

**Projeto de Monitoramento Ambiental da  
Atividade de Produção e Escoamento de  
Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal,  
Bacia de Santos – Etapa 2 –  
Desenvolvimento da Produção de Búzios 1**

**RTAA - Relatório Técnico de Avaliação Ambiental  
5ª Campanha da Fase de Operação**

**Volume Único**

**RTAA\_DP-BUZ-1\_C5\_BCA\_16112023-01**

**Revisão 00  
Janeiro/2024**



**E&P**



## **INDICE GERAL**

I - INTRODUÇÃO .....	21/265
II - OBJETIVO .....	23/265
II.1 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	23/265
III - ÁREA DE ESTUDO .....	24/265
III.1 - BACIA DE SANTOS – CAMPO DE BÚZIOS .....	24/265
III.2 - CARACTERIZAÇÃO DA ATIVIDADE .....	25/265
IV - MATERIAL E MÉTODOS .....	29/265
IV.1 - ATIVIDADES DE CAMPO .....	29/265
IV.1.1 - Qualidade da Água.....	32/265
IV.1.1.1 - Fitoplâncton .....	37/265
IV.1.2 - Zooplâncton e Ictioplâncton.....	37/265
IV.2 - ATIVIDADES DE LABORATÓRIO .....	41/265
IV.2.1 - Qualidade da Água.....	41/265
IV.2.2 - Fitoplâncton.....	47/265
IV.2.3 - Zooplâncton.....	47/265
IV.2.4 - Ictioplâncton .....	48/265
IV.3 - TRATAMENTO DOS DADOS .....	49/265
IV.3.1 - Qualidade da Água.....	49/265
IV.3.2 - Plâncton .....	58/265
IV.4 - ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	63/265
IV.4.1 - Qualidade da Água.....	63/265
IV.4.2 - Plâncton .....	64/265

IV.5 - ANÁLISE INTEGRADA .....	65/265
V - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	67/265
V.1 - QUALIDADE DA ÁGUA .....	67/265
V.1.1 - Temperatura e Salinidade .....	67/265
V.1.2 - Oxigênio Dissolvido (OD) .....	82/265
V.1.3 - Potencial Hidrogeniônico.....	89/265
V.1.4 - Clorofila-a .....	96/265
V.1.5 - Nutrientes .....	103/265
V.1.6 - Material Particulado em Suspensão (MPS) e Carbono Orgânico Total (COT) .....	115/265
V.1.7 - Sulfetos .....	124/265
V.1.8 - Fenóis .....	127/265
V.1.9 - Hidrocarbonetos.....	128/265
V.1.9.1 - Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA's).....	129/265
V.1.9.2 - Hidrocarbonetos Totais de Petróleo (HTP's), N-Alcanos, Mistura Complexa Não Resolvida (MCNR) .....	131/265
V.1.10 - Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xileno (BTEX) .....	133/265
V.2 - PLÂNCTON .....	134/265
V.2.1 - Fitoplâncton.....	134/265
V.2.1.1 - Avaliação da Amostragem .....	136/265
V.2.1.2 - Análise Qualitativa .....	139/265
V.2.1.3 - Análise Quantitativa .....	141/265
V.2.1.4 - Análise da Distribuição Espacial do Fitoplâncton.....	150/265
V.2.1.5 - Análise de Cluster e MDS.....	158/265
V.2.2 - Zooplâncton .....	159/265
V.2.2.1 - Avaliação da Amostragem .....	162/265
V.2.2.2 - Análise Qualitativa .....	165/265
V.2.2.3 - Análise Quantitativa .....	168/265
V.2.2.4 - Análise da Distribuição Espacial do Zooplâncton.....	177/265
V.2.2.5 - Análise de Cluster e MDS.....	180/265
V.2.3 - Ictioplâncton .....	181/265

V.2.3.1 - Avaliação de Amostragem .....	183/265
V.2.3.2 - Avaliação Qualitativa.....	186/265
V.2.3.3 - Análise Quantitativa .....	188/265
V.2.3.4 - Análise da Distribuição Espacial do Ictioplâncton	197/265
V.2.3.5 - Análise de Cluster e MDS .....	199/265
VI - ANÁLISE INTEGRADA.....	202/265
VI.1 - AMBIENTE PELÁGICO.....	202/265
VI.1.1 - Variáveis Físico-Químicas e Clorofila-a.....	202/265
VI.1.2 - Relação do Fitoplâncton com o Ambiente Físico-químico	204/265
VI.1.3 - Relação do Zooplâncton e Ictioplâncton com o Ambiente Físico- químico .....	209/265/265
VII - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	224/265
VIII - BIBLIOGRAFIA.....	227/265
IX - EQUIPE TÉCNICA .....	251/265
X - ANEXOS.....	253/265



## FIGURA

FIGURA	PÁG.
Figura III-1 - Localização do DP-BUZ-1 (P-74) – Bacia de Santos.	25/265
Figura III-2 - Estruturas de fundo e poços interferentes no entorno da P-74.	26/265
Figura III-3 - Volume de efluentes sanitários descartado pela P-74.	27/265
Figura III-4 - Volume de efluente oleoso descartado pela P-74.	28/265
Figura IV-1 - Embarcação RSV Ocean Stalwart utilizada durante a campanha.	29/265
Figura IV-2 – Gráfico com os dados fornecidos pelo ADCP para determinação da direção preferencial da corrente, utilizada para o posicionamento da malha amostral móvel de água e plâncton.	31/265
Figura IV-3 – Malha amostral para coleta de água e plâncton da PMPR_DP-BUZ-1_C5 (Datum Sirgas 2000).	32/265
Figura IV-4 – Rosette com garrafas de coleta de amostras de água dos modelos Niskin e Go-flo utilizadas na atual campanha de monitoramento.	34/265
Figura IV-5 – Disco de Secchi (acoplado no sistema CTD/Rosette) utilizado para medir a transparência da coluna da água durante a PMPR_DP-BUZ-1_C5.	36/265
Figura IV-6 – Rede cilindro-cônica com malha de 200 µm para coleta de amostras de zooplâncton utilizada durante a PMPR_DP-BUZ-1_C5.	38/265
Figura IV-7 – Rede bongô com malhas de 300 e 500 µm para coleta de amostras de ictioplâncton, utilizada durante a PMPR_DP-BUZ-1_C5.	39/265
Figura IV-8 – Localização da P-74, FPSO Cidade de Santos, FPSO Cidade de Mangaratiba e FPSO Cidade de Paraty.	56/265
Figura V-1 – Temperatura (°C) da água nas profundidades de coleta das diferentes estações amostrais da atual campanha de monitoramento ambiental.	70/265
Figura V-2 – Perfis de temperatura (°C) obtidos com CTD nas diferentes estações amostrais da atual campanha de monitoramento.	71/265

<b>FIGURA</b>	<b>PÁG.</b>
Figura V-3 – Valores de salinidade obtidos nas profundidades de coleta das diferentes estações amostrais da atual campanha de monitoramento.	74/265
Figura V-4 – Perfis de salinidade (CTD) obtidos nas diferentes estações amostrais da atual campanha de monitoramento.	75/265
Figura V-5 – Diagrama T-S na atual campanha de monitoramento. Em vermelho, limites estabelecidos por Castro et al. (2006) e em preto, limites estabelecidos por Tommasi (1994) e Silveira et al. (2000).	79/265
Figura V-6 – Análise da distribuição vertical das massas d'água na atual campanha de monitoramento.	80/265
Figura V-7 – Valores de oxigênio dissolvido (mg/L) obtidos nas profundidades de coleta das diferentes estações amostrais da atual campanha de monitoramento.	85/265
Figura V-8 – Perfis de oxigênio dissolvido (mg/L) (CTD) obtidos nas diferentes estações amostrais da atual campanha de monitoramento.	86/265
Figura V-9 – Concentrações de oxigênio dissolvido (mg/L) observadas ao longo das campanhas do PMPR_DP-BUZ-1. A) Superfície; B) Acima da termoclina; C) Termoclina e D) Abaixo da Termoclina.	89/265
Figura V-10 – Valores de pH obtidos nas profundidades de coleta das diferentes estações amostrais da atual campanha de monitoramento.	93/265
Figura V-11 – Valores de pH observados ao longo das campanhas do PMPR_DP-BUZ-1. A) Superfície; B) Acima da termoclina; C) Termoclina e D) Abaixo da Termoclina.	96/265
Figura V-12 – Valores de clorofila-a ( $\mu\text{g/L}$ ) obtidos nas profundidades de coleta das diferentes estações amostrais da atual campanha de monitoramento.	99/265
Figura V-13 – Mosaico dos dados de clorofila na superfície do mar, composto por imagens entre os dias 13 a 20 de fevereiro de 2023, em área do entorno da P-74 (círculo em cinza).	100/265
Figura V-14 – Concentrações de clorofila-a ( $\mu\text{g/L}$ ) observadas ao longo das campanhas PMPR_DP-BUZ-1. A) Superfície; B) Acima da termoclina; C) Termoclina e D) Abaixo da Termoclina.	103/265

<b>FIGURA</b>	<b>PÁG.</b>
Figura V-15 – Concentrações de nitrito (mg/L N) observadas ao longo das campanhas de monitoramento do PMPR_DP-BUZ-1. A) Superfície; B) Acima da termoclina; C) Termoclina e D) Abaixo da Termoclina.	106/265
Figura V-16 – Valores das concentrações de silicato (mg/L) obtidos nas profundidades de coleta das diferentes estações amostrais da atual campanha de monitoramento.	113/265
Figura V-17 – Concentrações de silicato total (mg/L) observadas ao longo das campanhas do PMPR_DP-BUZ-1. A) Superfície; B) Acima da termoclina; C) Termoclina e D) Abaixo da Termoclina.	114/265
Figura V-18 – Valores das concentrações de MPS (mg/L) obtidos na atual campanha de monitoramento.	118/265
Figura V-19 – Concentrações de MPS (mg/L) observadas ao longo das campanhas do PMPR_DP-BUZ-1. A) Superfície; B) Acima da termoclina; C) Termoclina e D) Abaixo da Termoclina.	121/265
Figura V-20 – Concentrações de COT (mg/L C) observadas ao longo das campanhas do PMPR_DP-BUZ-1. A) Superfície; B) Acima da termoclina; C) Termoclina e D) Abaixo da Termoclina.	124/265
Figura V-21 – Representação esquemática de alguns gêneros do fitoplâncton. Diatomáceas: (A) Skeletonema; (B) Chaetoceros; (C) Pleurosigma. Dinoflagelados: (D) Noctiluca; (E) Ceratium. Primnesiófita: (F) Coccolithus.	135/265
Figura V-22 – Taxa fitoplânctonica (número cumulativo) encontrados ao longo das campanhas PMPR_DP-BUZ-1. A linha preta representa a curva de Jackknife1, ou seja, o número cumulativo de taxa esperados e as linhas tracejadas representam o desvio padrão da curva.	138/265
Figura V-23 – Riqueza fitoplanctônicas (número de taxa) ao longo das campanhas do PMPR_DP-BUZ-1.	139/265
Figura V-24 - Box plots representativos dos valores de riqueza (nº de taxa) das comunidades fitoplanctônicas encontradas no PMPR_DP-BUZ-1.	145/265

<b>FIGURA</b>	<b>PÁG.</b>
Figura V-25 – Box plots representativos dos valores de densidade fitoplanctônica (ind/L) encontradas no PMPR_DP-BUZ-1.	146/265
Figura V-26 – Densidade média fitoplanctônicas (ind/L) da atual campanha de monitoramento ambiental.	147/265
Figura V-27 – Box plots representativos dos valores de diversidade fitoplanctônicas (bits/ind) encontradas no PMPR_DP-BUZ-1.	148/265
Figura V-28 – Box plots representativos dos valores de equitabilidade fitoplanctônica encontradas no PMPR_DP-BUZ-1.	149/265
Figura V-29 – Riqueza fitoplanctônicos (Número de taxa) da atual campanha de monitoramento ambiental.	150/265
Figura V-30 – Riqueza fitoplanctônica (Número de taxa) da atual campanha de monitoramento ambiental.	151/265
Figura V-31 – Riqueza fitoplanctônica (Número de taxa) da atual campanha de monitoramento ambiental. A) Perfis de variação da riqueza na coluna d'água nas duas estações. B) Gráfico de barras, número de taxa das divisões fitoplanctônicas; a linha cinza representa a média de todas as amostras.	152/265
Figura V-32 – Densidade média fitoplanctônicos (ind/L) da atual campanha de monitoramento ambiental. A barra verde representa a densidade média das estações $\pm$ desvio-padrão.	153/265
Figura V-33 – Densidade média fitoplanctônica (ind/L) da atual campanha de monitoramento ambiental. A barra verde representa a densidade média das profundidades $\pm$ desvio-padrão.	154/265
Figura V-34 – Densidade fitoplanctônico (ind/L) da atual campanha de monitoramento ambiental. A) Perfis de variação da densidade na coluna d'água nas duas estações. B) Gráfico de barras com densidade das divisões fitoplanctônicas; linha cinza representa a média de todas as amostras.	155/265
Figura V-35 – Diversidade (bits/ind) e equitabilidade da comunidade fitoplanctônica da atual campanha de monitoramento ambiental.	157/265
Figura V-36 – Dendograma de agrupamento (Cluster) da comunidade fitoplanctônica na atual campanha de monitoramento ambiental.	159/265

