

# Projeto de Caracterização Ambiental (PCA)

Bloco BM-S-40 / Bacia de Santos

---

**RELATÓRIO TÉCNICO MON000024-13(00)**

17 DE MAIO DE 2021

---

**Preparado para:**

KAROON Energy

**Preparado por:**

Paula Vieira Castellões

Júlio Augusto de Castro Pellegrini

Beatriz Barbosa Machado

---

**Prooceano**

Av. Rio Branco, 311/1205 - Centro  
CEP 20.040-009 - Rio de Janeiro - RJ  
Tel./Fax + 55 21 2532.5666  
[www.prooceano.com.br](http://www.prooceano.com.br)

© PROOCEANO 2021

The copyright in this document is vested in Prooceano. This document may only be reproduced in whole or in part, or stored in a retrieval system, or transmitted in any form, or by any means electronic, mechanical, photocopying or otherwise, with the prior permission of PROOCEANO.

Os direitos autorais deste documento são propriedade da PROOCEANO. Este documento somente poderá ser reproduzido inteiro ou em partes, ou armazenado, ou transmitido em qualquer forma, ou por quaisquer meios: eletrônico, mecânico, fotocópia ou qualquer outro modo, com a permissão prévia da PROOCEANO.

---

---

## Controle de revisão

---

### Revisão nº 01

Data:

Descrição:

Responsável:

Empresa:

---

### Revisão nº 02

Data:

Descrição:

Responsável:

Empresa:

---

### Revisão nº 03

Data:

Descrição:

Responsável:

Empresa:

---

### Revisão nº 04

Data:

Descrição:

Responsável:

Empresa:

---

### Revisão nº 05

Data:

Descrição:

Responsável:

Empresa:

---

---

## Equipe técnica

---

### **Júlio Augusto de Castro Pellegrini**

Registro no Conselho de Classe: AOCEANO 666

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 210325

Responsável pela(s) Seção(ões): todas

Assinatura:

---

### **Leonardo Maturo Marques da Cruz**

Registro no Conselho de Classe: AOCEANO 1237

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 252527

Responsável pela(s) Seção(ões): análise de dados

Assinatura:

---

### **Paula Vieira Castellões**

Registro no Conselho de Classe: 29.526/02/05 - CRBio

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 216354

Responsável pela(s) Seção(ões): Todas

Assinatura:

---

### **Tiago Cardoso Miranda**

Registro no Conselho de Classe: sem registro

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 637144

Responsável pela(s) Seção(ões): logística de mobilização/desmobilização e de atividades de campo

Assinatura:

---

### **Pedro Marques São Thiago**

Registro no Conselho de Classe: sem registro

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 1452979

Responsável pela(s) Seção(ões): logística de mobilização/desmobilização e de atividades de campo

Assinatura:

---

### **Rafael do Rego Barros Lapagesse Alves Corrêa**

Registro no Conselho de Classe: sem registro

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 7192805

Responsável pela(s) Seção(ões): atividades de campo (coordenação) e suporte técnico

Assinatura:

---

---

**Fernanda Bastos Ramos de Lima**

Registro no Conselho de Classe: sem registro

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 7499374

Responsável pela(s) Seção(ões): atividades de campo (coordenação) e suporte técnico

Assinatura:

---

**André Mejia Grijó**

Registro no Conselho de Classe: sem registro

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 5509318

Responsável pela(s) Seção(ões): atividades de campo e suporte técnico

Assinatura:

---

**Luiza Peiter de Barros Barreto**

Registro no Conselho de Classe: sem registro

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 7437543

Responsável pela(s) Seção(ões): meteo-oceanografia e suporte técnico

Assinatura:

---

**Santiago Gonzalez Bravo**

Registro no Conselho de Classe: Oceanógrafo – profissional sem registro de classe

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 7744957

Responsável pela(s) Seção(ões): Todas

Assinatura:

---

**Beatriz Barbosa Machado**

Registro no Conselho de Classe: 84.295/02 – CRBio

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 5393333

Responsável pela(s) Seção(ões): atividades de campo e suporte técnico (externo)

Assinatura:

---

**Priscilla Barreto Rainha**

Registro no Conselho de Classe: 78.830/02 - CRBio

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 3241839

Responsável pela(s) Seção(ões): suporte técnico (externo)

Assinatura:

---

---

**Elianne Omena**

Registro no Conselho de Classe: 012945/02 - CRBio

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 317295

Responsável pela(s) Seção(ões): revisão geral (externo)

Assinatura:

---

Os cadastros técnicos (CTFs) da equipe técnica são apresentados no **Anexo I** e a Anotação de Responsabilidade Técnica apresentada no **Anexo II** deste relatório.

## Sumário

1. Apresentação .....	7
2. Introdução .....	9
3. Objetivos .....	11
4. Metas .....	11
5. Metodologia .....	11
5.1. Fase 1 - Mapeamento do Fundo Marinho .....	12
5.1.1. Batimetria da Bacia de Santos.....	13
5.1.2. Sedimentos de fundo da Bacia de Santos .....	14
5.1.3. Batimetria e atributos sísmicos na área do Bloco .....	16
5.1.4. Classificação Ternária de Shepard (Lama, Areia e Cascalho).....	16
5.1.5. Teor de carbonato de cálcio nos sedimentos.....	16
5.2. Fase 2 – Verdade de Campo .....	17
5.2.1. Fase 2A – Verdade de campo através de imageamento .....	17
5.2.2. Fase 2B – Verdade de campo através de amostragens.....	24
6. Resultados e Discussão.....	57
6.1. Mapeamento e Imageamento do Fundo .....	58
6.2. Qualidade da Água e do Sedimento e Biotas Associadas.....	59
6.2.1. Oceanografia (CTD) .....	59
6.2.2. Qualidade da Água e Biota Associada .....	62
6.2.3. Qualidade do Sedimento e Biota Associada .....	76
7. Considerações e Conclusões .....	100
8. Equipes e Instituições.....	104
9. Referências.....	107
10. Anexos .....	126

## 1. Apresentação

O presente relatório do Projeto de Caracterização Ambiental (PCA) do Bloco BM-S-40 foi elaborado visando atender às expectativas do IBAMA em receber um relatório completo, mas enxuto e objetivo, ainda atendendo às necessidades historicamente exigidas em relatórios dessa natureza. É estruturado:

- listando as metodologias analíticas utilizadas e comparando os limites de detecção e quantificação dos métodos;
- avaliando o enquadramento quanto às diretrizes norteadoras consideradas, antes do início de quaisquer atividades da Karoon na área do Bloco BM-S-40;
- comparando os resultados obtidos à luz do que já se conhece para a região, com base em dados secundários (descrição técnico-metodológica das referências consideradas para comparação, conforme usualmente solicitado nos diagnósticos ambientais nos processos de licenciamento);
- apresentando dados tabelados, graficados e analisados estatisticamente, como anexos para consulta, caso seja de interesse do leitor, dinamizando a apresentação e discussão de resultados no relatório;
- padronizando a forma de apresentação de resultados (tabelados e graficados) em relatórios padronizados, por parâmetro, que incluem a comparação com os resultados da literatura selecionados;
- contando com tabelas de banco de dados já nos formatos padronizados do BDCA; e
- relatórios completos e detalhados de avaliação das biotas planctônica e bêntica, apresentados em anexo, com inclusão, no corpo do relatório, apenas de suas conclusões e informações relevantes, como ocorrência de espécies oportunistas, invasoras, ameaçadas, raras, endêmicas, indicadoras e de interesse econômico e científico (quando pertinente).

Notar-se-á que os parâmetros de qualidade da água e a grande maioria dos parâmetros de qualidade do sedimento foram tratados de forma objetiva, avaliando principalmente seu enquadramento e sua variação à luz do esperado para a região (com base nos dados secundários selecionados para comparação). Parâmetros mais recentemente incluídos no conjunto a ser analisado para caracterização e monitoramento ambiental, tais como biomarcadores e radionuclídeos no sedimento, foram tratados com maior detalhamento, gráficos ilustrativos e discussões mais abrangentes. No caso de biomarcadores, principalmente por se tratar de uma avaliação qualitativa, que necessita de uma análise mais aprofundada para que os seus objetivos sejam alcançados, buscou-se estender a discussão para além da geração de razões que potencialmente indiquem alguma fonte alóctone, chegando-se a discutir a origem dos hidrocarbonetos encontrados, mesmo que a nível traço.

As conclusões deste relatório são apresentadas, também, de forma inovadora, estando organizadas como lacunas a serem preenchidas, considerando as “perguntas” levantadas na Nota Técnica nº 1/2019/COEXP/CGMAC/DILIC (SEI 4142461), agrupadas para facilitar o entendimento e visando garantir que todos os tópicos sejam respondidos.

Além disso, os dados e relatórios deste PCA serão devidamente carregados e publicados no BDCA. Por ora, são apresentadas, nos anexos do presente relatório, as planilhas de dados, com estrutura previamente definida pelo BDCA, que organizam os dados do projeto de forma a serem mais facilmente acessados e correlacionados pelo sistema.

Estas inovações, frente aos relatórios de Projetos de Caracterização Ambiental que vinham sendo protocolados até então, visam atender às solicitações (1) da Nota Técnica nº 1/2019/COEXP/CGMAC/DILIC (SEI 4142461), que define as diretrizes para implementação de PCAs e PMAs; (2) do Ofício nº 954/2019/COEXP/CGMAC/DILIC (SEI 6656804), referente ao Banco de Dados de Caracterização Ambiental (BDCA) e (3) do Termo de Referência da atividade (SEI 8531990).

Esperamos, assim, contribuir com o processo de uniformização dos procedimentos para caracterização ambiental e proteção ao ambiente marinho.

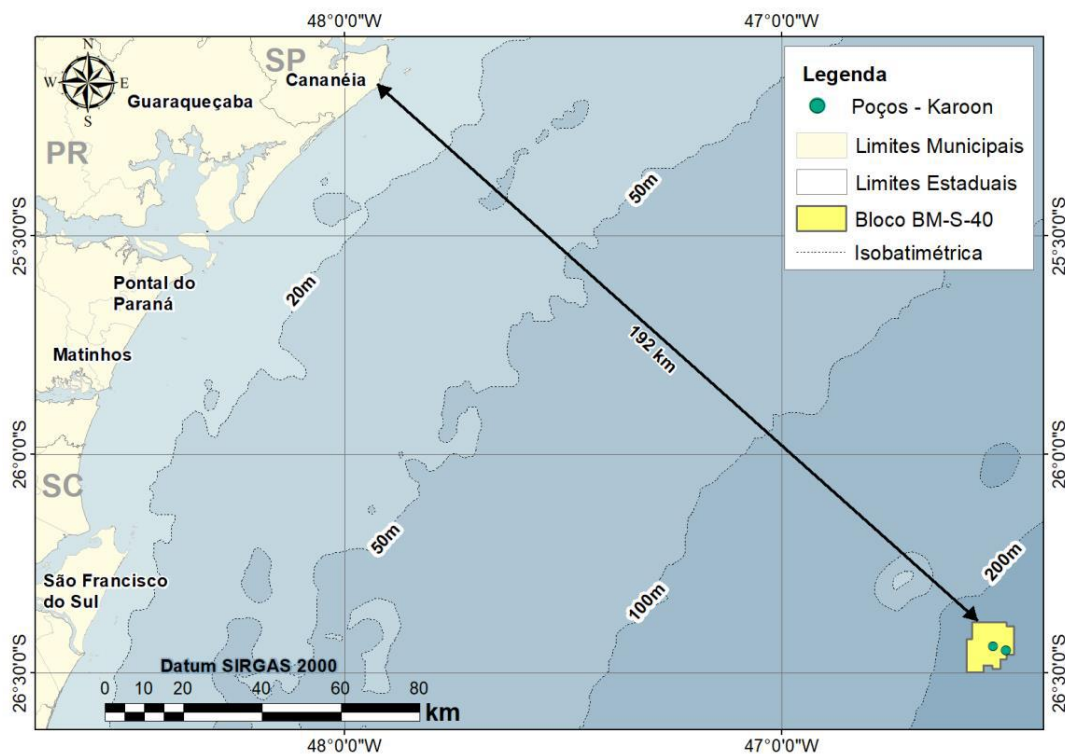
**Equipe da PROOCEANO**



## 2. Introdução

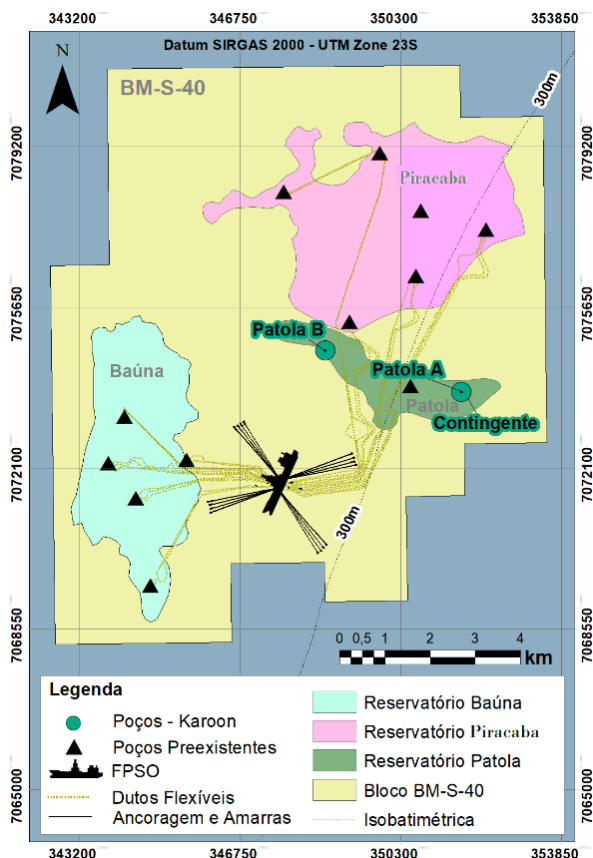
O Projeto de Caracterização Ambiental (PCA) proposto pela Karoon Petróleo e Gás Ltda. (“Karoon” ou “Karoon Energy”) para toda a área do Bloco BM-S-40, foi executado no âmbito do licenciamento Atividade de Perfuração Marítima da Acumulação de Patola (comprovada pela perfuração do poço 4-SPS-91), Bloco BM-S-40, Baía de Santos, diante da necessidade de se obter um diagnóstico das condições ambientais locais antes da realização das atividades de perfuração pretendidas. Os dados e análises resultantes funcionarão como uma ferramenta de background para avaliar possíveis impactos que possam ocorrer, devido à atividade, desde 06 de novembro de 2020 sob operação da Karoon. Foi tecnicamente aprovado pela COEXP/CGMAC/DILIC em 30/10/2020, através do Parecer Técnico (PT) nº 242/2020 (SEI nº 8531990). Para sua execução, foi emitida a Autorização de Captura, Coleta e Transporte de Material Biológico - Nº 1334/2020 (8543164), válida até 09/10/2021 (**Anexo IV**).

A área da atividade localiza-se no Bloco BM-S-40, na Baía de Santos, na região oceânica denominada Embaiamento de Santos, adjacente aos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina. Apresentando área total de 113,6 km<sup>2</sup>, o bloco se encontra entre as isóbatas de 200 e 400 metros, a uma distância mínima da costa de aproximadamente 192 km em relação ao litoral sul de São Paulo, município de Cananéia. A **Figura 1** abaixo apresenta a localização do Bloco BM-S-40 e os poços pretendidos posicionados sobre a margem continental brasileira.



**Figura 1:** Mapa de localização do Bloco BM-S-40 e poços previstos, demonstrando as batimétricas de 20, 50, 100 e 200 metros de acordo com ANP/CPRM (2013) e malha digital segundo IBGE (2017). Fonte: EKMAN (2020) – PCA da Acumulação de Patola (BM-S-40).

A atividade pretendida relaciona-se a perfuração de 2 poços firmes e 1 contingente, denominados, respectivamente, Patola 1, Patola 2 e Contingente, na acumulação de Patola. O poço Contingente se distancia cerca de 20 metros de Patola 1, enquanto este dista cerca de 3km de Patola 2. As coordenadas geográficas e em UTM dos poços são apresentadas na **Tabela 1** enquanto sua localização, frente ao Bloco-BM-S-40, seus diferentes reservatórios – Baúna, Piracaba e Patola - e estruturas pré-existentis, é apresentada na **Figura 2**.



**Figura 2:** Mapa de localização dos poços previstos frente ao Bloco BM-S-40, seus diferentes reservatórios – Baúna, Piracaba e Patola - e estruturas pré-existentis – FPSO Cidade de Itajaí, dutos flexíveis, ancoragem e amarras e poços (produtores, injetores e abandonados). Fonte: EKMAN (2020) – PCA da Acumulação de Patola (BM-S-40).

**Tabela 1:** Localização geográfica dos poços previstos (Datum SIRGAS 2000).

Poço		Projeção Métrica (UTM) -Z23S SIRGAS 2000		Coordenadas Geográficas SIRGAS 2000	
		X (m)	Y (m)	Longitude (°)	Latitude (°)
Patola 2	Firme	348645	7074700	46°31'04,680" W (-46,51797°)	26°26'23,824" S (-26,43995°)
Patola 1	Firme	351650	7073784	46°29'16,596" W (-46,48794°)	26°26'54,730" S (-26,44854°)
Contingente	Contingente	351670	7073784	46°29'15,874" W (-46,48774°)	26°26'54,737" S (-26,44854°)

O presente projeto foi elaborado considerando as demandas da Nota Técnica nº 1/2019/COEXP/CGMAC/DILIC quanto à realização de Projetos de Caracterização Ambiental (PCAs).

### 3. Objetivos

O objetivo principal deste PCA é diagnosticar as condições ambientais preexistentes à realização da atividade de Exploração e Produção de Petróleo e Gás na região de Patola, assim como possíveis influências do descarte de fluido e cascalho da perfuração, derrame de óleo ou outras substâncias, em toda a área do Bloco BM-S-40, com os seguintes objetivos específicos, numerados de acordo com os esforços envolvidos:

1. Mapear o fundo marinho de todo o Bloco BM-S-40 com o uso de técnica apropriada para identificar a ocorrência de bancos de algas, corais ou outras comunidades relevantes do fundo marinho;
2. Inspeccionar as áreas identificadas no mapeamento do fundo marinho com o potencial de ocorrência de comunidades biológicas relevantes com o uso de ROV ou drop câmera (imageamento), assim como nos pontos previstos para a realização das atividades de coleta e de perfuração;
3. Caracterizar a qualidade da água do mar, através de parâmetros físicos, químicos e biológicos, sendo este último representado pela estrutura das comunidades planctônicas;
4. Caracterizar a qualidade do sedimento, através de parâmetros físicos, químicos, e biológicos, sendo este último representado pela estrutura da comunidade bentônica (meiofauna e macrofauna).

### 4. Metas

Para alcançar os objetivos do projeto descritos acima, foram estabelecidas as seguintes metas:

- Executar todos os procedimentos de acordo com o PCA aprovado;
- Mapear 100% do fundo marinho do Bloco BM-S-40;
- Realizar o imageamento de fundo marinho em todos os pontos de coleta e eventuais pontos de interesse (identificados na etapa de mapeamento de fundo marinho);
- Executar 100% das amostragens e análises laboratoriais de água do mar e das comunidades planctônicas previstas no PCA;
- Executar 100% das amostragens e análises laboratoriais de sedimento e das comunidades bentônicas previstas no PCA.

### 5. Metodologia

Este PCA envolve, como atividades principais, o mapeamento da ocorrência de bancos de corais, algas calcárias ou outras formações biogênicas na área do Bloco BM-S-40 como um todo e com foco nos arredores dos poços, e o levantamento de dados primários de parâmetros físico-químicos e biológicos da água do mar e do sedimento em estações de coleta pontuais pré-determinadas. Essas duas atividades compõem duas diferentes fases de execução do PCA:

- **Fase 1 – Mapeamento**

- mapeamento sedimentológico do fundo marinho na área do Bloco BM-S-40, através de geoprocessamento de dados sísmicos; e
- determinação de áreas prioritárias com possibilidade de ocorrência de ambientes biogênicos, para caracterização detalhada, objeto da Fase 2 – Verdade de campo.

- **Fase 2 - Verdade de campo**

- obtenção de imagens para avaliação da cobertura do fundo marinho no entorno das 6 estações previstas para caracterização ambiental na área do Bloco BM-S-40;
- obtenção de imagens para avaliação da cobertura do fundo marinho nas áreas identificadas como prioritárias na Fase 1 – Mapeamento;
- realização de perfilagens de CTD e caracterização das massas d'água nas 6 estações previstas para caracterização ambiental na área do Bloco BM-S-40;
- realização de amostragens de água e biota planctônica nas 6 estações previstas para caracterização ambiental na área do Bloco BM-S-40; e
- realização de amostragens de sedimento e biota bêntica nas 6 estações previstas para caracterização ambiental na área do Bloco BM-S-40.

## 5.1. Fase 1 - Mapeamento do Fundo Marinho

Conforme diretrizes da Nota Técnica Nº 1/2019/COEXP/CGMAC/DILIC, “com relação à ocorrência de bancos de algas, de corais e outras comunidades relevantes de fundo marinho, estas deverão ter sua ocorrência mapeada e documentada através de Multibeam, AUV, reprocessamento de dados sísmicos ou outras técnicas apropriadas em toda a área do bloco ou região de interesse”.

O processamento de dados sísmicos é uma ferramenta versátil na obtenção de informações sobre o fundo marinho, fundamental para mapeamento de áreas contínuas. A amplitude do sinal sísmico refletido pelo fundo submarino depende da densidade das primeiras camadas sedimentares e da densidade da água, uma vez que a energia do sinal refletido em uma interface entre dois meios com densidades distintas depende da impedância acústica entre os dois meios. A impedância acústica é o produto da densidade pela velocidade da onda sísmica no meio, mudanças laterais desse parâmetro podem estar relacionadas às variações sedimentológicas do fundo submarino. Assim sendo é possível caracterizar o tipo de fundo quanto a mudanças na composição dos sedimentos (carbonatos ou siliciclásticos), sua composição granulométrica (lama, areia ou cascalho), e estado de compactação dos sedimentos.

A metodologia proposta para esta Fase 1 foi definida e executada sob a coordenação do Prof. Dr. Cleverson Guizan Silva, do Departamento de Geologia/LAGEMAR, da Universidade Federal Fluminense (UFF), utilizando mapeamentos de dados sísmicos 3D da área do bloco, dados batimétricos, além de dados de descrição de amostras de sedimento e teores de carbonato das amostras. Consiste no carregamento dos dados, interpretação do fundo do mar (*Fullstack+NearTrace*), geração de atributos com as superfícies criadas e correlação com dados de amostras de fundo e posterior indicação de áreas prioritárias, aquelas com alto teor de carbonatos e fundo cascalhoso, sugerindo proximidade com construções biogênicas. Esta fase envolve:

- elaboração de mapas batimétricos e sedimentológicos, regionais e de detalhe, com o uso de Sistema de Informação Geográfica (SIG);
- classificação das anomalias de amplitude do fundo submarino com base em dados sísmicos 3D da área do Bloco BM-S-40;
- análise estatística da distribuição dos dados de atributos sísmicos e correlação com a textura e composição (teor de carbonatos) das amostras de fundo;
- integração dos dados de amplitude sísmica com dados sedimentológicos e batimétricos e elaboração de mapa de fácies; e
- identificação das áreas de possíveis bioconstruções potencialmente com maior sensibilidade ambiental.

#### 5.1.1. Batimetria da Bacia de Santos

Para a elaboração do mapa batimétrico regional da Bacia de Santos, foram utilizados 2.328.947 informações de latitude, longitude e profundidade (XYZ) provenientes das folhas de bordo do acervo do Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO) e da digitalização das cotas de profundidade das cartas náuticas digitais publicadas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), bem como as grades de dados extraídas das superfícies da *The General Bathymetric Chart of the Oceans – GEBCO* (MAYER *et al.*, 2018; WÖLFL *et al.*, 2019; INTERNATIONAL HYDROGRAPHIC ORGANIZATION AND INTERGOVERNMENTAL OCEANOGRAPHIC COMMISSION, 2020), do Plano de Levantamento da Plataforma Continental Brasileira - LEPLAC (COMISSÃO INTERMINISTERIAL PARA OS RECURSOS DO MAR E MARINHA DO BRASIL, 2020) e de levantamentos multifeixe realizados ao longo da bacia e disponibilizadas, via cooperação internacional, pelo *National Centers for Environmental Information-NCEI* (NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION, 2020) (**Tabela 2**).

**Tabela 2:** Características dos dados batimétricos utilizados para compor a superfície da Baía de Santos.

Dado	Instituição	Formato Original	Extração da Profundidade
Folha de Bordo	BNDO	XYZ	Digitalizada Manualmente
Carta Náutica	DHN	Geotiff	Digitalizada Manualmente
Batimetria Multifeixe	NCEI	Geotiff	
Superfície Batimétrica	GEBCO	Raster	Extraída pelo centroide da célula
	LEPLAC	Raster	

Um Sistema de Informação Geográfica (SIG) foi utilizado para a padronização do datum horizontal e do sistema de coordenadas, sendo convertidos para CGS-SIRGAS 2000. Em seguida os dados batimétricos foram unificados (merge) em um único arquivo vetorial geoespacializado (Shapefile), contendo os valores atribuídos de X, Y e Z. Para gerar a superfície o interpolador do tipo Inverso do Quadrado da Distância, ou IDW (*Inverse Distance Weight*, em inglês), foi utilizado, buscando-se, a partir de testes, o tamanho de célula que melhor se ajustasse à disposição espacial dos dados. Valores discrepantes como *outliers* e *spikes* foram primeiro removidos a partir da avaliação visual da superfície interpolada gerada e posteriormente a partir da análise espacial dos dados utilizando-se as ferramentas geoestatísticas do SIG.

### 5.1.2. Sedimentos de fundo da Baía de Santos

Os dados de sedimentos de fundo são compostos por diversas fontes, sendo elas: o acervo do Banco de Dados Ambientais para a Indústria do Petróleo – BAMPETRO (composto por diversos projetos acadêmicos, de consultoria e do BNDO) e do acervo do Banco de Dados de Caracterização Ambiental (BDCA) e dados brutos de outros projetos de caráter regional.

A interpretação faciológica foi elaborada de forma manual, desenhando-se os polígonos referentes a cada fração textural, obtidos a partir de análise granulométrica laboratorial, com base na nuvem de pontos classificadas como Lama, Areia e Cascalho, conforme classificação simplificada de SHEPARD (1954) conforme proposta de FIGUEIREDO *et al.* (2016), e como sedimentos Bioclásticos, Biolitolásticos, Litobioclásticos e Litoclásticos, com base no teor de carbonatos (%), segundo classificação de LARSONNEUR (1977) adaptado por DIAS (1996). Para delimitação espacial das classes texturais e composicionais foi considerada também a morfologia de fundo, verificando-se a relação entre a distribuição sedimentar e a ocorrência de feições morfológicas nas mesmas áreas. Além das amostras com classificação granulométrica feitas a partir de análises em laboratório, foram utilizadas também as descrições visuais qualitativas provenientes do BNDO, conhecidas como “tenças”. Estas descrições são utilizadas para fins de definição de áreas de fundeio para embarcações e constituem um grande número de amostras no acervo do BNDO. As descrições das tenças foram convertidas para parâmetros texturais e composicionais adotando-se uma simplificação dos critérios definidos por DIAS E MEDEIROS (2005), adotando-se as frações granulométricas Lama, Areia ou Cascalho, bem como sua natureza litológica (Litoclástica) ou biológica (Bioclástica) (**Figura 3**).





### 5.1.3. Batimetria e atributos sísmicos na área do Bloco

A caracterização batimétrica e de atributos sísmicos na área do Bloco BM-S-40 foi feita com base nos dados disponibilizados pela empresa Karoon, extraídos do levantamento sísmico 3D. A caracterização geomorfológica foi realizada com base na batimetria extraída a partir do horizonte interpretado do fundo do mar, compondo uma malha com 1.434.593 pontos com espaçamento de célula de 20m. Os valores de profundidade originalmente fornecidos em tempo (segundos) foram convertidos para profundidade, considerando-se a velocidade do som na água do mar de  $1.500\text{ms}^{-1}$ . Os dados foram posteriormente integrados ao SIG, considerando-se o sistema de coordenadas UTM SIRGAS 2000, 23S. Também foram fornecidos pela Karoon as malhas com os valores dos atributos sísmicos de amplitude, fase, frequência instantânea, intensidade de reflexão e variância, igualmente extraídos do fundo do mar. Estes dados foram igualmente convertidos para o mesmo sistema de coordenadas adotado e apresentam o mesmo número de pontos e espaçamento de célula de 20m, indicados acima para a batimetria.

### 5.1.4. Classificação Ternária de Shepard (Lama, Areia e Cascalho)

A classificação textural dos sedimentos foi elaborada com base na distribuição granulométrica em Areia, Silte e Argila, proposta por SHEPARD (1954), resumindo as diferentes classes de tamanho de grão em Areia, Lama e Cascalho (FIGUEIREDO *et al.*, 2016) (Figura 5). A simplificação em apenas três classes texturais, ajuda na interpretação dos depósitos de sedimentos, principalmente quando possuem diversas fontes e naturezas distintas de aquisição e processamento (FIGUEIREDO *et al.*, 2016).

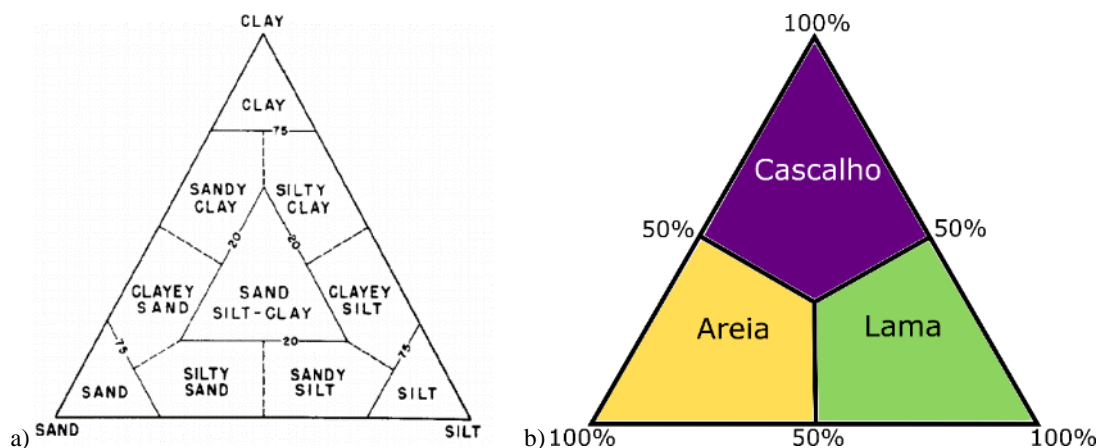


Figura 5: a) Triângulo de classificação granulométrica (areia, silte e argila) de Shepard (1954); b) Classificação simplificada utilizada (areia, lama e cascalho), proposta por Figueiredo *et al.* (2016).

### 5.1.5. Teor de carbonato de cálcio nos sedimentos

A classificação do teor de carbonatos presente nos sedimentos segue a proposta de LARSONNEUR (1977) adaptada por DIAS (1996), que divide as classes carbonáticas em quatro grandes grupos: sedimentos Bioclásticos (teor de carbonatos > 70%), Biolitoclásticos (teor de carbonatos entre 50 e 70%), Litobioclásticos (teor de carbonatos entre 30 e 50%) e Litoclásticos (teor de carbonatos inferior a 30%) (Figura 6), em alinhamento com diversos trabalhos realizados na margem brasileira



(DIAS & MEDEIROS, 2005; VITAL *et al.*, 2005; FIGUEIREDO *et al.*, 2016). A simplificação dos depósitos carbonáticos em quatro classes auxilia na comparação de dados de diversas fontes (DIAS & MEDEIROS, 2005; FIGUEIREDO *et al.*, 2016).

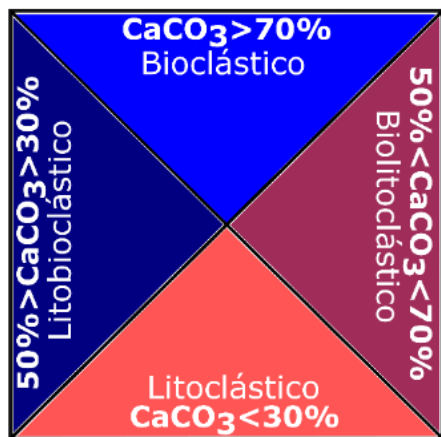


Figura 6: Diagrama de classificação dos carbonatos em quatro classes principais (Bioclástico, Biolitoclástico, Litobioclástico e Litoclástico) de Larsonneur (1977) adaptado por Dias (1996), conforme metodologia proposta por Figueiredo *et al.*, (2016).

## 5.2. Fase 2 – Verdade de Campo

Como estratégia de operacionalização dos esforços previstos para a Fase 2, foram realizadas campanhas de amostragem com naturezas distintas: imageamento (2A) e realização de perfilagens e obtenção de amostras (2B).

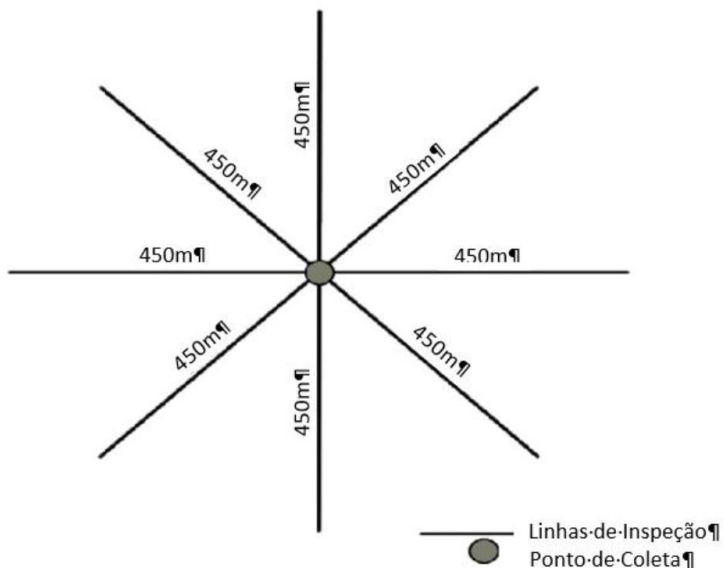
### 5.2.1. Fase 2A – Verdade de campo através de imageamento

O objetivo do imageamento do fundo com ROV (veículo operado remotamente) é a identificação dos ambientes biogênicos, especialmente formados por comunidades bentônicas bioconstrutoras como bancos de algas calcárias e corais de águas profundas. O imageamento também possibilita a identificação de outros organismos, colônias ou estruturas biológicas, assim como estruturas do ambiente físico relevantes, incluindo exsudações e manchas de óleo que podem ampliar as informações sobre determinado local no fundo marinho.

Dentre os dois esforços da Fase 2 – Verdade de Campo, a Fase 2A, através de imageamento, forçosamente deveria ter sido, como foi realizada previamente à Fase 2B, através de amostragens, para identificar de forma conclusiva a presença, ou não, de ambientes biogênicos, possibilitando evitar amostragens em locais com essas ocorrências, em atendimento a Nota Técnica Nº 1/2019/COEXP/ CGMAC/DILIC.

A inspeção por ROV foi realizada em uma distância de 450 metros de raio ao redor de todas as estações de amostragens previstas no PCA (Figura 7). Ressalta-se que as estações 1 e 2 são coincidentes com os poços previstos Patola 1 e Patola 2, respectivamente. A localização do poço contingente dista somente 20m de Patola 1 e, portanto, sua localização não foi adotada como ponto

de coleta, porém será inserida no imageamento do entorno de Patola 1 devido ao raio de 450m adotado na amostragem.



**Figura 7:** Malha amostral das linhas de inspeção de fundo marinho frente à localização das estações de amostragem previstas no PCA.

A **Figura 8** a seguir, apresenta o esquema de estratégias de imageamento adotado neste PCA, considerando os 3 conjuntos de objetivos:

- estações do PCA (áreas 1 a 6, correspondendo às estações 1 a 6),
- transecto A-A' de alto-fundos (área 7) e
- *pockmarks* 3, 8 e 13 (correspondendo às áreas 8, 9 e 10, respectivamente).

A **Tabela 3**, apresentada em sequência, indica a nomenclatura dos esforços que foram realizados, com sua correspondência considerando o PCA e as coordenadas iniciais e finais de cada esforço.

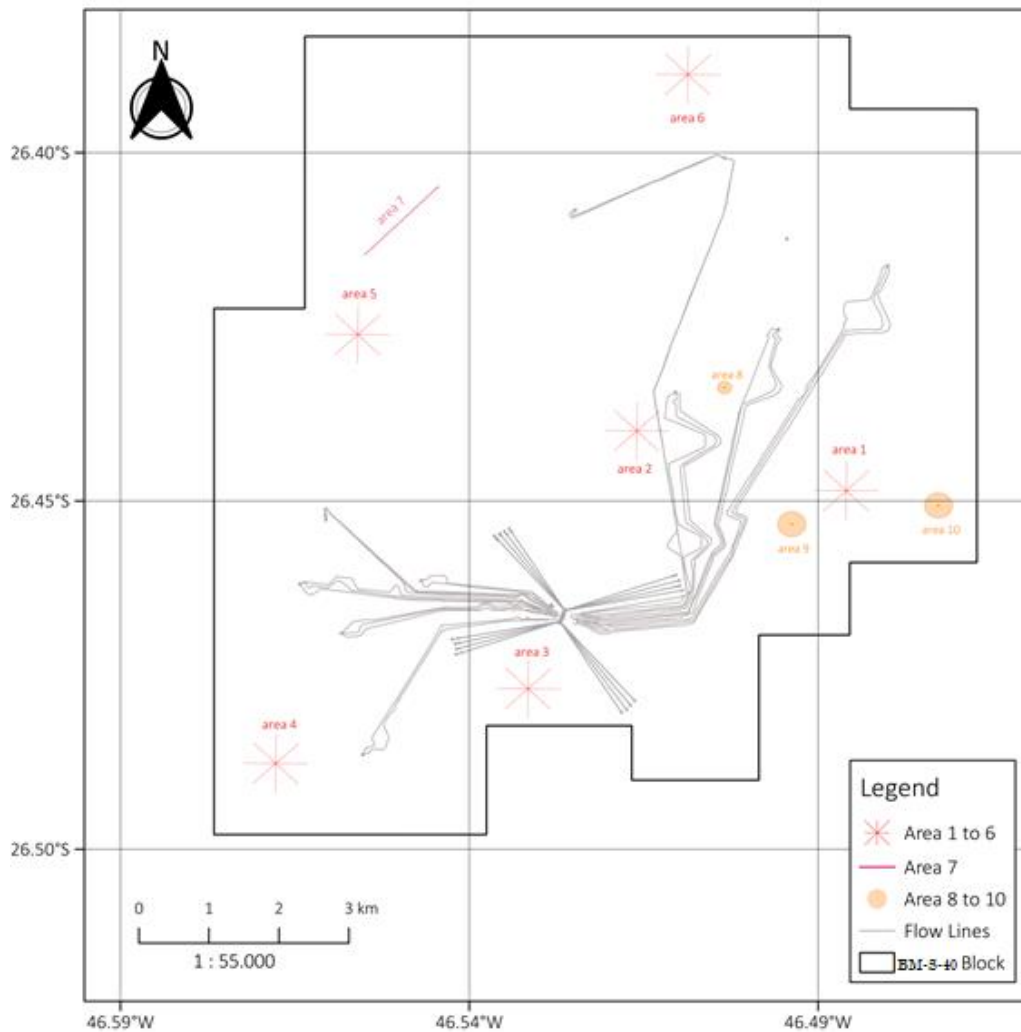


Figura 8: Mapa esquemático de estratégia de imageamento do PCA do Bloco BM-S-40.

Tabela 3: Nomenclatura dos esforços com sua correspondência considerando o PCA e as coordenadas iniciais e finais de cada esforço.

identificação	nome no projeto	coordenadas UTM iniciais		coordenadas UTM finais		datum	zona
		N	E	N	E		
estação 1-braço N-S	PROJ 1-PCA-AREA 1-L1	7074234,00	351650,00	7073334,00	351650,00	SIRGAS 2000	23S
estação 1-braço NE-SW	PROJ 1-PCA-AREA 1-L2	7074102,20	351968,20	7073465,80	351331,80	SIRGAS 2000	23S
estação 1-braço E-O	PROJ 1-PCA-AREA 1-L3	7073784,00	352100,00	7073784,00	351200,00	SIRGAS 2000	23S
estação 1-braço SE-NW	PROJ 1-PCA-AREA 1-L4	7073465,80	351968,20	7074102,20	351331,81	SIRGAS 2000	23S
estação 2-braço N-S	PROJ 1-PCA-AREA 2-L1	7075150,00	348645,00	7074250,00	348645,00	SIRGAS 2000	23S
estação 2-braço NE-SW	PROJ 1-PCA-AREA 2-L2	7075018,20	348963,20	7074381,80	348326,80	SIRGAS 2000	23S

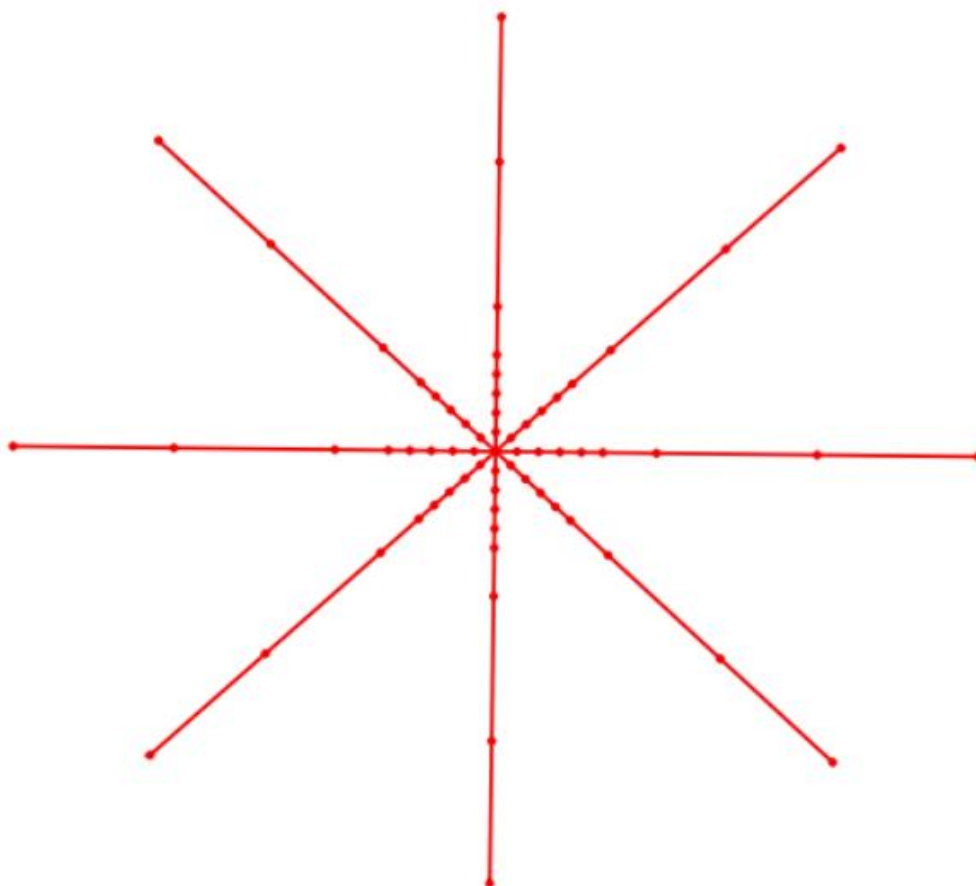
identificação	nome no projeto	coordenadas UTM iniciais		coordenadas UTM finais		datum	zona
		N	E	N	E		
estação 2-braço E-O	PROJ 1-PCA-AREA 2-L3	7074700,00	349095,00	7074700,00	348195,00	SIRGAS 2000	23S
estação 2-braço SE-NW	PROJ 1-PCA-AREA 2-L4	7074381,80	348963,20	7075018,20	348326,81	SIRGAS 2000	23S
estação 3-braço N-S	PROJ 1-PCA-AREA 3-L1	7071030,73	347138,70	7070130,73	347138,70	SIRGAS 2000	23S
estação 3-braço NE-SW	PROJ 1-PCA-AREA 3-L2	7070898,93	347456,90	7070262,53	346820,50	SIRGAS 2000	23S
estação 3-braço E-O	PROJ 1-PCA-AREA 3-L3	7070580,73	347588,70	7070580,73	346688,70	SIRGAS 2000	23S
estação 3-braço SE-NW	PROJ 1-PCA-AREA 3-L4	7070262,53	347456,90	7070898,93	346820,51	SIRGAS 2000	23S
estação 4-braço N-S	PROJ 1-PCA-AREA 4-L1	7069800,16	343546,55	7068900,16	343546,55	SIRGAS 2000	23S
estação 4-braço NE-SW	PROJ 1-PCA-AREA 4-L2	7069668,36	343864,75	7069031,96	343228,35	SIRGAS 2000	23S
estação 4-braço E-O	PROJ 1-PCA-AREA 4-L3	7069350,16	343996,55	7069350,16	343096,55	SIRGAS 2000	23S
estação 4-braço SE-NW	PROJ 1-PCA-AREA 4-L4	7069031,96	343864,75	7069668,36	343228,36	SIRGAS 2000	23S
estação 5-braço N-S	PROJ 1-PCA-AREA 5-L1	7076635,08	344636,90	7075735,08	344636,90	SIRGAS 2000	23S
estação 5-braço NE-SW	PROJ 1-PCA-AREA 5-L2	7076503,28	344955,10	7075866,88	344318,70	SIRGAS 2000	23S
estação 5-braço E-O	PROJ 1-PCA-AREA 5-L3	7076185,08	345086,90	7076185,08	344186,90	SIRGAS 2000	23S
estação 5-braço SE-NW	PROJ 1-PCA-AREA 5-L4	7075866,88	344955,10	7076503,28	344318,71	SIRGAS 2000	23S
estação 6-braço N-S	PROJ 1-PCA-AREA 6-L1	7080824,75	349308,42	7079924,75	349308,42	SIRGAS 2000	23S
estação 6-braço NE-SW	PROJ 1-PCA-AREA 6-L2	7080692,95	349626,62	7080056,55	348990,22	SIRGAS 2000	23S
estação 6-braço E-O	PROJ 1-PCA-AREA 6-L3	7080374,75	349758,42	7080374,75	348858,42	SIRGAS 2000	23S
estação 6-braço SE-NW	PROJ 1-PCA-AREA 6-L4	7080056,55	349626,62	7080692,95	348990,23	SIRGAS 2000	23S
transecto A-A'	PROJ 1-PCA-AREA 7-AA'	7077469,48	344733,62	7078542,57	345752,33	SIRGAS 2000	23S
<i>pockmark 3</i>	PROJ 1-PCA-AREA 8-PK1	7075404,00	349890,50		100	SIRGAS 2000	23S
<i>pockmark 8</i>	PROJ 1-PCA-AREA 9-PK2	7073243,00	350877,40		200	SIRGAS 2000	23S
<i>pockmark 13</i>	PROJ 1-PCA-AREA 10-PK3	7073565,00	352970,60		200	SIRGAS 2000	23S

### 5.2.1.1. Detalhamento de malhas amostrais – estações

O PCA do Bloco BM-S-40 previu imageamento em 6 estações de amostragem. Em cada uma dessas 6 estações foram percorridos, com imageamento de todo o trajeto (em filme), oito radiais de 450m a partir das coordenadas centrais previstas em projeto para cada estação. As radiais foram orientadas seguindo os oito pontos cardeais: Norte, Nordeste, Leste, Sudeste, Sul, Sudoeste, Oeste, Noroeste. Além dos filmes completos, foram obtidos *screen shots*. No caso deste projeto, estavam previstos 65 *screen shots* fixos ao longo dos traçados percorridos pelo ROV, para caracterização de cada estação

prevista em projeto: coordenada central (1), 20m, 40m, 60m, 80m, 100m, 150m, 300m e 450m a partir da coordenada central, em todas as 8 radiais (64), conforme ilustrado na **Figura 9**.

