anos e pontos analisados, incluindo 2022 e 2023.	Nenhuma não conformidade registrada.
Zinco Total	mg/L	1, 2, 3	0.18	Geralmente em conformidade. Não conformidades pontuais no Ponto 3 em anos anteriores.	Ponto 3: 2013 (17%), 2016 (17%).

Fonte: Elaboração própria, 2025

Análise: A contaminação por Alumínio Dissolvido e Ferro Dissolvido é uma constante preocupação, com persistentes e elevadas taxas de não conformidade que se mantêm até 2023. Isso pode estar associado a processos de acidificação, dragagem ou efluentes industriais. O Cádmio Total apresentou picos alarmantes de não conformidade no Ponto 3 em 2018 e 2019, exigindo investigação específica para esses eventos. Os demais metais (Estanho, Prata, Vanádio) mostraram-se consistentemente dentro dos limites ao longo de todo o período,

incluindo os anos mais recentes.

6.2.3 Compostos Orgânicos Voláteis (COV) na Água

Tabela 3 – Parâmetros de compostos orgânicos voláteis na água

Parâmetro	Unidade	Ponto	Limite CONAMA (Máx)	Observações Gerais sobre Conformidade	Destques de Não Conformidade (Média %NC)
Benzeno	µg/L	1, 2, 3	700	100% de conformidade em todos os anos e pontos analisados, incluindo 2022 e 2023.	Nenhuma não conformidade registrada.
Etilbenzeno	µg/L	1, 2, 3	25	100% de conformidade em todos os anos e pontos analisados, incluindo 2022 e 2023.	Nenhuma não conformidade registrada.

Fonte: Elaboração própria, 2025

Análise: Os COV monitorados (Benzeno e Etilbenzeno) apresentaram conformidade total durante todo o período, até 2023, indicando que, apesar da atividade industrial na região, esses compostos específicos não foram detectados em concentrações problemáticas na água dentro dos limites avaliados.

6.2.4 Poluentes Orgânicos Diversos na Água (Carbono Orgânico Total)

Tabela 4 – Parâmetros de Carbono orgânico total

Parâmetro	Unidade	Ponto	Limite CONAMA (Máx)	Observações Gerais sobre Conformidade	Destques de Não Conformidade (Média %NC)
Carbono Orgânico Total	mg/L	1, 2, 3	3	Altíssima %NC em diversos anos e pontos, incluindo 2022 e 2023, frequentemente atingindo 100%. Indica sobrecarga de matéria orgânica.	Ponto 1: 2015 (100%), 2016 (100%), 2019 (100%), 2022 (100%), 2023 (100%). Ponto 2: 2015 (100%), 2017 (100%), 2018 (100%), 2019 (100%), 2020 (100%), 2021 (100%), 2022 (100%), 2023 (100%). Ponto 3: 2013 (100%), 2015 (100%), 2016 (100%), 2017 (100%), 2018 (100%), 2019 (100%), 2020 (100%).

Fonte: Elaboração própria, 2025

Análise: A não conformidade generalizada e persistente para o Carbono Orgânico Total ao longo de todo o período analisado, com 100% de não conformidade em 2022 e 2023 para os Pontos 1 e 2, é um forte indicador de poluição orgânica significativa no estuário. A presença constante de altas concentrações de COT sugere aportes contínuos de esgoto doméstico e/ou efluentes industriais ricos em matéria orgânica.

6.2.5 Nutrientes na Água (Fósforo Total e Nitrogênio Amoniacal)

Tabela 5 – Parâmetros de nutrientes na água

Parâmetro	Unidade	Ponto	Limite CONAMA (Máx)	Observações Gerais sobre Conformidade	Destques de Não Conformidade (Média %NC)
Fósforo Total	mg/L	1, 2, 3	0.124	Não conformidade consistentemente alta em todos os pontos e anos, frequentemente atingindo 100% até 2023. Situação crítica de eutrofização.	Ponto 1: 2014 (100%), 2015 (100%), 2016 (100%), 2017 (100%), 2018 (100%), 2019 (100%), 2020 (100%), 2021 (100%), 2022 (100%), 2023 (100%). Ponto 2 e 3: Comportamento similar.
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	1, 2, 3	0.4	Não conformidade constante e elevada em todos os pontos e anos, incluindo 2022 e 2023. Média de não conformidade frequentemente alta, indicando persistência do problema.	Ponto 1: 2014 (67%), 2015 (83%), 2016 (67%), 2017 (50%), 2018 (100%), 2019 (17%), 2020 (100%), 2021 (100%), 2022 (100%), 2023 (50%). Ponto 2 e 3: Comportamento similar, com variações na intensidade.

Fonte: Elaboração própria, 2025

Análise: A situação dos nutrientes, Fósforo Total e Nitrogênio Amoniacal, é alarmante e persistiu de forma crítica até 2023. A alta e consistente não conformidade desses parâmetros em todos os anos e pontos indica um problema sistêmico de eutrofização no estuário. A sobrecarga de nutrientes é um fator primário para o desequilíbrio ecológico, proliferação de algas (confirmado pela Clorofila-a), e consequente depleção de oxigênio.

6.2.6 Parâmetros Microbiológicos na Água (Coliformes Termotolerantes)

Tabela 6 – Parâmetros microbiológicos na água

Parâmetro	Unidade	Ponto	Limite CONAMA (Máx)	Observações Gerais sobre Conformidade	Destques de Não Conformidade (Média %NC)
Coliformes Termotolerantes	UFC/100mL	1, 2, 3	1000	Embora não atinja 100% de não conformidade em todos os anos como outros parâmetros, há uma presença constante e por vezes elevada de Coliformes Termotolerantes, inclusive em 2022 e 2023.	Ponto 1: 2014 (17%), 2017 (100%), 2018 (17%), 2019 (17%), 2020 (17%), 2022 (17%). Ponto 2: 2015 (17%), 2016 (17%), 2017 (100%), 2018 (17%), 2019 (17%), 2020 (17%), 2023 (17%). Ponto 3: 2013 (17%), 2014 (17%), 2015 (17%), 2017 (100%), 2018 (17%), 2019 (17%), 2020 (17%).

Fonte: Elaboração própria, 2025

Análise: A presença de Coliformes Termotolerantes em diversos anos e pontos, com

picos de 100% de não conformidade em 2017 e persistência de não conformidade em 2022 e 2023, reforça a hipótese de contaminação por esgoto doméstico, representando um risco à saúde pública e à balneabilidade.

6.2.7 Parâmetros Hidrobiológicos na Água (Clorofila-a)

Tabela 7 – Parâmetros hidrobiológicos na água

Parâmetro	Unidade	Ponto	Limite CONAMA (Máx)	Observações Gerais sobre Conformidade	Destques de Não Conformidade (Média %NC)
Clorofila-a	µg/L	1, 2, 3	10	Não conformidade consistente e alta em vários anos e pontos, incluindo 2022 e 2023, indicando intensa proliferação algal.	Ponto 1: 2014 (50%), 2016 (50%), 2017 (50%), 2018 (25%), 2019 (25%), 2020 (50%), 2021 (25%), 2022 (50%), 2023 (50%). Ponto 2: 2014 (25%), 2017 (25%), 2019 (25%), 2020 (25%), 2021 (25%), 2022 (50%). Ponto 3: 2013 (25%), 2014 (25%), 2015 (25%), 2016 (25%), 2017 (25%), 2018 (25%), 2019 (25%), 2020 (25%), 2021 (25%), 2022 (50%), 2023 (50%).

Fonte: Elaboração própria, 2025

Análise: Os níveis elevados de Clorofila-a na maioria dos pontos e anos, inclusive 2022 e 2023, corroboram a situação de eutrofização observada pelos altos níveis de nutrientes. A Clorofila-a é um pigmento presente em algas, e seu aumento indica proliferação algal excessiva, que pode levar a florações e zonas de hipóxia (baixa oxigenação).

6.2.8 Parâmetros Ecotoxicológicos na Água

Tabela 8 – Parâmetros Ecotoxicológicos na água

Parâmetro	Unidade	Ponto	Limite CONAMA (Min)	Observações Gerais sobre Conformidade	Destques de Não Conformidade (Média %NC)
Ens. Ecotoxic. c/ <i>Vibrio fischeri</i>	EC20(%)	1, 2, 3	81.9	Embora haja anos em conformidade (2015, 2016), houve episódios significativos de não conformidade, incluindo 2021, indicando toxicidade da água em alguns períodos.	Ponto 1: 2014 (17%), 2017 (17%), 2018 (33%), 2019 (17%), 2020 (17%), 2021 (17%). Ponto 2: 2014 (17%), 2017 (17%), 2018 (33%), 2019 (17%), 2020 (17%), 2021 (17%). Ponto 3: 2013 (17%), 2014 (17%), 2017 (17%), 2018 (33%), 2019 (17%), 2020 (17%).

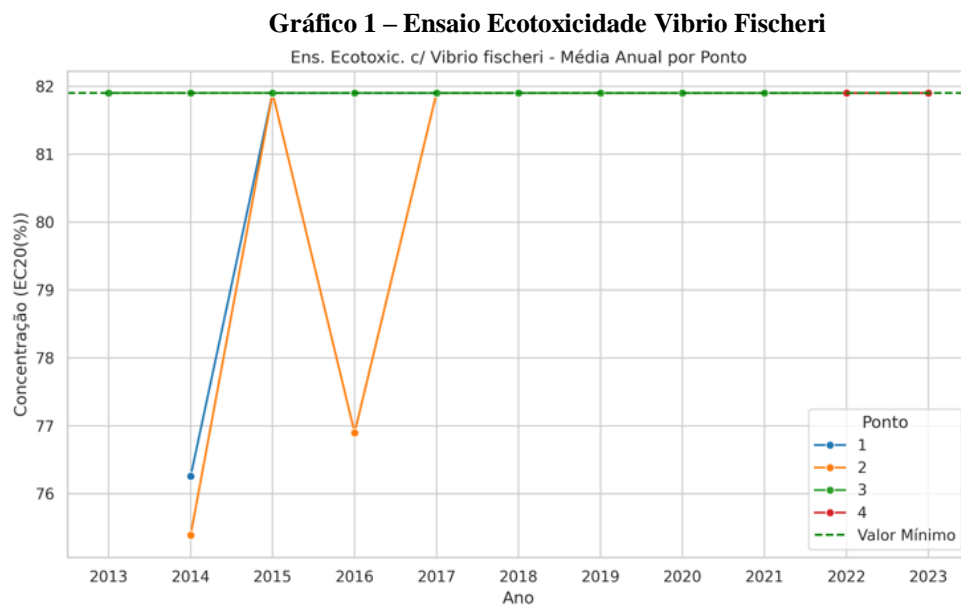
Fonte: Elaboração própria, 2025

Análise: Os ensaios ecotoxicológicos com *Vibrio fischeri* mostraram não conformidade em diversos anos para todos os pontos, com a última ocorrência em 2021 para os

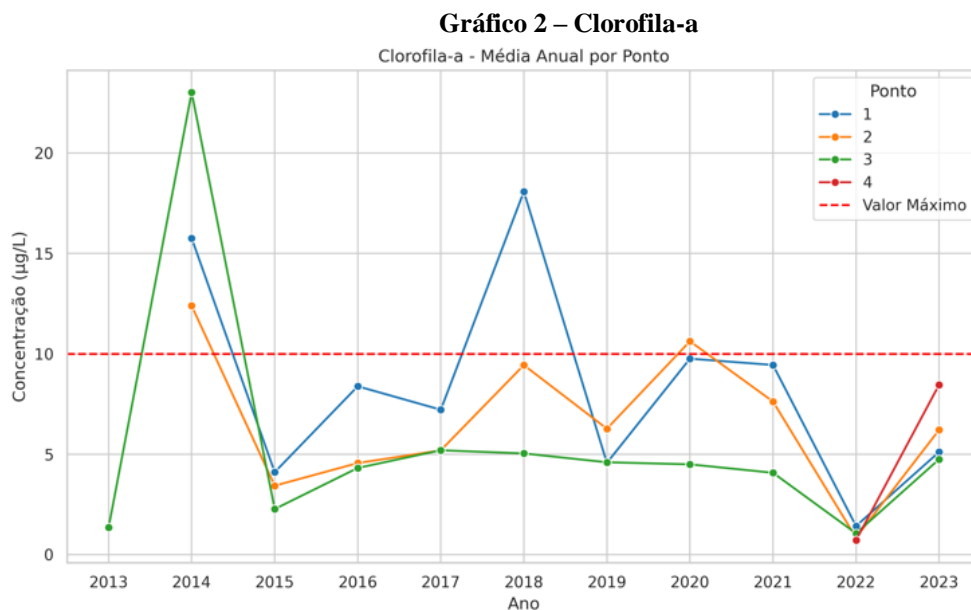
Pontos 1 e 2. Isso sugere que a água apresenta toxicidade aguda em certos períodos, o que pode afetar negativamente a biota aquática e indicar a presença de substâncias nocivas, mesmo que seus parâmetros específicos não tenham sido consistentemente não conformes individualmente.

6.3 Representação gráfica dos resultados

Esta seção contém a visualização gráfica das análises de monitoramento, ilustrando a evolução dos parâmetros de qualidade da água e dos sedimentos ao longo do período de 2013 a 2023.



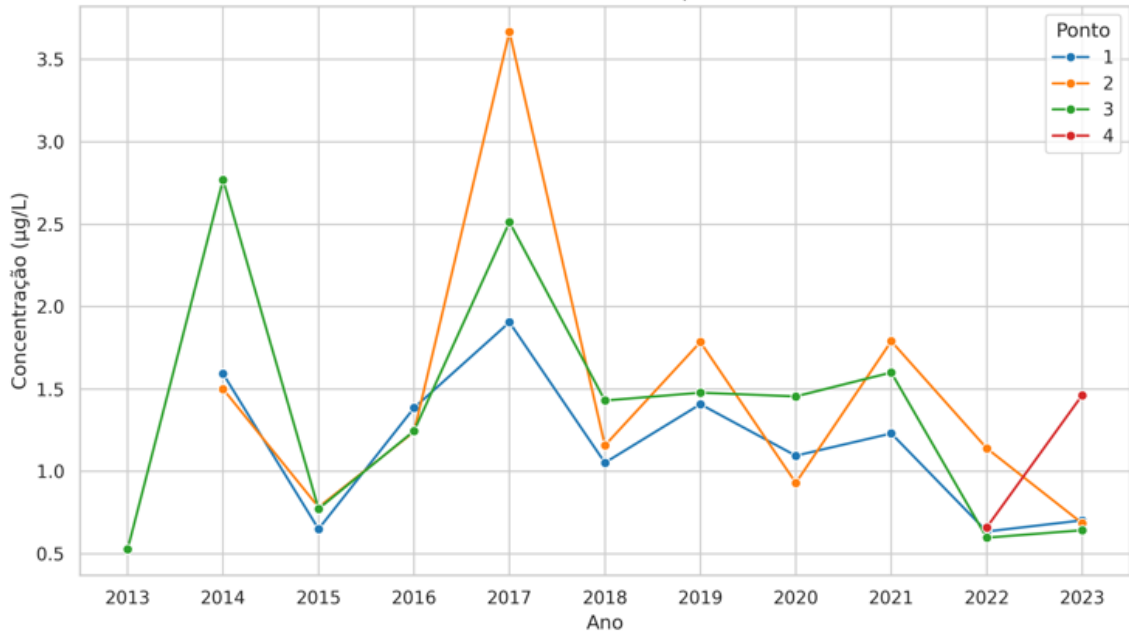
Fonte: Elaboração própria, 2025



Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 3 – Feofitina-a

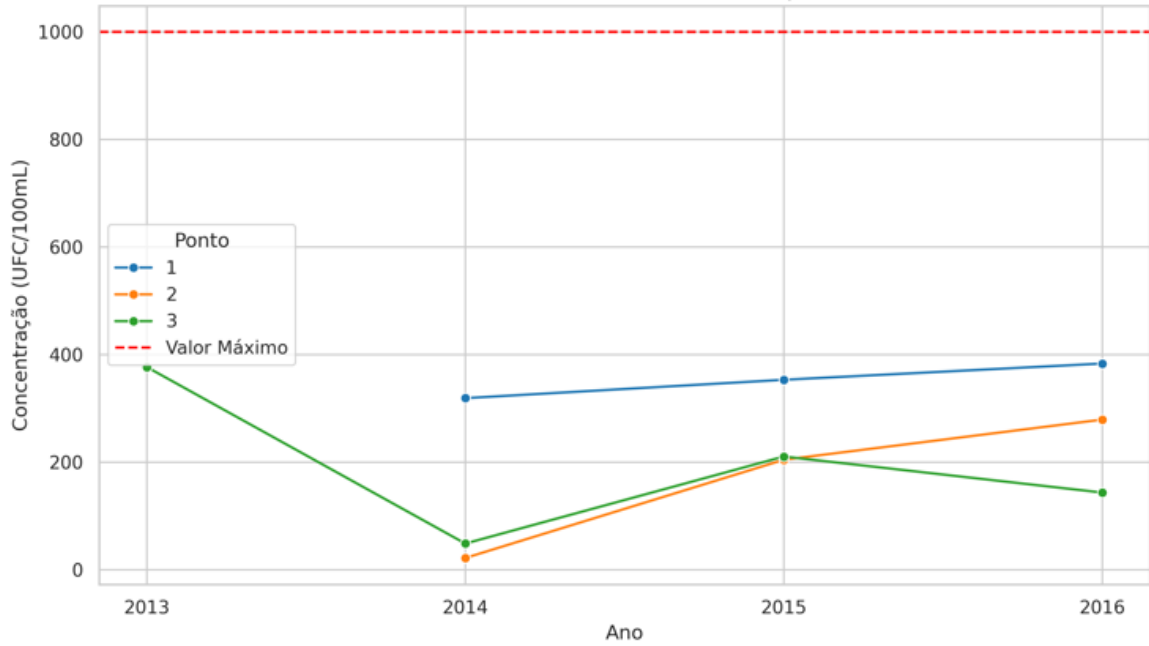
Feofitina-a - Média Anual por Ponto



Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 4 – Coliformes Termotolerantes

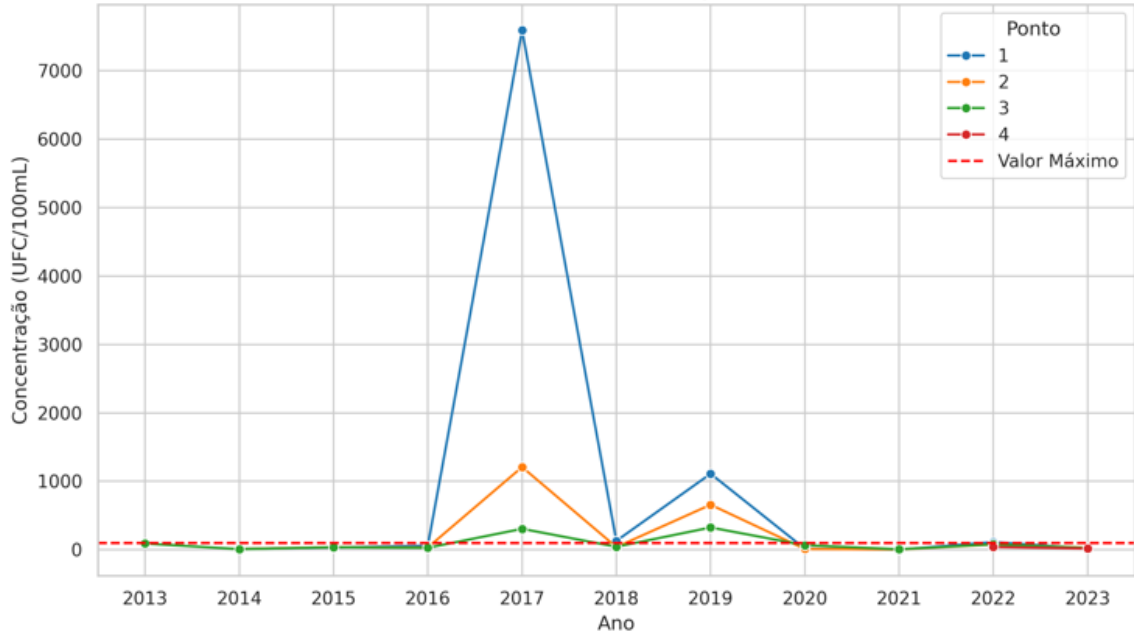
Coliformes Termotolerantes - Média Anual por Ponto



Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 5 – Enterococos

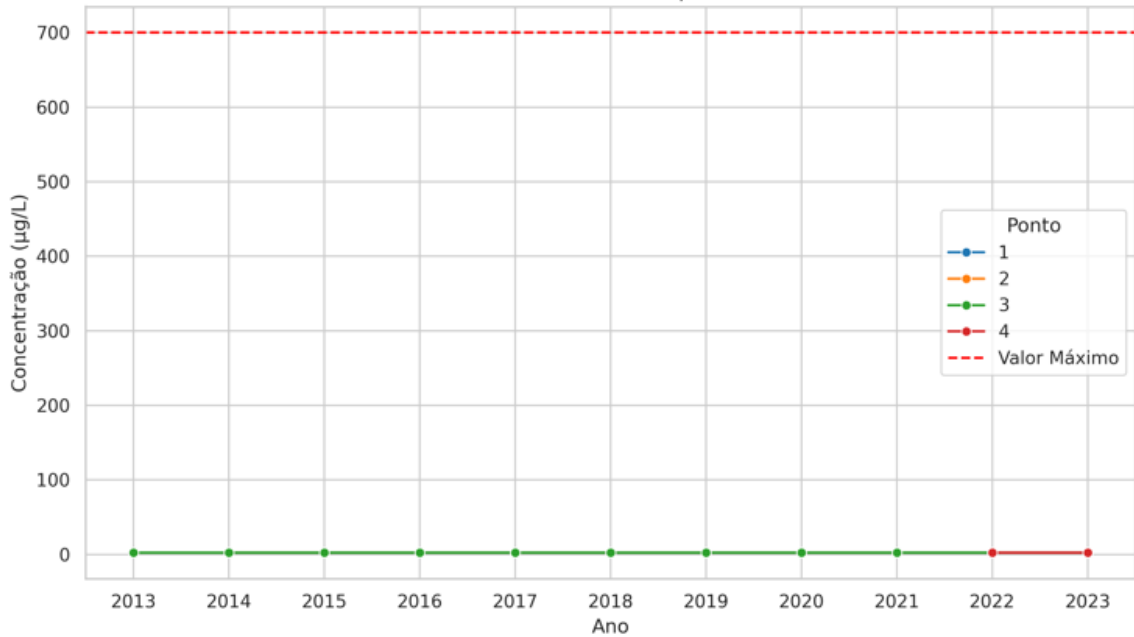
Enterococos - Média Anual por Ponto



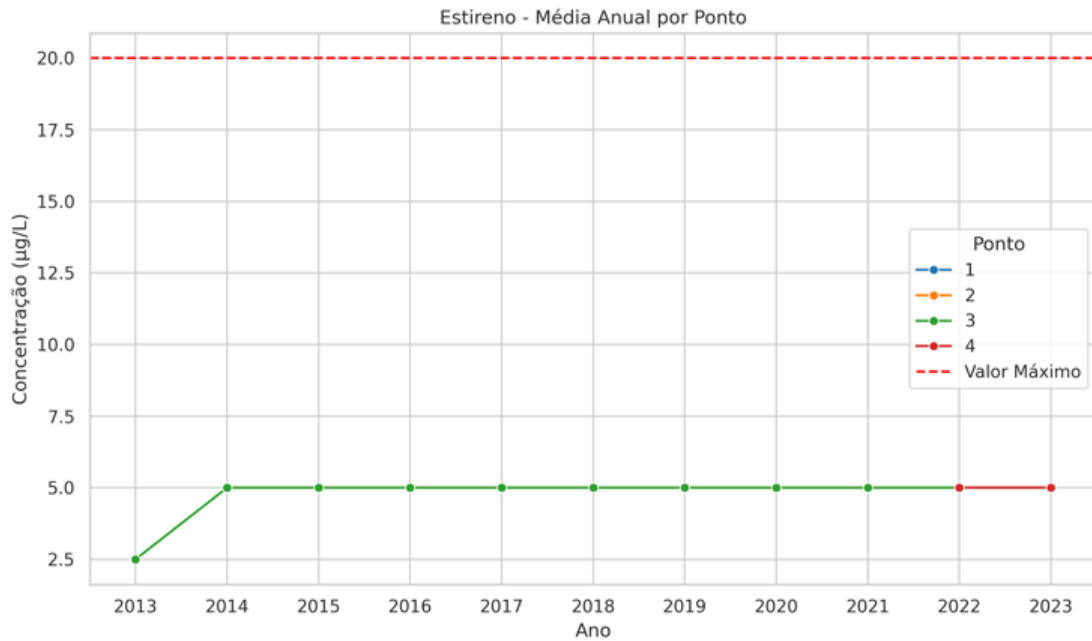
Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 6 – Benzeno

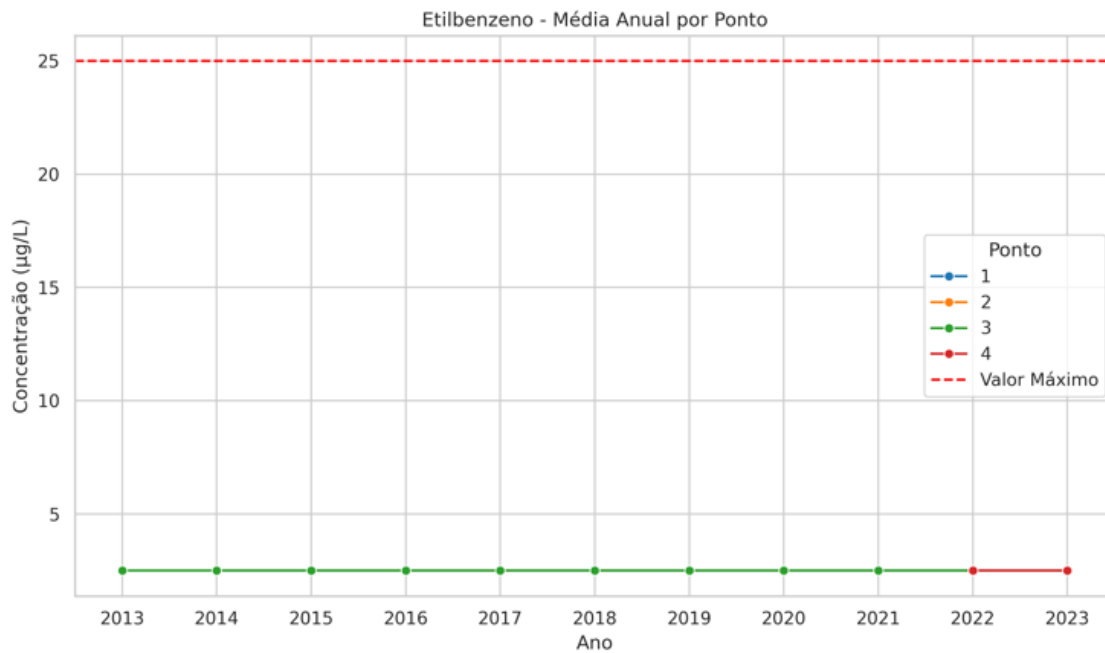
Benzeno - Média Anual por Ponto



Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 7 – Estireno

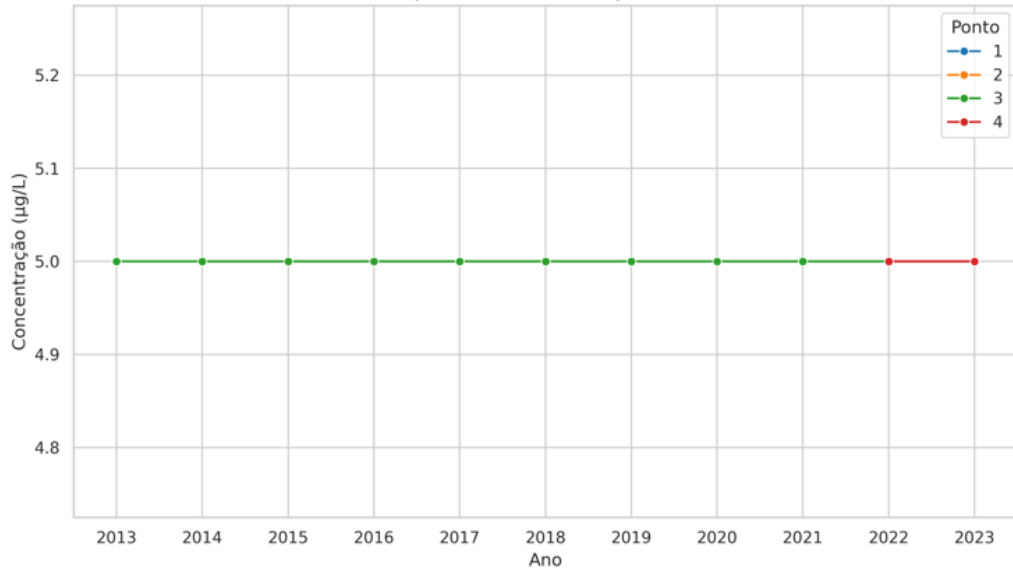
Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 8 – Etilbenzeno

Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 9 – m.p. Xileno

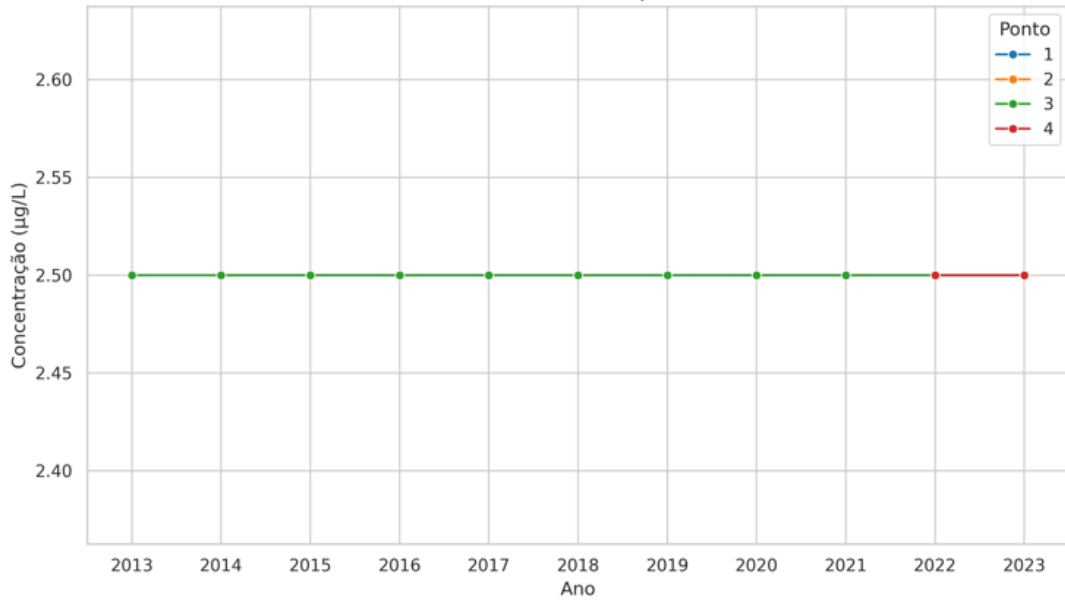
m,p-Xileno - Média Anual por Ponto



Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 10 – o-Xileno

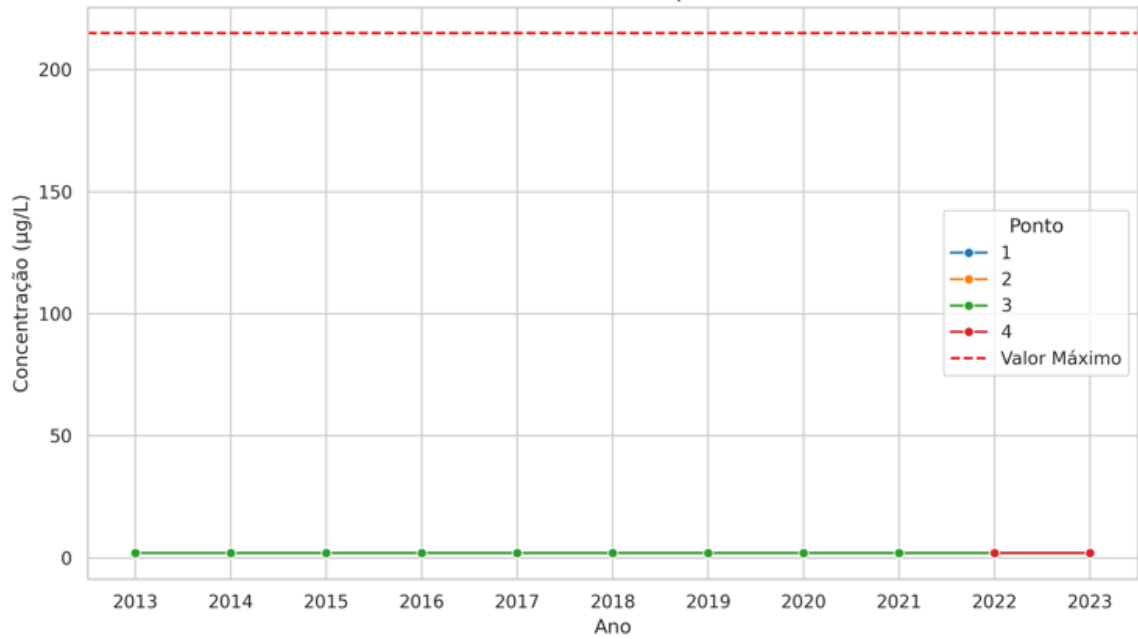
o-Xileno - Média Anual por Ponto



Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 11 – Tolueno

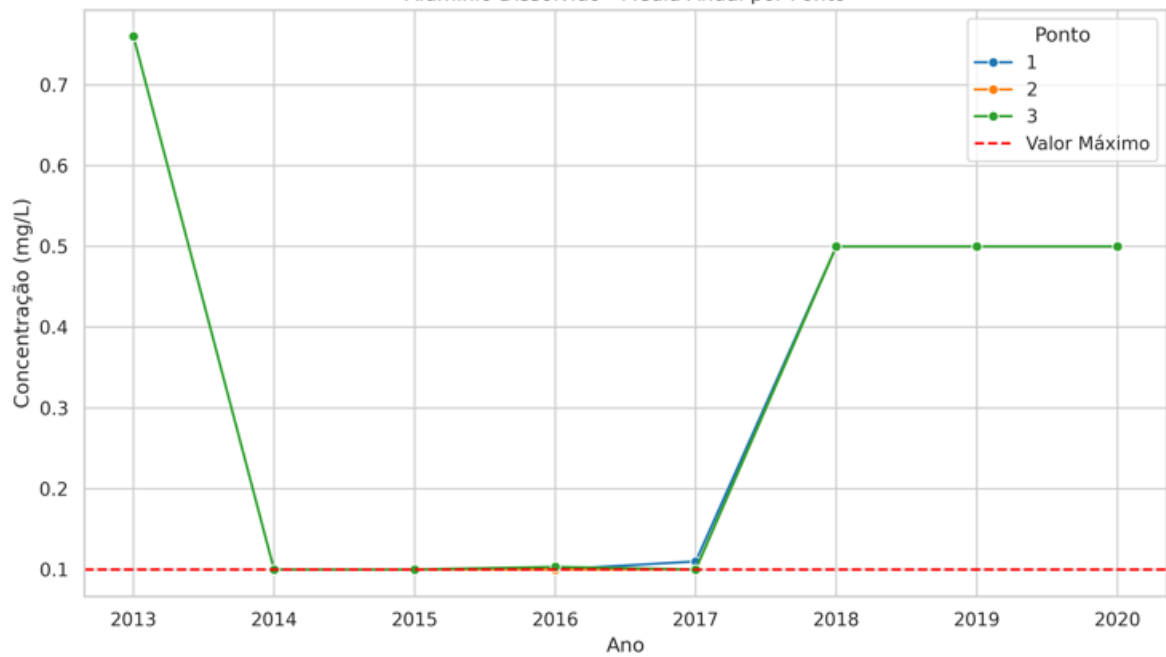
Tolueno - Média Anual por Ponto



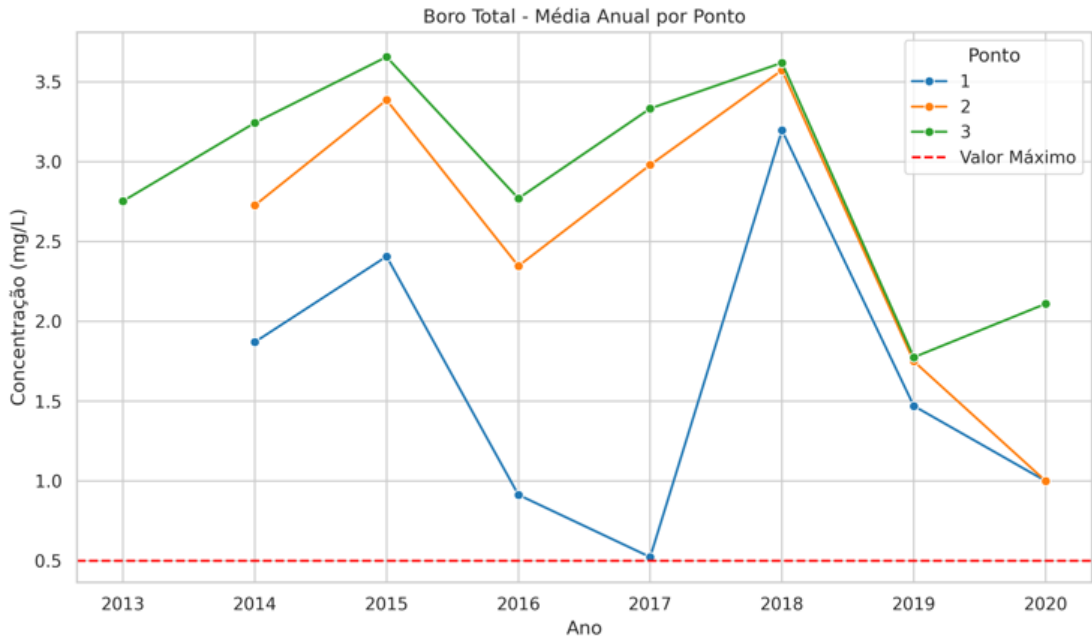
Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 12 – Alumínio dissolvido

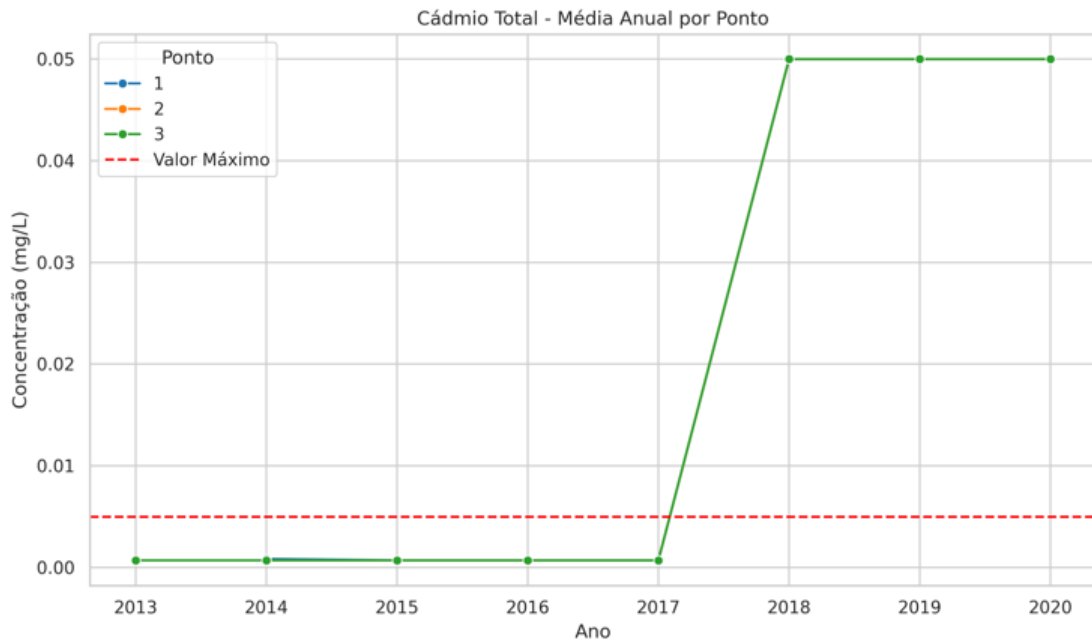
Alumínio Dissolvido - Média Anual por Ponto



Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 13 – Boro total

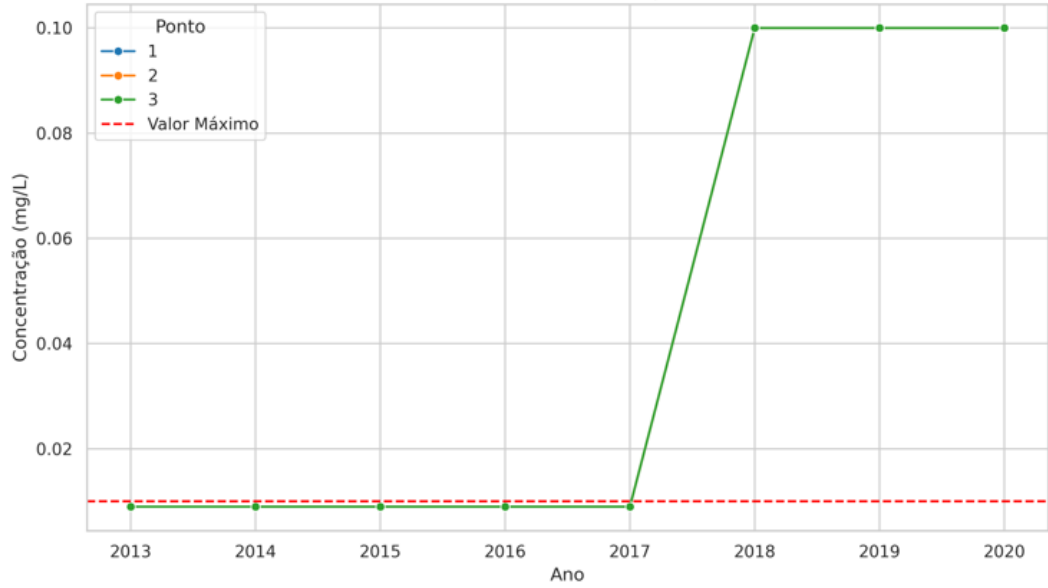
Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 14 – Cádmio total

Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 15 – Chumbo total

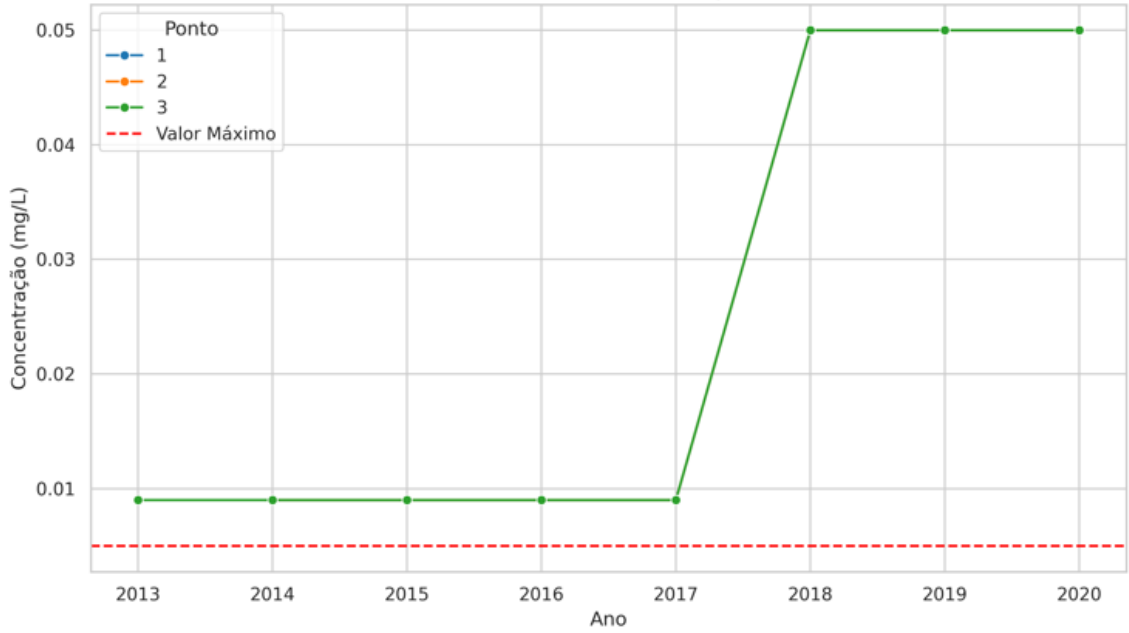
Chumbo Total - Média Anual por Ponto



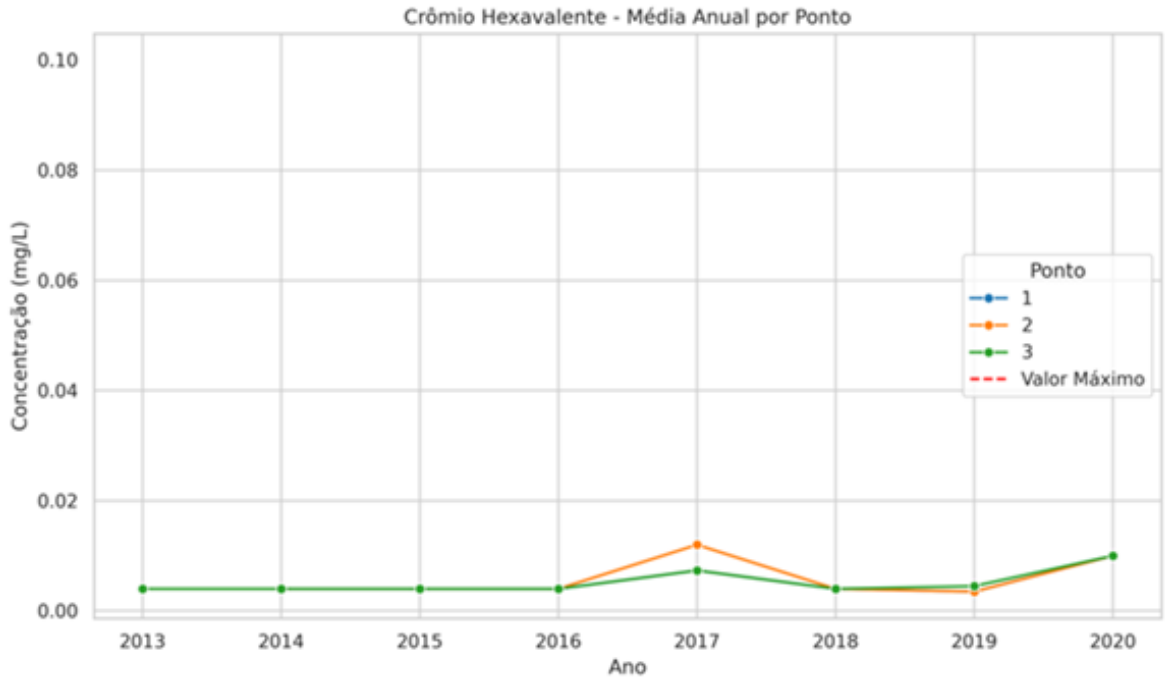
Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 16 – Cobre dissolvido

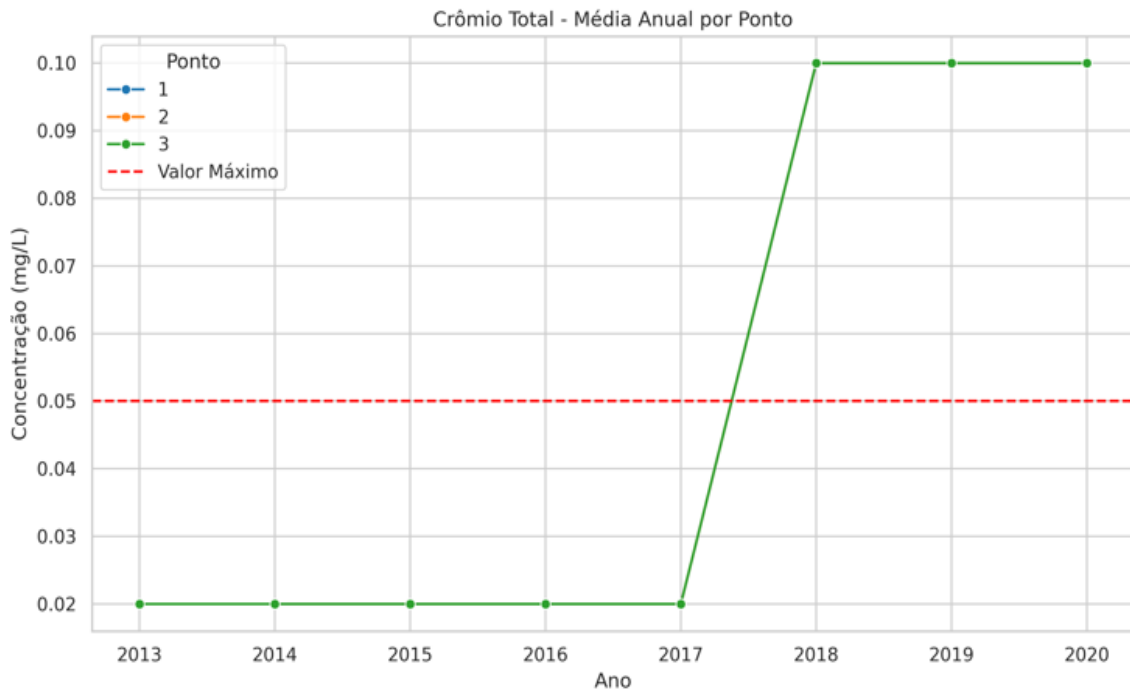
Cobre Dissolvido - Média Anual por Ponto



Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 17 – Crômio hexavalente

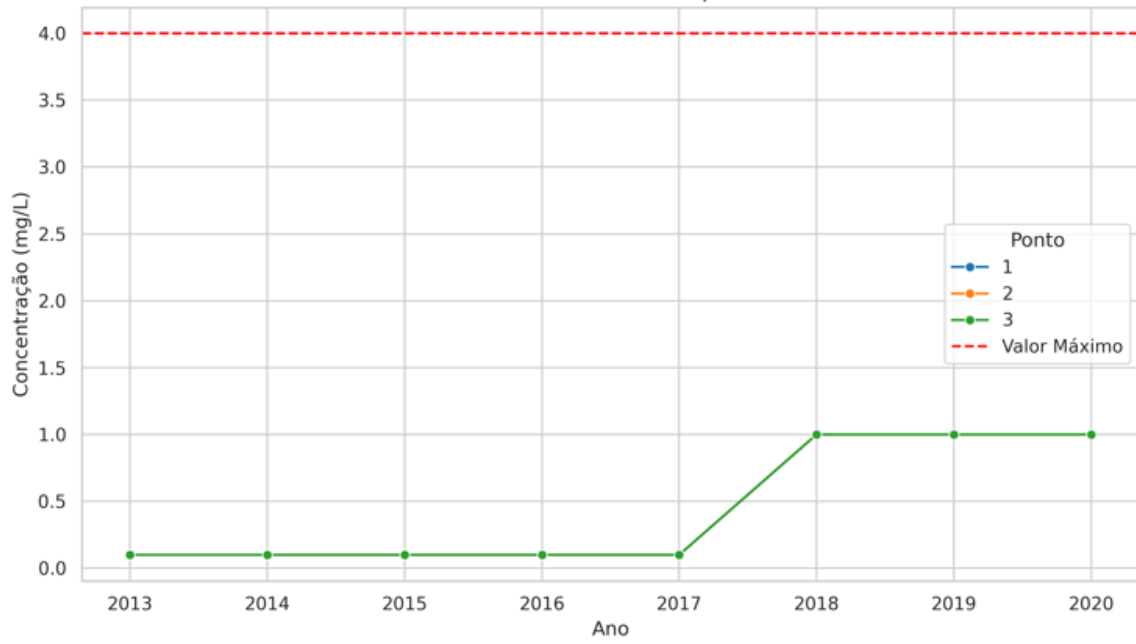
Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 18 – Crômio total

Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 19 – Estanho total

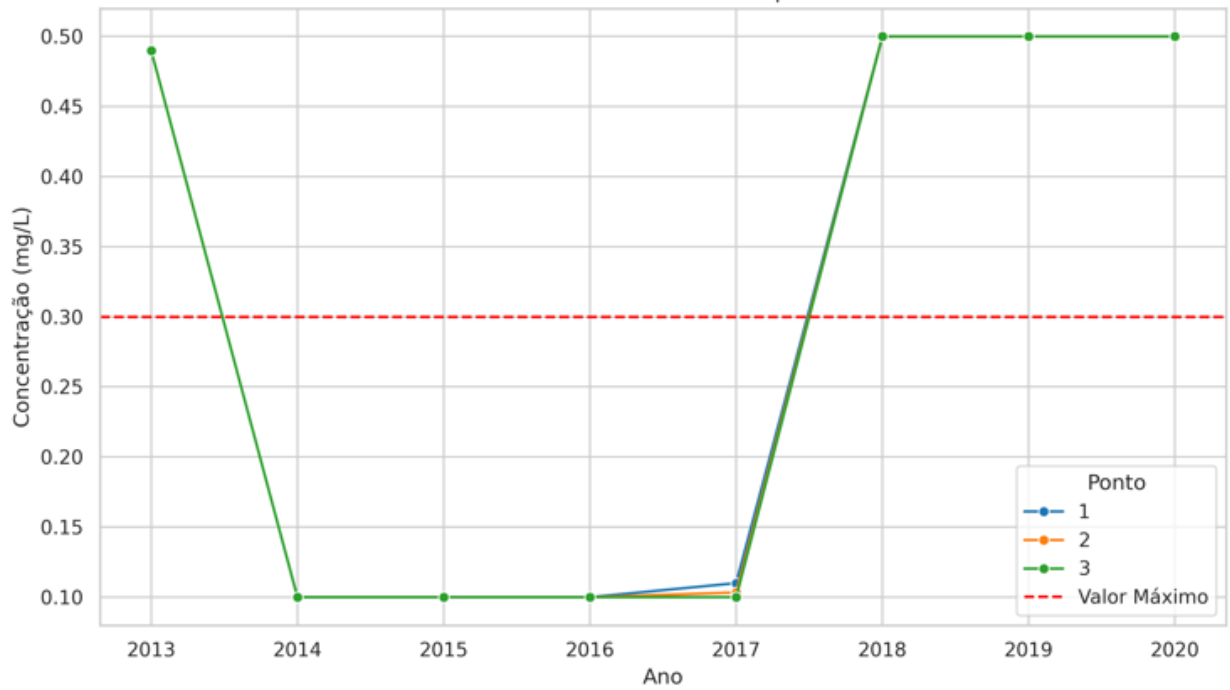
Estanho Total - Média Anual por Ponto



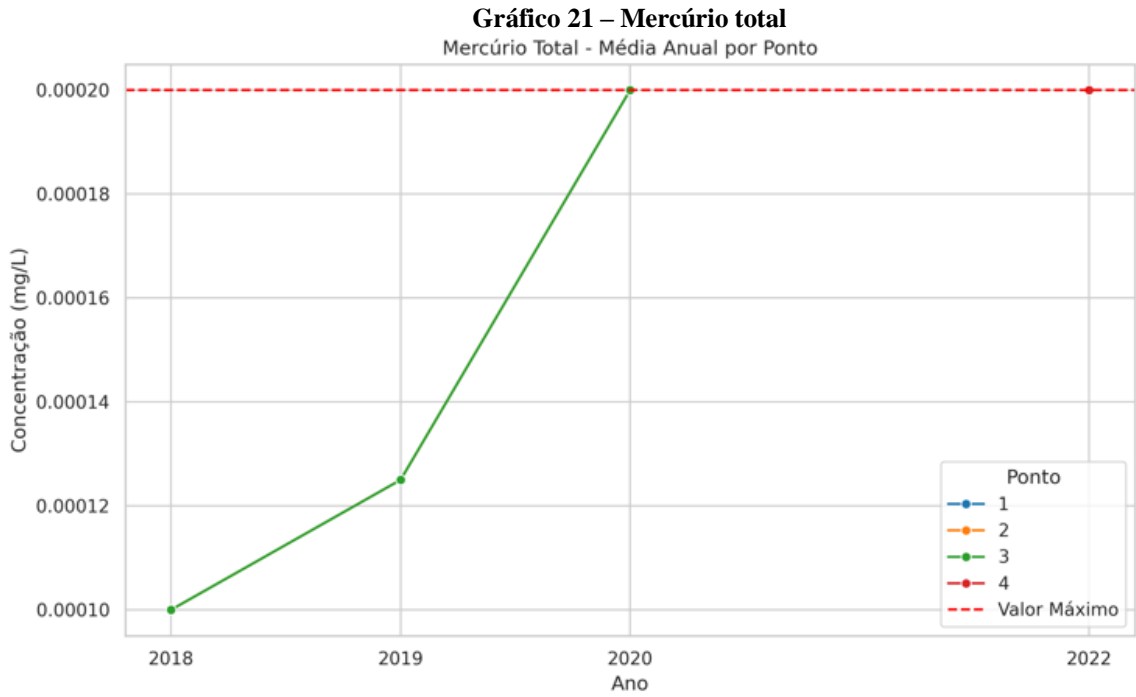
Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 20 – Ferro dissolvido

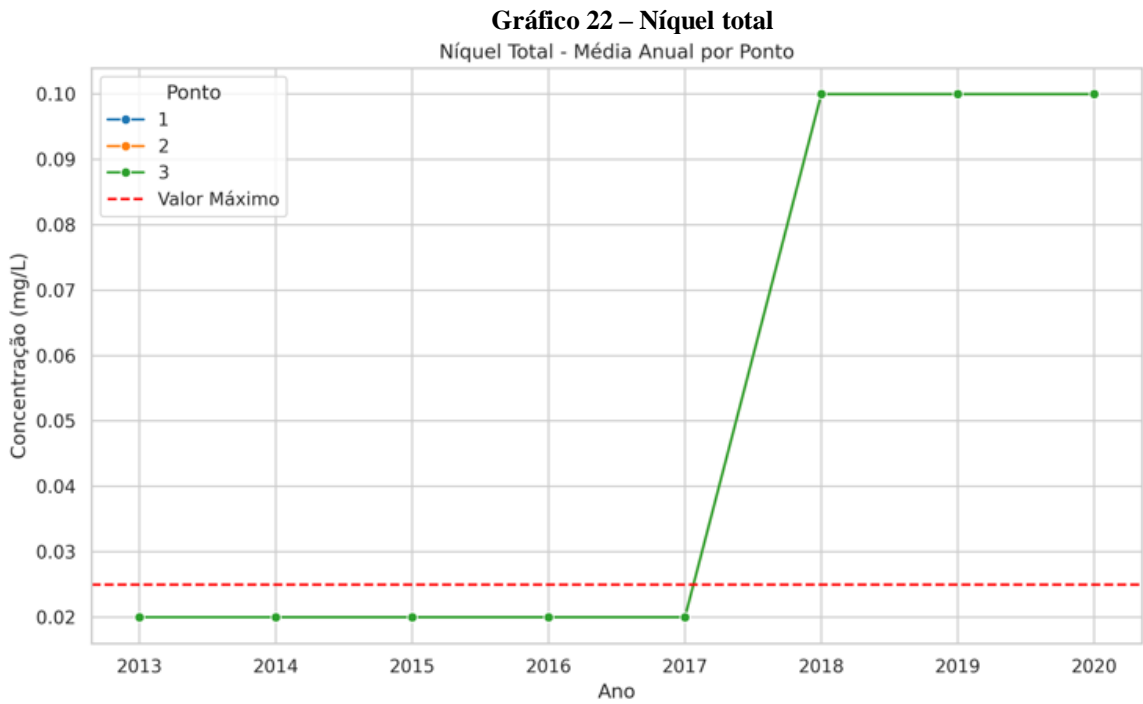
Ferro Dissolvido - Média Anual por Ponto



Fonte: Elaboração própria, 2025

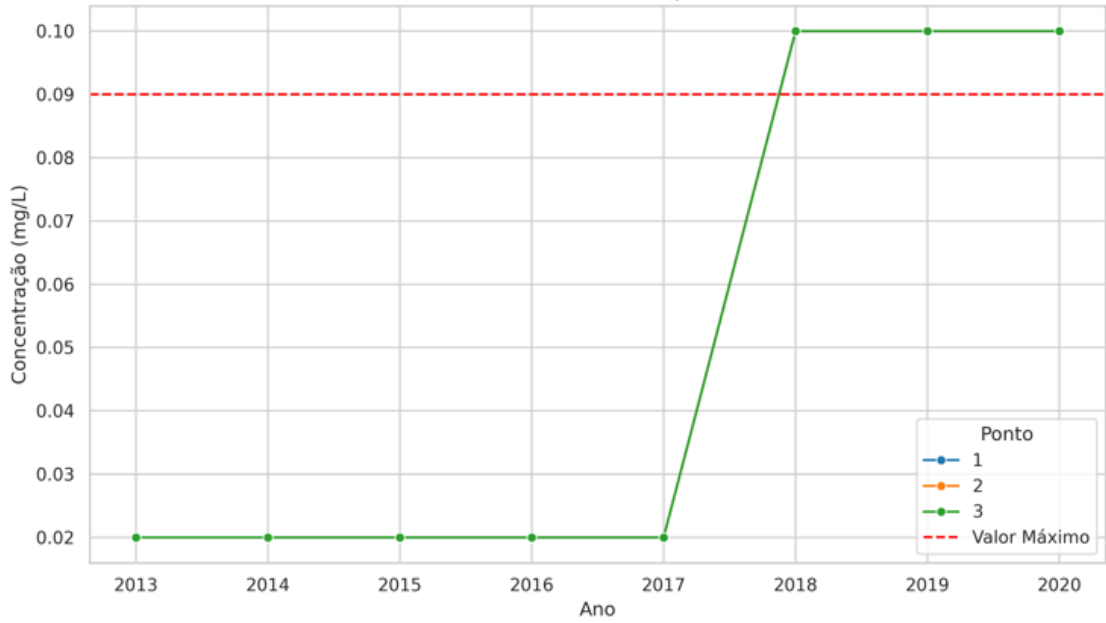


Fonte: Elaboração própria, 2025



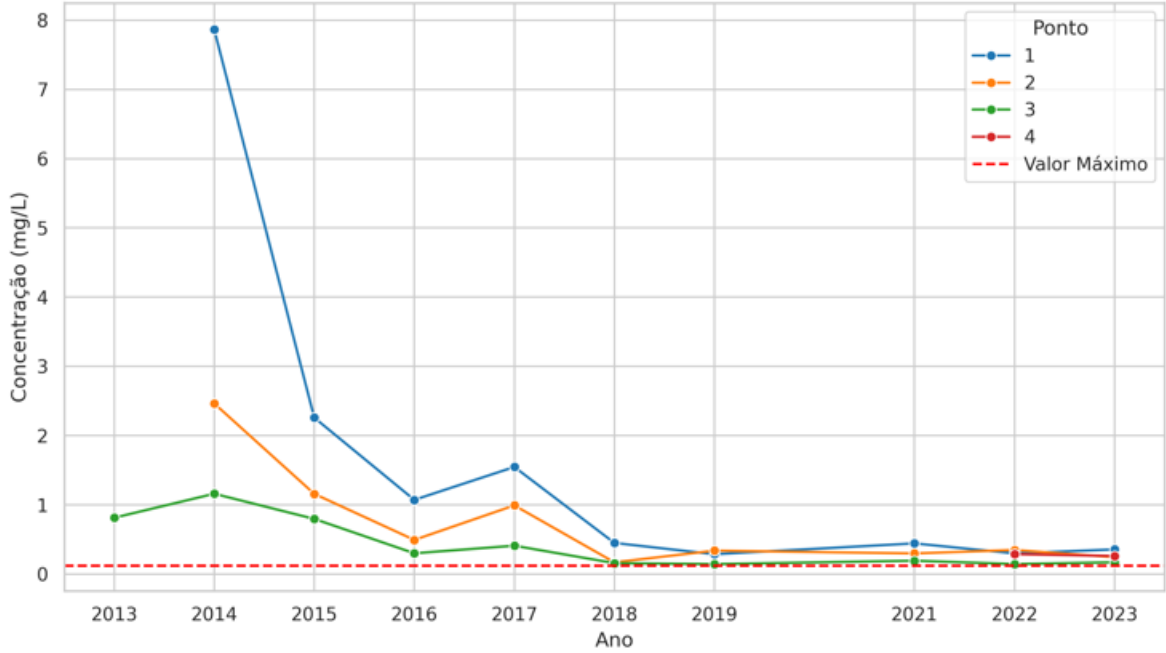
Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 23 – Zinco total
Zinco Total - Média Anual por Ponto



Fonte: Elaboração própria, 2025

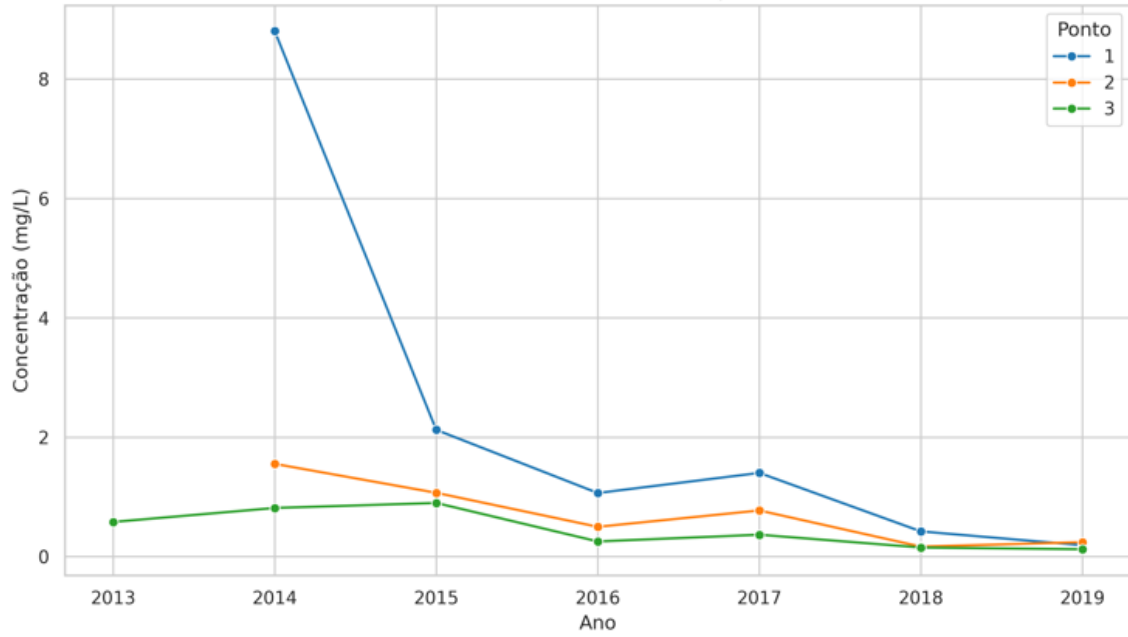
Gráfico 24 – Fósforo total
Fósforo Total - Média Anual por Ponto



Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 25 – Fósforo Ortofosfato

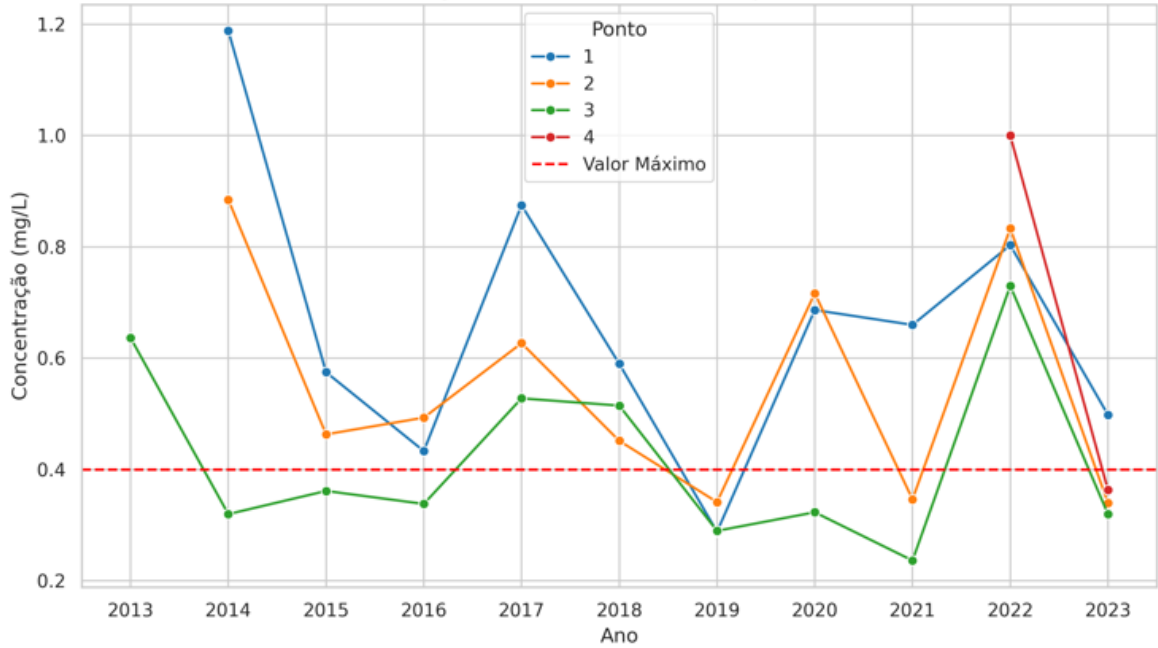
Fósforo-Ortofosfato - Média Anual por Ponto



Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 26 – Nitrogênio Amoniacal

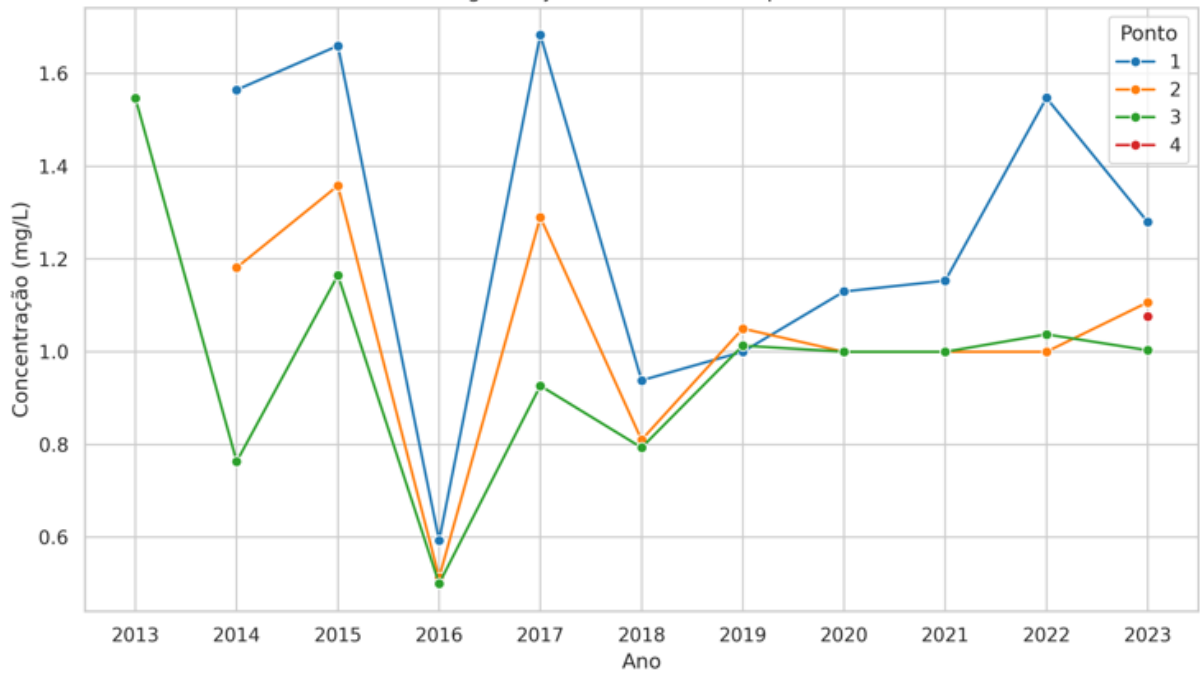
Nitrogênio Amoniacal - Média Anual por Ponto



Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 27 – Nitrogênio Kjeldahl

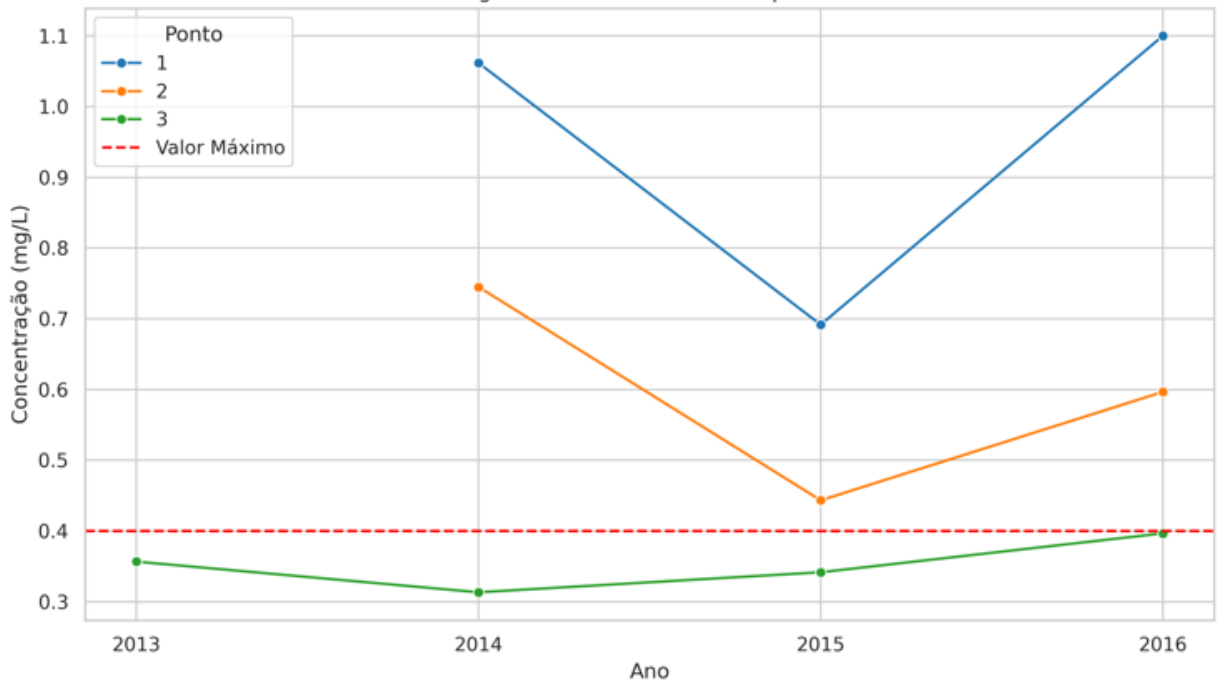
Nitrogênio Kjeldahl - Média Anual por Ponto



Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 28 – Nitrogênio-Nitrato

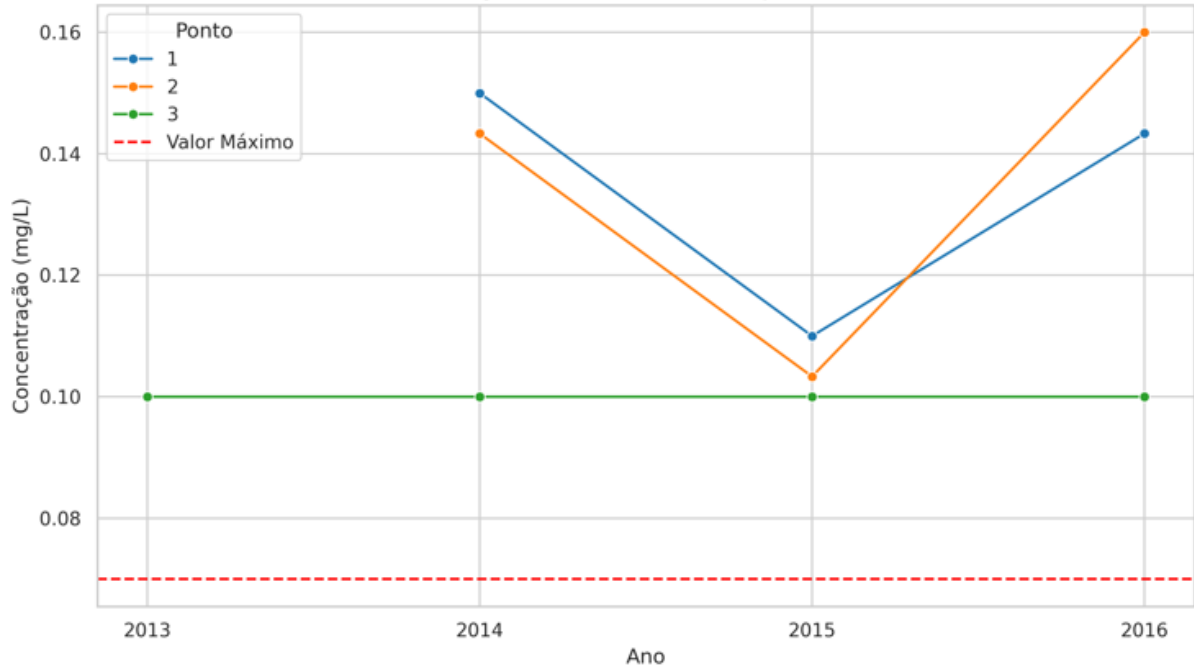
Nitrogênio-Nitrato - Média Anual por Ponto



Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 29 – Nitrogênio-Nitrito

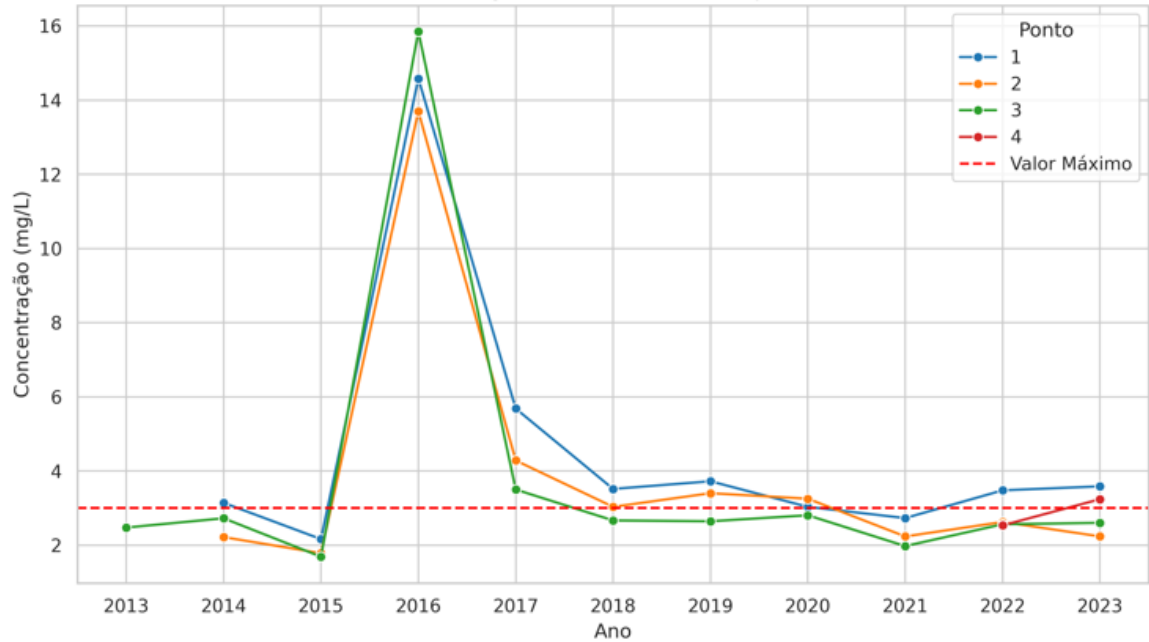
Nitrogênio-Nitrito - Média Anual por Ponto



Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 30 – Carbono Orgânico

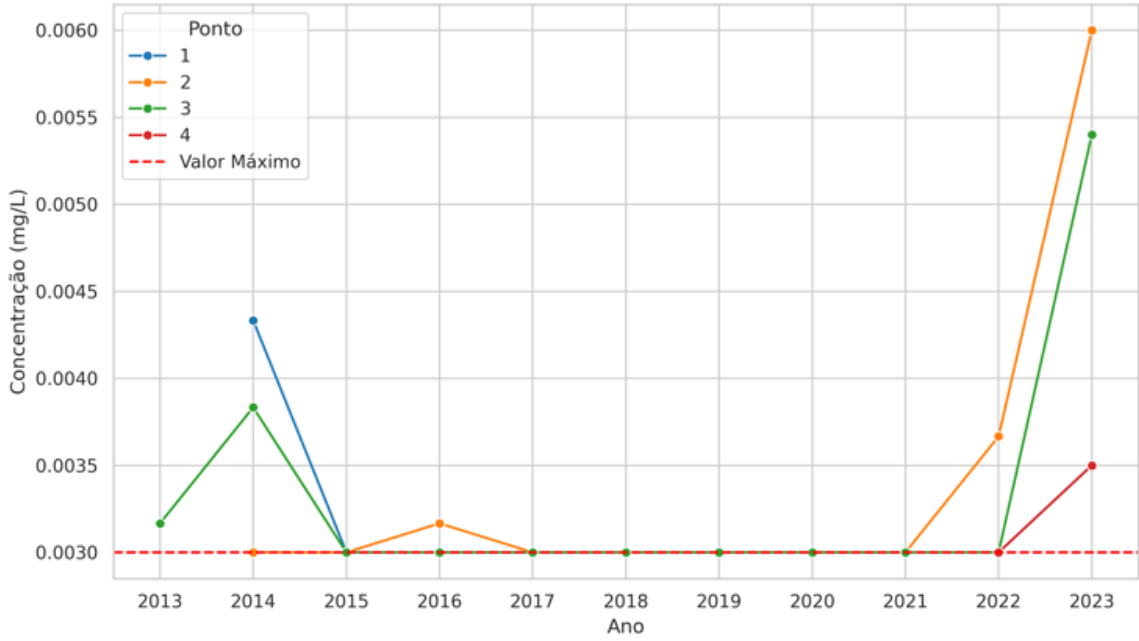
Carbono Orgânico Total - Média Anual por Ponto



Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 31 – Fenóis totais

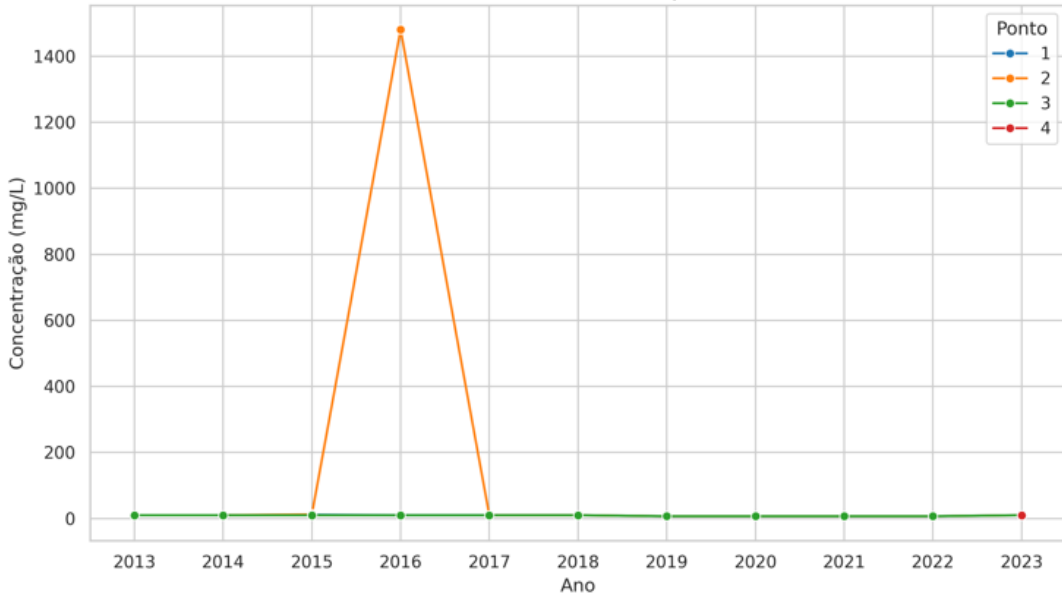
Fenóis Totais - Média Anual por Ponto



Fonte: Elaboração própria, 2025

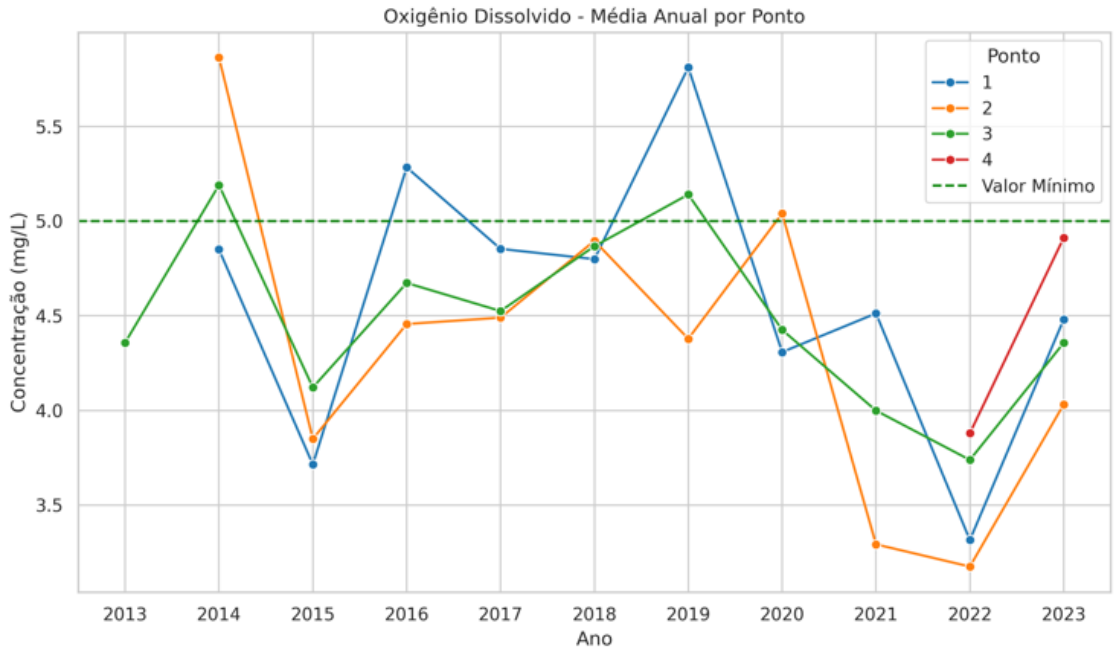
Gráfico 32 – Óleos e Graxas

Óleos e Graxas - Média Anual por Ponto



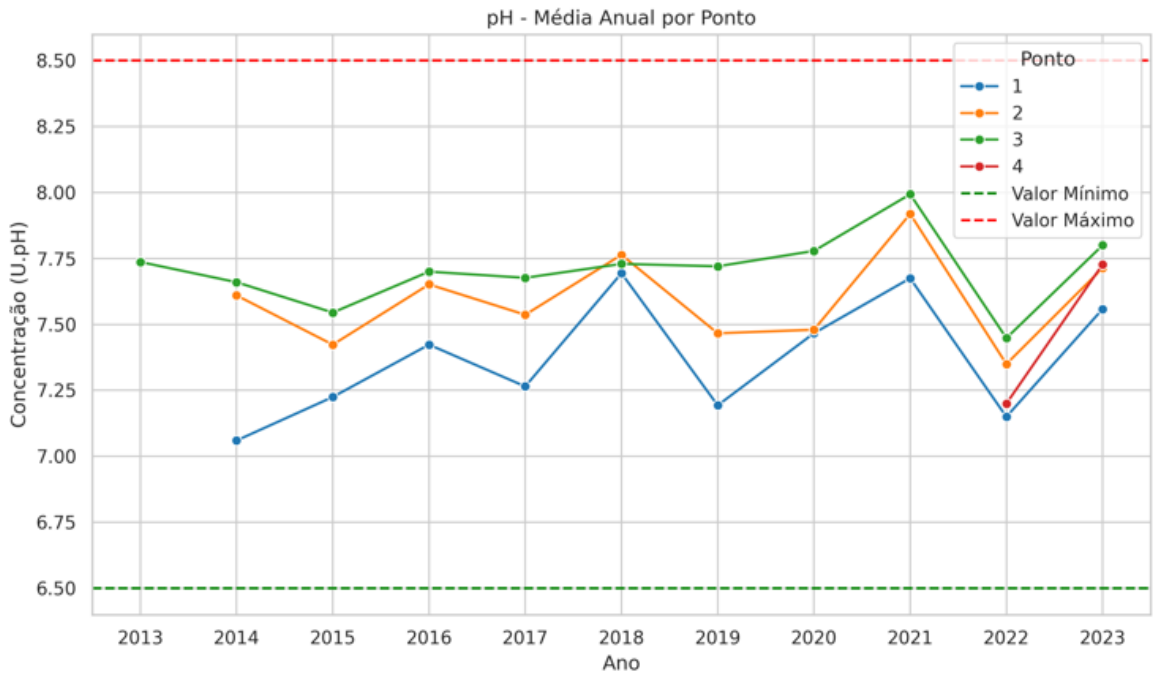
Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 33 – Oxigênio dissolvido

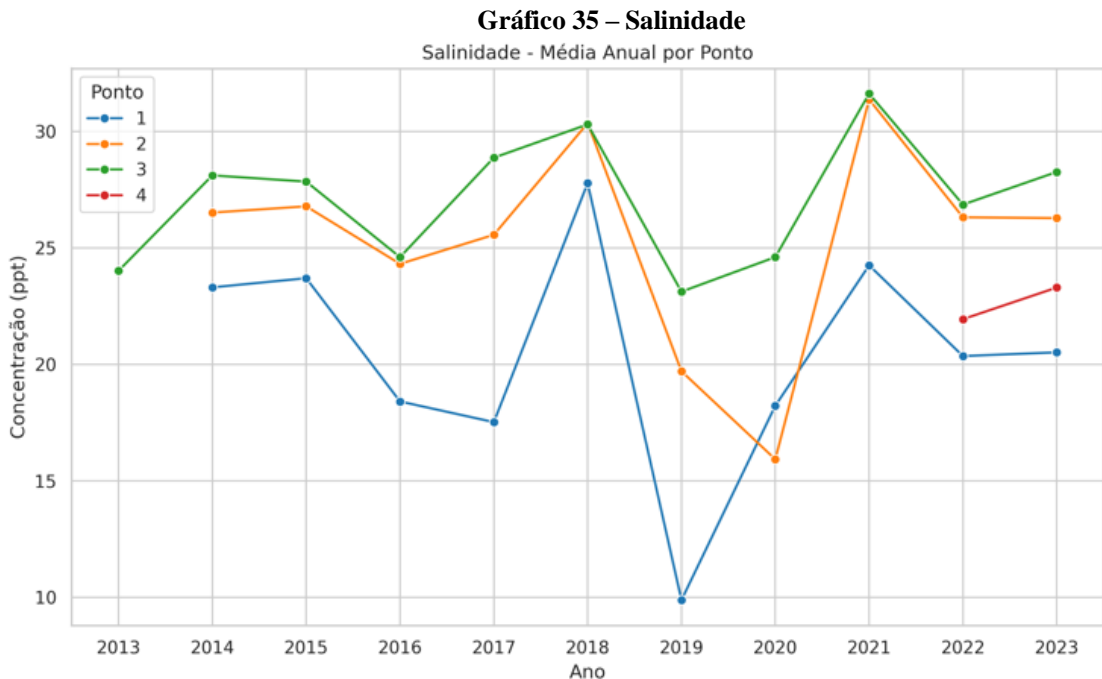


Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 34 – pH



Fonte: Elaboração própria, 2025



Fonte: Elaboração própria, 2025

6.4 Conclusão geral das análises de qualidade da água (2013-2023)

A análise dos dados de monitoramento da qualidade da água no estuário de Santos/Cubatão, de 2013 a 2023, revela um quadro persistente e preocupante de comprometimento ambiental. Os principais desafios, que se mantiveram ou se intensificaram nos anos mais recentes, são:

- **Eutrofização Crônica:** Altas concentrações de Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal, Carbono Orgânico Total e Clorofila-a, com taxas de não conformidade consistentemente elevadas até 2023. Isso indica uma sobrecarga persistente de nutrientes e matéria orgânica, provavelmente de fontes urbanas (esgoto) e/ou industriais.
- **Baixa Oxigenação (Hipóxia):** Níveis de Oxigênio Dissolvido frequentemente abaixo do limite, com 100% de não conformidade em 2022 e 2023 em vários pontos. Esta é uma consequência direta da alta carga orgânica e da eutrofização, comprometendo a vida aquática.
- **Contaminação por Metais e Toxicidade:** Presença constante de Alumínio Dissolvido e Ferro Dissolvido acima dos limites (100% de não conformidade em

2022 e 2023 em vários pontos), junto com picos de Cádmio Total e resultados de ecotoxicidade (última ocorrência em 2021). Isso demonstra a presença de poluentes inorgânicos e a toxicidade geral da água.

- pH Desregulado: Frequentes não conformidades do pH, inclusive em 2023, indicam desequilíbrios químicos que podem ser resultado de efluentes industriais.
- Risco à Saúde Pública: A detecção de Coliformes Termotolerantes aponta para contaminação fecal, representando um risco direto à saúde humana.

Em suma, os dados de monitoramento da qualidade da água do estuário de Santos/Cubatão, em uma década, revelam um cenário de contaminação persistente e multifacetada. Esses resultados reforçam a necessidade de uma solução inovadora, como a estrutura de contenção subaquática (célula), capaz de manter um ambiente contido e protegido contra a degradação externa, visando a sustentabilidade desse ecossistema.

6.5 Análise da Qualidade dos Sedimentos

Esta seção aborda os resultados das análises dos sedimentos no estuário de Santos/Cubatão, destacando a acumulação de contaminantes e suas implicações ambientais, com base nos valores de referência estabelecidos (presumindo VR2 da CETESB ou limite legal mais restritivo, conforme discutido).

6.5.1 Metais pesados nos sedimentos

Tabela 9 – Parâmetros metais pesados em sedimentos

Parâmetro	Unidade	Ponto	Limite Legal (mg/kg)	Observações Gerais sobre Conformidade	Destaques de Não Conformidade (Média %NC)
Arsênio Total	mg/kg	1, 2, 3	42	Alta %NC na maioria dos anos e pontos, incluindo 2022 e 2023. Ponto 1 e 2 consistentemente acima do limite em muitos anos.	Ponto 1: 2013 (100%), 2014 (100%), 2015 (100%), 2016 (100%), 2017 (100%), 2018 (100%), 2019 (100%), 2020 (100%), 2021 (100%), 2022 (100%), 2023 (100%). Comportamento similar para Ponto 2. Ponto 3 com menos incidência, mas 100% em 2018.
Bário Total	mg/kg	1, 2, 3	191	Geralmente em conformidade. Não conformidades isoladas e pontuais, principalmente no Ponto 3.	Ponto 3: 2014 (17%), 2015 (17%).

Parâmetro	Unidade	Ponto	Limite Legal (mg/kg)	Observações Gerais sobre Conformidade	Destques de Não Conformidade (Média %NC)
Cádmio Total	mg/kg	1, 2, 3	1.2	Alta %NC na maioria dos anos e pontos, incluindo 2022 e 2023. Ponto 1 e 2 frequentemente com 100% de não conformidade.	Ponto 1: 2013 (100%), 2014 (100%), 2015 (100%), 2016 (100%), 2017 (100%), 2018 (100%), 2019 (100%), 2020 (100%), 2021 (100%), 2022 (100%), 2023 (100%). Comportamento similar para Ponto 2 e 3.
Cobre Total	mg/kg	1, 2, 3	25	Alta %NC na maioria dos anos e pontos, incluindo 2022 e 2023. Ponto 1 e 2 consistentemente acima do limite em muitos anos.	Ponto 1: 2013 (100%), 2014 (100%), 2015 (100%), 2016 (100%), 2017 (100%), 2018 (100%), 2019 (100%), 2020 (100%), 2021 (100%), 2022 (100%), 2023 (100%). Comportamento similar para Ponto 2 e 3.
Cromo Total	mg/kg	1, 2, 3	160	Alta %NC em diversos anos e pontos, com picos de 100%. A não conformidade é consistente nos Pontos 1 e 2.	Ponto 1: 2013 (100%), 2014 (100%), 2015 (100%), 2016 (100%), 2017 (100%), 2018 (100%), 2019 (100%), 2020 (100%), 2021 (100%), 2022 (100%), 2023 (100%). Comportamento similar para Ponto 2 e 3.
Chumbo Total	mg/kg	1, 2, 3	66	Alta %NC na maioria dos anos e pontos, incluindo 2022 e 2023. Ponto 1 e 2 frequentemente com 100% de não conformidade.	Ponto 1: 2013 (100%), 2014 (100%), 2015 (100%), 2016 (100%), 2017 (100%), 2018 (100%), 2019 (100%), 2020 (100%), 2021 (100%), 2022 (100%), 2023 (100%). Comportamento similar para Ponto 2 e 3.
Mercúrio Total	mg/kg	1, 2, 3	0.48	Alta %NC na maioria dos anos e pontos, incluindo 2022 e 2023. Ponto 1 e 2 consistentemente com 100% de não conformidade.	Ponto 1: 2013 (100%), 2014 (100%), 2015 (100%), 2016 (100%), 2017 (100%), 2018 (100%), 2019 (100%), 2020 (100%), 2021 (100%), 2022 (100%), 2023 (100%). Comportamento similar para Ponto 2 e 3.
Níquel Total	mg/kg	1, 2, 3	49	Alta %NC em diversos anos e pontos, incluindo 2022 e 2023. Ponto 1 e 2 com muitas ocorrências de 100% de não conformidade.	Ponto 1: 2013 (100%), 2014 (100%), 2015 (100%), 2016 (100%), 2017 (100%), 2018 (100%), 2019 (100%), 2020 (100%), 2021 (100%), 2022 (100%), 2023 (100%). Comportamento similar para Ponto 2 e 3.
Prata Total	mg/kg	1, 2, 3	2.5	Alta %NC na maioria dos anos e pontos, incluindo 2022 e 2023. Ponto 1 e 2 consistentemente com 100% de não conformidade.	Ponto 1: 2013 (100%), 2014 (100%), 2015 (100%), 2016 (100%), 2017 (100%), 2018 (100%), 2019 (100%), 2020 (100%), 2021 (100%), 2022 (100%), 2023 (100%). Comportamento similar para Ponto 2 e 3.
Zinco Total	mg/kg	1, 2, 3	270	Alta %NC em diversos anos e pontos, incluindo 2022 e 2023. Ponto 1 e 2 com muitas ocorrências de 100% de não conformidade.	Ponto 1: 2013 (100%), 2014 (100%), 2015 (100%), 2016 (100%), 2017 (100%), 2018 (100%), 2019 (100%), 2020 (100%), 2021 (100%), 2022 (100%), 2023 (100%). Comportamento similar para Ponto 2 e 3.

Fonte: Elaboração própria, 2025

Análise dos Metais Pesados: A análise dos metais pesados nos sedimentos revela uma contaminação generalizada e persistente em todos os pontos de monitoramento ao longo da década analisada (2013-2023). Parâmetros como Arsênio, Cádmio, Cobre, Cromo, Chumbo, Mercúrio, Níquel, Prata e Zinco consistentemente excederam os limites considerados seguros para sedimentos (presumivelmente VR2 ou similar), com frequências de não conformidade atingindo 100% em muitos anos e pontos, incluindo os anos mais recentes de 2022 e 2023. Isso

indica uma acumulação crônica desses contaminantes, que podem representar um risco toxicológico significativo para a biota bentônica (organismos que vivem no sedimento) e para a cadeia alimentar, além de poderem ser remobilizados para a coluna d'água sob certas condições. O Bário Total mostrou-se predominantemente em conformidade.