<b>FIGURA</b>	<b>PÁG.</b>
Figura V-37 – Escalonamento multidimensional (MDS) da comunidade fitoplanctônica na atual campanha de monitoramento ambiental.	159/265
Figura V-38 – Esquema demonstrando alguns dos principais componentes da comunidade zooplanctônica no ambiente marinho: Radiolaria (A) Tintinnina (B) Siphonophora (C) Hydromedusae (D) Cladocera (E) Copepoda (F) Larva de Crustacea (G) Chaetognatha (H) Appendicularia (I) Doliolida (J) Salpida (L).	161/265
Figura V-39 – Taxa zooplâncton (Número cumulativo), encontrados ao longo do PMPR_DP-BUZ-1. A linha preta representa a curva de Jackknife1, ou seja, o número cumulativo de taxa esperados e as linhas tracejadas representam o desvio padrão da curva.	164/265
Figura V-40 – Riqueza zooplanctônica (número de taxa) do PMPR_DP-BUZ-1.	166/265
Figura V-41 – Box plots representativos dos valores de riqueza (nº de taxa) das comunidades zooplanctônicas encontradas no PMPR_DP-BUZ-1.	172/265
Figura V-42 – Box plots representativos dos valores de densidade (ind/m <sup>3</sup> ) das comunidades zooplanctônicas encontradas no PMPR_DP-BUZ-1.	173/265
Figura V-43 – Densidade zooplanctônico (ind/m <sup>3</sup> ) s na atual campanha de monitoramento ambiental. A barra verde representa a densidade média das amostras ± desvio-padrão.	174/265
Figura V-44 – Box plots representativos dos valores de diversidade zooplanctônicas (bits/ind) encontradas no PMPR_DP-BUZ-1.	175/265
Figura V-45 – Box plots representativos dos valores de equitabilidade zooplanctônicas encontradas no PMPR_DP-BUZ-1.	176/265
Figura V-46 – Riqueza zooplanctônico (Número de taxa) da atual campanha de monitoramento ambiental. A linha cinza representa a média de todas as amostras.	178/265
Figura V-47 – Densidade zooplanctônica (ind/m <sup>3</sup> ) da atual campanha. A linha cinza representa a média de todas as amostras.	179/265

<b>FIGURA</b>	<b>PÁG.</b>
Figura V-48 – Diversidade (bits/ind) e equitabilidade zooplanctônica da atual campanha.	180/265
Figura V-49 – Dendograma de agrupamento (Cluster) da comunidade zooplanctônica na atual campanha.	181/265
Figura V-50 – Escalonamento multidimensional (MDS) da comunidade zooplanctônica na atual campanha.	181/265
Figura V-51 – Esquema dos primeiros estados de desenvolvimento de <i>Trachurus symmetricus</i> . Adaptado de Moser (1984).	182/265
Figura V-52 – Taxa ictioplânctônica (Número cumulativo) encontrados ao longo PMPR_DP-BUZ-1. A linha preta representa a curva de Jackknife1, ou seja, o número cumulativo de taxa esperados e as linhas tracejadas representam o desvio padrão da curva.	185/265
Figura V-53 – Riqueza ictioplanctônicas (número de taxa) ao longo do PMPR_DP-BUZ-1.	186/265
Figura V-54 – Box plots representativos dos valores de riqueza ictioplanctônicas (nº de taxa) encontradas no PMPR_DP-BUZ-1.	192/265
Figura V-55 – Box plots representativos dos valores de densidade ictioplanctônicas (ind/100m <sup>3</sup> ) encontradas no PMPR_DP-BUZ-1.	193/265
Figura V-56 – Densidade ictioplanctônica média (ind/100m <sup>3</sup> ) na atual campanha de monitoramento ambiental.	194/265
Figura V-57 – Box plots representativos dos valores de diversidade ictioplanctônicas (bits/ind) encontradas no PMPR_DP-BUZ-1.	195/265
Figura V-58 – Box plots representativos dos valores de equitabilidade das comunidades ictioplanctônicas encontradas no PMPR_DP-BUZ-1.	196/265
Figura V-59 – Riqueza ictioplanctônica (número de taxa) da atual campanha. A linha cinza representa a média de todas as amostras.	197/265
Figura V-60 – Densidade ictioplanctônicas (ind/100m <sup>3</sup> ) da atual campanha de monitoramento ambiental. A linha cinza representa a média de todas as amostras.	198/265
Figura V-61 – Diversidade (bits/ind) e equitabilidade da comunidade ictioplanctônica da atual campanha de monitoramento ambiental.	199/265

<b>FIGURA</b>	<b>PÁG.</b>
Figura V-62 – Dendograma de agrupamento (Cluster) da comunidade ictioplanctônica da atual campanha de monitoramento ambiental.	200/265
Figura V-63 – Escalonamento multidimensional (MDS) da comunidade ictioplanctônica na atual campanha de monitoramento.	201/265
Figura VI-1 - Análise de componentes principais das variáveis físico-químicas do ambiente pelágico da PMPR_DP-BUZ-1_C5.	203/265
Figura VI.1-2 – Análise de componentes principais das variáveis físico-químicas do ambiente pelágico sobreposta com os indicadores ambientais do fitoplâncton.	205/265
Figura VI.1-3 – Análise de agrupamento das variáveis ambientais e fitoplâncton da PMPR_DP-BUZ-1_C5.	207/265
Figura VI.1-4 Análise de escalonamento multidimensional entre as variáveis ambientais de qualidade da água e os indicadores biológicos da comunidade fitoplanctônica da PMPR_DP-BUZ-1_C5.	208/265
Figura VI.1-5 – Relação de temperatura com a densidade total zooplanctônica e ictioplanctônica da PMPR_DP-BUZ-1_C5.	212/265
Figura VI.1-6 – Relação da salinidade com a densidade total zooplanctônica e ictioplanctônica da PMPR_DP-BUZ-1_C5.	212/265
Figura VI.1-7 – Relação do OD e MPS com a densidade total zooplanctônica e ictioplanctônica da PMPR_DP-BUZ-1_C5.	213/265
Figura VI.1-8 – Relação de silicato com a densidade total zooplanctônica e ictioplanctônica 02 da PMPR_DP-BUZ-1_C5.	213/265
Figura VI.1-9 – Relação da clorofila a com a densidade total zooplanctônica e ictioplanctônica da PMPR_DP-BUZ-1_C5.	214/265
Figura VI.1-10 – Relação da temperatura com a riqueza zooplanctônica e ictioplanctônica da PMPR_DP-BUZ-1_C5.	214/265
Figura VI.1-11 – Relação da salinidade com a riqueza zooplanctônica e ictioplanctônica da PMPR_DP-BUZ-1_C5.	215/265
Figura VI.1-12 – Relação do OD e MPS com a riqueza zooplanctônica e ictioplanctônica da PMPR_DP-BUZ-1_C5.	215/265
Figura VI.1-13 – Relação de silicato com a riqueza zooplanctônica e ictioplanctônica da PMPR_DP-BUZ-1_C5.	216/265

<b>FIGURA</b>	<b>PÁG.</b>
Figura VI.1-14 – Relação da clorofila a com a riqueza zooplanctônica e ictioplanctônica da PMPR_DP-BUZ-1_C5.	216/265
Figura VI.1-15 – Relação da temperatura com a diversidade (bits/ind) zooplanctônica e ictioplanctônica da PMPR_DP-BUZ-1_C5.	217/265
Figura VI.1-16 – Relação da salinidade com a diversidade (bits/ind) zooplanctônica e ictioplanctônica da PMPR_DP-BUZ-1_C5.	217/265
Figura VI.1-17 – Relação do OD e MPS com a diversidade (bits/ind) zooplanctônica e ictioplanctônica da PMPR_DP-BUZ-1_C5.	218/265
Figura VI.1-18 – Relação de silicato com a diversidade (bits/ind) zooplanctônica e ictioplanctônica da PMPR_DP-BUZ-1_C5.	218/265
Figura VI.1-19 – Relação da clorofila a com a diversidade (bits/ind) zooplanctônica e ictioplanctônica da PMPR_DP-BUZ-1_C5.	219/265
Figura VI.1-20 – Relação da temperatura com a equitabilidade zooplanctônica e ictioplanctônica da PMPR_DP-BUZ-1_C5.	219/265
Figura VI.1-21 – Relação da salinidade com a equitabilidade zooplanctônica e ictioplanctônica da PMPR_DP-BUZ-1_C5.	220/265
Figura VI.1-22 – Relação do OD e MPS com a equitabilidade zooplanctônica e ictioplanctônica da PMPR_DP-BUZ-1_C5.	220/265
Figura VI.1-23 – Relação de silicato com a equitabilidade zooplanctônica e ictioplanctônica (da PMPR_DP-BUZ-1_C5.	221/265
Figura VI.1-24 – Relação da clorofila a com a equitabilidade zooplanctônica e ictioplanctônica da PMPR_DP-BUZ-1_C5.	221/265

## TABELA E QUADRO

TABELA OU QUADRO	PÁG.
Quadro I-1 - Campanhas realizadas no âmbito do PMAEpro-BS_PMPR_DP-BUZ-1 com suas respectivas fases e períodos.	22/265
Tabela III-1 - Concentrações dos parâmetros monitorados nos efluentes sanitário da ETE da P-74, para o 1º trimestre de 2023.	28/265
Tabela IV-1 - Coordenadas UTM (Datum SIRGAS 2000, Z.23S, MC 45°W) das estações de amostragem de água e plâncton para PMAEpro-BS_PMPR_DP-BUZ-1_C5.	30/265
Tabela IV-2 – Profundidades das diferentes camadas amostradas nas coletas de água e fitoplâncton na atual campanha.	35/265
Tabela IV-3 - Volume de água do mar filtrado durante as coletas de zooplâncton e ictioplâncton na PMAEpro-BS_PMPR_DP-BUZ-1_C5.	38/265
Quadro IV-1 - Parâmetros, volume, formas de acondicionamento e preservação das amostras de água coletadas durante a PMAEpro-BS_PMPR_DP-BUZ-1_C5.	40/265
Tabela IV-4 - Resumo dos métodos utilizados, dos procedimentos de pré-tratamento, os respectivos limites de quantificação e detecção do método, conforme os parâmetros analisados nas amostras de água do mar.	42/265
Tabela IV-5 – Controles de qualidade (QC) analítica laboratorial por parâmetro para a qualidade da água.	50/265
Quadro IV-2 - Estudos anteriores realizados na região de interesse e utilizados para comparação com os resultados obtidos na atual campanha.	54/265
Tabela IV-6 – Limites de salinidade e temperatura das massas d'água segundo Tommasi (1994) e Silveira et al. (2000).	57/265
Tabela IV-7 – Controles de qualidade (QC) analítica laboratorial por parâmetro para a biota planctônica.	62/265
Tabela V-1 – Valores de temperatura (°C) medidos nas quatro profundidades amostradas na atual campanha de monitoramento.	69/265

<b>TABELA OU QUADRO</b>	<b>PÁG.</b>
Tabela V-2 – Valores de salinidade medidos nas quatro profundidades amostradas na atual campanha de monitoramento.	73/265
Tabela V-3 - Valores de temperatura (°C) e salinidade encontrados na água em estudos anteriores na Bacia de Santos.	76/265
Quadro V-1 - Distribuição das massas d'água nos diferentes níveis de profundidade das estações amostradas nas campanhas de monitoramento do DP de Búzios 1.	82/265
Tabela V-4 – Concentração de oxigênio dissolvido (mg/L) nas estações de coleta da atual campanha de monitoramento.	84/265
Tabela V-5 - Valores de oxigênio dissolvido (mg/L) encontrados na água em estudos anteriores na Bacia de Santos.	87/265
Tabela V-6 – Valores de pH medidos nas estações de coleta da atual campanha de monitoramento.	91/265
Tabela V-7 - Valores de pH encontrados na água em estudos anteriores na Bacia de Santos.	94/265
Tabela V-8 – Valores de clorofila-a (µg/L) medidos nas estações de coleta da atual campanha de monitoramento.	98/265
Tabela V-9 - Valores de clorofila-a (µg/L) encontrados na água em estudos anteriores na Bacia de Santos. n.d. = não detectado e n.q. = não quantificado.	101/265
Tabela V-10 – Concentrações de nitrogênio amoniacal (mg/L N), nitrito (mg/L N), nitrato (mg/L N), silicato (mg/L) e fósforo total (mg/L P) encontrados na água em estudos anteriores na Bacia de Santos (n.d. = não detectado e n.q. = não quantificado).	108/265
Tabela V-11 – Concentração de silicato (mg/L) nas estações de coleta da atual campanha de monitoramento.	111/265
Tabela V-12 – Concentração de MPS (mg/L) nas estações de coleta da atual campanha de monitoramento.	117/265
Tabela V-13 - Valores de MPS (mg/L) encontrados na água em estudos anteriores na Bacia de Santos. n.d. = não detectado e n.q. = não quantificado.	119/265