Os técnicos, no campo, orientaram a obtenção de *screen shots* extra toda vez que organismos ou estruturas de interesse foram visualizados, sem mínimo ou máximo de registros-extra previstos.



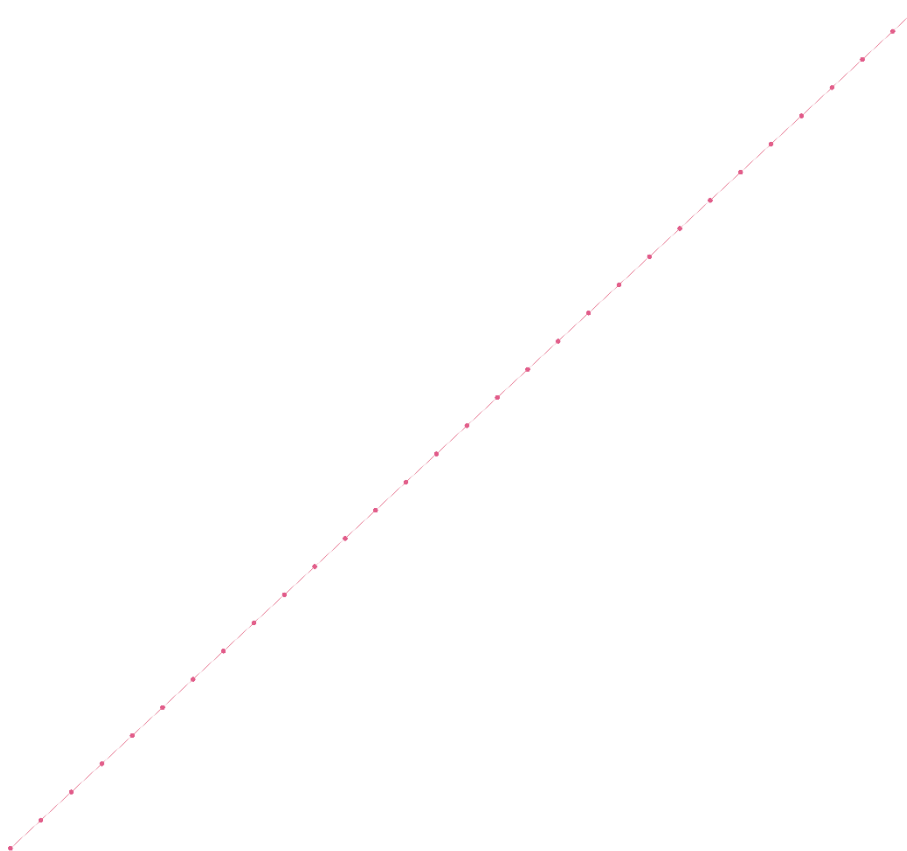
**Figura 9:** Traçado de imageamento do transecto previsto em cada uma das 6 estações de caracterização ambiental deste PCA do Bloco BM-S-40, para analisar os 450m de entorno das estações, indicando os pontos previstos para obtenção de *screen shot* fixos.

Para fins de padronização de nomenclatura, durante os esforços de amostragem foram imageados, em cada estação (área) quatro transectos de 900m, que, identificados como linhas, correspondem a: linha 1 = radiais N e S; linha 2 = radiais NE e SW; linha 3 = radiais E e W; e linha 4 = radiais SE e NW, conforme consta na **Tabela 3**.

Para cada estação imageada, foram percorridos ao longo dos 4 transectos 3.600 metros. Considerando todas as seis estações do PCA foram obtidas imagens em 21.600 metros na área do Bloco BM-S-40.

#### 5.2.1.2. Detalhamento de malhas amostrais – transecto de alto-fundos

Ainda como escopo do PCA do Bloco BM-S-40, como resultado da Fase 1 – Mapeamento, foi previsto o imageamento de um transecto que passa por dois alto-fundos identificados na análise integrada de dados sísmicos, sedimentológicos e batimétricos, localizados a Nordeste do referido bloco, identificado como área 7, conforme ilustrado na **Figura 8**. Este transecto liga pontos A e A' e cruza dois alto-fundos. Este transecto foi inteiramente imageado com registro completo do filme do trajeto percorrido pelo ROV. Adicionalmente, foram obtidos 31 *screen shots* fixos, iniciados no transecto e distanciados 50m entre si, até o final do referido transecto, conforme ilustrado na **Figura 10**. Ao final do transecto percorrido foram imageados 1.500 metros do fundo marinho destes dois alto-fundos previstos no PCA do Bloco BM-S-40.



**Figura 10:** Traçado de imageamento do transecto A-A' (área 7) previsto para analisar os alto-fundos, indicando os pontos previstos para obtenção de *screen shots* fixos.

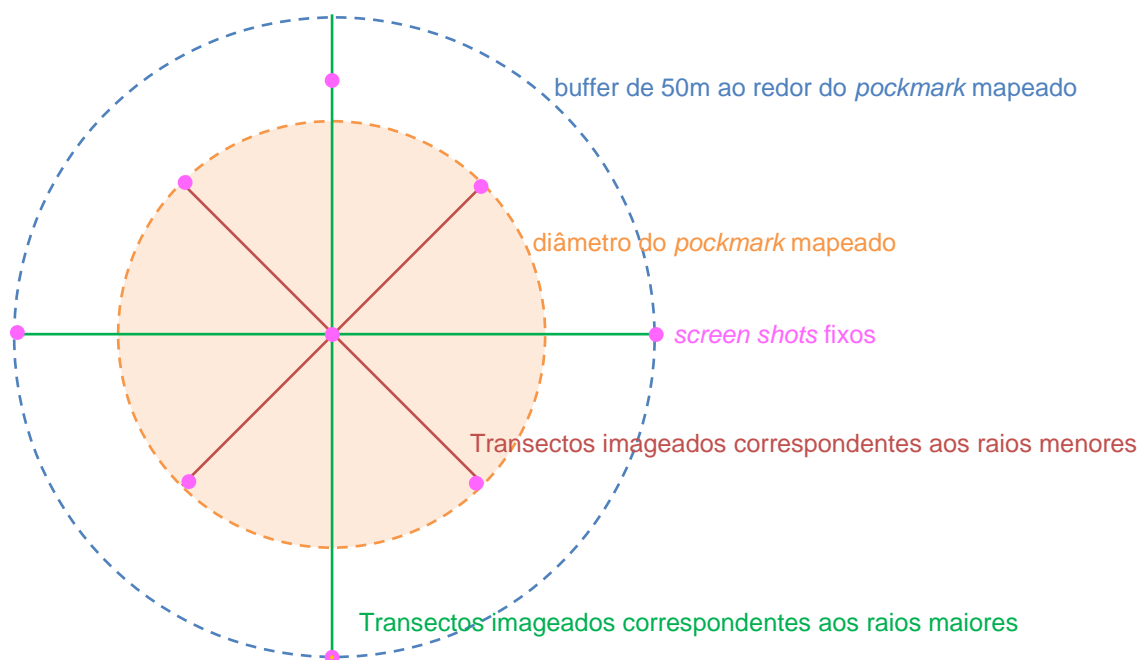
Os técnicos, no campo, orientaram a obtenção de *screen shots* extra toda vez que organismos ou estruturas de interesse foram visualizados, sem mínimo ou máximo de registros-extra previstos. Durante o imageamento da estação 7/PROJ 1-PCA-AREA 7-AA' não foi evidenciado pela equipe técnica ambiental e pelos operados do R.O.V. a variação do relevo dos alto-fundos. Desta forma, foi consultado o relatório da primeira fase do projeto e verificado as coordenadas exatas dos alto-fundos. Logo, as coordenadas exatas dos alto-fundos foram plotadas pelo *Survey* no software de navegação (Navipac) e uma rápida inspeção foi realizada na direção nordeste para sudoeste. Foi

possível perceber, através dessa nova inspeção, que as elevações são muito sutis e com um ângulo muito suave, sendo imperceptível a localização visual sem ajuda de equipamentos próprios.

#### 5.2.1.3. Detalhamento de malhas amostrais – *pockmarks*

O esforço amostral realizado nos *pockmarks* (área 8, área 9 e área 10) compreenderam um total de 4 transectos passando pelo centro dos *pockmarks*. Os transectos foram limitados pelo diâmetro mapeado de cada *pockmark* na Fase 1 – Mapeamento (100m de diâmetro para o *pockmark* 3 identificado como área 8 e 300m de diâmetro para os *pockmarks* 8 e 13, identificados como áreas 9 e 10 imageadas) no caso dos transectos Nordeste-Sudoeste e Sudeste-Noroeste, e por um buffer de 100m no entorno de cada *pockmark*, no caso dos transectos Norte-Sul e Leste-Oeste, conforme esquema ilustrativo apresentado na **Figura 11**.

Para os *pockmarks* foram previstos obtenção de 9 *screen shots* fixos, sendo um no início de cada raio imageado e um na coordenada central (**Figura 11**). Os técnicos, no campo, orientaram a obtenção de *screen shots* extra toda vez que organismos ou estruturas de interesse foram visualizados, sem mínimo ou máximo de registros-extra previstos.



**Figura 11:** Esquema ilustrativo dos imageamentos realizados nos *pockmarks* (exemplo se refere à área 8).

#### 5.2.1.4. Imageamento com ROV

A metodologia adotada para imageamentos com ROV consiste em uma parametrização de algumas condições de operação do ROV:

- Altitude em relação ao fundo ou objeto visado: 1 metro.
- Velocidade de navegação: a velocidade média é de aproximadamente 0,3 a 0,6 m/s. No entanto, a velocidade de execução da operação é variável e dependente das observações

das imagens capturadas pelo ROV. A velocidade empregada no equipamento deverá ser suficiente para os operadores terem tempo de observar o objeto visado, dar zoom, enquadrar e capturar a imagem.

- Técnicas de navegação: Velocidade constante até o avistamento de sinais que evidenciam possível presença de fauna (reflexo do objeto provocado pela iluminação do ROV; movimentação da fauna; relevo com formas simétricas (tocas, estruturas não formadas por correntes marinhas). Observando determinados sinais a velocidade de navegação é diminuída, porém não revertida para evitar a suspensão do sedimento o que prejudica ou impede a visualização do componente visado.
- Configuração da câmera: Zoom aberto até o avistamento de sinais ou organismos, quando então é utilizado o zoom para a aproximação do alvo visado e a obtenção do registro (*screen shot*), de preferência sem a parada do ROV.
- Screen shots: poderão ser pré-definidos (fixos) em pontos específico, bem como solicitados a qualquer momento do imageamento pela equipe técnica ambiental. Todos os organismos da megafauna bêntica deverão ser registrados através de *screen shot* pelo Survey e armazenadas nas pastas com as respectivas ordens de serviço.

A equipe técnica ambiental foi composta por dois profissionais, biólogos e bentólogos, doutores em suas respectivas especialidades, com conhecimento e experiência no avistamento e identificação da fauna marinha, permitindo a visualização com antecedência, consentindo tempo hábil para a equipe de pilotos do ROV efetuasse as manobras necessárias e a execução dos procedimentos para as filmagens e captação dos *screen shots* pelo técnico Survey.

### 5.2.2. Fase 2B – Verdade de campo através de amostragens

Foi realizada entre os dias 15/02 e 07/03/2021 uma campanha a bordo da embarcação RS Macaé (**Figura 12**) para a realização das amostragens ambientais previstas neste PCA.





Figura 12: Embarcação RS Macaé, utilizada na campanha de amostragens.

#### 5.2.2.1. Estratégia Amostral e Registros de Amostragens

O levantamento de dados físico-químicos e biológicos da água do mar e do sedimento foi realizado posteriormente à etapa de imageamento. A malha amostral foi definida com o intuito de caracterizar a área do bloco como um todo e constituída por 6 estações amostrais, sendo duas coincidentes com os poços firmes previstos, Patola 1 e Patola 2. A **Figura 13** apresenta um mapa que corresponde as estações de coleta, de 1 a 6. Em seguida, a **Tabela 4** apresenta as coordenadas das estações de coleta para o PCA. Em todas as estações foram realizadas perfilagens de CTD, amostragens de sedimento, água e plâncton como previsto no projeto. Vale ressaltar que todas as amostragens em cada estação ocorreram dentro de um raio de 200 m no entorno dessas coordenadas, considerando as características técnico-metodológicas de cada tipo de amostragem.

Os registros das atividades de campo realizadas, com data, hora, coordenadas, profundidades local e de amostragem, dentre outras informações, são apresentados no **Anexo VIII**.

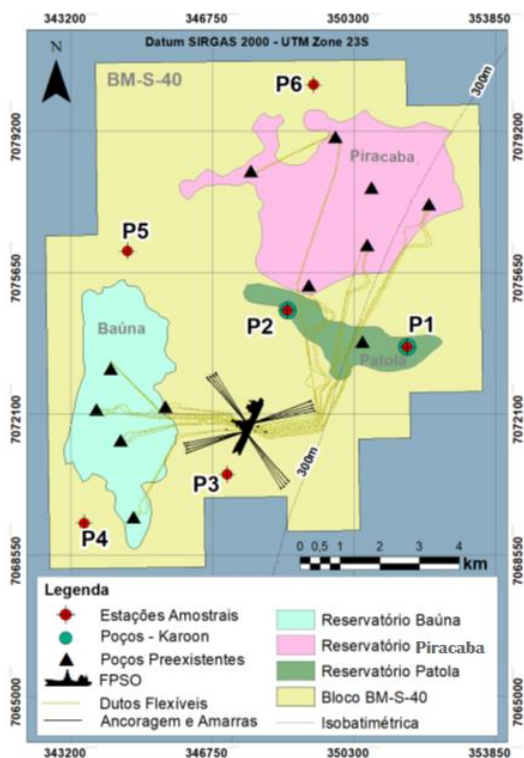


Figura 13: Mapa com a localização das estações de coleta dentro do Bloco BM-S-40.

Tabela 4: Coordenadas das estações de coleta (SIRGAS 2000).

Estação	Projeção Métrica (UTM) -Z23S SIRGAS 2000		Coordenadas Geográficas SIRGAS 2000	
	X (m)	Y (m)	Longitude (°)	Latitude (°)
1	351650,00	7073784,00	-46,48794	-26,44854
2	348645,00	7074700,00	-46,51797	-26,43995
3	347138,70	7070580,73	-46,53356	-26,47697
4	343546,55	7069350,16	-46,56974	-26,48769
5	344636,90	7076185,08	-46,55797	-26,42611
6	349308,42	7080374,75	-46,51065	-26,38880

### 5.2.2.2. Metodologia de Amostragem

Nesta seção são descritos os métodos de perfilagens de CTD, amostragens de água, amostragens de sedimento e amostragens de biota planctônica e benthica que foram empregados durante a campanha de caracterização ambiental no Bloco BM-S-40.

#### 5.2.2.2.1. Perfilagens de CTD

O instrumento utilizado para medições de temperatura, condutividade e pressão foi o modelo ACMPlus 7000, da marca FSI (Fallmouth Scientific, Inc.). Em todos os lançamentos o instrumento foi configurado para realizar medições em modo contínuo, a uma frequência de 1 Hz. Ao término da

configuração o instrumento era preso a uma gaiola de aço inoxidável e conectado ao cabo do guincho e à poita de 100 kg. Imediatamente acima do CTD, foi acoplado no cabo de aço um beacon, equipamento parte de um sistema de posicionamento acústico em tempo real, provendo a localização e profundidade das amostragens em cada estação. Para medição, o equipamento é colocado a uma profundidade de 5 metros por aproximadamente 3 minutos para estabilização dos sensores (**Figura 14**) e em seguida baixado a uma velocidade de 0,4 m/s até próximo ao fundo (cerca de 15 metros) para amostrar toda a coluna d'água.



**Figura 14:** Lançamento do CTD para perfilagens ao longo da coluna d'água.

As coletas foram analisadas e passaram por um controle de qualidade, onde foram desconsiderados valores de condutividade negativos, pressões inferiores a 2 metros e valores de salinidade que não se inseriam na faixa entre a média móvel mais ou menos 3 vezes o desvio padrão. Vale ressaltar também que foram utilizados os dados do perfil de descida do equipamento com taxa amostral de 2 segundos. A identificação das faixas termo-, halo- e pycnoclina foi realizada através do cálculo do gradiente de cada parâmetro e a análise de sua intensificação ao longo da coluna d'água.

#### 5.2.2.2.2. Amostragens de água

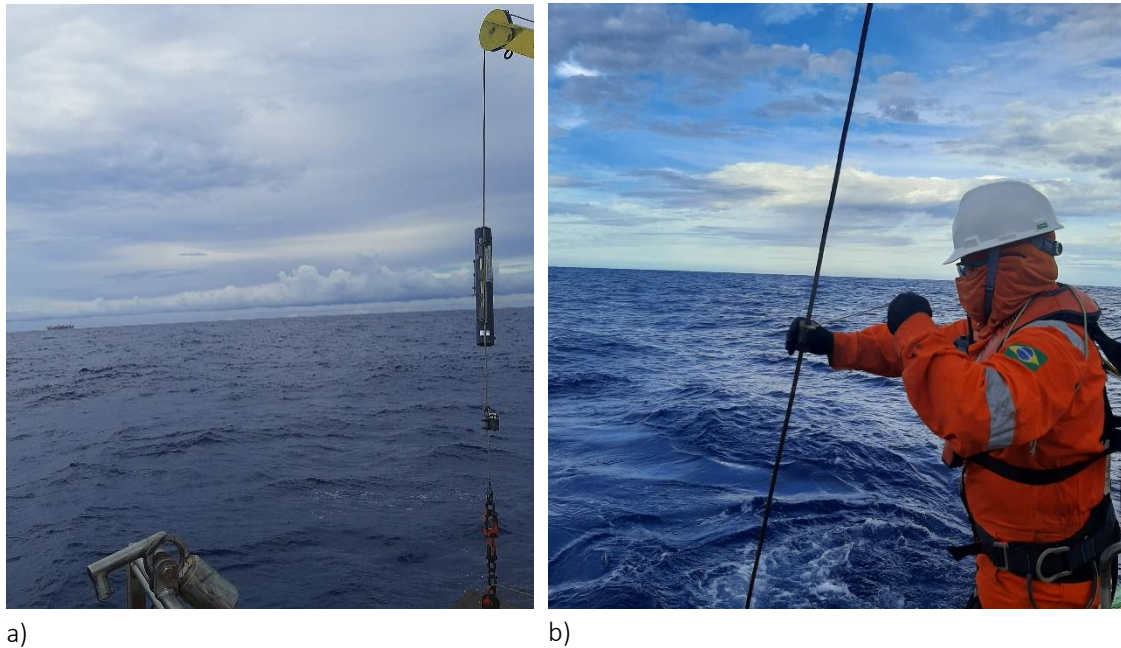
As amostragens de água para análise dos parâmetros bio-físico-químicos foram realizadas através do lançamento de garrafas go-flo (**Figura 15**), em todas as estações, nas profundidades fixas de 5m, 70m e próximo ao fundo. Na **Tabela 5** são apresentadas as profundidades de amostragem próximo ao fundo em cada estação, conforme a profundidade local.

**Tabela 5:** Profundidades amostradas próximo ao fundo em cada estação.

Estação	Profundidade de fundo amostrada (m)	Profundidade local (m)
1	295	307
2	255	264



3	250	269
4	238	220
5	210	223
6	230	241



**Figura 15:** a) Lançamento da garrafa go-flo com o beacon acoplado no cabo de aço para coleta de água (com FPSO Cidade de Itajaí, ao fundo). b) Mensageiro sendo lançado para o fechamento da garrafa.

O volume de 10L coletado por cada garrafa (**Figura 16**), foi subamostrado para a análise de cada parâmetro nas diferentes profundidades.



**Figura 16:** Sangria da garrafa para os diversos parâmetros. a) retirada para fenóis b) amostra para OD e pH.

A **Tabela 6** apresenta os parâmetros subamostrados, seus respectivos volumes e os procedimentos de preservação e conservação das amostras, por parâmetro, ou conjunto de parâmetros. As subamostragens foram realizadas de acordo com as diretrizes descritas em CETESB (2011) e ANVISA (2019), formalizados através de instruções técnicas da PROOCEANO.

**Tabela 6:** Ordem de subamostragem dos parâmetros que foram avaliados através das alíquotas retiradas das garrafas de go-flo, seus preservantes e métodos de conservação utilizados.

Parâmetro	Volume	Preservação/Fixação	Conservação
OD e pH	100 ml	-	-
BTEX	40 ml	HCl	Refrigeração ± 5°C
TSS e clorofila-a e feofitina-a	2000 ml	-	congelamento ( -20°C)
HTP e HPAs	1000 ml	-	Refrigeração ± 5°C
Fenóis totais	1000 ml	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Refrigeração ± 5°C
Nutrientes e TDS	200 ml	-	congelamento ( -20°C)
Nitrogênio e Fósforo Totais	60 ml	-	congelamento ( -20°C)
Sulfetos	100 ml	Acetato de zinco	Refrigeração ± 5°C
COT	40 ml	ácido fosfórico	Refrigeração ± 5°C
Fitoplâncton	2000 ml	formaldeído (solução final 2%)	temperatura ambiente e em local arejado e abrigado do sol

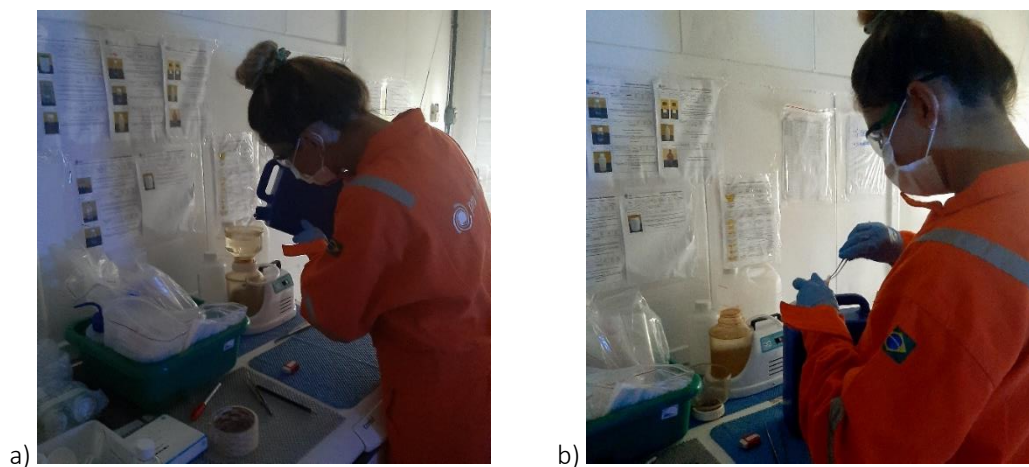
As medidas de oxigênio dissolvido (OD) e potencial hidrogeniônico (pH) foram realizadas in situ, com o auxílio de equipamentos portáteis da marca Instrutherm, previamente calibrados e recalibrados a bordo sempre que necessário. Os modelos disponíveis a bordo foram PH-1700 e MO-910, para medições de OD e pH, respectivamente (**Figura 17**). Ambas as medições foram realizadas em uma alíquota de 100 ml de cada garrafa.



**Figura 17:** Medição de OD (a) e pH (b) realizadas no campo.

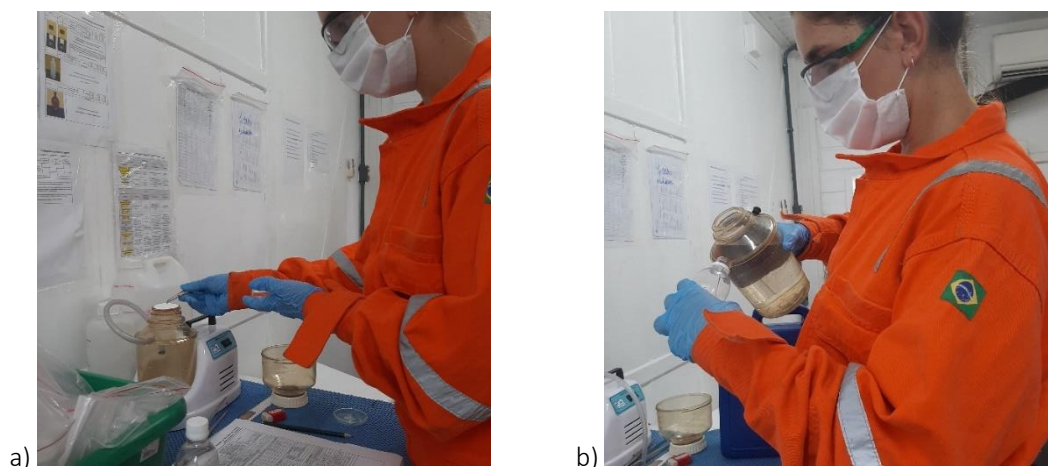
As análises de benzeno, tolueno, etil-benzeno e os xilenos (BTEX) foram realizadas a partir de dois frascos de 40 ml preenchidos com cuidado para evitar a formação de bolhas. Em seguida, foram acondicionados em plástico bolha e conservados refrigerados.

Para Totais de Sólidos em Suspensão (TSS) e pigmentos clorofilianos, dois litros de água do mar foram extraídos da garrafa e acondicionados em frasco escuro para filtração e análise. Deste volume, um litro foi dedicado aos pigmentos clorofilianos e filtrado ao abrigo da luz através de um filtro GF/F (**Figura 18-a**). Após a filtração, o filtro foi armazenado em criotubo, envolto em papel alumínio (**Figura 18-b**).



**Figura 18:** Filtração para clorofila-a e feofitina-a (a) e acondicionamento do filtro no criotubo (b).

Para o parâmetro TSS, o segundo litro foi separado e filtrado (**Figura 19-a**) com o auxílio de um filtro de fibra de vidro previamente pesado. Ao término da filtração o filtro foi acondicionado em placa de Petri. Tanto a placa de Petri quanto o criotubo foram identificados com o código correspondente e congelados. Do volume proveniente da filtração foi retirada uma alíquota de 200 ml, para Nutrientes e Totais de Sólidos Dissolvidos (TDS), como apresentado na **Figura 19-b**.



**Figura 19:** a) Filtração para TSS com filtro pré pesado. b) Coleta do filtrado para nutrientes.



Para a análise dos hidrocarbonetos (HTP e HPAs) e de fenóis, foram preenchidos um frasco de vidro âmbar e um frasco de polietileno, respectivamente. As amostras foram identificadas e conservadas refrigeradas, com controle constante de temperatura e verificação/registro a cada 6h de todos os refrigeradores e freezers (conforme especificação de conservação).

A medição da transparência da água foi realizada durante o dia, com o Disco de Secchi, em todas as estações. O lançamento foi realizado manualmente através da lateral da embarcação (**Figura 20**) com o auxílio de um cabo graduado a cada meio metro. O Disco de Secchi foi afundado continuamente até o seu desaparecimento total. Após anotar esta profundidade, o disco é afundado mais um pouco. Posteriormente, o disco é levantado até sua completa visualização. A transparência da água é definida pela média das profundidades obtidas quando o operador perde o equipamento de vista quando volta a visualizá-lo após iniciar o recolhimento.

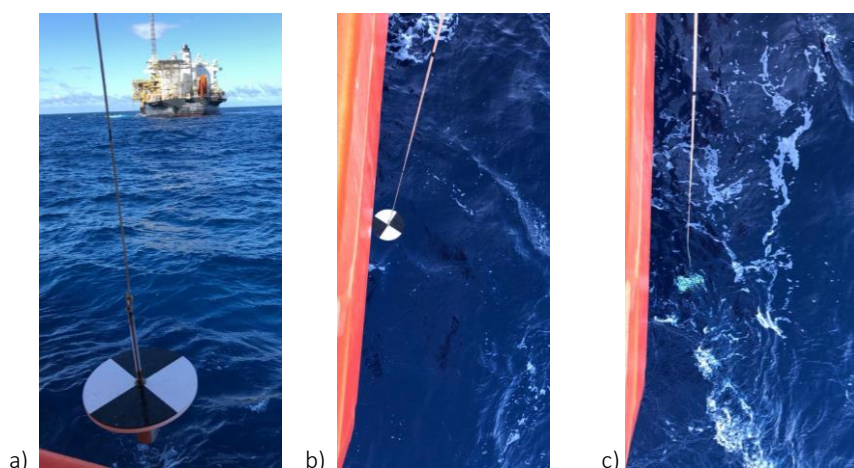


Figura 20: Lançamento do disco de Secchi para avaliação da transparência da água.

#### 5.2.2.2.3. Amostragens de Sedimento

Para as amostragens de sedimento foi utilizado o Box-Corer (50 x 50 x 50 cm), um equipamento robusto o suficiente para penetrar no sedimento e obter amostras com a camada superficial do sedimento preservada. Foram realizadas amostragens de sedimento em todas as estações, em triplicata (três amostragens válidas de sedimento por estação), para a caracterização ambiental da área do Bloco BM-S-40.

Antes de iniciar as coletas, o box-corer foi lavado com sabão especializado em descontaminação de equipamentos a fim de eliminar qualquer resíduo proveniente do transporte e navegação (**Figura 21**)

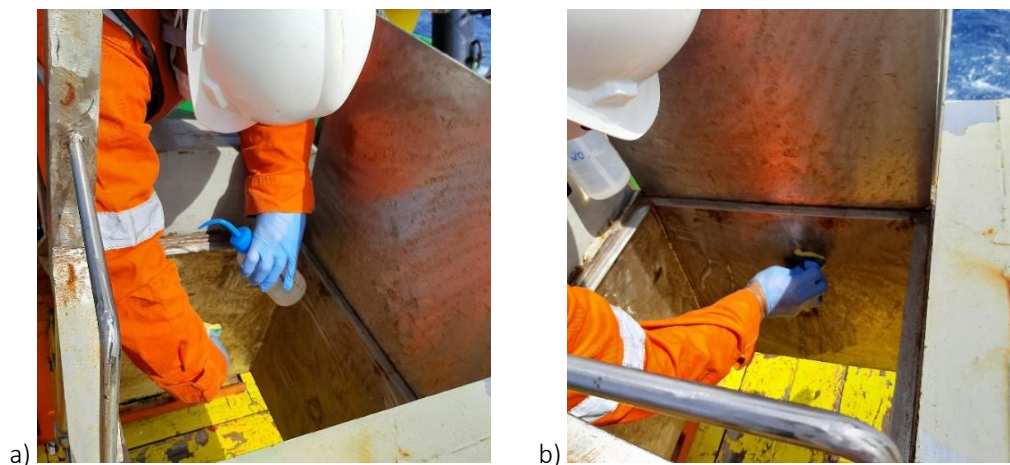


Figura 21: Descontaminação do box-corer.

A **Figura 22** ilustra os momentos de lançamento e recuperação do box-corer. Quando o equipamento chega à superfície, os ganchos com cabos guias são conectados ao equipamento com o auxílio de tubos de alumínio de 3 m de comprimento para controlar o seu balanço, tornando a operação mais segura. Em seguida o equipamento é direcionado e apoiado em seu suporte para que a equipe técnica faça a avaliação da amostra coletada.

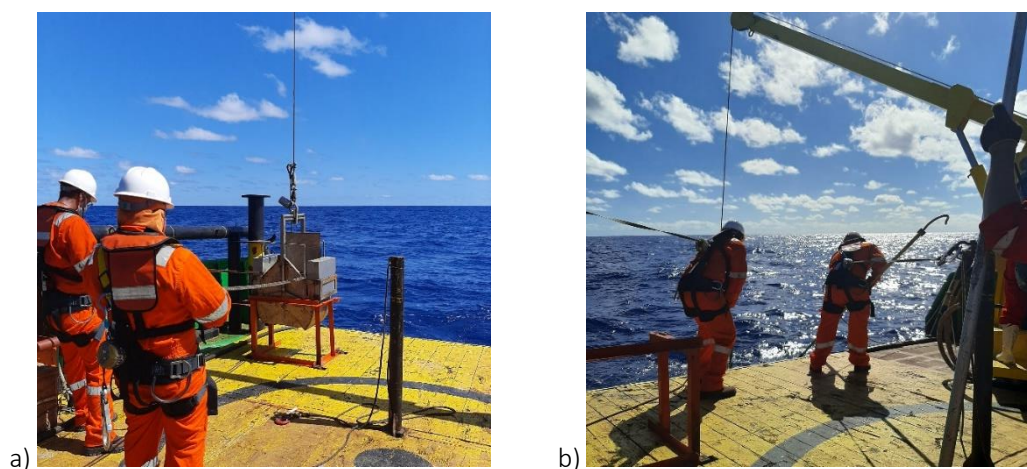
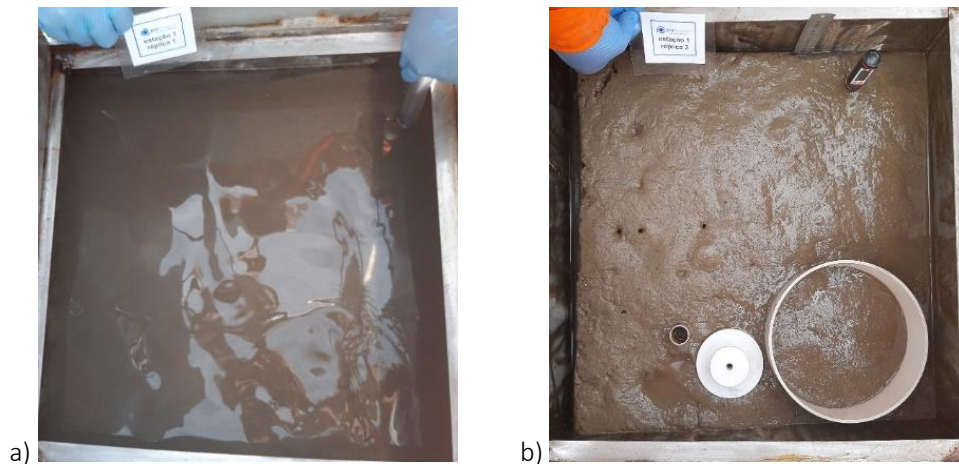


Figura 22: Lançamento (a) e recolhimento do box-corer (b).

A **Figura 23** apresenta os diferentes momentos da amostra obtida, desde sua chegada no convés, até o término da subamostragem dos parâmetros no sedimento coletado pelo box-corer. Antes da retirada das alíquotas para as diferentes análises a serem realizadas no sedimento marinho, foram colocados panos na parte superior do equipamento, para que pingos provenientes das estruturas metálicas não caiam sobre a amostra, minimizando o risco de contaminação.





**Figura 23:** Amostras com água sobrenadante (a) e com os corers de macrofauna e meiofauna já inseridos na amostra (b).

Caso o box-corer apresentasse água sobrenadante, o sifonamento era feito com mangueiras dedicadas, seguido do registro fotográfico. Após a validação da amostra, inicia-se o processo de amostragem, a partir da medição da temperatura e altura do sedimento e a colocação dos corers de macrofauna e meiofauna. Da mesma forma, características que pudessem ser importantes para a posterior interpretação dos resultados obtidos e diagnóstico ambiental da área foram registradas e, sempre que possível, fotografadas.

Junto com os registros fotográficos, uma descrição da aparência dos sedimentos foi feita a bordo durante e após as subamostragens. As observações visuais consistiram na descrição de: natureza (areia, lama ...), textura (grossa, fina ...), compactação, homogeneidade (presença / ausência de camada superficial oxigenada), presença / ausência de fauna / flora viva ou morta, presença / ausência de detritos antrópicos e potencial cor ou odor devido à fermentação e presença de qualquer substância como matéria orgânica ou óleo, por exemplo, sifonamento e bioturbação (vide registros apresentados no **Anexo VIII\_A**).

Para garantir que as amostragens fossem realizadas dentro do raio máximo de erro admitido pelo projeto (200 m), conferindo precisão ao posicionamento do equipamento, durante as amostragens de sedimento foi utilizado o Sistema USBL (*Ultra-short Baseline*). O *pole over the side* é uma estrutura metálica que serve de suporte para o *transceiver* e fica instalada no costado da embarcação. O *transceiver* é responsável por se comunicar acusticamente com o beacon instalado no cabo de aço (**Figura 24-a**). Além disso, o sistema inclui uma antena GNSS responsável pelo georreferenciamento tanto do *transceiver*, quanto do beacon, provendo posicionamento exato no momento da amostragem (**Figura 24-b**).

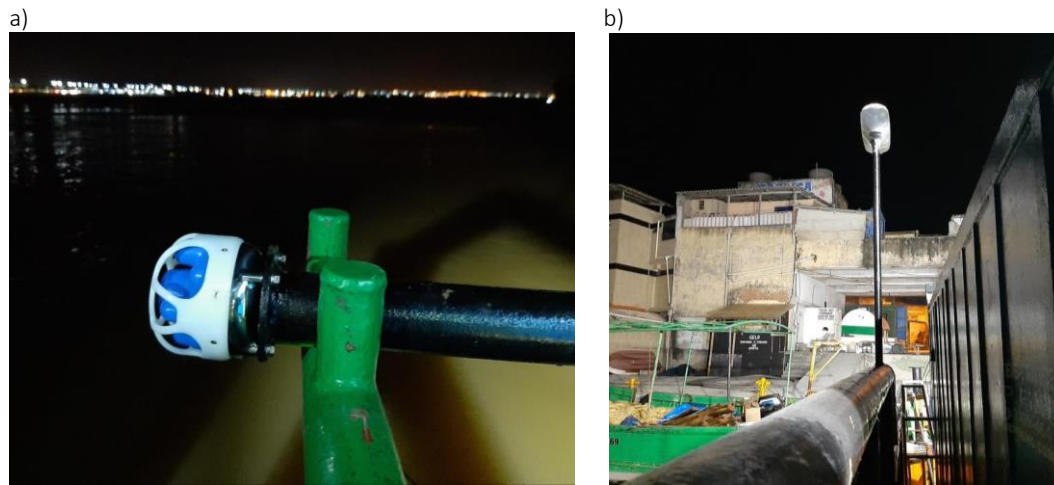


Figura 24: Transceiver (a) e antena GNSS instalados na embarcação RS Macaé (b).

O sistema USBL é operado a partir da central de controle, instalada no contêiner laboratório, com o uso de um computador. O software recebe as informações do *transceiver* e da antena GNSS, onde é possível monitorar as coordenadas exatas do equipamento durante a amostragem. A **Figura 25** apresenta um print da tela do software do sistema USBL da Subsonus, utilizado para fazer a integração de todos os equipamentos na central de controle. Na coluna esquerda são fornecidas as coordenadas e profundidades dos equipamentos em relação ao *transceiver*.

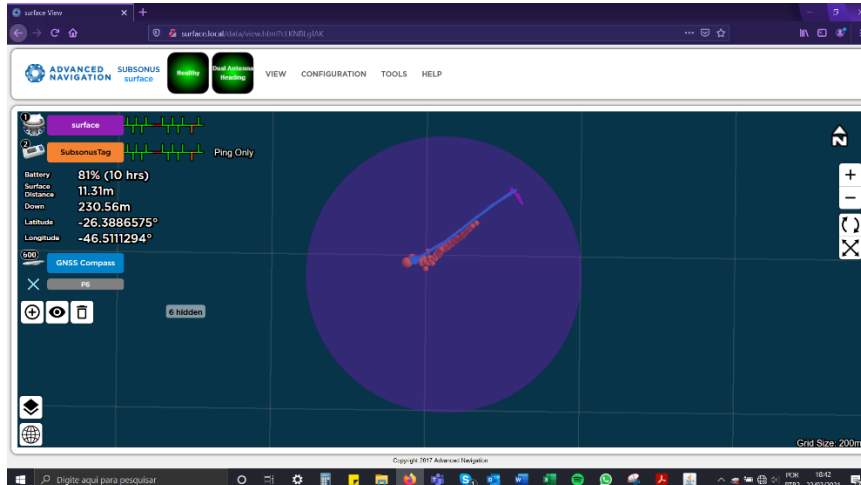


Figura 25: Print do software da Subsonus.

A **Tabela 7** apresenta os parâmetros subamostrados, os procedimentos de tratamento e a conservação de cada subamostra. A subamostragem dos parâmetros retirados da amostra obtida com o box-corer foi realizada de acordo com as diretrizes de ELEFThERIOU & MCINTYRE (2005), PRZESLAWSKI *et al.* (2018) e MDNR (2007).

**Tabela 7:** Ordem de subamostragem dos parâmetros avaliados através das alíquotas retiradas de cada uma das amostras de sedimento obtidas com box-corer, seus preservantes e métodos de conservação.

Parâmetro	frasco/volume	preservação/fixação	conservação
HTP Total	vidro /100 ml	sem preservação	refrigeração ± 5°C
HPAs	vidro/100 ml	sem preservação	refrigeração ± 5°C
Biomarcadores	vidro/500 ml	sem preservação	refrigeração ± 5°C
Metais Totais	vidro/100 ml	sem preservação	refrigeração ± 5°C
Radionuclídeos Ra <sup>226</sup> e Ra <sup>228</sup>	tubo Falcon/50 ml	sem preservação	refrigeração ± 5°C
Granulometria			
Teor de Carbonatos			
Matéria Orgânica Total (MOT)	plástico/100 ml	sem preservação	congelamento (-20°C)
Carbono Orgânico Total (COT)			
Nitrogênio Total			
Fósforo Total			
Meiofauna bêntica	plástico/100 ml	formaldeído tamponado (10%)	temperatura ambiente e em local arejado e abrigado do sol
Macrofauna bêntica	4 plásticos/1000 mL	formaldeído tamponado (10%)	temperatura ambiente e em local arejado e abrigado do sol

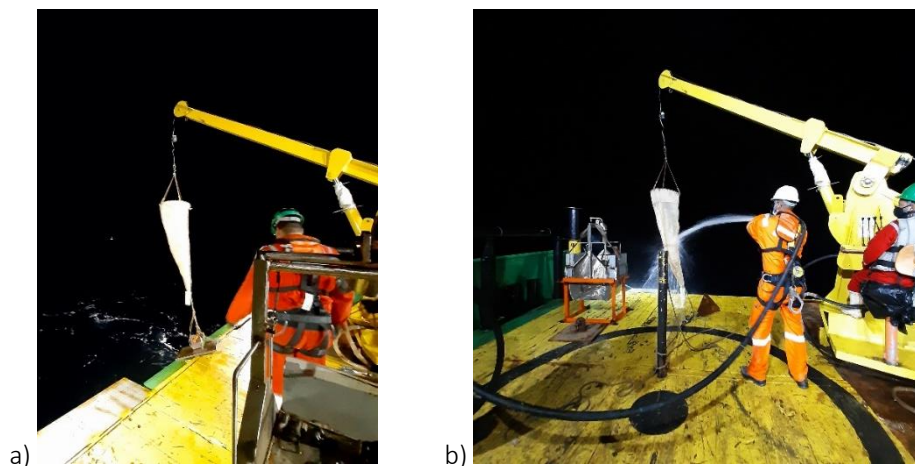
#### 5.2.2.2.4. Amostragens de Biota Planctônica

As amostras de fitoplâncton foram obtidas através das garrafas go-flo, que eram drenadas direto para garrafas PET de 2L, contendo 100 mL de formaldeído P.A. previamente tamponado com tetraborato de sódio que, ao serem preenchidas, geraram solução final à uma concentração de 2% (Figura 26). Estas garrafas se encontravam identificadas por uma etiqueta adesiva na parte externa, com o código específico da estação e estrato. As amostras foram acondicionadas na parte externa da embarcação, em local arejado, a temperatura ambiente e abrigado.



Figura 26: Retirada do de alíquota da amostra obtida com garrafa go-flo para análise do fitoplâncton.

As coletas de amostras de zooplâncton foram realizadas no período noturno, através de arrastos verticais de 200 m de profundidade até a superfície. Foi utilizada uma rede cilíndrico-cônica simples de 60 cm de diâmetro de boca e 200 cm de comprimento, com 200  $\mu$ m de abertura de malha (**Figura 27-a**) com uma poita de 60 kg para garantir a verticalidade do arrasto. Para posterior avaliação do volume de água filtrado, foi acoplado, entre o centro e o aro da boca da rede, um fluxômetro previamente aferido.



**Figura 27:** Lançamento (a) e lavagem (b) da rede simples de 200  $\mu$ m para arrasto de zooplâncton.

Após cada arrasto, a rede foi lavada com água salgada para que o plâncton que tivesse na rede se concentrasse nos copos e então fossem acondicionadas em frascos de 500 mL de capacidade, já contendo formol tamponado. Ao completar o frasco com a amostra (e água salgada filtrada, quando necessário), a concentração final ficou em 4%. Com o intuito de evitar contaminação das amostras, toda a água utilizada para concentração e fixação das mesmas foi previamente filtrada em rede de malha de 100  $\mu$ m, no caso da água dos pissetes, ou passada pela malha da própria rede de coleta (de fora para dentro), no caso da mangueira de água salgada (**Figura 27-b**). Em ambos os arrastos foi acoplado no cabo de aço o beacon, do sistema USBL, para garantir que as redes atingissem os 200m de profundidade.