6.5.2 Hidrocarbonetos (PAHs) nos sedimentos

Tabela 10 – Parâmetros Hidrocarbonetos nos sedimentos

Parâmetro	Unidade	Ponto	Limite Legal (mg/kg)	Observações Gerais sobre Conformidade	Destques de Não Conformidade (Média %NC)
Acenafteno	mg/kg	1, 2, 3	0.046	Não conformidade frequente em diversos anos e pontos, incluindo 2022 e 2023.	Ponto 1: 2015 (100%), 2017 (100%), 2018 (100%), 2019 (100%), 2020 (100%), 2021 (100%), 2022 (100%), 2023 (100%). Comportamento similar para Ponto 2 e 3.
Antraceno	mg/kg	1, 2, 3	0.38	Não conformidade frequente em diversos anos e pontos, incluindo 2022 e 2023.	Ponto 1: 2015 (100%), 2017 (100%), 2018 (100%), 2019 (100%), 2020 (100%), 2021 (100%), 2022 (100%), 2023 (100%). Comportamento similar para Ponto 2 e 3.
Benzo(a)antraceno	mg/kg	1, 2, 3	0.55	Não conformidade frequente em diversos anos e pontos, incluindo 2022 e 2023.	Ponto 1: 2015 (100%), 2017 (100%), 2018 (100%), 2019 (100%), 2020 (100%), 2021 (100%), 2022 (100%), 2023 (100%). Comportamento similar para Ponto 2 e 3.
Benzo(a)pireno	mg/kg	1, 2, 3	0.65	Não conformidade frequente em diversos anos e pontos, incluindo 2022 e 2023.	Ponto 1: 2015 (100%), 2017 (100%), 2018 (100%), 2019 (100%), 2020 (100%), 2021 (100%), 2022 (100%), 2023 (100%). Comportamento similar para Ponto 2 e 3.
Benzo(b)fluoranteno	mg/kg	1, 2, 3	1.1	Não conformidade frequente em diversos anos e pontos, incluindo 2022 e 2023.	Ponto 1: 2015 (100%), 2017 (100%), 2018 (100%), 2019 (100%), 2020 (100%), 2021 (100%), 2022 (100%), 2023 (100%). Comportamento similar para Ponto 2 e 3.
Benzo(g,h,i)perileno	mg/kg	1, 2, 3	0.62	Não conformidade frequente em diversos anos e pontos, incluindo 2022 e 2023.	Ponto 1: 2015 (100%), 2017 (100%), 2018 (100%), 2019 (100%), 2020 (100%), 2021 (100%), 2022 (100%), 2023 (100%). Comportamento similar para Ponto 2 e 3.
Benzo(k)fluoranteno	mg/kg	1, 2, 3	0.66	Não conformidade frequente em diversos anos e pontos, incluindo 2022 e 2023.	Ponto 1: 2015 (100%), 2017 (100%), 2018 (100%), 2019 (100%), 2020 (100%), 2021 (100%), 2022 (100%), 2023 (100%). Comportamento similar para Ponto 2 e 3.
Criseno	mg/kg	1, 2, 3	0.44	Não conformidade frequente em diversos anos e pontos, incluindo 2022 e 2023.	Ponto 1: 2015 (100%), 2017 (100%), 2018 (100%), 2019 (100%), 2020 (100%), 2021 (100%), 2022 (100%), 2023 (100%). Comportamento similar para Ponto 2 e 3.

Parâmetro	Unidade	Ponto	Limite Legal (mg/kg)	Observações Gerais sobre Conformidade	Destques de Não Conformidade (Média %NC)
Dibenz(a,h)antraceno	mg/kg	1, 2, 3	0.063	Não conformidade frequente em diversos anos e pontos, incluindo 2022 e 2023.	Ponto 1: 2015 (100%), 2017 (100%), 2018 (100%), 2019 (100%), 2020 (100%), 2021 (100%), 2022 (100%), 2023 (100%). Comportamento similar para Ponto 2 e 3.
Fluoranteno	mg/kg	1, 2, 3	1.1	Não conformidade frequente em diversos anos e pontos, incluindo 2022 e 2023.	Ponto 1: 2015 (100%), 2017 (100%), 2018 (100%), 2019 (100%), 2020 (100%), 2021 (100%), 2022 (100%), 2023 (100%). Comportamento similar para Ponto 2 e 3.
Fluoreno	mg/kg	1, 2, 3	0.052	Não conformidade frequente em diversos anos e pontos, incluindo 2022 e 2023.	Ponto 1: 2015 (100%), 2017 (100%), 2018 (100%), 2019 (100%), 2020 (100%), 2021 (100%), 2022 (100%), 2023 (100%). Comportamento similar para Ponto 2 e 3.
Indeno(1,2,3-cd)pireno	mg/kg	1, 2, 3	0.54	Não conformidade frequente em diversos anos e pontos, incluindo 2022 e 2023.	Ponto 1: 2015 (100%), 2017 (100%), 2018 (100%), 2019 (100%), 2020 (100%), 2021 (100%), 2022 (100%), 2023 (100%). Comportamento similar para Ponto 2 e 3.
Naftaleno	mg/kg	1, 2, 3	0.16	Não conformidade frequente em diversos anos e pontos, incluindo 2022 e 2023.	Ponto 1: 2015 (100%), 2017 (100%), 2018 (100%), 2019 (100%), 2020 (100%), 2021 (100%), 2022 (100%), 2023 (100%). Comportamento similar para Ponto 2 e 3.
Pireno	mg/kg	1, 2, 3	1.0	Não conformidade frequente em diversos anos e pontos, incluindo 2022 e 2023.	Ponto 1: 2015 (100%), 2017 (100%), 2018 (100%), 2019 (100%), 2020 (100%), 2021 (100%), 2022 (100%), 2023 (100%). Comportamento similar para Ponto 2 e 3.

Fonte: Elaboração própria, 2025

Análise dos Hidrocarbonetos (PAHs): A presença de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (PAHs) é um problema generalizado nos sedimentos do estuário. Praticamente todos os PAHs analisados (Acenafeno, Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo(g,h,i)perileno, Benzo(k)fluoranteno, Criseno, Dibenz(a,h)antraceno, Fluoranteno, Fluoreno, Indeno(1,2,3-cd)pireno, Naftaleno e Pireno) apresentaram não conformidade consistente e alta (frequentemente 100%) em todos os pontos e na maioria dos anos, incluindo 2022 e 2023. Os PAHs são poluentes persistentes e cancerígenos, associados a derramamentos de petróleo, combustão incompleta e atividades industriais. Sua ampla distribuição e altas concentrações nos sedimentos indicam uma contaminação crônica e de grande escala, representando um grave risco ecológico e potencial risco à saúde humana através da bioacumulação na cadeia alimentar.

6.5.3 Poluentes orgânicos diversos nos sedimentos (incluindo PCBs)

Tabela 11 – Parâmetros Poluentes orgânicos diversos nos sedimentos

Parâmetro	Unidade	Ponto	Limite Legal (mg/kg)	Observações Gerais sobre Conformidade	Destques de Não Conformidade (Média %NC)
Bifenil	mg/kg	1, 2, 3	0.005	Não conformidade em alguns anos e pontos, incluindo 2022 e 2023.	Ponto 1: 2018 (100%), 2019 (100%), 2020 (100%), 2021 (100%), 2022 (100%), 2023 (100%). Comportamento similar para Ponto 2 e 3.
Clorobenzeno	mg/kg	1, 2, 3	0.005	Não conformidade em alguns anos e pontos, incluindo 2022 e 2023.	Ponto 1: 2018 (100%), 2019 (100%), 2020 (100%), 2021 (100%), 2022 (100%), 2023 (100%). Comportamento similar para Ponto 2 e 3.
HCB (Hexaclorobenzeno)	mg/kg	1, 2, 3	0.003	Não conformidade em alguns anos e pontos, incluindo 2022 e 2023.	Ponto 1: 2018 (100%), 2019 (100%), 2020 (100%), 2021 (100%), 2022 (100%), 2023 (100%). Comportamento similar para Ponto 2 e 3.
PCB (Bifenilas Policloradas)	mg/kg	1, 2, 3	0.022	Alta %NC na maioria dos anos e pontos, incluindo 2022 e 2023. Ponto 1 e 2 consistentemente com 100% de não conformidade.	Ponto 1: 2013 (100%), 2014 (100%), 2015 (100%), 2016 (100%), 2017 (100%), 2018 (100%), 2019 (100%), 2020 (100%), 2021 (100%), 2022 (100%), 2023 (100%). Comportamento similar para Ponto 2 e 3.

Fonte: Elaboração própria, 2025

Análise dos Orgânicos Diversos: Compostos como Bifenil, Clorobenzeno e Hexaclorobenzeno (HCB) apresentaram não conformidade significativa em muitos anos, estendendo-se até 2023. No entanto, a maior preocupação é com as Bifenilas Policloradas (PCBs), que demonstram uma contaminação extremamente generalizada e persistente, com 100% de não conformidade em quase todos os anos e pontos, incluindo 2022 e 2023. PCBs são poluentes orgânicos persistentes (POPs) altamente tóxicos, cancerígenos e bioacumulativos. Sua presença massiva e contínua nos sedimentos indica uma poluição histórica e ativa, representando um risco ambiental severo e de longo prazo para o ecossistema e para a saúde humana através da bioacumulação na cadeia alimentar.

6.5.4 Nutrientes nos sedimentos

Tabela 12 – Parâmetros nutrientes nos sedimentos

Parâmetro	Unidade	Ponto	Limite Legal (mg/kg)	Observações Gerais sobre Conformidade	Destques de Não Conformidade (Média %NC)
Fósforo Total	mg/kg	1, 2, 3	Não há VR	Geralmente em conformidade, não apresentando limites da CONAMA para sedimentos.	Não aplicável para não conformidade com limite. Os valores mostram variabilidade.
Nitrogênio Total	mg/kg	1, 2, 3	Não há VR	Geralmente em conformidade, não apresentando limites da CONAMA para sedimentos.	Não aplicável para não conformidade com limite. Os valores mostram variabilidade.

Fonte: Elaboração própria, 2025

Análise dos Nutrientes: Para Fósforo Total e Nitrogênio Total em sedimentos, não há valores de referência diretos da CETESB nos dados fornecidos para comparação de conformidade. No entanto, os valores presentes nos sedimentos, embora não classificados como "não conformes" por um limite específico, podem contribuir para a carga de nutrientes no sistema e impactar a qualidade da água e a eutrofização, como observado no relatório de água. É importante monitorar a evolução desses níveis para entender a dinâmica de nutrientes no estuário.

6.5.5 Outros parâmetros químicos nos sedimentos (COT, Sólidos Voláteis, Sulfeto Total)

Tabela 13 – Parâmetros químicos nos sedimentos (outros)

Parâmetro	Unidade	Ponto	Limite Legal (mg/kg)	Observações Gerais sobre Conformidade	Destques de Não Conformidade (Média %NC)
Carbono Orgânico Total	%	1, 2, 3	Não há VR	Alta variação, mas sem limites de conformidade direta. Apresenta concentrações elevadas em muitos anos e pontos, indicando grande quantidade de matéria orgânica.	Não aplicável para não conformidade com limite. Ponto 1: 2013 (100%), 2014 (100%), 2015 (100%), 2016 (100%), 2017 (100%), 2018 (100%), 2019 (100%), 2020 (100%), 2021 (100%), 2022 (100%), 2023 (100%). Comportamento similar para Ponto 2 e 3.
Sólidos Voláteis	%	1, 2, 3	Não há VR	Similar ao Carbono Orgânico Total, com alta variação e concentrações elevadas.	Não aplicável para não conformidade com limite. Ponto 1: 2013 (100%), 2014 (100%), 2015 (100%), 2016 (100%), 2017 (100%), 2018 (100%), 2019 (100%), 2020 (100%), 2021 (100%), 2022 (100%), 2023 (100%). Comportamento similar para Ponto 2 e 3.

Parâmetro	Unidade	Ponto	Limite Legal (mg/kg)	Observações Gerais sobre Conformidade	Destques de Não Conformidade (Média %NC)
Sulfeto Total	%	1, 2, 3	Não há VR	Alta variação, com picos elevados. Indicam condições anóxicas ou sub-anóxicas nos sedimentos.	Não aplicável para não conformidade com limite. Ponto 1: 2013 (100%), 2014 (100%), 2015 (100%), 2016 (100%), 2017 (100%), 2018 (100%), 2019 (100%), 2020 (100%), 2021 (100%), 2022 (100%), 2023 (100%). Comportamento similar para Ponto 2 e 3.
TOC	%	1, 2, 3	0.005	Não conformidade frequente em diversos anos e pontos, incluindo 2022 e 2023.	Ponto 1: 2018 (100%), 2019 (100%), 2020 (100%), 2021 (100%), 2022 (100%), 2023 (100%). Comportamento similar para Ponto 2 e 3.

Fonte: Elaboração própria, 2025

Análise de Outros Parâmetros Químicos: O Carbono Orgânico Total (COT) e os Sólidos Voláteis são consistentemente altos, indicando uma grande quantidade de matéria orgânica acumulada nos sedimentos. Embora não haja limites diretos da CONAMA/CETESB para "conformidade" para esses parâmetros como "Limite Legal" nos dados, suas concentrações elevadas são um forte indício de deposição contínua de matéria orgânica, que, ao se decompor, consome oxigênio e contribui para condições anóxicas no sedimento. A presença de Sulfeto Total em altas concentrações, observadas consistentemente em todos os pontos e anos (inclusive 2022 e 2023), é um indicador direto dessas condições anóxicas/anaeróbicas, que são extremamente prejudiciais para a vida bentônica e podem favorecer a remobilização de metais pesados. O TOC, por sua vez, demonstrou não conformidade significativa até 2023.

6.5.6 Parâmetros microbiológicos nos sedimentos (Coliformes Fecais)

Tabela 14 – Parâmetros microbiológicos nos sedimentos (outros)

Parâmetro	Unidade	Ponto	Limite Legal (NMP/g)	Observações Gerais sobre Conformidade	Destques de Não Conformidade (Média %NC)
Coliformes Fecais	NMP/g	1, 2, 3	1000	Alta %NC na maioria dos anos e pontos, incluindo 2022 e 2023. Frequente 100% de não conformidade.	Ponto 1: 2013 (100%), 2014 (100%), 2015 (100%), 2016 (100%), 2017 (100%), 2018 (100%), 2019 (100%), 2020 (100%), 2021 (100%), 2022 (100%), 2023 (100%). Comportamento similar para Ponto 2 e 3.

Fonte: Elaboração própria, 2025

Análise dos Parâmetros Microbiológicos: A análise de Coliformes Fecais nos sedimentos revela uma contaminação bacteriana generalizada e persistentemente alta, com 100% de não conformidade em quase todos os anos e pontos, incluindo 2022 e 2023. Isso é um

forte indicativo de poluição contínua por esgoto doméstico não tratado no estuário. A acumulação dessas bactérias nos sedimentos representa um risco significativo à saúde pública para qualquer atividade de contato primário ou secundário com o ambiente aquático, além de indicar uma pressão de poluição orgânica constante.

6.5.7 Parâmetros Ecotoxicológicos nos Sedimentos

Tabela 15 – Parâmetros Ecotoxicológicos nos sedimentos

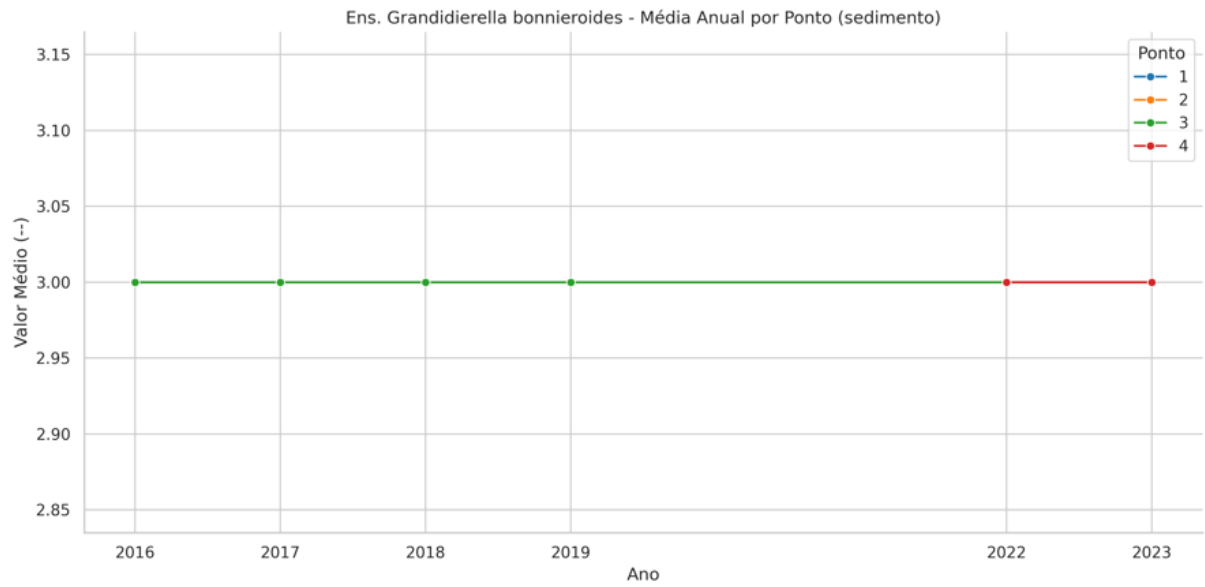
Parâmetro	Unidade	Ponto	Limite Legal (EC20%)	Observações Gerais sobre Conformidade	Destques de Não Conformidade (Média %NC)
Ens. Ecotoxic. c/ <i>L. variegatus</i>	CE50(%)	1, 2, 3	50	Alta %NC na maioria dos anos e pontos, incluindo 2022 e 2023. Ponto 1 e 2 frequentemente com 100% de não conformidade.	Ponto 1: 2013 (100%), 2014 (100%), 2015 (100%), 2016 (100%), 2017 (100%), 2018 (100%), 2019 (100%), 2020 (100%), 2021 (100%), 2022 (100%), 2023 (100%). Comportamento similar para Ponto 2 e 3.
Ens. Ecotoxic. c/ <i>S. notosulcata</i>	CE50(%)	1, 2, 3	50	Alta %NC na maioria dos anos e pontos, incluindo 2022 e 2023. Ponto 1 e 2 frequentemente com 100% de não conformidade.	Ponto 1: 2013 (100%), 2014 (100%), 2015 (100%), 2016 (100%), 2017 (100%), 2018 (100%), 2019 (100%), 2020 (100%), 2021 (100%), 2022 (100%), 2023 (100%). Comportamento similar para Ponto 2 e 3.

Fonte: Elaboração própria, 2025

Análise dos Parâmetros Ecotoxicológicos: Os ensaios de ecotoxicidade com *L. variegatus* e *S. notosulcata* nos sedimentos demonstram uma toxicidade aguda e crônica generalizada e persistente em todos os pontos e anos, com taxas de não conformidade frequentemente atingindo 100%, incluindo 2022 e 2023. Isso é uma evidência contundente de que os sedimentos do estuário são consistentemente tóxicos para organismos bentônicos. A toxicidade observada é coerente com as altas concentrações de metais pesados e hidrocarbonetos (PAHs) e PCBs, que são conhecidos por seus efeitos adversos na biota aquática. Essa toxicidade afeta diretamente a base da cadeia alimentar e pode ter impactos cascata em todo o ecossistema estuarino.

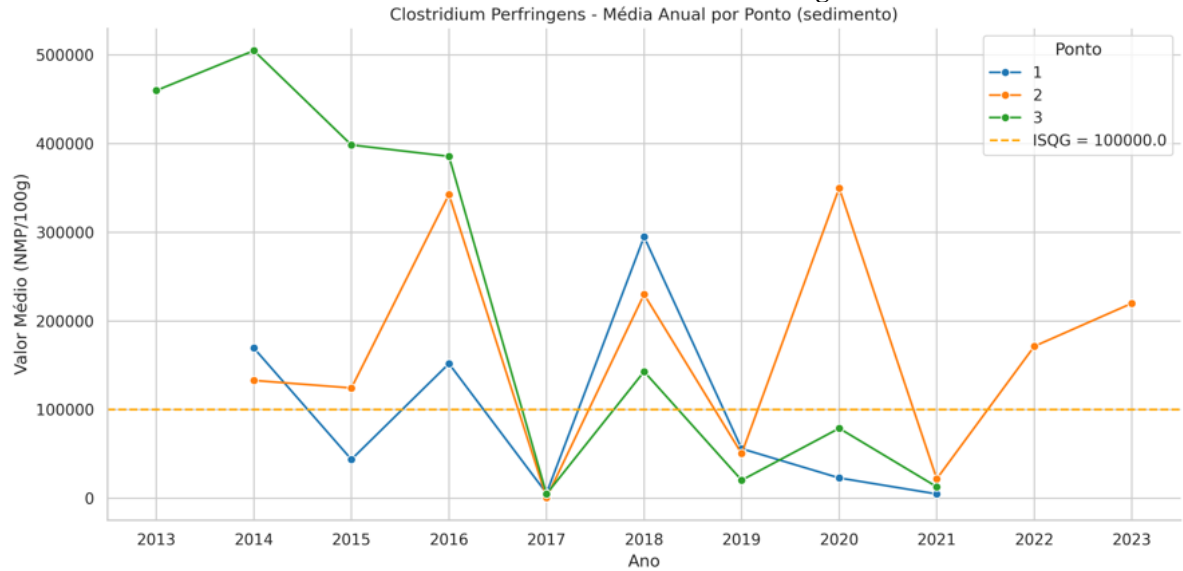
6.6 Representação gráfica dos resultados

Gráfico 36 – Grandidierella bonnieroides



Fonte: Elaboração própria, 2025

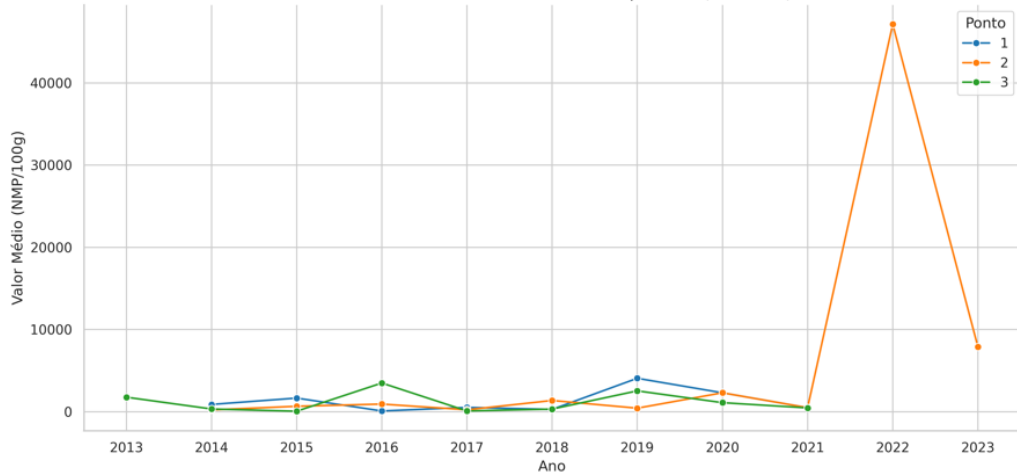
Gráfico 37 – Clostridium Perfringens



Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 38 – Coliformes termotolerantes

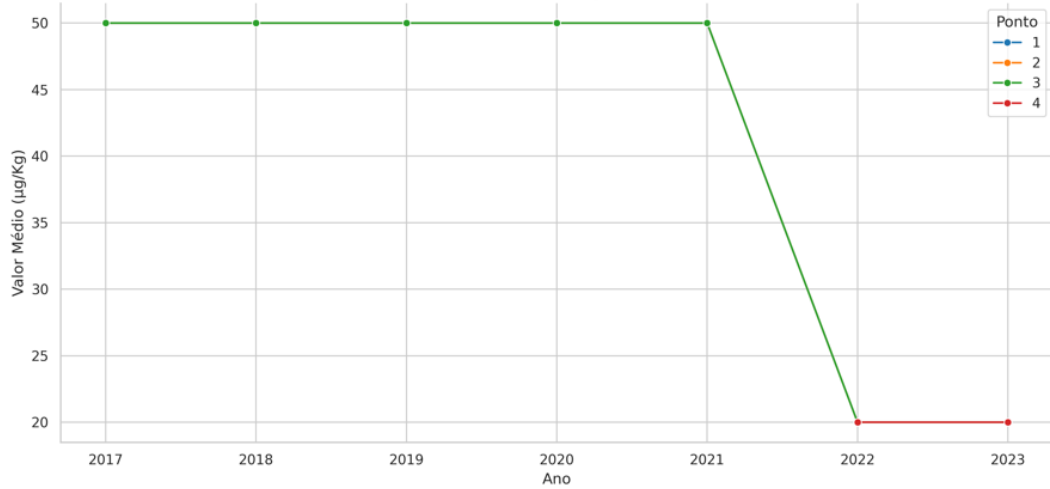
Coliformes Termotolerantes - Média Anual por Ponto (sedimento)



Fonte: Elaboração própria, 2025

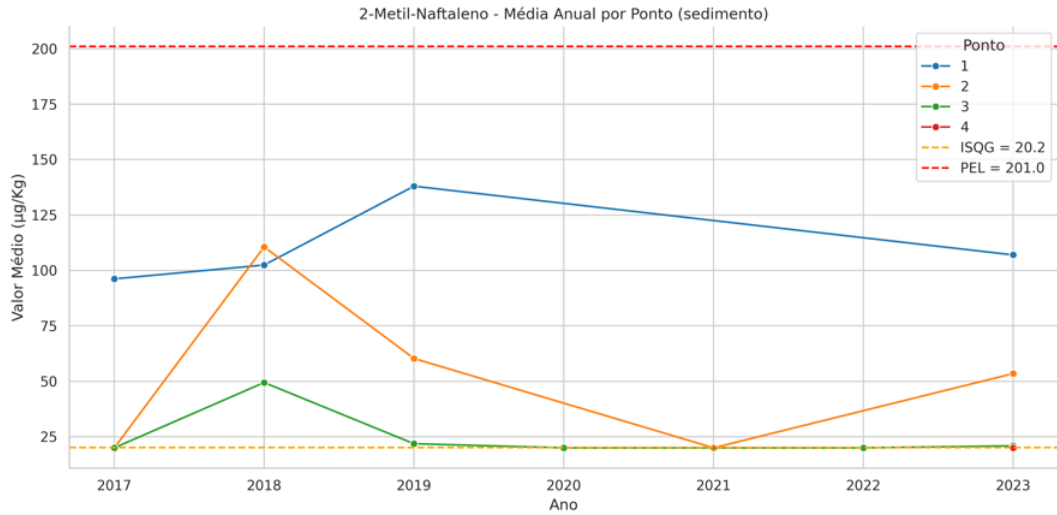
Gráfico 39 – 1-Metil-Naftaleno

1-Metil-Naftaleno - Média Anual por Ponto (sedimento)



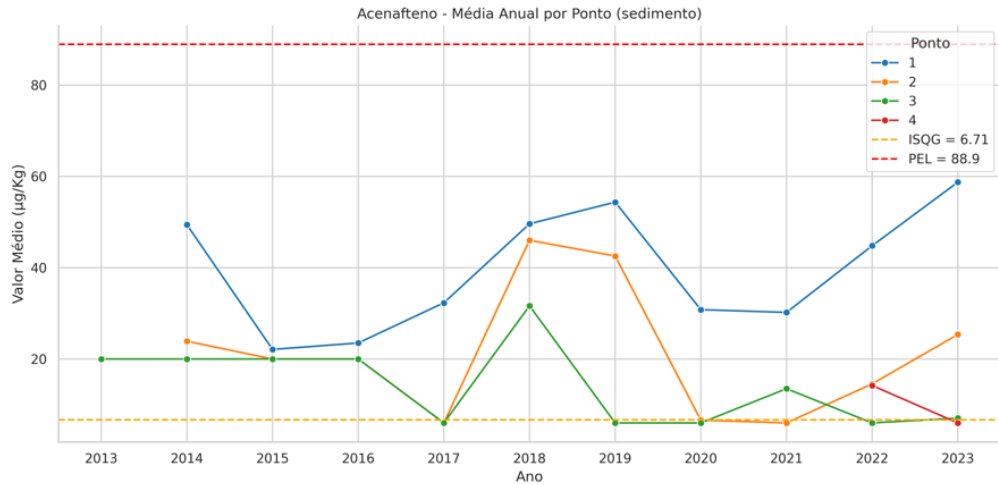
Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 40 – 2-Metil-Naftaleno



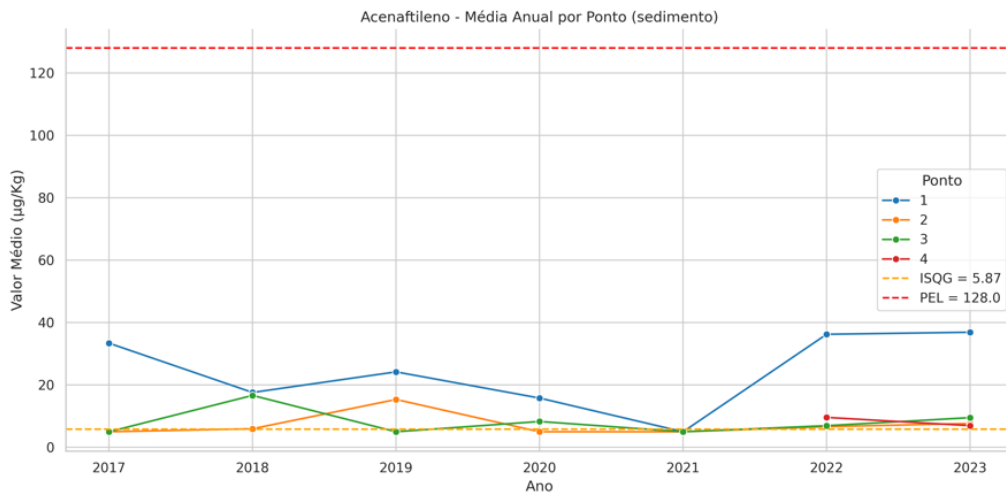
Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 41 – Acenafteno



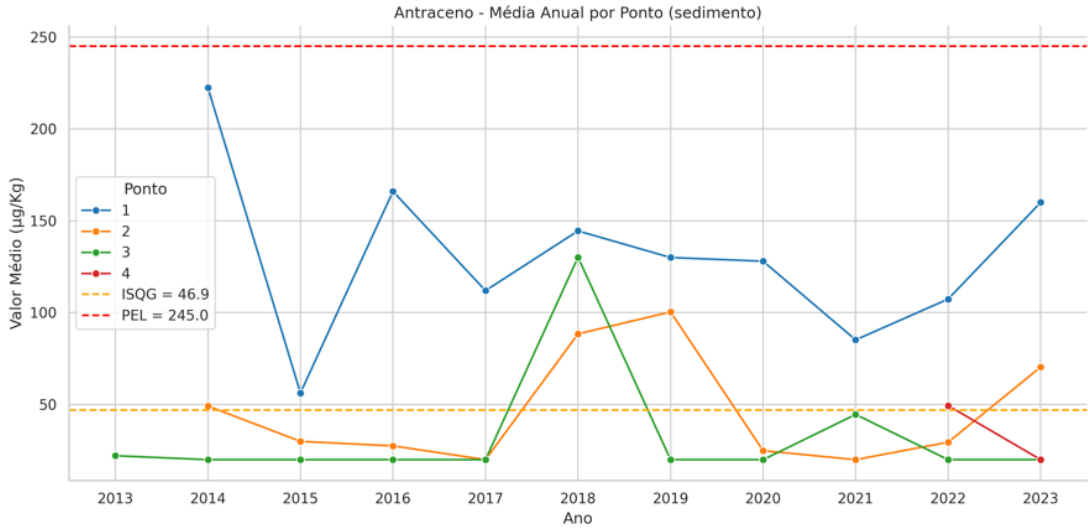
Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 42 – Acenaftileno