<b>TABELA OU QUADRO</b>	<b>PÁG.</b>
Tabela V-14 - Valores de COT (mg/L C) encontrados na água em estudos anteriores na Bacia de Santos. n.d. = não detectado e n.q. = não quantificado.	122/265
Tabela V-15 - Valores de sulfetos (mg/L S) encontrados na água em estudos anteriores na Bacia de Santos. n.d. = não detectado e n.q. = não quantificado.	126/265
Tabela V-16 - Valores de riqueza (número de taxa), densidade (ind/L), diversidade (bits/ind) e equitabilidade encontrados para a comunidade fitoplanctônica da atual campanha de monitoramento.	141/265
Tabela V-17 – Resultados (mínimo e máximo) ecológicos obtidos para a comunidade fitoplanctônica do PMAEpro-BS_PMPR_DP-BUZ-1 e outras campanhas anteriores realizadas na região.	142/265
Tabela V-18 - Valores de riqueza de taxa (número de taxa), densidade (ind/m <sup>3</sup> ), diversidade (bits/ind) e equitabilidade calculados por arrasto de zooplâncton da atual campanha de monitoramento.	168/265
Tabela V-19 – Resultados (mínimo e máximo) dos índices ecológicos da comunidade zooplanctônica nas campanhas de monitoramento ambiental anteriores do DP-BUZ-1 e nas campanhas anteriores realizadas na região.	169/265
Tabela V-20 - Valores de riqueza de taxa (número de taxa), densidade (ind/100m <sup>3</sup> ), diversidade (bits/ind) e equitabilidade encontrados para a comunidade ictioplanctônica da atual campanha de monitoramento de DP de Búzios – Etapa 2, Bacia de Santos.	188/265
Tabela V-21 – Resultados (mínimo e máximo) dos índices ecológicos calculados para a comunidade ictioplanctônica nas campanhas anteriores de monitoramento ambiental do DP-BUZ-1 e nas campanhas anteriores realizadas na região.	189/265
Tabela VI.1-1 – Correlação de Spearman entre os indicadores biológicos da estrutura da comunidade fitoplanctônica (densidade, riqueza, diversidade e equitabilidade) e as variáveis ambientais de qualidade da água da PMAEpro-BS_PMPR_DP-BUZ-1_C5.	204/265

<b>TABELA OU QUADRO</b>	<b>PÁG.</b>
Tabela VI.1-2 – Indicadores biológicos das comunidade zooplanctônicas e ictioplanctônicas coletados através de arrastos horizontais (HOR) e oblíquos(OBL) nas estações amostrais DP-BUZ-1_M1000 e DP-BUZ-1_J1002 da PMAEpro-BS_PMPR_DP-BUZ-1_C5.	210/265

## ANEXOS

<b>Anexo X-1</b> – Carta de aceite de material biológico
<b>Anexo X-2</b> – Laudos Analíticos das amostras Físico-químicas
<b>Anexo X-3</b> – Laudos Analíticos das amostras biológicas
<b>Anexo X-4</b> – Anotações de Responsabilidade Técnica (ARTs) e Cadastro Técnico Federal da equipe técnica
<b>Anexo X-5</b> – Ressalva Zooplâncton



## I - INTRODUÇÃO

A atividade de instalação do Desenvolvimento da Produção de Búzios 1 teve início em fevereiro de 2016 com a pré-ancoragem da unidade P-74. Após sua ancoragem, iniciou-se a interligação dos poços e seguiu-se o início da operação. A licença de operação (LO nº 1439/2018) foi concedida pelo IBAMA em 16 de abril de 2018, e a unidade opera desde 20 de abril do mesmo ano, produzindo gás natural e petróleo.

Conforme o Estudo de Impacto Ambiental (EIA), elaborado em outubro de 2013 e que subsidiou o licenciamento ambiental desse empreendimento (processo IBAMA/MMA nº 02022.002141/11-03), são previstos impactos decorrentes do descarte de água produzida e efluentes durante a fase de operação da unidade, podendo afetar os compartimentos água e biota associadas (PETROBRAS/MINERAL, 2013). Assim, com o intuito de verificar e monitorar a qualidade ambiental na área de influência direta das atividades e de se identificar a ocorrência de possíveis impactos na região, deu-se início a execução do Projeto de Monitoramento Ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos – Etapa 2 – Desenvolvimento da Produção de Búzios 1, Bacia de Santos (PMAEpro-BS\_PMPR\_DP-BUZ-1 ou apenas PMPR\_DP-BUZ-1 como referido neste relatório), o qual é realizado em atendimento às condicionantes da LO.

A primeira campanha do projeto (C1), referente à fase de operação, foi realizada em outubro de 2018, quando o empreendimento já operava na área, porém ainda sem descarte de água produzida (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2019a), o que a difere das demais campanhas (C2, C3, C4 e C5), realizadas com periodicidade anual e detalhadas abaixo, no Quadro I-1.

**Quadro I-1 - Campanhas realizadas no âmbito do PMPR\_DP-BUZ-1 com suas respectivas fases e períodos.**

Campanha	Data	Fase
PMAEpro-BS_PMPR_DP-BUZ-1_C1	outubro de 2018	operação
PMAEpro-BS_PMPR_DP-BUZ-1_C2	fevereiro de 2020	operação
PMAEpro-BS_PMPR_DP-BUZ-1_C3	janeiro de 2021	operação
PMAEpro-BS_PMPR_DP-BUZ-1_C4	dezembro de 2021/ janeiro de 2022	operação
PMAEpro-BS_PMPR_DP-BUZ-1_C5	fevereiro de 2023	operação

O presente relatório descreve os procedimentos técnicos realizados em campo, as metodologias de análise e os resultados obtidos durante a 5ª campanha do PMPR\_DP-BUZ-1, aqui referida como DP-BUZ-1\_C5. A campanha foi realizada no período de 16 a 22 de janeiro de 2023, a bordo do navio *R/V Ocean Stalwart*, e envolveu a coleta de amostras e análise de parâmetros físicos e químicos da água e parâmetros biológicos do plâncton. Os resultados obtidos foram tratados para a investigação de possíveis impactos decorrentes da operação da unidade marítima de produção que opera no DP de Búzios 1, a P-74.

## II - OBJETIVO

O objetivo principal do Projeto de Monitoramento Ambiental do DP-BUZ-1 é monitorar e avaliar a qualidade ambiental na área de influência direta do empreendimento, permitindo a identificação de possíveis impactos decorrentes de suas atividades.

A campanha descrita neste relatório teve por objetivo acompanhar as possíveis alterações ocorridas nos aspectos da qualidade da água e na comunidade biológica planctônica da área de influência direta do empreendimento, em decorrência de sua operação.

### II.1 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A presente campanha apresenta como objetivos específicos:

- Monitorar as características físicas e químicas da água do mar na área de influência do empreendimento;
- Monitorar quali-quantitativamente as comunidades planctônicas da região, e;

**Comparar os resultados** obtidos com a legislação aplicável, bem como os dados de campanhas anteriores e com a bibliografia disponível, quando pertinente

### **III - ÁREA DE ESTUDO**

#### **III.1 - BACIA DE SANTOS – CAMPO DE BÚZIOS**

A Bacia de Santos (BS) localiza-se na margem continental sudeste-sul do Brasil, ocupando uma área de 352.000 km<sup>2</sup>, entre os paralelos 23º e 28º Sul. Limita-se ao norte com a Bacia de Campos, no Alto de Cabo Frio, e ao sul com a Bacia de Pelotas, no Alto de Florianópolis. A oeste, seu limite é dado pelas serras do Mar, da Mantiqueira e pelo Maciço da Carioca, enquanto a leste, a Bacia de Santos está em continuidade estrutural e estratigráfica com o platô de São Paulo (PORTILHO-RAMOS *et al.*, 2006). A BS tem um formato de lua crescente, ou seja, a plataforma continental é mais estreita nas proximidades de Cabo Frio (50 km) e Cabo de Santa Marta (70 km), onde a isóbata de 200 m, próxima à quebra da plataforma continental, aproxima-se da costa, e mais larga na parte central (230 km), em frente ao litoral de São Paulo, onde aquela isóbata encontra-se mais afastada da linha costeira (SOUZA, 2000). O limite batimétrico da bacia de Santos é considerado atualmente em cerca de 2.000 m de lâmina d'água (PORTILHO-RAMOS *et al.*, 2006) (Figura III-1).

A P-74, que opera nas campanhas de DP-BUZ-1, está localizada no Campo de Búzios (área de produção e antiga Área de Franco) na Bacia de Santos, a aproximadamente 180 km da costa do Rio de Janeiro/RJ (Figura III-1) em uma região com lâmina d'água de aproximadamente 1.990 metros de profundidade.

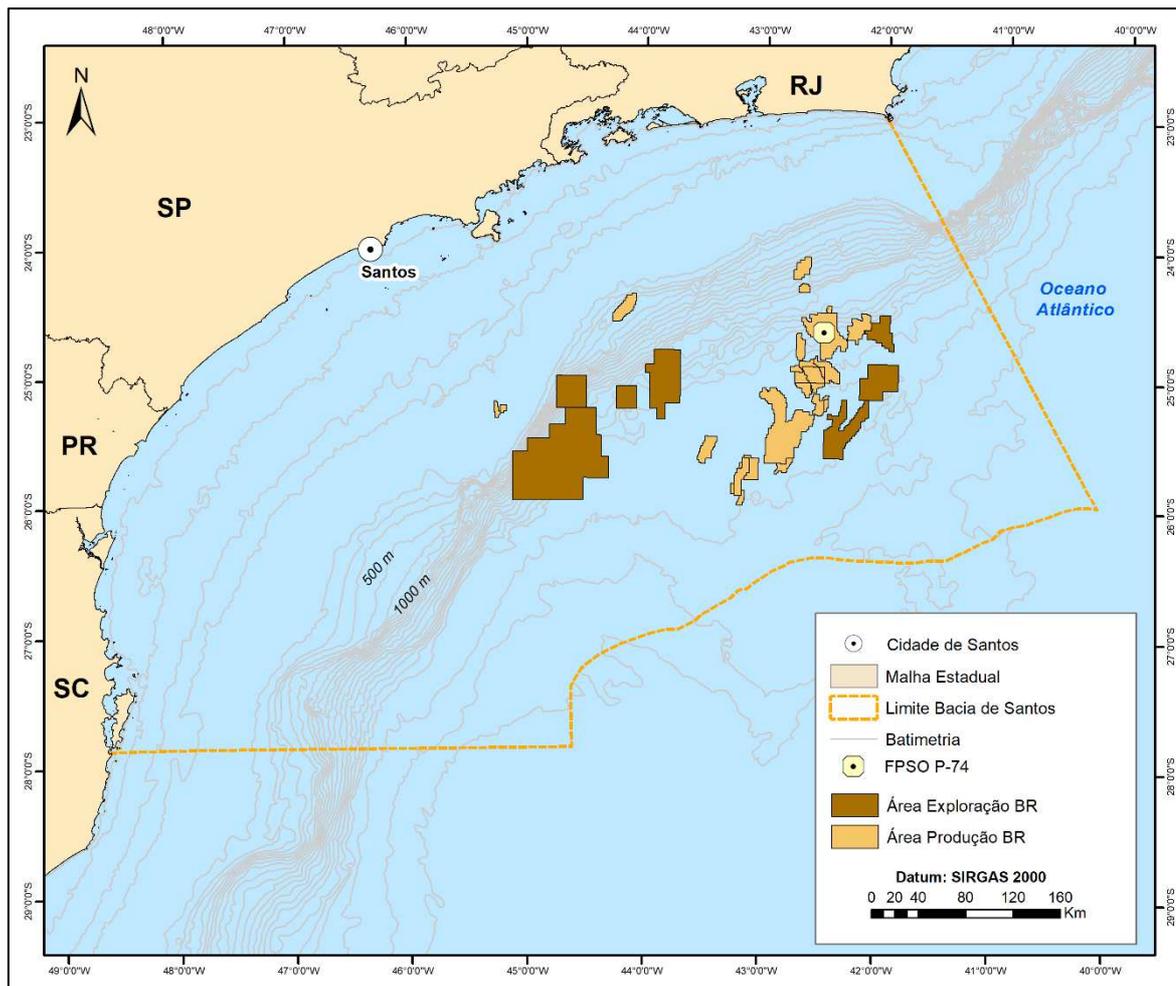
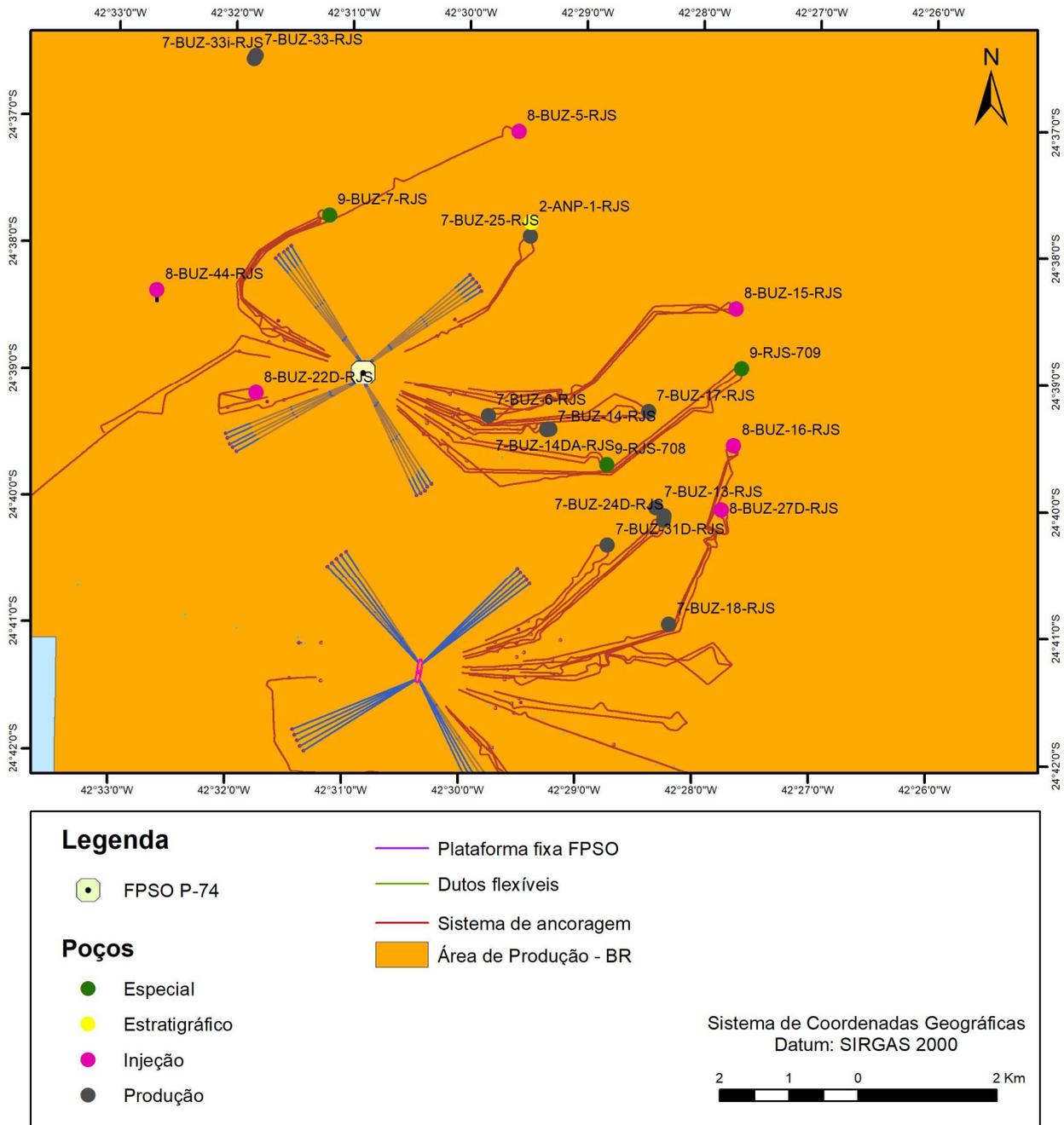