As coletas de amostras de ictioplâncton foram realizadas através de arrastos oblíquos feitos no período noturno, com redes cilíndrico-cônicas, de 60 cm de diâmetro de boca e 200 cm de comprimento, de 330  $\mu$ m e 500  $\mu$ m de abertura de malha, em armação bongô, da superfície até 200 m de profundidade e retornando à superfície (**Figura 28**). Um depressor hidrodinâmico de cerca de 30 kg foi fixado ao centro da armação bongô. Visando garantir a máxima obliquidade do arrasto, em torno de um ângulo de 45° (medido através de um clinômetro durante a descida do equipamento), o cabo foi fornecido e recolhido durante o arrasto em quantidade suficiente para chegar a 200 m de profundidade, com a embarcação em movimento a uma velocidade média de 1,4 m/s, a fim de preservar a integridade dos organismos coletados. Para avaliação do volume de água filtrado, foi acoplado, entre o centro e o aro da boca de cada rede, um fluxômetro previamente aferido.





Figura 28: Lançamento (a) e lavagem (b) da rede bongô de 330 µm e 500 µm para arrasto de ictioplâncton.

Os mesmos procedimentos de lavagem das redes e acondicionamento das amostras de zooplâncton foram seguidos para as amostras obtidas pelas redes de 330 µm e 500 µm.

#### 5.2.2.2.5. Amostragens de Biota Bêntica

Amostra para análise da meiofauna bêntica foi obtida de todos os box-corers com amostras válidas (3 réplicas em cada estação). Foi utilizado um corer de PVC com 2 cm de diâmetro interno e 13 a 15 cm de altura, com marcação externa de 10 cm (**Figura 29-a**). Este foi cravado no sedimento até a marcação que corresponde a 10 cm de profundidade (em sua lateral) coincidissem com a superfície do sedimento. Todo o conteúdo do corer foi imediatamente transferido para um pote de 100 mL com o auxílio de um pissete contendo formoldeído tamponado, já diluído a solução final a 10% em água salgada previamente passada em malha de 0,063 µm, garantindo que toda amostra fosse retirada do corer (**Figura 29-b**). Com toda a amostra no pote, este foi completado com formoldeído já diluído a solução final a 10% em água salgada previamente filtrada.

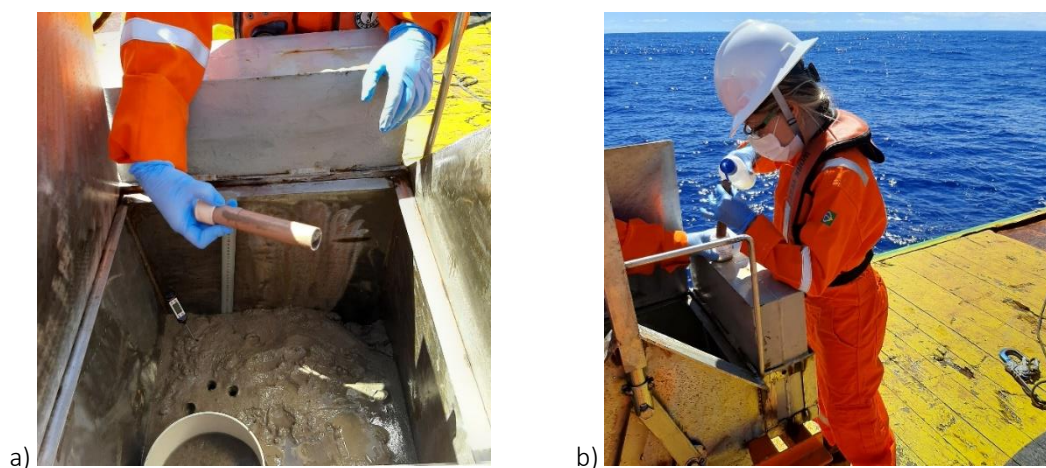


Figura 29: Corer de meiofauna retirado da amostra (a) e auxílio do pissete para que toda amostra caia no frasco (b).

Para obtenção de amostra para análise da macrofauna bêntica, também em todos os box-corers com amostras válidas (3 réplicas em cada estação), foi utilizado um corer de PVC com 20 cm de diâmetro interno e 13 a 15 cm de altura, com marcação externa de 10 cm, cravado no sedimento até que a marcação que corresponde a 10 cm de profundidade (em sua lateral) coincidissem com a superfície do sedimento. Embora o corer de macrofauna devesse ser cravado no sedimento ainda com alguma água sobrenadante (cerca de 1 a 2 cm), a retirada da amostra para análise da macrofauna sempre era a última alíquota retirada do box-corer, já que sua retirada desestruturava todo o restante da amostra. A retirada era auxiliada por uma pá larga, que era cravada no sedimento por baixo do corer de PVC (**Figura 30-a**), garantindo que todo o conteúdo dos 10 cm superficiais fosse devidamente aproveitado. O conteúdo do corer era então colocado em uma bandeja (**Figura 30-b**) e seu conteúdo transferido cuidadosamente para frascos plásticos de 1000 mL de capacidade, que receberam amostras até 75% de sua capacidade sendo então completados com formoldeído tamponado, já diluído à solução final a 10%, em água salgada previamente filtrada em malha de 0,063  $\mu\text{m}$ . O conteúdo final da bandeja era também colocado em um dos potes com amostra, com o auxílio de um pissete preenchido com formoldeído tamponado já diluído (solução final a 10%) em água salgada previamente filtrada em malha de 0,063  $\mu\text{m}$ . Foram utilizados 4 frascos plásticos de 1000 mL por amostra, devidamente identificados e acondicionados em um saco plástico único, juntamente com o pote de meiofauna da estação e réplica correspondente e lacrado para facilitar a posterior organização e identificação de frascos de cada amostra (18 amostras).



**Figura 30:** Retirada do corer de macrofauna através da pá (a) e amostra já na bandeja (b).

#### 5.2.2.2.6. Controle e Garantia de Qualidade

Para controle e garantia de qualidade (Quality Assurance e Quality Control QA/QC), as premissas, os equipamentos e as metodologias (de amostragem, de subamostragem e de análise dos diferentes parâmetros físicos, químicos e biológicos) previstos em projeto, além das melhores práticas, foram respeitados, com especial atenção a:

- equipamentos utilizados, adequados para operação até, no mínimo, 400 m de profundidade;
- equipamentos reserva, disponíveis a bordo para uso imediato, ou peças para substituição em caso de falhas ou necessidade de manutenção durante a campanha;
- calibração de equipamentos em geral e do sistema de posicionamento dos equipamentos em relação à embarcação, prévia à utilização no projeto;
- recalibração de equipamentos de medição in situ (pHmetro, oxímetro) durante a realização das atividades de campo (após a realização de 30 medições, ou sempre que o(s) operador(es) do equipamento julgar(em) necessário);
- área de erro máximo no entorno de cada estação, a 200 m de raio a partir das coordenadas previstas em projeto para as demais estações.
- critérios de validação/invalidação de amostras, sendo os principais listados na **Tabela 8**;
- registros detalhados das atividades de campo executadas, conforme planilhas previstas nos procedimentos operacionais e instruções técnicas PROOCEANO;
- registros fotográficos das atividades de campo realizadas, incluindo amostras obtidas e procedimentos de subamostragem e tratamento, acondicionamento, preservação e conservação de amostras;
- etiquetagem e identificação das amostras obtidas, incluindo etiquetas em papel vegetal, escritas a lápis, para as amostras biológicas (fitoplâncton, zooplâncton, ictioplâncton, meiofauna bêntica e macrofauna bêntica);
- acondicionamento, preservação e conservação de amostras até sua chegada aos laboratórios onde as análises foram realizadas;
- preenchimento correto de cadeias de custódia que acompanham as amostras durante todo o trajeto, da embarcação até os laboratórios; e
- respeito às metodologias analíticas previstas e limites analíticos para cada parâmetro que permitam sua quantificação (LQM, limite de quantificação do método) em concentrações, no mínimo, iguais às diretrizes norteadoras nacionais e internacionais indicadas para cada parâmetro.

O profissional designado como Coordenador de Bordo do Projeto foi responsável por garantir que o previsto em projeto, considerando em especial as melhores práticas e os pontos de relevância acima elencados, fossem respeitados. Foi responsável também pela validação das amostragens e amostras obtidas, fazendo a conferência minuciosa das amostras e garantindo acondicionamento correto e seguro, acompanhado das respectivas cadeias de custódia na saída do porto em direção aos laboratórios.

**Tabela 8:** Motivos técnicos que podem levar à invalidação de amostragens e amostras obtidas.

amostragens	motivos para invalidação de amostragem ou amostra
CTD	perfilagem com geração de dados nitidamente não condizentes com o esperado tecnicamente
	sensores não calibrados antes de iniciadas as perfilagens
	outras falhas de funcionamento do equipamento
água	existência de alguma mancha de óleo na superfície do mar que pudesse contaminar as garrafas, na descida, ou na subida do equipamento (exceção caso seja esperada alguma mancha oriunda de exsudação natural de óleo)
	mal fechamento de garrafa(s)
	obtenção de volume insuficiente de amostra para a subamostragem necessária de uma mesma profundidade
zooplâncton	outras falhas de funcionamento do equipamento
	malha de rede do copo, ao final da rede, com qualquer tipo de problema ocasionado pelo arrasto
	contagem de fluxômetro não condizente com o esperado para o arrasto realizado
ictioplâncton	outras falhas de funcionamento do equipamento
	redes enroladas uma na outra, no cabo ou no depressor
	malha de rede do copo, ao final de cada rede, com qualquer tipo de problema ocasionado pelo arrasto
	contagem de fluxômetro não condizente com o esperado para o arrasto realizado
	angulação do arrasto superior a 60°±5°
sedimento	velocidade da embarcação superior a 2 nós
	outras falhas de funcionamento do equipamento
	amostra sem água sobrenadante na caixa do box-corer, ou com a superfície do sedimento perturbada (avaliação visual)
	caixa do amostrador com fechamento inapropriado devido às características do substrato
	obtenção de volume insuficiente de amostra para que o previsto em projeto possa ser respeitado
	outras falhas de funcionamento do equipamento

### 5.2.2.3. Parâmetros Seleccionados e Metodologia Analítica

Os parâmetros abióticos seleccionados para avaliar cada um dos compartimentos considerados (meteoceanografia, água e sedimento), bem como seus respectivos métodos analíticos e limites de detecção e/ou quantificação são apresentados no **Anexo VII**. As metodologias analíticas de fitoplâncton, zooplâncton e ictioplâncton seguiram o previsto em projeto e são detalhadamente descritas nos relatórios específicos apresentados no **Anexo XII\_A**. Da mesma forma, as metodologias analíticas de meiofauna e macrofauna bênticas seguiram o previsto em projeto e são detalhadamente descritas no relatório específico apresentado no **Anexo XVI\_A**.

Note-se que as planilhas apresentadas no **Anexo VII** foram preenchidas considerando as informações disponibilizadas pelos laboratórios responsáveis pelas análises de cada parâmetro. Para alguns parâmetros foram apresentados limite de detecção (concentração a partir da qual se detecta a



presença daquele parâmetro analisado) e limite de quantificação (concentração a partir da qual se confia na quantificação daquele parâmetro na amostra analisada), enquanto para outros foram apresentados apenas um ou outro. Para efeito de esclarecimento, no texto deste relatório, quando for descrito que um parâmetro não foi detectado significa que ele foi analisado, porém, estava em concentração inferior ao detectável pelo método analítico empregado, e quando for descrito que um determinado parâmetro não foi quantificado significa que ele foi analisado e que estava em concentração inferior ao quantificável pelo método analítico empregado.

As análises de hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP) no sedimento foram realizadas através de dois métodos analíticos: um acreditado, mas com limite de quantificação mais elevado, cujos resultados compõem os laudos analíticos de sedimento mas não foram considerados nas planilhas de banco de dados desta caracterização ambiental, e outro, não acreditado, adaptado na análise de Whole Oil realizada para biomarcadores, que permite atingir limite de quantificação na ordem de ppb, mais especificamente 155 ppb ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ), para os alcanos. Essa prática foi adotada considerando alguns pareceres técnicos do órgão licenciador (para caracterização ambiental de outros estudos, de outras operadoras) em que os limites de quantificação da análise de HTP na casa de ppm ( $\text{mg}/\text{kg}$ ) foram considerados altos, embora com métodos acreditados não seja possível baixá-los. É importante lembrar, no entanto, que uma acreditação não é apenas um selo ou certificado. Ela é uma garantia de que os métodos foram auditados por terceiros e várias vezes ao ano. O mais importante dos requisitos é que o laboratório tenha participado de Testes de Proficiência e Interlaboratoriais periódicos, que contem com diversos laboratórios que garantam uma representatividade estatística ao teste. Por este motivo, este parâmetro foi, também, analisado pelo método acreditado.

#### 5.2.2.4. Organização e Análise de Dados

Neste item, dedicado à organização e à análise dos dados gerados pelo PCA do Bloco BM-S-40 são detalhadas as comparações e análises de dados executadas, desde comparações diretas com diretrizes norteadoras e referências (dados pretéritos), até análises matemáticas básicas e estatísticas. Parâmetros que não ocorreram em concentrações passíveis de detecção pelos métodos utilizados (sulfetos, HTP, HPAs, fenóis e BTEX em água e cascalho, Sb, Cd, Ag, Se e Tl no sedimento) não foram analisados matematicamente ou participaram das análises estatísticas. Comparações com dados pretéritos foram feitas apenas para aqueles parâmetros com dados disponíveis para a região de estudo. Os resultados dos parâmetros NT na água e Sb, Be, Se, Sn, Co e Tl no sedimento são os primeiros registros para esta região da Baía de Santos (conforme apresentado no item 5.2.4.3 deste relatório), discutidos considerando outras referências para a costa brasileira e/ou outras áreas regiões no mundo.

##### 5.2.2.4.1. Banco de Dados de Caracterização Ambiental

O Banco de Dados de Caracterização Ambiental ([bdca.com.br](http://bdca.com.br)) é um sistema que permite o armazenamento, consulta, e compartilhamento de dados ambientais coletados através de quaisquer projetos que gerem dados acerca de qualidade de água, biota planctônica, cobertura do fundo, qualidade do sedimento, biota benthônica e nectônica em ambiente marinho, além da possibilidade de

inclusão de dados chave para o entendimento sinérgico e ecológico destes (como dados meteoceanográficos). Ele está preparado tanto para receber dados oriundos de Projetos de Caracterização Ambiental (PCAs) e Projetos de Monitoramento Ambiental (PMAs) executados dentro de processos de licenciamento ambiental e pós-licença, nos âmbitos Federal e Estadual, como também de projetos de pesquisa com as mais diversas estruturas e características.

Mais do que apenas um Banco para armazenar os dados, o sistema do Banco de Dados de Caracterização Ambiental oferece uma plataforma de simples utilização para a inclusão, revisão e visualização desses dados de forma intuitiva. O sistema conta com uma interface de busca detalhada que torna possível correlacionar resultados de parâmetros obtidos por diferentes projetos e esforços, traçando de forma rápida um panorama geral desses dados.

Assim que o relatório previsto para este PCA do Bloco BM-S-40 estiver fechado e for submetido ao IBAMA, este projeto será devidamente publicado no BDCA. Por ora, o projeto já foi criado dentro do **BDCA** sob o **código XUBY714201-WF879**, e são apresentadas nos anexos do presente relatório as planilhas de dados, com estrutura previamente definida pelo BDCA que organizam os dados do projeto de forma a serem facilmente acessados e correlacionados pelo sistema, sendo

- P001 – Malha amostral – coordenadas de projeto (**Anexo VI\_B**),
- P002A – Identificação de amostras, (**Anexo VIII\_B**),
- P003 – Oceanografia (**Anexo X\_A**),
- P004 – Qualidade da água (**Anexo XI\_B**),
- P005B.1 – Biota planctônica – fitoplâncton – quantitativo (**Anexo XII\_B**),
- P005B.2 – Biota planctônica – fitoplâncton – qualitativo (**Anexo XII\_B**),
- P005C.1 – Biota planctônica – zooplâncton – quantitativo (**Anexo XII\_B**),
- P005C.2 – Biota planctônica – zooplâncton – qualitativo (**Anexo XII\_B**),
- P005D.1 – Biota planctônica – ictioplâncton – quantitativo (**Anexo XII\_B**),
- P005D.2 – Biota planctônica – ictioplâncton – qualitativo (**Anexo XII\_B**),
- P006 – Avaliação visual da cobertura do fundo (**Anexo XIII\_B**),
- P007 – Qualidade do sedimento (**Anexo XV\_B**),
- P008A.1 – Biota bêntica – meiofauna – quantitativo (**Anexo XVI\_B**),
- P008A.2 – Biota bêntica – meiofauna – qualitativo (**Anexo XVI\_B**),
- P008B.1 – Biota bêntica – macrofauna – quantitativo (**Anexo XVI\_B**) e
- P008B.2 – Biota bêntica – macrofauna – qualitativo (**Anexo XVI\_B**).

#### 5.2.2.4.2. Diretrizes Norteadoras

Foram considerados como diretrizes norteadoras:

- Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005 (alterada pelas Resoluções nº 370, de 2006, nº 397, de 2008, nº 410, de 2009, e nº 430, de 2011, e complementada pela Resolução nº 393, de 2009), dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de

lançamento de efluentes, e dá outras providências, sendo consideradas as diretrizes para águas salinas classe 1, **para avaliação da qualidade da água;**

- Resolução CONAMA Nº 454, de 01 de novembro de 2012 (que revogou as Resoluções nº 344 de 2004 e nº 421 de 2010), estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional, indicando valores de referência (em unidade de material seco) nível 1 (limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota) e nível 2 (limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota), para água salina/salobra, **para avaliação da qualidade do sedimento;**
- Valores de referência norte-americanos – NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) Screening Quick Reference Tables (*SQuiRTs*) (BUCHMAN, 2008), que apresenta valores de referência para efeitos agudo (nível mais alto para uma exposição média de 1 hora, a não ser excedida mais de uma vez a cada 3 anos) e crônico (nível mais alto para uma exposição média de 4 dias, a não ser excedida mais de uma vez a cada três anos), sendo consideradas as diretrizes para águas marinhas superficiais **para avaliação da qualidade da água**, e que apresenta valores de TEL (*Threshold Effect Level* - limite abaixo do qual os efeitos tóxicos irão ocorrer raramente) e PEL (*Probable Effect Level* - limite acima do qual podem ser observados efeitos na biota), **para avaliação da qualidade do sedimento;**
- Valores de referência canadenses para a proteção da vida aquática (*Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*) (CCME, 2015; *Canadian Council of Ministers of the Environment*) (com visita à sua página web à época da comparação dos resultados), que apresenta valores de referência para efeitos de curto<sup>1</sup> e longo prazo<sup>2</sup>, sendo consideradas as diretrizes para proteção da vida aquática em ambiente marinho **para avaliação da qualidade da água**, e que apresenta valores de referência para a proteção dos ecossistemas marinhos (ISQG = *Interim Sediment Quality Guideline* = concentração definida quando os dados disponíveis não permitem maior precisão, sendo um valor seguro, conservador, para os ecossistemas marinhos) e PEL (*Probable Effect Level* - limite acima do qual podem ser observados efeitos na biota), **para a avaliação da qualidade do sedimento.**

No caso de hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP) não existem diretrizes norteadoras nem para a água nem para o sedimento. A CONAMA 357/2005 prevê que óleos e graxas estejam virtualmente ausentes em amostras de águas salinas classe 1, mas a análise de óleos e graxas compreende uma gama de compostos muito maior que aqueles avaliados pela análise de HTP. Mesmo as diretrizes internacionais consideradas (norte-americana e canadense) não apresentam valores norteadores para esse parâmetro. Para auxiliar na avaliação dos resultados de HTP no sedimento, serão utilizados os valores sugeridos por VOLKMAN *et al.* (1992), uma publicação sobre hidrocarbonetos naturais,

---

<sup>1</sup> **Efeito de curto prazo:** estimativa do limite inferior de efeitos letais para organismos aquáticos. Fornece orientação sobre os impactos de situações severas, porém transitórias (por exemplo, eventos de derramamento em ambientes aquáticos receptores e liberações não frequentes de substâncias de curta duração / não persistentes). Não protege a vida aquática contra efeitos adversos. Pode ser considerado como efeito agudo.

<sup>2</sup> **Efeito de longo prazo:** estimativas que se destinam a proteger as espécies e o estágio de vida mais sensíveis contra efeitos subletais e letais para exposições indefinidas. Pode ser considerado como efeito crônico.

antropogênicos e de petróleo em sedimentos aquáticos, considerando também as contribuições de LAW (1981), ZHENG *et al.* (2000) e READMAN *et al.* (2002).

Comparações com as principais diretrizes norteadoras (CONAMA 357/2005 para água e BUCHMAN (2008) para sedimento) são apresentadas nas tabelas e figuras padronizadas (**Anexo XI\_C** e **Anexo XV\_C**).

#### 5.2.2.4.3. Referências Consideradas

Não apenas para discutir os resultados obtidos, mas para que o presente relatório realmente cumpra seu papel no licenciamento ambiental para as atividades de perfuração no Bloco BM-S-40 – Bacia de Santos, funcionando como diagnóstico ambiental da qualidade da água e do sedimento e biotas associadas (planctônica e bêntica) foram utilizadas informações disponíveis na literatura (dados secundários) para a comparação regional e local com os dados primários obtidos neste PCA, apresentadas em ordem cronológica de realização:

- **Programa REVIZEE – Programa de Avaliação Sustentável dos Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva**, destinado a fornecer dados técnico-científicos consistentes e atualizados (à época), essenciais para subsidiar o ordenamento do setor pesqueiro nacional. Realizado entre 1994 e 2004, o Programa adotou, como estratégia básica, o envolvimento da comunidade científica nacional, especializada em pesquisa oceanográfica e pesqueira, atuando de forma multidisciplinar e integrada, por meio de Subcomitês Regionais de Pesquisa (SCOREs). Do SCORE Sul, foram considerados os resultados de granulometria e carbonatos (entre as isóbatas de 400 e 500 m) obtidos em sete expedições (dezembro de 1997-abril de 1998) entre o Cabo de São Tomé, RJ e o Tramandaí, RS (Score Sul), com ênfase nos dados obtidos na Bacia de Santos (FIGUEIREDO & TESSLER, 2004).
- **Projeto 3 Bacias – Diagnóstico Ambiental das Áreas de Exploração e Produção nas Bacias de Santos, Campos e Espírito Santo**, realizado pelas empresas Petroleum and Environmental Geoservices (PEG) e pela Analytical Solutions (AS), sob a coordenação e supervisão da PUC-Rio, subsidiado pela PETROBRAS e endereçado ao ELPN/IBAMA/MMA, entre 2002 e 2003. Neste diagnóstico foram utilizados os dados obtidos na bacia de Santos, obtidos em lâminas d'água iguais ou inferiores a 1.000 m. Amostras foram obtidas com garrafas de Niskin à subsuperfície, em algumas estações, ou a 10 m, termoclina e 200 m de profundidade, em todas as demais estações. Das amostras de sedimento, foram amostrados os 2 cm superficiais do sedimento obtido com box-corer em cada estação (AS/PEG, 2003a, relatório da bacia de Santos).
- **Projetos de Monitoramento Ambiental (PMA) nos Campos Baúna e Piracaba**, realizados pela empresa Bourscheid – Engenharia e Meio Ambiente em parceria com a Gardline Marine Sciences do Brasil S.A., para a Petrobras no Bloco BM-S-40, Bacia de Santos, como condicionante da Licença de Operação (LO) 1124.2013, de 15 de fevereiro de 2013. Os projetos aconteceram entre 2014 e 2019 totalizando 8 campanhas, sendo 1 da fase de pré-instalação e as outras 7 da fase de operação. As campanhas contemplaram amostragens e análise de parâmetros físicos e químicos da água e fitoplâncton (9 estações) pelas garrafas

niskin ou go-flo e biológicos do plâncton (2 estações) por arrastos horizontais (zooplâncton) e oblíquos (ictioplâncton). A malha amostral de água é móvel e é determinada através de medições da direção da corrente através de ADCP. Já as profundidades das coletas são determinadas por perfilagem de CTD, em cada estação, e com o valor da termoclina (TC), é calculado os demais estratos (SUP, ACTC, TC e ABTC). As profundidades amostradas em todas as campanhas foram de SUP (0 a 5 metros) a 167 metros (ABTC). Para o sedimento e macrofauna bêntica foram amostradas e analisadas 8 estações fixas em triplicata no estrato 0-10 cm (com exceção dos parâmetros metais e hidrocarbonetos que foram retirados no estrato 0-2 cm) através de corers no mini box-corer (30x30), em lâmina d'água de aproximadamente 240 metros.

- **Projeto de Monitoramento Ambiental (PMA) na Bacia de Santos**, consiste em uma campanha realizada em 2015 nos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70, em atendimento à legislação ambiental vigente e à Licença de Operação 1119/2012 concedida pelo IBAMA, para a Karoon Petróleo e Gás. Esse estudo foi executado pela Ekman – Serviços Ambientais e Oceanográficos e abrange duas campanhas de amostragem de sedimento e macrofauna bêntica para cada um dos poços perfurados, Kangaroo-2 (KG), Kangaroo West-1 (KW) e Echidna-1 (EC), uma antes e outra após a perfuração, numa lâmina d'água aproximada de 350 metros. As amostras de sedimento e biota associada das 16 estações foram obtidas através de corers 0-10 cm no box-corer (50x50), exceto para os parâmetros metais e hidrocarbonetos que foram no estrato 0-2 cm. Nos parâmetros granulometria e macrofauna, as amostras foram subdivididas em 0-2, 2-5 e 5-10 cm. É importante destacar que em apenas uma das réplicas foram coletadas amostras para todas as análises. Nas demais réplicas, foram retiradas amostras apenas para análise da macrofauna bêntica, que foi coletada em triplicata. O acesso aos dados brutos deste projeto foi através do Banco de Dados de Caracterização Ambiental (BDCA) sendo seu código de identificação: WBZX675668, acessado em abril de 2021.
- **Projeto de Monitoramento Ambiental (PMA) da Rota Cabiúnas**. Este PMA faz parte dos projetos elencados no âmbito do PDEG – Plano Direto de Escoamento de Gás da Bacia de Santos, e consiste na ampliação da infraestrutura de escoamento do gás oriundo das áreas produtoras do Polo Pré-sal da Bacia de Santos, através da instalação de um gasoduto tronco interligando as áreas produtoras ao Terminal de Cabiúnas (TECAB). Essa campanha (pós-instalação) aconteceu em 2015 e envolveu a coleta de amostras e análises de parâmetros físico e químicos do sedimento e parâmetros biológicos da macrofauna bêntica. Foram 14 estações, sendo 8 estações dispostas ao longo da rota do gasoduto e 6 estações controle, com profundidade variando entre 25 e 2100 metros. As amostras foram obtidas através do mini box-corer (30x30 cm), exceto em 2 estações, que devido ao tipo de sedimento foi utilizado van veen (231 L). Todos os parâmetros foram obtidos por corers de 10x10 cm, exceto metais e hidrocarbonetos que foram em corers de 2x10 cm.
- **Projeto de Monitoramento Ambiental do Gasoduto Rota 3**. Com o objetivo de averiguar os efeitos da instalação do gasoduto no ambiente marinho, foi realizada uma campanha em 2017 com coletas de sedimento marinho avaliado nos parâmetros físico, químicos e

biológicos. Foram 9 estações, sendo 6 estações dispostas ao longo da rota do gasoduto e 3 estações controle, posicionadas a cerca de 3 km a leste das estações de referência, variando a lâmina d'água de 47 a 1500 m. As amostragens foram realizadas em triplicata, coletadas com o mini box-corer, com corers de 10x10 cm, exceto para metais e hidrocarbonetos (2x10 cm).

- **Projeto de Monitoramento Ambiental (PMA) do Campo de Mexilhão.** 13ª campanha realizada em 2020 que realizou coleta de amostras e análise de parâmetros físicos e químicos da água em 9 estações, com 4 estratos, definidos a partir da termoclina (malha móvel); e parâmetros biológicos em 2 estações; e do sedimento e da macrofauna bêntica em 8 estações (malha fixa). A coleta de água do mar para todos os parâmetros físico-químicos e fitoplâncton foram feitos através de uma rossete com garrafas niskin e go-flo em todas as estações, exceto para fitoplâncton que se restringe as 2 estações de plâncton. O zooplâncton foi obtido através de arrastos horizontais e oblíquos, enquanto o ictioplâncton em arrastos oblíquos. O sedimento e biota associada foram coletadas utilizando van veen (231 L) em triplicata com corers de 10x10 cm, exceto para metais e hidrocarbonetos (2x10 cm).
- ***Metal/Ca ratios in pockmarks and adjacent sediments on the SW Atlantic slope: Implications for redox potential and modern seepage*** (SANTOS *et al.*, 2018), estudo desenvolvido em parceria entre quatro institutos de pesquisa, dois deles nacionais – Instituto Oceanográfico e Instituto de Energia e Ambiente da USP – com o objetivo de avaliar as diferenças entre as condições redox dentro e fora de pockmarks, e buscar por evidências de infiltração dentro dos pockmarks através de razões metal/cálcio, e seus fatores de enriquecimento (EFs) correspondentes. Em total foram amostradas 13 estações, com o uso de box-corer, no talude continental da Baía de Santos, em profundidades entre 402 e 747 m.
- ***Deep pockmarks as natural sediment traps: a case study from southern Santos Basin (SW Atlantic upper slope)*** (RAMOS *et al.*, 2019), estudo desenvolvido em parceria entre quatro institutos de pesquisa, dois deles nacionais – Instituto Oceanográfico e Instituto de Energia e Ambiente da USP – com o objetivo de comparar a deposição de sedimentos na Baía de Santos, em pockmarks profundos e em seus arredores, bem como com os exemplos de pequena escala relatados na literatura, a fim de avaliar o papel dos pockmarks como armadilhas de sedimentos. Neste estudo foram analisadas as mesmas amostras descritas por SANTOS *et al.* (2018), porém com apresentação de resultados adicionais de metais e granulometria. Em total foram amostradas 13 estações, com o uso de box-corer, no talude continental da Baía de Santos, em profundidades entre 402 e 747 m (SANTOS *et al.*, 2018).

As tabelas a seguir sintetizam as contribuições destes dados secundários para as comparações diretas com os resultados obtidos no Bloco BM-S-40 por este PCA, indicando a referência considerada em cada caso, tanto com relação à qualidade da água (**Tabela 9**) quanto à qualidade do sedimento (**Tabela 10**), seguidas, respectivamente, de figura espacializando as estações amostrais dessas referências consideradas em relação à localização do Bloco BM-S-40 (**Figura 31 e Figura 32**, respectivamente).

**Tabela 9:** Referências consideradas para as comparações diretas com os resultados de qualidade da água obtidos no Bloco BM-S-40, por parâmetro contemplado na literatura, sendo: OD=oxigênio dissolvido, pH=potencial hidrogeniônico, MPS=material particulado em suspensão, TSD=total de sólidos dissolvidos, ST=sólidos totais, COT=carbono orgânico total; NT=nitrogênio total, PT=fósforo total, HTP hidrocarbonetos totais de petróleo e HPA=hidrocarbonetos poliaromáticos. (\* exceto nas campanhas C4 e C5)

Projeto/ Programa	especificação (campanha/ área/ estrato/isóbata)	referência	parâmetros (qualidade da água)																			
			OD	pH	MPS	TSD	ST	COT	nitrito	nitrato	amônia	NT	fosfatos	PT	silicato	HTP total	Σ 16 HPA	fenóis	BTEX	Sulfetos	clorofila_a	Feofitina_a
3 Bacias	B. Santos (≥1000 m)	AS/PEG (2003a)	X	X	X	X			X	X	X		X	X	X	X	X				X	X
PMA Campo Mexilhão	B. Santos (< 50 m)	PETROBRAS/BOURSCHEID (2020)	X	X	X			X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X
PMA Campos Baúna e Piracaba	Bloco BM-S-40, B. Santos (< 200 m) 8 campanhas (C1 a C8)	PETROBRAS/BOURSCHEID (2014 a 2019)	X	X	X			*X	X	X	*X			X	X	X	X	X	X	X	X	X



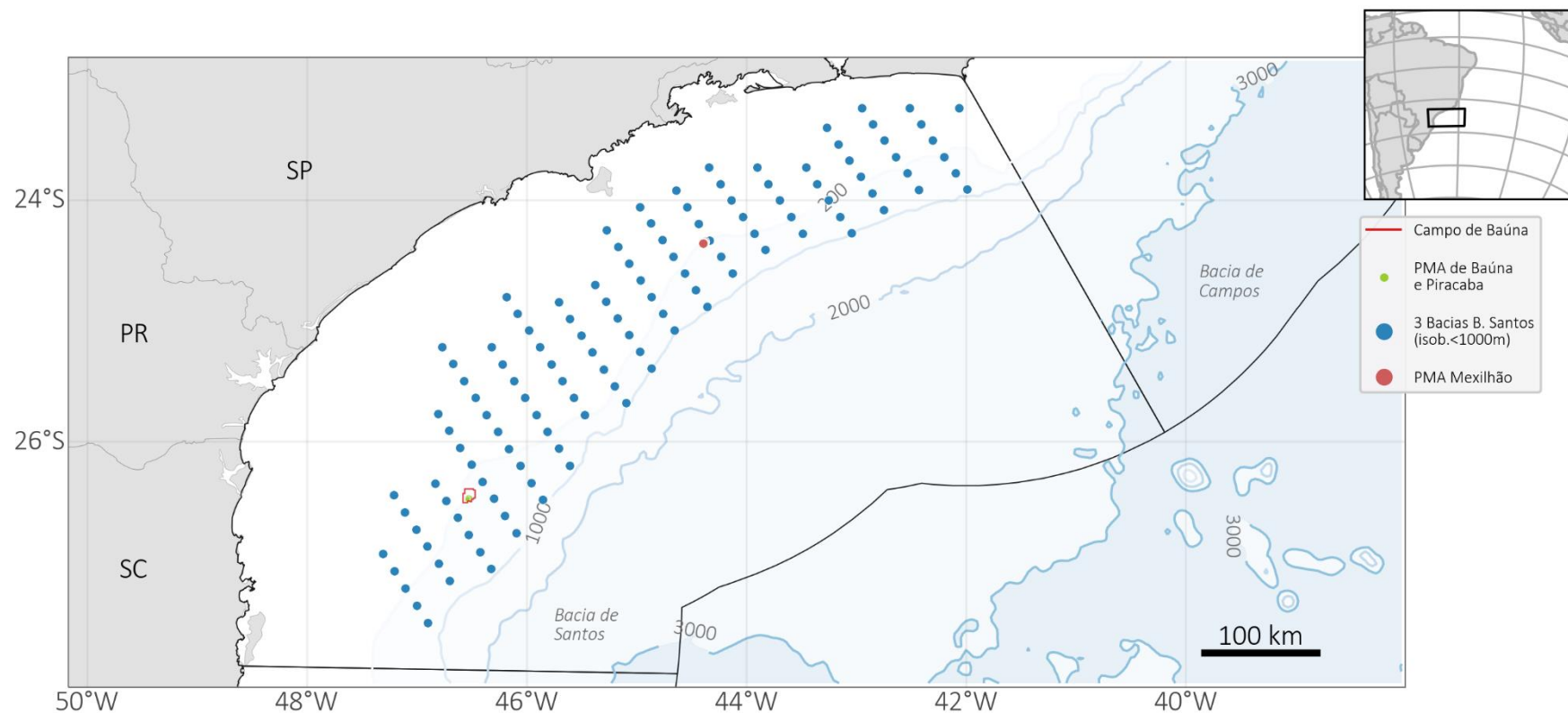
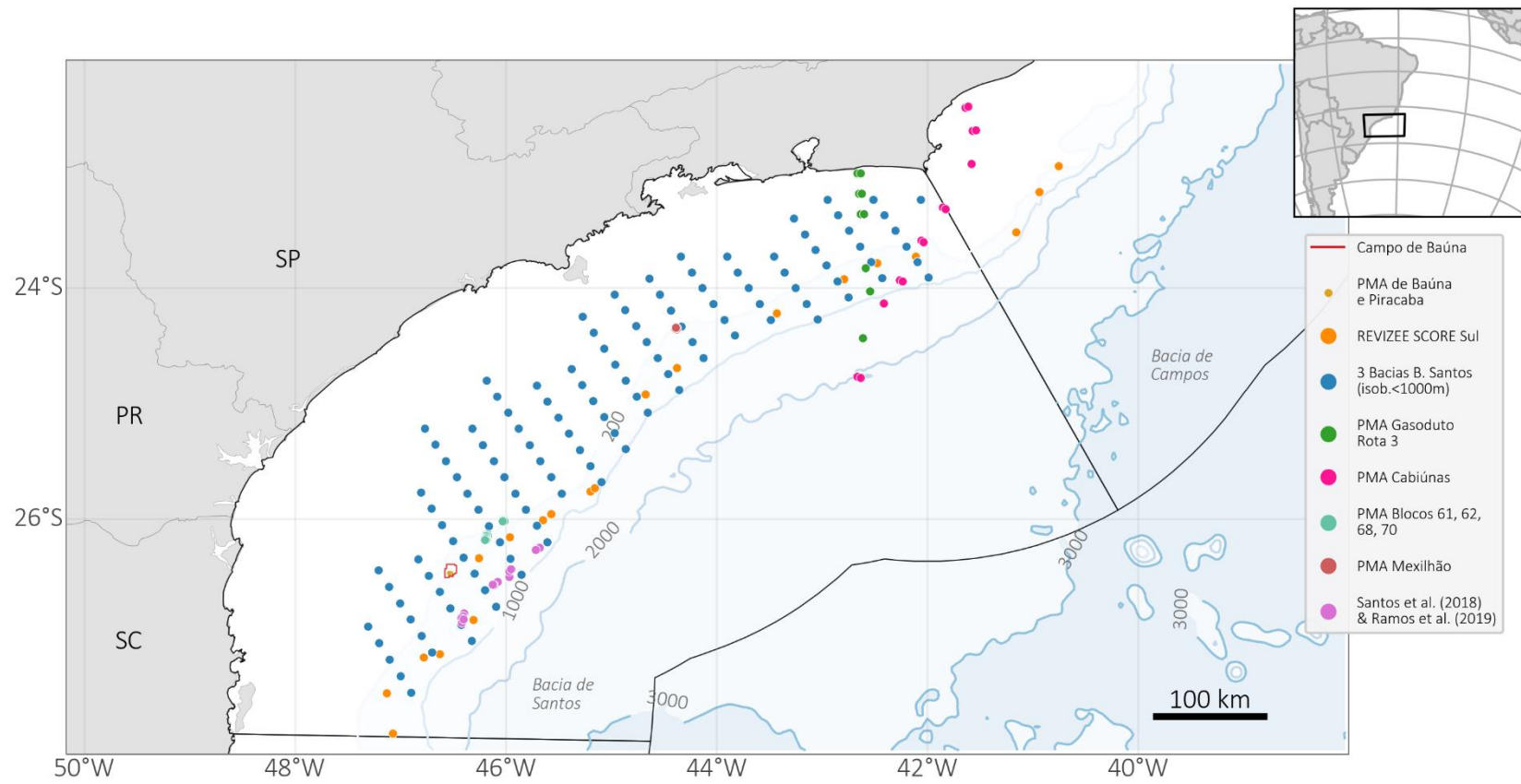


Figura 31: Distribuição ilustrativa das malhas amostrais das referências consideradas para comparações diretas com os resultados de qualidade da água obtidos no Bloco BM-S-40, Baía de Santos.



**Tabela 10:** Referências consideradas para as comparações diretas com os resultados de qualidade do sedimento obtidos no Bloco BM-S-40, por parâmetro contemplado na literatura, sendo: lama=silte+argila, MOT=matéria orgânica total, COT=carbono orgânico total; NT=nitrogênio total, PT=fósforo total, C:N=razão carbono: nitrogênio, C:P=razão carbono: fósforo, N:P=razão nitrogênio: fósforo, HTP hidrocarbonetos totais de petróleo e HPA=hidrocarbonetos policíclicos aromáticos.

Projeto/ Programa	especificação (campanha/ área/ estrato/isóbata)	referência	parâmetros (qualidade do sedimento)																								
			cascalho	Σ areias	lama	carbonatos	MOT	COT	NT	PT	Al	As	Ba	Cd	Pb	Cu	Cr	Sn	Fe	Mn	Mo	Hg	Ni	V	Zn	HTP	Σ 16 HPA
PMA BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70	B. Santos Fase I e II (pré e pós perfuração)	EKMAN/KAROON (2015)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3 Bacias	B. Santos (≥1000 m)	AS/PEG (2003a)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
PMAs Campos Baúna e Piracaba	Bloco BM-S-40, B. Santos (< 300 m) 8 campanhas (C1 a C8)	PETROBRAS/BOURSCHEID (2014 a 2019)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
PMA Campo de Mexilhão	B. Santos (>200 m)	PETROBRAS/BOURSCHEID (2020)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
PMA do Gasoduto Rota 3	B. Santos	PETROBRAS/BOURSCHEID (2018)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
REVIZEE	Score Sul	(FIGUEIREDO/TESSLER, 2004).		X	X	X																					
-	B. Santos	SANTOS <i>et al.</i> (2018)					X				X				X	X		X	X	X		X	X	X			
-	B. Santos	RAMOS <i>et al.</i> (2019)		X	X					X	X							X									
PMA Cabiúnas	B. Santos	PETROBRAS/BOURSCHEID (2017)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X



**Figura 32:** Distribuição ilustrativa das malhas amostrais das referências consideradas para comparações diretas com os resultados de qualidade do sedimento obtidos no Bloco BM-S-40.

#### 5.2.2.4.4. Relatórios Padronizados por Parâmetro

Para cada um dos parâmetros abióticos listados na **Tabela 6** (qualidade da água) e **Tabela 7** (qualidade do sedimento), foi gerado um relatório padronizado de duas páginas, com a apresentação tabelada dos resultados e gráficos de variação nesta campanha de caracterização ambiental e comparativos com a literatura disponível, conforme ilustrado em sequência. Na tabela (**Figura 33**), além de apresentados os dados brutos, são grifados os dados não enquadrados (células em cinza), uma análise matemática básica, com mínimo, mediana, máximo, média e desvio padrão (DP). Neste relatório padronizado na forma de tabela são também apresentadas informações adicionais sobre metodologia analítica e demais dados a ela associados.

#### Oxigênio Dissolvido (mg/L)

Diretriz norteadora:

CONAMA n°357/2005 (águas salinas classe 1)

PCA do Bloco BM-S-40 (B. Santos)

Período de amostragem : 21/02/2021 a 05/03/2021

		Profundidade de amostragem			Estatísticas - por estação				
		5 m	70 m	Próximo ao fundo	Mínimo	Mediana	Máximo	Média	DP
Estação	1	7.00	7.40	9.50	7.00	7.40	9.50	7.97	1.10
	2	6.50	6.20	8.60	6.20	6.50	8.60	7.10	1.07
	3	7.40	6.80	8.50	6.80	7.40	8.50	7.57	0.70
	4	7.60	7.70	7.10	7.10	7.60	7.70	7.47	0.26
	5	6.80	6.50	7.10	6.50	6.80	7.10	6.80	0.24
	6	7.50	7.90	8.40	7.50	7.90	8.40	7.93	0.37
Estatísticas - variação espacial	Mínimo	6.20			Metodologia analítica: medição direta in situ Limite de detecção: - Limite de quantificação: - Unidade: mg/L Laboratório responsável: -				
	Mediana	7.20							
	Máximo	9.50							
	Média	7.47							
	DP	0.69							

#### Observações:

Destques em cinza para dados não enquadrados.

Figura 33: Exemplo de relatório padronizado com dados apresentados na forma de tabela.

Os resultados de cada parâmetro são também apresentados na forma gráfica (**Figura 34**), composta por:

- Gráfico de barras agrupadas: Formado pelos resultados obtidos na presente campanha, com distinção entre camadas de profundidade/massas de água, em parâmetros referentes à qualidade da água (**Tabela 6**), ou entre réplicas, para aqueles referentes à qualidade do sedimento (**Tabela 7**). Há a presença do valor de referência da diretriz norteadora (quando existente).
- Gráfico de barras flutuantes: Comparação visual entre diferentes dados da literatura, barras flutuantes com valor mínimo, máximo e mediana (quando disponível), e os resultados obtidos na presente campanha (pontos), dividida por camadas de profundidade, em parâmetros referentes à qualidade da água (**Tabela 6**). Já para os parâmetros referentes à qualidade do sedimento (**Tabela 7**), os pontos correspondentes aos resultados da presente campanha foram

distribuídos verticalmente segundo o número de sua estação. Finalmente, o valor de referência da diretriz norteadora, também foi apresentado (quando definido). Dessa forma, é possível analisar os resultados obtidos no presente PCA com eficiência, permitindo um exame comparativo espacial, entre os dados da literatura delimitados para a área do entorno do Bloco BM-S-40, temporal, graças a variabilidade de períodos amostrados para a mesma região pelas diferentes referências bibliográficas, e norteador, já que é possível comparar os dados obtidos na presente campanha com diretrizes consolidadas nos meios nacional e internacional. Ainda, para os parâmetros referentes à qualidade da água, foi possível uma análise vertical, devido à distinção, em camadas de profundidade, entre os resultados do presente PCA e das referências bibliográficas consideradas.