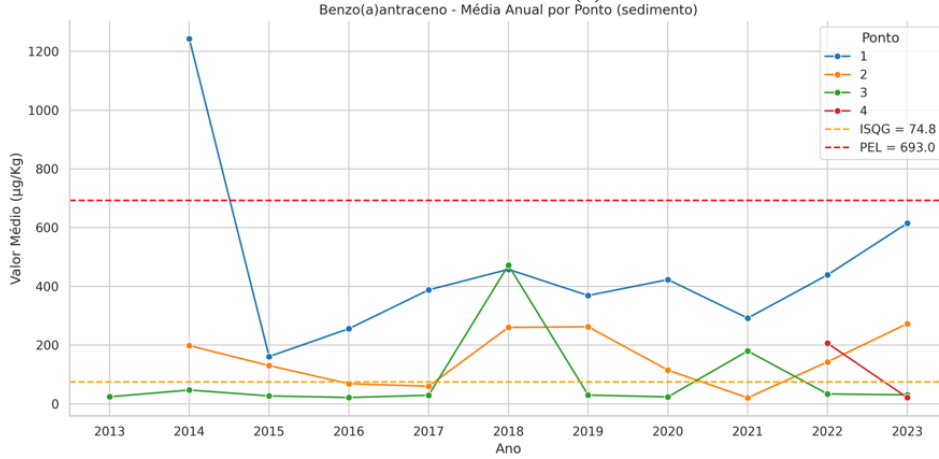


Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 43 – Antraceno

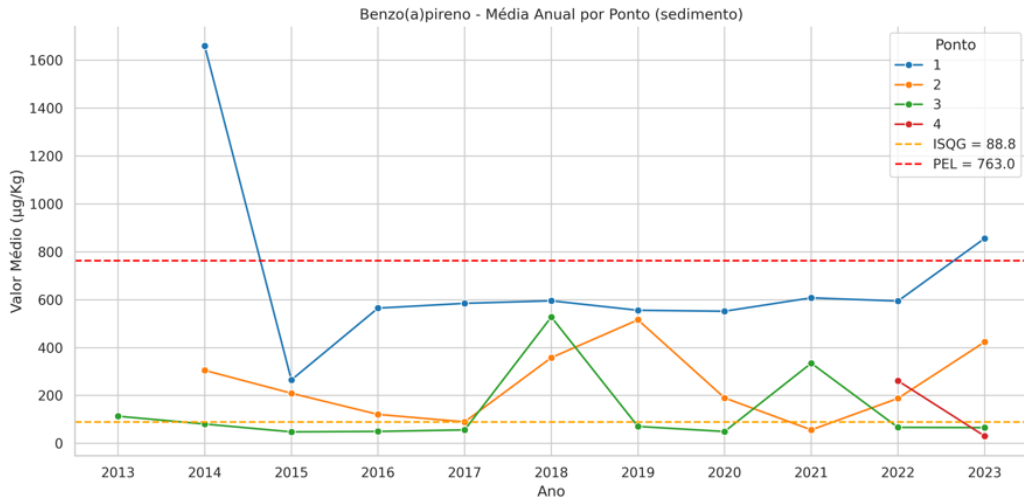


Fonte: Elaboração própria, 2025
Gráfico 44 – Benzo(a)antraceno



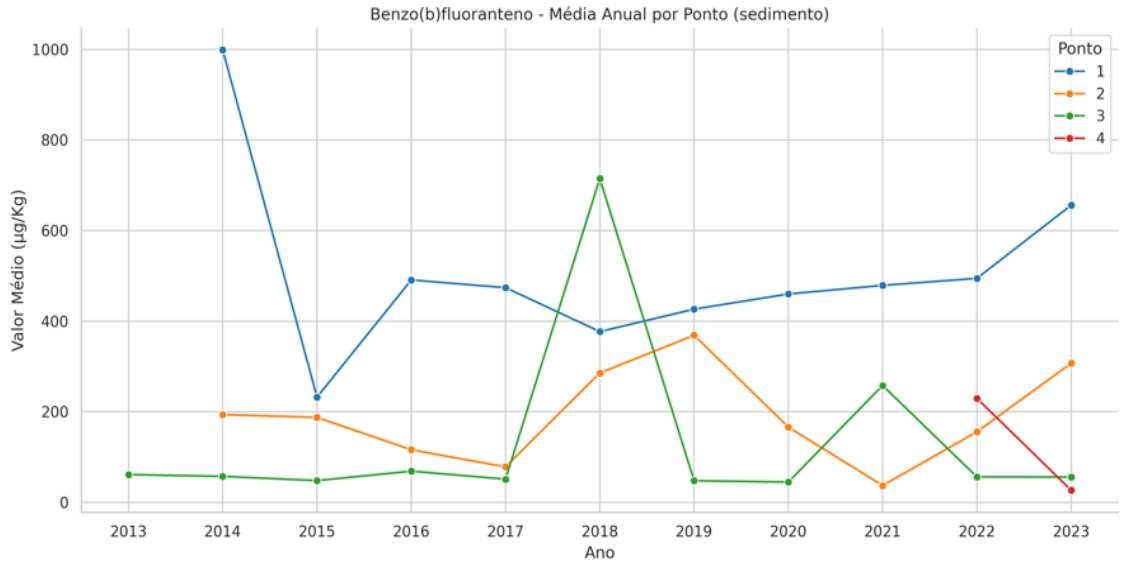
Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 45 – Benzo(a)pireno

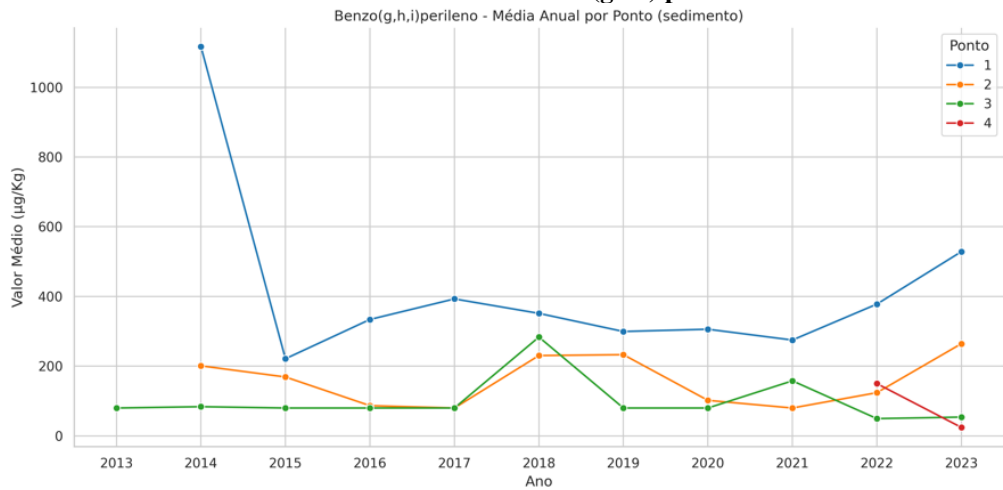


Fonte: Elaboração própria, 2025

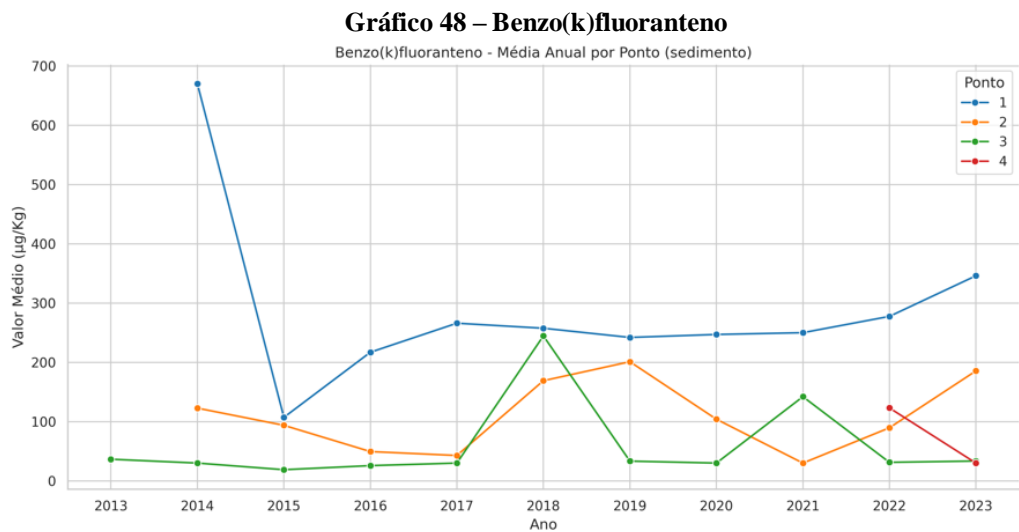
Gráfico 46 – Benzo(b)fluoranteno



Fonte: Elaboração própria, 2025
Gráfico 47 – Benzo (g,h,i) perileno



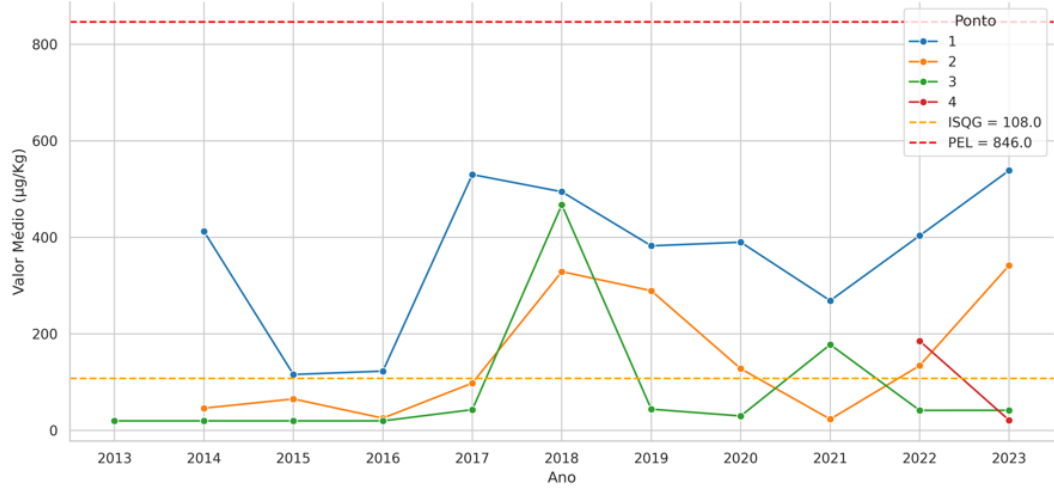
Fonte: Elaboração própria, 2025



Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 49 – Criseno

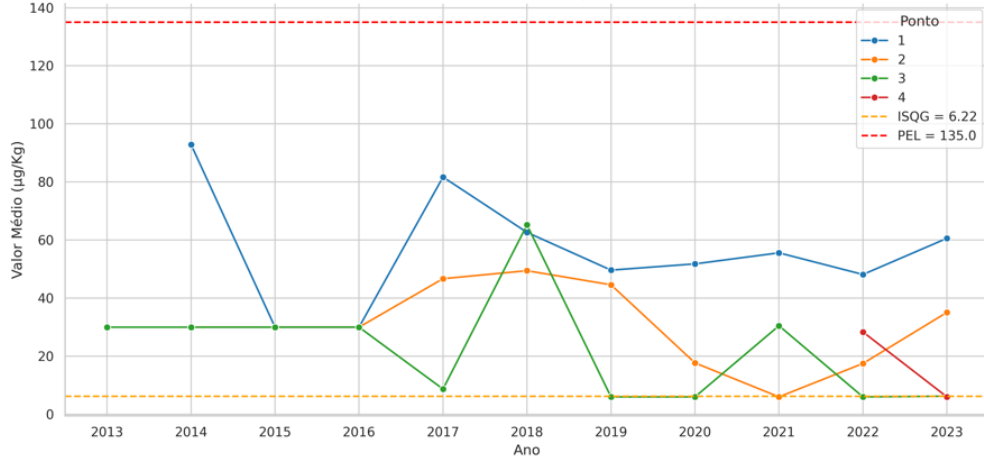
Criseno - Média Anual por Ponto (sedimento)



Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 50 – Dibenzo(a,h)antraceno

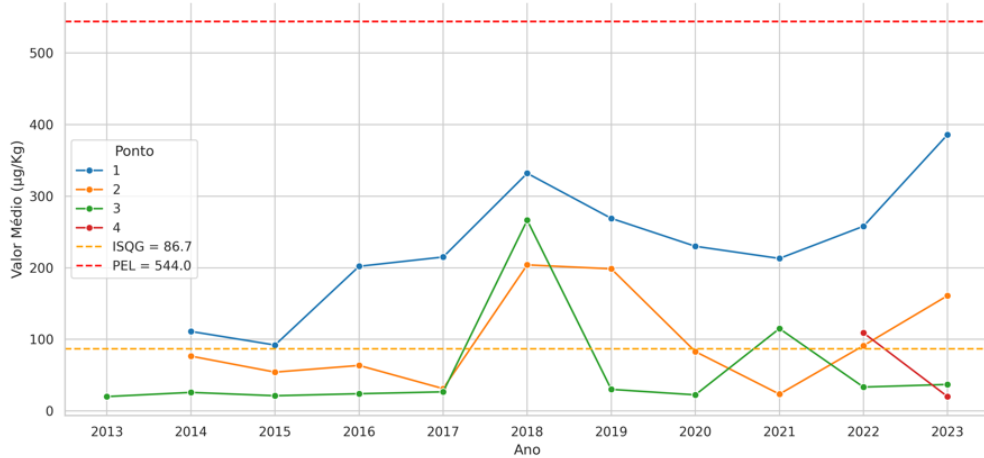
Dibenzo(a,h)antraceno - Média Anual por Ponto (sedimento)



Fonte: Elaboração própria, 2025

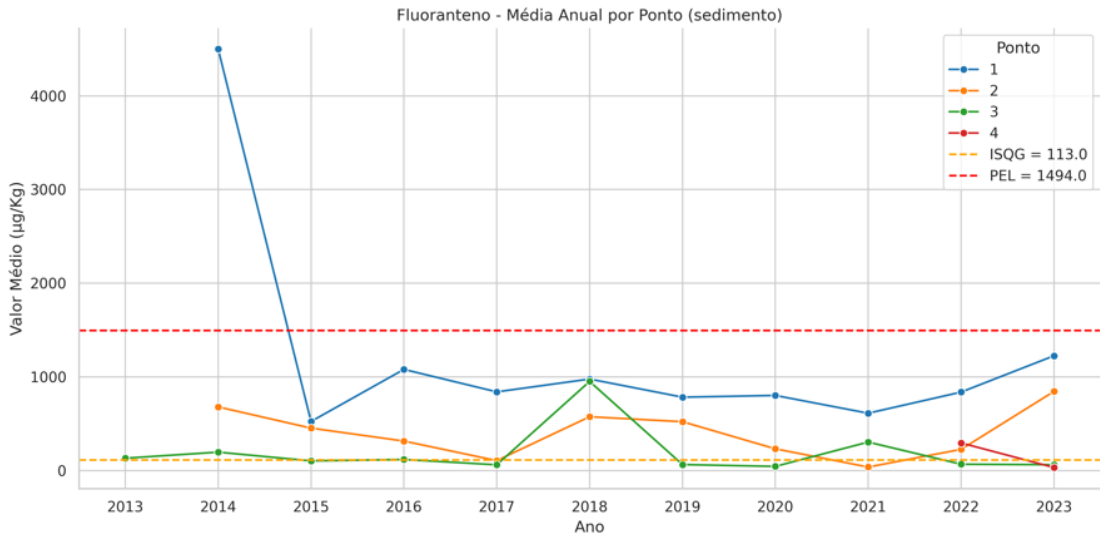
Gráfico 51 – Fenantreno

Fenantreno - Média Anual por Ponto (sedimento)



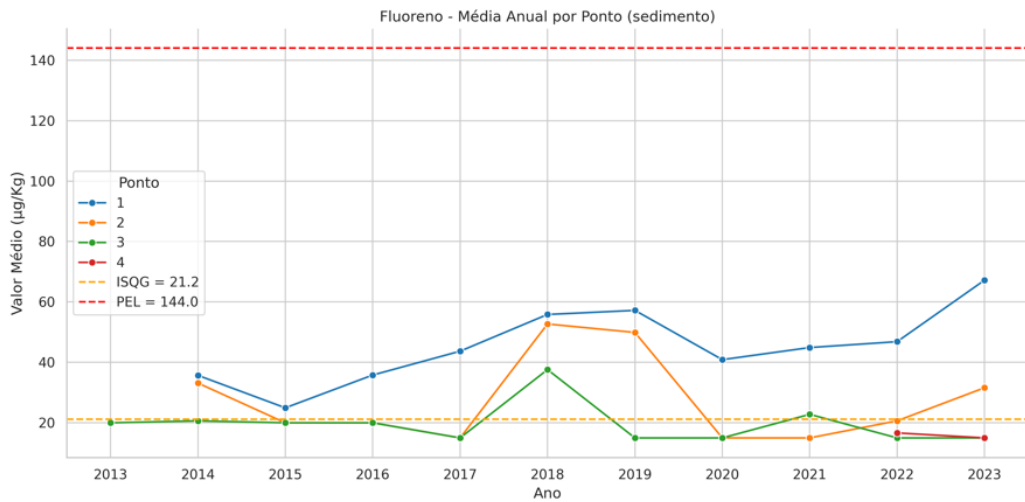
Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 52 – Fluoranteno



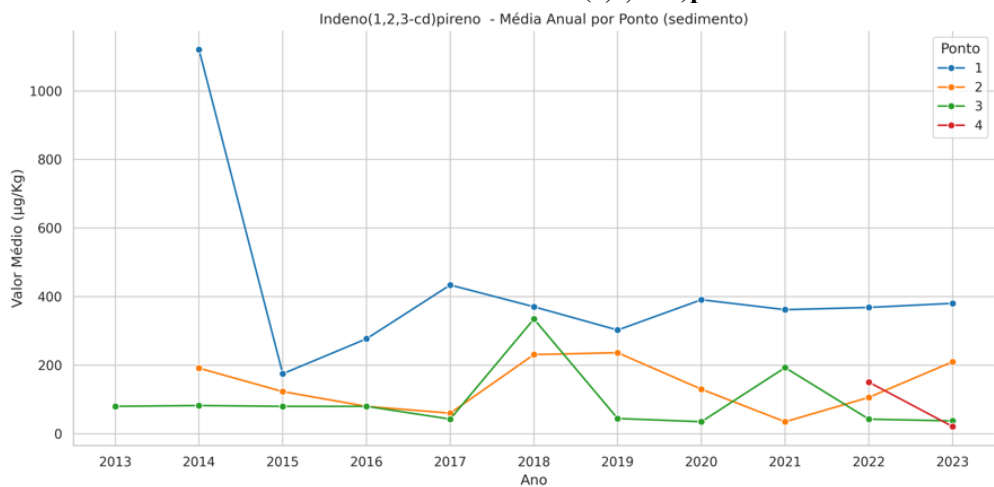
Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 53 – Fluoreno



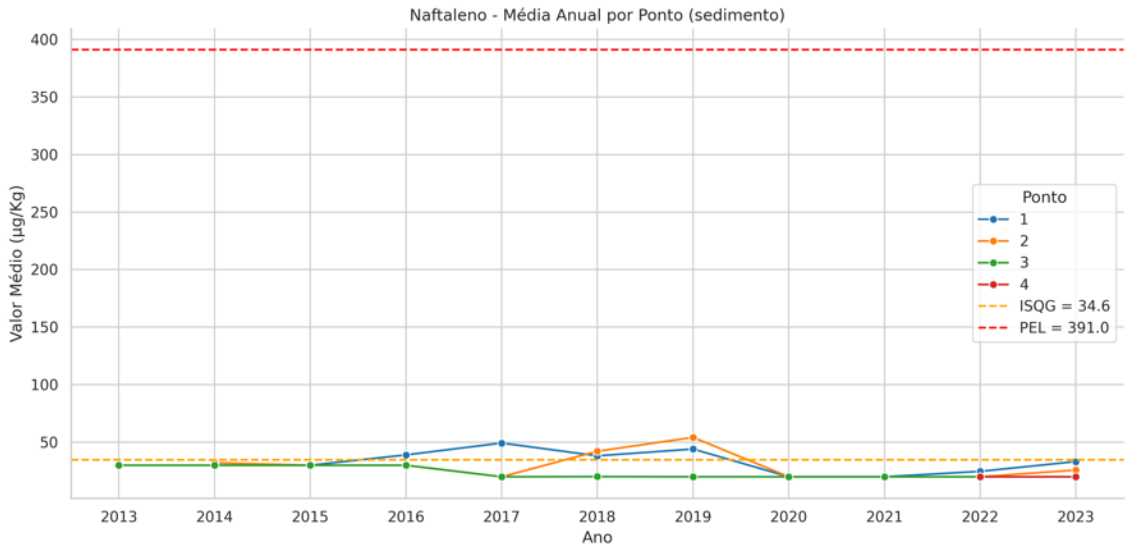
Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 54 – Indeno(1,2,3-cd)pireno



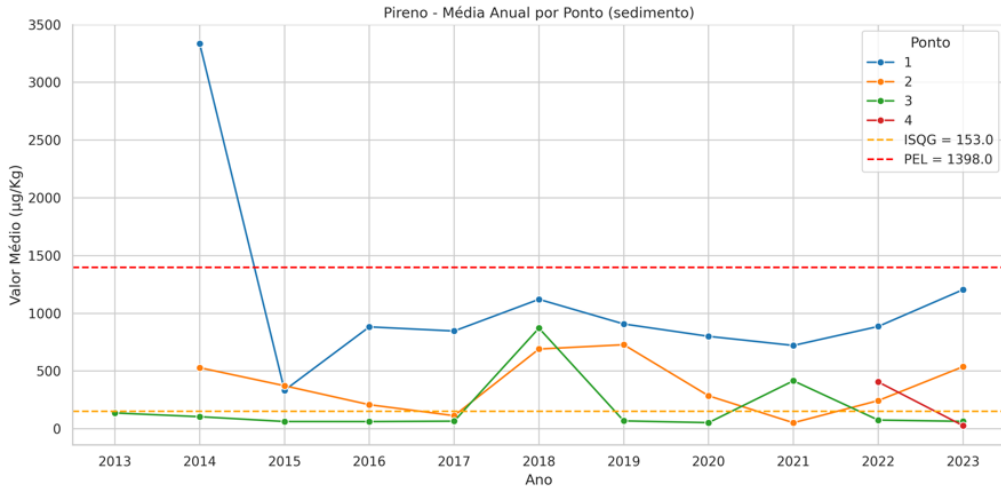
Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 55 – Naftaleno



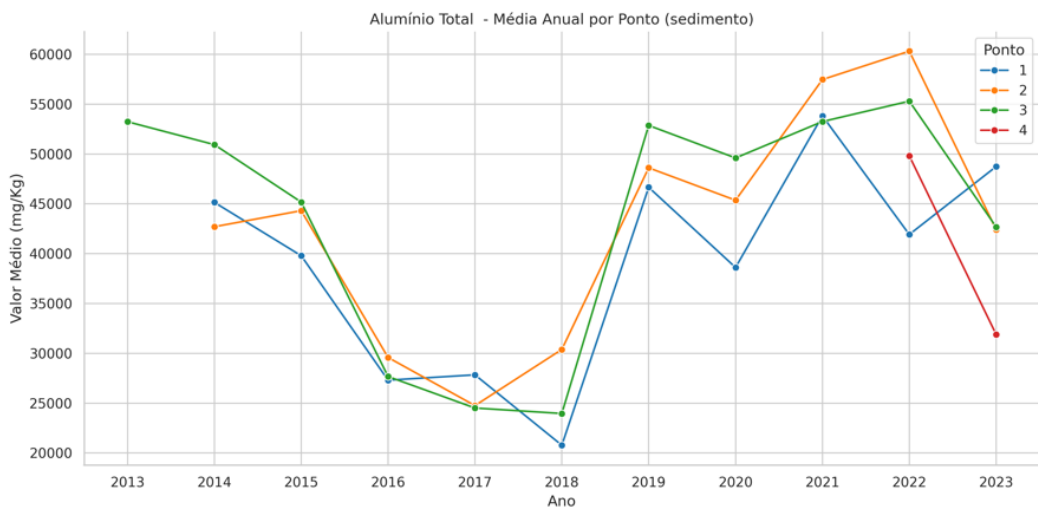
Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 56 – Pireno



Fonte: Elaboração própria, 2025

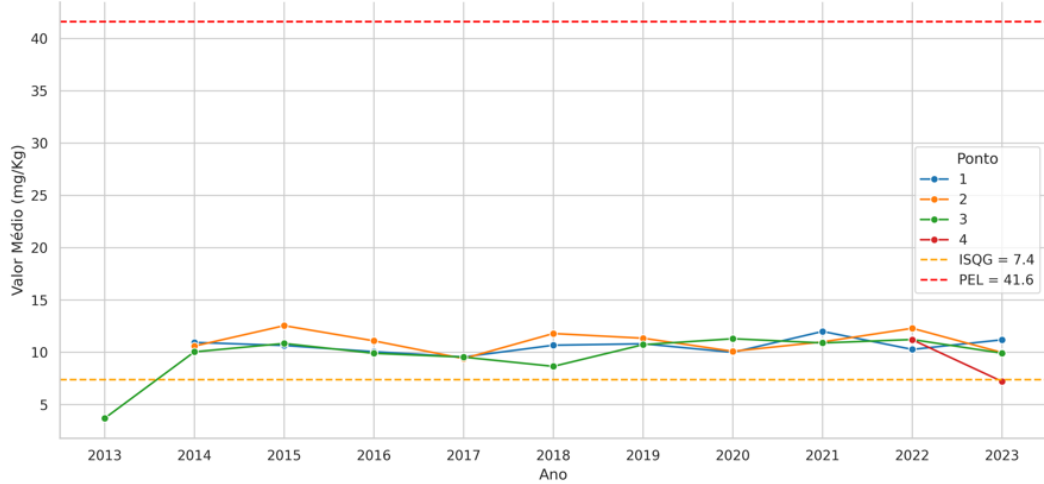
Gráfico 57 – Alumínio total



Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 58 – Arsênio total

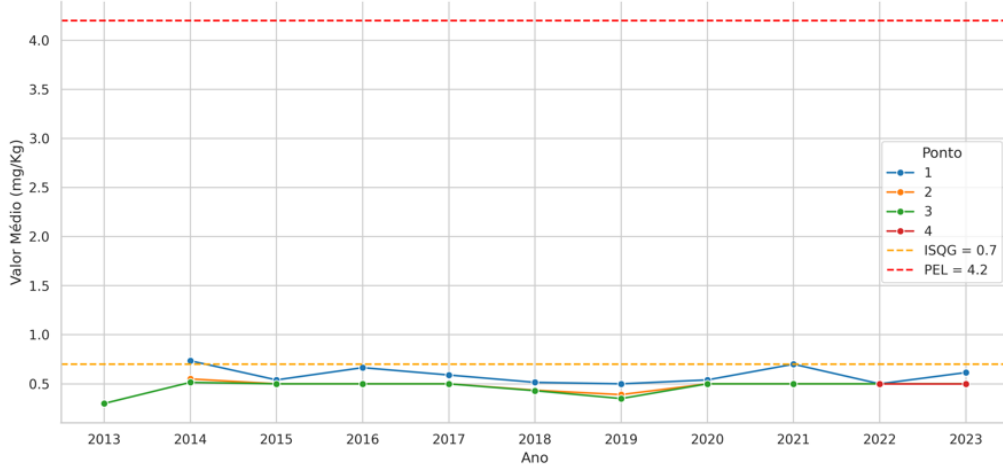
Arsênio Total - Média Anual por Ponto (sedimento)



Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 59 – Cádmiu total

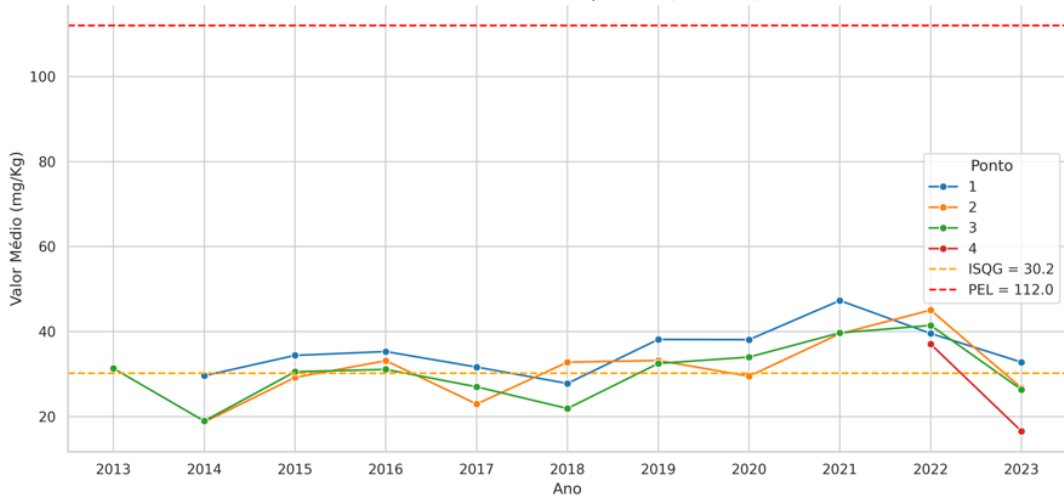
Cádmiu Total - Média Anual por Ponto (sedimento)



Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 60 – Chumbo total

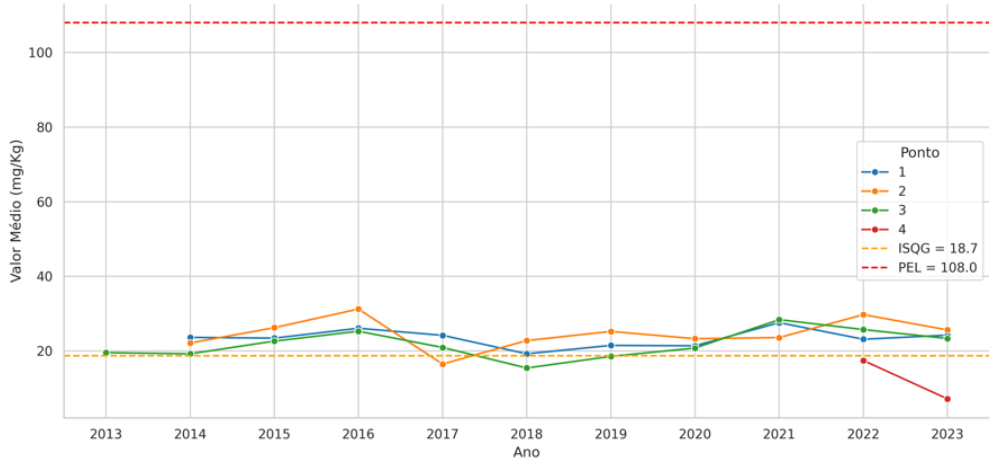
Chumbo Total - Média Anual por Ponto (sedimento)



Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 61 – Cobre total

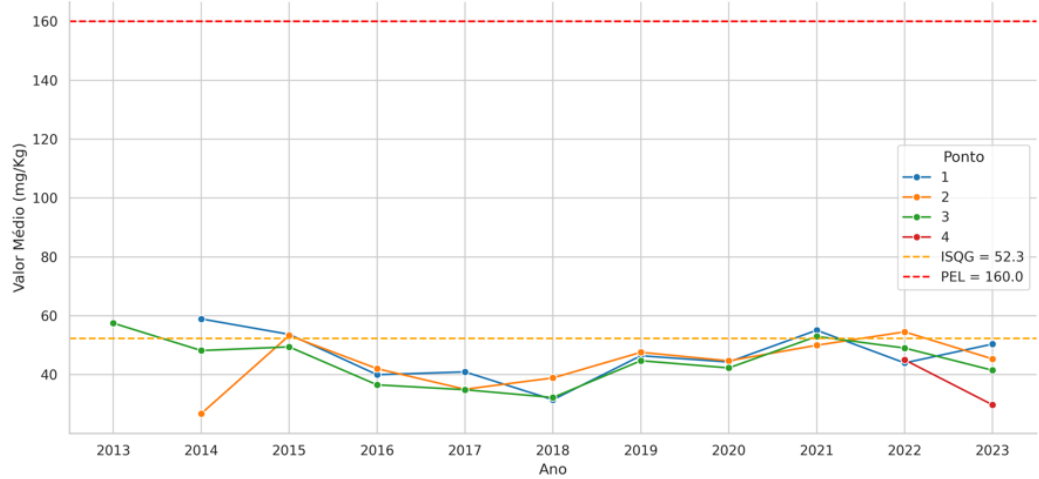
Cobre Total - Média Anual por Ponto (sedimento)



Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 62 – Crômio total

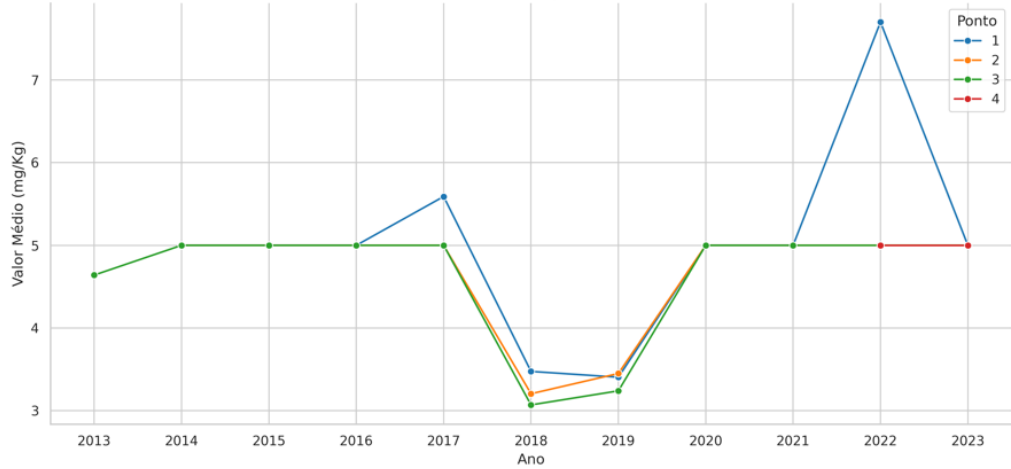
Crômio Total - Média Anual por Ponto (sedimento)



Fonte: Elaboração própria, 2025

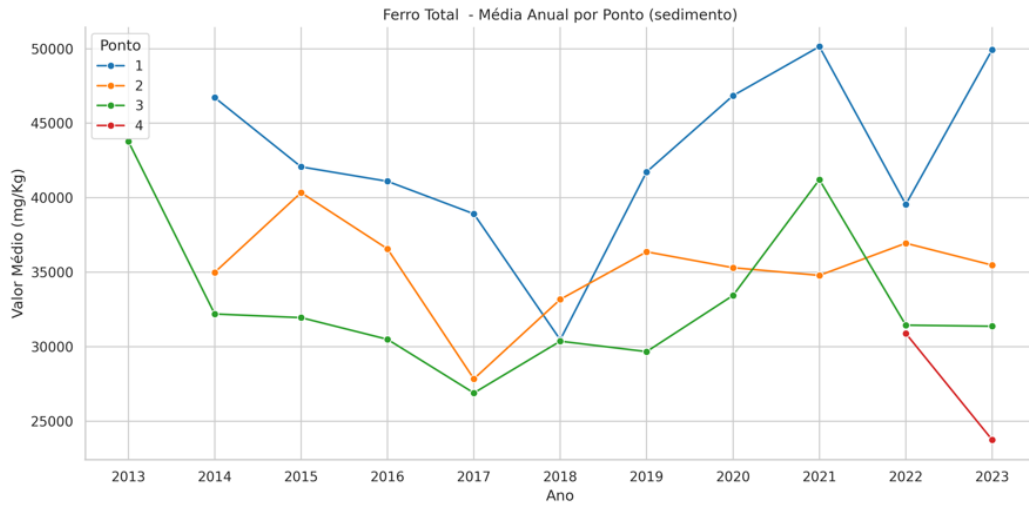
Gráfico 63 – Estanho total

Estanho Total - Média Anual por Ponto (sedimento)