Figura III-1 - Localização do DP-BUZ-1 (P-74) – Bacia de Santos.

### III.2 - CARACTERIZAÇÃO DA ATIVIDADE

À época da execução da 5ª campanha do PMA do DP de Búzios 1, a exploração de petróleo do empreendimento se dava através da unidade de produção FPSO P-74 interligada a 11 poços, sendo seis produtores (9-BUZ-7-RJS, 7-BUZ-25-RJ, 7-BUZ-14DA-RJS, 7-BUZ-14-RJS, 7-BUZ-17-RJS e 9-RJS-708), e cinco injetores (8-BUZ-22D-RJS, 8-BUZ-5-RJS, 7-BUZ-6-RJS, 8-BUZ-15-RJS e 9-RJS-709) (Figura III-2). Ademais, já existiam na área outros poços interferentes. O óleo produzido é processado e estocado nos tanques da P-74 e, periodicamente, escoado via navios aliviadores por operações de *offloading*. Já o escoamento da produção de gás é realizado via gasoduto Rota 2 (PETROBRAS/MINERAL, 2013).



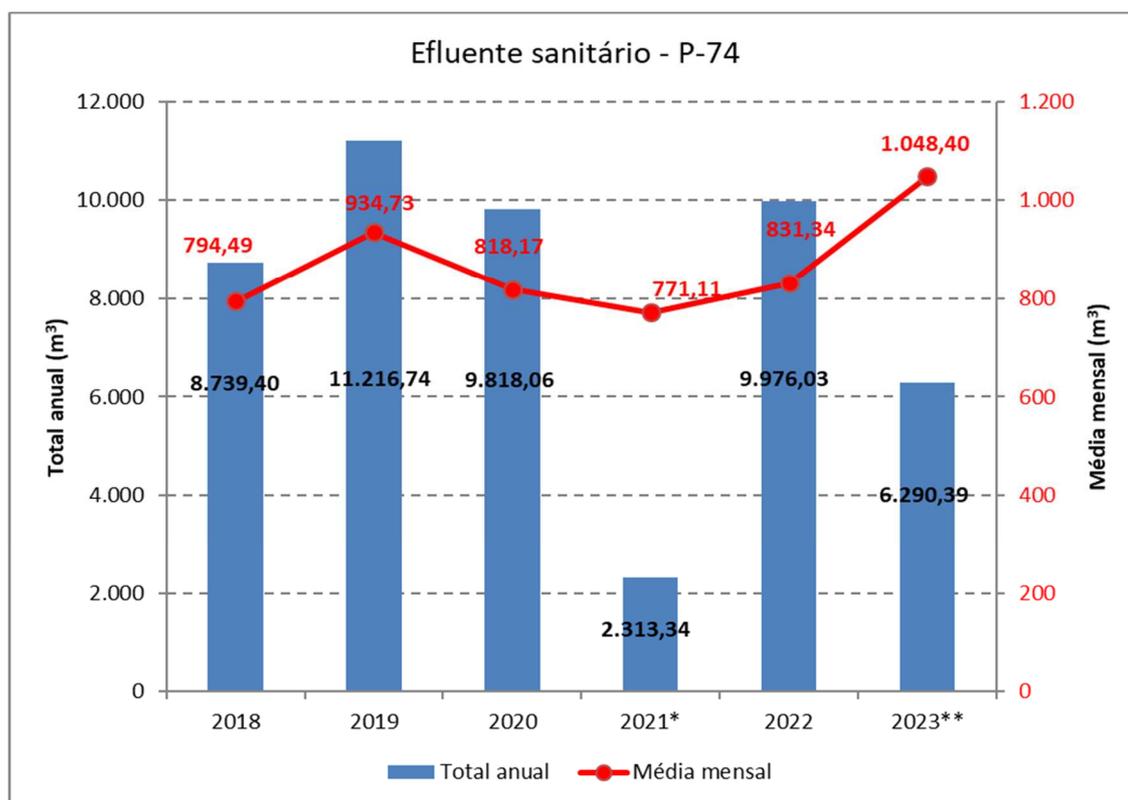
**Figura III-2 - Estruturas de fundo e poços interferentes no entorno da P-74.**

Em atendimento às resoluções CONAMA nº 393/2007 e NT IBAMA 01/2011, a Petrobras realiza o monitoramento da água produzida e demais efluentes descartados pela P-74, através do controle dos volumes descartados e da realização de ensaios físico-químicos e ecotoxicológicos, conforme periodicidade estipulada pelos instrumentos legais supracitados.

Até o momento da realização da 5ª campanha de monitoramento, ainda não havia sido iniciada a geração e o descarte de água produzida pela P-74. Entretanto, a unidade já descartava efluentes sanitários e oleosos.

Os volumes dos efluentes descartados pela P-74 desde o início da sua operação, em abril de 2018, são apresentados a seguir na Figura III-3 e na Figura III-4. Cabe ressaltar que desde o primeiro mês de 2022, a P-74 trata separadamente os efluentes sanitários Águas Negras e Águas Cinzas (UV).

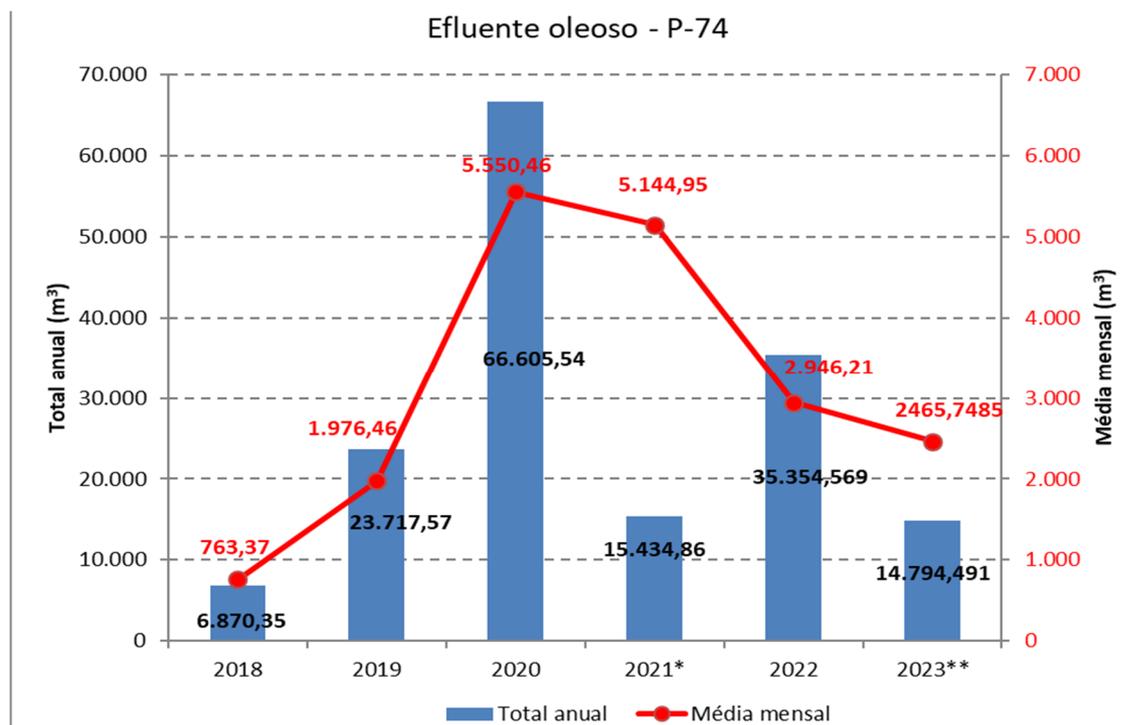
Para o primeiro semestre de 2023, os efluentes sanitários Águas Negras e Águas Cinzas apresentaram volumes totais de 1.577,23 m<sup>3</sup> e 1.276,21 m<sup>3</sup>, respectivamente, considerando-se o primeiro trimestre do ano de 2023, e 3.436,95 m<sup>3</sup>, para o segundo trimestre de 2023, totalizando 6.290,39 m<sup>3</sup>. Ressalta-se que no 2º trimestre de 2023 o Sistema UV (tratamento das águas cinzas) ficou em manutenção e o tratamento dessa corrente voltou a ser de forma conjunta com as águas negras através da ETE RedFox.



\* Considera 1º trimestre do ano.

\*\* Considera 1º semestre do ano.

**Figura III-3 - Volume de efluentes sanitários descartado pela P-74.**



\* Considera 1º trimestre do ano.

\*\* Considera 1º semestre do ano.

**Figura III-4 - Volume de efluente oleoso descartado pela P-74.**

Os resultados das análises dos efluentes sanitários da Estação de Tratamento de Esgoto existente na P-74 referentes ao 1º trimestre de 2023 são apresentados na Tabela III-1.

**Tabela III-1 - Concentrações dos parâmetros monitorados nos efluentes sanitário da ETE da P-74, para o 1º trimestre de 2023.**

Ponto	Parâmetro	Resultados Águas Negras	Resultados Águas Cinzas	Unidade
ETE	DBO Entrada	5.520,00	1.050,00	mg/L
ETE	DQO Entrada	9.490,00	2.540,00	mg/L
ETE	DBO Saída	268,00	618,00	mg/L
ETE	DQO Saída	476,00	1.300,00	mg/L
ETE	TOG	<5,00	<5,00	mg/L
ETE	pH	8,50	6,10	-
ETE	Cloro Residual	<2,00	<0,00	mg/L
ETE	Coliformes Totais	1.000,00	2420000,00	NMP/100mL
ETE	Clorobenzeno	<5,00	<5,30	µg/L
ETE	Dicloroetano	<0,30	<0,30	µg/L
ETE	Tricloroetano	<0,30	<0,30	µg/L
ETE	Clorofórmio	91,70	7,70	µg/L
ETE	Tetracloroeto de Carbono	<0,50	<0,50	µg/L
ETE	PCBs	<0,01	<0,20	µg/L

## IV - MATERIAL E MÉTODOS

### IV.1 - ATIVIDADES DE CAMPO

A PMPR\_DP-BUZ-1\_C5 foi realizada no período de 16 a 22 de fevereiro de 2023, a bordo do navio *R/V Ocean Stalwart* (Figura IV-1).



Fonte: Petrobras/Oceanpact, 2023.

**Figura IV-1** - Embarcação RSV *Ocean Stalwart* utilizada durante a campanha.

A campanha teve início no dia 16/02/2023 às 20h10min, com a navegação para a área de amostragem e chegada no entorno da unidade de produção no dia 16/02/2023 às 23h04min. Em 16/02/23 às 23h38min, houve o início das amostragens, com a realização do lançamento do CTD na água. As operações de coleta ocorreram em regime de trabalho de dois turnos/dia, sendo cada turno de 12

horas, e envolveu a coleta de dados físico-químicos e de amostras de água e plâncton.

As amostragens foram finalizadas às 22h00min do dia 20/02/2023, com a realização do transecto pós amostragem. O desembarque das amostras coletadas durante a campanha ocorreu entre as 10h00min e 14h00min do dia 22/02/2023 no Estaleiro Mauá em Niterói/RJ, com o envio das remessas das amostras de água e biota aos laboratórios de análise.