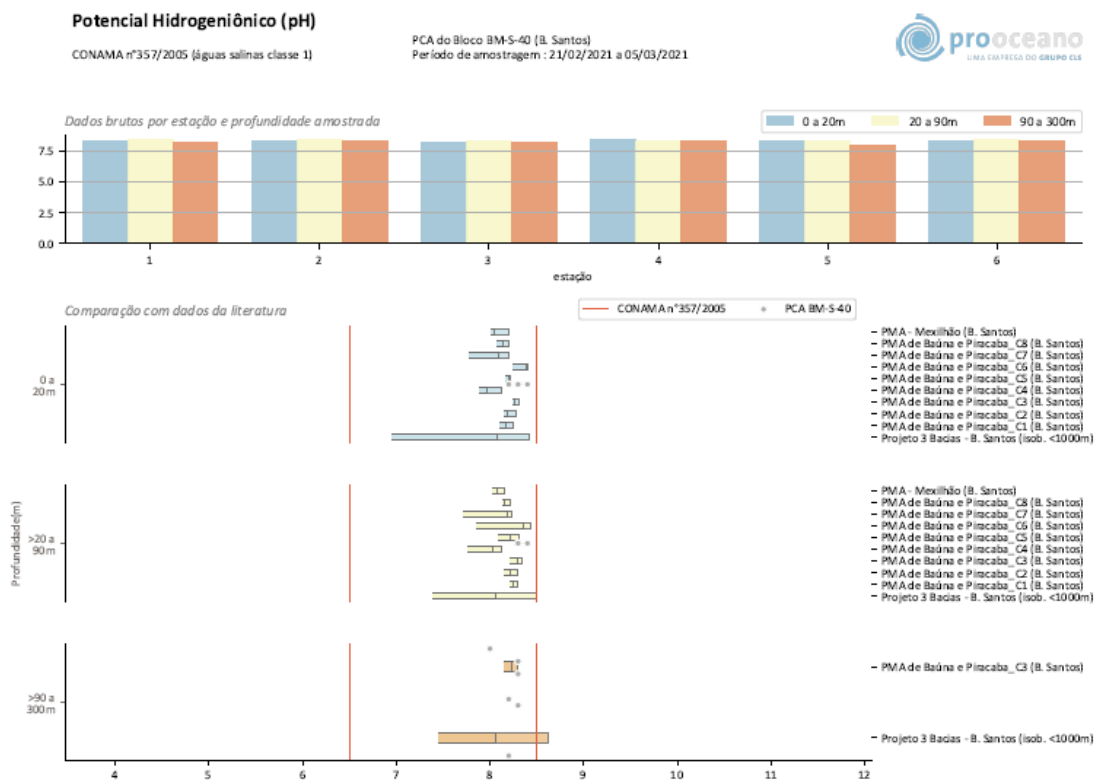


Figura 34: Exemplo de relatório padronizado com dados apresentados na forma gráfica.

Esses relatórios, padronizados por parâmetro são apresentados nos **Anexo XI\_C** e **Anexo XV\_C** deste relatório, para os dados abióticos de água e de sedimento, respectivamente.

#### 5.2.2.4.5. Análises Estatísticas

Os resultados quantitativos obtidos foram também analisados estatisticamente, com o objetivo de responder a algumas perguntas relacionadas à qualidade da água e biota associada (**Tabela 11**) e à qualidade do sedimento e biota associada (**Tabela 12**). Foram utilizadas diferentes análises estatísticas, algumas vezes, associadas:

- **Correlação de Pearson** – para verificar as correlações entre as variáveis são realizados plots selecionando cada variável uma contra a outra e as correlações são calculadas pelo coeficiente de correlação de Pearson entre todos os pares de variáveis. Com objetivo de melhorar as análises realizadas com os componentes da fauna, quando observadas alta correlação (>0,95) uma das variáveis foi retirada (CLARKE *et al.*, 2014).
- **Matriz de similaridade** – foram utilizadas duas matrizes de similaridade, uma para parâmetros abióticos, utilizando a Distância Euclidiana, e outra para os dados bióticos, utilizando a Distância Bray-Curtis.
- **Distância Euclidiana** – corresponde à distância natural entre duas estações no espaço. A distância euclidiana foi utilizada nos dados abióticos do sedimento e na análise de variância (ANOVA) quanto o teste foi aplicado a uma única variável. A distância euclidiana entre duas estações 'j' e 'k' pode ser definida de forma algébrica como:

$$d = \sqrt{\sum_{k=1}^n (p_{ik} - p_{jk})^2}$$

- **Distância Bray-Curtis** – é utilizada em dados bióticos devido à natureza dos dados (conter muitos zeros). Esse método de ordenação pode ser representado pela seguinte equação:

$$BC_{ij} = \sum \frac{|n_{ik} - n_{jk}|}{(n_{ik} + n_{jk})}$$

- **CLUSTER** – para compreender as distribuições das variáveis ambientais (abióticos) entre as diferentes estações e massas d'água foi realizada uma matriz de similaridade utilizando a Distância Euclidiana. Como é difícil visualizar padrões em uma matriz de similaridade principalmente em um número alto de amostras é conveniente usar uma forma gráfica que agrupe as estações que tem alto grau de similaridade. No gráfico Cluster as amostras são ordenadas por similaridade formando agrupamentos (Clusters), organizados de forma hierárquica até o menor nível de similaridade (CORMACK, 1971).
- **ANOVA/PERMANOVA** – Análise de Variância ou **ANOVA** é um procedimento usado para comparar a distribuição de três ou mais grupos em amostras independentes. Neste PCA do BM-S-40 foi utilizada uma análise de variância permutacional PERMANOVA, uma rotina para testar respostas simultâneas de uma ou mais variáveis em um ou mais fatores através de uma análise de variância (ANOVA), com base em uma matriz de similaridade com métodos permutacionais. É considerado um teste robusto e flexível para determinar as diferenças univariadas e multivariadas na variação de dados bióticos entre determinado fator. O teste relaciona os valores de F(pseudo-F) para aferir a dispersão dentro do grupo. (ANDERSON, 2008).
- **Análise dos Componentes Principais (PCA)** – é uma ferramenta muito útil para entender o quanto as variáveis são similares entre determinado fator estudado (no caso deste estudo,

fator ponto e massa d'água). Quando utilizadas análises multivariadas com elevado número de variáveis, as diferenças podem ser observadas de muitas formas e visualizadas em muitas dimensões (uma para cada variável analisada). Desta forma, análises de ordenação, tais como PCA, PCO e MDS, classificam dados de alta dimensionalidade para baixa, podendo os valores serem plotados em eixos de planos espaciais (2 ou 3 dimensões). A análise PCA classifica os principais componentes que melhor explicam as similaridades, em que os dois melhores resultados (duas dimensões) são plotados nos eixos x e y e visualizados no espaço, onde as distâncias entre as estações no plano correspondem às suas similaridades ou dissimilaridades (CHATFIELD & COLLINS, 1980). A análise PCA para dados ambientais (abióticos) também parte de uma matriz de similaridade construída a partir da Distância Euclidiana. É muito útil na análise de dados ambientais (abióticos) devido à natureza dos dados. No entanto, quando se trata de dados biológicos cuja matriz de dados contém muitos zeros, a análise PCO é mais recomendada.

- **Distance-based Linear Models (DISTLM) e Distance-based Redundancy Analysis (dbRDA)** – DISTLM é uma rotina para analisar e modelar as relações entre dados multivariados descritos como uma matriz de similaridade e uma ou mais variáveis preditoras. Para ecologia, a matriz de similaridade descreve as ( $D_i$ ) ou similaridades entre estações com base em um dado multivariado de espécie e abundância, e é de interesse relacionar essa matriz com uma ou mais variáveis ambientais mensuradas no mesmo local. A resposta do teste utiliza valores-p para explicar a relação significativa de uma ou mais variáveis com a fauna (LEGENDRE & ANDERSON, 1999). A análise de redundância (dbRDA) é utilizada para ordenar e visualizar o modelo fornecido na análise DISTLM, plotando a variação dos dados bióticos em um plano ordenado PCO e adicionando, em vetores, as variáveis preditoras da variabilidade observada (MCARDLE & ANDERSON, 2001).
- **Ordenação dos Componentes Principais (PCO)** – é de muitas formas análoga ao PCA, no entanto para representar os dados derivados da matriz de similaridade construída com índice de Bray-Curtis, o PCO é mais recomendado. A ordenação dos dados bióticos com índice de Bray-Curtis é em decorrência da natureza dos dados bióticos (quantidade de zeros na tabela). Desta forma nas análises onde as relações foram atribuídas à fauna, foi utilizada a análise PCO (GOWER, 1966).
- **Non-Metric Multidimensional Scaling (nMDS)** – é um método muito eficiente para representar as observações dos dados bióticos de forma integrada, plotando suas ( $D_i$ )similaridades com alto grau de precisão, o que pode ser mensurado através do stress. Desta forma, a representação das diferenças encontradas nas comunidades biológicas pode ser observada entre fatores previamente selecionados através de estações em um plano espacial. As distâncias observadas entre as estações revelam sua ( $D_i$ )similaridade, e o valor do stress, quanto mais próximo a zero, maior a confiabilidade dos resultados (CLARKE *et al.*, 2014).

Com o objetivo de analisar de maneira mais ampla e considerando conjuntamente os resultados dos principais parâmetros bióticos e abióticos encontrados tanto para água como para o sedimento, na Campanha de Caracterização Ambiental do Bloco BM-S-40, uma série de análises multivariadas foi

empregada. As análises escolhidas foram elaboradas de maneira a verificar se os valores observados entre os parâmetros ambientais (abióticos) e bióticos possuíam alguma significância estatística e diferenças espaciais.

#### 5.2.2.4.5.1. Qualidade da Água e Biota Associada

Foram obtidos resultados para cada uma das três profundidades em cada uma das seis estações amostradas, totalizando 12 valores, para cada uma das variáveis analisada na coluna d'água. As diferentes massas d'água identificadas foram Água de Mistura (AM), Água Tropical (AT) e Água Central do Atlântico Sul (ACAS). Já as variáveis analisadas (parâmetros) foram: temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, pH, transparência, sólidos dissolvidos, sólidos em suspensão, sólidos totais, carbono orgânico total, nitrogênio total, fósforo total, nitrito, nitrato, amônia, ortofosfato, silicato, sulfetos, hidrocarbonetos totais de petróleo (n-alcanos e MCNR) e poliaromáticos (prioritários e alquilados). Parâmetros não detectados/quantificados na totalidade das amostras analisadas, não foram considerados.

Devido ao fato de cada variável possuir sua unidade de medida específica, os dados foram primeiramente transformados ( $\log x+1$ ) e normalizados.

Para visualizar e analisar, de forma comparativa, as diferenças das variáveis abióticas da água entre os fatores espaciais analisados foi construído um PCA, onde a distância entre as estações plotadas na imagem representa sua similaridade ou dissimilaridade e os vetores correspondem à grandeza da variável que mais contribuiu com a sua posição no espaço plotado.

Para determinar a significância das diferenças observadas nas variáveis entre as estações amostrais e massas d'água foi realizada a análise de variância (ANOVA).

Para conhecer quais parâmetros ambientais melhor contribuíram com a variação observada entre a fauna foi aplicada a análise distLM. A análise de redundância e PCO foi utilizada para ilustrar a relação entre a principal variável definida pela distLM e as dissimilaridades e similaridades na estrutura da comunidade de planctônica entre as diferentes massas d'água e estações amostrais.

Os dados bióticos gerados foram analisados de forma multivariada, com o objetivo de identificar diferenças, tanto das variáveis abióticas quanto das variáveis bióticas, entre os fatores espaciais (estações e massas d'água). As correlações entre as variáveis abióticas foram realizadas através de correlação linear, efetuadas através do *Draftman plot*. A distribuição e agrupamentos foram observados através de Cluster e PCA, as análises de variância foram aferidas através da análise de variância (ANOVA) e as dispersões foram conferidas pelo valor de (F-statistic).

Para os dados bióticos foram construídas matrizes de similaridade utilizando o índice de Bray-curtis e plotados para observação da dissimilaridade através de nMDS. As diferenças foram conferidas pela análise de variância permanova e a dispersão verificada pela valores de (pseudo-F).

A relação entre as variáveis abióticas e as variáveis bióticas foram realizadas através das análises distLM e de redundância dbRDA e as dissimilaridades dos dados bióticos plotadas através dos parâmetros ordenados na análise PCO e as variáveis abióticas visualizadas por vetores de grandeza.

A **Tabela 11** sintetiza as perguntas elencadas para nortear a realização das análises estatísticas efetuadas para qualidade da água e biota, que serão devidamente respondidas como síntese da qualidade ambiental da água e biota associada.

**Tabela 11:** Perguntas elencadas para nortear a realização das análises estatísticas realizadas para qualidade da água e biota associada.

perguntas	componentes ambientais		universo amostral			estatística univariada		estatística multivariada			
	abiótico	biótico	n por profundidade	n por estação	parâmetros	ANOVA (F)	ANOVA (p)	correlação de Pearson	ANOVA	PCA	DistLM-dBRDA
Houve variação vertical significativa por parâmetro, e/ou conjunto de parâmetros?	X			3		X	X		X		
Houve variação espacial significativa na área do bloco?	X		6			X	X		X		
Houve correlação significativa entre parâmetros abióticos?	X				20			X			
Quais as correlações significativas entre parâmetros por massa d'água?	X	X	6	3	20			X		X	X
Quais correlações significativas entre parâmetros na área do bloco?	X	X	6	3	20			X		X	X

#### 5.2.2.4.5.2. Qualidade do Sedimento e Biota Associada

Para a análise do sedimento foram utilizados os parâmetros granulométricos Areia Grossa, Areia Muito Grossa, Areia Média, Areia Fina, Areia Muito fina, Silte, Argila, concentrações de Matéria Orgânica, Carbono Orgânico, Carbonatos Hidrocarbonetos Totais de Petróleo (HTP) e Alcanos, além das concentrações de metais Al, Sb, As, Ba, Be, Cd, Pb, Co, Cu, Cr, Sn, Fe, Mn, Hg, Mo, Ni, Ag, Se, Tl, V e Zn. Parâmetros com valores abaixo do nível de detecção não foram utilizados nas análises.

Métodos estatísticos univariados e multivariados foram utilizados para a análise dos dados da meiofauna e da macrofauna. Como descritores da fauna bêntica foram utilizados o número de espécies ou táxons, densidade e diversidade. Os Nematoda (grupo dominante da meiofauna) foram ainda classificados de acordo com os grupos tróficos, como sugerido por WIESER (1953), em detritívoros seletivos (1A), detritívoros não seletivos (1B), organismos que se alimentam no epistrato (2A) e predadores/onívoros (2B). A significância das diferenças destes descritores univariados foi avaliado através de uma análise de variância permutacional (PERMANOVA; ANDERSON *et al.*, 2008). Para as análises de variância foram estabelecidos como fatores fixos estações de coleta. A



PERMANOVA dos dados univariados foi mensurada sobre a matriz de similaridade calculada por meio do coeficiente de distância euclidiana e o número de permutações de 9999.

Métodos estatísticos multivariados seguiram a análise univariada. Os métodos multivariados são caracterizados pelo fato de permitirem comparações entre amostras com base na composição de espécies, e uma grandeza de abundância comparável. Para a fauna foi construída uma matriz de similaridade utilizando-se o índice de Bray-Curtis. Os dados da macrofauna benthica foram ordenados e visualizados através da análise de escalonamento multidimensional (“Multidimensional Scaling Ordination”, CLARKE & GREEN, 1988). A plotagem dos dados pelo MDS permite a visualização das amostras no espaço, onde a distância entre uma amostra e outra corresponde a suas dissimilaridades. A fidelidade da análise de proximidade é avaliada através do valor de stress, quanto menor o stress, maior a representatividade da plotagem dos dados pelo MDS.

Já para os dados abióticos do sedimento foi verificada significância das diferenças destes descritores entre as estações (PERMANOVA) mensurada sobre a matriz de similaridade para cada variável abiótica e calculada por meio do coeficiente de distância euclidiana e o número de permutações de 9999.

Buscando determinar a inter-relação entre a estrutura multivariada da fauna e combinação de variáveis do sedimento, foi aplicado o teste DistLM e a análise de redundância DbrDA. Os resultados foram plotados através da análise dos componentes ordenados (PCO).

A **Tabela 12** sintetiza as perguntas elencadas para nortear a realização das análises estatísticas realizadas para qualidade do sedimento e biota, que serão devidamente respondidas como síntese da qualidade ambiental do sedimento e biota associada.

**Tabela 12:** Perguntas elencadas para nortear a realização das análises estatísticas realizadas para qualidade do sedimento e biota associada.

perguntas	componentes ambientais		universo amostral			estatística univariada		estatística multivariada			
	abiótico	biótico	n por profundidade	n por estação	parâmetros	ANOVA (F)	ANOVA (p)	correlação de Pearson	PERMANOVA	PCO	nMDS
Houve variação espacial significativa na área do bloco, considerando as estações de caracterização ambiental?	X		6			X	X		X		
Quais correlações significativas entre parâmetros na área do bloco?	X	X	6	3	36			X		X	X

## 6. Resultados e Discussão

## 6.1. Mapeamento e Imageamento do Fundo

Foram gerados mapas de batimetria e de amplitude (**Anexo III**), indicando a existência de áreas com maior probabilidade de ocorrência de ambientes biogênicos no Bloco BM-S-40.

As imagens registradas através das filmagens realizadas no entorno de todas as estações pré-definidas e nas áreas definidas na fase 1 - Mapeamento, caracterizadas pelo presente projeto, representativas de toda a área do Bloco BM-S-40, são analisadas e discutidas, por afinidade temática, no item 6.2.3.8, referente à Fauna Bêntica.

Como podemos observar na **Figura 35**, as imagens e amostragens realizadas dentro da área do bloco não interceptam ou estão próximas das feições identificadas nos atributos sísmicos (*pockmarks* e altos fundos), todavia evidenciam um fundo monótono e de sedimentos finos nas áreas imageadas. A morfologia suavizada do bloco também não indica a ocorrência de grandes estruturas que possam ser interpretadas como bancos biogênicos de maior extensão, ao contrário de algumas banquisas de corais de águas frias que ocorrem em diversos locais da margem brasileira, incluindo a Bacia de Santos (BARBOSA *et al.*, 2020). Nesse sentido, a avaliação dos atributos sísmicos (amplitude, fase, frequência instantânea, intensidade de reflexão e variância) corrobora essa análise, não ressaltando anomalias de relevo além das que foram facilmente identificadas de forma visual na batimetria. A sudoeste, a feição mais proeminente (localizada fora do bloco) pode estar relacionada a um afloramento, ou quase afloramento, de um diápiro<sup>3</sup> salino uma vez que essa região se encontra dentro da área de influência da halocinese<sup>4</sup> na bacia, a leste da Charneira de Santos (GARCIA *et al.*, 2012; GOMES *et al.*, 2020). A ocorrência dessa feição e de possíveis *pockmarks* reforçaria a possibilidade de ocorrência de falhamentos superficiais e consequente escape de fluidos na área do Bloco BM-S-40, ocorrido em algum momento da história geológica da bacia.

---

<sup>3</sup> **Diápiro**: Domo no qual as rochas sobrepostas foram rompidas pela injeção ou intrusão de material de natureza plástica ascendente, que compõe seu núcleo.

<sup>4</sup> **Halocinese**: Ascensão de corpos salinos, originados em depósitos evaporíticos, penetrando e deformando camadas de rochas mais densas acima e produzindo estruturas dômicas de grande interesse na exploração petrolífera.

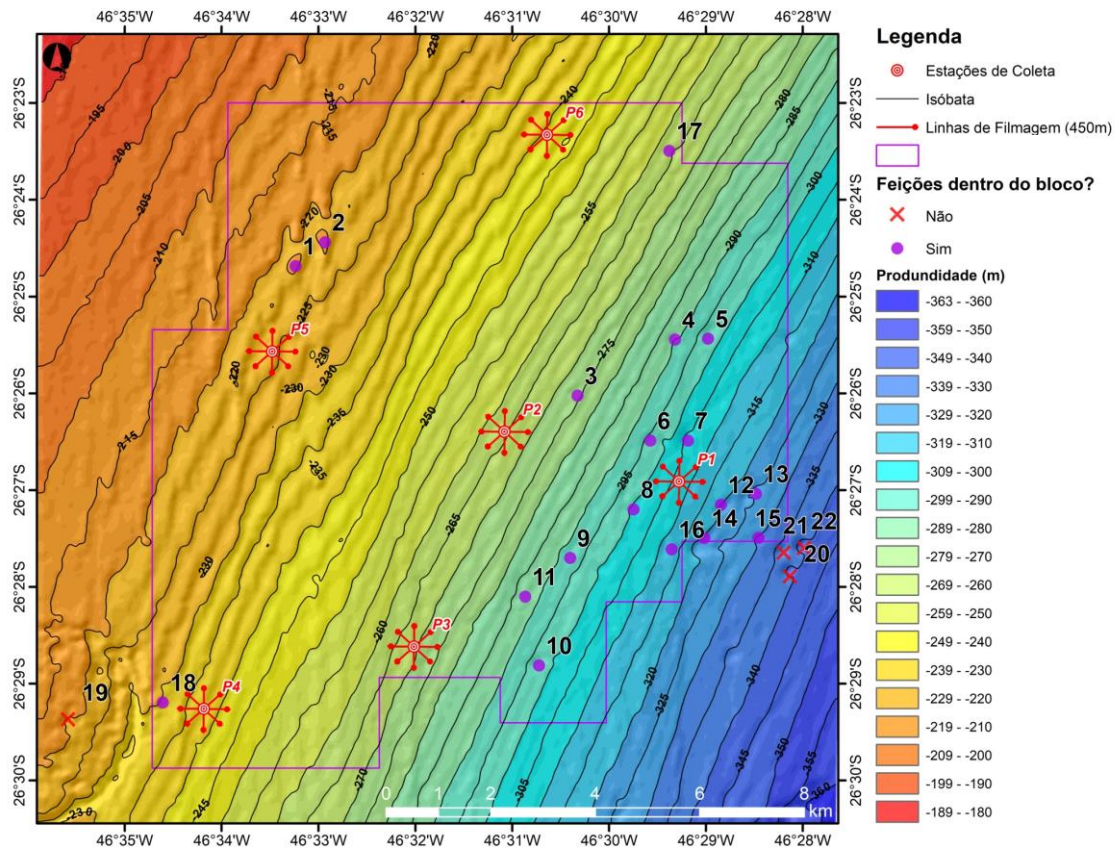


Figura 35: Feições de fundo identificadas no Bloco BM-S-40, incluindo as estações de coleta e linhas de filmagem de fundo.

Em atenção às diretrizes da Nota Técnica Nº 1/2019/COEXP/CGMAC/DILIC, não devem ser realizadas amostragens em locais onde tivesse sido identificada a presença de estruturas biogênicas através dos esforços de imageamento. Segundo esta NT, “Verificada a ocorrência de corais ou comunidades quimiossintetizantes, a posição da estação poderá ser alterada para uma localização próxima, sem necessidade de autorização prévia do Ibama”. Nas filmagens do imageamento realizadas em todas as estações e áreas selecionadas não foram verificadas a ocorrência de bancos biogênicos.

## 6.2. Qualidade da Água e do Sedimento e Biotas Associadas

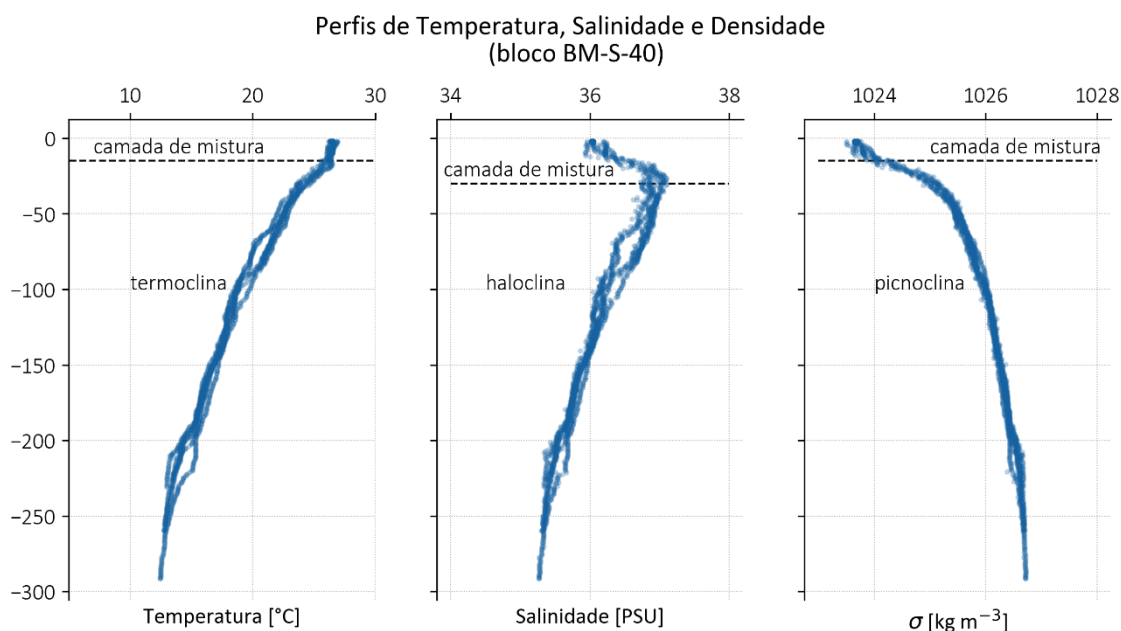
### 6.2.1. Oceanografia (CTD)

As 6 estações perfiladas nesta campanha estão localizadas em áreas rasas da plataforma continental e em profundidades até 300 metros.

Os valores de temperatura da água apresentaram um gradiente decrescente de acordo com a profundidade, sendo esse mais brusco entre a faixa de 14 a 247 m. Os valores de salinidade, por sua vez, também variaram ao longo da profundidade, porém o gradiente mais acentuado se inicia um pouco mais ao fundo (Figura 36). Essa faixa que corresponde à uma variação máxima na

temperatura, chamada termoclina, separa as águas superficiais da camada de mistura das massas de água mais profundas, e possui grande importância na distribuição dos organismos aquáticos funcionando como uma barreira para eles. Geralmente a termoclina coincide com a haloclina e picnoclina, que representam as camadas de variação máxima para salinidade e densidade da água. No presente PCA o início da termoclina - e da picnoclina foi observado no intervalo entre 10 e 18 metros, respectivamente. Enquanto a haloclina ocorreu dentro da faixa de 25 a 60 metros, se estendendo até a profundidade máxima de ~250 metros.

Os valores médios de profundidade, temperatura, salinidade e densidade iniciais e finais da termoclina, haloclina - e picnoclina estão apresentados na **Tabela 13**. Vale ressaltar que os valores finais estão relacionados com a profundidade média final das amostragens.



**Figura 36:** Perfis verticais de temperatura, salinidade e densidade de todas as 6 coletas realizadas no bloco BM-S-40.

**Tabela 13:** Profundidades e temperaturas iniciais aproximadas da termoclina, haloclina e picnoclina e finais considerando as perfilagens.

Termoclina			
Profundidade Inicial [m]	Profundidade Final [m]	Temperatura Inicial [°C]	Temperatura Final [°C] (~250 m)
14,70	247,00	26,26	12,95
Haloclina			
Profundidade Inicial [m]	Profundidade Final [m]	Salinidade Inicial [PSU]	Salinidade Final [PSU] (~250 m)
42,50	247,00	36,95	35,33
Picnoclina			

Profundidade Inicial [m]	Profundidade Final [m]	Densidade Inicial [sigma kg m <sup>-3</sup> ]	Densidade Final [sigma kg m <sup>-3</sup> ] (~250 m)
13,30	247,00	1023,92	1026,66

Com relação à identificação das massas d'água, utilizou-se o gabarito proposto por SILVA *et al.* (1982). O resultado constatou a presença de 3 massas d'água nos dados amostrados, a dizer: a Água Tropical (AT); a Água de Mistura (AM) e a Água Central do Atlântico Sul (ACAS). A AT e a ACAS foram identificadas em todas as estações, enquanto a AM foi identificada somente nas estações 4 e 6.

O diagrama T-S resultante da campanha está apresentado na **Figura 37**. As faixas de profundidade, assim como os valores termohalinos das massas d'água identificadas estão descritos na **Tabela 14**, com base nos valores mínimos e máximos das perfilagens.

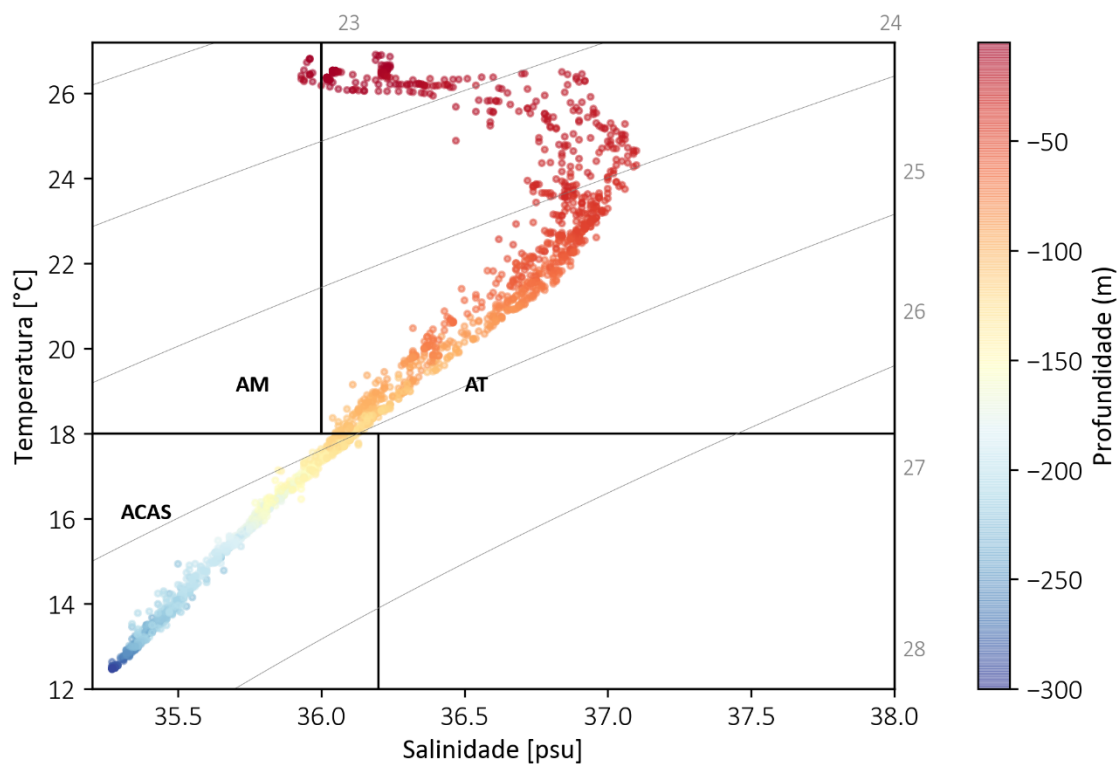


Figura 37: Diagrama T-S de todas as perfilagens realizadas.

Tabela 14: Caracterização dos limites termohalinos e das profundidades aproximadas das massas d'água identificadas no presente PCA e os existentes na literatura.

massas d'água	temperatura [°C]		salinidade [psu]		profundidade [m]	
	Bibliografia*	PCA BM-S-40	Bibliografia*	PCA BM-S-40	Bibliografia**	PCA BM-S-40
AT	>18,00	18,01-26,91	> 36,00	36,05 - 36,21	<200	2,00 – 128,00

AM	>18,00	26,19 - 26,82	33,00 - 36,00	35,96 – 36,00	<200	2,10 – 12,20
ACAS	5,00 - 18,00	12,47 – 18,00	34,00 – 36,20	35,27 - 36,11	150 - 500	112 – 293,30
AIA	2,75 - 5,00	-	34,00 – 34,50	-	700– 1100	-
APAN	2,00 – 4,00	-	34,70 – 35,00	-	1500– 3000	-

\*Segundo Silva *et al.* (1982).

\*\*Compilação de dados segundo Silva *et al.* (1982); Castro & Miranda (1998) e Silveira *et al.* (2000).

Conforme apresenta a **Tabela 14**, a AM se restringiu à camada superficial da coluna d'água, até aproximadamente 12 metros de profundidade. Por ser a massa d'água resultante da mistura da AT e da Água Costeira, é comumente encontrada na superfície, em contato com a atmosfera (SILVA *et al.*, 1982). A AT também foi identificada nas porções mais rasas da coluna d'água, atingindo até 128 metros de profundidade, em consonância com a literatura. Tal fato evidencia temperaturas maiores que 18°C até aproximadamente 130 metros e salinidades próximas a 36 PSU.

Subjacente à AT, coincidente com a picnoclina, encontra-se a ACAS entre 110 metros e a profundidade máxima de amostragem, que é próxima a profundidade local (~250 metros). Esse resultado está em conformidade com o esperado para a região (SILVEIRA *et al.*, 2000).

### 6.2.2. Qualidade da Água e Biota Associada

A qualidade da água e biota associada foi analisada nas 6 estações completas da **Malha de Caracterização Ambiental**, em 3 diferentes profundidades (5, 70 metros e próximo ao fundo) e nos arrastos de zooplâncton e ictioplâncton (nos 200 m superficiais da coluna d'água). Seus resultados são apresentados nos **Anexos XI e XII** (laudos, relatórios, inventários taxonômicos e planilhas de banco de dados), analisados e discutidos a seguir.

Todas as amostras previstas foram obtidas: 18 amostras de água analisadas para cada parâmetro previsto (6 estações em 3 profundidades) incluindo fitoplâncton, 6 amostras de zooplâncton (1 arrasto em cada uma das 6 estações) e 12 amostras de ictioplâncton (1 arrasto em cada uma das 6 estações, mas com duas redes em arranjo Bongô). A curadoria de amostras no campo e até a chegada aos laboratórios foi cumprida como devido e todas as análises previstas foram realizadas. Os limites de quantificação dos métodos analíticos utilizados foram adequados para avaliar o enquadramento das amostras quanto à diretriz norteadora que, no caso de qualidade da água, foi a CONAMA 357/2005. Outras diretrizes e referências foram consideradas apenas para a discussão dos resultados.

#### 6.2.2.1. OD e pH

A concentração de oxigênio dissolvido (OD) nas massas d'água pode variar de acordo com fatores físicos e biológicos. Trocas através do contato direto com atmosfera, variações na pressão atmosférica e temperatura ou mesmo atividade de organismos fotossintetizantes podem promover variações nas concentrações de OD na água (REDFIELD *et al.*, 1963; HAYWARD & MANTYLA, 1990; AIDAR *et al.*, 1993).



As concentrações de OD encontradas no Bloco BM-S-40 foram superiores a 6 mg/L, valor mínimo de referência indicado pela CONAMA 357/2005 para águas salinas de classe 1. Neste PCA foi possível identificar na maioria das estações o aumento das concentrações de OD com o aumento da profundidade (variação vertical significativa). Resultados semelhantes foram observados nas campanhas C1 e C7 dos Projeto de Monitoramento Ambiental no mesmo bloco (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2014a; PETROBRAS/BOURSCHEID, 2019c) assim como no PMA de Mexilhão (PETROBRAS / BOURSCHEID, 2020). Concentrações de OD menores que 6 mg/L foram observadas na campanha C4, todas no estrato ABTC (abaixo da termoclina) do PMA de Baúna e Piracaba e no Projeto 3 Bacias na profundidade de 10 m.

Variações no pH da água do mar podem ser causadas por modificações nas concentrações de CO<sub>2</sub>, devido às atividades de respiração, fotossíntese e trocas entre a atmosfera e o oceano, ou também pelo aumento das concentrações de formas de carbonato (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>), devido às precipitações (AMINOT & CHAUSSEPIED, 1983). PILSON (1998) citou como 8,2 o valor médio em águas marinhas superficiais. BRAGA & NIENCHESKI (2006) associaram as oscilações de pH a fenômenos de oxidação de matéria orgânica, produção primária e incorporação de CO<sub>2</sub> atmosférico pelo sistema marinho.

Neste PCA do bloco BM-S-40, foram registrados valores de pH entre 8 e 8,4, não ultrapassando os valores mínimo e máximo de referência (VMR) definidos pela CONAMA 357/2005 para águas salinas de classe 1 (variação entre 6,5 e 8,5), sem variação vertical significativa ou entre as estações na área do bloco. Esses resultados são condizentes com o esperado para essa região, como observado nos estudos selecionados para comparação (**Tabela 9**): nos Projetos de Monitoramento Ambiental (PMA) dos Campos Baúna e Piracaba, exceto nas campanhas C4, C6 e C7 que obtiveram resultados máximos abaixo de 8 e no PMA do Campo de Mexilhão.

#### 6.2.2.2. Sólidos Suspensos, Dissolvidos e Totais e Transparência

Os sólidos em suspensão são geralmente originados pelo carreamento de sedimentos continentais através de rios ou escoamento superficial, pelo lançamento de esgotos domésticos ou efluentes industriais ou pela ressuspensão das partículas sedimentares do fundo causada por perturbações naturais (ventos ou ondas) ou atividades antrópicas (MMA, 2002). As partículas em suspensão diminuem a transparência da água, o que pode afetar a produção primária fotossintética e, em última análise, os recursos pesqueiros de determinada área. Além disso, partículas presentes na água formam uma superfície de contato importante para trocas físico-químicas e biológicas com a água do mar (AMINOT & CHAUSSEPIED, 1983).

Os sólidos dissolvidos totais (TSD) são naturalmente encontrados nas águas devido ao desgaste das rochas por intemperismo. Grandes concentrações decorrem do lançamento de esgotos domésticos e despejos industriais (MMA, 2002). As variações de TSD normalmente estão relacionadas aos fatores climáticos, tais como temperatura, pluviosidade e ventos. Em regiões oceânicas, as concentrações de sólidos totais na superfície variam, geralmente, entre 0,5 e 5 mg/L (AMINOT & CHAUSSEPIED, 1983). HOBSON (1967) relatou valores de dezenas de miligramas por litro em profundidades maiores que 250 m no Oceano Pacífico Norte.



Nesta caracterização ambiental do Bloco BM-S-40 foram registradas concentrações de 0,04 a 1,43 mg/L de total de sólidos suspensos - TSS (também chamado de material particulado em suspensão - MPS), sem variação vertical significativa ou na área do bloco. De uma forma geral, esses resultados foram inferiores aos registrados pelos esforços selecionados para comparação (**Tabela 9**), sendo estes os Projetos de Monitoramento de Baúna e Piracaba (Bloco BM-S-40), exceto na campanha 4 que não foi detectado, e no Projeto 3 Bacias. No PMA de Mexilhão o valor máximo ficou abaixo dos resultados deste PCA (1,15 mg/L).

O total de sólidos dissolvidos (TDS) variou entre 28,71 e 39,74 g/L, com leve variação vertical, diminuindo conforme o aumento da profundidade. Mesma variação para sólidos totais, que corresponde ao somatório de TSS e TDS em cada amostra, dentro do esperado para a região.

A transparência da água, avaliada através do lançamento do Disco de Secchi, variou entre 21 e 29 m, o que é típico para regiões oceânicas.

#### 6.2.2.3. Carbono, Nitrogênio e Fósforo Totais

A água do mar contém material orgânico tanto sob a forma dissolvida como particulada, porém, usualmente, 89 % encontram-se na fração dissolvida sendo o restante encontrado na forma de detritos (11%) e de organismos (2%) (BAUMGARTEN *et al.*, 1996). A grande maioria do carbono orgânico dissolvido (COD) nos oceanos consiste em picoplâncton que subsiste metabolizando os menores fragmentos de detritos orgânicos e, principalmente, os compostos orgânicos dissolvidos. Estes compostos são originados pelo processo fotossintético realizado pelo fitoplâncton nos oceanos e sua composição é de ácidos orgânicos, vitaminas e açúcares (BROWN *et al.*, 1989). THURMAN (1985) salienta que o COD corresponde à fração mais reativa comparada ao carbono orgânico particulado (COP), por incluir compostos no estado dissolvido, enquanto o carbono particulado corresponderia a fragmentos animais e vegetais e matéria orgânica incorporada a siltes e argilas.

A Resolução CONAMA 357/2005 define 3 mg/L para o Carbono Orgânico Total (COT), que corresponde ao somatório de COD e COP, como VMR. As concentrações de COT neste PCA variaram de 1,30 a 2,53 mg/L, sem variação significativa vertical ou na área do bloco. Comparando com os dados pretéritos dos PMAs de Baúna e Piracaba, somente duas campanhas tiveram resultados acima da diretriz norteadora, campanha C3 em todas as profundidades analisadas e na C6 em profundidade intermediária (69 metros).

Os nutrientes, em especial o nitrogênio, no meio marinho, são fatores que limitam o crescimento da biomassa fitoplanctônica. O nitrogênio, o fósforo e a sílica compõem os macronutrientes necessários para as funções metabólicas realizadas pelo fitoplâncton. As razões entre as concentrações molares do nitrogênio, fósforo e silício na camada eufótica de águas marinhas e os processos determinantes do seu enriquecimento por esses elementos são capazes de induzir não somente alterações na densidade das comunidades fitoplanctônicas, como também dar subsídios para explicar a composição qualitativa dessas comunidades, a competição e a exclusão de algumas espécies (DUGDALE & HOLM-HANSEN, 1967; RYTHER & DUNSTAN, 1971; MANN, 1982). Comportam-se, portanto, de forma não conservativa, tendo dependência direta dos processos de demanda

biológica pela biomassa fitoplanctônica na zona eufótica e dos aportes devidos a processos físicos (advecção, intrusão de águas mais ricas), biológicos (regeneração), climáticos (chuvas e ventos) e de drenagem continental (AIDAR *et al.*, 1993).

As concentrações de nitrogênio total na água do mar variaram, neste PCA, entre 0,085 e 0,509 mg/L, sem variação entre as estações, mas com variação vertical entre as profundidades amostradas, com tendência a maiores concentrações na camada mais profunda, exceto na estação 5 que apresentou maior concentração na camada superficial, diminuindo conforme a profundidade. Não há VMR definido para nitrogênio total em águas marinhas. Não foi realizada essa análise nos projetos selecionadas para comparação.

O fósforo total, por sua vez, ocorreu em concentrações variando entre 0,002 e 0,030 mg/L, todas inferiores ao VMR estabelecido pela CONAMA 357/2005 (0,062 mg/L) e com variação vertical significativa (aumento das concentrações com a profundidade de amostragem).

#### 6.2.2.4. Nutrientes Inorgânicos Dissolvidos

Em águas oligotróficas, como o Atlântico Sul, os nutrientes dissolvidos, especialmente nitrato e fosfato, desempenham importante papel limitador aos processos de produção biológica (EKAU & KNOPPERNS, 1999; GAETA, 1999; REZENDE *et al.*, 2006). Desta forma, os processos de suprimento alóctone de nutrientes, seja por advecção de correntes, e o processo de remineralização, desempenham importante papel na manutenção dos processos produtivos na camada superior, especialmente em zonas tropicais. Nestas, a manutenção permanente da termoclina dificulta os processos de mistura vertical dos nutrientes dissolvidos da camada inferior, mais fria e rica em nutrientes, para a camada superior, limitada em nutrientes, iluminada e quente. Esta estrutura vertical regida pela temperatura, denominada de Estrutura Tropical Típica - ETT (*Typical Tropical Structure* – TTS) (MANN & LAZIER, 1991) determina, assim, o tipo de metabolismo biológico observado em cada profundidade na coluna d'água (SUZUKI *et al.*, 2017).

Os organismos convertem nitrogênio inorgânico em formas orgânicas. Suas três formas inorgânicas - os íons amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) - compõem o nitrogênio inorgânico dissolvido. A assimilação da fração inorgânica pelas algas inicia uma sequência de consumo da fração orgânica até a degradação da matéria pelas bactérias, disponibilizando os íons inorgânicos. Destaca-se que o nitrito corresponde à forma intermediária entre nitrogênio amoniacal e nitrato, aparecendo em menores concentrações no ambiente devido a sua instabilidade, enquanto o nitrato, forma mais oxidada, aparece em maiores concentrações no oceano, sendo a principal fonte de nitrogênio para o fitoplâncton.

É esperado que as concentrações de amônia sejam baixas, uma vez que este íon é uma forma reduzida de nitrogênio e, em sistemas aeróbicos, tende a se oxidar a nitrito e depois a nitrato, através do ciclo do nitrogênio, principalmente, nas camadas superiores. Segundo NIENCHESKI *et al.* (1999), a não detecção de nitrogênio amoniacal é um padrão de resultados comum para as regiões oceânicas na costa brasileira. Neste PCA, as concentrações de amônia variaram entre os valores 0,002 mg/L e 0,004 mg/L, bastante abaixo do VMR de 0,40 mg/L definido pela CONAMA 357/2005 e

próximas ao padrão de resultados comum para as regiões oceânicas da costa brasileira. Esses resultados são compatíveis a maioria das referências consideradas para comparação (**Tabela 9**). Nas campanhas de Baúna e Piracaba, apenas na última campanha (C8) não foi detectada concentrações de amônia, enquanto nas outras os valores variaram entre não detectado e 0,108 mg/L.

Em oceano aberto, as concentrações de nitrito e de outros nutrientes podem ser muito baixas, podendo ser observado, no entanto, um aumento em águas mais costeiras (AMINOT & CHAUSSEPIED, 1983). As concentrações de nitrito variaram, neste PCA, entre a não detecção (<0,0009 mg/L) e 0,003 mg/L, valor abaixo do VMR da CONAMA 357/2005 igual a 0,07 mg/L. Além disso, não foram registradas variações estatisticamente significativas entre profundidades ou entre estações, padrão semelhante ao observador em estudos anteriores.

As concentrações de nitrato, por sua vez, demonstraram estratificação vertical clara, com aumento significativo em camadas mais profundas, variando entre 0,010 e 0,050 mg/L na superfície e entre 0,020 e 0,051 mg/L no estrato 70 metros. Os valores registrados estiveram abaixo do VMR definido pela CONAMA 357/2005 (0,40 mg/L). Na camada mais profunda as concentrações de nitrato ultrapassaram o VMR em metade das estações, variando entre 0,366 e 0,753. No PMA de Baúna e Piracaba, 3 campanhas não detectaram esse nutriente (C1, C2 e C3), 4 campanhas mantiveram o resultado abaixo dos valores definidos pela CONAMA e apenas uma campanha (C6) apresentou resultado um pouco acima da diretriz norteadora (0,66 mg/L) no estrato acima da termoclina. Entre os nutrientes nitrogenados, o nitrato é considerado limitante para a produção primária nos ecossistemas oceânicos (RILEY & CHESTER, 1971; CHESTER, 1993; CONKRIGHT *et al.*, 2000). Em regiões oligotróficas, como a região de estudo, a concentração superficial de nitrato tende a ser muito baixa (MASSERINI & FANNING, 2000).

Quanto ao fósforo, destaca-se que sua distribuição no oceano é controlada por processos biológicos e físicos. Em superfície ele é consumido pelo fitoplâncton como  $PO_4^{3-}$  durante a fotossíntese (fração inorgânica), sendo convertido em P-orgânico. O fitoplâncton é consumido pelo zooplâncton e o material não assimilado por esses organismos é perdido em pelotas fecais, contendo P-orgânico. Ao morrer, os organismos vão para o fundo e liberam compostos fosforados para a água. Todas as formas ou frações de fosfato são importantes, no entanto, o fosfato inorgânico dissolvido (ou ortofosfato, ou fosfato reativo, ou P-orto) é o mais importante por ser a principal forma de fósforo assimilada pelos vegetais aquáticos.