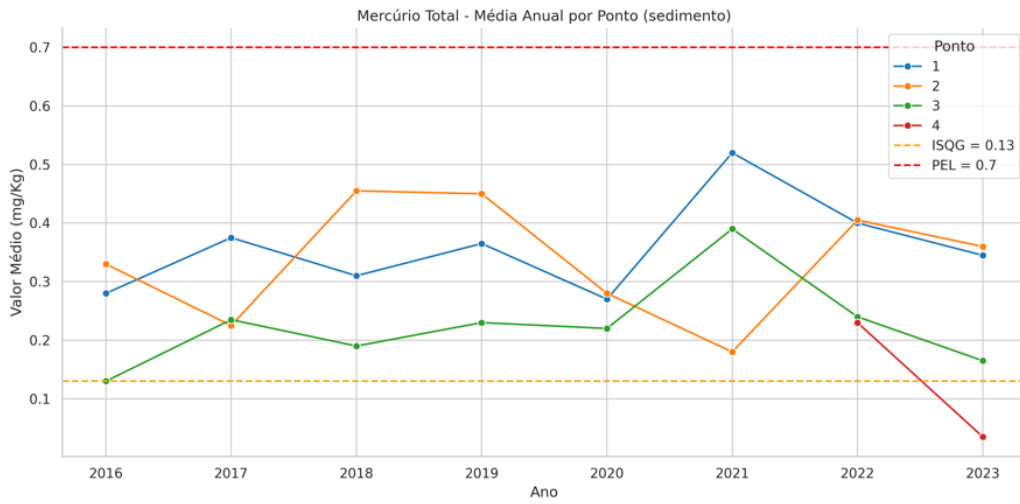
Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 64 – Ferro total



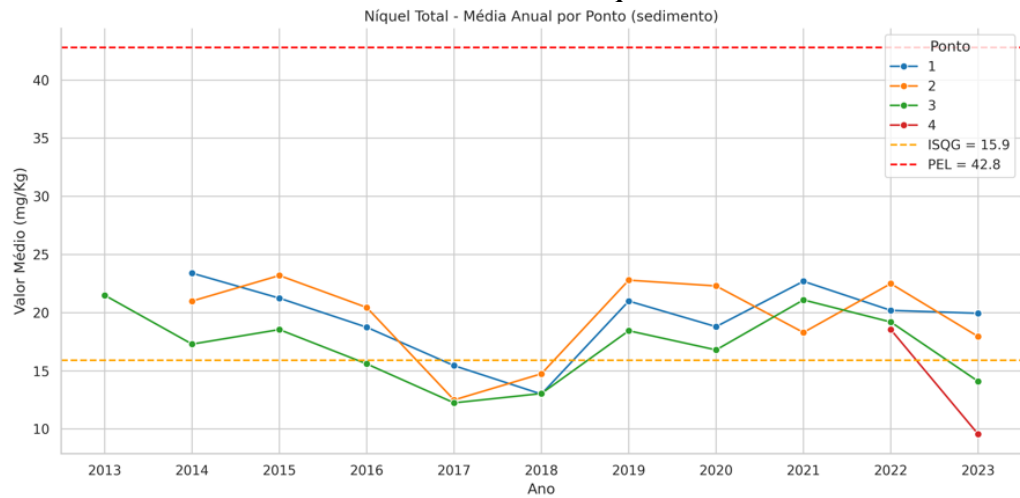
Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 65 – Mercúrio total



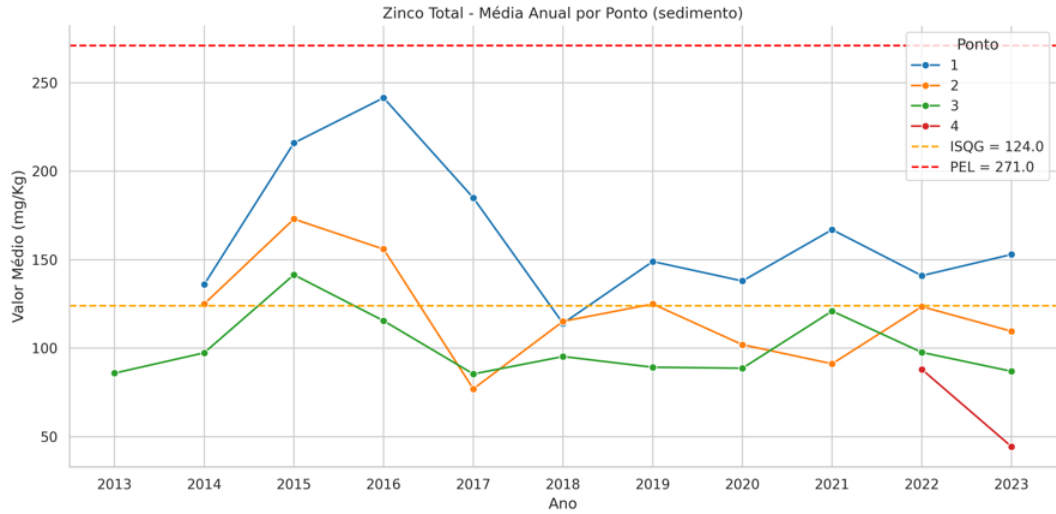
Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 66 – Níquel total



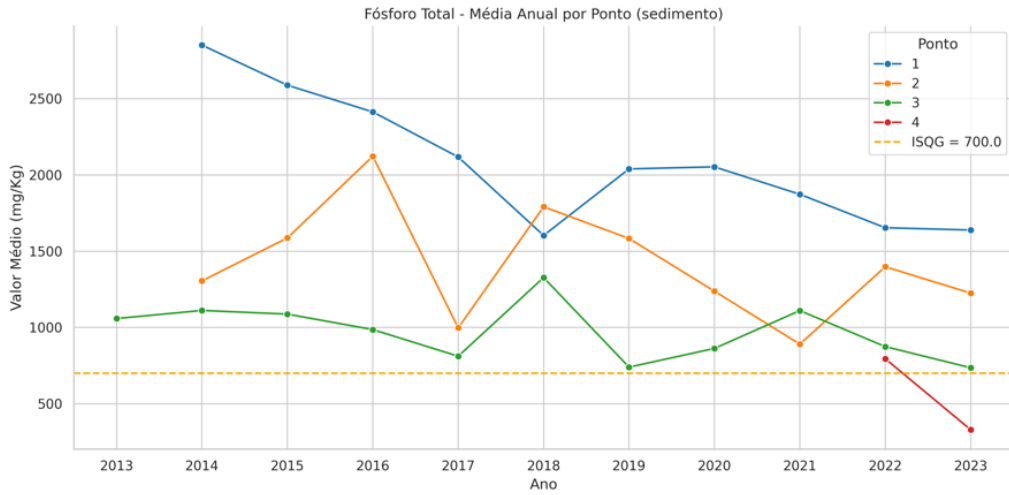
Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 67 – Zinco total



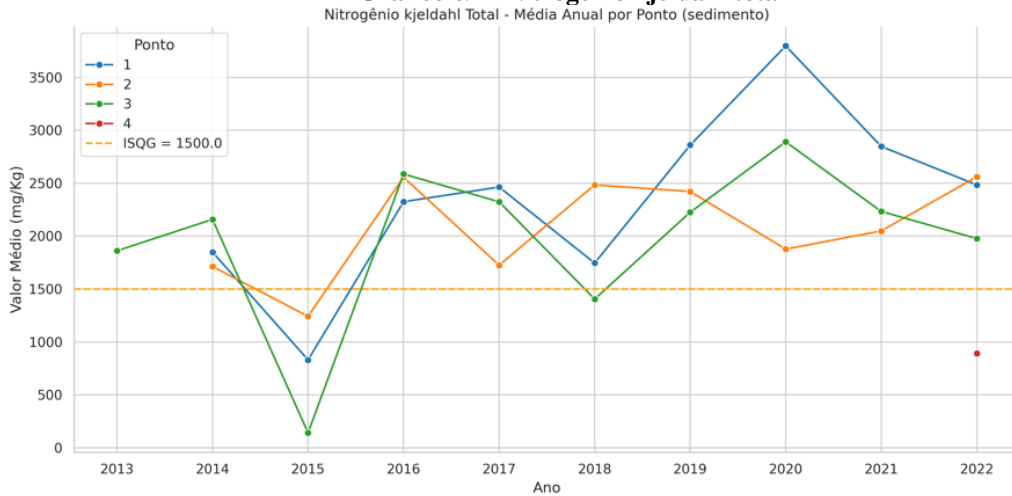
Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 68 – Fósforo total



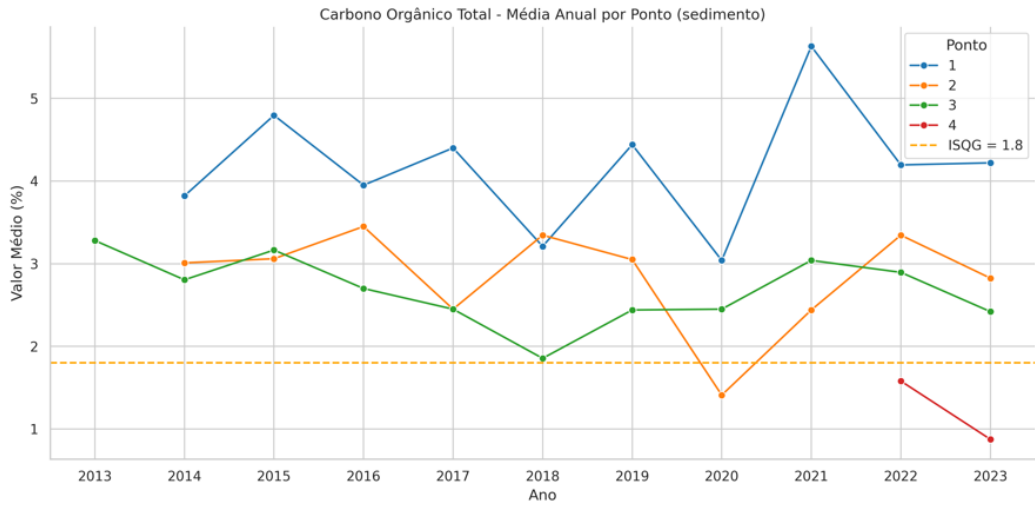
Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 69 – Nitrogênio kjeldahl total



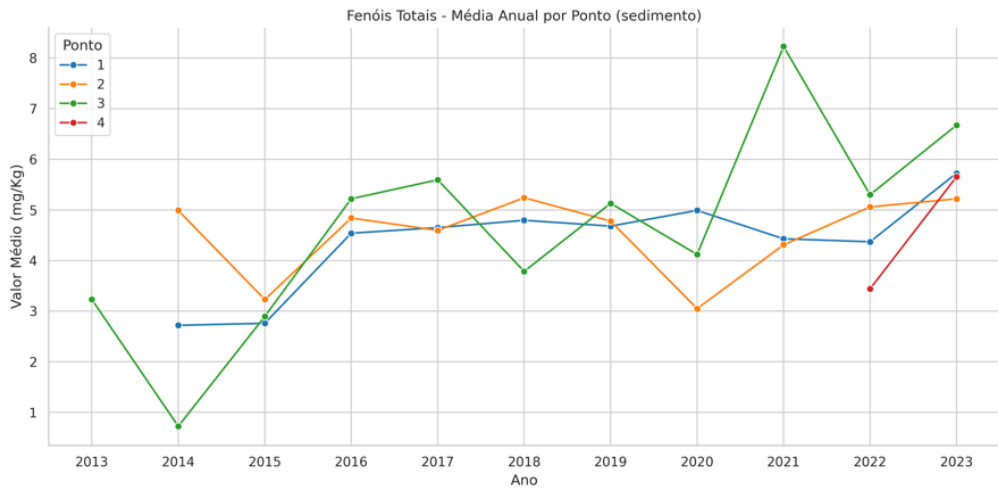
Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 70 – Carbono orgânico total



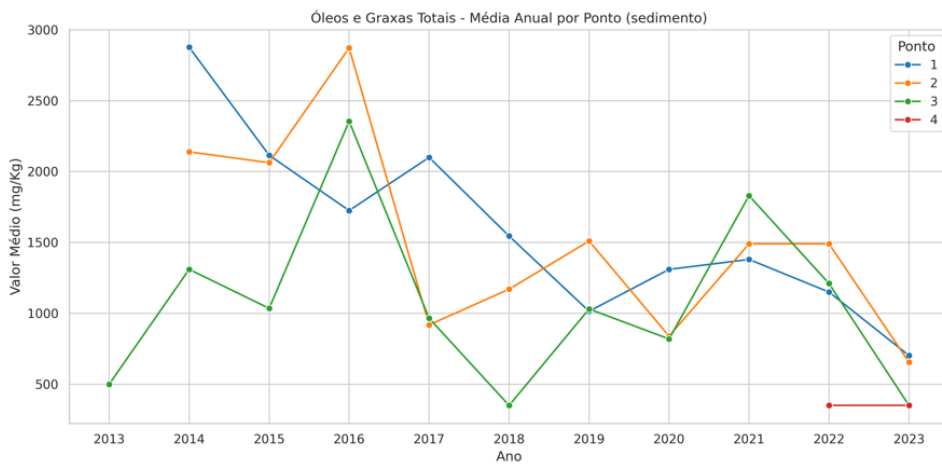
Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 71 – Fênóis totais



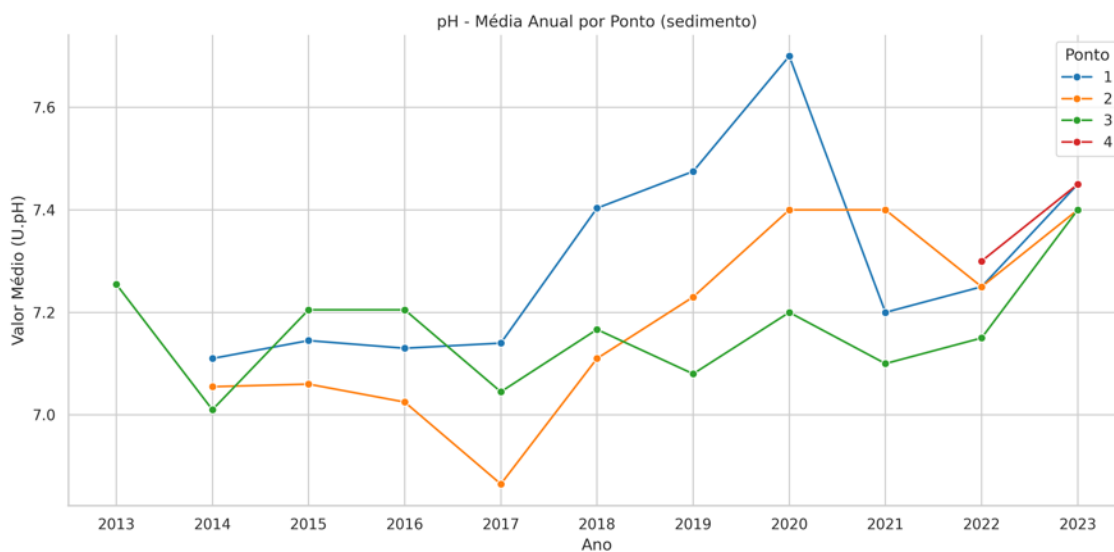
Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 72 – Óleos e Graxas totais



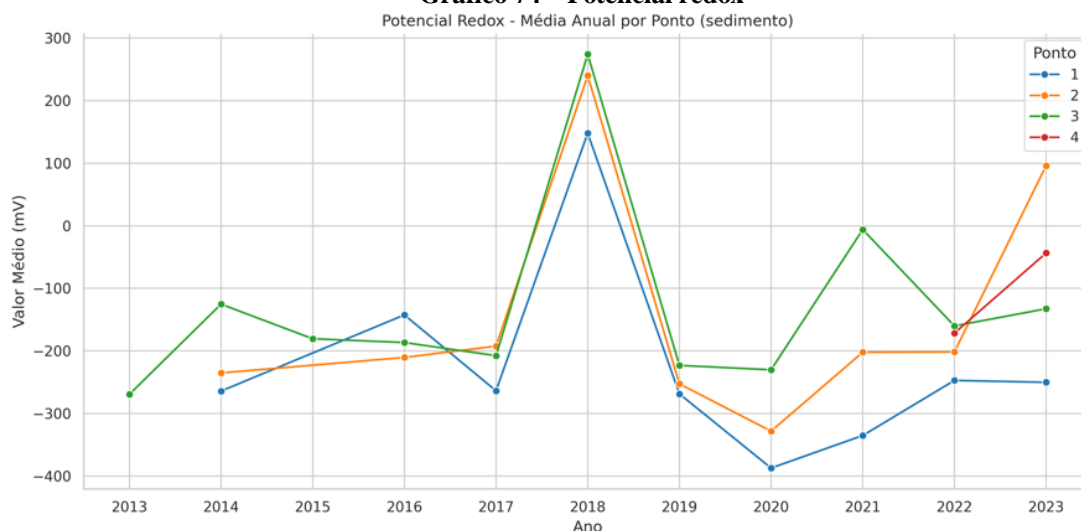
Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 73 – pH



Fonte: Elaboração própria, 2025

Gráfico 74 – Potencial redox



Fonte: Elaboração própria, 2025

6.7 Discussão integrada dos resultados e implicações ambientais

A análise combinada dos dados de monitoramento da qualidade da água e dos sedimentos no estuário de Santos/Cubatão, no período de 2013 a 2023, revela um cenário complexo e preocupante de contaminação generalizada e persistente. As não conformidades observadas em diversos parâmetros apontam para uma degradação ambiental multifacetada, com impactos significativos na biota aquática e potenciais riscos à saúde humana.

6.7.1 Panorama geral da contaminação

O estuário demonstra estar sob forte pressão de múltiplas fontes de poluição,

resultando em:

- **Elevada Carga Orgânica e Nutricional:** Tanto a água quanto os sedimentos exibem sinais de sobrecarga orgânica e nutrientes. Os altos níveis de Carbono Orgânico Total (COT) e de Coliformes Termotolerantes/Fecais na água e nos sedimentos são indicadores claros de poluição por esgoto doméstico não tratado ou inadequadamente tratado. Essa carga orgânica e de nutrientes (Fósforo Total e Nitrogênio Amoniacal na água) impulsiona o processo de eutrofização, evidenciado pelas elevadas concentrações de Clorofila-a e pela consequente depleção de Oxigênio Dissolvido na coluna d'água e formação de sulfetos nos sedimentos. A baixa oxigenação é um fator limitante crítico para a vida aquática, podendo levar à morte de organismos e à formação de "zonas mortas".
- **Contaminação por Metais Pesados:** A presença de diversos metais pesados em concentrações elevadas e persistentes, tanto na água (Alumínio, Ferro, Cádmio - pontualmente) quanto nos sedimentos (Arsênio, Cádmio, Cobre, Cromo, Chumbo, Mercúrio, Níquel, Prata e Zinco), é uma das principais preocupações. A contaminação por metais nos sedimentos é particularmente crítica devido à sua natureza persistente e capacidade de bioacumulação e biomagnificação na cadeia alimentar. As altas não conformidades nesses parâmetros, que se mantêm consistentemente elevadas até 2023, sugerem fontes contínuas de aporte industrial e/ou portuário, ou mesmo a remobilização de depósitos históricos.
- **Poluição por Compostos Orgânicos Persistentes (POPs):** A detecção e as altas não conformidades para Bifenilas Policloradas (PCBs) e a ampla gama de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (PAHs) nos sedimentos são alarmantes. PCBs e PAHs são compostos reconhecidamente tóxicos, cancerígenos e com alto potencial de bioacumulação. Sua presença crônica e generalizada indica fontes históricas e/ou contínuas de contaminação por atividades industriais, portuárias (óleo e combustíveis) e até mesmo atmosféricas. A persistência desses poluentes no ambiente os torna uma ameaça de longo prazo.

6.7.2 Conexão água-sedimento e dinâmica dos contaminantes

Os resultados corroboram a forte interconexão entre a qualidade da água e dos sedimentos em um ambiente estuarino.

- Sedimento como Sumidouro e Fonte Secundária: Os sedimentos atuam como um "sumidouro" para muitos poluentes da coluna d'água, adsorvendo metais, PAHs e PCBs. No entanto, em condições ambientais alteradas (como baixa oxigenação, mudanças de pH ou dragagens), esses poluentes podem ser remobilizados para a coluna d'água, tornando os sedimentos uma fonte secundária de contaminação e prolongando o problema mesmo que as fontes primárias sejam controladas. A alta concentração de Sulfeto Total nos sedimentos corrobora a ocorrência de condições redutoras que podem favorecer a mobilização de certos metais.
- Impacto da Matéria Orgânica: A grande quantidade de Carbono Orgânico Total e Sólidos Voláteis nos sedimentos, combinada com os altos níveis de nutrientes na água, cria um ciclo vicioso de degradação. A decomposição dessa matéria orgânica consome o Oxigênio Dissolvido da água, levando à anoxia/hipóxia, que por sua vez afeta a biota e pode alterar a química dos sedimentos, influenciando a biodisponibilidade e a toxicidade dos contaminantes.

6.7.3 Impactos ecológicos e riscos à saúde pública

Os níveis de contaminação observados têm implicações severas:

- Para o Ecossistema Aquático:
 - Toxicidade Direta: A não conformidade dos ensaios ecotoxicológicos tanto na água (*Vibrio fischeri*) quanto nos sedimentos (*L. variegatus* e *S. notosulcata*) demonstra que o ambiente é diretamente tóxico para organismos sensíveis. Isso se reflete no potencial redução da biodiversidade bentônica e pelágica, e na alteração das comunidades biológicas.
 - Bioacumulação e Biomagnificação: A persistência de metais pesados e POPs (especialmente PCBs e PAHs) eleva o risco de bioacumulação em organismos e biomagnificação na cadeia alimentar. Isso significa que esses poluentes se acumulam nos tecidos dos seres vivos e aumentam de concentração em níveis tróficos mais altos, afetando peixes, aves e mamíferos marinhos.
 - Anoxia/Hipóxia: A persistente baixa de Oxigênio Dissolvido na água e a presença de sulfetos nos sedimentos criam ambientes inóspitos para a maioria das espécies

aquáticas, podendo causar mortalidade em massa e a formação de "zonas mortas" onde apenas organismos mais tolerantes sobrevivem.

- Para a Saúde Pública:
 - Contaminação Microbiana: A alta e contínua presença de Coliformes Termotolerantes/Fecais na água e nos sedimentos indica risco sanitário para atividades de contato com a água (recreação, pesca artesanal) e para o consumo de frutos do mar contaminados.
 - Exposição a Químicos Tóxicos: A bioacumulação de metais pesados (como Mercúrio e Cádmio) e POPs (PCBs e PAHs) em peixes e frutos do mar representa um risco à saúde humana para populações que dependem desses recursos como fonte de alimento. Muitos desses compostos são reconhecidamente cancerígenos, neurotóxicos e disruptores endócrinos.
 -

6.7.4 Tendências temporais

A análise da série histórica (2013-2023) sugere que, para a maioria dos parâmetros críticos (Oxigênio Dissolvido, Nutrientes, Metais Pesados e POPs nos sedimentos, COT), o cenário de contaminação permaneceu crítico ou mostrou pouca melhora significativa, com altas porcentagens de não conformidade se estendendo até os anos mais recentes (2022 e 2023). Isso indica que as pressões ambientais sobre o estuário são persistentes e que as medidas de controle ou remediação, se existentes, ainda não foram suficientes para reverter o quadro de degradação.

6.7.5 Fontes de poluição

As características dos poluentes identificados apontam para um conjunto de fontes:

- Esgoto Doméstico e Municipal: Principal responsável pela carga orgânica, nutrientes e contaminação microbiológica (Coliformes).
- Efluentes Industriais: Contribuem com metais pesados (p.ex., Cromo, Níquel, Cobre, Alumínio, Ferro) e alguns compostos orgânicos específicos. A natureza diversificada da atividade industrial na região de Cubatão justifica a variedade de metais e orgânicos encontrados.

- Atividades Portuárias e Marítimas: Contribuição de hidrocarbonetos (PAHs), metais pesados (associados a tintas anti-incrustantes, derramamentos) e resíduos orgânicos.
- Dispersão Atmosférica: Alguns poluentes, como certos metais e PAHs, podem ter uma componente de deposição atmosférica a partir de fontes industriais ou de queima de combustíveis.

6.7.6 Desafios e Necessidades

O estuário de Santos/Cubatão enfrenta desafios ambientais complexos que exigem ações integradas. A persistência da poluição ao longo de uma década destaca a necessidade urgente de:

- Melhoria e Expansão do Saneamento Básico: Essencial para reduzir o aporte de esgoto e, conseqüentemente, a carga orgânica, nutrientes e a contaminação microbiológica.
- Controle Rigoroso de Efluentes Industriais: Implementação e fiscalização de tecnologias de tratamento mais eficazes para metais pesados e compostos orgânicos.
- Gestão Ambiental Portuária: Práticas mais seguras para manuseio de cargas, prevenção e resposta a derramamentos.
- Avaliação de Riscos e Remediação de Sedimentos: Considerando a alta e persistente contaminação dos sedimentos por metais e POPs, estudos de avaliação de risco ecológico e à saúde humana são cruciais para determinar a necessidade e a viabilidade de ações de remediação.
- Monitoramento Contínuo e Integrado: A continuidade do monitoramento é fundamental para acompanhar as tendências, avaliar a eficácia das medidas de controle e adaptar as estratégias de gestão ambiental.

Em suma, os dados de monitoramento confirmam que o estuário de Santos/Cubatão está significativamente impactado pela poluição, necessitando de intervenções abrangentes para restaurar sua qualidade ambiental e proteger seus ecossistemas e a saúde das populações que dele dependem.

7. QUESTÕES LEGAIS E AMBIENTAIS EM TORNO DA CAVA SUBAQUÁTICA

Localizada ao lado do manguezal do Largo do Casqueiro, na região do Estuário de Santos, no litoral paulista, a cava subaquática do Canal Piaçaguera resulta da necessidade de armazenar sedimentos provenientes da dragagem de uma importante rota de navegação. Essa rota conecta o Terminal Integrador Portuário Luiz Antônio Mesquita (TIPLAM) e o terminal Usiminas ao canal de navegação do Porto de Santos, sendo a dragagem efetuada para proporcionar melhores condições de navegabilidade (MARQUES, 2022).

Ao serem iniciados os processos de dragagem, ainda segundo Marques (2022), verificou-se que os sedimentos dali retirados não estavam aptos para serem depositados no oceano. Diante disso, a TIPLAM optou inicialmente pela Instalação de Descarte Confinado (CDF), utilizando geobags para o confinamento dos sedimentos, estrutura essa construída próximo às instalações da TIPLAM. No entanto, é crucial esclarecer que, embora as geobags pudessem ser empregadas em um CDF, as geobags em si não constituem um CDF, que é uma instalação mais abrangente e formalmente definida para o descarte confinado.

A história do licenciamento da cava subaquática é marcada por controvérsias. As análises e estudos para a dragagem e a implementação da cava foram iniciados pela Companhia Siderúrgica Paulista (COSIPA) ainda em 2004. O licenciamento original, conduzido para a COSIPA/Usiminas, previa uma determinada profundidade para o canal e para a cava. Contudo, anos mais tarde, a Ultrafértil (posteriormente incorporada pela VLI) assumiu o projeto e, sem a realização de um novo Estudo de Impacto Ambiental (EIA) ou Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), alterou a profundidade de dragagem de 12 para 15 metros, o que resultou em um volume e características de sedimento diferentes dos previstos inicialmente. Essa alteração, sem um novo estudo de impacto aprofundado, constituiu um dos pontos centrais de contestação em sucessivos processos movidos por ambientalistas e pela população local.

De acordo com a informação da CETESB (2019), todas as análises e estudos efetuados para a execução da dragagem e para a implementação da cava começaram a ser realizados pela COSIPA ainda em 2004, mas só em 2016 é que a cava começou a ser construída.

A cava subaquática de Santos passou por um moroso processo de planejamento, licenciamento e execução da dragagem. Envolvida em inúmeras polêmicas e reivindicações da população local e organizações ambientais, a cava acabou por ser alvo de uma CPI, cujo objetivo era investigar as irregularidades que envolveram seu processo de licenciamento e monitoramento (ALESP, 2022).

7.1 Disputas e controvérsias jurídicas

A polêmica em torno da construção e utilização das cavas subaquáticas é considerável, como se pode observar pela aprovação do Projeto de Lei 3285/2019, pela Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável da Câmara dos Deputados, que proíbe a construção de cavas subaquáticas no país. Essa proibição abrange a abertura de cavas em locais como rios, oceanos, lagos, lagoas ou estuários, caso essas cavas tenham como finalidade o depósito de resíduos sólidos, semissólidos e pastosos ou ainda, sedimentos contaminados (MAR SEM FIM, 2019).

Hiroshi et al. (2021) explicam que a cava é objeto de disputas entre os gestores da administração portuária e os ambientalistas, que consideram haver risco de a cava transbordar e, nesse processo, afetar a comunidade, uma vez que contém mais de 2,4 bilhões de litros de lodo contaminado.

De fato, conforme explicam Barros e Carriço (2022), essa disputa ocorre desde 2005, anos após a privatização da Cosipa e Ultrafertil. Naquele ano, foi executada uma nova dragagem no Canal de Piaçaguera, e o material contaminado retirado seria depositado em uma cava subaquática. Essa solução, considerada sem precedentes no Brasil, resultaria na abertura de uma Comissão Parlamentar de Inquérito (CPI).

Conforme explica Ferraz (2023), no EIA solicitado está especificado que, em função das particularidades da região, do volume dos sedimentos e das características químicas dos diversos setores do canal, não era possível estabelecer apenas uma solução para a dragagem e disposição dos sedimentos. As decisões relacionadas com a implantação do projeto foram amparadas pelo disposto no EIA/RIMA desenvolvido em 2004.

Contudo, é crucial destacar que as decisões finais para a implantação da cava subaquática acabaram por contrariar o disposto no EIA/RIMA original, tornando imprescindível um novo processo de licenciamento, o que não ocorreu. Aquilo que foi aprovado inicialmente representava uma estrutura mais compatível com as características de uma Instalação Costeira de Descarte Confinado (CDF) – que implicava o uso de células de contenção para os sedimentos, conforme o termo "célula" sugere o objetivo de isolamento da estrutura – do que aquela que, na prática, foi construída e que apresenta as características de uma instalação de Descarte Aquático Contido (CAD), que permite maior interação com o meio. A mudança da natureza do projeto sem um novo e adequado estudo de impacto foi a base de muitas contestações.

Em decorrência da instalação da Cava Subaquática, foram solicitados diversos pareceres técnicos e impetradas diversas ações judiciais relacionadas a eventuais descumprimentos do que foi inicialmente estabelecido nas análises e EIA/RIMA, bem como nas licenças ambientais, entretanto atribuídas.

Um desses pareceres técnicos foi solicitado à ECEL Ambiental por Jeffer Castelo Branco, em decorrência de uma Ação Popular que tramitava na 12ª Vara da Fazenda Pública de São Paulo e que tinha por base algumas considerações efetuadas pela Empresa Ultrafertil. Segundo a ECEL Ambiental (2017), as alegações apresentadas pela Ultrafertil não eram tecnicamente sustentáveis.

A ECEL (2017) considera que a construção do terminal da TIPLAM ocorreu bem antes da construção da cava subaquática e que a empresa operava normalmente, sem que houvesse necessidade de aprofundamento do Canal. Assim, no entender técnico, houve apenas uma camuflagem do objetivo principal e primordialmente econômico, que era poder receber navios de maior capacidade, usando como subterfúgio a benemerência ambiental.

O parecer técnico, elaborado pelo Engenheiro Elio Lopes dos Santos (ECEL, 2017), menciona diversos aspectos relacionados com a contaminação de estuários e leitos de rios:

Quando nos deparamos com leitos de rios e estuários contaminados os especialistas são unânimes em afirmar que não se mexe em corpos d'água que contenham sedimentos tóxicos consolidados, sob o risco dessa intervenção mecânica causar o revolvimento dos poluentes, alteração do seu potencial hidrogeniônico, provocando sua solubilização, disponibilizando-os na coluna d'água, perigo latente de contaminação à flora e fauna marinha, cujo último elo dessa cadeia é o ser humano (ECEL, 2017, p. 2).

Nesse contexto, o parecer técnico questiona o que levou à alteração das premissas de construção de um determinado tipo de disposição final de sedimentos, inicialmente programado para ser uma unidade de disposição confinada – ou seja, a já anteriormente mencionada geobag, que se encontrava no terreno de propriedade da TIPLAM e que o órgão ambiental licenciador havia autorizado por ser uma medida ambientalmente sustentável e segura, e uma técnica utilizada para situações similares em outras cidades europeias, como Antuérpia (ECEL, 2017).