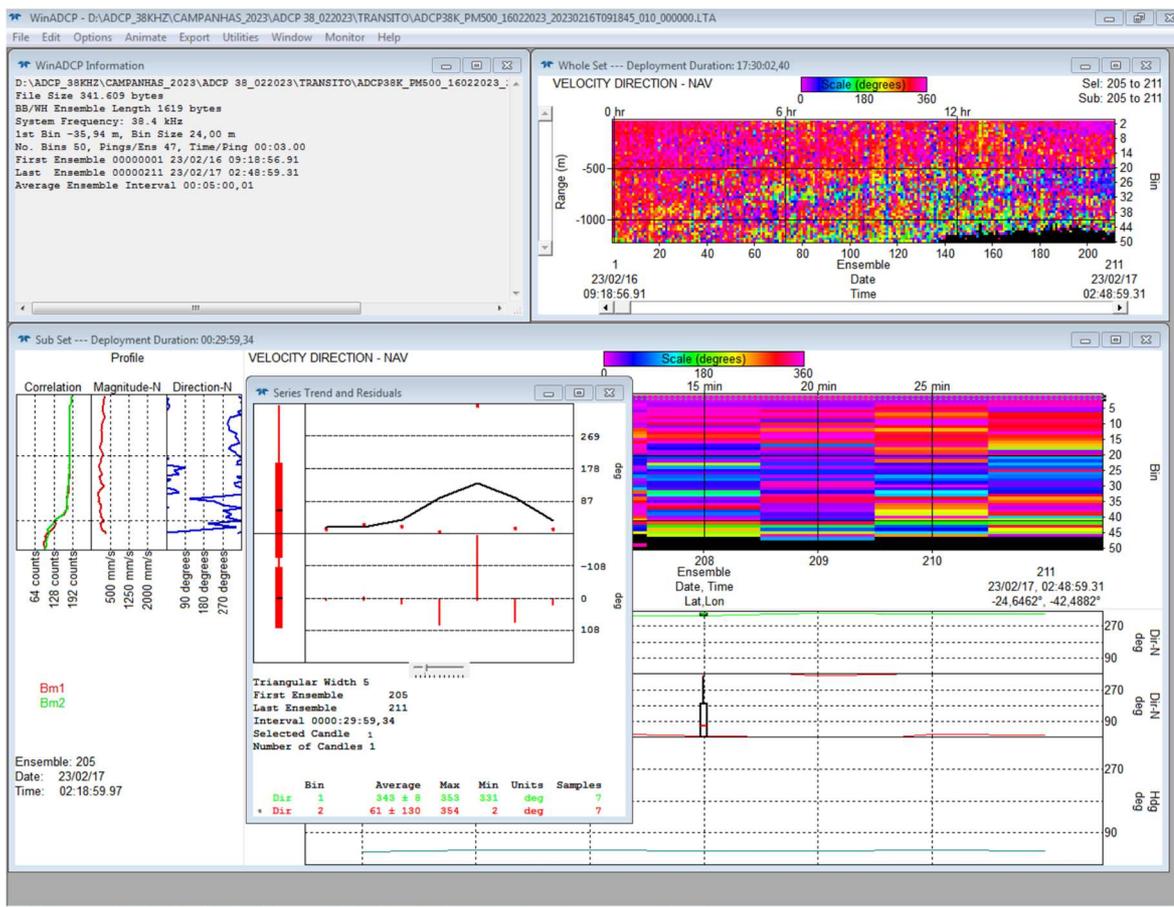
Para a malha de amostragem de água, inicialmente, foi realizada uma medição da corrente no local, através de perfilagem com o ADCP de casco do navio através de dois transectos, um localizado 500 m à montante da plataforma e o outro, 500 m a jusante (Figura IV-2). Os dados mostraram que a corrente apresentava direção de 353°, a partir da qual foram plotadas as estações para realização das coletas de água e plâncton. As nove estações foram dispostas da seguinte maneira: uma estação 1.000 m a montante da plataforma, uma estação 100 m a jusante, uma estação 250 m a jusante, três estações 500 m a jusante, dispostas em ângulo de 15° entre si, e três estações 1.000 m a jusante, também dispostas com ângulos de 15° entre si.

Cabe destacar que, ao término das amostragens, foi realizada nova medição da corrente no local através de perfilagem com o ADCP de casco do navio, nos mesmos transectos previamente perfilados, indicando uma direção de 351°.

As coordenadas das estações amostradas durante a campanha podem ser observadas na Tabela IV-1.

**Tabela IV-1** - Coordenadas UTM (Datum SIRGAS 2000, Z.23S, MC 45°W) das estações de amostragem de água e plâncton para PMPR\_DP-BUZ-1\_C5.

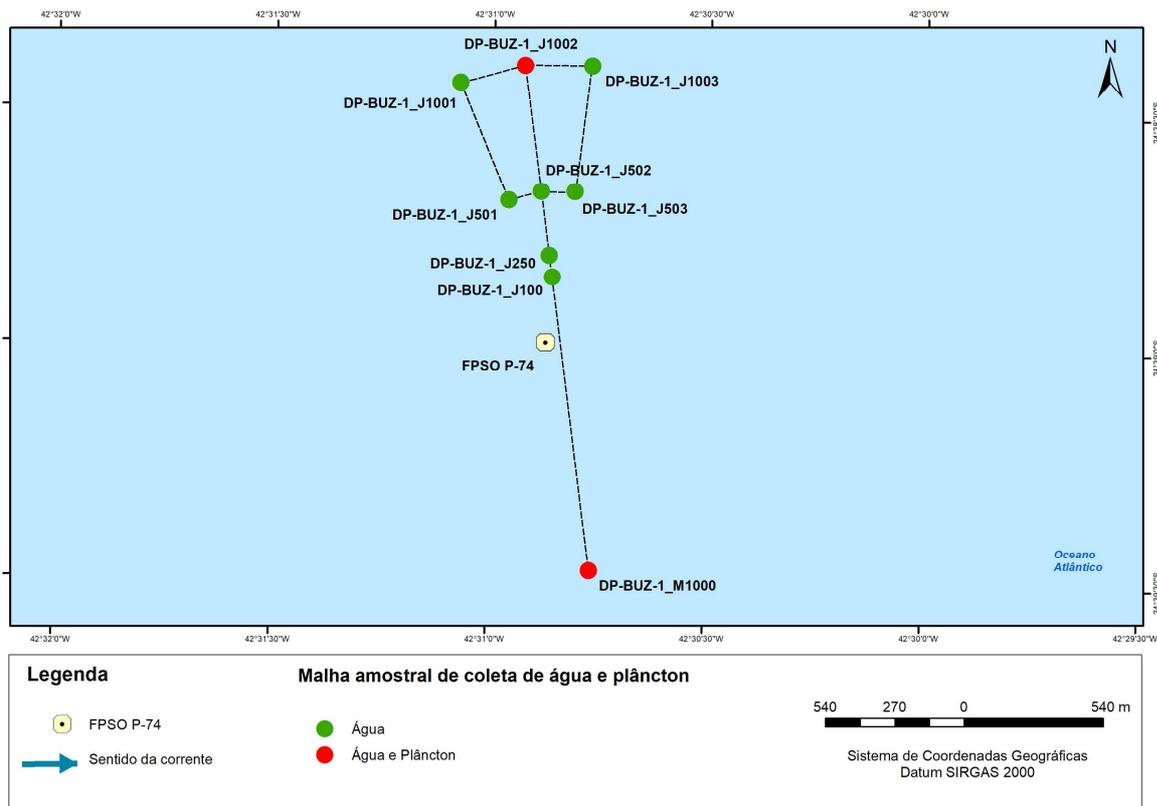
Estações	N (UTM)	E (UTM)	Compartimento
DP-BUZ-1_M1000	7270652,82	751728,04	Água e Plâncton
DP-BUZ-1_J100	7271808,21	751586,68	Água
DP-BUZ-1_J250	7271893,51	751575,70	Água
DP-BUZ-1_J501	7272108,96	751418,87	Água
DP-BUZ-1_J502	7272141,64	751545,24	Água
DP-BUZ-1_J503	7272140,50	751675,76	Água
DP-BUZ-1_J1001	7272572,55	751231,56	Água
DP-BUZ-1_J1002	7272637,92	751484,30	Água e Plâncton
DP-BUZ-1_J1003	7272635,64	751745,34	Água



Fonte: Relatório Técnico de Bordo Gardline (RL-3A36.01-5521-996-OC8-001=B.pdf).

**Figura IV-2** – Gráfico com os dados fornecidos pelo ADCP para determinação da direção preferencial da corrente, utilizada para o posicionamento da malha amostral móvel de água e plâncton.

A Figura IV-3 apresenta o mapa com a malha amostral para a coleta das amostras de água e plâncton.



Fonte: Bioconsult (2022).

**Figura IV-3** – Malha amostral para coleta de água e plâncton da PMPR\_DP-BUZ-1\_C5 (Datum Sirgas 2000).

Os procedimentos técnicos de coleta e processamento das amostras de água e plâncton empregados durante a DP-BUZ-1\_C5 foram realizados em conformidade com o escopo da campanha, informações obtidas na reunião de pré-campanha e com o protocolo de coleta elaborado pelo CENPES (PDEDS/AMA, 2019).

### IV.1.1 - Qualidade da Água

Em cada estação de coleta de água do mar, foram realizadas amostragens em quatro níveis, definidos de acordo com a profundidade da termoclina verificada através de perfilagens com CTD no momento das amostragens, da seguinte maneira:

- superfície (SUP) – até 10 m da lâmina d'água;

- acima da termoclina (ACTC) – em meia profundidade entre superfície e termoclina sazonal;
- termoclina (TC) – na profundidade onde foi identificada o início da termoclina sazonal;
- abaixo da termoclina (ABTC) – profundidade da termoclina sazonal acrescida do valor da meia profundidade entre superfície e termoclina.

As profundidades dos estratos de cada estação são apresentadas na Tabela IV-2. As amostragens foram realizadas com a utilização de um conjunto composto por uma rosette para 24 garrafas de coleta, um CTD SBE 9plus V7 e garrafas oceanográficas de 10 litros do tipo Niskin e do tipo Go-flo (Figura IV-4). Um disco de Secchi (Fonte: Relatório Técnico de Bordo Oceanpact (RL-3A17.00-5521-996-GB1-007=A.pdf).

Figura IV-5) também foi acoplado a Rosette para determinação da transparência da coluna d'água nas estações cujas coletas das amostras de água foram realizadas durante o período do dia. As amostras de água foram coletadas entre 04:40 e 08:08, entre 08:39 e 12:51, entre 13:40 e 16:05, e entre 16:36 e 19:54 do dia 17/02/2023, entre 17:13 e 20:51 e entre 21:15 do dia 18/02/2023 até as 01:40 do dia 19/02/2023, e entre 13:52 e 17:50 do dia 20/02/2023.

Nas estações DP-BUZ-1\_J100, DP-BUZ-1\_J501, DP-BUZ-1\_J502, DP-BUZ-1\_J503, DP-BUZ-1\_J1001 e DP-BUZ-1\_J1003, não foi possível realizar a perfilagem com o CTD até o fundo, devido à presença de obstáculos presentes em meia água. As estações foram perfiladas até 150 m.

Os critérios utilizados para a validação das amostras de água foram os seguintes:

- fechamento completo das garrafas oceanográficas;
- funcionamento das garrafas oceanográficas; e
- ausência de bolhas nas amostras de BTEX e OD.



**Figura IV-4** – Rosette com garrafas de coleta de amostras de água dos modelos Niskin e Go-flo utilizadas na atual campanha de monitoramento.

**Tabela IV-2 – Profundidades das diferentes camadas amostradas nas coletas de água e fitoplâncton na atual campanha.**

Estações	Níveis	Profundidade (m)
DP-BUZ-1_M1000	SUP	5,00
	ACTC	18,00
	TC	36,00
	ABTC	54,00
DP-BUZ-1_J100	SUP	5,00
	ACTC	20,00
	TC	39,00
	ABTC	59,00
DP-BUZ-1_J250	SUP	5,00
	ACTC	19,00
	TC	38,00
	ABTC	57,00
DP-BUZ-1_J501	SUP	5,00
	ACTC	15,00
	TC	30,00
	ABTC	45,00
DP-BUZ-1_J502	SUP	5,00
	ACTC	18,00
	TC	36,00
	ABTC	54,00
DP-BUZ-1_J503	SUP	5,00
	ACTC	18,00
	TC	36,00
	ABTC	59,00
DP-BUZ-1_J1001	SUP	5,00
	ACTC	17,00
	TC	34,00
	ABTC	51,00
DP-BUZ-1_J1002	SUP	5,00
	ACTC	16,00
	TC	32,00
	ABTC	48,00
DP-BUZ-1_J1003	SUP	5,00
	ACTC	20,00
	TC	39,00
	ABTC	59,00

Legenda: SUP: Superfície; ACTC: Acima da Termoclina; TC: Termoclina e ABTC: Abaixo da Termoclina.



Fonte: Relatório Técnico de Bordo Oceanpact (RL-3A17.00-5521-996-GB1-007=A.pdf).

**Figura IV-5** – Disco de Secchi (acoplado no sistema CTD/Rosette) utilizado para medir a transparência da coluna da água durante a PMPR\_DP-BUZ-1\_C5.

As garrafas e frascaria utilizadas, o volume coletado e os métodos de preservação e acondicionamento para cada parâmetro amostrado na água são apresentados no Quadro IV-1.

Ressalta-se que as primeiras amostras a serem drenadas das garrafas foram destinadas às análises de BTEX e OD. As amostras para análise de COT foram coletadas diretamente da garrafa oceanográfica, sem nenhum tipo de filtração. Os filtros para determinação de MPS foram pesados antes e após a filtração em laboratório especializado em terra.