Assim como o fosfato, o silicato também possui suas principais fontes nos continentes e nos sedimentos. Normalmente, as concentrações de silicato aumentam da superfície para o fundo e em regiões próximas aos continentes e ilhas. O silicato é um nutriente particularmente importante para diatomáceas e sua limitação pode levar a uma queda significativa da produção primária. RAYMONT (1980) mencionou que o ciclo de utilização e regeneração da sílica é relativamente simples, envolvendo a produção e subsequente mineralização das formas orgânicas, destacando que a maior parte do ciclo da sílica envolve somente as formas inorgânicas.

Ortofosfatos e silicatos também apresentaram estratificação vertical significativa com aumento das concentrações com o aumento da profundidade. As concentrações de ortofosfatos variaram entre

não detectado e 0,001 mg/L na superfície e entre 0,003 e 0,007 mg/L no fundo. Portanto todos os resultados ficaram abaixo do estabelecido pelo VMR da CONAMA 357/2005 (0,032 mg/L). No Projeto 3 Bacias ocorreram valores acima da CONAMA, variando de 0,09 mg/L na superfície até 0,13 mg/L em 200 metros de profundidade. As concentrações de silicatos neste PCA variaram entre não detectado e 0,24 mg/L. No PMA de Baúna e Piracaba, 2 campanhas não detectaram esse nutriente (C1 e C8), 3 campanhas ficaram abaixo dos resultados desse PCA (C4, C5 e C6) com valor máximo de 0,17 mg/L e o restante ficou acima com valores máximos entre 0,36 e 2 mg/L (C2, C3 e C7). No PMA de Mexilhão, não foi detectado silicatos (LD= 0,05 mg/L) em nenhuma das estações.

#### 6.2.2.5. Sulfetos

O enxofre na água pode ser encontrado como enxofre molecular (S); íon sulfeto ( $S^{2-}$ ); íon sulfato ( $SO_4$ ); íon sulfito ( $SO_3$ ); gás sulfídrico ( $H_2S$ ); dióxido de enxofre ( $SO_2$ ); ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) e como FeS nas formas associadas ao metal (LACERDA *et al.*, 2013). Em meio aquático aeróbio, o enxofre é mineralizado como sulfato ( $SO_4$ ), sendo esta a forma mais comum de enxofre encontrada na água e o segundo íon mais abundante depois do cloreto (UENO, 2014). Os sulfetos chegam até os oceanos a partir do escoamento de rios, ou através de pequenas contribuições de vulcanismo (CANFIELD, 2004). Em água salgada, as concentrações de sulfato são de cerca de 2710 mg/L (DREVER, 1982 *apud* SADIQ, 1992; PARKER, 1972 *apud* SADIQ, 1992; RILEY & SHIRROW, 1975 *apud* SADIQ, 1992), onde o sulfato pode representar cerca de 8% dos sais dissolvidos (BAUMGARTEN *et al.*, 2010). Os sulfetos são íons associados à degradação da matéria orgânica. Em ambientes com reduzidos teores de oxigênio dissolvido (SEGUI, 2009) são considerados de grande potencial tóxico e, geralmente, estão associados a campos de petróleo, gás natural e refinarias (MANIER *et al.*, 2007). Na presença de oxigênio, o sulfeto é instável, sendo rapidamente oxidado a sulfato em ambientes aeróbicos. SAVOIE & PROSPERO (1989) enfatizaram que a inexistência de séries temporais com a concentração de enxofre no ar e na água do mar torna difícil avaliar quais são as principais fontes de sulfatos em águas oceânicas, ou seja, se são originários da atividade biológica ou derivados de atividades humanas.

O método utilizado para análise de sulfetos determina o teor total de sulfetos, que equivale ao somatório das concentrações de  $HS^-$  (íon sulfídrico),  $S^{2-}$  e  $H_2S$  presentes na amostra. O teor de  $H_2S$  pode ser estimado a partir de cálculos de equilíbrio, considerando o pH do meio. Para águas salinas com pH na faixa de 8, a concentração de  $H_2S$  corresponde a 10% do sulfeto total (APHA, 1998 *apud* PETROBRAS, 2001). A CONAMA 357/2005 define 0,002 mg/L como VMR para sulfetos ( $H_2S$  não dissociado) em águas salinas classe 1. Neste PCA, sulfetos não foram detectados (LD < 0,0020 mg/L) em nenhuma das amostras analisadas. No PMA de Baúna e Piracaba foi detectado sulfetos com valores que variaram de 0,011 e 0,03 mg/L, em apenas uma campanha (C7).

#### 6.2.2.6. Hidrocarbonetos Totais de Petróleo (HTPs)

Hidrocarbonetos são os constituintes majoritários do petróleo e, por essa razão, são considerados contaminantes potenciais em áreas de exploração e produção, assim como em áreas de tratamento, transporte e transferência do óleo. Outra fonte potencial é a queima de petróleo, seus derivados e de matéria orgânica não fóssil, que produz emissões de hidrocarbonetos, as quais são transportadas

ao oceano através da atmosfera (NRC, 1985; GESAMP, 1993; BOULOUBASSI *et al.*, 2001; READMAN *et al.*, 2002; DACHS *et al.*, 1999).

Os hidrocarbonetos do petróleo compreendem os n-alcenos, os isoalcenos, os cicloalcenos e os aromáticos. Dentre os compostos aromáticos, a maioria é formada por monoaromáticos: benzeno, tolueno e outros alquilbenzenos (UNEP, 1991), sendo estes conhecidos como hidrocarbonetos resolvidos de petróleo (HRP). Petróleo também contém uma mistura complexa de alcenos ramificados e cíclicos que, normalmente, não são encontrados em organismos. Essa mistura complexa não é separada cromatograficamente e, portanto, é denominada mistura complexa não resolvida (MCNR). A presença e a quantidade de MCNR em amostras ambientais podem indicar a contaminação por petróleo (KENNICUTT II, 1995; ELIAS, 2000).

Os hidrocarbonetos apresentam baixa solubilidade na água, assim a sua distribuição está associada preferencialmente ao material particulado em suspensão (WAGENER *et al.*, 2017a). Embora os hidrocarbonetos estejam distribuídos amplamente nos ambientes marinho e terrestre, devido às suas diversas fontes, existem formas de reconhecer e diferenciar aqueles de origem petrogênica (que podem ser de origem natural e antropogênica) e os de origem biogênica (ELIAS, 2000). Pode-se citar, como fontes naturais de hidrocarbonetos no oceano, a síntese biogênica de organismos marinhos e/ou terrestres, a erosão continental, incêndios florestais e a exsudação de petróleo através de falhas no assoalho oceânico (GESAMP, 1993).

LAW (1981) citou que amostras com concentrações abaixo de 1,0 µg/L representariam regiões sem contribuição antropogênica de hidrocarbonetos de petróleo; enquanto amostras entre 1,0 e 2,0 µg/L indicariam a existência de alguma ação antropogênica e amostras acima de 2,0 µg/L indicariam regiões afetadas, devido à introdução de hidrocarbonetos de petróleo.

Hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP) não foram detectados em nenhuma das amostras deste PCA (LQ < 175 µg/L), assim como ocorreu na maioria dos resultados registrados nas referências selecionadas (medianas máximas de HTP em torno de 12 µg/L). No entanto, no Projeto 3 Bacias, as concentrações máximas de HTP foram bastante mais elevadas, que os indicativos sugeridos por LAW (1981), com valores máximos de 2706 e 2958 µg/L (subsúrfície e entre 20 e 230m, respectivamente). Nos Projetos de Monitoramento Ambiental de Baúna e Piracaba apenas 2 valores estiveram acima do limite de contaminação, um deles na C3, com o valor de 119 µg/L no estrato acima da termoclina, e outro na C4 com o valor de 736,25 µg/L no estrato superfície.

#### 6.2.2.7. Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs)

Dentre os compostos aromáticos, os HPAs encontrados em amostras ambientais podem ser de origem biogênica, fontes naturais ou de origem antropogênica. Os de origem biogênica e outras fontes naturais incluem os processos de biossíntese e degradação, combustão natural de florestas (ELIAS *et al.*, 1999; SIMONEIT *et al.*, 1991) e exsudação natural de petróleo (KENNICUTT II *et al.*, 1994; ELIAS, 1998). Já as principais fontes antropogênicas, segundo ELIAS *et al.* (2001) e SIMONEIT & ELIAS (2001), estão relacionadas à deposição atmosférica (oriunda de queimadas intencionais ou combustão incompleta de combustíveis fósseis), derrames de óleo ou derivados, lançamento de

dejetos de lastro de navio contaminados com óleo e derivados, efluentes industriais, esgoto urbano, e escoamento de águas pluviais e efluentes ligados à exploração e produção de petróleo (NRC, 1985; KENNISH, 1997; ELIAS, 1998).

Devido ao impacto ambiental e à toxicidade elevada, os HPAs são considerados parâmetros muito importantes na detecção de poluição ambiental por óleo. Os *fingerprints* de compostos aromáticos têm se mostrado bastante úteis para análises de resíduos de óleo. A distribuição de HPAs alquilados vem sendo reportada em estudos como indicadores do destino do óleo no meio ambiente e como marcadores da fonte do derrame ou do óleo contido nos sedimentos (WANG & FINGAS, 1997).

A Agência de Proteção Ambiental Norte Americana (EPA) definiu 16 compostos, dentre os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA), como prioritários para análise: naftaleno, acenafteno, acenaftaleno, fluoreno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, criseno, benzo(a)antraceno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(a)pireno, benzo(ghi)perileno, indeno(123-cd)pireno e dibenzo(a,h)antraceno. A CONAMA 357/2005 não define uma concentração limite para o somatório dos 16 HPA prioritários na água, para águas salinas classe 1, ou mesmo para cada um dos 16 compostos em separado, a não ser que se trate de corpo d'água onde haja pesca ou cultivo de organismos para fins de consumo humano intensivo, definindo valores máximos de referência para o benzo(a)antraceno (0,018 µg/L), benzo(a)pireno (0,018 µg/L), benzo(b)fluoranteno (0,018 µg/L), benzo(k)fluoranteno (0,018 µg/L), criseno (0,018 µg/L), dibenzo(a,h)antraceno (0,018 µg/L) e indeno(123-cd)pireno (0,018 µg/L). KENNISH (1997) cita concentrações médias de 0,4 µg/L do somatório dos 16 HPAs prioritários para águas superficiais do Oceano Atlântico, variando de 0,13 a 1,3 µg/L. Já LAW (1981) sugere um limite de 1 µg/L de HPAs para águas sem sinais significativos de influência antrópica.

Não foi detectado nenhum dos 16 HPAs considerados prioritários (LQ de 0,01 µg/L neste PCA), ou seus homólogos alquilados avaliados (LQ de 0,3 µg/L neste PCA), em nenhuma das amostras analisadas deste PCA, o que é bastante condizente com o esperado pelos registros da literatura selecionada para comparação.

#### 6.2.2.8. Fenóis Totais e BTEX

Quando óleos são despejados em ambiente marinho, tanto na forma de derrames como de água produzida, os compostos constituintes se distribuem como gotas ou como fase solúvel na coluna de água. Uma diversidade de ácidos orgânicos de cadeia curta, fenóis, BTEX (Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos) dissolvem-se completa ou parcialmente na água, enquanto compostos HPA e alcanos permanecem, em sua maioria, na forma de gotas dispersas no meio aquoso (MELBYE *et al. apud* BRAKSTAD *et al.*, 2002).

Os fenóis, são compostos químicos tóxicos aos organismos aquáticos, mesmo quando presentes em níveis bastante baixos. Sua origem em corpos d'água se deve, principalmente, aos despejos de origem industrial, podendo, também, ter origem natural.

A contaminação da água por compostos fenólicos tem sido uma preocupação da indústria de petróleo em áreas *offshore*, uma vez que os processos de produção, por vezes, necessitam de



grandes volumes de água para a manutenção da pressão do reservatório produtor. Portanto, o controle rigoroso dos descartes no meio ambiente marinho se faz necessário (OLIVEIRA & OLIVEIRA, 2000).

Assim como observado nas referências selecionadas para comparação (Projeto 3 Bacias em Santos, PMA de Mexilhão e PMAs de Baúna e Piracaba), no presente PCA não foram detectados fenóis totais (LD de 0,4 µg/L e VMR CONAMA 357/2005 de 60 µg/L) em nenhuma das amostras analisadas.

Os compostos BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos) também não foram quantificados em nenhuma das amostras analisadas neste PCA (LQM de 1,00 µg/L e VMR CONAMA 357/2005 de 700 µg/L para benzeno, 215 µg/L para tolueno e 25 µg/L para etilbenzeno), assim como ocorreu em todos os projetos pretéritos. CONAMA 357/2005, BUCHMAN (2008) e CCME (2015) não definem valores norteadores agudo (ou curto prazo) ou crônico (longo prazo) para concentrações de xilenos em água marinha.

#### 6.2.2.9. Clorofila<sub>a</sub> e Feofitina<sub>a</sub>

A clorofila<sub>a</sub> é um pigmento presente em todos os organismos fotoautotróficos, constituindo-se em um parâmetro bioquímico mais frequentemente utilizado em oceanografia devido à sua função fotossintética, tornando-a um indicador da biomassa fitoplanctônica (JEFFREY & MANTOURA, 1997), ou mesmo da produtividade primária de um ecossistema (GONZALEZ-RODRIGUEZ *et al.*, 2017). Os valores tipicamente observados nos oceanos vão desde muito baixos (por volta de 0,05 µg/L ou até menos) em regiões oligotróficas e podem chegar a 5 µg/L em regiões costeiras (GONZALEZ-RODRIGUEZ *et al.*, 2017). Neste PCA, como esperado, foram registradas concentrações detectáveis de clorofila<sub>a</sub> na maioria das amostras principalmente nas profundidades de 5 e 70 m, variando entre não detectado (LD de 0,002 µg/L) e 0,32 µg/L, valores característicos de águas oligotróficas. Dentre as referências consideradas (**Tabela 9**), a terceira campanha (C3) no PMA de Baúna e Piracaba apresentou valores altos, variando de 0,5 e 10,7 µg/L.

No Bloco BM-S-40, neste PCA, feofitina<sub>a</sub> foi detectada em todas as estações, em pelo menos um estrato de 5 e 70 m (LD de 0,002 µg/L), variando entre não detectada (todas as amostras próximas ao fundo) e 0,01 µg/L. Os feopigmentos (feofitina<sub>a</sub> e feoforbide<sub>a</sub>) continuam sendo os principais pigmentos de degradação da clorofila<sub>a</sub> encontrados na natureza. Eles são o resultado da pastagem do zooplâncton e são encontrados em suas pelotas fecais.

A feofitina<sub>a</sub> pode interferir consideravelmente nas medidas de clorofila<sub>a</sub>, por absorver luz na mesma região do espectro que a clorofila<sub>a</sub> (BARROSO & LITTLEPAGE, 1998). A relação entre esses dois pigmentos serve como um bom indicador do estado fisiológico do fitoplâncton (CETESB, 2002). Os resultados obtidos são condizentes com os registros realizados em 2002 pelo Projeto 3 Bacias e não indicam qualquer desequilíbrio ambiental.

#### 6.2.2.10. Fitoplâncton

Os organismos do nanoplâncton foram identificados em categorias taxonômicas abrangentes e correspondentes aos grupos de diatomáceas, dinoflagelados, cianofíceas e cocolitoforídeos. O

microfitoplâncton, por sua vez, teve 51% dos seus organismos identificados em nível específico. O microfitoplâncton foi composto por 97 táxons: 41 dinoflagelados, 39 diatomáceas, 10 coccolitoforídeos, 5 cianofíceas e 2 silicoflagelados. As espécies encontradas podem ser classificadas como neríticas, oceânicas, pelágicas e bentônicas, nenhuma delas foram consideradas invasoras.

Os dinoflagelados contribuíram com 42% dos táxons identificados, seguidos por diatomáceas (40%) e coccolitoforídeos (11%). As cianofíceas e os silicoflagelados contribuíram com 5% e 2%, respectivamente, do total de táxons identificados.

O número de táxons total variou entre 19 e 34 táxons, com média de 25 táxons por amostra (DP = 4,0). A estação 5 teve o maior número de táxons (34 táxons) a 5 m, sendo que a menor riqueza (19 táxons) ocorreu a 210 m.

Foi observada uma diminuição da riqueza média com o aumento da profundidade, porém essa variação não foi significativa (ANOVA;  $p = 0,243542$ ).

No grupo das diatomáceas a riqueza variou entre 5 e 20, com valor médio de 9 táxons na área do Bloco BM-S-40 (DP = 3,6). Os dinoflagelados tiveram valores de riqueza entre 10 e 15 táxons, com média de 12 táxons (DP = 1,6). As riquezas dos demais grupos variaram da seguinte forma: cianofíceas foram representadas por 1 a 4 táxons (média = 1,9; DP = 0,7); silicoflagelados foram representados por apenas um táxon; coccolitoforídeos ocorreram com 1 a 6 táxons (média = 2,3; DP = 1,7).

Em todas as amostras coletadas houve dominância de diatomáceas e dinoflagelados. Os coccolitoforídeos tiveram maior contribuição em relação à riqueza na estação 6 a 70 m de profundidade. A maior riqueza de cianofíceas ocorreu na estação 5 a 5 m de profundidade. Os silicoflagelados ocorreram apenas nas estações 1, 3 e 6, a 295 m, 250 m e 230 m de profundidade, respectivamente.

Ocorreram táxons exclusivos em todas as estações e o maior número (7 táxons) ocorreu na estação 3. Os táxons que ocorreram em apenas uma amostra tiveram frequência de ocorrência igual a 5,56%.

A densidade do fitoplâncton total variou de  $3,6 \cdot 10^6$  a  $13,2 \cdot 10^6$  cel.L<sup>-1</sup>, com média de  $6,4 \pm 2,4 \cdot 10^6$  cel.L<sup>-1</sup>. Os valores do nanoplâncton são muito semelhantes aos do fitoplâncton total, pois essa fração foi a que mais contribuiu para a comunidade fitoplanctônica. A maior densidade nanoplanctônica foi observada na estação 6 a 70 m de profundidade e o menor valor ocorreu na estação 2 a 5 m de profundidade.

A densidade do microfitoplâncton variou de  $3,8 \cdot 10^3$  a  $17,9 \cdot 10^3$  cel.L<sup>-1</sup>, com média de  $9,2 \pm 3,7 \cdot 10^3$  cel.L<sup>-1</sup>. A maior densidade ocorreu na estação 5 a 5 m de profundidade e o menor valor foi registrado na estação 1 a 295 m de profundidade.

Tanto para o microfitoplâncton quanto para o nanoplâncton as densidades médias diminuíram gradativamente com o aumento da profundidade de coleta, porém sem variação significativa

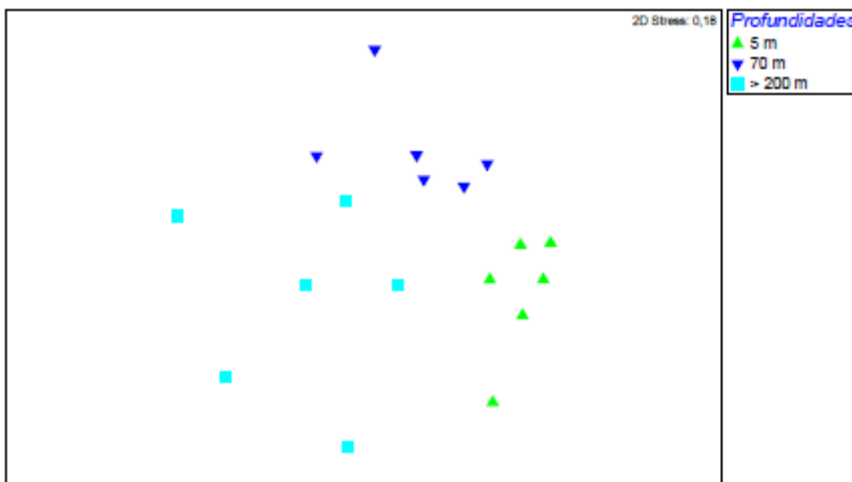
Entre as diatomáceas registradas na área do Bloco BM-S-40, dois táxons foram os mais abundantes: Diatomácea penata 1A e *Cylindrotheca closterium*. Os dinoflagelados que dominaram foram da Ordem Gymnodiniales 2A. Entre as cianofíceas a Ordem Nostocales foi a mais representativa. Os silicoflagelados foram representados principalmente pela espécie *Dictyocha fibula*, enquanto os coccolitoforídeos mais abundantes foram da espécie *Coccolithus sp.*

O índice de diversidade específica de Shannon-Wiener variou entre 1,58 e 3,47, com média de 2,75 (DP = 0,49). O menor valor foi observado na estação 5 a 210 m de profundidade e a maior diversidade ocorreu na estação 6 a 70 m de profundidade. A menor diversidade provavelmente foi influenciada pela alta abundância de cianofíceas da Ordem Nostocales que dominaram na estação 5 a 210 m de profundidade.

A equitabilidade de Pielou variou entre 0,75 e 1,00, com média de 0,92 (DP = 0,07). O menor valor ocorreu na estação 5 a 5 m de profundidade e as maiores equitabilidades foram observadas nas estações 3 (250 m), 4 (70 m) e 5 (210 m). Houve diferença significativa da equitabilidade entre as três profundidades de coleta

A análise de similaridade (ANOSIM) mostrou que houve diferença significativa na composição da comunidade microfitoplanctônica nas três profundidades de amostragem (nível de significância = 0,1%; R Global = 0,508). A ordenação produzida pelo nMDS evidenciou uma diferença na composição e abundância das espécies em cada profundidade de coleta (**Figura 38**).

Na isóbata de 5 m foram registradas oito espécies, na isóbata de 70 m registrou-se dez espécies e próximo ao fundo seis espécies. A espécie *Cylindrotheca closterium* foi a que mais contribuiu para as comunidades microfitoplanctônicas nas três profundidades de amostragem, com maior percentual de contribuição próximo ao fundo.



**Figura 38:** Representação gráfica da análise de ordenação não métrica multidimensional (nMDS) com base nas densidades dos táxons de microfitoplâncton coletados nas três profundidades.

No **Anexo XII\_A** é disponibilizado o relatório completo da biota fitoplanctônica, com descrições metodológicas detalhadas, apresentação e discussão de todos os resultados brutos, incluindo inventário taxonômico.

#### 6.2.2.11. Zooplâncton

A densidade do zooplâncton na área do Bloco BM-S-40 na Bacia de Santos foi baixa (352,71 ind.m<sup>-3</sup>), um resultado esperado para este trecho da costa leste brasileira. A estação 6 apresentou a maior densidade, e a menor foi registrada na estação 5.

Por outro lado, pode-se considerar que a área de estudo tem alta riqueza taxonômica quando comparada a outras regiões oceânicas, com a ocorrência de 50 espécies. Estes resultados estão de acordo com esperado para outras regiões da costa brasileira onde predominam águas oligotróficas, que se caracterizam por apresentarem uma baixa abundância zooplanctônica e por altos valores de riqueza numérica de táxons (BONECKER et al., 2014; PETROBRAS/BOURSCHEID, 2014a e b; 2016; 2017; 2018a, b; 2019a, b; BONECKER et al., 2017; TOTAL/PIR2, 2018; QGEP/AECOM, 2019).

O zooplâncton foi basicamente composto por organismos holoplanctônicos, principalmente Copepoda, Appendicularia e Chaetognatha, que somados representaram 97% do total encontrado.

As espécies mais abundantes são epi- e mesopelágicas e típicas de águas tropicais de ambientes costeiros e oceânicos da costa brasileira. Entre estas destacam-se: os copépodes *Oncaea venusta*, *Oncaea venusta venella*, *Clausocalanus furcatus*, *Nannocalanus minor*; *Oithona similis* e *Temora stylifera*; a apendicularia *Oikopleura longicauda*; o quetognato *Parasagitta friderici*; o doliolida *Doliolum nationalis*; e a salpa *Thalia democratica*. Vale à pena ressaltar a dominância dos copépodes onívoros-herbívoros sobre os onívoros-detritívoros.

Segundo a literatura nenhuma espécie registrada na área do Bloco BM-S-40, na Bacia de Santos, é endêmica ou está ameaçada de extinção ou de sobreexploração. Entretanto, podemos ressaltar a ocorrência da espécie *Temora turbinata* (copépode), considerada espécie invasora em diversas áreas costeiras do mundo.

A variabilidade do zooplâncton na área de estudo pode ser evidenciada pela presença de copépodes onívoros-detritívoros e onívoros-herbívoros, e das apendicularias (filtradoras). As estações de amostragem foram agrupadas em relação a abundância, riqueza e diversidade zooplanctônica. As estações 1, 2 e 5 diferiram das demais por apresentarem o menor valor médio de abundância, e o maior valor médio de riqueza e de diversidade (**Figura 39**). A presença do copépode *Ctenocalanus citer* e da apendicularia *Fritillaria pelúcida*, assim como do quetognato *Parasagitta friderici*, evidenciou que esta é uma região que recebe contribuições de água de diferentes origens, como a água subantártica, subtropical e central do Atlântico Sul e água costeira.

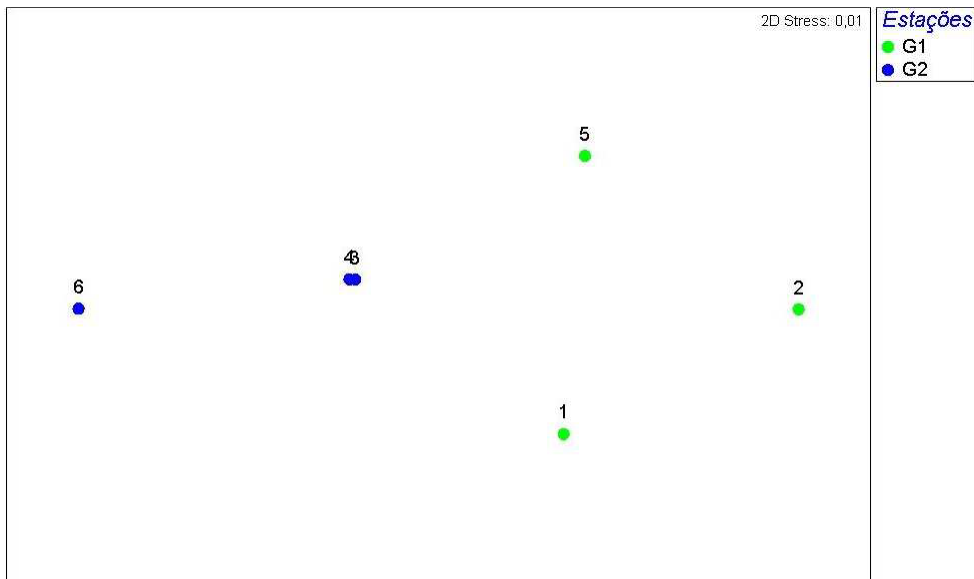


Figura 39: Representação gráfica da Análise de Escalonamento Multidimensional Não Métrica (nMDS) com base nas abundâncias das espécies zooplancônicas coletadas na área do Bloco BM-S-40, Bacia de Santos.

No Anexo XII\_A é disponibilizado o relatório completo da biota zooplanctônica, com descrições metodológicas detalhadas, apresentação e discussão de todos os resultados brutos, incluindo inventário taxonômico.

#### 6.2.2.12. Ictioplâncton

Na área do Bloco BM-S-40 foram coletados apenas 30 ovos de peixes. A maioria ficou como não identificada, mas foram registrados ovos da Ordem Anguilliformes e da espécie *Maurolicus stehmanni* (Sternoptychidae).

Foram coletadas 693 larvas de peixes compreendendo 32 famílias e 36 espécies. O maior número de táxons (28 táxons) ocorreu na estação 3, e o menor número (16 táxons) foi registrado na estação 4. As larvas de *M. stehmanni*, Myctophidae e *Diaphus* spp. foram classificadas como pouco abundantes na área de estudo. A maioria foi rara e não houve nenhum táxon classificado como dominante ou abundante.

As larvas de *M. stehmanni*, Myctophidae, *Diaphus* spp. e *Ariomma* sp. foram as únicas que ocorreram em 100% das amostras coletadas com as malhas de 330 e 500  $\mu\text{m}$  na área do Bloco BM-S-40. Sete táxons foram muito frequentes e a maioria foi classificada como pouco frequente. As abundâncias ictioplancônicas foram baixas ( $<100$  ind. $100\text{ m}^{-3}$ ) em todas as estações de coleta: variação de ovos entre 0,21 e 1,08 ovo. $100\text{ m}^{-3}$ ; variação de larvas entre 5,95 e 23,74 larvas. $100\text{ m}^{-3}$ .

Na área do Bloco BM-S-40 foram observadas larvas de famílias com hábitos pelágicos (5 famílias), mesopelágicos (9 famílias), batidemersais (4 famílias) e demersais (14 famílias). As larvas de famílias mesopelágicas contribuíram com mais de 74% do total. Esse predomínio deveu-se principalmente a maior abundância de larvas da família Myctophidae que representaram 42% e 51% nas amostras das malhas de 330  $\mu\text{m}$  e 500  $\mu\text{m}$ .

Nenhuma espécie registrada na área do Bloco BM-S-40 é endêmica ou está ameaçada de extinção ou de sobreexploração. Todos os táxons coletados no presente estudo já foram registrados ao longo da costa brasileira.

As análises realizadas mostraram a formação de um grupo com as estações 2, 3 e 5 que foi formada principalmente por nove táxons que contribuiriam com aproximadamente 90%. As estações 1, 4, 6 se destacaram das demais devido a ocorrência de táxons exclusivos em cada uma delas.

No **Anexo XII\_A** é disponibilizado o relatório completo da biota ictioplanctônica, com descrições metodológicas detalhadas, apresentação e discussão de todos os resultados brutos, incluindo inventário taxonômico.

#### 6.2.2.13. Síntese da Qualidade Ambiental

Os resultados dos parâmetros encontrados na água durante a presente campanha demonstraram variações mais marcadas em relação às massas d'água e nenhuma variação significativa quanto à distribuição das estações na área do bloco. Os parâmetros abióticos da água - temperatura, salinidade, pH, OD, nitrato, fósforo e silicato - sofreram variação vertical significativa, evidenciando marcantes características físico-químicas das massas de água, com camada mais homogênea até aproximadamente 15 m (camada de mistura), seguida por uma faixa com um acentuado gradiente vertical de temperatura, salinidade e densidade (termo-, halo- e picnoclina, respectivamente).

Foi possível identificar o aumento das concentrações de oxigênio dissolvido (OD) com o aumento da profundidade, o que pode estar relacionado com o recebimento de nutrientes e oxigênio provenientes da massa d'água de fundo (ACAS). Assim como foi possível identificar o aumento das concentrações de fosfato e silicato (todos com variação vertical significativa) com a profundidade. Na superfície, os nutrientes tendem a ser assimilados rapidamente pelo plâncton, enquanto nas águas mais profundas existem, geralmente, maiores concentrações de nutrientes.

Como era de se esperar, os organismos do fitoplâncton exibiram maiores densidades e número de táxons nas camadas de água mais superficiais (subsuperfície e água de mistura), quando comparado com a camada mais profunda, mas a diferença não foi significativa, provavelmente pela área de estudo ser considerada de águas rasas.

Com os resultados obtidos, perguntas elencadas para nortear as análises integradas da qualidade da água e biota associada puderam ser respondidas:

- **Houve variação vertical significativa por parâmetro, e/ou conjunto de parâmetros?**  
Sim. Os parâmetros abióticos da água temperatura, OD, nitrato, fósforo sofreram variação vertical significativa, evidenciando as marcantes características físico-químicas das massas de água, relacionadas também à distribuição vertical da biota fitoplanctônica.
- **Houve variação espacial significativa na área do bloco?**  
Não. Os parâmetros analisados não exibiram variação espacial significativa entre áreas do bloco, demonstrando que as 6 estações analisadas apresentaram características relativamente homogêneas em cada uma das massas d'água analisadas.



- **Quais as correlações significativas entre parâmetros por massa d'água?**  
As principais relações encontradas entre as massas d'água foram as variáveis temperatura, salinidade, pH, OD, nitrato, fósforo e silicato. Como pode ser observado nos itens **6.2.2.3** Carbono, Nitrogênio e Fósforo Totais e **6.2.2.4** Nutrientes Inorgânicos Dissolvidos deste documento.
- **Quais as correlações significativas entre parâmetros na área do bloco?**  
Nenhum dos parâmetros analisados exibiu variação espacial significativa na área do bloco, não havendo, também, correlações significativas entre eles.

### 6.2.3. Qualidade do Sedimento e Biota Associada

A qualidade do sedimento e biota associada foi analisada em todas as estações previstas para a **Malha de Caracterização Ambiental**. Foram realizadas 3 amostragens com box-corer em cada estação, em um raio de erro previamente definido de 200 m, gerando 3 amostras a serem analisadas para cada parâmetro, como previsto em projeto (18 amostras por parâmetro). Seus resultados são apresentados nos **Anexo XIV, Anexo XV e Anexo XVI** (laudos, relatórios, inventários taxonômicos e planilhas de banco de dados), analisados e discutidos a seguir.

#### 6.2.3.1. Granulometria e Teor de Carbonatos

A composição granulométrica e o teor de carbonato de cálcio são os parâmetros mais utilizados na classificação dos sedimentos. A composição dos sedimentos da plataforma continental depende, em parte, do material fornecido pelo aporte continental, especialmente através dos rios, e da contribuição orgânica. A distribuição granulométrica dessas partículas está inteiramente ligada à interação de vários fatores, principalmente, condições hidrodinâmicas, relevo de fundo e fatores físico-químicos. A determinação da composição textural dos sedimentos é de grande utilidade na descrição e interpretação das fácies sedimentares que ocorrem nas plataformas continentais (COUTINHO, 1995).

Os resultados de granulometria deste PCA indicam uma composição granulométrica composta por lama arenosa e/ou areia lamosa, conforme ilustra a **Figura 40** (extraída do **Anexo XV\_A**).

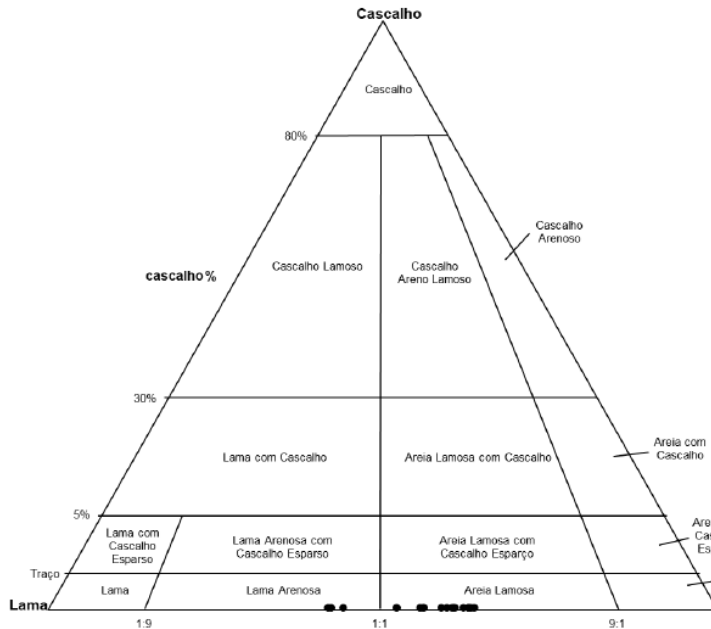
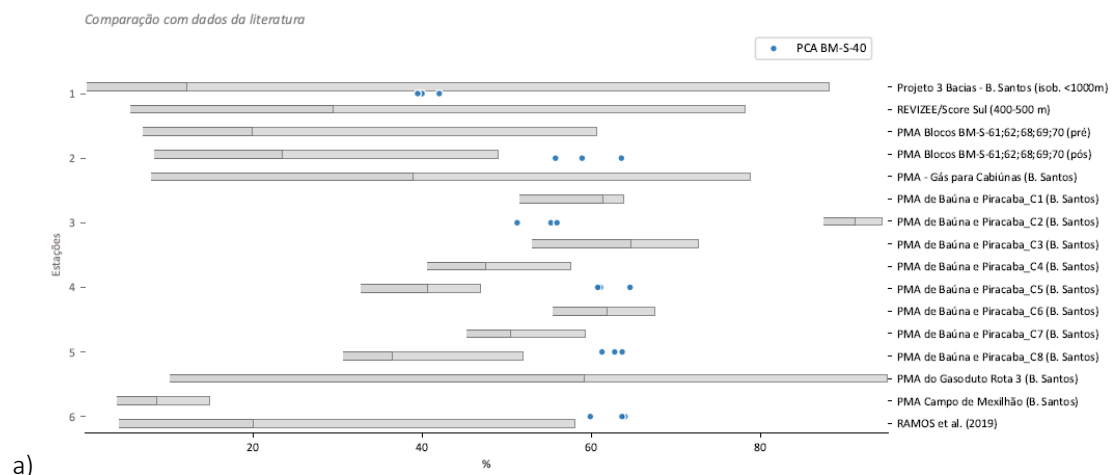
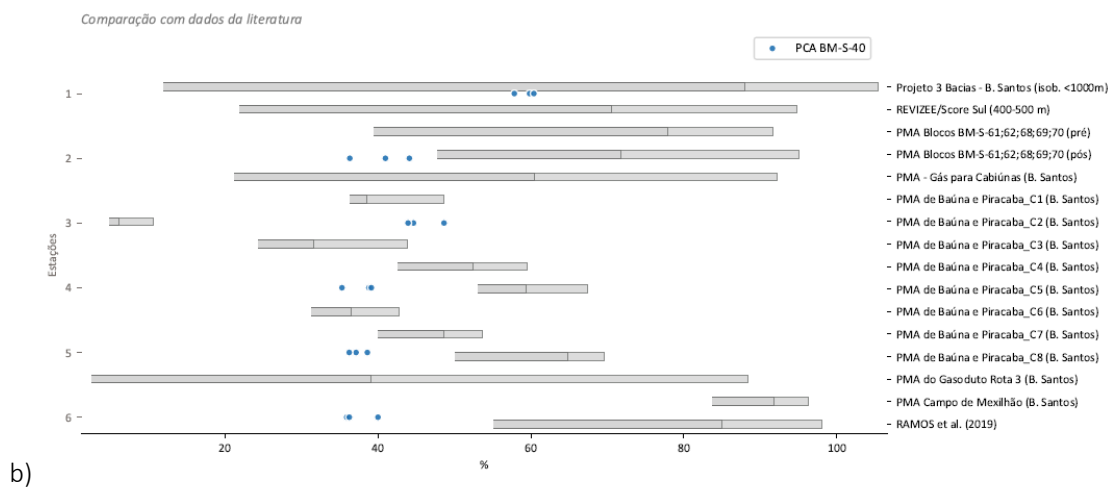


Figura 40: Pirâmide da composição granulométrica das amostras analisadas no Bloco BM-S-40.

As porcentagens de areia (somatórios de areias grossa, média e fina) variaram de 39,44 a 64,58%, enquanto a de lama (somatório de siltes + argilas) variaram de 35,42 a 60,56%. Não foi registrada a presença de cascalhos nas amostras.

Comparando-se com estudos anteriores, observamos que existe uma grande variedade nos valores de porcentagem de areia e lama na Baía de Santos, sendo que os resultados deste PCA se mostraram similares as campanhas de monitoramento de Baúna e Piracaba (**Figura 41**, extraída do **Anexo XV\_C**).





**Figura 41:** Comparação dos percentuais, por estação e réplica, do somatório de areias (a) e de lama (siltes + argilas) (b) no sedimento no Bloco BM-S-40, com dados da literatura, selecionados para comparação neste projeto.

Os carbonatos, representados principalmente por restos de conchas e carapaças de organismos planctônicos, variaram entre 25,90 e 46,11%, teores elevados em comparação com os resultados das campanhas realizadas no mesmo bloco anteriormente (PMAs de Baúna e Piracada, C1 a C8).

### 6.2.3.2. Matéria Orgânica, Carbono Orgânico, Nitrogênio e Fósforo Totais

A matéria orgânica (MO) presente no sedimento é composta por uma mistura de diferentes classes de materiais, que possuem uma vida média no sedimento, a qual pode variar de segundos a milhares de anos (MIDDELBURG, 1989). Desta maneira, o tempo de residência destas diferentes frações que compõem a MO no sedimento são dependentes da qualidade de matéria que se deposita no substrato (SOETAERT *et al.*, 1996). Ademais, a relação matéria orgânica/sedimento/consumo não é verdadeira, já que este *pool* orgânico no sedimento representa mais o que não foi assimilado pelos organismos do que realmente o alimento disponível para ser consumido pelos organismos bentônicos. Desta maneira, a quantidade de MO no sedimento não é um indicador ideal do alimento disponível e, assim sendo, muitas vezes, a biomassa ou densidade dos organismos bentônicos não está diretamente associada às concentrações de MO no sedimento (SOETAERT *et al.*, 1996). Vale ressaltar a importância da qualidade e do tipo de MO disponível no sedimento para a estruturação das comunidades bentônicas (FABIANO & DANOVARO, 1999), bem como para as estratégias tróficas dominantes em um determinado ambiente.

O termo matéria orgânica é usado para se referir, coletivamente, a todo e qualquer composto orgânico. Geralmente tem grande estrutura e peso molecular e contém, primariamente, os elementos carbono, hidrogênio, nitrogênio, oxigênio, fósforo e enxofre. Em ambiente marinho, a MO é identificada como a mais importante substância doadora de elétrons, proporcionando a energia necessária para a maioria das reações biológicas (LIBES, 1992). A distribuição de MO em sedimentos marinhos depende de uma série de fatores, tais como taxas de sedimentação, profundidade da coluna d'água, fluxo de constituintes terrígenos, condições redox, produção *in situ*

por bactérias e fontes antropogênicas, no caso da presença de uma plataforma de produção (KENNICUTT II, 1995 *apud* PETROBRAS, 2001).

Os resultados de MOT (matéria orgânica total) deste projeto variaram de 3,41 a 6,28 % (mediana de 5,04 %), sem variação espacial significativa. Estes resultados, em sua maioria, são maiores que aqueles obtidos nos PMAs de Baúna e Piracaba, e menores quando comparados com o PMA de Cabiúnas (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2017).

Segundo PETROBRAS (2001), os elementos carbono (C), nitrogênio (N) e fósforo (P) são usados em proporções relativamente constantes pelos organismos fotossintetizantes, variando de acordo com as espécies envolvidas e o ambiente (terrestre ou marinho) em que a matéria orgânica é produzida. Mesmo após as transformações causadas pela diagênese inicial, é possível relacionar as razões entre C, N e P a processos específicos ou mesmo estimar a proporção relativa entre fontes terrestres e marinhas da MO do sedimento.

Para os resultados de COT no sedimento deste PCA, os resultados foram homogêneos e suas medianas variaram entre 0,03 e 0,04 % e quando comparado com as referências selecionadas, observamos que estes resultados foram bastante inferiores, principalmente em relação ao Projeto 3 Bacias (AS/PEG, 2003a).

O teor de nitrogênio total (NT) no sedimento apresentou uma distribuição bem mais heterogênea que MOT ou COT. Os resultados de NT no Bloco BM-S-40 (medianas de 487,72 a 612,15 mg/kg) foram, na grande maioria, maiores que nos PMAs de Baúna e Piracaba. Já os resultados dos PMAs dos blocos BM-S-61; 62; 68; 69 e 70, pré e pós (EKMAN/KAROON, 2015), apresentaram valores maiores do que neste PCA.

Para o teor de fósforo total (PT) no sedimento, as medianas variaram dentre todas as amostras analisadas, entre 81 e 105 mg/kg, valores abaixo de toda literatura selecionada para comparação.

Levantamentos dos dados de C, N e P têm dois objetivos básicos: a) dar suporte aos grupos de química (metais e hidrocarbonetos) e de biologia (bentos); e b) fazer uma descrição geral de aspectos quali-quantitativos da MO dos sedimentos em questão, tentando apontar possíveis alterações devido à presença das plataformas e, quando possível, fazendo associações com processos oceanográficos e com outras regiões de características similares (PETROBRAS, 2001).

STEIN (1991) mencionou que razões C:N inferiores a 10 demonstram origem estritamente marinha. De acordo com INGALL e CAPPELLEN, 1990 e MEYERS (1994 *apud* SANTOS *et. al.*, 2007), o material de origem fitoplanctônica apresenta razão C:N entre 4 e 10 e C:P em torno de 106, enquanto plantas vasculares apresentam razão C:N superiores a 20 e razão C:P variando de 800 até valores superiores a 2000.

A razão (C:N) tem sido amplamente empregada para a caracterização do aporte de MO para o ambiente aquático (MEYERS, 1997), considerando a relativa influência da MO terrestre e marinha em diversos ecossistemas (BORDOVSKIY, 1965). Os vegetais superiores apresentam em sua composição altos conteúdos de celulose (40 a 60%), e conseqüentemente, altos teores de C,

enquanto o fitoplâncton é rico em proteínas. Portanto, uma razão C:N maior que 20 pode indicar que as plantas vasculares são as principais fontes de material orgânico para o sistema (origem terrestre), enquanto valores entre 4 e 10 são indicativos de fontes marinhas (MEYERS, 1997). SAITO *et al.* (1989), por sua vez, sugeriram valores entre 5 e 7 como de origem oceânica. Neste PCA, as razões C:N ficaram entre 6,48 e 7,39 caracterizando fontes marinhas (MEYERS, 1997).

INGALL & CAPPELLEN (1990) associam as relações C:P da MO à taxa de sedimentação no ambiente marinho (com enfoque na faixa entre 0,0001-2,5 cm/ano). Os autores relacionam baixas razões C:P (<200) com sedimentos com taxas de sedimentação menores que ~ 0,002 cm/ano e maiores que ~ 1 cm/ano, enquanto altas razões (até 600) corresponderiam a taxas de sedimentação intermédias. Os resultados deste PCA variaram de 61,11 a 126,77, com mediana de 91,95, caracterizando a região como de baixa taxa de sedimentação e também de origem marinha.

A razão entre o N e a disponibilidade de P, pode influenciar significativamente a produção primária e o metabolismo microbiano, permitindo uma maior compreensão dos processos biogeoquímicos no ecossistema marinho (SOLIDOURO *et al.*, 2009; LIPIZER *et al.*, 2011). Em todos os registros deste PCA, a razão N:P, manteve-se entre 9,43 e 19,79 (mediana de 13,14), em torno da razão de REDFIELD característica, que é de 16.

### 6.2.3.3. Metais Totais

A análise química da composição mineral contida nos sedimentos marinhos é importante uma vez que a contribuição de alguns metais no sedimento, por exemplo Fe e Mn, pode ser indicativa do tipo de rocha originária do sedimento. Assim, torna-se fundamental realizar o levantamento desses metais, e de outros, para a melhor compreensão de como estão presentes no ambiente e se são oriundos de processos naturais ou antrópicos (AS/PEG, 2003a).