Segundo Santos (ECEL, 2017), não é facilmente compreensível que a CETESB tenha flexibilizado sua exigência e permitido que, em vez da tecnologia geobag, mais adequada para a disposição de resíduos tóxicos, tenha aceito a construção da Cava Subaquática. Isso é agravado pelo fato de a Cava construída pela TIPLAM se encontrar no estuário de Santos, um local ambientalmente sensível e com clara influência na saúde da população local, em especial os pescadores artesanais, que buscam a fauna local como base de sua subsistência, e da

população em geral, que consome todo o tipo de frutos do mar ali existentes.

Em 2017, por exemplo, foi julgada uma ação popular relacionada com poluição, requerida por um cidadão, contra a CETESB, demandando uma liminar para suspensão e para a declaração de ineficácia de atos administrativos, ou seja, as licenças ambientais que foram expedidas pela Companhia, considerando existirem riscos de contaminação e também outros locais mais seguros para a instalação da mesma. Nesse processo, com o número 1035460-76.2017.8.26.0053, o Tribunal determinou a suspensão de todas as ações referentes à cava subaquática e enviou o caso para o Ministério Público (JUSBRASIL, 2017).

Outra ação impetrada na justiça federal de Santos e ajuizada pelo Ministério Público do Estado de São Paulo e Ministério Público Federal pedia para suspender os efeitos da licença de operação concedida pela CETESB em favor da Usiminas e Ultrafértil/VLI, considerando que as empresas não cumpriram prazos e condições definidas quando da aprovação das licenças ambientais (MPSP, 2017).

7.2 Relatório da CPI das Cavas Subaquáticas

Em 2021, a Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo instaurou a Comissão Parlamentar de Inquérito (CPI) das Cavas Subaquáticas, com o objetivo de investigar as eventuais irregularidades nos processos de licenciamento e de monitoramento da cava subaquática na Baixada Santista (SENDACZ, 2022, s/p).

A instalação da CPI na Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo (ALESP) gerou uma série de questões levantadas por diversos interessados e também pelo receio de que um desastre semelhante ao ocorrido em Brumadinho pudesse acontecer na área de construção da Cava. A polêmica relacionada com a Cava resultou não em um, mas em dois relatórios da CPI, devido à discordância em relação aos seus resultados (FERRAZ, 2023).

Conforme é possível identificar na leitura do Relatório Final, devidamente aprovado pela CPI, há uma conformidade de análise com o parecer técnico da ECEL, no que diz respeito às razões apontadas pela empresa exploradora TIPLAM. De acordo com o exposto no Relatório, essas razões servem apenas para mascarar as reais intenções para o aumento da profundidade do canal, o que, em função dessa ação, traria à tona uma série de sedimentos contaminados com diversos agentes tóxicos (ALESP, 2022).

O relatório final apresenta, no início, uma descrição da estrutura da cava subaquática e faz uma comparação com instalações similares em outros países, com o intuito de justificar

sua construção e relevância. No entanto, este é um aspecto contestável, uma vez que as características da região da Baixada Santista não se assemelham aos locais onde as cavas foram instaladas nesses países.

Aspecto importante do relatório da CPI (ALESP, 2022) é a indicação de que o empreendimento foi legitimado por todos os processos necessários no que diz respeito à legislação ambiental, com a aprovação do EIA/RIMA e de uma série de licenças ambientais emitidas desde 2005 até 2017.

Em relação à legitimidade da decisão:

Os relatores concluíram que através da documentação analisada e com os depoimentos colhidos, pode-se estabelecer a regularidade das ações tanto da Cetesb quanto das empresas responsáveis pela execução do projeto. Constatam ainda que o monitoramento realizado um ano após o fechamento da cava identificou um cenário de boa qualidade, indicando que a área da cava está em processo gradativo de recuperação ambiental (FERRAZ, 2023, p. 31).

O relatório final da CPI valida todo o processo, confirmando que as empresas envolvidas e os órgãos reguladores intervenientes no processo de licenciamento, construção e operação da instalação da cava subaquática agiram de forma íntegra. O relatório ainda acrescenta alguns aspectos onde o empreendimento pode ser aprimorado, tais como (ALESP, 2022):

- a) Garantir o princípio de transparência, por meio do fornecimento de dados do monitoramento em portal público, em um sítio eletrônico de fácil acesso para todos os cidadãos;
- b) Aumentar a frequência de monitoramento, passando este a ser mensal e não mais anual;
- c) Melhorar a fiscalização de velocidade e a sinalização e, dessa forma, procurar diminuir as hipóteses de choque ou abalroamento das embarcações com a Cava e a sua estrutura;
- d) Reforçar a fiscalização da quantidade e da qualidade da vida marinha.

Concluída em Março de 2022, a CPI concluiu em seu relatório que tanto o licenciamento quanto a instalação da cava obedeceram aos requisitos e, por isso, foram regulares. Contudo, o relatório faz uma ressalva e recomenda que sejam tomadas medidas mais efetivas para o monitoramento da cava (G1, 2022).

No entanto, existem opiniões divergentes em relação à construção e utilização da cava, como a de Santos (ALESP, 2021), que considera ter havido desconformidades no licenciamento ambiental, em descumprimento do Estudo de Impacto Ambiental. Segundo este especialista em engenharia urbana, deveria ter sido elaborado um novo licenciamento, uma vez que o anterior havia prescrito em 2010. Além deste aspecto burocrático, Lopes (ALESP, 2021) alega ter ocorrido prejuízo ambiental porque, com a construção da cava, foi suprimido um banco de sedimentos que abrigava e alimentava animais da região.

Segundo o site Cava Subaquática (2022), esta apresenta indicadores ambientais excelentes e oferece como benefícios:

- a) A continuidade da boa qualidade dos sedimentos superficiais que foram registrados na primeira campanha logo após o capping, em 2020. Esse monitoramento ocorreu em setembro de 2021;
- b) Demonstração da continuidade do ganho ambiental que foi evidenciado logo após o capping da cava em 2020 e onde todas as exigências estabelecidas pela Cetesb foram cumpridas, inclusive ao longo do processo de licenciamento;
- c) Considerando os resultados do monitoramento de qualidade que é efetuado aos sedimentos superficiais, entende-se que a área correspondente à cava está sendo gradativamente reincorporada ao ambiente e que, em função desse fato, atingindo os níveis alcançados recentemente em termos de qualidade ambiental na região do canal de Piaçaguera.

Como mencionado anteriormente, da CPI resultou um relatório alternativo, endossado pelo deputado Maurici, que apresenta uma visão diferente daquela que foi objeto de conclusão no relatório final.

Este relatório alternativo menciona que o Canal Piaçaguera foi alvo de diversas ações de dragagem periódica desde 1965, e o material era disposto de formas variadas até a década de 1980, quando a legislação ambiental passou a apresentar novas exigências. Um marco importante foi o ano de 1988, em função da deliberação nº 34/88 do Conselho Estadual de Meio Ambiente. O aumento do nível de toxicidade nos sedimentos retirados do Canal fez interromper as dragagens em 1996, quando já haviam sido executados sete procedimentos (FERRAZ, 2023).

Apesar dos protestos ambientalistas, a questão da dragagem viria a ser viabilizada em 2005, mas a cava só começou a ser construída em 2016, devido à suspeita de que a mesma poderia ser diferente, em muitos aspectos, da autorização concedida e aprovada onze anos antes:

"Essa alternativa é composta pela construção de uma cava no Largo do Cubatão, cercada por um dique de isolamento, com uma cerca de 3,5 m de altura, aflorando acima do nível máximo de água, para evitar a influência de correntes de marés no seu interior." (ALESP ALTERNATIVO, 2022, p. 99).

No entender do deputado que promoveu esse relatório alternativo, e remetendo para a versão final aprovada pela CPI, ele entende que, perante os pareceres técnicos emitidos, existiu uma sobreposição de interesses econômicos em relação a alternativas ambientalmente mais sustentáveis e viáveis. Isso é evidenciado pela elevação do custo da obra em função da necessidade de construir um dique à volta da cava, ou quando a disposição dos sedimentos contaminados é apenas uma máscara para que esse passivo seja transportado para áreas que não sejam inconvenientes com a atividade portuária, em vez de serem vistas como um interesse efetivo na descontaminação daquele trecho do canal (ALESP ALTERNATIVO, 2022).

Nos diversos depoimentos prestados no decorrer da CPI, e segundo o deputado Maurici (ALESP ALTERNATIVO, 2022), é possível perceber que, em alguns aspectos, a prática é bem diferente da teoria e existem tópicos claramente contraditórios:

- a) Aprofundamento do canal, que seria inicialmente de 12 metros, conforme o aprovado no RIMA, e não os 14 metros construídos;
- b) Escavação de uma cava de 25 metros de profundidade quando o que ficou aprovado em 2005 foi uma cava com 15 metros de profundidade;
- c) Impedir ou tornar passiva a participação da sociedade civil, tanto a organizada como a não organizada, nas deliberações relacionadas com o tema;
- d) A disposição dos sedimentos tóxicos resultantes da dragagem em uma cava contida, sem o necessário dique de isolamento, diferente do modelo aprovado inicialmente e que era o da cava confinada.

Importa referir que, segundo o Povo de Cubatão (2019), o Canal recebeu ao longo de décadas os resíduos e sedimentos que foram depositados por diversas empresas que operavam naquela região. Esse material estava, até então, em um ambiente inadequado e espalhado por uma área equivalente a 460 mil m², o que colocava em risco a vida marinha, a flora e a população.

Outra crítica refere-se à sinalização da cava, sendo difícil identificar seus limites, estando apenas sinalizada com uma cortina de silte que, teoricamente, impediria os sedimentos de passarem para a água do estuário (HIROSHI et al., 2019).

No entender de Branco (ABC, 2021), a cava projetada inicialmente deveria apenas conter sedimentos levemente contaminados, o que não ocorreu, já que os resíduos enterrados no estuário são tóxicos, aumentando o perigo de contaminação. Da mesma forma, Jeffer (ABC, 2021) indica que os riscos para o meio ambiente e para a população ribeirinha são maiores porque as análises foram superficiais, considerando que, com o passar do tempo, as substâncias depositadas na cava podem degradar-se, tornando-se voláteis e escapando da cava, pois esta, ao contrário do que havia sido definido e aprovado pelo Conselho de Meio Ambiente, era uma cava confinada e não contida, como se concretizou.

Embora as autoridades e as empresas envolvidas continuem afirmando que a cava subaquática é segura, monitorada e que tudo segue dentro da legislação, a verdade é que, para quem habita a região e vive da pesca, o local é considerado uma "bomba-relógio" que pode explodir a qualquer momento e causar um desastre ambiental para as pessoas. É também por isso que diversas ações foram impetradas contra a construção da cava subaquática de Santos, geralmente direcionadas aos órgãos que permitiram ou concederam as licenças ambientais.

De acordo com o que foi apurado no decorrer da CPI relacionada com a Cava, os principais riscos e problemas decorrentes de sua construção e instalação seriam a recontaminação da coluna de água, do próprio estuário, dos mangues e do pescado. Além disso, a pesca artesanal nas imediações da estrutura também seria inviabilizada e a fiscalização por parte da população, da prefeitura e dos órgãos ambientais também seria mais difícil. Considerou-se ainda que a dispersão desses materiais contaminantes, causada pelo movimento das marés, poderia influenciar no surgimento de doenças cardiovasculares, respiratórias, gastrointestinais, neurológicas e também de câncer (ALESP, 2022).

De posse de todas as informações constantes no relatório da CPI, foi concluído que os envolvidos agiram de forma regular na execução do projeto, e ainda foi possível constatar que o monitoramento realizado um ano após o fechamento da cava indicava um cenário de boa qualidade, explicando que a área onde a cava se encontrava apresentava um processo gradativo de recuperação ambiental (FERRAZ, 2023).

7.3 Propostas legislativas e pressões ambientais

São diversas as propostas legislativas e as pressões ambientais relacionadas à cava subaquática na Baixada Santista. No que diz respeito às propostas legislativas:

- Projeto de Lei 3285/19: Este projeto de lei propõe a proibição da construção de cavas subaquáticas em todo o território brasileiro. A deputada Rosana Valle (PSB-

SP), autora do projeto, argumenta que as cavas subaquáticas não são sustentáveis e deixam um passivo ambiental significativo para as gerações futuras. O projeto está em tramitação e será analisado pelas comissões de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, e de Constituição e Justiça e de Cidadania (BRASIL, 2019).

- Comissão Parlamentar de Inquérito (CPI): A CPI das Cavas Subaquáticas da Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo tem investigado os impactos ambientais e à saúde pública da cava subaquática no Canal de Piaçaguera. A CPI solicitou à CETESB o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) para avaliar a viabilidade e os riscos do projeto (ALESP, 2021).

Já em relação às pressões ambientais que surgem em função dos riscos geralmente associados a este tipo de estrutura, é importante mencionar:

- Organizações Ambientais: Grupos como a Associação de Combate aos Poluentes (ACPO) têm pressionado por maior transparência e rigor no monitoramento ambiental da cava subaquática. Eles destacam os riscos de contaminação e os impactos negativos na biodiversidade marinha (ACPO, 2020).
- Sociedade Civil: Moradores e pescadores locais têm expressado preocupações sobre os possíveis efeitos adversos na saúde e na segurança alimentar devido à contaminação dos recursos pesqueiros. Essas preocupações têm sido levadas em consideração nas discussões legislativas e nas investigações da CPI (ALESP, 2021).

Essas iniciativas demonstram um esforço contínuo para garantir que a cava subaquática seja gerida de maneira segura e sustentável, protegendo tanto o meio ambiente quanto a saúde pública.

O Movimento Contra a Cava Subaquática também pressiona as autoridades em relação aos impactos ambientais e sociais que, acreditam, a instalação causa. Uma reclamação similar é apresentada pelo Instituto Socioambiental e Cultural da Vila dos Pescadores, que alega (BUSINARI, 2024, s/p):

A economia local girou por muito tempo em torno da pesca artesanal, mas hoje

diminuiu muito o número de pescadores. O local onde foi instalada a cava era de onde os pescadores tiravam o sustento. A partir desses impactos, só houve prejuízo para o pescador. Hoje, o pescador migra para outras atividades e a pesca artesanal está fadada à extinção.

Ainda segundo o texto de Businari (2024), em 2023, o MP-SP e o MPF interpuseram uma ação civil pública para tentar mitigar os danos causados pela cava subaquática. Nesta ação, são citadas eventuais irregularidades cometidas pelas diversas empresas envolvidas, além da CETESB. A alegação é que os sedimentos existentes no Canal de Piaçaguera continuam com elevada contaminação e que as empresas responsáveis conduziram todo o processo sem cumprir as diretrizes estabelecidas pelos relatórios obrigatórios de impactos ambientais. Nesse sentido, a ação requer que a cava subaquática seja desativada e que os sedimentos contaminados sejam removidos, propondo também um projeto de recuperação ambiental. A ação pretende ainda que as empresas efetuem uma compensação financeira pelos danos ambientais causados e pelas consequências negativas impostas às comunidades locais.

Ratton, em reportagem no Diário do Litoral (2024), também menciona essa nova ação civil pública proposta pelo MP-SP e MPF em relação aos passivos ambientais que a instalação da cava subaquática provocou no ecossistema da Baixada Santista entre os anos de 2016 e 2023. A reportagem é mais explícita no que diz respeito à responsabilização das empresas envolvidas e aos pedidos de indenização.

Assim, a responsabilização deve ser dirigida à Usiminas, Ultrafértil e VLI, que, de acordo com a ação, devem recuperar o meio ambiente que foi poluído pela instalação, retirar todo o sedimento ali depositado e proceder ao confinamento em um local seguro. Pedem ainda que a CETESB seja condenada a efetuar o necessário e devido licenciamento ambiental e a fazer as adequações necessárias para que as obrigações das empresas envolvidas sejam cumpridas, exigindo a fixação de uma multa diária por descumprimento, no montante de R\$ 100 mil (DIÁRIO DO LITORAL, 2024).

A ação pretende ainda que as empresas sejam condenadas a indenizar o dano ambiental e coletivo no valor de 2% do lucro líquido de cada uma das empresas envolvidas, ao que deve acrescentar um valor de 8% somado ao lucro líquido de cada uma delas, no período correspondente entre 2021 e 2023, em função do lucro otimizado pela utilização de um empreendimento que permitiu a essas empresas aumentar seus rendimentos (DIÁRIO DO LITORAL, 2024).

Tabela 16 – Estimativa da indenização pedida na Ação Civil

Categoria do Dano	Empresas Envolvidas	Valor Solicitado (Base de Cálculo)	Período de Referência
Dano Ambiental e Coletivo	Usiminas, Ultrafértil, VLI	2% do lucro líquido de cada empresa	Não especificado na tabela
Lucro Otimizado	Usiminas, Ultrafértil, VLI	8% do lucro líquido de cada empresa	2021-2023
Multa Diária por Descumprimento (Cetesb)	Cetesb	R\$ 100.000,00	Por dia de descumprimento
Danos Morais e Materiais (Pescadores Artesanais)	Usiminas, Ultrafértil, VLI	Valor mensal mínimo equivalente ao seguro-defeso da época do pagamento, acrescido de igual valor referente a danos morais	Número de meses da duração do empreendimento

Fonte: Usiminas, 2023; VLI Logística, 2023; TJSP, 2023

Nessa ação, acresce ainda, de acordo com o Diário do Litoral (2024), o pedido de condenação das empresas no que diz respeito aos danos morais e materiais sofridos pelos pescadores artesanais que trabalhavam na área e cuja atividade foi restringida pelo empreendimento. O pedido de indenização em relação ao dano material é do pagamento de um “valor mensal mínimo equivalente ao seguro-defeso da época do efetivo pagamento, para cada pescador prejudicado, acrescido de igual valor referente à indenização mínima dos danos morais” (DIÁRIO DO LITORAL, 2024, s/p), correspondente ao número de meses da duração do empreendimento.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo aprofundado não se limita a uma mera análise da qualidade ambiental do estuário de Santos/Cubatão, mas se propõe a confrontar o diagnóstico técnico de uma década de monitoramento com as controvérsias do empreendimento da cava subaquática. A tese central, validada por uma volumosa quantidade de dados, é que a degradação do estuário configura um problema sistêmico e interdependente. As intervenções pontuais de alto risco, como a cava, falharam em reverter o quadro crônico de poluição, servindo como um doloroso exemplo da necessidade urgente de uma nova abordagem para a gestão de passivos ambientais no Brasil.

8.1. A Condição Crônica e a Autoperpetuação da Poluição: O Ecossistema em Estresse

O estuário de Santos/Cubatão, uma das áreas portuárias e industriais mais estratégicas do país, é também um ecossistema de manguezal de alta sensibilidade biológica. Infelizmente, os dados de monitoramento confirmam que, ao longo de uma década, este ecossistema esteve sob um estado de comprometimento crônico e um ciclo de poluição que se retroalimenta.

Na coluna d'água, a eutrofização crônica é a norma, não a exceção. A alta e persistente concentração de nutrientes (Fósforo Total e Nitrogênio Amoniaco) e de matéria orgânica (Carbono Orgânico Total) atesta um desequilíbrio profundo, manifestado em picos de proliferação de algas (Clorofila-a). Este excesso de matéria orgânica não se dissipa; ele se deposita no fundo do estuário, conforme evidenciado pelos elevados níveis de Carbono Orgânico Total e Sólidos Voláteis nos sedimentos.

A decomposição dessa matéria consome grandes quantidades de oxigênio, resultando na condição de hipóxia frequentemente observada, um estado de estresse severo para a vida aquática. A não conformidade de 100% para o Oxigênio Dissolvido em diversos pontos e anos é uma consequência direta dessa sobrecarga orgânica, demonstrando a incapacidade do estuário de se autodepurar. A contaminação microbiológica, com a presença de Coliformes Termotolerantes na água e Coliformes Fecais nos sedimentos, também corrobora a existência de uma fonte de poluição comum e persistente, provavelmente associada a falhas no saneamento básico.

Os sedimentos, por sua vez, atuam como a "memória tóxica" da poluição histórica da região. Eles funcionam como um sumidouro de longo prazo para uma vasta gama de poluentes

que não são prontamente detectados na mesma proporção na coluna d'água. A contaminação generalizada e crônica por metais pesados (como Arsênio, Cádmio, Cobre, Cromo, Chumbo, Mercúrio, Níquel, Prata e Zinco) é um dos achados mais críticos, com taxas de 100% de não conformidade em muitos casos. Esses elementos, que não se biodegradam, representam um risco persistente e cumulativo.

De forma igualmente preocupante, a presença de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (PAHs) e Bifenilas Policloradas (PCBs), poluentes orgânicos conhecidos por sua persistência, bioacumulação e toxicidade, foi uma constante. Esses compostos se acumulam no fundo do estuário, representando um reservatório de toxicidade com potencial de impacto de longo prazo na biota aquática e na saúde humana, uma vez que podem entrar na cadeia alimentar e sofrer o processo de biomagnificação. Os resultados de ecotoxicidade, que indicam uma toxicidade crônica e generalizada dos sedimentos para organismos bentônicos, comprovam o impacto severo e direto dessa poluição no ecossistema.

8.2. O Conflito de Paradigmas: A Cava Subaquática entre o Interesse Econômico e a Sustentabilidade

O empreendimento da cava subaquática de Cubatão emerge como o epicentro de um profundo conflito entre o interesse econômico e a sustentabilidade ambiental. A alteração do projeto inicial, que previa uma Instalação de Descarte Confinado (CDF) com um perfil de maior isolamento e segurança, para uma estrutura de Descarte Aquático Contido (CAD), que permite maior interação com o meio, e o aumento da profundidade de dragagem de 12 para 15 metros, sem a devida reavaliação de impacto ambiental, foram pontos cruciais que geraram intensas disputas. A existência de um relatório alternativo da CPI e as ações civis públicas movidas pelo Ministério Público reforçam a percepção de irregularidades e a preocupação contínua com os impactos ambientais e sociais do empreendimento.

A análise comparativa dos dados de monitoramento antes e depois da construção da cava desmascara a narrativa de uma "gradativa recuperação ambiental". A expectativa de melhora simplesmente não se concretizou. Para a maioria dos parâmetros, a situação se manteve igualmente crítica ou, em alguns casos, até piorou, como observado nos picos de não conformidade para o alumínio dissolvido e o pH nos anos seguintes à construção. A ausência de melhora indica que a cava, por si só, foi uma intervenção insuficiente para mitigar a "memória tóxica" da poluição histórica ou de anular a persistência de fontes de poluição ativas e contínuas, como esgoto doméstico e efluentes industriais. O empreendimento, portanto, não

apenas falhou em resolver o problema, mas potencialmente o exacerbou, agindo como um ponto de dispersão de contaminantes e não como uma solução definitiva.

8.3. Proposta de Tese: A Necessidade de uma Gestão *In Situ* e um Olhar para o Futuro

Diante do volume colossal de sedimentos altamente contaminados (estimados em mais de 2,4 bilhões de litros), a desativação e remoção total da cava é medida que se deve ponderar. A mobilização desse material, se não bem planejada e executada, poderia causar uma remobilização em massa de poluentes, podendo resultar em dispersão de contaminantes, aumentando a exposição da biota e das comunidades costeiras. E se não há risco de erosão da cava, sobretudo em razão do constante aprofundamento do canal de navegação, uma vez que parte significativa repousa sobre um banco de areia. Se não há o transporte de uma substância pelo movimento do fluido no qual ela está dissolvida ou suspensa (advecção) de dentro para fora da cava, por ela não ser confinada. E da mesma forma, se não há migração espontânea de substâncias tóxicas de uma área de maior concentração para uma de menor concentração devido ao movimento aleatório das suas moléculas (difusão molecular). Poderá estabelecer-se uma gestão ambiental da cava, visando a estabilização *in situ* dos sedimentos, combinada com um monitoramento rigoroso, transparente, por prazo indeterminado, garantindo a segurança ambiental e social. Portanto, a abordagem mais responsável e cientificamente embasada é a implementação de um projeto abrangente de recuperação ambiental focado na gestão e estabilização *in situ* dos sedimentos, combinado com um monitoramento rigoroso e transparente.

Este projeto de recuperação deve ir muito além das recomendações superficiais e incorporar as seguintes ações prioritárias:

- **Reforço e Aprimoramento do Capeamento:** Avaliação e reforço da camada de *capping* da cava com camadas de areia, argila ou materiais de engenharia para garantir a máxima contenção dos sedimentos contaminados, minimizando a lixiviação e a resuspensão de poluentes.
- **Monitoramento Contínuo e Transparente:** Estabelecimento de um programa de monitoramento contínuo com aumento da frequência (mensal, ou mais frequente em períodos críticos) e dos pontos de amostragem, cobrindo áreas sensíveis como manguezais e zonas de pesca. A disponibilização pública dos dados em um portal

de fácil acesso é fundamental para permitir a fiscalização social e a validação por especialistas independentes.

- Controle de Fontes de Poluição Ativas: A cava não pode ser um substituto para a despoluição geral. É imperativo o aprimoramento do saneamento básico na região e um controle rigoroso dos efluentes industriais e portuários.
- Estudos de Risco Ecológico e à Saúde Humana: Realização de avaliações de risco que considerem a bioacumulação e a biomagnificação dos contaminantes na cadeia alimentar, especialmente para os peixes e frutos do mar consumidos pela população.
- Compensação e Apoio às Comunidades Afetadas: Implementação das indenizações e dos programas de compensação aos pescadores artesanais e comunidades locais, reconhecendo os impactos socioeconômicos diretos do empreendimento.
- Governança e Fiscalização Reforçadas: Criação de um comitê multissetorial permanente, envolvendo órgãos ambientais, universidades, ONGs e representantes da sociedade civil, para a supervisão contínua da cava e das medidas de recuperação.

8.4. Posicionamento Final

A experiência de Santos/Cubatão serve como um alerta crucial para o Brasil. A discussão sobre a proibição da construção de novas cavas subaquáticas, como proposto no Projeto de Lei 3285/2019, é válida e pode ser aplicada sem qualquer dano às atividades portuárias.

Tratamos aqui neste trabalho de um caso especial, a dragagem de um canal com sedimentos altamente contaminados, em que se fazia necessário um estudo de impacto ambiental, uma situação singular posto que, não é obrigatória na ampla maioria dos casos em que se faz o uso de dragagem de manutenção.

Em conclusão, as atividades de dragagem continuarão ocorrendo sem a necessidade de enterramento, atendendo sempre à resolução em vigor, a CONAMA 454/2012, ou a mais atualizada. Portanto, a transformação do PL-3285/2019 em lei, além de proteger o meio ambiente, os recursos naturais e aqueles que deles dependem, não paralisará atividades essenciais.

A proibição da construção de novas cavas subaquáticas em estuários e áreas de alta

sensibilidade ecológica é fundamental. E concomitantemente, o investimento em pesquisas e no desenvolvimento de alternativas sustentáveis (como o tratamento ex situ e a disposição em terra), e para que se estabeleçam padrões de licenciamento com um rigor inquestionável e altamente protetivo para áreas com sedimentos altamente contaminados.

Se fazem igualmente necessários mais estudos para um melhor alijamento dos materiais dragados que estão nos padrões da Resolução CONAMA supramencionada. Pois esses, ainda assim, podem se tornar fonte de concentração de contaminantes nas áreas de influência dessa atividade de descarga do material dragado. O lançamento desse material em cavas oceânicas previamente licenciadas e rigidamente fiscalizadas evitarão a geração de novos passivos ambientais em ecossistemas igualmente frágeis.

Em última análise, a cava subaquática implantada na divisa de Santos e Cubatão emerge como um paradigma dos passivos, desafios ambientais legados, um lembrete inegável de que a gestão de resíduos em ecossistemas sensíveis exige a máxima cautela.

Os possíveis riscos de manter cavas sedimentos altamente contaminados, como erosão ou desmoronamentos, reforçam a necessidade premente de um projeto de recuperação in situ robusto e transparente, com controle social. Olhando para o futuro, uma legislação adequada e estudos apropriados se apresentam como respostas estratégicas e essencial para evitar que a história se repita, garantindo a salvaguarda da saúde pública e de nossos essenciais ecossistemas para as futuras gerações, indo ao encontro da Legislação Máxima, nossa Constituição Federal.

Referências

ACPO. **Cava subaquática**, 2020. Disponível em: <https://acpo.org.br/nossa-luta/campanhas/cava-subaquatica/>. Acesso em: 30.out.2024.

AGÊNCIA PORTO. **ZPE e investimentos no Porto de Santos trarão novo perfil econômico regional**, 2024. Disponível em: <https://agenciaporto.com/noticias/zpe-e-investimentos-no-porto-de-santos-trarao-novo-perfil-economico-regional>. Acesso em: 12.mar.2025.

AGERSCHOU, H.; BRATTELAND, E.; ERNST, M.; KIELDS, N. **Planning and design of ports and marine terminals**. 2004. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/625588104/Agerschou-Et-Al-2004-Planning-and-Design-of-Ports-and-Marine-Terminals-2nd-Ed>. Acesso em: 24.nov.2024.

AKCIL, A.; ERUST, C.; OZDEMIROGLU, S.; FONTI, V.; BEOLCHINI, F. **A review of approaches and techniques used in aquatic contaminated sediments: Metal removal and stabilization by chemical and biotechnological processes**, 2015. *Journal of Cleaner Production*, 86, 24–36. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.009>. Acesso em: 10.nov.2024.

ALESP. **CPI das Cavas Subaquáticas aprova relatório final e recomenda medidas para maior segurança de obra**. 2022. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/noticia/?15/03/2022/cpi-das-cavas-subaquaticas-aprova-relatorio-final-e-recomenda-medidas-para-maior-seguranca-de-obra-->. Acesso em: 29.out.2024.

ALESP. **CPI das Cavas Subaquáticas solicita à Cetesb estudo ambiental que liberou obra no Porto de Santos**. 2021. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/noticia/?23/11/2021/cpi-das-cavas-subaquaticas-solicita-a-cetesb-estudo-ambiental-que-liberou-obra-no-porto-de-santos>. Acesso em: 03.nov.2024.

ALFREDINI, Paolo.; ARASAKI, Emília. **Engenharia portuária**. São Paulo: Blucher, 2014.

ALIANÇA SOLUÇÃO AMBIENTAL. **A preservação do meio ambiente começa aqui**. 2024. Disponível em: <https://www.aliancasolucao.com.br/>. Acesso em: 16.mar.2025.

ALMEIDA, Renato; JUNIOR, Clemente. **Atlas dos Manguezais do Brasil**. Ministério do Meio Ambiente, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Brasília, 2018.

AMARAL, I. **Justiça de SP suspende licença para terminal de gás no porto de Santos: decisão vê risco em sistema para estocar e regaseificar gás natural a 700 m da costa**. Nos EUA, distância mínima é de 4,8 km. *Notícia do R7* do dia 20 de maio de 2021. Disponível em: <https://noticias.r7.com/sao-paulo/justica-de-sp-suspende-licenca-para-terminal-de-gas-noporto-de-santos-20052021>. Acesso em: 10.jan.2024.

ARAÚJO, Tiago. **Avaliação de impactos em um lixão inativo no município de Itaporanga – PB**. 48 f. Trabalho de conclusão de curso (TCC) do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2015.

AUSILI, A.; BOROWIEC, P.; BOUGHABA, J.; BRANCHE, E.; BRILIS, J.; BRINKE, M.; BROOKE, J.; BUSSETTINI, M.; CARERE, M.; CARLS, I.; CASADO MARTINEZ, M. ;

CLAYTON, H.; CLEVERINGA, J.; COMITI, F.; DAVID, S.; DOKKUM, R.; DUDÁS, K.; FERRER, C.; GOLTARA, A.; WINTERSCHIED, A. Integrated sediment management. Guidelines and good practices in the context of the Water Framework Directive. 2022.

BARNES, R. **The London Convention: Jurisdiction and Liability Issues**. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1163/15718085-bja10181>. Acesso em: 20.out.2024.

BARROS, M. F.; CARRIÇO, J. M. **Esvaziamento e transformação morfológica da área central de Santos/SP: gênese e perspectivas**. Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana, v. 1, p. 1-22, 2019.

BEVILACQUA, José Eduardo. **Alô, CETESB! Desafios do Licenciamento Ambiental do Canal de Piaçaguera**. CETESB, 23 de setembro de 2020. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=4J8eH9amfQI&feature=emb_logo>. Acesso em: 18.nov.2022.

BORTONE, G.; AREVALO, E.; DEIBEL, I.; DETZNER, H.; DE PROPIS, L.; ELSKENS, F.; GIORNADO, A.; HAKSTEGE, P.; HAMER, K.; HARMSSEN, J.; HAUGE, A.; PALUMBO, L.; VAN VEEN, J. **Synthesis of the sednet work package 4 outcomes**. Journal of Soils and Sediments, v. 4, n. 4, p. 225-232, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF02991117>. Acesso em: 20.out, 2024.

BOSSY, K.; ANDERSON, T.; KOBILNYK, T. **Dewatering and containment of heavy-metal contaminated sediments with geotextile containers and polymers: Developing and validating system performance and design**. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.14288/1.0437479>. Acesso em: 25.out.2024.

BRANCO, J. C.; SANTOS, E. L. dos. **Relatório Técnico Integrado sobre as inconformidades da execução do projeto referente ao Licenciamento da dragagem de manutenção de 2005, falta de licenciamento para o aprofundamento do canal e inconformidades e parcialidade dos parâmetros analisados durante a dragagem**. Associação de Combate aos Poluentes - ACPO. Relatório. Santos, 2018. Disponível em: <<https://acpo.org.br/arquivos/pagina-nossa-luta/campanhas/cava-subaquatica/documentos/acpo-amicus-curiae/00-20180622-parecer-amicus-curiae.pdf>>. Acesso em: 22.abr.2025.