Dois parâmetros foram medidos *in situ*: OD e pH. Para a análise de OD, foi utilizado um frasco de DBO, que foi preenchido três vezes até o transbordamento de sua capacidade, sendo mantido o volume do terceiro enchimento. O enchimento do frasco foi realizado de forma cuidadosa, colocando-se o tubo plástico de drenagem da garrafa no fundo do frasco de modo a se evitar a formação de bolhas. Foi utilizada uma bureta digital eletrônica, que consiste em uma adaptação automatizada do método de Winkler para titulação de oxigênio dissolvido. As

análises foram realizadas em triplicata. A segunda amostra drenada foi utilizada para a determinação do pH. Os cuidados para a coleta deste parâmetro foram os mesmos realizados para a coleta de OD. As medições foram realizadas através de um pHmetro, cujo eletrodo era inserido nas alíquotas até que se houvesse a estabilização e definição dos valores. As amostras de MPS e clorofila-a foram filtradas a bordo, e somente os filtros com o material de interesse foram armazenados congelados.

#### **IV.1.1.1 - Fitoplâncton**

As coletas de fitoplâncton foram realizadas concomitantemente às coletas das amostras de água, através de garrafas Go-Flo, nas mesmas quatro profundidades definidas, sendo, entretanto, restritas às estações definidas para coleta do plâncton (DP-BUZ-1\_M1000 e DP-BUZ-1\_J1002).

#### **IV.1.2 - Zooplâncton e Ictioplâncton**

As amostras de zooplâncton foram coletadas em arrastos horizontais de superfície e arrastos oblíquos da termoclina a superfície, com uma rede cilindro-cônica de malha de 200 µm, com 2 m de comprimento total e com diâmetro de boca de 60 cm (Figura IV-6). A fim de calcular o volume de água filtrado, um fluxômetro foi acoplado à boca da rede. As amostras de ictioplâncton foram coletadas em arrastos horizontais de superfície, e em arrastos oblíquos, da termoclina até a superfície, com rede bongô de malhas de 300 e 500 µm, com fluxômetro acoplado, comprimento de 2 m e diâmetro de boca de 60 cm (Figura IV-7). Os arrastos e o processamento das amostras foram realizados na estação DP-BUZ-1\_J1002, entre 17:10 e 17:24h, entre 17:34 e 17:50h, entre 18:13 e 18:33h e entre 18:37 e 18:56 do dia 19/02/2023 e na estação DP-BUZ-1\_M1000, entre 18:07 e 18:21h, entre 18:26 e 18:38h, entre 19:05 e 19:18h, e entre 19:22 e 19:37h do dia 20/02/2023.

Para a validação das amostras de plâncton foram considerados os seguintes critérios:

- Redes e copos sem danos;

- Ângulo correto;
- Profundidade de arrasto correta; e
- Perfeito funcionamento do fluxômetro.

Na Tabela IV-3, são apresentados os volumes de água do mar filtrados durante as amostragens.

**Tabela IV-3** - Volume de água do mar filtrado durante as coletas de zooplâncton e ictioplâncton na PMPR\_DP-BUZ-1\_C5.

Grupo	Estação	Tipo de arrasto	Malha ( $\mu\text{m}$ )	Volume filtrado ( $\text{m}^3$ )
Zooplâncton	DP-BUZ-1_M1000	Horizontal	200	51,87
Zooplâncton	DP-BUZ-1_M1000	Oblíquo	200	84,76
Ictioplâncton	DP-BUZ-1_M1000	Horizontal	300	64,27
Ictioplâncton	DP-BUZ-1_M1000	Horizontal	500	62,10
Ictioplâncton	DP-BUZ-1_M1000	Oblíquo	300	78,24
Ictioplâncton	DP-BUZ-1_M1000	Oblíquo	500	73,94
Zooplâncton	DP-BUZ-1_J1002	Horizontal	200	110,71
Zooplâncton	DP-BUZ-1_J1002	Oblíquo	200	106,21
Ictioplâncton	DP-BUZ-1_J1002	Horizontal	300	66,39
Ictioplâncton	DP-BUZ-1_J1002	Horizontal	500	73,37
Ictioplâncton	DP-BUZ-1_J1002	Oblíquo	300	155
Ictioplâncton	DP-BUZ-1_J1002	Oblíquo	500	157,21



**Figura IV-6** – Rede cilindro-cônica com malha de 200  $\mu\text{m}$  para coleta de amostras de zooplâncton utilizada durante a PMPR\_DP-BUZ-1\_C5.



**Figura IV-7** – Rede bongô com malhas de 300 e 500  $\mu\text{m}$  para coleta de amostras de ictioplâncton, utilizada durante a PMPR\_DP-BUZ-1\_C5.

No Quadro IV-1, encontram-se os parâmetros, volumes, acondicionamento e preservação das amostras de água coletadas durante a campanha.

**Quadro IV-1 - Parâmetros, volume, formas de acondicionamento e preservação das amostras de água coletadas durante a PMPR\_DP-BUZ-1\_C5.**

PARÂMETROS	EQUIPAMENTO	VOLUME	ACONDICIONAMENTO	PRESERVAÇÃO	ACONDICIONAMENTO
HPA e n- alcanos	Garrafa go-flo	1 L	Frasco de vidro âmbar	-	Refrigeração entre 4-6°C
HTP	Garrafa go-flo	1 L	Frasco de vidro âmbar	-	Refrigeração entre 4-6°C
Fenóis	Garrafa go-flo	1 L	Frasco de vidro âmbar	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Refrigeração entre 4-6°C
Sulfetos	Garrafa go-flo	100 mL	Frasco polietileno de alta densidade	Acetato de zinco 2N e Hidróxido de sódio 6N	Refrigeração entre 4-6°C
COT	Garrafa go-flo	250 mL	Frasco de vidro âmbar	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	Refrigeração entre 4-6°C
BTEX	Garrafa go-flo	2 x 40 mL	Frasco VIAL de vidro	HCl	Refrigeração entre 4-6°C
Nutrientes	Garrafa go-flo	2 x 500 mL	Frasco polietileno de alta densidade	-	Congelamento a ≤ -20°C
MPS	Garrafa go-flo	5 L (volume filtrado)	Filtro de acetato de celulose (47 mm, 0,45 µm)	-	Congelamento a ≤ -20°C
Clorofila-a	Garrafa go-flo	5 L (volume filtrado)	Filtro de fibra de vidro GFF 0,4-0,7 µm	-	Congelamento rápido em Nitrogênio líquido e manter a ≤ -20°C
Fitoplâncton	Garrafa go-flo	2 x 1 L	Frasco polietileno escuro	Formaldeído 2%	Temperatura ambiente
Zooplâncton	Rede cilindro- cônica	1 L	Pote de plástico	Formaldeído 4%	Temperatura ambiente
Ictioplâncton	Rede bongô	1 L	Pote de plástico	Formaldeído 4%	Temperatura ambiente

## **IV.2 - ATIVIDADES DE LABORATÓRIO**

As amostras destinadas às análises físico-químicas de água foram encaminhadas à empresa SGS do Brasil, e as amostras destinadas às análises biológicas (plâncton) e clorofila-a, à empresa Bioconsult Ambiental.

### **IV.2.1 - Qualidade da Água**

Neste item é apresentado um resumo dos parâmetros analisados para a qualidade da água, as referências oficiais dos métodos de extração, digestão e análise, os procedimentos de pré-tratamento utilizados e os limites de detecção (LD) e quantificação (LQ) dos métodos analíticos empregados (Tabela IV-4).

**Tabela IV-4 - Resumo dos métodos utilizados, dos procedimentos de pré-tratamento, os respectivos limites de quantificação e detecção do método, conforme os parâmetros analisados nas amostras de água do mar.**

Parâmetro	Métodos analíticos	Procedimentos pré-tratamento	LQ Método	LD Método
Clorofila a	Fluorimetria	-	0,00612µg/L	0,00032µg/L
Carbono Orgânico Total	SMEWW 5310 B	-	0,500 mg/L	0,100 mg/L
MPS	SMEWW 2540 B	Pesagem dos filtros em estufa a 180°Ce filtragem da amostra	0,100 mg/L	0,005 mg/L
Sulfetos	SMEWW 4500 S2 D	-	0,002 mg/L	0,001 mg/L
Nitrogênio Amoniacal	EPA 350.1	-	0,010 mg/L	0,003 mg/L
Nitrato	SMEWW 4500 NO <sub>3</sub> F	-	0,200 mg/L	0,050 mg/L
Nitrito	SMEWW 4500 NO <sub>2</sub> B	-	0,002 mg/L	0,001 mg/L
Silicato	SMEWW 4500 SiO <sub>2</sub> C	-	0,050 mg/L	0,020 mg/L
Fósforo Total	SMEWW 4500 P E	-	0,005 mg/L	0,002 mg/L
Acenafteno			0,005 µg/L	0,001 µg/L
Acenaftileno			0,005 µg/L	0,001 µg/L
Antraceno			0,005 µg/L	0,001 µg/L
Benzo[a]antraceno			0,005 µg/L	0,001 µg/L
Benzo[b]fluoranteno			0,005 µg/L	0,001 µg/L
Benzo[g,h,i]perileno			0,005 µg/L	0,001 µg/L
Benzo[k]fluoranteno			0,005 µg/L	0,001 µg/L
Benzo[a]pireno			0,005 µg/L	0,001 µg/L
Criseno			0,005 µg/L	0,001 µg/L
Dibenzo[a,h]antraceno			0,005 µg/L	0,001 µg/L

HPA' s

HPA's	Fenantreno	USEPA 3510C / USEPA 8270E	0,005 µg/L	0,001 µg/L
	Fluoranteno		0,005 µg/L	0,001 µg/L
	Fluoreno		0,005 µg/L	0,001 µg/L
	Indeno[1,2,3,c,d]pireno		0,005 µg/L	0,001 µg/L
	Naftaleno		0,005 µg/L	0,001 µg/L
	Pireno		0,005 µg/L	0,001 µg/L
n-alcanos	n-C8	USEPA 3510C / USEPA 8015D	1 ug/L	0,20 ug/L
	n-C9		1 ug/L	0,20 ug/L
	n-C10		1 ug/L	0,20 ug/L
	n-C11		1 ug/L	0,20 ug/L
	n-C12		1 ug/L	0,20 ug/L
	n-C13		1 ug/L	0,20 ug/L
	n-C14		1 ug/L	0,20 ug/L
	n-C15		1 ug/L	0,20 ug/L
	n-C16		1 ug/L	0,20 ug/L
	n-C17		1 ug/L	0,20 ug/L
	n-C18		1 ug/L	0,20 ug/L
	n-C19		1 ug/L	0,20 ug/L
	n-C20		1 ug/L	0,20 ug/L
	n-C21		1 ug/L	0,20 ug/L
	n-C22		1 ug/L	0,20 ug/L
	n-C23		1 ug/L	0,20 ug/L
	n-C24		1 ug/L	0,20 ug/L
	n-C25		1 ug/L	0,20 ug/L
	n-C26		1 ug/L	0,20 ug/L

n-alcenos	n-C27		1 ug/L	0,20 ug/L
	n-C28		1 ug/L	0,20 ug/L
	n-C29		1 ug/L	0,20 ug/L
	n-C30		1 ug/L	0,20 ug/L
	n-C31		1 ug/L	0,20 ug/L
	n-C32		1 ug/L	0,20 ug/L
	n-C33		1 ug/L	0,20 ug/L
	n-C34		1 ug/L	0,20 ug/L
	n-C35		1 ug/L	0,20 ug/L
	n-C36		1 ug/L	0,20 ug/L
	n-C37		1 ug/L	0,20 ug/L
	n-C38		1 ug/L	0,20 ug/L
	n-C39		1 ug/L	0,20 ug/L
	n-C40	USEPA 3510C / USEPA 8015D	1 ug/L	0,20 ug/L
	Fitano		1 ug/L	0,20 ug/L
	Pristano		1 ug/L	0,20 ug/L
	HRP - Hidrocarbonetos Resolvidos de Petróleo		1 ug/L	0,20 ug/L
	UCM - Mistura Complexa Não Resolvida		1 ug/L	0,20 ug/L
	HTP - Hidrocarbonetos totais de Petróleo		1 ug/L	0,20 ug/L
Fenóis	Fenol		0,040 ug/L	0,002 ug/L
	o-Cresol		0,040 ug/L	0,002 ug/L
	m-Cresol	USEPA 3510C / USEPA 8270E	0,040 ug/L	0,002 ug/L
	p-Cresol		0,040 ug/L	0,002 ug/L
	2-Clorofenol		0,040 ug/L	0,002 ug/L
	2,3-Dimetilfenol		0,040 ug/L	0,002 ug/L

Fenóis	2,4-Dimetilfenol	USEPA 3510C / USEPA 8270E	-	0,040 ug/L	0,002 ug/L
	2,5-Dimetilfenol			0,040 ug/L	0,002 ug/L
	2,6-Dimetilfenol			0,040 ug/L	0,002 ug/L
	3,4-Dimetilfenol			0,040 ug/L	0,002 ug/L
	3,5-Dimetilfenol			0,040 ug/L	0,002 ug/L
	2-Etilfenol			0,040 ug/L	0,002 ug/L
	4-Etilfenol			0,040 ug/L	0,002 ug/L
	2-Isopropilfenol			0,040 ug/L	0,002 ug/L
	2,3,5-Trimetilfenol			0,040 ug/L	0,002 ug/L
	4-Cloro-3-Metilfenol			0,040 ug/L	0,002 ug/L
	2,6-Diclorofenol			0,040 ug/L	0,002 ug/L
	2,4-Diclorofenol			0,040 ug/L	0,002 ug/L
	2-Nitrofenol			0,040 ug/L	0,002 ug/L
	4-Nitrofenol			0,040 ug/L	0,002 ug/L
	2,4,5-Triclorofenol			0,040 ug/L	0,002 ug/L
	2,4,6-Triclorofenol			0,040 ug/L	0,002 ug/L
	2,3,4,6-Tetraclorofenol			0,040 ug/L	0,002 ug/L
	Pentaclorofenol			0,040 ug/L	0,002 ug/L
	2,3,6-Trimetilfenol			0,040 ug/L	0,002 ug/L
	2,4,6-Trimetilfenol			0,040 ug/L	0,002 ug/L
3,4,5-Trimetilfenol	0,040 ug/L	0,002 ug/L			
Tribromofenol	0,040 ug/L	0,002 ug/L			
Somatório de Fenóis	0,040 ug/L	0,002 ug/L			
BTEX	Benzeno	USEPA 5030C / USEPA 8260C	-	1 µg/L	0,100µg/L
	Tolueno			1 µg/L	0,100µg/L

Etilbenzeno	1 µg/L	0,100µg/L
m,p-xileno	1 µg/L	0,100µg/L
o-xileno	1 µg/L	0,100µg/L

## IV.2.2 - Fitoplâncton

As amostras foram concentradas em laboratório através de processo de filtração reversa em malha de 20  $\mu\text{m}$  (DODSON & THOMAS, 1978). Para o processo de sedimentação, foram utilizadas cubetas de sedimentação de 100 mL de acordo com o método de Utermöhl (1958) durante 72 h para amostras oceânicas (SOURNIA, 1991).