Os metais pesados encontram-se presentes em maiores ou menores concentrações em todas as matrizes geológicas. Com o desenvolvimento humano, tem sido observado um incremento nos teores de metais de algumas destas matrizes. O possível impacto sobre a saúde humana e biota do lançamento destes metais para o ambiente depende, basicamente, de sua forma de lançamento, seu comportamento neste ambiente e da capacidade de incorporação destes aos organismos vivos (PENNA-FRANCA *et al.*, 1984).

Os metais-traço são poluentes conservativos, isto é, poluentes que dificilmente sofrem degradação por ataque bacteriano. Esses contaminantes podem ter origem por meio de processos naturais, tais como vulcanismo terrestre e depósitos naturais, ou antropogênicos, como efluentes domésticos e industriais, emissões atmosféricas e processos industriais (SALOMONS & FORSTNER, 1984 *apud* SILVA, 2010).

Alguns metais, como por exemplo, Fe, Cu e Zn, possuem importância na fisiologia de organismos vivos, atuando como constituintes de pigmentos respiratórios, formação de metaloproteínas ou ativadores de complexos enzimáticos, dentre outras atuações (PHILLIPS, 1991 *apud* SILVA, 2010). Por outro lado, existem outros que não são requeridos em nenhuma atividade metabólica e que, por

isso, são tóxicos para as células mesmo em pequenas concentrações, como por exemplo, Hg, Pb, Cd, Cr e Ni (CLARCK, 1997 *apud* SILVA, 2010).

As amostras de sedimento de fundo são constituídas por minerais ou fragmentos de rochas resistentes ao processo de intemperismo, detritos produzidos por atividades biológicas e material mineral fino como argilo-minerais e óxidos hidratados de Fe e Mn, somando-se a isso eventuais detritos decorrentes de atividades industriais. A concentração total de um elemento químico no sedimento de fundo indica sua presença independente da forma em que se apresenta, seja a estrutura de um mineral natural ou participando na composição de aportes derivados das atividades antrópicas.

Dentre os 21 elementos analisados nas réplicas de sedimento deste PCA, 5 não ocorreram em concentrações quantificáveis em nenhuma das estações e réplicas, sendo eles: Ag, Cd, Sb, Se e Tl. Os resultados de Be (LQ médio de 0,25 mg/kg), Co (LQ médio de 0,25 mg/kg), Sb (LQ médio de 0,34 mg/kg), Se (LQ médio de 0,42 mg/kg), Sn (LQ médio de 0,42 mg/kg) e Tl (LQ médio de 0,42 mg/kg) são os primeiros registros para essa região, considerando as referências selecionadas.

Arsênio, que foi quantificado (LQ médio de 0,42 mg/kg) em todas as estações, variou de 2,45 a 4,26 mg/kg. A única referência que analisou o arsênio, PMAs dos blocos BM-S-61; 62; 68; 69 e 70, pré e pós, não quantificou este metal.

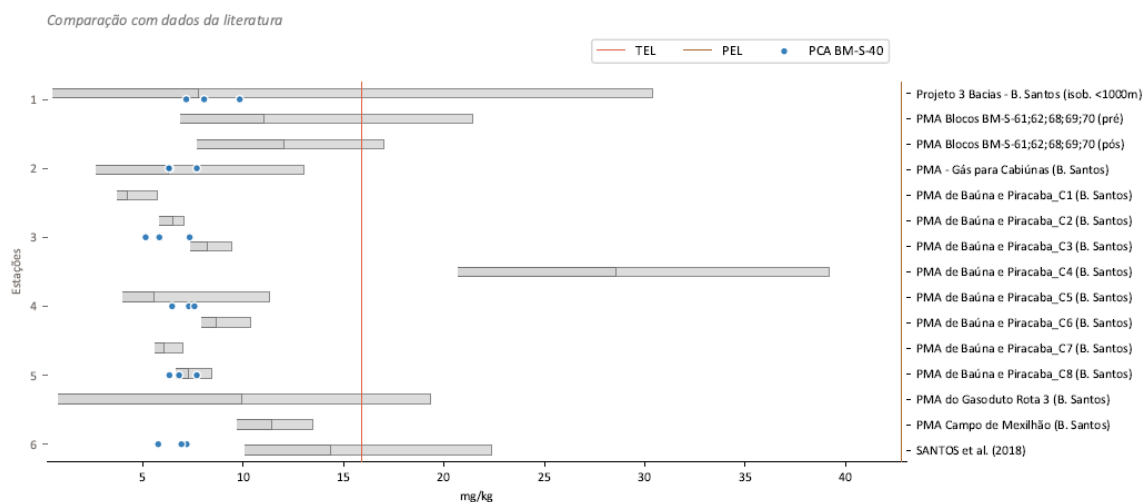
Cádmio, não quantificado neste PCA (LQ médio de 0,38 mg/kg), foi registrado, dentre os resultados selecionados para comparação, apenas pelo PMA de Cabiúnas e nas campanhas 4, 5 e 6 dos PMAs de Baúna e Piracaba, em concentração máxima de 0,14 mg/kg, sendo o TEL de 0,68 mg/kg (BUCHMAN, 2008) e 0,70 mg/kg (CCME, 2015).

Mercúrio é uma das formas mais utilizadas para se avaliar o grau de contaminação de um sistema aquático (MARINS *et al.*, 1998 *apud* SIQUEIRA & APRILE, 2012), decorrente da sua alta toxicidade e capacidade de biomagnificação que possibilita sua biodisponibilidade na cadeia alimentar. BUCHMAN (2008) considera como TEL concentrações acima de 0,13 mg/kg e 0,7 mg/kg para PEL. Mercúrio foi quantificado em apenas uma das 18 amostras de sedimento analisadas neste PCA (LQ médio de 0,02 mg/kg) com a concentração de 0,04 mg/kg, ficando, portanto, abaixo do TEL e PEL. No Projeto 3 Bacias na Bacia de Santos, as concentrações foram superiores tanto para o TEL, quanto para o PEL, atingindo concentração máxima de 2,16 mg/kg. O PMA dos blocos BM-S-61;62;68;69;70 (pós) também apresentou valor elevado de 2,38 mg/kg, provavelmente consequência pela atividade de perfuração, já que a campanha de pré não teve este metal detectado.

O elemento chumbo (LQ médio de 0,42 mg/kg) foi quantificado em todas as estações, variando de 3,10 a 5,45 mg/kg. Foi registrado em todas as referências, exceto na segunda campanha do PMA de Baúna e Piracaba que não foi detectado. Das referências comparativas, duas apresentaram resultados acima do TEL (30,24 mg/kg conforme BUCHMAN, 2008; e 30,20 mg/kg conforme CCME, 2015), PMA dos blocos BM-S-61;62;68;69;70 (pós) e Projeto 3 Bacias, sendo este último ultrapassado também o PEL (112 mg/kg).



Para o níquel (LQ médio de 0,42 mg/kg), todas as estações também foram quantificadas, porém todos com resultados abaixo do TEL. Todas as referências apresentaram resultados, sendo o PMA de Baúna e Piracaba (C4) registrado o maior valor (máximo de 39,18 mg/kg) e ficando acima do TEL= 15,9 mg/kg. Como podemos ver na **Figura 42** (extraída do **Anexo XV\_C**), outras referências também ficaram acima do TEL: Projeto 3 Bacias, PMA dos blocos BM-S-61;62;68;69;70 (pré e pós), PMA do Gasoduto Rota 3 (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2018) e SANTOS *et al* (2018).



**Figura 42:** Comparação dos resultados por estação e réplica de níquel (Ni) total no sedimento no Bloco BM-S-40, com dados da literatura, selecionados para comparação neste projeto.

O cromo (LQ médio de 0,42 mg/kg), quantificado em todas as amostras, variou entre valores medianos de 10,55 a 14,63 mg/kg (considerando as três réplicas de cada estação). Esses registros são condizentes com os limites inferiores das variações de concentração de cromo no sedimento registradas pela maioria dos esforços na região. Dos PMAs de Baúna e Piracaba, apenas a quarta campanha apresentou valores superiores a deste estudo (máximo de 38,56 mg/kg), porém abaixo do TEL (52,3 mg/kg), como todas as referências selecionadas.

O cobre, apesar de apresentar valores baixos (máximo de 6,05 mg/kg), foi quantificado em todas as amostras de sedimento analisadas neste PCA. Estes resultados são condizentes com a maioria dos estudos feitos anteriormente na região. PMA dos blocos BM-S-61;62;68;69;70 (pós) ultrapassou o limite da diretriz norteadora (18,7 mg/kg; BUCHMAN, 2008) atingindo o valor máximo de 34 mg/kg.

Zinco foi quantificado (LQ médio de 0,42 mg/kg) em todas as estações. Nenhum dos resultados obtidos ultrapassou o TEL definido para Zn no sedimento (124 mg/kg; BUCHMAN, 2008; CCME, 2015), assim como ocorreu com a grande maioria dos resultados das referências selecionadas para comparação. Na sétima campanha do PMA de Baúna e Piracaba, esse metal ultrapassou tanto o TEL quanto o PEL, resultando num valor máximo de 394,8 mg/kg.

Para o bário, apesar de todas as amostras terem sido quantificadas (LQ médio de 0,42 mg/kg), os valores não ultrapassaram a diretriz norteadora TEL (BUCHMAN, 2008). Nos estudos anteriores no mesmo bloco (PMAs de Baúna e Piracaba), nas campanhas 5 e 6 os valores ultrapassaram o TEL,

assim como o Projeto 3 Bacias, PMA de Cabiúnas (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2017b), PMA do Gasoduto Rota 3 (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2018), SANTOS *et al* (2018) e RAMOS *et al* (2019). PMA dos blocos BM-S-61;62;68;69;70 (pós) apresentou um resultado alto, com máximo de 4000 mg/kg podendo ser mais um indicativo da atividade de perfuração.

As concentrações de vanádio (entre 16,42 e 26,71 mg/kg) e cobalto (entre 3,16 a 4,93 mg/kg) encontradas no bloco BM-S-40 são condizentes com o esperado para a região, considerando os resultados das referências selecionadas para comparação.

O ferro é o elemento telúrico mais abundante, compondo 30% da massa total do planeta. Constitui 80% do núcleo e é o quarto elemento mais abundante da crosta terrestre depois do oxigênio, silício e alumínio (SIENKO & PLANE, 1977). Ao lado do alumínio, é o mais importante elemento metálico no ambiente terrestre (O'NEIL, 1994). Uma pequena parte ocorre no estado livre (sendo de origem meteorítica), mas a maior parte aparece combinada com oxigênio, silício ou enxofre. Quase todas as rochas e solos contêm traços de ferro (HSDB, 2000).

O manganês encontra-se, muitas vezes, incorporado em certos minerais, nas posições de outros elementos de mesma carga e de tamanho semelhante, como o ferro (SALOMONS & FÖRSTNER, 1984 *apud* LIMA *et al.*, 2006). Segundo PATCHINEELAM (1999 *apud* LIMA *et al.*, 2006), os oxihidróxidos de ferro e manganês são carreadores importantes de numerosos elementos-traço, uma vez que seus ciclos podem influenciar decisivamente a química da sedimentação marinha durante os processos diagenéticos.

Neste PCA, as concentrações de alumínio no sedimento variaram de 8766,17 a 14562,70 mg/kg, de ferro de 12931,48 a 20997,46 mg/kg e de manganês de 186,65 a 790,71 mg/kg, concentrações estas compatíveis com as referências selecionadas para comparação (**Tabela 10**), com exceção do Projeto 3 Bacias e RAMOS *et al* (2019), que apresentaram resultados máximos mais elevados nos 3 metais.

O berílio foi quantificado (LQ médio de 0,25 mg/kg) em todas as estações, variando de 0,31 a 0,51 mg/kg. Análise inédita dentre os estudos comparativos, assim como o estanho que foi quantificado (LQ médio de 0,42 mg/kg) em apenas uma amostra com o valor de 1,80 mg/kg.

O molibdênio apresentou apenas um resultado dentre as amostras deste PCA no valor de 0,54 mg/kg (LQ médio de 0,42 mg/kg). Em SANTOS *et al* (2018), única referência que analisou este metal, teve resultados variando de 0,48 a 1,68 mg/kg.

#### 6.2.3.4. Hidrocarbonetos Totais de Petróleo (HTPs)

, A presença de hidrocarbonetos é muito comum no meio ambiente oceânico uma vez que podem ser originados por fontes naturais ou derivados de atividades humanas. A análise detalhada da distribuição dos hidrocarbonetos, em amostras coletadas nas águas e nos sedimentos dos oceanos, permite traçar sua origem e diferenciar os hidrocarbonetos autóctones (ex.: derivados de algas, zooplâncton ou bactérias) dos alóctones, que são provenientes de detritos naturais do fundo oceânico ou oriundos das atividades de exploração e produção de petróleo no mar. A avaliação da contaminação ambiental por hidrocarbonetos de petróleo através dos sedimentos é de especial

interesse pois, sendo este o compartimento de destino final de contaminantes, produz um quadro integrado dos eventos que ocorrem na coluna d'água (BOULOUBASSI & SALIOT, 1993). Contribui para isto a relativa persistência à decomposição bacteriana de alguns compostos e o caráter lipofílico dos hidrocarbonetos, que favorece a associação ao material particulado em suspensão e à matéria orgânica, levando ao aumento na sua taxa de deposição nos sedimentos (READMAN *et al.*, 1986). Através das análises de hidrocarbonetos no sedimento é possível avaliar o grau de preservação ambiental, estabelecer o background regional na baía, como também gerar novos conhecimentos e estabelecer adequados critérios com relação à origem e distribuição desses compostos na área estudada (origem singenética versus antrópica).

Não existem limites estabelecidos pelas agências internacionais para os índices de HTP no sedimento, mas, segundo VOLKMAN *et al.* (1992), concentrações de HTP inferiores a 50.000 µg/kg (ppb) são consideradas oriundas de sedimentos não poluídos, aqueles sedimentos cujas concentrações de HTP são superiores a 100.000 µg/kg (ppb) são considerados como de origem petrogênica (READMAN *et al.*, 2002) e os acima de 300.000 µg/kg (ppb) são considerados como contaminados (ZHENG *et al.*, 2000).

Neste PCA, os valores de HTP total variaram de 139,38 a 1871,26 µg/kg (LQ de 5 µg/kg) caracterizando um sedimento não poluído, segundo VOLKMAN *et al.* (1992). Os PMA's realizados no mesmo bloco não quantificaram HTP em nenhuma das 8 campanhas. Das referências que detectaram HTP podemos incluir o Projeto 3 Bacias e o PMA dos blocos BM-S-61;62;68;69;70 com valor máximo de 81482,73 µg/kg para fase de pré perfuração e 599879,57 µg/kg para pós perfuração, indicando um ambiente contaminado (ZHENG *et al.*, 2000).

Considerando os resultados de diferentes frações componentes do HTP (**Tabela 15**), observa-se que n-alcenos, pristano e o fitano foram detectados em todas as estações analisadas. O total de alcenos variou de maneira similar aos n-alcenos (como esperado). Mistura Complexa Não Resolvida (MCNR), conjunto de substâncias que não podem ser separadas pelas técnicas cromatográficas, também foi detectada em todas as amostras.

**Tabela 15:** Valores de mediana, mínimo e máximo (µg/kg) para as estações avaliadas no Bloco BM-S-40.

parâmetros	bloco BM-S-40
total de n-alcenos	59,89 (21,48 – 199,73)
pristano	1,20 (0,28 – 2,96)
fitano	2,94 (0,94 – 6,77)
total de alcenos (inclui pristano e fitano)	69,65 (25,10 – 201,70)
HRP	189,85 (44,62 – 821,82)
MCNR	224,81 (93,88 – 1049,44)
HTP	397,97 (139,38 – 1871,26)

#### 6.2.3.5. Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) e Outros

Na fração aromática, encontram-se os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), dos quais fazem parte 16 compostos parentais, formados por 2 a 6 anéis benzênicos condensados (16 HPAs), classificados como “Poluentes Prioritários” pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA, 1985 *apud* WAGENER *et al.*, 2017). Entre outras substâncias, encontram-se também hidrocarbonetos policíclicos aromáticos com ramificações de grupamentos alquila, dentre os quais as cinco séries alquiladas de naftalenos, fluorenos, fenantrenos, dibenzotiofenos e crisenos, que são utilizados como marcadores do petróleo na pesquisa forense ambiental (WANG *et al.*, 1999 *apud* WAGENER *et al.*, 2017b). Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos de 5-6 anéis são, principalmente, derivados da combustão incompleta da matéria orgânica e, portanto, se constituem como bons indicadores destas fontes, sejam os materiais orgânicos recentes ou fósseis (DACHS *et al.*, 1999 *apud* WAGENER *et al.*, 2017b; BOULOUBASSI *et al.*, 2006 *apud* WAGENER *et al.*, 2017b).

Muitos dos HPAs são comprovadamente carcinogênicos e mutagênicos. Como consequência, a introdução crônica ou pontual dos HPAs no ambiente aquático pode afetar a qualidade da água e do ecossistema. Os compostos que apresentam de 4 a 9 anéis aromáticos estão entre os mais nocivos à biota. Dentre eles destaca-se o benzo(a)pireno como um dos mais letais (GRIMMER *et al.*, 1981).

Apesar da predominante origem pirolítica, os HPAs também são formados por fontes naturais. Nesse caso, a observação desses compostos, considerados muitas vezes de origem exclusivamente antrópica, em microalgas, bactérias e plantas, são exemplos clássicos de sua origem biogênica. Por exemplo, a bactéria *Bacillus badius* sintetiza benzo(a)pireno e perileno (NIAUSSAT *et al.*, 1970), enquanto a alga *Chlorella vulgaris* produz diferentes tipos de HPAs, como o fluoranteno, benzo(ghi)perileno, 3,4-benzopireno, entre outros (BORNEFF *et al.*, 1968).

Os HPAs são encontrados nos ambientes aquáticos mais remotos, aonde chegam principalmente através do transporte e da deposição atmosférica adsorvidos em partículas que atravessam os oceanos (SIMONEIT & ELIAS, 2001), assim como provenientes do intenso tráfego marítimo e seus consequentes vazamentos de óleo. Essas fontes contribuem para a elevação dos níveis de background de HPAs observados nos oceanos. Um bom exemplo desse processo são os níveis de HPAs observados nos sedimentos de áreas remotas como a Antártica, onde o background local nos sedimentos atinge até 195 µg/Kg (VENKATESAN & KAPLAN, 1987). São tão abundantes que já foram encontrados até em fontes extraterrestres, provenientes de Marte (MCKAY *et al.*, 1996).

Resumidamente, os níveis de background observados nos oceanos são provenientes do transporte dos HPAs via atmosfera, adsorvidos em partículas ou aerossóis, do material particulado descarregado pelos rios, de processos geológicos marinhos ou fontes naturais ou oriundos da exploração de óleo e atividades correlatas (p.ex. transporte de óleo). Os HPAs de origem fluvial se acumulam preferencialmente nos deltas ou estuários e apenas uma fração atinge os sedimentos marinhos mais profundos (WAKEHAM *et al.*, 1980). No entanto, os demais processos contribuem em maior proporção para a elevação dos níveis de background observados em áreas abertas.

Pelas razões descritas acima, os estudos ambientais, sejam eles de caracterização ou de monitoramento do impacto ambiental, devem considerar as diferentes fontes dos HPAs, seus mecanismos de transporte e as limitações analíticas relacionadas à análise desses compostos.

Segundo o Projeto 3 Bacias, por serem encontrados em quase todos os sedimentos e apresentarem origens natural e antrópica, os HPAs devem ser avaliados com cuidado e é imprescindível sua avaliação em conjunto com outras análises físico-químicas.

Neste PCA as análises realizadas não foram capazes de quantificar (LQ médio de 4,23 µg/kg) HPAs prioritários (somatório dos 16 compostos considerados prioritários: naftaleno, acenaftileno, acenafteno, fluoreno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, benzo[a]antraceno, criseno, benzo[b]fluoranteno, benzo[k]fluoranteno, benzo[a]pireno, benzo[ghi]perileno, indeno[123-cd]pireno e dibenzo[ah]antraceno) e alquilados (naftalenos, fluorenos e fenantrenos), ou mesmo compostos orgânicos semi-voláteis (LQ médio de 11,77 µg/kg), no sedimento superficial (0 a 2 cm). O mesmo resultado foi registrado em estudos anteriores usados para comparação.

#### 6.2.3.6. Biomarcadores

##### 6.2.3.6.1. *Whole Oil*

A análise detalhada da distribuição dos hidrocarbonetos, em amostras coletadas nas águas e nos sedimentos dos oceanos permite traçar sua origem e diferenciar os hidrocarbonetos autóctones (ex. derivados de algas, zooplâncton ou bactérias) dos alóctones, que são provenientes de detritos naturais ou fósseis - produtos de exsudações naturais do fundo oceânico ou poluição. Nesse último grupo, as análises de biomarcadores representam uma ferramenta vital no conhecimento da natureza e fonte dos hidrocarbonetos.

Os biomarcadores são definidos como alterações biológicas e geoquímicas de moléculas naturais e sua conversão em compostos desfuncionalizados e termodinamicamente mais estáveis. Por essa razão, são comumente conhecidos como moléculas fósseis ou geolipídeos. Devido à sua estabilidade e especificidade, a distribuição dos biomarcadores em amostras geoquímicas pode ser considerada como uma impressão digital do ambiente estudado, funcionando como ferramenta indispensável para programas de monitoramento, pois apresentam grande susceptibilidade, boa sensibilidade, relativa especificidade e relativo baixo custo de análise (BAINY, 1993). A análise desses parâmetros possibilita:

- (1) uma detecção precoce da existência de contaminação;
- (2) identificação de produto e potenciais responsáveis e/ou passivos,
- (3) avaliar a magnitude da contaminação e, o que é fundamental,
- (4) a determinação do grau de severidade dos efeitos causados pelos compostos xenobióticos (STEGEMAN et al., 1992).

Apesar de sua natureza estável, os biomarcadores são sensíveis aos agentes estressores ajudando a identificar os mecanismos básicos da relação causal entre o estressor e seus efeitos.

Além das fontes alóctones, a composição dos biomarcadores sofre a influência do aporte de matéria orgânica (marinha ou continental) e dos processos geoquímicos (diagênese e catagênese), acrescidos de processos de biodegradação. Ao fim de todo o processo, as moléculas orgânicas

naturais convertem-se em moléculas termodinamicamente mais estáveis, geralmente hidrocarbonetos policíclicos contendo entre 20 e 40 átomos de carbono. Nesse estágio, não se observa uma influência significativa do intemperismo físico/químico nas moléculas.

Nas 6 estações analisadas em triplicata as análises de Whole Oil mostraram perfis similares (**Figura 43**). Os n-alcenos de cadeia curta (C12-C24) com preferência dos homólogos pares (C18 e C20) refletem aporte marinho (circundados em azul na **Figura 43**) enquanto os n-alcenos de cadeia longa (C24-C40) refletem contribuição de vegetais superiores (aporte terrestre). A presença desses dois grupos evidencia uma contribuição natural para os n-alcenos de amostras de sedimento.

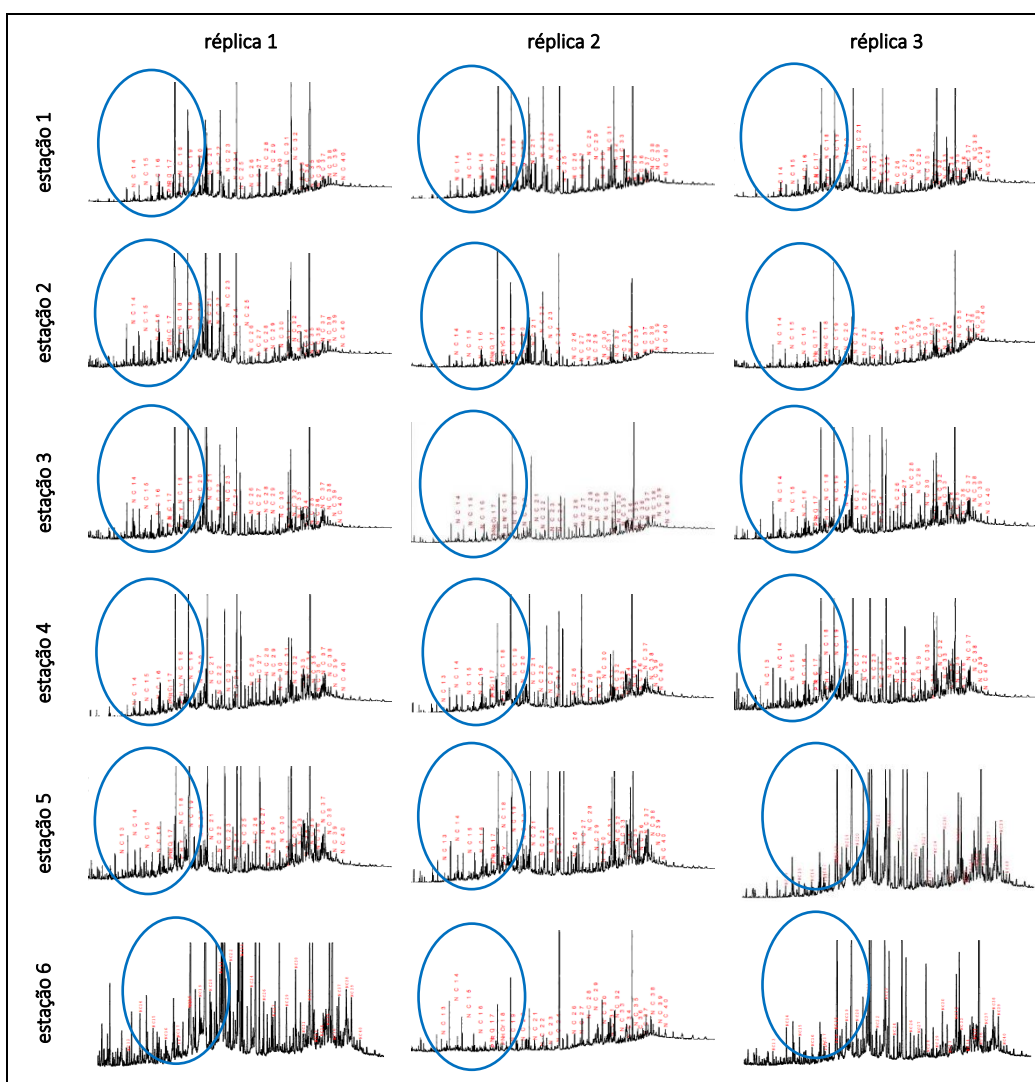


Figura 43: Comparação dos cromatogramas das análises de *Whole Oil* realizadas nas estações e suas réplicas no Bloco BM-S-40.

#### 6.2.3.6.2. Biomarcadores Saturados e Aromáticos

Os resultados das análises de biomarcadores saturados permitem uma caracterização aprofundada e precisa dos hidrocarbonetos encontrados nas amostras de sedimento. Mesmo não sendo



detectados nas análises de hidrocarbonetos totais do petróleo (HTP), devido a sua presença diminuta, esses compostos são passíveis de detecção pela técnica de espectrometria de massas por ser uma técnica mais sensível e específica.

Diversos parâmetros são obtidos na análise de biomarcadores e sua aplicação depende muito do objetivo do estudo. Em estudos de correlação envolvendo óleos e seus derivados, vários biomarcadores são utilizados a fim de avaliar o nível de maturação dos hidrocarbonetos, sua degradação, migração, mistura, etc. Grande parte dos parâmetros é baseada nas reações de isomerização de biomarcadores.

A aplicação dos parâmetros de biomarcadores em avaliações ambientais não é trivial, uma vez que hidrocarbonetos de origem singenética ocorrem juntamente com os de origem fóssil. Essa coocorrência dificulta a interpretação dos dados. Por essa razão, é importante selecionar parâmetros que reflitam essa característica. Nesses casos, são escolhidas razões entre biomarcadores que permitam medir a proporção entre os compostos fósseis e naturais. Um exemplo, são as razões entre os biomarcadores Moretanos/Hopanos e isômeros S/R de compostos C31 Hopanos. Sua utilização é ampla por permitir avaliar a contribuição de hidrocarbonetos termogênicos e singenéticos. Esses parâmetros estão entre os mais utilizados na detecção de microexsudações de óleo em ambientes marinhos.

Entre as diversas classes de biomarcadores analisadas nesse estudo, a classe dos terpanos foi a mais abundante como indicam os valores das razões hopanos/esterano variando entre 4,21 e 7,69. Terpanos exercem uma importante função em investigações geoquímicas, e são indicadores diagnósticos úteis em avaliações de origem de óleos derramados, análise de resíduo entre outros. Eles contribuem para a chamada análise digital dos terpanos e são comumente usados em correlações entre diferentes fontes de hidrocarbonetos. (ELIAS, 2000; PETERS *et al.*, 2005). Os resultados compilados (**Tabela 16**) das análises de biomarcadores saturados (integralmente apresentados no **Anexo XV\_A**) permitiram uma caracterização dos hidrocarbonetos encontrados nas amostras de sedimento do Bloco BM-S-40. Embora bastante afetadas pela presença de hidrocarbonetos singenéticos, derivados de plantas recentes, e por sua baixa concentração, as análises dos biomarcadores nos sedimentos do fundo marinho no Bloco BM-S-40 permitiram identificar compostos de origem fóssil (p.ex., hopanos e esteranos maduros) entre os compostos naturais, na região de estudo.

**Tabela 16:** Valores de mediana, mínimo e máximo para os parâmetros biomarcadores saturados no sedimento.

parâmetros	Bloco BM-S-40 (6 estações em triplicata)
Hopano/Esterano	6,08 (4,21-7,69)
Tri/Hopanos	0,21 (0,16-0,27)
Ts/Ts+Tm	0,26 (0,19-0,37)
Norneo/H29	0,21 (0,14-0,24)
H28/H29	0,01 (0,01-0,02)
H29/H30	0,53 (0,48-0,85)

parâmetros	Bloco BM-S-40 (6 estações em triplicata)
OLH35/H34/H30	0,03 (0,01-0,03)
GAM/H30	0,11 (0,1-0,15)
H35/H34	0,94 (0,82-1,03)
25nor/Hop	0,16 (0,1-0,26)
TET24/26Tri	0,23 (0,12-0,65)
21/23Tri	0,67 (0,48-0,81)
26/25Tri	1,27 (1,12-1,68)
20S/(20S+20R)	0,65 (0,49-0,7)
$\beta\beta/(\alpha + \beta\beta)$	1,2 (1,01-1,51)
%C27	30,64 (22,49-39,34)
%C28	23,04 (18,83-26,69)
%C29	46,06 (39,86-51,71)
DIA/REG	0,53 (0,33-1,58)

*Códigos das Razões: Tri/Hopanos = Tetracíclicos / Hopanos (Pentacíclicos); Ts/Ts+Tm = 18 $\alpha$ (H)-22,29,30-trisnormeohopano C27 / 18 $\alpha$ (H)-22,29,30-trisnormeohopano C27 + 17 $\alpha$ (H)-22,29,30-trisnorhopano C27; Norneo/H29 = 18 $\alpha$ -30-normeohopano / 17 $\alpha$  (H), 21 $\beta$ (H)-30-norhopano C29; H28/H30 = 17 $\alpha$  (H), 21 $\beta$ (H) - 28,30-bisnorhopano / 17 $\alpha$  (H), 21 $\beta$ (H) - hopano C30; H29/H30 = 17 $\alpha$  (H); 21 $\beta$ (H)-30-norhopano C29 / 17 $\alpha$  (H) - hopano C30; OL/H30 = Oleano / 17 $\alpha$  (H), 21 $\beta$ (H) - hopano C30; GAM/H30 = Gamacerano C30 / 17 $\alpha$  (H), 21 $\beta$ (H) - hopano C30; H35/H34 = 17 $\alpha$  (H), 21 $\beta$ (H)-30-pentakishomohopano + 17 $\alpha$  (H), 21 $\beta$ (H)-30-pentakishomohopano / 17 $\alpha$  (H), 21 $\beta$ (H)-30-tetrakishomohopano + 17 $\alpha$  (H), 21 $\beta$ (H)-30-tetrakishomohopano; 25NOR/HOP = 25,28,30-trisnorhopano / Hopanos; TET24/26Tri = Terpano Tetracíclico C24 / Terpano Tricíclico C26; 21/23Tri = Terpano Tricíclico C21 / Terpano Tricíclico C23; 26/25Tri = Terpano Tricíclico C26 / Terpano Tricíclico C25; 20S/(20S+20R) = [C29  $\alpha\alpha\alpha$ S] / [C29  $\alpha\alpha\alpha$ S + C29  $\alpha\alpha\alpha$ R] (m/z 217);  $\beta\beta/(\alpha + \beta\beta)$  = [C29 $\alpha\beta\beta$  (R+S)] / [C29 $\alpha\beta\beta$  (R+S) + C29  $\alpha\alpha\alpha$ (R+S)] (m/z 217); %C27 = [C27 $\alpha\beta\beta$ (S+R)] / [C27 $\alpha\beta\beta$ (S+R) + C28 $\alpha\beta\beta$ (S+R) + C29 $\alpha\beta\beta$ (S+R)]x100; %C28 = [C28 $\alpha\beta\beta$ (S+R)] / [C27 $\alpha\beta\beta$ (S+R) + C28 $\alpha\beta\beta$ (S+R) + C29 $\alpha\beta\beta$ (S+R)]x100; %C29 = [C29 $\alpha\beta\beta$ (S+R)] / [C27 $\alpha\beta\beta$ (S+5,63R) + C28 $\alpha\beta\beta$ (S+R) + C29 $\alpha\beta\beta$ (S+R)]x100; DIA/REG = Chol Diasteranos / Esteranos Regulares.*

Dentre os biomarcadores aromáticos, diversos parâmetros foram obtidos e medidos (Tabela 17). Um dos parâmetros mais úteis é o índice de metilfenantreno (MPI-1), que fornece indicação de maturidade do aporte fóssil ao sedimento. Esse índice é calculado de acordo com a fórmula:  $MPI-1 = 1.89(2-MP+3-MP)/[P+1.26(1-MP+9-MP)]$ , onde P é o composto fenantreno e MP se refere aos isômeros do metil-fenantreno (PETERS *et al.*, 1993). No Bloco BM-S-40, os resultados demonstraram que os índices de MPI-1 indicaram a ocorrência de hidrocarbonetos fósseis com diferentes graus de maturação.

Tabela 17: Valores de mediana, mínimo e máximo para os parâmetros biomarcadores aromáticos no sedimento.

parâmetros	Bloco BM-S-40 (6 estações em triplicata)
Phen/m-phen	0,93 (0,77-1,4)
MPI 1	0,62 (0,37-0,73)
Ro Calculated	0,81 (0,55-0,87)
Dibenz/Phen	0,07 (0-0,13)
C20+C21/A1+A2	não detectado
20+21/26S-28R	0,22 (0,06-1,56)
26S-28R/M1-M5	2,76 (1,03-9,65)

parâmetros	Bloco BM-S-40 (6 estações em triplicata)
26S/27RA	1,1 (0,49-3,83)
27RA/28R	0,72 (0,24-1,88)
%26	29,83 (10,81-55,25)
%27	26,23 (13,95-44)
%28	39,77 (20-70,27)
D1..D6/others	3,23 (1,68-4,93)
sum 231/ sum 245	0,42 (0,27-1,11)
3-Me/4-Me	1,22 (0,44-2,4)

*Códigos: Phen/m-phen = PHEN/(3MP+2MP+9MP+1MP); MPI = 1,5x(2MP + 3MP)/(PHEN + 1MP + 9MP); Ro Calculated = (.6\*(3\*(2MP)))/(PHEN+9MP+1MP))+.37; Dibenz/Phen = (DBT)/(PHEN); C20+C21/A1+A2 = C20 Triaromatic Steroid+C21 triaromatic steroid/C29 triaromatic; 20+21/26S-28R = = C20 Triaromatic Steroid+C21 triaromatic steroid / C26 20S Triaromatic - C28 20R Triaromatic; 26S-28R/M1-M5 = C26 20S Triaromatic - C28 20R Triaromatic/ C28 23,24-Cholestane Triaromatic- C28 23,24-Cholestane Triaromatic; 26S/27RA = C26 20S Triaromatic/ C27 20R Triaromatic; 27RA/28R = C27 20R Triaromatic/ C28 20R Triaromatic; %26 = % C26 Triaromatic; %27 = % C27 Triaromatics; %28 = % C28 Triaromatics; D1..D6/others = Triaromatic Dinosteroid a,b,c,d,e,f; sum 231/ sum 245 = sum m/z 231 / sum m/z 245; 3-Me/4-Me = C28 20S 3-Methyl & C27 20R 3-Methyl TAS / C28 20S 4-Methyl & C27 20R 4-Methyl TAS*

#### 6.2.3.6.3. Classificação de origem

A origem geoquímica de hidrocarbonetos pode ser avaliada por diversos parâmetros de biomarcadores. A escolha do parâmetro mais adequado depende de diversos fatores como: qualidade analítica dos dados, objetivo do estudo, grau de degradação, composição e distribuição dos biomarcadores nas amostras, entre outros. Um dos parâmetros que pode ser empregado na classificação de origem é a abundância dos esteranos com C27, C28 e C29 carbonos. Como são compostos estáveis e resistentes à degradação e intemperismo, e também porque a estrutura química dos precursores desses compostos é preservada, eles são comumente empregados na avaliação de paleoambientes de deposição e origem dos hidrocarbonetos. Um dos diagramas mais usados é a correlação entre os esteranos com C27 e C29 átomos de carbono. Como os compostos em C27 são esteróis majoritários do plâncton marinho e os esteróis C29 predominam em vegetais superiores e animais, a correlação desses dois parâmetros fornece uma diferenciação de origem.

Uma correlação com óleos de áreas de produção de interesse permitiu classificar o *background* de hidrocarbonetos presentes nos sedimentos da área (**Figura 44**). Foi feita uma comparação geoquímica direta com óleo das bacias de Santos (óleos de origem lacustre e marinha), de Campos e Óleos Árabes. Além desta, foi feita uma comparação com os perfis observados em diversos sedimentos analisados em bacias brasileiras, como os do projeto 3 Bacias. Apesar de não fazer parte de bacias brasileiras, óleos árabes foram incluídos na comparação por serem conhecidos como a principal fonte dos hidrocarbonetos presentes nos backgrounds de bacias brasileiras.

A maioria das amostras coletadas no Bloco BM-S-40 não se correlacionou com petróleo da Baía de Santos, que apresenta óleos tanto de origem marinha quanto lacustre. 14 das 18 amostras analisadas se classificam como background das bacias brasileiras.

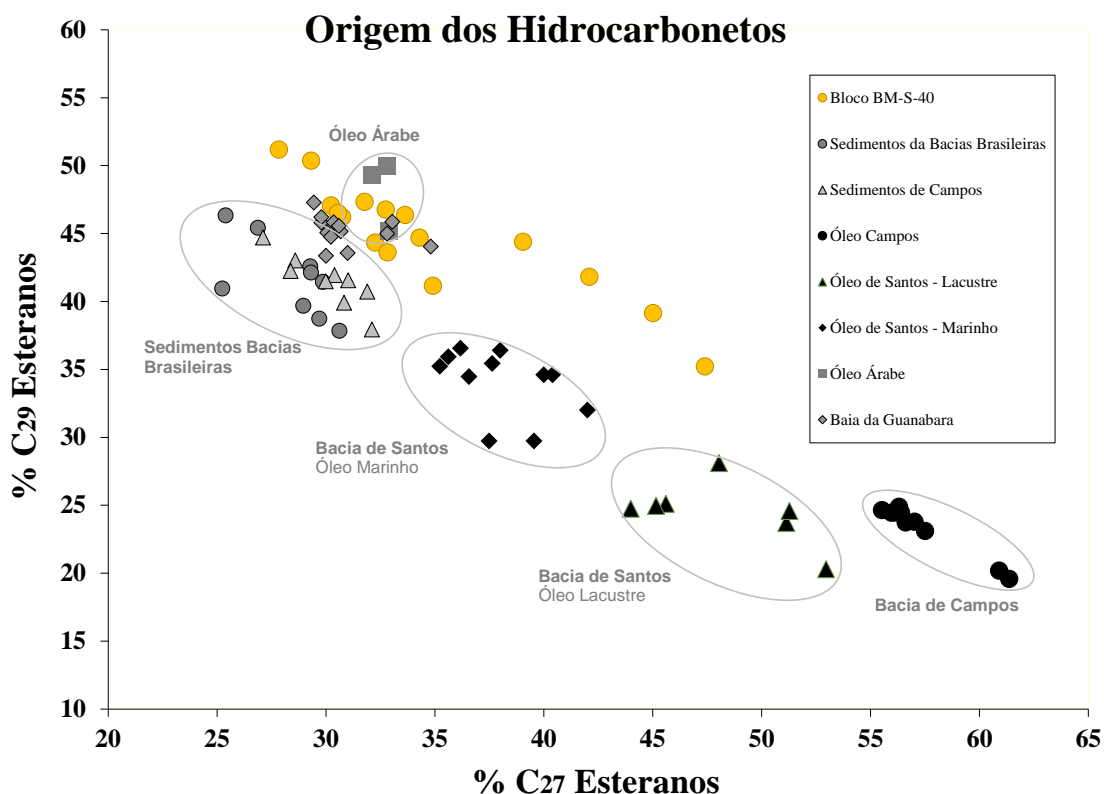


Figura 44: Diagrama de classificação da origem de hidrocarbonetos através dos teores de esteranos com 27 e 29 átomos de carbono.

Quatro das amostras analisadas apresentaram valores de %C27 esteranos dentro da faixa dos óleos de Santos (35-55%; óleos marinhos e lacustres). No entanto, seus valores de %C29 variando entre 35,2 e 44,4 estão acima da faixa observada para óleos marinhos de Santos (30-35%). Ao mesmo tempo, esses valores medidos representam apenas uma das três réplicas analisadas e os valores medidos em seus pares classificam as demais réplicas como background das bacias brasileiras.

Portanto, as análises de biomarcadores e *Whole Oil* das amostras analisadas do Bloco BM-S-40 permitem classificar a origem do hidrocarboneto como sendo uma mistura de hidrocarbonetos contendo uma fração com compostos típicos de origem marinha e outra contendo hidrocarbonetos de origem terrestre. Por outro lado, os biomarcadores indicam um aporte de componentes fósseis similar ao *background* observado em sedimentos de bacias sedimentares brasileiras e não apresenta uma correlação direta com os óleos de produção das bacias de Santos, correspondendo, portanto, a uma mistura de fontes de diversas origens, inclusive óleo árabe.

Além da classificação de origem, a distribuição dos biomarcadores nos sedimentos avaliados no Bloco BM-S-40 pode ser considerada como uma digital dos hidrocarbonetos presentes nos sedimentos da região. Essa digital será de fundamental utilidade para eventuais futuras avaliações de impacto nesses sedimentos por hidrocarbonetos petrogênicos na região. Ela possibilitará uma correlação direta e eficaz da condição do ambiente e suas possíveis causas estressoras.

#### 6.2.3.7. Radionuclídeos

Os radionuclídeos naturais (*Naturally Occurring Radioactive Material - NORM*) podem ser encontrados em todas as partes do planeta como solos, rochas e seres vivos, como também podem ser originados de radiações cósmicas provenientes do espaço e radionuclídeos cosmogênicos, na forma de elementos radioativos.

Já sua contribuição humana, teve início principalmente pela descarga de efluentes líquidos e gasosos, como por exemplo, de reatores e usinas de reprocessamento do ciclo de combustível nuclear e a deposição de rejeitos radioativos no mar (frequente entre 1940 até 1982) (FIGUEIRA & CUNHA, 1998). Os resíduos que contém material radioativo natural tecnologicamente aumentados são denominados TENORM (*Technologically Enhanced Naturally Occuring Radioactive Material*). Atualmente, atividades como a extração do petróleo do subsolo que retiram juntamente com o óleo água de formação e sedimentos profundos, contribuem para elevar a concentração destes isótopos, que são trazidos para a superfície juntamente com a barita (GAZINEU, 2005).

Sendo assim, conforme cita MAZZILI (2016), as descargas radioativas no ambiente ocorrem, majoritariamente, na forma de material dissolvido em suspensão, gases e particulados, a depender do tipo de efluente descartado (líquido ou gasoso). Ao entrar em contato com o meio, os processos de dispersão, acúmulo e transporte no ambiente aquático são influenciados por fatores químicos, físicos e biológicos, e sua consequente interação com partículas de água e sedimentos é determinante para seu comportamento (FIGUEIRA & CUNHA, 1998). A solubilidade pode ser um fator importante na distribuição de concentração dos radionuclídeos, visto que estes elementos possuem um comportamento químico mutável devido a seu decaimento, afetando o equilíbrio químico, como o que ocorre na mistura de água de formação com a água de injeção em atividades petrolíferas (GAZINEU, 2005).

Além disso, a quantidade de radioativos acumulados pode ser influenciada pelos processos de transporte, adsorção e deposição envolvidos (MAZZILI, 2016). Quando este material não é liberado, formam-se sorvedouros, que são compartimentos de extratos profundos de solo ou sedimento com ínfimos contatos com processos biológicos e mecanismos de erosão. A **Figura 45** retrata todos estes mecanismos de transporte.