BRASIL. **IBAMA lança plataforma Recooperar, ferramenta de gestão de áreas degradadas**, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/noticias/2024/ibama-lanca-plataforma-recooperar-ferramenta-de-gestao-de-areas-degradadas>. Acesso em: 05.nov.2024.

BRASIL. **IBAMA publica IN nº 14/2024, que orienta sobre o Projeto de Recuperação de Área Degradada ou Área Alterada (PRAD)**. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/notas/2024/ibama-publica-in-no-14-2024-que-orienta-sobre-o-projeto-de-recuperacao-de-area-degradada-ou-area-alterada-prad>. Acesso em: 05.nov.2024.

BRASIL. **Programa de Fortalecimento Produtivo dos Territórios Pesqueiros Artesanais**. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mpa/pt-br/assuntos/pesca/programa-povos-da-pesca-artesanal/programa-fortalecimento-produtivo-dos-territorios-pesqueiros-artesanais>. Acesso em: 23.out.2024.

BRASIL – CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Projeto proíbe construção de cavas subaquáticas**, 2019. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/563511-projeto-proibe-construcao-de-cavas-subaquaticas/>. Acesso em: 11.nov.2024.

BRILIS, J. **Including sediment in European River Basin Management Plans: Twenty years of work by SedNet**. *Journal of Soils and Sediments*, v. 20, n. 12, p. 4229, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11368-020-02782-1>. Acesso em: 16.out.2024.

BRITO, Pedro. **Muito a navegar: uma análise logística dos portos brasileiros**. Rio de Janeiro: Topbooks, 2010.

BRUCE, P.; SOBEK, A.; OHLSSON, Y.; BRADSHAW, C. **Risk assessments of contaminated sediments from the perspective of weight of evidence strategies – a Swedish case study**. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 27(5), 1366–1387, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10807039.2020.1848414>. Acesso em: 26.out.2024.

BUSINARI, Maurício. **Cratera gigante debaixo d'água no litoral de SP é alvo de ação**. 2024. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2024/07/26/cratera-sob-a-agua-no-litoral-de-sp-e-maior-que-estadio-e-esconde-poluentes.htm>. Acesso em: 29.out.2024.

CAMPOS, M. **A importância da pesca artesanal para a comunidade pesqueira da Penha no litoral sul de João Pessoa – PB**. 2019. 29 f. TCC (Graduação) - Curso de Gastronomia, Departamento de Oceanografia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/15709/1/MPC13092019.pdf>. Acesso em: 20.mar.2025.

CARDOSO, Victor. **Tecnologias de obras civis para estruturas portuárias**. Trabalho Conclusão de Curso em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021.

CARDOSO, Sandra; GORISCH, Patrícia. **Cava subaquática na Baixada Santista**. *Unisantia Law and Social Science*, v. 12, n. 1, p. 370, 2023. Disponível em: <https://periodicos.unisanta.br/LSS/article/view/894>. Acesso em: 20.mar.2025.

CARDOSO, Sandra; SEVERO, Fagner; NASCIMENTO, Reinaldo; PEDROSA, Rafael; SOUZA, Tiago; GORISCH, Patrícia. **Dragagem e a cava subaquática de Canal Piaçaguera: uma revisão bibliográfica sobre possíveis impactos na saúde da população da cidade de Santos/SP**. *Revista Observatório Portuário*, v. 2, n. 3, 2023. Disponível em: <https://periodicos.unisanta.br/ROP/article/view/2153>. Acesso em: 16.out.2024.

CARMO, Carolina; ABESSA, Denis; NETO, Joaquim. **Metais em águas, sedimentos e peixes coletados no estuário de São Vicente-SP, Brasil**. *Revista O mundo da saúde*, v. 35, n 1, São Paulo. 2011. Disponível em: <https://revistamundodasaude.emnuvens.com.br/mundodasaude/article/view/576>. Acesso em: 14.04.2025.

CASTRO, Silvia; ALMEIDA, Josimar. **Dragagem e conflitos ambientais em portos clássicos e modernos: uma revisão**. *Rev. Sociedade & Natureza*, v. 3, n. 24, dez. 2012.

Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/rMwQSBNvCfmmm7CkJkVqShf/>. Acesso em: 16.mar.2025.

CAVA SUBAQUÁTICA. **Desmistificando**. 2019. Disponível em: <https://cavasubaquatica.com/#desmistificando>. Acesso em: 18.nov.2022.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Assessoria Parlamentar - **Requerimento de Informação nº 06/2019 sobre a Cava Subaquática do canal de Piaçaguera**. Processo SMA nº 13.781/02, São Paulo, 2019.

CETESB. **Relatório de qualidade das costeiras do Estado de São Paulo**, 2023. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-costeiras/publicacoes-e-relatorios/>. Acesso em: 07.nov.2024.

CLARKE, C.; LONSDALE, J.; JUDD, A.; CORMIER, R.; MARTINI, N.; AGIUS, S.; CAVALLARO, K.; OLIVER, J.; VAN BLOEMESTEIN, U.; DU TOIT, J. Cumulative effect assessment in the marine environment: A focus on the London protocol/ London convention. *Environmental Science & Policy*, 136, 428–441, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.07.006>. Acesso em: 28.out.2024.

CODESP. **Dragagem do Porto de Santos, Economia, sustentabilidade e educação ambiental**. Disponível em: <https://dragagem.portodesantos.com.br/portal/dragagem>. Acesso em: 18.nov.2022.

CONTRACAÇA. **O que é a cava subaquática? Informativo do Movimento contra a cava subaquática**, 2021. Disponível em: <https://contracava.confianti.com.br/o-que-e-a-cava-subaquatica/>. Acesso em: 18.nov.2022.

COUTO, J.M. **Entre estatais e transnacionais: o pólo industrial de Cubatão**. Campinas, 2003. 247 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, 2003.

CPP. **Relatório dos Conflitos Socioambientais e Violações de Direitos Humanos em Comunidades Tradicionais Pesqueiras no Brasil**, 2021. Disponível em: <http://www.cppnacional.org.br/publicacao/relat%C3%B3rio-dos-conflitos-socioambientais-e-viola%C3%A7%C3%B5es-de-direitos-humanos%C2%A0em%C2%A0comunidades>. Acesso em: 03.nov.2024.

CUNHA, C.; OLIVEIRA, R. **Baixada Santista: Uma contribuição à análise geoambiental**. 2015. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/wg6rs>. Acesso em: 07.nov.2024.

DAMASIO, B. **A qualidade ambiental do Sistema Estuarino de Santos, São Vicente e Bertioga avaliada por um bioindicador: Foraminíferos bentônicos** [Text, Universidade de São Paulo], 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/D.21.2021.tde-09032022-135013>. Acesso em: 29.out.2024.

DAMASIO, B.; TIMOSZCZUK, C.; KIM, B.; SOUSA, S.; BÍCEGO, M.; SIEGLE, E.; FIGUEIRA, R. **Impacts of hydrodynamics and pollutants on foraminiferal fauna distribution in the Santos Estuary (SE Brazil)**, 2020. *Journal of Sedimentary Environments*, 5(1), 61–86. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s43217-020-00003-w>. Acesso em: 26.out.2024.

DELL'ANNO, A.; BEOLCHINI, F.; CORINALDESI, C.; AMATO, A.; BECCI, A.; RASTELLI, E.; HEKEU, M.; REGOLI, F.; ASTARITA, E.; GRECO, S.; MUSCO, L.; DANOVARO, R. **Assessing the efficiency and eco-sustainability of bioremediation strategies for the reclamation of highly contaminated marine sediments**. 2020. *Marine Environmental Research*, 162, 105101. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2020.105101>. Acesso em: 30.out.2024.

DETZNER, H.; NETZBAND, A.; KNIES, R. **Dredged Material Management in Hamburg**. 96. 2004.

DIÁRIO do LITORAL. **Relatório alternativo à CPI da Cava Aquática aponta riscos ambientais**. 2022. Disponível em: <https://www.diariodolitoral.com.br/cotidiano/relatorio-alternativo-a-cpi-da-cava-subaquatica-aponta-riscos/156200/>. Acesso em: 18.04.2023.

DIÁRIO do LITORAL. **Cava subaquática gera nova ação judicial por dano ambiental no litoral de SP**, 2024. Disponível em: <https://www.diariodolitoral.com.br/cotidiano/cava-subaquatica-gera-nova-acao-judicial-por-dano-ambiental-no-litoral/183811/>. Acesso em: 01.nov.2024.

DIETZ, J. **The Clean Water Act: a blueprint of environmental protection**. *Environmental Law Report*, 50 (7); 10565-10578, 2020.

DOLCE, Júlia. **Cratera de empresa da Vale debaixo do mar gera conflito com pescadores em Santos**. Publica, 2019. Disponível em: <https://apublica.org/2019/04/cratera-de-empresa-da-vale-debaixo-do-mar-gera-conflito-com-pescadores-em-santos/>. Acesso em: 16.out.2024.

DORLEON, G.; RIGAUD, S.; TECHER, I. **Management of dredged marine sediments in Southern France: Main keys to large-scale beneficial re-use**. *Environmental Science and Pollution Research*, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-024-33129-9>. Acesso em: 29.out.2024.

ECEL Ambiental. **Parecer Técnico**, 2017. Disponível em: https://acpo.org.br/arquivos/pagina-nossa-luta/campanhas/cava-subaquatica/documentos/mpf-mpsp/09_Parecer_tecnico_Elio_18_08_2017.pdf. Acesso em: 14.abr.2025.

EPA. **EPA's contaminated sediment management strategy**, 2025. Disponível em: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/20003Z7X.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EP A&Index=1995+Thru+1999&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&Toc Restrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&IntQ FieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&File=D%3A%5Czyfiles%5CIndex%20Data%5C 95thru99%5CTxt%5C00000012%5C20003Z7X.txt&User=ANONYMOUS&Password=anonymouse&SortMethod=h%7C-&MaximumDocuments=1&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/r75g8/x150y150g16/i425 &Display=hpfr&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Back=ZyActionS&BackDesc=Results%20page&MaximumPages=1&ZyEntry=1&SeekPage=x&ZyPURL>. Acesso em: 26.mar.2025.

FERRAZ, Ana. **Cava é cova: desdobramentos socioambientais da dragagem do Canal de Piaçaguera em Cubatão – SP**. 2023. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

FONASC. **Fonasc Cbh denuncia implantação de cava subaquática (lixão submarino**

químico tóxico) no estuário santista, 2018. Disponível em: <http://fonasc-cbh.org.br/?p=18907>. Acesso em: 19.04.2023.

FREDETTE, T. **Why confined aquatic disposal cells often make sense**. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 2(1), 35–38, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ieam.5630020107>. Acesso em: 15.out.2024.

FREDETTE, T. **Long-term monitoring of a contained aquatic disposal (CAD) cell in Providence Harbor, Rhode Island**. In: WES Conference Proceedings. Vicksburg, MS: U.S. Army Engineer Research and Development Center, 2006.

FUNDAÇÃO BB. **Gente da Maré: melhorando as condições de vida das marisqueiras do Nordeste**, 2024. Disponível em: <https://transforma.fbb.org.br/tecnologia-social/gente-da-mare-melhorando-as-condicoes-de-vida-das-marisqueiras-do-nordeste>. Acesso em: 30.out.2024.

GARCIA, Carlos; PASSOS, Elisângela. **Gestão de Resíduos Industriais: uma abordagem prática**. São Paulo: Érica, 2012. .

G1. **Cratera maior que o Maracanã aberta debaixo d'água é alvo de ação em SP**. 2024. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/santos-regiao/porto-mar/noticia/2024/07/22/cratera-maior-que-o-maracana-aberta-debaixo-dagua-e-alvo-de-acao-o-impacto-e-real.ghtml>. Acesso em: 28.out.2024.

GOES FILHO, Hildebrando. **Dragagem e gestão dos sedimentos**. Tese (Pós-Graduação em Engenharia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

GOMES, S.; SANTOS, S.; PRADO, Á. **A regulamentação dos processos de dragagem no Brasil e a sustentabilidade ambiental: o Porto de Santos**. *Revista Observatório Portuário*, n. 2 (1). 2023.

GUEDES, Gilvan; SIMÃO; Andréa; DIAS; Carlos; BRAGA; Eliza. **Risco de adoecimento por exposição às águas do Rio Doce: um estudo sobre a percepção da população de Tumiritinga, Minas Gerais, Brasil**. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 31, n. 6, p. 1257-1268, jun, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/rXLryPdc9dkbb8nyPyMvykw/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 12.04.2023.

HAKSTEGE, A. **Description of the Available Technology for Treatment and Disposal of Dredged Material**, 2007. Em G. Bortone & L. Palumbo (Orgs.), *Sustainable Management of Sediment Resources* (Vol. 2, p. 68–118). Elsevier. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S1872-1990\(07\)80016-X](https://doi.org/10.1016/S1872-1990(07)80016-X). Acesso em: 25.out.2024.

HAKSTEGE, A.; PALUMBO, L.; PROPRIS, L.; GIORDANO, A.; DETZNER, H.; HAUGE, A.; GROSDÉMANGE, D.; DESSEL, G.; CNUUDE, T. **Sediment Management of Nations in Europe**. Em L. Palumbo (Org.), *Sustainable Management of Sediment Resources* (Vol. 2, p. 11–58). 2007. Disponível em: 16.out.2024. Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S1872-1990\(07\)80014-6](https://doi.org/10.1016/S1872-1990(07)80014-6). Acesso em: 22.out.2024.

HAMILTON HARBOUR. **Projects**. 2025. Disponível em: <https://www.hopaports.ca/locations/port-of-hamilton/current-projects/randle-reef/>. Acesso em: 14.abr.2025.

HELCOM **Guidelines for Management of Dredged Material at Sea**. 2024. Disponível em: <https://helcom.fi/helcom-at-work/publications/manuals-and-guidelines/>. Acesso em: 19.out.2024.

HIROSHI, João; VIEIRA, Victor; ABREU, Livia; RODRIGUES, Marcela. **Cava ou cova? O dilema de conciliar qualidade de vida e desenvolvimento**, 2021. Disponível em: <https://viralunisanta.wixsite.com/viral2021/cava-subaqu%C3%A1tica>. Acesso em: 18.nov.2022.

IMO. **45th Consultative Meeting of Contracting Parties to the London Convention and the 18th Meeting of Contracting Parties to the London Protocol (LC 45/LP 18)**. ([s.d.]). Disponível em: <https://www.imo.org/en/MediaCentre/MeetingSummaries/Pages/LC-45-LP-18.aspx>. Acesso em: 24.out.2024.

JOUBERT, J.; FIGLUS, J.; MOHAN, R. **Review of Design Guidance and Past Practices of Confined Aquatic Placement Within United States Harbors and Estuaries**. *Journal of Dredging*, 21(1), 1–25. 2024.

JUNIOR, Sérgio. **Estudo conceitual da dragagem de aprofundamento para a implantação do projeto de expansão do terminal público da Alemoa**. Trabalho de Conclusão de Curso, Faculdade de Engenharia, Universidade Santa Cecília, 2019. Disponível em: <https://cursos.unisanta.br/civil/arquivos/dragagem-estudo.pdf>. Acesso em: 16.01.2023.

JUSBRASIL. **Jeffer Castelo Branco x Cetesb**, 2017. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/processos/191303219/processo-n-103XXXX-7620178260053-do-trf-3#informacoes>. Acesso em: 20.dez.2024.

KEIL, K.; ESTES, T.; KREITINGER, J.; LOTUFO, G. R., PRICE, R.; HABBERFIELD, M.; HINTERBERGER, B.; LENOX, A.; PICKARD, S.; WARGO, M.; MILLER, J.; SCHROEDER, P.; MILLER, J.; SUEDEL, B.; LABORATORY, E. **Environmental evaluation and management of dredged material for beneficial use: A regional beneficial use testing manual for the Great Lakes**. 2022. Disponível em: <https://hdl.handle.net/11681/45024>. Acesso em: 22.out.2024.

KLEVERLAAN, E.; REICHEL-T-BRUSHETT, A. **Regulation, Legislation and Policy—An International Perspective**. Em A. Reichelt-Brushett (Org.), *Marine Pollution – Monitoring, Management and Mitigation* (p. 339–357). 2023. Springer Nature Switzerland. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-031-10127-4_16. Acesso em: 05.nov.2024.

KVASNICKA, J.; BURTON JR, G.; SEMRAU, J.; JOLLIET, O. **Dredging Contaminated Sediments: Is it Worth the Risks?** *Environmental Toxicology and Chemistry*, 39(3), 515–515, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/etc.4679>. Acesso em: 10.nov.2024.

LF AMBIENTAL. **Institucional**. 2024. Disponível em: <https://www.lfambiental.com.br/>. Acesso em: 16.abr.2025.

LEHOUX, A.; PETERSEN, K.; LEPPANEN, M.; SNOWBALL, I.; OLSEN, M. **Status of contaminated marine sediments in four Nordic countries: Assessments, regulations, and remediation approaches**, 2020. *Journal of Soils and Sediments*, 20(6), 2619–2629. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11368-020-02594-3>. Acesso em: 02.nov.2024.

LOPES, Alessandro. **Dragagem do canal do Porto de Santos também precisa considerar**

impactos ambiental e social. Revista Fator Brasil, 2024. Disponível em: <https://www.revistafatorbrasil.com.br/2024/01/24/dragagem-do-canal-do-porto-de-santos-tambem-precisa-considerar-impactos-ambiental-e-social/>. Acesso em: 23.mar.2025.

MAR SEM FIM. **Cavas subaquáticas:** projeto que proíbe construção avança. 2019. Disponível em: <https://marsemfim.com.br/cavas-subaquaticas-projeto-que-proibe-construcao-avanca/>. Acesso em: 18.nov.2022.

MARQUES, Raquel. **Avaliação do uso da cava subaquática em Cubatão (SP) para a colocação de sedimentos contaminados como uma eventual forma de remediação.** Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharel em Ciência e Tecnologia do Mar – Universidade Federal de São Paulo, Santos. 2022. Disponível em: <https://repositorio.unifesp.br/handle/11600/66376>. Acesso em: 17.04.2023.

MAURICI, M. **Relatório Alternativo CPI - CAVAS SUBAQUÁTICAS. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo.** 2022.

MELO, Cristiane. **Utilização de informações espaciais de alta resolução para análise de suscetibilidade de deslizamento sob situação de precipitações intensas.** Tese Doutorado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/40728>. Acesso em: 22.abr.2025.

MELO, L.; FUTAI, M.; STEPHENS, T.; CASTRO, N. **Remediation of the contaminated sediments dredged from Rio de Janeiro.** Second Pan American Geosynthetics Conference & Exhibition GeoAmericas, 2012. Disponível em: <https://sites.usp.br/geoinfrausp/wp-content/uploads/sites/714/2021/10/2012-Geomericas-Remediacao-sedimentos-Leo-et-al.pdf>. Acesso em: 25.mar.2025.

MONTEIRO, Analucia. Estudo das técnicas de disposição de sedimentos contaminados de dragagem. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2010.

MORRIS, J.; FREDETTE, T. **Development and LongTerm Fate of a Capped Disposal Mound at an Open Water Dredged Material Disposal Site. Proceedings of the Third Specialty Conference on Dredging and Dredged Material Disposal Dredging '02 Key Technologies for Global Prosperity,** 58 May 2002, Orlando, FL. Stephen Garbaciak, Jr., ed., American Society of Civil Engineers, 2002.

MONTEIRO, Analucia.; AMORIM, José; MARQUES, Maria. **Disposição de sedimentos contaminados de dragagem em tubos geotêxteis,** revista C&T, 3º Trimestre, p. 3–12, 2014. Disponível em: https://rmct.ime.eb.br/arquivos/RMCT_3_tri_2014/RMCT_011_E2C_11.pdf. Acesso em: 16.abr.2025.

MPSP. **MPSP e MPF ajuízam ação para interromper dragagem no Canal de Piaçaguera, em Santos,** 2017. Disponível em: <https://www.mpsp.mp.br/w/mpsp-e-mpf-aju%C3%ADzam-a%C3%A7%C3%A3o-para-interromper-dragagem-no-canal-de-pia%C3%A7aguera-em-santos>. Acesso em: 20.dez.2024.

OBHODAS, J.; ROMANO, E.; CASTELLOTE, M.; HEISE, S. **Sediment as a dynamic natural resource—From catchment to open sea.** 2020. Journal of Soils and Sediments, 20(6), 2541–2545. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11368-020-02656-6>. Acesso em: 12.out.2024.

OEN, A.; PETTERSEN, A.; EEK, E.; GLETTE, T.; BROOKS, L.; BREEDVELD, G. **Monitoring chemical and biological recovery at a confined aquatic disposal site, Oslofjord, Norway**. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 36(9), 2552–2559. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/etc.3794>. Acesso em: 12.out.2024.

OLIVEIRA, George; CORREIA, Raul. **A necessidade da dragagem no Porto de Santos**. X FATECLOG – Logística 4.0 & A Sociedade do Conhecimento – FATEC Guarulhos/SP, Jun. 2019. Disponível em: <https://fateclog.com.br/anais/2019/A%20NECESSIDADE%20DA%20DRAGAGEM%20NO%20PORTO%20DE%20SANTOS.pdf>. Acesso em: 13.mar.2025.

OLIVEIRA, Ulysses. **A dragagem e os impactos ao meio ambiente**. 2010. Rio de Janeiro. Disponível em: www.uezo.rj.gov.br/tccs/capi/UlyssesOliveira.pdf. Acesso em: 16.04.2023.

ONU. **Intensa degradação de manguezais causa consequências mundiais devastadoras, alerta agência da ONU**, 2014. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/67747-intensa-degrada%C3%A7%C3%A3o-de-manguezais-causa-consequ%C3%A2ncias-mundiais-devastadoras-alerta-ag%C3%A2ncia-da>. Acesso em: 25.out.2024.

OSPAR. **Guidelines for the Management of Dredged Material at Sea—Agreement 2014-06**. 2024. Disponível em: <https://www.ospar.org/documents?v=33037>. Acesso em: 28.out.2024.

PALERMO, M. et al. **Assessment and remediation of contaminated sediments (ARCS) program**. EPA, 1998. Disponível em: <https://semspub.epa.gov/work/HQ/189670.pdf>. Acesso em: 18.out.2024.

PALERMO, M. **Dredging Operations and Environmental Research: Focus on Contaminated Sediment**,” Proceedings of the Third Specialty Conference on Dredging and Dredged Material Disposal Dredging’02 Key Technologies for Global Prosperity, 58 May 2002, Orlando, FL. Stephen Garbaciak, Jr., ed., American Society of Civil Engineers.

PALERMO, M.; AVERETT, D. **Confined disposal facility (CDF) containment measures: A summary of field experience**. DOER Technical Notes Collection. ERDC TN-DOER-C18. Vicksburg, MS: U.S. Army Engineer Research and Development, 2000. Disponível em: <http://el.erd.usace.army.mil/elpubs/pdf/doerc18.pdf>. Acesso em: 16.nov.2024.

PALERMO, M.; BOSWORTH, W. **Use of Confined Disposal Facilities for Sediment Remediation**. Great Lakes. 2008.

PARREIRA, Caroline. **Avaliação da hidrodinâmica e da poluição no Canal de Piaçaguera, no Estuário de Santos - São Vicente (SP), a partir de informações ambientais e modelagem numérica**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2012. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/90/90131/tde-04072012-140310/pt-br.php>. Acesso em: 18.04.2023.

PEDUZZI, Marina. **Equipa multiprofissional de saúde: conceito e tipologia**. *Rev. Saúde Pública*, v. 1, n. 35, p. 103. São Paulo, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rsp/a/PM8YPvMJLQ4y49Vxj6M7yzt/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 14.mar.2025.

PEREIRA NETTO, Annibal D. et al. Avaliação da contaminação humana por

hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) e seus derivados nitrados (NHPAs): uma revisão metodológica. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 23, n. 6, p. 765- 773, Dec. 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422000000600010&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 10.fev.2024.

PETROBRAS. **Iniciamos o Programa de Capacitação de Pescadores, condicionante Etapa 3**, 2023. Disponível em: <https://comunicabaciadesantos.petrobras.com.br/w/iniciamos-o-programa-de-capacitacao-de-pescadores-condicionante-da-etapa-3-definida-pela-fundacao-florestal>.

PONTES, C. **Evolução política, organizacional e sindical do sistema portuário nacional. Uma aplicação ao Porto de Santos**. Tese de Doutorado. Engenharia Naval. EP/USP, 2001.

POPENDA, A. **Capping as in-situ alternative for contaminated sediments. Desalination and Water Treatment**, 199, 420–433, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5004/dwt.2020.26242>. Acesso em: 16.out.2024.

PORT OF OSLO. **Clean Oslofjord**, 2025. Disponível em: <https://snl.no/Oslofjorden>. Acesso em: 14.abr.2025.

PORT OF ROTTERDAM. **Cava Maasvlakte**, 2025. Disponível em: <https://porteconomicsmanagement.org/pemp/contents/part4/port-terminal-construction/construction-maasvlakte-2-rotterdam/>. Acesso em: 14.abr.2025.

PORTAL AMAZÔNIA. **É um problema nosso: especialista em manguezais fala sobre a importância de preservá-los**. 2024. Disponível em: <https://portalamazonia.com/meio-ambiente/especialista-manguezais-preservacao/>. Acesso em: 30.out.2024.

POVO DE CUBATÃO. **Cava submersa no canal de Cubatão recupera ecossistema regional**. 2019. Disponível em: <http://povodecubatao.com.br/cava-submersa-no-canal-de-cubatao-recupera-ecossistema-regional/>. Acesso em: 19.nov.2022.

PUERTO DE HUELVA. **Porto de Huelva – Autoridade Portuária**, 2025. Disponível em: <https://www.grupo-cps.com/en/blog/noticia/la-autoridad-portuaria-de-huelva-adjudica-a-sistem-el-desarrollo-de-una-plataforma-para-la-digitalizacion-de-infraestructuras-y-procesos-portuarios/>. Acesso em: 12.abr.2025.

REICHELT-BRUSHETT, Amanda. **Marine pollution – monitoring, management and mitigation**. Australia: Springer, 2023.

RIBEIRO, Rogério. **Evolução geomorfológica da Serra de Cubatão**, em São Paulo. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2004.

ROA, Katia; SILVA, Gilson; NEVES, Leonardo; WARIGODA, Massuko. **Pilhas e baterias: usos e descartes x impactos ambientais**, 2009. Disponível em: http://www.cienciamao.usp.br/dados/aas/_indefinidopilhasebateria.arquivo.pdf. Acesso em: 16.05.2023.

ROCHA, Victoria Malaco da. **Os serviços ecossistêmicos na Ilha Diana, Santos - SP**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020. Disponível em:

<https://repositorio.usp.br/directbitstream/6254a0ba-6835-4342-b476-3131dccba81d/2020_VictoriaMalacodaRocha_TGI.pdf>. Acesso em: 20.abr.2025.

ROSA, L.; FREITAS, D. **Environmental impacts systematic analysis of ports disposed dredged sediments techniques**, 2021. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/229481>. Acesso em: 29.out.2024.

SANTOS-AUTORIDADE PORTUÁRIA. **História**, 2023. Disponível em: <https://www.portodesantos.com.br/conheca-o-porto/historia-2/>. Acesso em: 19.04.2023.

SANTOS, E.; SARTOR, S. **Parecer Técnico - Cava Subaquática**—Referência: Informação Técnica Cetesb 003/19/I. Ecel Ambiental. 2019.

SCHIAVON, H. et all. **O Porto de Santos e sua história**. Santos. Documentação Brasileira, 1986.

SENDACZ, Iso. **Porque um buraco no Porto de Santos incomoda tanta gente?** 2022. Disponível em: <https://isosendacz.org/2022/03/03/porque-um-buraco-no-porto-de-santos-incomoda-tanta-gente/>. Acesso em: 20.nov.2022.

SILVA, Wanilson; MATOS, Rosa Helena R.; MACHADO, Wilson; NIZOLI, Érico Casare. **Taxas de Sedimentação em Estuário do Sudeste do Brasil, baseadas em Assinatura Geoquímica e Histórico Industrial**. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 31, n. 1, p. 69 – 78, 2012.

SINDAPORT. **Veja o que se sabe sobre a cratera aberta debaixo d'água que é maior que o Maracanã**, 2024. Disponível em: <https://sindaport.com.br/conteudo-pesquisa.php?id=28940>. Acesso em: 25.abr.2025.

SITTONI, L. **Sustainable management of the beneficial use of sediments: A case studies review**, 2019. IADC Dredging, 156, 6–17.

SITTONI, L.; BOER, J.; VAN DER STAR, M.; VAN DEN HEUVEL, M.; BAPTIST, M.; VAN EEKELLEN, E.; VAN DER GOOT, F.; NIEBOER, H.; DOETS, I. **Beneficial and nature-based sediment use—Experiences from Dutch pilots**. Australasian Coasts and Ports 2020. Conference: Future directions from 40 [degrees] S and beyond, Hobart, 10-13 September 2019, 325–330. Disponível em: <https://doi.org/10.3316/informit.796807454265332>. Acesso em: 21.out.2024.

SOLANKI, P.; JAIN, B.; HU, X.; SANCHETI, G. **A Review of Beneficial Use and Management of Dredged Material. Waste**, 1(3), Artigo 3. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/waste1030048>. Acesso em: 15.out.2024.

SOUZA, Ana; SANTOS, Stéffany; SILVA, Maira; MOREIRA, Nereu. A importância do processo de dragagem: impactos ambientais no Porto de Santos. XII FATECLOG – Gestão da cadeia de suprimentos no contexto atual, Mogi das Cruzes, jun. 2021. Disponível em: <https://fateclog.com.br/anais/2021/parte4/710-945-1-RV.pdf>. Acesso em: 17.mar.2025.

SPADARO, P.; ROSENTHAL, L. (2020). **River and harbor remediation: “Polluter pays,” alternative finance, and the promise of a “circular economy”**. Journal of Soils and Sediments, 20(12), 4238–4247, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11368-020-02806-w>. Acesso em: 27.out.2024.

STRUPENI, Giulia. **O impacto das recentes atividades antrópicas nos serviços ecossistêmicos na região do Canal de Piaçaguera – SP**. Trabalho de Conclusão de Curso – Cientista do Mar – Universidade Federal de São Paulo, Santos, 2022.

SUGAUARA, L. **Impacto da poluição ambiental em manguezal brasileiro, bioacumulação de HPAs em *Spartina alterniflora***. 2022. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/217033>. Acesso em: 28.out.2024.

SURGIU. **Poluição e avanço urbano ameaçam manguezais no Brasil**, 2020. Disponível em: <https://surgiu.com.br/2020/08/14/poluicao-e-avanco-urbano-ameacam-manguezais-no-brasil/>. Acesso em: 20.out.2024.

TORRONTÉGUY, M.; MENEGUCCI, J. M.; SARAIVA, A.; CAMARA, F.; CASTRO, N.; MARQUES, A.; COELHO, L. **Piaçaguera channel dredging case: confined aquatic disposal – CAD as an alternative for the destination of sediments not available to the ocean disposal**. VLI Logística, 2018.

TJSP. **Débitos Judiciais**. 2023. Disponível em: <https://www.tjsp.jus.br/Download/Tabelas/TabelaDebitosJudiciais.pdf>. Acesso em: 25.out.2024.

UOL. **Cratera gigante debaixo d'água no litoral de SP é alvo de ação**, 2024. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2024/07/26/cratera-sob-a-agua-no-litoral-de-sp-e-maior-que-estadio-e-esconde-poluentes.htm>. Acesso em: 20.abr.2025.

USIMINAS. **Central de Resultados**. 2023. Disponível em: <https://ri.usiminas.com/resultados-e-divulgacoes/central-de-resultados/>. Acesso em: 16.out.2024.

VLI Logística. **Central de Resultados**, 2023. Disponível em: <https://ri.vli-logistica.com.br/central-de-resultados/>. Acesso em: 20.out.2024.

VOGT, C.; HARTMAN, G. **Dredging Practices and Environmental Considerations**. 2019. Em J. W. LaMoreaux (Org.), *Environmental Geology* (p. 325–351). Springer US. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-1-4939-8787-0_438. Acesso em: 07.nov.2024.

VOGT, Craig; POREBSKI, Linda. **International assessment of the use of confined aquatic disposal facilities for contaminated dredged material**, 2010. Disponível em: https://www.westerndredging.org/phocadownload/ConferencePresentations/2010_SanJuanPR/Session1-DredgingResearch/5%20-%20Vogt%20-%20International%20Assessment%20Use%20Confined%20Aquatic%20Disposal%20Facilities%20Contaminated%20Dredged%20Material.pdf. Acesso em: 24.abr.2025.

WEIS, J. *Marine Pollution: What Everyone Needs to Know®*. Oxford University Press. 2024.

WHO - World Health Organization. **Inheriting a sustainable world? Atlas on children's health and the environment**. 2017 WHO, Switzerland. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241511773>. Acesso em: 15.05.2023.

WIJDEVELD, A.; LEMIÉRE, B.; COFTIER, A.; LAPERCHE, V.; BATAILLARD, P.; MASSON, E.; LORD, R.; TORRANCE, K.; HARRINGTON, J.; BATEL, B.; WENSVEEN, M.; HAMILTON, A.; DEBUIGNE, T. **Beneficial use of sediments, tools, pilot sites and**

measuring techniques developed and used within seven European Union INTERREG projects. Journal of Soils and Sediments.2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11368-024-03811-z>. Acesso em: 10.nov.2024.

WIKSTROM, J.; FORSBERG, S.; MACIUTE, A.; NASCIMENTO, F.; BONAGLIA, S.; GUNNARSSON, J. **Thin-layer capping with granular activated carbon and calcium-silicate to remediate organic and metal polluted harbor sediment – A mesocosm study.** Science of The Total Environment, 946, 174263, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174263>. Acesso em: 15.out.2024.