A amostra contida na câmara foi triada em sua totalidade com auxílio de microscópio óptico invertido e os indivíduos presentes na amostra foram identificados (organismos > 20  $\mu\text{m}$ ) e contabilizados. Foram estimadas a abundância (número de indivíduos) e a composição específica de cada categoria taxonômica. A identificação ocorreu até ao menor nível taxonômico possível, com 46,74% da abundância total identificada até o nível de gênero e 35,25% até o nível de espécie.

## IV.2.3 - Zooplâncton

O processo de triagem das amostras foi feito com o auxílio de um microscópio estereoscópico binocular. As amostras foram fracionadas com utilização de um sub-amostrador do tipo “FolsomPlankton Sample Splitter” (MCEWEN *et al.*, 1954). As amostras foram avolumadas com água com o auxílio de um Becker calibrado e subsequentemente fracionadas em alíquotas menores com um amostrador Folsom, sendo considerado o fator de fracionamento para a contagem (1/2; 1/4; 1/8; 1/16; 1/32; 1/64 e etc.). Os organismos foram triados até um mínimo de 100 indivíduos por grupo. O fracionamento de cada amostra e o volume de amostra triada foram registrados. No Anexo 5 consta uma ressalva sobre a triagem de Copepoda apresentada nos relatórios do PMRP dos ciclos de campanhas de 2020/2021 e 2021/2022.

Foi realizado o controle de qualidade das amostras triadas com o objetivo de detectar e identificar organismos que não foram retirados e contabilizados durante a triagem inicial das amostras. Para tal, a cada lote de no máximo dez amostras de cada triador, uma das amostras triadas foi sorteada para conferência. A amostra

verificada do lote foi DP-BUZ-1\_C5\_M1000\_HOR\_200. Caso o número de organismos contabilizados no reexame da amostra fosse maior que 20% do total de organismos contabilizados na primeira triagem, a amostra seria reprovada e então uma nova amostra do mesmo colaborador seria sorteada. Em caso de uma nova rejeição, todo o lote deveria ser reanalisado. Os organismos a mais encontrados na validação são inseridos na amostra antes da análise taxonômica.

Foram estimadas a abundância (número de indivíduos) e a composição específica de cada categoria taxonômica. A identificação dos organismos ocorreu ao menor nível taxonômico possível (BOLTOVSKOY, 1981). Para o zooplâncton, 45,24% da abundância total foi identificada até o nível de ordem e 6,56% até o nível de espécie.

#### **IV.2.4 - Ictioplâncton**

As amostras foram triadas sob microscópio estereoscópico binocular, separando-se os ovos e larvas de peixes dos demais organismos zooplanctônicos. A identificação foi baseada nas características morfométricas, morfológicas (formato do corpo e da cabeça, presença de vesícula gasosa, formato das nadadeiras, posição do ânus e das nadadeiras anal e dorsal) e merísticas (número de raios das nadadeiras dorsal, anal, caudal, peitoral e ventral e padrão de pigmentação).

Foi realizado o controle de qualidade das amostras com o objetivo de detectar e identificar organismos que não foram contabilizados durante a triagem inicial das amostras. Para tal, a cada lote de dez amostras triadas foi sorteada uma para nova conferência. Neste caso, a amostra validada foi DP-BUZ-1\_C5\_M1000\_HOR\_500. A validação das amostras apresentou resultados inferiores a 20%, validando todo o lote triado. Todos os indivíduos encontrados na validação foram inseridos em suas respectivas amostras.

Foram estimadas a abundância (número de indivíduos) e a composição específica de cada categoria taxonômica. Para o ictioplâncton, 48% da abundância total foi identificada até o nível de família e 25% até o nível de espécie.

## IV.3 - TRATAMENTO DOS DADOS

### IV.3.1 - Qualidade da Água

Os dados referentes às concentrações dos parâmetros de qualidade da água obtidos através das análises laboratoriais foram compilados em matriz de dados em razão da estação e profundidade de coleta correspondentes.

A primeira etapa no tratamento dos dados consistiu na avaliação de sua qualidade, para verificação de erros de medição, contaminações amostrais e/ou analíticas evidentes, qualidade analítica, valores espúrios e outliers. A avaliação dos valores espúrios e outliers foi feita graficamente a partir dos *box-plots* para cada um dos parâmetros no *software* STATISTICA 10.0. Os valores atípicos identificados como resultados *outliers* na apresentação dos resultados, foram avaliados individualmente, sendo mantidos nas análises estatísticas e na interpretação dos dados posteriores, pois a variabilidade é inerente dentro de um conjunto de dados e pode conter informações relevantes sobre características e alterações do local.

A Tabela IV-5, a seguir, apresenta os resultados obtidos na etapa de avaliação de qualidade das análises laboratoriais. Para o compartimento água, todos os parâmetros analisados tiveram 100% dos resultados aprovados nos critérios de qualidade analíticos empregados, de modo que a totalidade dos resultados obtidos será utilizada sem ressalvas para um diagnóstico da qualidade ambiental da área.

**Tabela IV-5 – Controles de qualidade (QC) analítica laboratorial por parâmetro para a qualidade da água.**

PARÂMETROS	Nº DE AMOSTRAS + BRANCOS	CONTROLES DE QUALIDADE (CQ)	CRITÉRIOS DE APROVAÇÃO DOS CONTROLES DE QUALIDADE	Nº DE AMOSTRAS APROVADAS NO CONTROLE DE QUALIDADE	Nº DE AMOSTRAS REPROVADAS NO CONTROLE DE QUALIDADE	IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS REPROVADAS	OBS.
Clorofila a	36	Validade da amostra	Validade > Data de análise	36	0		-
		Material de referência certificado	Dentro da faixa do certificado	36	0	-	Controle substituído por padrão certificado
		Análises em triplicata	RSD < 10%	36	0	0	-
QUALIDADE DA ÁGUA COT	36+1	Validade da amostra	Validade > Data de análise	36+1	0	-	-
		Branco de Frascaria	BF < LD	1	0	-	-
		Branco de equipamento	BE < LD	36+1	0	-	-
		Branco do método	BM < LD	36+1	0	-	-
		Amostra controle de laboratório (Branco fortificado)	Recuperação de 80 - 120%	36+1	0	-	-
		Material de referência certificado	Recuperação de 86 - 114% (sobre concentração real de 2 mg/L)	36+1	0	-	-
		Controle de curva de calibração	Linearidade da curva com R <sup>2</sup> > 0,99	36+1	0	-	-
		Amostra fortificada	Recuperação de 80 - 120%	36+1	0	-	-
		Duplicata da amostra fortificada	Recuperação de 80 - 120%	36+1	0	-	-
		Diferença percentual relativa	DRP < 20%	36+1	0	-	-
		Análises em triplicata	RSD < 25%	36+1	0	-	-
		Incerteza do método	IM < 25% incerteza máx. aceitável	36+1	0	-	-
MPS	36	Validade da amostra	Validade > Data de análise	36	0	-	-

Tabela IV-5 (Continuação)

PARÂMETROS	Nº DE AMOSTRAS + BRANCOS	CONTROLES DE QUALIDADE (CQ)	CRITÉRIOS DE APROVAÇÃO DOS CONTROLES DE QUALIDADE	Nº DE AMOSTRAS APROVADAS NO CONTROLE DE QUALIDADE	Nº DE AMOSTRAS REPROVADAS NO CONTROLE DE QUALIDADE	IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS REPROVADAS	OBS.		
QUALIDADE DA ÁGUA	144+4 (36+1 amostras por parâmetro)	Validade da amostra	Validade > Data de análise	144+4	0	-	-		
		Branco de Frascaria	BF < LD	4	0	-	-		
		Branco de equipamento	BE < LD	144+4	0	-	-		
		Branco do método	BM < LD	144+4	0	-	-		
		Branco de reagentes	BR < LD	144+4	0	-	-		
		Amostra controle de laboratório (Branco fortificado)	Recuperação de 80 - 120%	144+4	0	-	-		
		Controle de curva de calibração	Linearidade da curva com R <sup>2</sup> > 0,99	144+4	0	-	-		
		Material de referência certificado	Recuperação de 75 - 125% (sobre concentração real de 1,016 mg/L para nitrato; 0,152 mg/L para nitrito; 0,2 mg/L para fósforo total e 0,342 mg/L para silicato)	144+4	0	-	-		
		Análises em triplicata	RSD < 10%	144+4	0	-	-		
		Incerteza do método	-	144+4	0	-	-		
		Nitrogênio Amoniacal	36+1	Validade da amostra	Validade > Data de análise	36+1	0	-	-
				Branco de Frascaria	BF < LD	1	0	-	-
				Branco de equipamento	BE < LD	36+1	0	-	-
				Branco do método	BM < LD	36+1	0	-	-
Branco de reagentes	BR < LD			36+1	0	-	-		
Amostra controle de laboratório (Branco fortificado)	Recuperação de 90 - 110%			36+1	0	-	-		
Material de referência certificado	Recuperação de 75 - 125% (sobre concentração real de 0,7 mg/L)			36+1	0	-	-		
Controle de curva de calibração	Linearidade da curva com R <sup>2</sup> > 0,99			36+1	0	-	-		
Análises em triplicata	RSD < 10%	36+1	0	-	-				
Incerteza do método	IM < 10% incerteza máxima aceitável	36+1	0	-	-				

(Continua)

Tabela IV-5 (Conclusão)

PARÂMETROS	Nº DE AMOSTRAS + BRANCOS	CONTROLES DE QUALIDADE (CQ)	CRITÉRIOS DE APROVAÇÃO DOS CONTROLES DE QUALIDADE	Nº DE AMOSTRAS APROVADAS NO CONTROLE DE QUALIDADE	Nº DE AMOSTRAS REPROVADAS NO CONTROLE DE QUALIDADE	IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS REPROVADAS	OBS.	
QUALIDADE DA ÁGUA	Sulfetos	36+1	Validade da amostra	Validade > Data de análise	36+1	0	-	-
			Branco de Frascaria	BF < LD	1	0	-	-
			Branco de equipamento	BE < LD	36+1	0	-	-
			Branco do método	BM < LD	36+1	0	-	-
			Branco de reagentes	BR < LD	36+1	0	-	-
			Amostra controle de laboratório (Branco fortificado)	Recuperação de 80 - 120%	36+1	0	-	-
			Controle de curva de calibração	Linearidade da curva com $R^2 > 0,99$	36+1	0	-	-
			Material de referência certificado	Recuperação de 75 - 125% (sobre concentração real de 0,5 mg/L)	36+1	0	-	-
			Análises em triplicata	RSD < 10%	36+1	0	-	-
			Incerteza do método	-	36+1	0	-	-
QUALIDADE DA ÁGUA	Fenóis/ HPAs/ HTP/ BTEX	128+4 (BTEX: 20+1, Fenóis: 36+1, HPA: 36+1 e HTP: 36+1)	Validade da amostra	Validade > Data de análise	128+4	0	-	-
			Branco do sistema cromatográfico	Ausência de picos e flutuações na linha de base	128+4	0	-	-
			Branco de Frascaria	BF < LD	4	0	-	-
			Branco do método	BM < LD	128+4	0	-	-
			Amostra controle de laboratório (Branco fortificado)	Recuperação de 80 - 120%	128+4	0	-	-
			Solução padrão intermediária <sup>1</sup>	Recuperação de 80 - 120%	128+4	0	-	-
			Amostra fortificada	Recuperação de 60 - 120%	128+4	0	-	-
			Duplicata da amostra fortificada	Recuperação de 60 - 120%	128+4	0	-	-
			Diferença percentual relativa	DRP < 30%	128+4	0	-	-
			Surrogates: HPA e fenóis: para-terfenil d-14 e 2-flúor-bifenila. HTP: triacontano d-62. BTEX: p-Bromofluorbenzeno, dibromofluorometano e tolueno-d8	Recuperação de 60 a 120%	128+4	0	-	-
Incerteza do método	-	128+4	0	-	-			

Sempre que pertinente, os resultados foram comparados à literatura e à Resolução CONAMA nº 357/05, que trata da classificação dos corpos de água e fornece as diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Conforme especificado nos art. 3º e art. 4º da Resolução CONAMA nº 393/07, para águas salinas, na área em que se localizam as plataformas, enquanto não houver enquadramento específico, serão consideradas águas salinas de classe 1, que, segundo definição constante da Resolução CONAMA nº 357/05, são águas destinadas à recreação de contato primário, à proteção das comunidades aquáticas e à aquicultura e atividade de pesca. A Resolução CONAMA nº 393/07 também delimita um raio de 500 m do ponto de descarte das plataformas como área de zona de mistura dos efluentes.