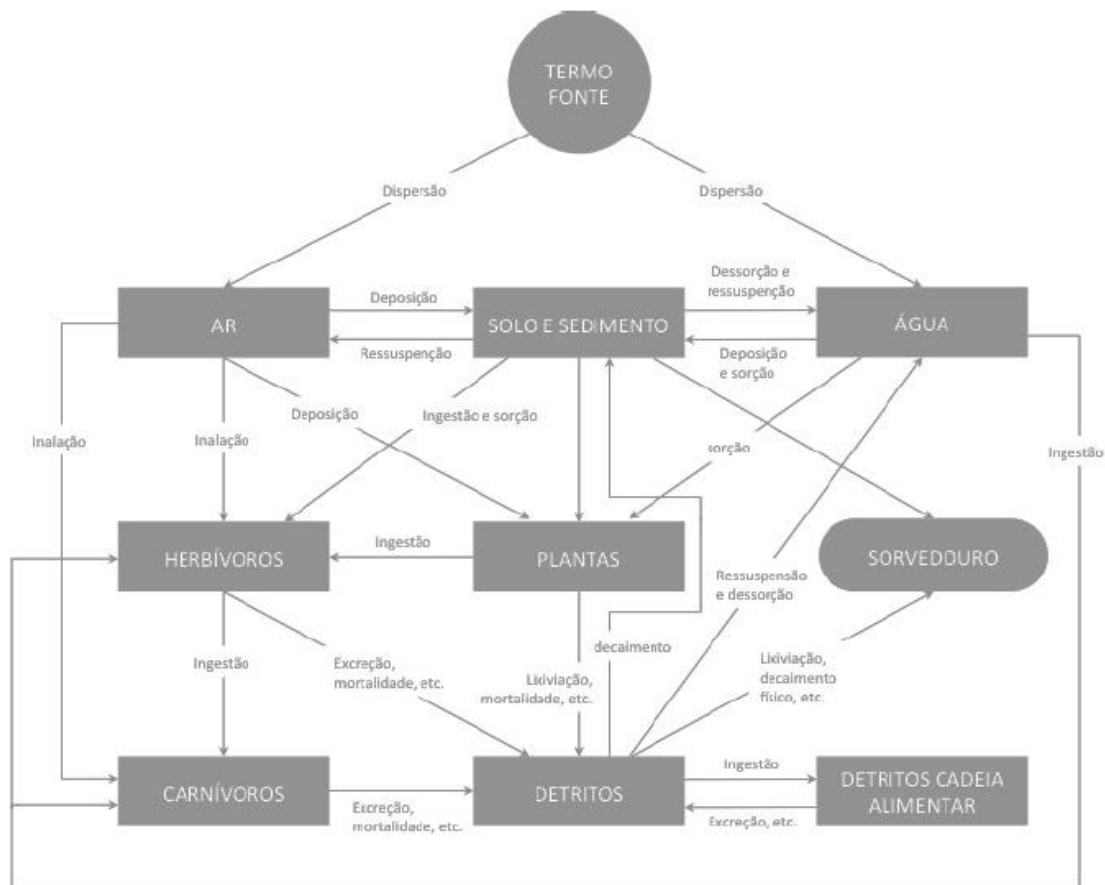


Figura 45: Mecanismos de transporte dos radionuclídeos no ecossistema. Fonte: MAZZILLI (2016).

Dentre os radionuclídeos, destacam-se os isótopos de rádio  $^{226}\text{Ra}$  e  $^{228}\text{Ra}$ , elementos com uma longa meia-vida (1600 e 5,75 anos, respectivamente), encontrados em seu estado livre e, por isso, mais abundantes no oceano (GAZINEU, 2005). Os precursores radioativos destes isótopos são o urânio (U), tório (Th) e o protactíneo (Pa), conforme demonstram as séries de decaimento da **Figura 46**. Dessa forma, também é de suma importância que o comportamento no ambiente marinho destes elementos seja conhecido. No oceano, as concentrações de tório e urânio em águas superficiais são cerca de 10-5  $\mu\text{g/L}$  e 3  $\mu\text{g/L}$ , e nas águas subterrâneas entre 0,01 e 1  $\mu\text{g/L}$  e 0,1 e 10  $\mu\text{g/L}$ , respectivamente (LAURIA, 1999 *apud* SOUZA, 2008).



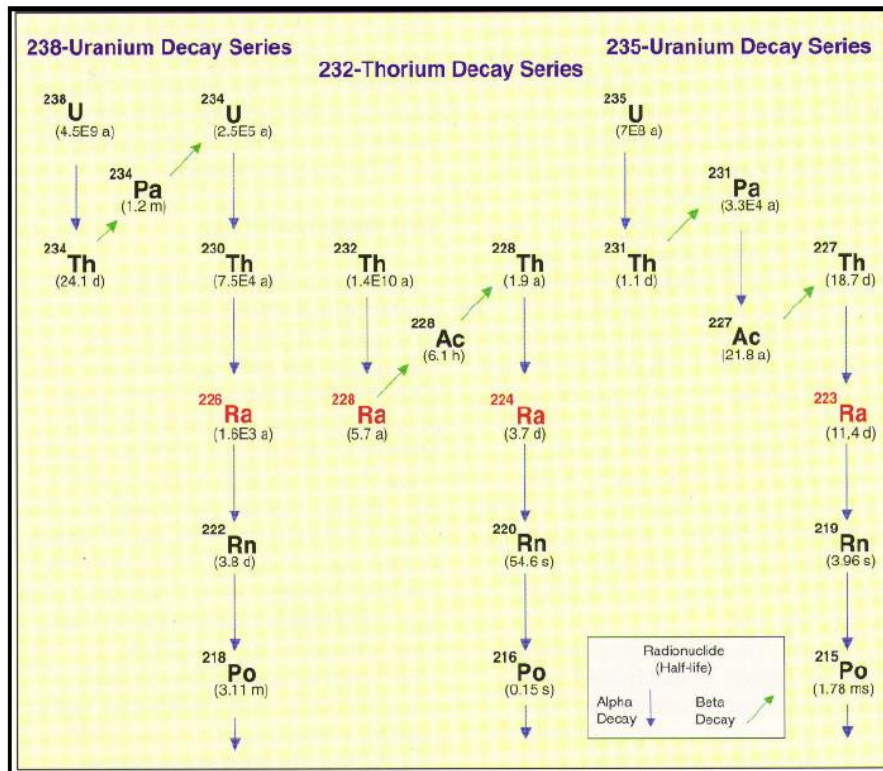


Figura 46: Séries de decaimento do  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  e  $^{235}\text{U}$  com os isótopos de rádio destacados. Fonte: SOUZA (2008).

A presença de  $^{226}\text{Ra}$  e  $^{228}\text{Ra}$  na água do mar se dá, principalmente, pelo decaimento de seus precursores dissolvidos na coluna d'água, especificamente  $^{230}\text{Th}$  e  $^{232}\text{Th}$ . Após o decaimento, os isótopos de rádio normalmente se dissolvem das águas intersticiais do sedimento do fundo marinho para a coluna d'água (PENTREATH, 1984 *apud* COSTA, 2016). Para a quantificação de sua distribuição, aconselha-se utilizar as razões de atividade  $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ , que é alta em regiões de corpos d'água com circulação restrita com o oceano aberto, e conforme as águas costeiras e oceânicas se misturam, essa razão diminui. Esse processo ocorre por conta da diferença nas constantes de decaimento entre o  $^{228}\text{Ra}$  e  $^{226}\text{Ra}$ , onde o  $^{228}\text{Ra}$  se regenera cerca de 280 vezes mais rápido quando o tório é depositado. Entretanto, quando comparados aos isótopos  $^{223}\text{Ra}$  e  $^{224}\text{Ra}$ , ambas as taxas de decaimento são elevadas, o que resulta na presença destes elementos a maiores distâncias da margem continental (SOUZA, 2008).

Porém, todos os isótopos de rádio são altamente reativos e raramente estão em seu estado livre, formando, por exemplo, sais de carbonato, sulfato e cloreto. Concentrações elevadas destes radioativos no meio podem ser prejudiciais principalmente aos mamíferos marinhos, visto que são facilmente incorporados nos ossos, causando exposição interna. Além disso, algumas espécies de fito- e zooplâncton podem acumular o isótopo  $^{226}\text{Ra}$ , em concentrações de 7300 e 860, respectivamente, que em zonas biologicamente produtivas possivelmente são transferidas para o sedimento (PENTREATH, 1984; KOIDE *et al.*, 1976 *apud* COSTA, 2016).

De acordo com COSTA (2016), o monitoramento dos isótopos de rádio auxilia, dentre outros, na identificação de processos marinhos, como a intrusão de água subterrânea nos oceanos, capaz de reconhecer tanto sítios de descarga quanto a existência de contato desta água com o continente. Além disso, também são traçadores de processos de mistura estuarina e oceânica devida às diferenças na razão de adsorção no sedimento de fundo e dissolução na coluna d'água, e norteadores no mecanismo de mistura dominante (difusão ou advecção). Na predominância da difusão em direção ao alto-mar, a relação variação de concentração *versus* distância será inversamente proporcional, enquanto na predominância da advecção, o gráfico apresentará uma deflexão vertical – positiva caso o processo seja em direção ao alto-mar e negativa caso seja em direção à costa (SOUZA, 2008).

Os resultados de radionuclídeos obtidos nas amostras de sedimento coletadas neste PCA apresentaram concentrações de  $^{226}\text{Ra}$  entre 8,78 e 16,94 Bq/kg. Para  $^{228}\text{Ra}$  as amostras apresentaram valores de 14,83 a 34,73 Bq/kg. Para ambos, não há referência para comparação.

A razão  $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$  apresentou um resultado baixo, mediana de 1,68 Bq/kg, como era de se esperar em regiões oligotróficas, com mínimas contribuições continentais e mistura de águas e consequentemente baixo teor de radioisótopos.

#### 6.2.3.8. Fauna Bêntica

A meiofauna foi caracterizada no Bloco BM-S-40 por cinco grupos principais: Nematoda, Copepoda, Poliqueta, Oligoqueta e Kinorhyncha (**Figura 47**). Dentre esses, Nematoda destacou-se por sua elevada abundância e frequência entre as amostras, representando 82,2% dos organismos coletados entre as estações. Esse resultado corrobora com o padrão global, com Nematoda representando geralmente de 50 a 90% do total da meiofauna, sendo um dos táxons mais abundantes e com maior riqueza específica dentre os metazoários (HEIP *et al.*, 1982; COOMANS, 2002; LAMBSHEAD, 2004; VANREUSEL *et al.*, 2010a). Ainda, a dominância do grupo Nematoda aumenta com a profundidade, chegando a mais de 90% em alguns lugares (DANOVARO *et al.*, 2000). Embora a composição da meiofauna tenha sido similar entre as estações, foi observado um número maior de táxons em determinados locais. Enquanto Nematoda e Copepoda foram registrados em todas as estações, os poliquetas ocorreram em cinco delas, Kinorhyncha foram registrados em duas e oligoquetas em apenas uma.

O grupo dominante na área de estudo, Nematoda, foi composto por 34 gêneros pertencentes a 19 famílias. O gênero *Sabatieria* representou 55,3% dos organismos, dominando em densidade, que variou de 23 a 71 inds/10cm<sup>2</sup>, e frequência, sendo registrado em 100% das amostras. Além de *Sabatieria*, os outros gêneros que se destacaram em frequência foram *Desmodora*, *Gammanema*, *Halalaimus* e *Hopperia*, e em dominância numérica foram *Halalaimus*, *Elzalia*, *Cervonema*, *Desmodora*, *Sphaerolaimus*, *Daptonema* e *Gammanema*. Esse estudo corrobora com outros trabalhos realizados na costa brasileira, nos quais a maior parte desses gêneros são citados como dominantes em habitats costeiros e oceânicos, inclusive em baías do sudeste brasileiro (FONSÊCA-GENEVOIS *et al.*, 2017; NETTO *et al.*, 2005; VENEKEY *et al.*, 2010; VENEKEY, 2017). Esses organismos já foram reportados para outras regiões do globo, onde *Sabatieria* foi um dos gêneros descritos

como típicos de mar profundo (TIETJEN, 1984; VANREUSEL *et al.*, 2000) cuja densidade tende a aumentar com a profundidade (VANAVERBEKE *et al.*, 1997a; MUTHUMBI *et al.*, 2004). O gênero *Sabatieria* é um dos gêneros de Nematoda mais comuns em habitats bênticos marinhos, especialmente em sedimentos de areno-lodosos (PLATT, 1985).

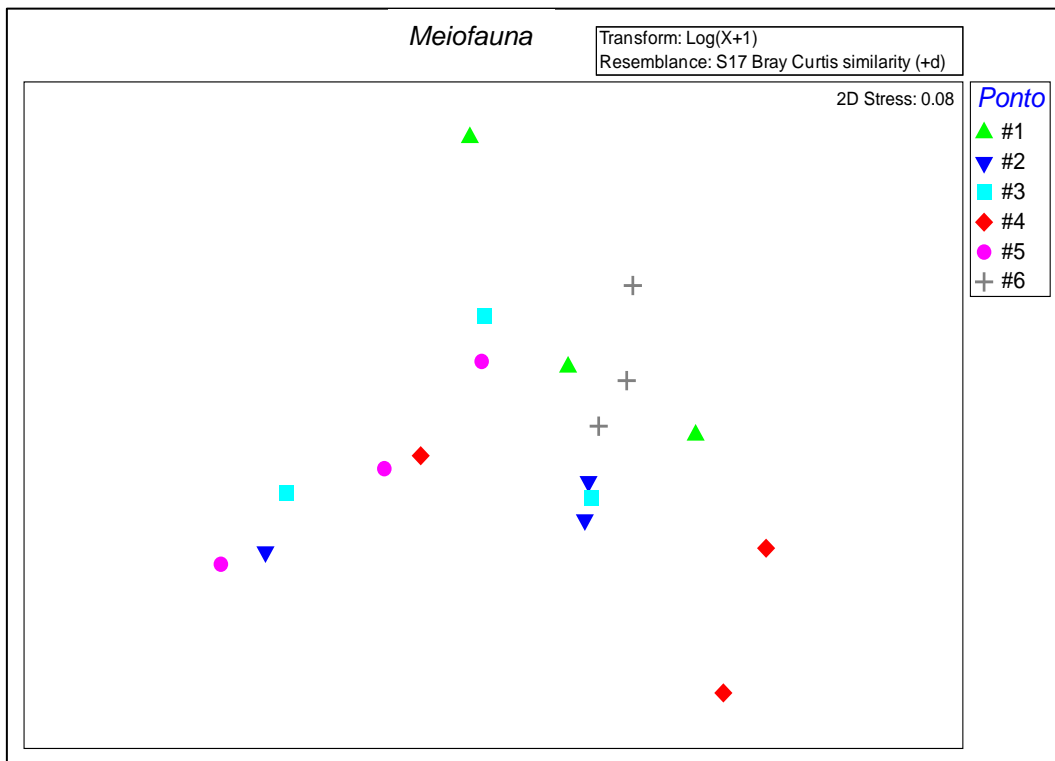
Quanto aos descritores univariados analisados para Nematoda, como riqueza, densidade, diversidade e equitatividade, nenhum diferiu significativamente entre as estações. Os valores de densidade média oscilaram entre 14,3 e 36,3 inds/10cm<sup>2</sup>. Valores igualmente baixos já foram reportados em áreas similares tais como Bacia do Pará-Maranhão, Ceará e Barreirinhas onde foram encontrados valores médios em torno de 20 inds/m<sup>2</sup>. Estes resultados indicam o efeito da redução da produtividade e disponibilidade de alimento sobre a fauna bêntica (DANOVARO *et al.*, 2008).

Assim, como mostrado por LAMBSHEAD *et al.* (1995) há um gradiente de biodiversidade da meiofauna desde as áreas rasas até o oceano profundo, com um pico de diversidade a cerca de 1000 a 1500m, após o qual a riqueza e densidade da fauna decrescem rapidamente. A riqueza média nesse estudo variou entre 5,3 e 10 gêneros, sendo que 47,1% dos gêneros apareceram apenas uma vez em toda a amostragem. Tal fato, queda na densidade e riqueza, é reconhecido como um padrão mundial de variação da densidade de Nematoda nesses ambientes (VANAVERBEKE *et al.*, 1997a; FONSCA-GENEVOIS *et al.*, 2017; DINET, 1979; SHIRAYAMA, 1983; TIETJEN, 1992; VINCX *et al.*, 1994; SOETAERT & HEIP, 1995). Por serem zonas com redução de luz solar, impossibilitam a fotossíntese, diminuindo a produção primária, levando as comunidades de fundo a se alimentarem de matéria orgânica carregada de zonas fóticas, que variam em diferentes períodos do ano (MOENS *et al.*, 2013). Essas características acabam por acarretar dominância de um pequeno número de espécies de alta abundância (VETTER & DAYTON 1998) e redução da diversidade (GAGE *et al.*, 1995).

A avaliação da diversidade trófica revelou que não existem variações nos hábitos alimentares dos Nematoda entre as estações. As espécies detritívoras não seletivas (1B), que se alimentam de partículas de matéria orgânica com diâmetro maior, foram as mais abundantes neste estudo, representando 68% do total. Detritívoros não seletivos são conhecidos por exibir capacidade de recolonização após distúrbios, mas em ambientes menos perturbados eles são menos dominantes (LEE *et al.*, 2001a). Isso é ilustrado pelo gênero *Sabatieria*, um detritívoro não seletivo comum nos sedimentos da margem continental (Vanreusel *et al.*, 2010) e dominante nesse estudo altamente dominante em áreas perturbadas, mas raro em outras áreas (SOETAERT & HEIP, 1995; LEE *et al.*, 2001b; GARCIA *et al.*, 2007; VAN GAEVER, 2009; INGELS *et al.*, 2011). Os Nematoda classificados como “predadores/onívoros” (2B) e como “detritívoros seletivos” (1A) apresentaram dominância semelhante (14% e 13% respectivamente). A presença dos nemátodos predadores/onívoros pode estar associada a uma maior variedade de itens alimentares tais como diatomáceas, juvenis de macrofauna e demais organismos da meiofauna (SEMPRUCCI *et al.*, 2018). A presença de nemátodos detritívoros seletivos, por outro lado, tem sido explicada pela produção bacteriana e formação de biofilmes oriundos da degradação de matéria orgânica (ARMENTEROS *et al.*, 2009).

As variáveis abióticas do sedimento também foram importantes na distribuição da meiofauna explicando 23% da variabilidade observada. As principais diferenças foram observadas entre réplicas das estações 2 e 3 com maiores concentrações de matéria orgânica, assim como da estação 1 com

maiores concentrações de sedimentos mais finos, nitrogênio e da razão nitrogênio/fósforo. Já na parte negativa do eixo principal foi observado réplicas da estação 2, 4 e 6 com maiores concentrações de fósforo, areia, chumbo, cobre, arsênio e HTP. O eixo secundário explicou 19% da variação encontrada, com maiores concentrações de chumbo, carbonatos e razão carbono/nitrogênio em réplicas da estação 2 e 5 (eixo positivo). No eixo negativo a estação 1 e réplicas da estação 6 foram associadas com maiores concentrações de sedimentos finos, cromo, nitrogênio e da razão nitrogênio/fósforo.



**Figura 47:** Análise de ordenação (nMDS) de meiofauna avaliando as diferenças entre as estações de coleta, Bloco BM-S-40, Bacia de Santos.

Para a macrofauna, a área de estudo foi numericamente dominada por poliquetas, que representaram cerca de 82% da fauna coletada em todas as seis estações amostrais. Os crustáceos foram o segundo grupo mais abundante (10%) representados principalmente por tanaidáceos, não diferindo da fauna comumente encontrada em regiões de oceano profundo (GERINO *et al.*, 1995; GAGE & TYLER, 1996; COSSON *et al.*, 1997; FLACH & BRUIN, 1999; TYLER, 2003). Esta dominância de poliquetas tem sido retratada em diversas regiões do oceano profundo, com representação entorno de 40 a 90% da macrofauna total (COSSON *et al.*, 1997; LEVIN *et al.*, 2001; GALÉRON *et al.*, 2009) bem como na própria bacia de Campos (LAVRADO *et al.*, 2017; NETTO *et al.*, 2005) e Santos (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2019d). Um estudo na região avaliando diferentes profundidades identificou a dominância desse grupo em todas as isóbatas, com variação de 44% no talude superior (400 m) e 75% no talude inferior e Platô de São Paulo (1.900 a 3.000m; BERNARDINO *et al.*, 2016).

Os poliquetas podem corresponder a mais de 2/3 de toda a comunidade bêntica encontrada nos fundos marinhos não consolidados (NYBAKKEN & BERTNESS, 2004; ROUSE & PLEIJEL, 2006; NETTO *et al.*, 2018). A alta diversidade e permanência deste grupo está provavelmente relacionada com as diferentes estratégias de alimentação e seus hábitos de vida (GIANGRANDE, 1997). Devido à sua variedade de hábitos alimentares e tendo muitas espécies depositóvoras, são adaptados e capazes de explorar a matéria orgânica depositada no fundo (THISTLE, 2003). Os estudos da fauna de poliquetas de mares profundos têm revelado que, em geral, são de menor tamanho e possuem um número de segmentos reduzido, quando comparados com organismos de regiões costeiras (HESSLER & JUMARS, 1977; ATTOLINI, 2002). Foram registrados neste estudo 30 morfoespécies de poliquetas ao longo de todas as estações amostrais do Bloco BM-S-40, exibindo pouca variação de riqueza entre as seis estações.

A família Paraonidae e seu gênero *Aricidea* estiveram presentes em todas as estações e se destacaram por apresentar a maior densidade por metro quadrado registrada (estação 3 – Paraonidae = 1.590 Inds/m<sup>2</sup>; *Aricidea* = 1.273 Inds/m<sup>2</sup>). Paraonidae está entre os poliquetas mais abundantes das assembleias bênticas, com alta riqueza de espécies (AS/PEG, 2003a; HILBIG & BLAKE, 2016). Estão presentes em todos os oceanos e são ligeiramente dominantes em ambientes de substrato mole especialmente em regiões mais profundas (STRELZOV, 1979; SOTO *et al.*, 2010; JUMARS *et al.*, 2015; EISENBARTH *et al.*, 2016). Vivem sobre o sedimento ou ocupando tubos espiralados, podendo ou não, ser revestido por muco (ROUSE & PLEIJEL, 2001). Se alimentam de depósitos moveis, sendo estes provindos de zonas superficiais ou subterrâneas (JUMARS *et al.*, 2015).

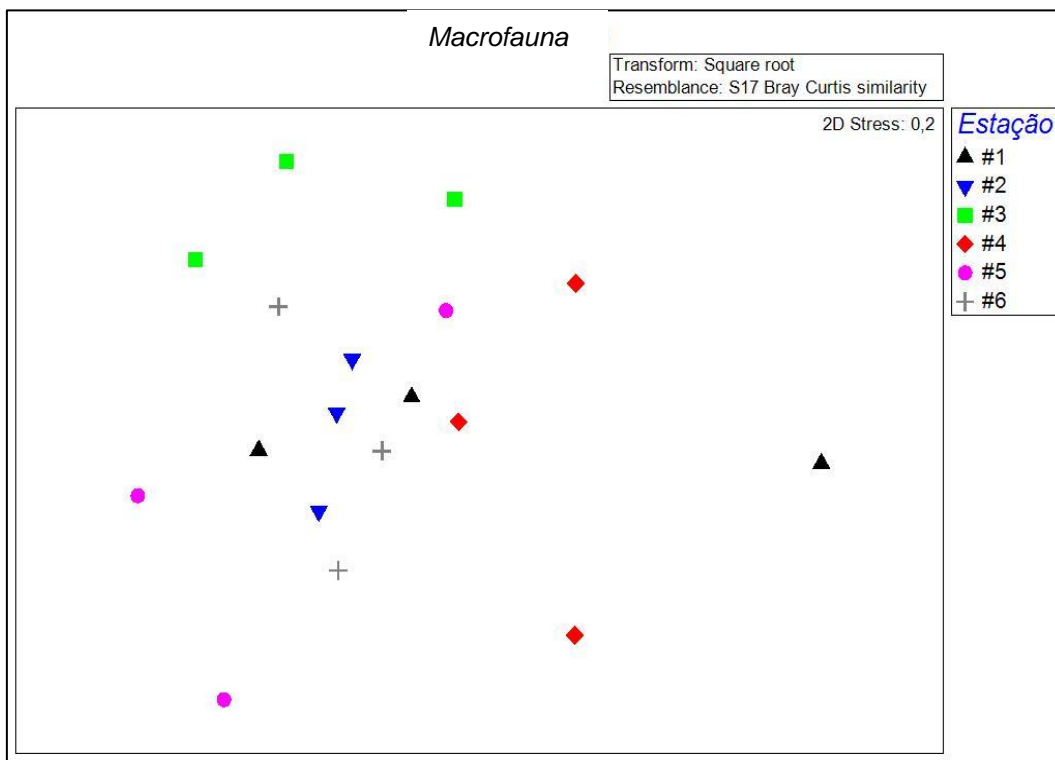
Dentre os crustáceos, segundo grupo mais abundante do estudo, os Peracarida foram os de maior riqueza e densidade. Os peracaridos representaram 87% da fauna identificada para o grande grupo dos crustáceos. Valores próximos a este também foram constatados em outros estudos na localidade da Bacia de Santos, mostrando a representação de 94% deste grupo sobre a fauna carcinológica (AS/PEG, 2003a). A dominância de peracaridos também é mostrada por HESSLER *et al.* (1979), que enfatiza a predominância destes organismos, compreendendo na maioria das vezes 32 a 51% de toda fauna macrobêntica. A diversidade dos Peracarida quase sempre excede àquela de todos os demais crustáceos tanto em regiões de plataforma continental ou em regiões mais profundas.

Os valores médios de densidade da macrofauna neste estudo foram de 2.500 inds/m<sup>2</sup>. Estes dados de densidade são inferiores aos obtidos em outros estudos na região (Bacia de Campos) em profundidades similares (BERNARDINO *et al.*, 2016; LAVRADO *et al.*, 2017) porém, superiores ao encontrado em áreas como Bacia do Pará-Maranhão, Ceará e Barreirinhas (dados não publicados). Os dados obtidos através dos Projetos de Monitoramento Ambiental do Desenvolvimento da Produção de Petróleo dos Campos de Baúna e Piracaba mostraram que os valores de densidade foram bem variáveis, com valores médios oscilando em torno de 122 a 3.062 ind/m<sup>2</sup> entre as oito campanhas realizadas (PETROBRAS/BOURSCHIED, 2019d). Os fatores que determinam a variabilidade na distribuição da macrofauna são heterogeneidade do sedimento, input de nutrientes, disponibilidade de oxigênio, perturbações físicas e distribuição de alimento (DANOVARO *et al.*, 2000;

HEWITT *et al.*, 2005; VANREUSEL *et al.*, 2010; NEPHIN *et al.*, 2014). Além disso, vários estudos têm mostrado que as assembleias bênticas exibem padrões batimétricos de abundância decrescente, mudanças na composição taxonômica e diversidade, relacionadas à diminuição da disponibilidade de alimentos e processos oceanográficos.

A análise de correlação entre as variáveis abióticas do sedimento com a macrofauna identificou relações significativas entre as concentrações de chumbo e HTP. Uma relação de 23% dessas variáveis abióticas foi observada sendo que 16% explicaram a variabilidade observada. Réplicas da estação 1 ficaram mais relacionadas com chumbo e das estações 3 e 6 relacionadas a concentração de matéria orgânica, cobre e a razão entre carbono e nitrogênio. No eixo secundário as variáveis que mais contribuíram foram HTP, areia e concentração de nitrogênio, principalmente nas estações 1, 3 e 5. Já a estação 4 ficou mais relacionada com as concentrações de cromo. A relação observada na macrofauna bêntica com os abióticos no sedimento pode estar associada aos locais específicos de deposição. Estes locais não são estáticos e podem ser influenciados por diversos fatores que diferem em escalas espaciais e sazonais (PROUTY *et al.*, 2017).

Considerando a escala espacial deste estudo, foi possível observar valores de a riqueza, densidade e diversidade similares e uma maior variação na dominância de grupos taxonômicos entre as seis estações amostradas.



**Figura 48:** Análise de ordenação (nMDS) da macrofauna bêntica avaliando as diferenças entre as estações do Bloco BM-S-40, Bacia de Santos.

No **Anexo XVI\_A** é disponibilizado o relatório completo da biota benthica, com descrições metodológicas detalhadas, apresentação e discussão de todos os resultados brutos obtidos, incluindo inventário taxonômico.

#### 6.2.3.9. Síntese da Qualidade Ambiental

A meiofauna presente na área do bloco BM-S-40 é caracterizada pela dominância de Nematoda e do gênero *Sabatieria*. Os descritores univariados analisados (número táxons, densidade e índices de diversidade e equitatividade) não variaram significativamente entre as estações, exibindo uma área relativamente homogênea do Bloco. Ainda, de acordo com o índice de diversidade trófica, a área apresentou valores similares, sem diferenças entre as estações.

Em relação a macrofauna, as poliquetas dominaram nas seis estações e a família Paraonidae (gênero *Aricidea*) apresentou a maior densidade por metro quadrado. Foi possível observar uma baixa riqueza, densidade e diversidade e uma maior variação na dominância de grupos taxonômicos específicos.

As relações das variáveis abióticas com a meio e macrofauna benthica podem estar relacionadas a padrões de distribuição sedimentar, e não a valores de contaminantes que extrapolem as concentrações em sedimentos marinhos.

A fauna benthica se mostrou um bom indicador para diagnosticar perturbações naturais ou antrópicas, podendo ser aplicada em monitoramento ambiental dessa área no futuro.

No sedimento, nenhum parâmetro analisado ficou acima das diretrizes norteadoras. Metais considerados pesados como chumbo, cádmio e mercúrio, mesmo em proporções pequenas podem ser tóxicos, já que estes metais não fazem parte dos processos metabólicos dos organismos. Neste PCA, nenhum metal passou os valores estabelecidos pelos TEL e PEL (BUCHMAN, 2008).

As perguntas elencadas para nortear as análises integradas da qualidade do sedimento e biota associada puderam ser respondidas:

- **Houve variação espacial significativa na área do bloco, considerando as estações de caracterização ambiental?**  
Não foram identificadas variações espaciais significativas entre as estações amostradas para caracterização ambiental no que se refere aos componentes bióticos (meiofauna e macrofauna) e abióticos.
- **Quais as correlações significativas entre parâmetros na área do bloco?**  
Foram observadas correlações entre os parâmetros bióticos e abióticos analisados. Os parâmetros do sedimento que contribuíram para composição da macrofauna foram principalmente chumbo e HTP e para a meiofauna, as concentrações de C:N e C:P foram significativas.

## 7. Considerações e Conclusões



Não foram identificadas quaisquer condições ambientais fora do esperado na área do Bloco BM-S-40, Bacia de Santos.

## Conclusões do PCA do Bloco BM-S-40, Bacia de Santos

### Mapeamento e imageamento do fundo marinho

mapeamento	estratégia metodológica adotada	mapeamento batimétrico e sedimentológico envolvendo reprocessamento de dados sísmicos 3D
	abrangência	Toda área do bloco BM-S-40
	responsabilidade	Dr. Cleverson Guizan Silva – UFF
	caracterização geral	Identificação de regiões com altos-fundos e pockmarks, indicando possível área biogênica
	observações	Além da verdade de campo através de amostragens, foi prevista verdade de campo através de imageamento, incluindo 3 dos pockmarks identificados na área do bloco e um transecto entre os alto-fundos
imageamento	estratégia metodológica adotada	ROV com capacidade operacional até 3.000m de lâmina d'água
	abrangência	8 radiais de 450 metros para as estações de #1 a #6; um transecto de 1.500 metros passando por 2 alto-fundos na estação #7; 8 radiais em cada um dos 3 pockmarks com distâncias a depender da circunferência inicial de cada estação.
	georreferenciamento	Sistema HIPAP USBL do próprio ROV com registros de coordenadas na tela
	orientação técnica dos registros em campo	Surveyor Adão Calixto (R.O.V) Aline Z. Meurer (Equipe biológica) André Silva Francisco (Equipe biológica)
	caracterização geral	Para as 10 estações que compõe o PCA na área não foi encontrado e identificado bancos biogênicos, principalmente corais de profundidade. Nas filmagens de fundo foi possível verificar um sedimento homogêneo, de cor acinzentada, aparentemente de textura fina e com a presença esparsa de carapaças e marcas de bioturbação.
observações	No imageamento realizado foi observado 1.275 organismos da fauna bêntica distribuídos em 17 táxons e divididos em 5 grupos principais, entre eles Equinodermata, Crustácea, Mollusca, Cnidária e Chordata. Equinodermata foi o filo mais abundante e representou 60% da fauna observada, seguido pelos crustáceos com 32%, peixes bênticos 3%, molusco 2% e cnidária 1,6%. Os equinodermos foram representados principalmente pela classe Asteroidea, sendo uma espécie da ordem Valvatida a mais abundante, representando 58% do total de organismos observados.	

### Comunidades Marinhas Bênticas no Bloco BM-S-40

Foram identificadas comunidades bênticas bioconstrutoras (algas calcárias e corais de águas profundas, por exemplo)?	Não
Foram identificadas assembléias bênticas de qualquer natureza?	Não assembléias bênticas, mas ocorrências de megafauna, macrofauna e meiofauna
Foram identificadas acumulações de detritos orgânicos e/ou minerais?	Não
Foram identificadas emanções frias ( <i>cold seeps</i> ), exsudações, de gás sulfídrico, metano ou outros compostos hidrocarbônicos?	Não
Foi gerada alguma FNFB (Ficha de Notificação de Formação Biogênica)?	Não

#### Observações

(sim/não - caso positivo, descrição contendo características principais, presença, ou não, de organismos vivos, metodologia amostral que permitiu a identificação, dentre outras informações)

### Caracterização Ambiental

amostragens	abrangência da malha amostral	Toda área do bloco
	áreas de interesse para perfuração/produção	Patola 1 e Patola 2
	distâncias entre as estações	Entre 3,14 e 7,39 km entre si
	CTD	6 estações – toda coluna d'água
	água	6 estações em 3 estratos (18 amostras)
	quantidade de estações e estratos/réplicas	6 estações – em 3 estratos (18 amostras) para fitoplâncton, com arrastos oblíquos para zooplâncton (6 amostras) na rede simples de 200 µm e para ictioplâncton na rede bongô nas malhas de 330 µm e 500 µm (12 amostras)
	plâncton	
	sedimento	6 estações em triplicata
	bentos	6 estações em triplicata
	precisão e registro de coordenadas amostradas (sedimento)	raio máximo de erro de 200 m com uso de USBL devidamente calibrado
imageamento prévio às amostragens de sedimento	sim	
qualidade da água e biota associada	termoclina	entre 14 e 247 metros e temperaturas entre 12,9° e 26,3°
	massas d'água identificadas	Água Tropical (AT), Água de Mistura (AM) e Água Central do Atlântico Sul (ACAS)
	variação vertical	Variações verticais identificadas ligadas às características oceanográficas
	variação na área do bloco	Não identificada
	parâmetros fora de enquadramento	CONAMA 357/05 águas salinas de classe 1 Nitrato (acima do VMR na ACAS)

**Caracterização Ambiental**

	comparação com referências	Nenhuma ocorrência de parâmetro variando de forma diferente do esperado com base da literatura	
	Riqueza ( <i>táxons</i> )	97 táxons	
fitoplâncton	densidade	fitoplâncton total: 3,6.106 a 13,2.106 cel.L	
	diversidade	variou entre 1,58 e 3,47	
	grupo dominante	diatomáceas e dinoflagelados	
	Riqueza ( <i>táxons</i> )	54 a 64 táxons	
	densidade	315,50 a 417,55 ind.m <sup>-3</sup>	
	diversidade	3,33 a 4,01. Não tem unidade.	
zooplâncton	grupo dominante	Copepoda (87%)	
	espécies oportunistas	Não	
	espécies invasoras	<i>Temora turbinata</i>	
	espécies ameaçadas	Não	
	riqueza ( <i>larvas</i> )	32 famílias e 36 espécies (16 a 28 táxons por estação de coleta)	
	densidade ( <i>ovos e larvas</i> )	Ovos: 0,21 a 1,03 ovos.100 m <sup>-3</sup> ; Larvas: 5,95 a 23,74 larvas.100 m <sup>-3</sup>	
ictioplâncton	diversidade ( <i>larvas</i> )	Não se aplica	
	famílias dominantes	Myctophidae (peixe lanterna)	
	espécies invasoras	não	
	espécies ameaçadas	não	
	destinação do material biológico coletado	Laboratório Integrado de Zooplâncton e Ictioplâncton da Universidade Federal do Rio de Janeiro	
qualidade do sedimento e biota associada	variação na área do bloco ( <i>parâmetros e observações</i> )	Não identificada	
	parâmetros fora de enquadramento	Não	
	comparação com referências	Nenhuma ocorrência de parâmetro variando de forma diferente do esperado com base da literatura	
	meiofauna	riqueza	2,5 (média táxons)
		densidade	25 (média Indivíduos/10cm <sup>2</sup> )
		diversidade	0,39 (média)
		grupo dominante	Nematoda
		estrutura trófica	No geral, 68% dos Nematoda foram compostos por “detritívoros não seletivos” (1B) e foram abundantes em todas as estações, em especial na 1. Nematoda classificados como “predadores/onívoros” (2B) compuseram 14% deste grupo principalmente na estação 4. O grupo “detritívoros seletivos” (1A) correspondeu a

## Caracterização Ambiental

		13% sendo mais abundante nas estações 1, 2 e 6. Já os organismos que se alimentam no “epistrato” (2A) corresponderam a 6% da fauna e foram encontrados em maior densidade nas estações 3, 1 e 5.
	espécies oportunistas	Não
	espécies invasoras	Não
	espécies ameaçadas	Não
	riqueza	19 (média) táxons
	densidade	1.751 (média) indivíduos/m <sup>2</sup>
	diversidade	2,65 (média)
	grupo dominante	Poliqueta (81,71%)
	espécies oportunistas	Não
	espécies invasoras	Não
	espécies ameaçadas	Não
	espécies raras	Não
macrofauna	espécies endêmicas	Não
	espécies indicadoras da qualidade ambiental	Neste primeiro momento, de caracterização ambiental, todos os organismos da fauna bêntica são utilizados como indicadores da qualidade ambiental.
	espécies com importância na cadeia alimentar	Sim. Os organismos da macrofauna são utilizados como a base da cadeia alimentar de muitas espécies de peixes e crustáceos.
	espécies de interesse econômico	Não
	espécies de interesse científico	Sim. Se tratando de organismos com grande participação na ciclagem de nutrientes como matéria orgânica depositados principalmente em ambientes de oceano profundo onde são poucos conhecidos.
	destinação do material biológico coletado	Material tombado na Universidade do Sul de Santa Catarina - Laboratório de Ciências Marinhas

## ABIO

número e validade	1334/2020 (8543164) válida até 09/10/2021
alteração de Relação de Equipe Técnica (RET) (data e protocolo SEI)	não
observações	-

## 8. Equipes e Instituições

A profissional responsável técnica pela implementação do presente projeto é a Bióloga Paula Vieira Castellões, sob a Anotação de Responsabilidade Técnica Nº 2-36687/20-E (**Anexo II**). A seguir são apresentados os nomes, acompanhados de titulação, cargo, responsabilidades, registro de classe e cadastro técnico no IBAMA, dos profissionais da PRO-OCEANO Serviço Oceanográfico e Ambiental Ltda. (**Tabela 18**), e os diretamente envolvidos na gerência, implementação e elaboração do relatório deste PCA, incluindo os Cadastro Técnico Federal das Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental (CTFAIDA/IBAMA).

**Tabela 18:** Equipe técnica envolvida (empresa e profissionais) na gerência e implementação da campanha de caracterização ambiental do Bloco BM-S-40 e elaboração de relatório.

empresa/profissional	cargo/formação	registro de classe	CTFAIDA/ IBAMA
PRO-OCEANO Serviço Oceanográfico e Ambiental Ltda.	empresa	CRBio-2 Nº2499 AOCEANO Nº23PJ	201344
Júlio Augusto de Castro Pellegrini, Dr.	Diretor Geral/ Oceanógrafo	AOCEANO Nº666	210325
Leonardo Maturo Marques da Cruz, MSc.	Diretor/Oceanógrafo	AOCEANO Nº1237	252527
Paula Castellões, MSc. (Profissional Responsável Técnica)	Gerente de Meio Ambiente/Bióloga	CRBio-2 Nº29526/02-D	216354
Tiago Cardoso de Miranda	Gerente de Projetos/ Oceanógrafo	sem registro	637144
Pedro Marques São Thiago	Coordenador de Projetos/Oceanógrafo	sem registro	1452979
Rafael do Rego Barros Lapagesse Alves Corrêa	Oceanógrafo	sem registro	7192805
Fernanda Bastos de Ramos Lima	Técnico Ambiental/ Oceanógrafa	sem registro	7499374
André Mejia Grijó	Técnico Ambiental/ Oceanógrafo	sem registro	5509318
Luiza Peiter de Barros Barreto	Analista Ambiental Jr/ Oceanógrafa	sem registro	7437543
Santiago Gonzalez Bravo	Suporte técnico (externo)/ Oceanógrafo	sem registro	7744957
Patrícia da Cunha Marroig	Analista de Planejamento/Oceanógrafa	sem registro	5253033
Beatriz Barbosa Machado	Suporte técnico (externo)/ Bióloga	CRBio-2 Nº84295/02-D	5393333
Priscilla Barreto Rainha	Suporte técnico (externo)/ Bióloga	CRBio-2 Nº78830/02-D	3241839
Aline Zaccaron Meurer	Análise integrada (externo)/ Bióloga	CRBio-3 Nº63025/03-D	1932828
André Silva Francisco	Análise integrada (externo)/ Biólogo	CRBio-3 Nº69241/03-D	1720612

empresa/profissional	cargo/formação	registro de classe	CTFAIDA/ IBAMA
Elianne Omena	Revisão geral/Bióloga	CRBio-2 Nº012945/02	317295
Vladimir Oliveira Elias	Geoquímico de Petróleo/ Químico	CRQ-3 032.124-07	194599

As amostragens foram realizadas sob a coordenação da Oceanógrafa Fernanda Lima, e por uma equipe multidisciplinar, para a realização das coletas biológicas, químicas e físicas, nos compartimentos água e sedimento (**Tabela 19**).

**Tabela 19:** Equipe técnica responsável pelas atividades de campo do Bloco BM-S-40.

profissional	cargo/formação	registro de classe	CTFAIDA/ IBAMA
Fernanda Bastos de Ramos Lima	Coord. Campo/ Oceanógrafa	sem registro	7499374
André Mejia Grijó	Coord. Campo/ Oceanógrafo	sem registro	5509318
Beatriz Barbosa Machado	Eq. Técnica/ Bióloga	CRBio-2 Nº84295/02-D	5393333
Gizyelle Costa Miguel	Suporte técnico (externo)/ Bióloga	sem registro	6282905

A seguir são apresentados todos os responsáveis pelas análises das amostras coletadas, assim como os responsáveis pelos resultados analíticos dos laboratórios (**Tabela 20**).

**Tabela 20:** Equipe técnica responsável pelas análises das amostras do PCA do Bloco BM-S-40.

empresa/instituição	profissional/formação	registro de classe	parâmetros analisados
Eurofins Innolab	Rosemar Silva dos Santos/Químico	CRQ-4 03212440	metais, BTEX, Fenóis totais, sulfetos e HTP (água) e metais, HTP, Biomarcadores (sedimento)
Unidade Multiusuário de Análises Ambientais (UMMA)	Dr. Ricardo Pollery/ Biólogo	CRBio-2 32.221/02-D	TDS, TSS, COT, Nitrito, Nitrato, Nitrogênio Amoniacal Total, Nitrogênio Total, Ortofosfato e Fósforo Total, Silicato, clorofila_a e feofitina_a (água) e granulometria, teor de carbonatos, MOT, COT, Nitrogênio Total, Fósforo Total (sedimento)
Laboratório de Caracterização de Águas LabÁGUAS/PUC-RIO	Prof. Dr. José Marcus Godoy/ Químico	CRQ-3 03211017	radionuclídeos Ra226 e Ra228
Laboratório Integrado de Zooplâncton e Ictioplâncton, do Instituto de Biologia/UFRJ (através	Prof. Dr. Sérgio Luiz Costa Bonecker/ Biólogo	CRBio-2 12638/02-D	fitoplâncton, zooplâncton e ictioplâncton

empresa/instituição	profissional/formação	registro de classe	parâmetros analisados
da empresa Thalassa Pesquisa e Consultoria Ambiental)			
Laboratório de Análise Ambiental/UNISUL (através da empresa Marítima Estudos Bênticos)	Prof. Dr. Sergio Netto/ Oceanógrafo	AOCEANO Nº234	macrofauna bêntica

Todas as amostras biológicas obtidas foram devidamente destinadas a instituições públicas nacionais sob curadoria e responsabilidade dos laboratórios e profissionais abaixo identificados (**Tabela 21**). Nos **Anexo XII\_C** e **Anexo XVI\_C** são apresentados os registros destas destinações e tombos de amostras, quando aplicáveis.

**Tabela 21:** Instituições e responsáveis pela curadoria e tombamento das amostras biológicas do PCA do Bloco BM-S-40.

material/ amostras	estações réplicas	coleção	Instituição	laboratório	contato/ curador responsável	data de destinação
fitoplâncton	6 estações/3 estratos	-	Instituto de Biologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro	Laboratório Integrado de Zooplâncton e Ictioplâncton	Dr. Sérgio Luiz Costa Bonecker	19/05/2021
zooplâncton	6 estações	coleção de plâncton	Instituto de Biologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro	Laboratório Integrado de Zooplâncton e Ictioplâncton	Dr. Sérgio Luiz Costa Bonecker	19/05/2021
ictioplâncton	6 estações	coleção de plâncton	Instituto de Biologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro	Laboratório Integrado de Zooplâncton e Ictioplâncton	Dr. Sérgio Luiz Costa Bonecker	19/05/2021
meiofauna bêntica	6 estações (em triplicata)	coleção de zoobentos	Universidade do Sul de Santa Catarina	Laboratório de Análise Ambiental	Dr. Sergio Antônio Netto	14/05/2021
macrofauna bêntica	6 estações (em triplicata)	coleção de zoobentos	Universidade do Sul de Santa Catarina	Laboratório de Análise Ambiental	Dr. Sergio Antônio Netto	14/05/2021

## 9. Referências

AIDAR, E.; GAETA, S.A.; GIANESELA-GALVÃO, S.M.F.; KUTNER, B. & TEIXEIRA, C. 1993. Ecossistema costeiro subtropical: nutrientes dissolvidos, fitoplâncton e clorofila-a e suas relações com as



condições oceanográficas na região de Ubatuba, SP. **Publicação especial Instituto Ocenográfico, São Paulo**, (10) 9:43.

AMINOT, A. & CHAUSSEPIED, M., 1983. **Manuel des analyses chimiques en mi-lieu marin**. Brest: Centre National pour l'Éxploration des Océans, 395 p.

ANDERSON, M. J.; GORLEY, R. N.; CLARKE, K. R. 2008. PERMANOVA+ for PRIMER: Guide to Software and Statistical Methods. Plymouth, UK.

ANVISA, 2019. Coleta, acondicionamento, transporte, recepção e destinação de amostras para análises laboratoriais no âmbito do sistema nacional de vigilância sanitária - Guia Nº 19 /2019 – Versão 2 – Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2957432/Guia+n%C2%BA+19-2019+-+vers%C3%A3o+2.pdf/43c1ad08-004b-4665-881d-6da2177e1f54>.

ARMENTEROS M.; A. RUIZ-ABIerno, R. FERNÁNDEZ-GARCÉS, J.A. PÉREZGARCÍA, L. DÍAZ-ASENCIO, M. VINCX, W. DECRAEMER. **Biodiversity patterns of free-living marine nematodes in a tropical bay Cienfuegos, Caribbean Sea**. Estuarine, Coastal and Shelf Science, (2009), 85(2): pp. 179-189.

AS (Analytical Solutions S.A.) & PEG (Petroleum Environmental Geoservices Ltda.), 2003a. Projeto Diagnóstico Ambiental das Áreas de Exploração e Produção nas Bacias de Santos, Campos e Espírito Santo (MMA - Ministério do Meio Ambiente e PETROBRAS - Petróleo Brasileiro S.A.). Primeira etapa - Relatório referente à Bacia de Santos. 578p. (5 anexos).

ATTOLINI, F. S. 2002. Padrões de distribuição de poliquetas macrobentônicos na região de plataforma externa e talude superior entre Cabo Frio (RJ) e Cabo de Santa Marta (SC), costa sudeste do Brasil. Tese de Doutorado. **Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo**, p.115.

BARROSO, Gilberto Fonseca; LITTLEPAGE, Jack. Protocolo para análise de clorofila a e feopigmentos pelo método. 1998.

BAUMGARTEN, M.G.Z., ROCHA, J.M.B & NIENCHESKI, L.F.H., 1996. Manual de Análises em Oceanografia Química. Departamento de Química. **Editores FURG**, Rio Grande, 132p.

BERNARDINO A.F.; V. BERENQUER, V.P. RIBEIRO-FERREIRA. Bathymetric and regional changes in benthic macrofaunal assemblages on the deep Eastern Brazilian margin, SW Atlantic. **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, (2016), 111, pp. 110-120.

- BORDOVSKIY, O.K., 1965. Accumulation of organic matter in bottom sediments. **Marine Geology v 3**, p. 33-82.
- BORNEFF, J.; SELENKA, F.; KUNTE, H. & MAXIMOS, A. 1968. Experimental studies on the formation of polycyclic aromatic hydrocarbon in plants. **Environmental Research, 2**: 22-29.
- BOULOUBASSI, I., SALIOT, A. 1993. Investigation of anthropogenic and natural organic inputs in estuarine sediments using hydrocarbon markers (NAH, LAB, PAH). **Oceanologica Acta**. 16(2): 145-161.
- BOULOUBASSI, I., FILLAUX, J., SALIOT, A., 2001. Hydrocarbons in surface sediments from the Changjiang (Yangtze River) estuary, East China Sea. **Marine Pollution Bulletin**. 42(12): 1335-1346.
- BRAGA, E. S. & NIENCHESKI, L.F.H. 2006. Composição das massas de água e seus potenciais produtivos na área entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In: O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região sudeste-sul do Brasil. ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L. & MADUREIRA, L.S-P (org.). **Edusp**. 466p.
- BRAKSTAD, O.G.; FAKSNESS, L.G.; MELBYE, A.G., 2002. Depletion of Compounds from thin oil films in seawater. In: **Proceedings of 25th Arctic and Marine Oil Spill Program (amop) Technical Seminar**, 2. Alberta. Vancouver: British Columbia. p. 921-940.
- BROWN, J.; COLLING, A.; PARK, D.; PHILLIPS, J.; ROTHERY, D. & WRIGHT, J. 1989. Ocean chemistry and deep-sea sediments. **Oxford** (Pergamon Press).
- BUCHMAN, M.F., 2008. **NOAA Screening Quick Reference Tables**, NOAA OR&R Report 08-1, Seattle WA, Office of Response and Restoration Division, National Oceanic and Administration, 34 pages.”
- CANFIELD, Donald Eugene. 2004. The evolution of the Earth surface sulfur reservoir. **American Journal of Science**, v. 304, n. 10, p. 839-861.
- CASTRO, B. M. & MIRANDA, L. B., 1998. **Physical Oceanography of the Western Atlantic Continental Shelf Located between 4ºN and 34ºS Costal Segment (4,W)**. Chapter 8. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo

- CCME – CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT, 2015. **Consult the Canadian Environmental Quality Guidelines introductory text, factsheet and/or protocols for specific information and implementation guidance pertaining to each environmental quality guideline.**
- CETESB, CADEDSP. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. **São Paulo: CETESB, 2011.**
- CHATFIELD, Christopher; COLLINS, Alexander J. 1980. Principal component analysis. In: **Introduction to multivariate analysis.** Springer, Boston, MA. p. 57-81.
- CHESTER, R. Marine geochemistry. London: **Chapman & Hall, 1993, 668p.**
- CLARKE, K. R. & GREEN, R. H. 1988. Statistical design and analysis for a 'biological effects' study. *Marine Ecology Progress Series.* 46: 226-231.
- COLWELL, R. K. & CODDINGTON, J. A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philos Trans R Soc London B-Biol Sci* 345: 101-118.
- CONAMA, 357/2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005. **Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA.** 23 p.
- CONAMA, 454/2012. Resolução CONAMA Nº 454, de 01 de novembro de 2012 (que revogou as Resoluções Nº344 de 2004 e Nº421 de 2010), que estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. **Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA.**
- CONKRIGHT, M. E.; GREGG, W. W.; LEVITUS, S. 2000. Seasonal cycle of phosphate in the deep ocean. **Deep-Sea Research I,** Oxford, v. 47, p. 159-175.
- COOMANS, A. Present status and future of nematode systematics. **Nematology.** 2002. 4(5): pp. 573-582.
- CORMACK, Richard M. 1971. A review of classification. **Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General),** v. 134, n. 3, p. 321-353.

- COSSON N.; M. SIBUET, J. GALÉRON. Community structure and spatial heterogeneity of the deep-sea macrofauna at three contrasting stations in the tropical northeast Atlantic. **Deep-Sea Research Part I: oceanographic research papers**, (1997), 44(2): pp. 247-269.
- COSTA, Alice Miranda Ribeiro. 2016. **Estudo dos radionuclídeos naturais-Ra-226, Ra-228 e Pb-210-em alguns registros sedimentares do Atlântico Sudoeste ao longo do Holoceno**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- COUTINHO, P.N., 1995. Levantamento do estado da arte da pesquisa dos recursos vivos marinhos do Brasil - **Programa REVIZEE**, Oceanografia Geológica.
- DACHS, J.; BAYONA, J. M.; FILLAUX, J.; SALIOT, A.; ALBAIGES, J. 1999. Evaluation of anthropogenic and biogenic inputs into the western Mediterranean using molecular markers. **Marine Chemistry**, v. 65, p. 195-210.
- DANOVARO, R.; TSELEPIDES, A.; OTEGUI, A. & DELLA CROCE, N. 2000. Dynamics of meiofaunal assemblages on the continental shelf and deep-sea sediments of Cretan Sea (NE Mediterranean): relationships with seasonal changes in food supply. **Progress in Oceanography** 46: 367-400.
- DANOVARO, R.; C. GAMBI, A. DELL'ANNO, C. CORINALDESI, S. FRASCHETTI, A. VANREUSEL, M. VINCX, A.J. GOODAY. Exponential Decline of Deep-Sea Ecosystem Functioning Linked to Benthic Biodiversity Loss. *Current Biology*, (2008), 18: pp.1-8.
- DINET, A. A quantitative survey of meiobenthos in the deep Norwegian Sea. *Ambio Special Report, The Deep Sea: ecology and exploitation*, (1979), 8(6): pp. 75-77.
- DUGDALE, R.C. & HOLM-HANSEN, O. 1967. Uptake of new and regenerated forms of nitrogen in primary production. **Limnology Oceanography**, 4: 454-466.
- EISENBARTH, S. & ZETTLER, M.L. 2016. Diversity of the benthic macrofauna off northern Namibia from the shelf to the deep sea. **Journal of Marine Systems**, 155, 1-10.
- EKAU, W. & KNOPPERS, B.A. 1999. An introduction to the pelagic system of the east and northeast brazilian shelf. **Archive of Fishery and Marine Research**, 47(2/3): 113-132.
- EKMAN (Serviços Ambientais e Oceanográficos LTDA) & KAROON (Petróleo e Gás LTDA). Projeto de Monitoramento Ambiental da Atividade de Perfuração Marítima nos Blocos BM-S-61, BM-S-62,

- BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70, Bacia de Santos–Subprojetos A e B. Revisão 00, 2015. 308p. BDCA (bdca.com.br), código WBZX675668, visitado em 02/03/2021.
- ELEFThERIOU, A. & MCINTYRE, A. 2005 **Methods for the study of marine benthos**. Department of Biology, University of Crete, Greece and Hellenic Centre for Marine Research, Crete, Greece School of Biological Sciences, University of Aberdeen, UK.
- ELIAS, V.O., 1998. Geoquímica Orgânica Ambiental e Marinha - A Análise de Fumaças da Queima de Vegetação da Amazônia, Biogeoquímica do Carbono Orgânico Sedimentar e a Contribuição de Queimadas em Sedimentos da Plataforma Continental do Amazonas. 88 f. Tese de Doutorado. **Universidade Federal do Rio de Janeiro**. Novembro de 1998.
- ELIAS, V.O., SIMONEIT, B.R.T., PEREIRA, A.S., CARDOSO, J.N., CABRAL, J., 1999. Detecting Heavy Molecular Weight Organic Tracers in Smoke Samples. **Environ. Sci. Techn.** 33: p. 2369-2376.
- ELIAS, V.O. 2000. **Biogeoquímica molecular do Carbono Orgânico e Contribuições de Queimadas em Sedimentos e Aerosóis da Amazônia**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- ELIAS, V.O., SIMONEIT, B.R.T., CORDEIRO, R.C., TURCQ, B., 2001. Evaluating levoglucosan as an indicator of biomass burning in Carajás, Amazônia: A comparison to the charcoal record. **Geochim. Cosmochim. Acta** 65: p. 267-272.
- ELIAS V.O., SIMONEIT, B.R.T. & CARDOSO J.N. 1997. **Even n-Alkane Predominances on the Amazon Shelf and NE Pacific**. *Naturwissenschaften*, 84, 415-420.
- ELSER, James J. *et al.* 2009. Shifts in lake N: P stoichiometry and nutrient limitation driven by atmospheric nitrogen deposition. **science**, v. 326, n. 5954, p. 835-837.
- FABIANO, M. & DANOVARO, R. 1999. Meiofauna distribution and mesoscale variability in two sites of the Ross Sea (Antarctica) with contrasting food supply. **Polar Biol.**, 22:115-175.
- FIGUEIRA, RUBENS CL; CUNHA, IEDA IL. 1998. A contaminação dos oceanos por radionuclídeos antropogênicos. **Química Nova**, v. 21, n. 1, p. 73-77.
- FLACH E; W. BRUIN. Diversity patterns in macrobenthos across a continental slope in the NE Atlantic. **Journal of Sea Research**, (1999), 42(4): pp. 303-323.

- FONSÊCA-GENEVOIS, V.; M.C. SILVA, V.F. LIRA, P.F. NERES, R.C.C. LIMA, A.M. ESTEVES. Meiofauna do talude continental e cânions da Baía de Campos, com ênfase em Nematoda. In: Falcão, A.P.C., Lavrado, H.P., editoras. Ambiente Bentônico: caracterização ambiental regional da Baía de Campos, Atlântico Sudoeste. Rio de Janeiro: Elsevier. Habitats, (2017), v. 3. pp. 183-226.
- GAETA, S.A. 1999. **Relatório final do Projeto COROAS: Circulação Oceânica na Região Oeste do Atlântico Sul. Parte 6: Nutrientes, Pigmentos e Produtividade Primária.** 22p.
- GAGE J.D.; P.A. TYLER. **Deep-sea Biology: a Natural History of Organisms at the Deep-sea Floor.** Cambridge University Press, Cambridge, (1991), pp. 504.
- GAGE J.D.; GAGE, P.A. Lamont, P.A. Tyler. Deep-sea macrobenthic communities at contrasting sites off Portugal, preliminary results: I—introduction and diversity comparisons. **Int. Rev. Gesamten Hydrobiol.**, (1996), 80, pp. 235–250.
- GALÉRON J.; MENOT, L., RENAUD, N., CRASSOUS, P., KHRIPOUNOFF, A., TREIGNIER, C., SIBUET, M. 2009. Spatial and temporal patterns of benthic macrofaunal communities on the deep continental margin in the Gulf of Guinea. **Deep-Sea Research II** 56, 2299–2312.
- GARCIA R.; A. KOHO, H.C. DE STIGTER, E. EPPING, E. KONING, L. THOMSEN. Distribution of meiobenthos in the Nazare canyon and adjacent slope (western Iberian Margin) in relation to sedimentary composition. **Marine Ecology Progress Series**, (2007), 340, pp.207-220.
- GATES, Andrew. 2016. **Deep-sea life of Tanzania.** National Oceanography Centre.
- GAZINEU, M.H. 2005. **Teores de radionuclídeos em processos de extração e de produção de petróleo no nordeste do Brasil.** Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco.
- GERINO M.; G. STORA, F. POYDENOT, M. BOURCIER. Benthic fauna and bioturbation on the Mediterranean continental slope: Toulon Canyon. **Continental Shelf Research**, (1995), 15(11/12): pp. 1483-1496.
- GESAMP. 1993. Impact of oil and related chemicals and wastes on the marine environment. Report and Studies n. 50. London: **International Maritime Organization.**
- GIANGRANDE, A. Polychaete reproductive patterns, life cycles and life histories: an overview. **Oceanography and Marine Biology.**, An Annual Review, (1997), 35: pp. 323-386.

- GONZALEZ-RODRIGUEZ, E., RODRIGUES, S.V., MARINHO, M.M., CARVALHO, W.F., PINTO, F.N., PARANHOS, R. 2017. Biomassa fitoplanctônica e produção primária. In: FALCÃO, A.P.C., MOREIRA, D.L. editores. Ambiente pelágico: caracterização ambiental regional da Baía de Campos, Atlântico Sudoeste. Rio de Janeiro: **Elsevier. HABITATS**, v. 5. p. 69-87.
- GOWER, John C. 1966. Some distance properties of latent root and vector methods used in multivariate analysis. **Biometrika**, v. 53, n. 3-4, p. 325-338.
- GRIMMER, G.; JACOB, J.; NAUJACK, K.W. & DETTBARN, G. 1981. Profile of the polycyclic aromatic hydrocarbon from used engine oil – Inventory by GCGC/MS – PAH in environmental materials, Part 2. **Fresenius Zeitschrift fur Analytische Chemie** **309**, 13-19.
- HAYWARD, T.L. & MANTYLA, A.W. 1990. Physical, chemical and biological structure of coastal eddy near Cape Mendocino. **Journal Marine Research**, **48**: 825-850.
- HEWITT, J.E.; S.F. Thrush, J. Halliday, C. Duffy. **The importance of small-scale habitat structure for maintaining beta diversity**. *Ecology*, (2005), 86: pp. 1619-1626.
- HEIP C.; M. VINCX; G. VRANKEN. The ecology of marine nematodes. **Oceanography and Marine Biology: an annual review**. 1985. 23: pp. 399-489.
- HESSLER R. R.; P. A. JUMARS. 1977. Abyssal communities and radioactive waste disposal. **Oceanus**, 20, 41-46.
- HILBIG B, BLAKE J. Deep-sea polychaete communities in the northeast Pacific Ocean off the Gulf of the Farallones, California. **Bulletin of Marine Science**. 2016; 78 (2): 243–269.
- HOBSON, L. A., 1967. The seasonal and vertical distribution of suspended particulate matter in an area of the Northeast Pacific Ocean. **Limnol. Oceanogr.** **12** (4), 642-649.
- HSDB, 2000. Hazardous Substances Data Bank. 1991. Online database produced by the National Library of Medicine. Toluene-2,4-diamine. Profile last updated February 8, 2000. Last review date, November 7.
- INGALL, E.D.; VAN CAPPELLEN, P. 1990. Relation between sedimentation rate and burial of organic phosphorus and organic carbon in marine sediments. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, 54:373-386.



- INGELS J.; D.S. BILLETT, S. VAN GAEVER, A. VANREUSEL. An insight into the feeding ecology of deep-sea canyon nematodes—Results from field observations and the first in-situ <sup>13</sup>C feeding experiment in the Nazaré Canyon. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, (2011), 396(2), pp.185-193.
- JEFFREY, S.W.; MANTOURA, R.F.C.; WRIGHT, S.W. (Eds.). 1997. Phytoplankton pigments in Oceanography. Monography on Oceanography Methodology. **Sponsored by SCOR and UNESCO:** 156-166.
- JUMARS, P.A., DORGAN, K.M. & LINDSAY, A.M. 2015. Diet of worms emended: An update of polychaete feeding guilds. **Annual Reviews, Marine Science**, 7, 497–520.
- KENNICUTT II, M. C.; WADW, T. L.; PRESLEY, B. J.; REQUEJO, A. G.; BROOKS, J. M.; DENOUX, G. J., 1994. Sediment contaminants in Casco Bay, Maine: inventories, source and potential for biological impact. **Environment Science Technology**, v. 28, n. 1, p. 1-15.
- KENNICUTT II, M.C. (ed.), 1995. Gulf of Mexico offshore operations monitoring experiment, **Final Report**. U.S. Department of the Interior Minerals Management Service. Gulf of Mexico OCS Region, New Orleans, 700 p.
- KENNISH, M.J., 1997. *Practical Handbook of Estuarine and Marine Pollution*, CRC Press, New York, USA, 524 p.
- LACERDA, L. D., CARNEIRO M.E.R., CAVALCANTI T. R., 2013. Monitoramento Ambiental Marinho das Atividades de Produção de Petróleo e Gás. Relatório. 424p.
- LAGUS, A., SUOMELA, J., HELMINEN, H., LEHTIMÄKI, J. M., SIPURA, J., SIVONEN, K., & SUOMINEN, L. (2007). Interaction effects of N: P ratios and frequency of nutrient supply on the plankton community in the northern Baltic Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 332, 77-92.
- LALLI C.M. & T. R. PARSONS. 1997. *Biological Oceanography an Introduction*. **2<sup>a</sup>ed. Elsevier:** Vancouver, Canada.
- LAMBSHEAD, P. J. D. L; T.J. FERRERO, G.A. WOLFF. Comparison of the vertical distribution of nematodes from two contrasting abyssal sites in the northeast Atlantic subject to different seasonal inputs of phytodetritus. **Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie**, (1995), 80: pp. 327–331.

- LAMBSHEAD, P.J.D. Marine nematode biodiversity. In: Z.X. Chen, S.Y. Chen, D.W. Dickson, editors. Nematode morphology, physiology and ecology. Wallingford: Cabi Publishing. Nematology: advances and perspectives series. 2004. v. 1.
- LAVRADO H.P.; E.P. OMENA, A.F. BERNARDINO. Macrofauna bentônica do talude continental e cânions da Baía de Campos. In: Falcão, A.P.C., Lavrado, H.P., editoras. Ambiente Bentônico: caracterização ambiental regional da Baía de Campos, Atlântico Sudoeste. Rio de Janeiro: **Elsevier**. Habitats, (2017), v. 3, pp. 259-306.
- LAW, R.J. 1981. Hydrocarbon concentrations in water and sediments from UK marine waters, determined by fluorescence spectroscopy. **Mar. Poll. Bull.**, 12: 153-157.
- LEE H.; D. GERDES, S. VANHOVE, M. VINCX. Meiofauna response to iceberg disturbance on the Antarctic continental shelf at Kapp Norwegian (Weddell Sea). **Polar Biology**, (2001a), 24(12), pp.926-933.
- LEE H.; S. VANHOVE, L.S. PECK, M. VINCX. Recolonization of meiofauna after catastrophic iceberg scouring in shallow Antarctic sediments. **Polar Biology**, (2001b), 24(12), pp.918-925.
- LEGENDRE, Pierre; ANDERSON, Marti J. 1999. Distance-based redundancy analysis: testing multispecies responses in multifactorial ecological experiments. **Ecological monographs**, v. 69, n. 1, p. 1-24.
- LIBES, S. M. 1992. An introduction to biogeochemistry. New York: **John Wiley and Sons**. 734 p.
- LIMA, E.A.R.; SIQUEIRA, G.W.; LIMA, W.N., 2006. Utilização dos critérios de avaliação ambiental de metais pesados nos sedimentos de fundo da Plataforma Continental do Amazonas. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. **Ciências Naturais**, Belém, v. 1, n. 1, p. 105-114, jan-abr. 2006.
- LIPIZER, M.; COSSARINI, N. G.; FALCONI, C.; SOLIDORO, C.; FONDAUMANI, S. 2011. Impact of different forcing factor son N: P balance in a semi-enclosed bay: the Gulf of Trieste (North Adriatic Sea). **Continental Shelf Research**, v. 31, p. 1651-1662.
- MANIER, F. B., SANDRES, G. C. & TAVARES, S. S. M., 2007. Corrosão por sulfeto de hidrogênio (h<sub>2</sub>s) e suas implicações no meio ambiente e na segurança industrial. **8º Congresso Iberoamericano de Engenharia Mecânica**.Cusco.

- MANN, K. H. 1982. Ecology of coastal waters—A systems approach. Studies in Ecology, V. 8. **Univ. California Press**, Berkeley. 322 p.
- MANN, K. H. & LAZIER, J. R. N., 1991. Marine Ecosystems, **Blackwell Scientific Publications**, 466 p.
- MASSERINI JR., R.T. & FANNING, A.A., 2000. A sensor package for the simultaneous determination of nanomolar concentrations of nitrite, nitrate and ammonia in seawater by fluorescence detection. **Marine Chemistry**, v. **68**, p. 323-333.
- MAZZILLI, B. P. 2016. Comportamento dos radionuclídeos no ecossistema.
- MCARDLE, Brian H.; ANDERSON, Marti J. 2001. Fitting multivariate models to community data: a comment on distance-based redundancy analysis. **Ecology**, v. 82, n. 1, p. 290-297.
- MCKAY D. S., GIBSON E. K., THOMAS-KEPRTA K. L., VALI H., ROMANEK C. S., CLEMETT S. J., CHILLIER X. D. F., MAECHILING C R. AND ZARE R. N. 1996. Search for past life on Mars: Possible relic biogenic activity in martian meteorite ALH 84001. **Science** 273,924-930.
- MEYERS, P. A. 1997. Organic geochemical proxies of paleoceanographic, paleolimnologic and paleoclimatic process. **Organic Geochemistry**, 5-6 (27): 213-250
- MIDDELBURG, J.J., 1989. A simple rate model for organic matter decomposition in marine sediments. **Geochim. Cosmochim. Acta**, 53: p. 1577–1581.
- MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2002. Avaliações e Ações prioritárias para a Conservação da Biodiversidade das Zonas Costeira e Marinha. **Fundação Bio-Rio, Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Pará**. Brasília: MMA/SBF. 72 p.
- MOENS T.; A.M. VAFEIADOU, E. DE GEYTER, P. VANORMELINGEN, K. SABBE, M. DE TROCH. Diatom feeding across trophic guilds in tidal flat nematodes, and the importance of diatom cell size. **J. Sea Res.**, (2013), pp. 125-133.
- MUTHUMBI, A.W.; A. VANREUSEL, G. DUINEVELD, K. SOETAERT, M. VINCX. Nematode community structure along the continental slope off the Kenyan Coast, Western Indian Ocean. **International Review of Hydrobiology**, (2004), 89(2): pp. 188-205.

- NEFF J.; K. LEE, M.N. DEBLOIS, G.G JANES. Environmental effects of offshore drilling in a cold ocean ecosystem: A 10-year monitoring program at the Terra Nova offshore oil development off the Canadian east coast. **Deep-Sea Research**, (2014), pp. 110: 1–3.
- NETTO, S.A.; F. GALLUCCI, G. FONSECA. Meiofauna communities of continental slope and deep-sea sites off SE Brazil. **Deep-Sea Research I**, (2005), 52: pp. 845–859.
- NETTO, S.A.; *et al.* 2018. Benthic Estuarine Assemblages from the Southern Brazilian Marine Ecoregion. In: LANA, P.C.; BERNARDINO, A.F. **Brazilian Estuaries**. ed.1, Springer, p. 177-212.
- NIAUSSAT, P., C.; C. AUGAR; MALLET, L. 1970. Apparition relative de quantites d'hydrocarbures canerigenes dans des cultures pures de *Bacillus badius* em fonction de la presence, dans le Milieu de certains composes chimiques. **C. R. Acad. Sci.** Paris. 270:1042-1045
- NIENCHESKI, L.F. 1999. Oceanografia Química. Levantamento Bibliográfico e Identificação do Estado Atual do Conhecimento. Rio de Janeiro: **FEMAR**, 172p.
- NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Oil in the sea, inputs, fates and effects. Washington DC, **National Academy Press**. 602 p. 1985.
- NYBAKKEN, J. W. & BERTNESS, M. D. 2004. Marine Biology: an Ecological Approach. San Francisco: Pearson. 592p. **Oceanography and Marine Biology Annual Review** 23: 399-489.
- O'NEIL, P., 1994. Major elements in the earth's crust – Iron. (Ed.). **Environmental chemistry**. 2nd. Ed. New York: Chapman e Hall, cap. 9, p. 151-168.
- OLIVEIRA, R.C.G. & OLIVEIRA, M.C.K., 2000. Remoção de Contaminantes Tóxicos dos Efluentes Líquidos Oriundos da Atividade de Produção de Petróleo no Mar, **Bol. téc. Petrobras**, Rio de Janeiro, 43 (2), p. 129-136.
- PAWSON, D. L., NIZINSKI, M. S., AMES, C. L., & PAWSON, D. J. 2015. Deep-sea echinoids and holothurians (Echinodermata) near cold seeps and coral communities in the northern Gulf of Mexico. **Bulletin of Marine Science**, v. 91, n. 2, p. 167-204.
- PETERS, Kenneth E.; MOLDOWAN, J. Michael. 1993. The biomarker guide: interpreting molecular fossils in petroleum and ancient sediments.

- PETERS, K. E., PETERS, K. E., WALTERS, C. C., & MOLDOWAN, J. M. 2005. **The biomarker guide** (2nd ed). Cambridge University Press.
- PETROBRAS (Petróleo Brasileiro S.A.), 2001. Monitoramento ambiental da atividade de produção de petróleo na Bacia de Campos. Etapa de pré-monitoramento - Relatório Final. Ed. Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Miguez de Mello (CENPES), da **PETROBRAS**, Gerência de Biotecnologia e Ecossistemas, Rio de Janeiro, 222 p.
- PETROBRAS (Petróleo Brasileiro S.A.) & BOURSCHEID (Engenharia e Meio Ambiente LTDA), 2014a. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental**. Projeto de Monitoramento Ambiental do Desenvolvimento da Produção de Petróleo dos Campos de Baúna e Piracaba - fase pré-instalação - Bloco BM-S-40, Bacia de Santos. 359p.
- PETROBRAS (Petróleo Brasileiro S.A.) & BOURSCHEID (Engenharia e Meio Ambiente LTDA), 2014b. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental**. Projeto de Monitoramento Ambiental do Desenvolvimento da Produção de Petróleo dos Campos de Baúna e Piracaba - fase operação - Bloco BM-S-40, Bacia de Santos. 418p.
- PETROBRAS (Petróleo Brasileiro S.A.) & BOURSCHEID (Engenharia e Meio Ambiente LTDA), 2016. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental**. Projeto de Monitoramento Ambiental do Desenvolvimento da Produção de Petróleo dos Campos de Baúna e Piracaba - fase operação - Bloco BM-S-40, Bacia de Santos. 458p.
- PETROBRAS (Petróleo Brasileiro S.A.) & BOURSCHEID (Engenharia e Meio Ambiente LTDA), 2017a. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental**. Projeto de Monitoramento Ambiental do Desenvolvimento da Produção de Petróleo dos Campos de Baúna e Piracaba - fase operação - Bloco BM-S-40, Bacia de Santos. 1.643p.
- PETROBRAS (Petróleo Brasileiro S.A.) & BOURSCHEID (Engenharia e Meio Ambiente LTDA), 2017b. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental**. Projeto de Monitoramento Ambiental do Projeto de Escoamento de Gás para Cabiúnas – Rota Cabiúnas - fase de instalação, Bacia de Santos. 1070 p.
- PETROBRAS (Petróleo Brasileiro S.A.) & BOURSCHEID (Engenharia e Meio Ambiente LTDA), 2018. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental**. Projeto de Monitoramento Ambiental do Gasoduto Rota 3, Bacia de Santos. 2ª campanha (fase pós instalação). 1147p.

- PETROBRAS (Petróleo Brasileiro S.A.) & BOURSCHEID (Engenharia e Meio Ambiente LTDA), 2019a.  
**Relatório Técnico de Avaliação Ambiental.** Projeto de Monitoramento Ambiental do Desenvolvimento da Produção de Petróleo dos Campos de Baúna e Piracaba - fase operação - Bloco BM-S-40, Bacia de Santos. 1.656p.
- PETROBRAS (Petróleo Brasileiro S.A.) & BOURSCHEID (Engenharia e Meio Ambiente LTDA), 2019b.  
**Relatório Técnico de Avaliação Ambiental.** Projeto de Monitoramento Ambiental do Desenvolvimento da Produção de Petróleo dos Campos de Baúna e Piracaba - fase operação - Bloco BM-S-40, Bacia de Santos. 2.908p.
- PETROBRAS (Petróleo Brasileiro S.A.) & BOURSCHEID (Engenharia e Meio Ambiente LTDA), 2019c.  
**Relatório Técnico de Avaliação Ambiental.** Projeto de Monitoramento Ambiental do Desenvolvimento da Produção de Petróleo dos Campos de Baúna e Piracaba - fase operação - Bloco BM-S-40, Bacia de Santos. 2.584p.
- PETROBRAS (Petróleo Brasileiro S.A.) & BOURSCHEID (Engenharia e Meio Ambiente LTDA), 2019d.  
**Relatório Técnico de Avaliação Ambiental.** Projeto de Monitoramento Ambiental do Desenvolvimento da Produção de Petróleo dos Campos de Baúna e Piracaba - fase operação - Bloco BM-S-40, Bacia de Santos. 2.574p.
- PETROBRAS (Petróleo Brasileiro S.A.) & BOURSCHEID (Engenharia e Meio Ambiente LTDA), 2020.  
**Relatório Técnico de Avaliação Ambiental.** Projeto de Monitoramento Ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Gás Natural e Condensado no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos. 2566p.
- PILSON, M. E. Q. 1998. **An Introduction to the Chemistry of the Sea.** Prentice Hall, Inc. Upper Saddle River, NJ. 431 p.
- PLATT H.M. The freeliving marine nematode genus Sabatieria (Nematoda: Comesomatidae). Taxonomic revision and pictorial keys. **Zoological Journal of the Linnean Society**, (1985), 83(1), pp.27-78.
- PROUTY, N.G. ; MIENIS, F., CAMPBELL-SWARZENSKI, P., ROARK, E.B., DAVIES, A.J., ROBERTSON, C. M., DUINEVELD, G., ROSS, S.W., RHODE, M., DEMOPOULOS, A.W.J., 2017. Seasonal variability in

the source and composition of particulate matter in the depositional zone of Baltimore Canyon, U.S. Mid-Atlantic Bight. **Deep-sea Res.** Part I: Oceanogr. Res. Pap. 127, 77–89.

PRZESLAWSKI R, ALTHAUS F, CLARK M, COLQUHOUN J, GLEDHILL D, FLUKES E, FOSTER S, O'HARA T, PROCTOR R. 2018. Marine sampling field manual for benthic sleds and bottom trawls. In **Field Manuals for Marine Sampling to Monitor Australian Waters**, Przeslawski R, Foster S (Eds). National Environmental Science Programme (NESP). pp. 153- 171.

RAYMONT, J.E.G., 1980. Plankton and Productivity in the Oceans. Vol. I. Phytoplankton, 2nd edition. **Pergamon Press**, New York.

READMAN J. W., Preston M. R., & MANTOURA R. F. C. 1986. An integrated technique to quantify sewage, oil and PAH pollution in estuarine and coastal environments. **Mar. Poll. Bull.** **17**, 298-308.

READMAN, J.W., FILLMANN, G., TOLOSA, I., BARTOCCI, J., VILLENEUVE, J.P., CATINNI, C., MEE, L.D. 2002. Petroleum and PAH contamination of the Black Sea. **Marine Pollution Bulletin.** 44(1): 48-62.

REDFIELD, A.C.; KETCHUM, B. & RICHARDS, F. 1963. The influence of organisms on the composition of seawater. In: Hill, N. (ed.), **The Sea**, volume 2: 224-228. Interscience, New York.

REZENDE, C.E.; ANDRADE, L.; SUZUKI, M.S.; FARO, B.C.M.T.; GONZALEZ, A.S.M.; PARANHOS, R., 2006. Hidroquímica. In: VALENTIN, J.L. (Ed.) Características hidrobiológicas da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira (Salvador, BA, ao Cabo de São Tomé, RJ). Brasília: **Ideal Gráfica e Editora**. p.31-60 (Série Documentos **REVIZEE/SCORE Central**).

RILEY, J. P.; CHESTER, R. 1971. Introduction to Marine chemistry. London: **Academic Press**, 465p.

ROUSE, G. W. & PLEIJEL, F. 2006. Annelid Phylogeny and Systematics. In: Reproductive Biology and Phylogeny of Annelida. **Science Publishers**, Enfield, NH, USA.

SADIQ, M. 1992. Toxic metal chemistry in marine environments. **Marcel Dekker**. New York.

SAITO, Y.; NISHIMURA, A.; MATSUMOTO E., 1989. Transgressive sand sheet covering the shelf and upper slope off Sendai, Northeast Japan. **Marine Geology** v 89, p. 245-258.



- SANTOS, C. L. A.; VITAL, H.; AMARO, V. E.; KIKUCHI, R. K. P., 2007. Mapeamento de Recifes Submersos na Costa Do Rio Grande do Norte, NE Brasil: Macau a Maracajau. *Revista Brasileira de Geofísica*, 2007, 25(Supl. 1): 27-36p.
- SANTOS *et al.* *Metal/Ca ratios in pockmarks and adjacent sediments on the SW Atlantic slope: Implications for redox potential and modern seepage*. Journal of Geochemical Exploration, volume 192, 2018, Pages 163-173, ISSN 0375-6742, <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2018.06.014>.
- SEGUI, P.N., 2009. Bioatenuação da geração de sulfeto, por meio da utilização de nitrato, em água produzida proveniente da extração de petróleo. **Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo**, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Ambiental. Orientador: Prof. Dr. Sérgio Túlio Alves Cassini. 102p.
- SEMPRUCCI F.; CESARONI, L. GUIDI, M. BALSAMO. Do the morphological and functional traits of free-living marine nematodes mirror taxonomical diversity? *Mar. Environ. Res.*, 135 (2018), pp. 114-122.
- SHIRAYAMA, Y. Size structure of deep-sea meio- and macrobenthos in the Western Pacific. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, (1983), 68(6): pp. 799-810.
- SIENKO, M.J.; PLANE, R.A., 1977. Elementos de transição II. (Eds.) Química. 5 ed. **São Paulo: Nacional**, cap. 21, p. 436-454.
- SILVA, L.C.F., C.A.F. ALBUQUERQUE, W.W. CAVALHEIRO, C.M.P. HANSEN, 1982: Gabarito tentativo para as massas de água da costa sudeste brasileira. **Separata dos Anais Hidrográficos** - Tomo XLI. 30p.
- SILVA, L.B.E., 2010. Avaliação de metais traço e de algumas características geoquímicas em sedimentos superficiais e testemunhos da Baía de Vitória, ES. 123 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Centro de Ciências Exatas. **Universidade Federal do Espírito Santo**, ES.
- SILVEIRA, I. C. A. da, SCHMIDT A.C.K., CAMPOS E.J.D; GODOI, S. S. de & IKEDA, Y. A. 2000. Corrente Do Brasil Ao Largo Da Costa Leste Brasileira. *Revista Brasileira Oceanografia*, **48** (2): 171-183.

- SIMONEIT, B.R.T.; CARDOSO, J.N. & ROBINSON, N. 1991. An assessment of terrestrial higher molecular weight lipid compounds in air particulate matter over the South Atlantic from about 30-70° S. **Chemosphere**, **23**: 447-465.
- SIMONEIT, B. R. T. & ELIAS, V. O. 2001. Detecting organic tracers from biomass burning in the atmosphere. **Mar. Pollution Bull.**, **42**: 805-810.
- SIQUEIRA, G.W.; APRILE F.M., 2012. Distribuição de mercúrio total em sedimentos da Plataforma Continental Amazônica – Brasil. **Acta Amazonica**. v. 42(2), p. 259-268.
- SOETAERT K.E.R.; C. HEIP. Nematode assemblages of deep-sea and shelf break sites in the North-Atlantic and Mediterranean-sea. **Marine Ecology Progress Series**, (1995), 125: pp. 171-183.
- SOETAERT, K.; HERMAN, P.M.J.; MIDDELBURG, J.J., 1996. A model of early diagenetic processes from the shelf to abyssal depths. **Geochim. Cosmochim. Acta**, **60**(6): p. 1019-1040.
- SOTO, E.H. et al., 2010. Temporal variability in polychaete assemblages of the abyssal NE Atlantic Ocean. *Deep-Sea Research II*, 57, 1396–1405.
- SOUZA, T.A. 2008. **Isótopos de rádio como uma ferramenta para o estudo de mistura de águas no estuário do Rio Paraíba do Sul**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Química da PUC-Rio, p.92.
- STEIN, R., 1991. Accumulation of organic carbon in marine sediments. Results from the Deep Sea Drilling Project/Ocean Drilling Program. Lecture Notes in Earth Sciences, Berlin: **Springer**- Verlag, v 34, p. 217.
- STEGEMAN, J.J., M. BROUWER, T.D.G. RICHARD, L. FÖRLIN, B.A. FOWLER, B.M. SANDERS and P.A. VAN VELD, 1992. Molecular responses to environmental contamination: enzyme and protein systems as indicators of chemical exposure and effect, in **Biomarkers** (pp. 235-336). CRC Press
- STERNER, R. W.; ELSER, J. J. 2002. The stoichiometry of autotroph growth: variation at the base of food web. **Ecological stoichiometry: the biology of elements from molecules to the biosphere** (eds RW Sterner & JJ Elser), p. 80-133
- STRELZOV, V. E. Polychaete worms of the family Paraonidae Cerruti, 1909 (Polychaeta, Sedentaria). English translation of the 1973 Russian edition, published by the **Smithsonian Institution and U.S. National Science Foundation**, Washington D.C.; 1979.

- SUZUKI, M.S., PARANHOS, R., REZENDE, C.E., PINTO, F.N., GOBO, A.A.R., PEDROSA, P. 2017. Hidroquímica, carbono orgânico e nutrientes dissolvidos e particulados na Baía de Campos. In: FALCÃO, A.P.C., WAGENER, A.L.R., CARREIRA, R.S., editores. Química ambiental: caracterização ambiental regional da Baía de Campos, Atlântico Sudoeste. Rio de Janeiro: **Elsevier. HABITATS**, v. 6. p. 65-94.
- THISTLE, D. The deep-sea floor: an overview. In: P.A. Tyler, editor. Ecosystems of the deep oceans. Amsterdam: **Elsevier. Ecosystems of the World**, (2003), 28. pp. 5-37.
- THURMAN E.M., 1985. Amount of Organic Carbon in Natural Waters. In: Organic Geochemistry of Natural Waters. **Developments in Biogeochemistry**, vol 2. Springer, Dordrecht.
- TIETJEN, J.H. Distribution and species diversity of deepsea nematodes in the Venezuela Basin. **Deep Sea Research Part A: oceanographic research papers**, (1984), 31(2): pp. 119-132.
- TIETJEN, J.H. Abundance and biomass of metazoan meiobenthos in the deep sea. In: Rowe, G., Pariente, V., editors. Deep-sea food chains and the global carbon cycle. Leiden: Kluwer. **NATO ASI Series. Series C: mathematical and physical sciences**, (1992), v. 360. pp. 45-62.
- TYLER, P. Ecosystems of the Deep Ocean. Amsterdam: **Elsevier, Ecosystems of the World**, 28, (2003).
- UENO, Yuichiro. 2014. Coping with low ocean sulfate. **science**, v. 346, n. 6210, p. 703-704.
- UNEP - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. 1991. Determinations of petroleum hydrocarbons in sediments. **Reference methods for marine pollution studies**. n. 20, 97 p.
- VANAVERBEKE J.; VANAVERBEKE, P. MARTINEZ ARBIZU, H.U. DAHMS, H.K. SCHMINKE. The metazoan meiobenthos along a depth gradient in the Arctic Laptev Sea with special attention to nematode communities. **Polar Biology**, (1997a), 18(5): pp. 391-401.
- VAN GAEVER S.; J. GALÉRON, M. SIBUET, A. VANREUSEL. Deep-sea habitat heterogeneity influence on meiofaunal communities in the Gulf of Guinea. **Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, (2009), 56(23), pp.2259-2269.
- VANREUSEL, A.; L. CLOUGH, K. JACOBSEN, W. AMBROSE, J. JIVALUK, V. RYHEUL, R. HERMAN, M. VINCX. Meiobenthos of the central Arctic Ocean with special emphasis on the nematode community structure. **Deep-Sea Research Part I: oceanographic research papers**, (2000) 47(10): pp. 1855-1879.

- VANREUSEL, G.; FONSECA, R. DANOVARO; M.C. SILVA, A.M. ESTEVES; T. FERRERO, G. GAD; V. GALTSOVA, C. GAMBI; V. FONSÊCA-GENEVOIS, J. INGELS, B. INGOLE, N. LAMPADARIOU, B. MERCKX, D. MILJUTIN, M. MILJUTINA, A. MUTHUMBI, S. NETTO, D. POTNOVA, T. RADZIEJEWSKA, M. RAES, A. TCHESUNOV, J. VANAUVERBEKE, S. VAN GAEVER, V. VENEKEY, T.N. BEZERRA, H. FLINT, J. COPLEY, E. PAPE, D. ZEPELLI, P.A. MARTINEZ, J. GALERON. The contribution of deepsea macrohabitat heterogeneity to global nematode diversity. **Marine Ecology**. 2010. 31(1): pp. 6-20.
- VENKATESAN MI, KAPLAN IR. 1987. The lipid geochemistry of Antarctic marine sediments: Bransfield Strait. **Marine Chemistry** 21:347-375.
- VENEKEY, V.; V.G. FONSECA-GENEVOIS, P.J. SANTOS. Biodiversity of free-living marine nematodes on the coast of Brazil: a review. **Zootaxa**, (2010), 2568(1), pp.39-66.
- VENEKEY, V. Updates on information about free-living marine nematodes in Brazil: new records and comments on problems in taxonomic studies. **Zootaxa**, (2017), 4337(1), pp.38-72.
- VETTER E.W.; P.K. DAYTON. Macrofaunal communities within and adjacent to a detritus-rich submarine canyon. **Deep Sea Res.**, (1998), II 45, pp. 25-54
- VINCX M.; B.J. BETT, A. DINET, T. FERRERO, A.J. GOODAY, P.J.D. LAMBSHEAD, O. PFANNKUCHE, T. SOLTWEDEL, A. VANREUSEL. Meiobenthos of the Deep Northeast Atlantic. **Advances in Marine Biology**, (1994), 30: pp. 1-88.
- VOLKMAN, J., T. O'LEARY, R. SUMMONS, AND M. BENALL 1992, 'Biomarker composition of some asphaltic coastal bitumens from Tasmania, Australia', **Organic geochemistry**, vol. 18(5), pp. 668-682.
- WAGENER, A.L.R., FARIAS, C.O., NUDI, A.H., CARREIRA, R.S., SCOFIELD, A.L. 2017a. Avaliação de contaminantes orgânicos em águas subsuperficiais da Baía de Campos. In: FALCÃO, A.P.C., WAGENER, A.L.R., CARREIRA, R.S., editores. Química ambiental: caracterização ambiental regional da Baía de Campos, Atlântico Sudoeste. Rio de Janeiro: **Elsevier. HABITATS**, v. 6. p. 157-178.
- WAGENER, A.L.R., FARIAS, C.O., MOLINA, F.F., MAUAD, C.R., SCOFIELD, A.L., 2017b. Hidrocarbonetos em sedimentos da Baía de Campos. In: FALCÃO, A.P.C., WAGENER, A.R., CARREIRA, R.S. Química

ambiental: caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste. Rio de Janeiro: **Elsevier. HABITATS**, v. 6. p. 277-312.

WAKEHAM, S.G.; SCHAFFER, C. & GIGER, W. 1980. Polycyclic aromatic hydrocarbon in recent sediments – I. Compounds having anthropogenic origins. **Geochim. Cosmochim. Acta**, **44**: 403-413.

WANG, Z.; FINGAS, M., 1997. Developments in the analysis of petroleum hydrocarbons in oils, petroleum products, and oil-spill-related environmental samples by gas chromatography. **J. Chromatogr. A** 774: p. 51-78.

ZHENG, G.J.; RICHARDSON, B., 2000. Petroleum hydrocarbons and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in Hong Kong marine sediment – **Chemosphere**, 38 (11): p. 2625-2632.

## 10. Anexos

ANEXO I	Cadastro Técnico Federal (CTF) IBAMA	A	Equipe Técnica
		B	Equipe de Campo
		C	Responsáveis pelas Análises
ANEXO II	Responsabilidade Técnica (CRBio-02)		
ANEXO III	Relatório da Fase 1 - mapeamento do fundo marinho		
ANEXO IV	Autorização de Captura, Coleta e Transporte de Material Biológico (ABIO)		
ANEXO V	Códigos de Identificação de Amostras Ambientais	A	Plano de Campanha
		B	P001 (BDCA)
		C	RE-IA água e plâncton
		D	RE-IA sedimento
ANEXO VII	Parâmetros Selecionados e Metodologia Analítica (abióticos)	A	Qualidade da água
		B	Qualidade do sedimento
ANEXO VIII	Registros de Atividades de Campo	A	RE-RAC
		B	P002A (BDCA)
ANEXO IX	Protocolos de Custódia de Amostras		

---

ANEXO X	Dados meteo-oceanográficos	A	P003 (BDCA)
		B	Perfis de CTD
ANEXO XI	Resultados de Qualidade da Água	A	Laudos
		B	P004 (BDCA)
		C	Relatórios padronizados
ANEXO XII	Resultados de Biota Planctônica	A	Relatórios
		B	P005 (BDCA)
		C	Destinação e tombamento
ANEXO XIII	Imageamento do Fundo	A	Relatórios de imageamento
		B	P006 (BDCA)
ANEXO XIV	Registros de Amostragens de Sedimento	A	Precisão de amostragem
		B	Amostras de sedimento
ANEXO XV	Resultados de Qualidade do Sedimento	A	Laudos
		B	P007 (BDCA)
		C	Relatórios padronizados
ANEXO XVI	Resultados de Biota Bêntica	A	Relatório
		B	P008 (BDCA)
		C	Destinação e tombamento

---