No presente Relatório Técnico são apresentadas diversas informações obtidas no estudo de caracterização ambiental da Área Geográfica da Bacia de Santos (AGBS), através do Projeto de Caracterização Regional da Bacia de Santos – PCR-BS (Petrobras, 2022) e os resultados comparados quando possível.

Os principais estudos utilizados para comparação dos valores obtidos na presente campanha são apresentados no Quadro IV-2. Nestas comparações, sempre que possível, foram consideradas e avaliadas as diferenças nas metodologias analíticas, nos limites de detecção e quantificação dos métodos e nos tratamentos prévios dados as amostras, pontuando as devidas ressalvas para uma correta interpretação das análises comparativas.

**Quadro IV-2 - Estudos anteriores realizados na região de interesse e utilizados para comparação com os resultados obtidos na atual campanha.**

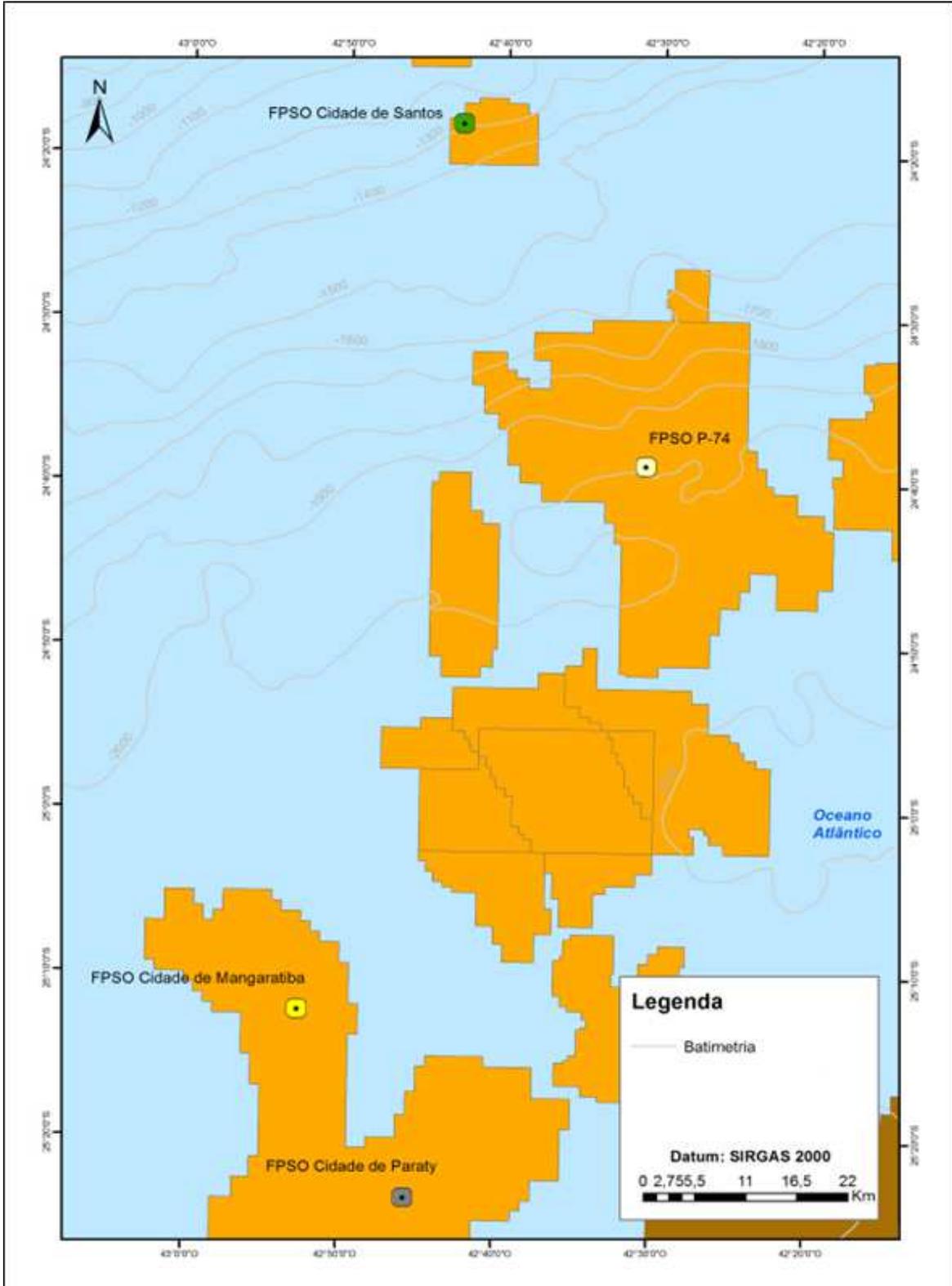
<b>Estudos</b>	<b>Referências</b>	<b>Data de realização</b>
Relatório Técnico de Avaliação Ambiental das quatro primeiras campanhas do Projeto de Monitoramento Ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos – Etapa 2 – Desenvolvimento da Produção de Búzios 1	PETROBRAS/BOURSCHEID, 2019a, 2020c; PETROBRAS/BIOCONSULT, 2021, 2023a	Outubro de 2018, fevereiro de 2020, janeiro de 2021, e fevereiro de 2023, respectivamente
Relatórios Técnicos de Avaliação Ambiental das doze primeiras campanhas da fase de operação do Projeto de Monitoramento Ambiental do Sistema de Produção e Escoamento de Gás Natural e Petróleo no Pólo Uruguá (Bloco BS-500), Bacia de Santos (URG_C3 a URG_C14)	PETROBRAS/ANALYTICAL SOLUTIONS, 2012, 2013; PETROBRAS/BOURSCHEID, 2014, 2015a, 2016a, 2017a, 2018a, 2019b, 2019c, 2020d; PETROBRAS/BIOCONSULT, 2022a, 2022b	Dezembro de 2010 e janeiro de 2011, novembro de 2011, dezembro de 2012, janeiro de 2014, fevereiro de 2015, novembro de 2015, dezembro de 2016, janeiro de 2018, outubro de 2018, fevereiro de 2020, fevereiro de 2021, e novembro de 2021, respectivamente
Relatórios Técnicos de Avaliação Ambiental das nove primeiras campanhas do Projeto de Monitoramento Ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos – Etapa 1 – Piloto de Lula NE	PETROBRAS/BOURSCHEID, 2015b, 2015c, 2018b, 2018c, 2019d, 2019e, 2020a; PETROBRAS/BIOCONSULT, 2022c, 2022d	Fevereiro de 2014, fevereiro de 2015, dezembro de 2015, novembro de 2016, dezembro de 2017, novembro de 2018, janeiro de 2020, janeiro/fevereiro de 2021, e novembro de 2021, respectivamente
Relatório Técnico de Avaliação Ambiental das oito primeiras campanhas do Projeto de Monitoramento Ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos – Etapa 1 – Desenvolvimento da Produção de Iracema Sul	PETROBRAS/BOURSCHEID, 2016b, 2017b, 2018d, 2019f, 2019g, 2020b; PETROBRAS/BIOCONSULT, 2022e, 2023b	Fevereiro de 2015, dezembro de 2015, novembro de 2016, dezembro de 2017/janeiro de 2018, novembro de 2018, janeiro de 2020, janeiro de 2021, e dezembro de 2021, respectivamente

O monitoramento do Uruguá (FPSO Cidade de Santos), o monitoramento do DP de Iracema Sul (FPSO Cidade de Mangaratiba) e o monitoramento do Piloto de Lula NE (FPSO Cidade de Paraty) são realizados a partir de dados primários coletados a cerca de 43,52 km a noroeste, e 71,70 km e 66,32 km a sudoeste, respectivamente, da área onde foi instalado o DP de Búzios 1 (P-74) (Figura IV-8).

Apesar da distância entre os empreendimentos, estes foram usados nas comparações dos dados, uma vez que se situam na mesma faixa de profundidade. Além disso, por tratar-se de um ambiente oceânico, espera-se grande homogeneidade para o compartimento água.

Também é importante destacar que, com exceção das duas primeiras campanhas de monitoramento de Uruguá (PETROBRAS/ANALYTICAL SOLUTIONS, 2012, 2013), todas as demais campanhas de monitoramento dos empreendimentos supracitados foram realizadas após a instalação e início da operação e, portanto, já havia uma fonte potencial de impacto. Sendo assim, estes dados não podem ser considerados como representativos de um meio prístino.

Apesar dos empreendimentos já estarem instalados, é importante destacar que, com exceção da quarta campanha de monitoramento do Piloto de Lula NE em diante, da quarta campanha de monitoramento do DP de Iracema Sul em diante e da primeira campanha de monitoramento da fase de operação de Uruguá (URG\_C3) em diante, todas as campanhas de monitoramento ambiental cujos resultados foram utilizados para as comparações ocorreram enquanto ainda não havia geração e descarte de água produzida pelas respectivas unidades de produção.



**Figura IV-8** – Localização da P-74, FPSO Cidade de Santos, FPSO Cidade de Mangaratiba e FPSO Cidade de Paraty.

Para fins de cálculos e apresentações gráficas, valores não detectados e valores não quantificados, isto é, valores abaixo do limite de detecção do método de análise ( $< LD$ ) e valores abaixo do limite de quantificação ( $< LQ$ ), foram substituídos pela metade dos respectivos limites ( $LD/2$  e  $LQ/2$ ).

Com os dados de temperatura e salinidade obtidos durante a descida do CTD, foram confeccionados perfis verticais destes parâmetros para todas as estações amostradas. A partir destes, foi possível avaliar o comportamento vertical da temperatura e salinidade nas diferentes estações, bem como associá-los às características geográficas e oceanográficas dos pontos de coleta.

Além disso, um diagrama TS foi confeccionado através dos dados de temperatura e salinidade, utilizando-se o programa Microsoft Excel 2007. Este diagrama foi útil na identificação das massas d'água presentes na região de monitoramento. As classificações sugeridas por Tommasi (1994) e Silveira *et al.* (2000) foram utilizadas para classificar as massas d'água observadas, uma vez que fornecem maior detalhamento dos valores de salinidade e temperatura (Tabela IV-6).

**Tabela IV-6** – Limites de salinidade e temperatura das massas d'água segundo Tommasi (1994) e Silveira *et al.* (2000).

Massa d'água	Salinidade (S)	Temperatura (T)
Água Costeira (AC)	$S < 36$	$T \geq 20$ °C
Água Tropical (AT)	$S > 36,4$	$T \geq 20$ °C
Água Central do Atlântico Sul (ACAS)	$S < 36$	$T \leq 18$ °C
Mistura da água Costeira e Água Tropical (AC/AT)	$36 \leq S \leq 36,4$	$T \geq 20$ °C
Mistura da Água Costeira e Água Central do Atlântico Sul (AC/ACAS)	$S < 36$	$18 \leq T \leq 20$ °C
Mistura da Água Tropical e Água Central do Atlântico Sul (AT/ACAS)	$36 \leq S \leq 36,4$	$18 \leq T \leq 20$ °C
Água Intermediária Antártica (AIA)	$34,42 < S < 34,66$	$3,46 < T < 8,72$
Água Circumpolar Superior (ACS)	$34,42 < S < 34,59$	$3,31 < T < 3,46$
Água Profunda do Atlântico Norte (APAN)	$34,59 < S < 34,87$	$2,04 < T < 3,31$

Por fim, os dados foram ainda interpretados em relação às condições meteoceanográficas vigentes durante as coletas.

### IV.3.2 - Plâncton

Inicialmente, foi feita uma avaliação do esforço amostral aplicado ao longo das quatro campanhas de monitoramento do DP-BUZ-1, através do gráfico do número cumulativo de *taxa* por amostra por campanha. Também foi utilizado o estimador de riqueza e a curva de Jackknife 1ª ordem, calculado a partir da fórmula abaixo:

$$S_{Jack1} = S_{obs} + L \left( \frac{a-1}{a} \right)$$

onde,

$S_{Jack1}$  = estimador de riqueza Jackknife de 1ª ordem

$S_{obs}$  = número total de espécies observadas em todas as amostras

$L$  = número de espécies que ocorrem só em uma amostra (espécies únicas)

$a$  = número de amostras (HELTSHE & FORRESTER, 1983).

A caracterização do Plâncton foi realizada através de análises qualitativas dos dados, ou seja, sua composição e riqueza de taxa (número de taxa). A riqueza de taxa foi utilizada em detrimento da riqueza de espécies dada a grande dificuldade na identificação desses indivíduos até este nível taxonômico. Esse impedimento ocorre devido à fragilidade desses exemplares em conjunto com a utilização de soluções com formol, que ajudam na conservação das amostras, mas também podem degradar estruturas dos organismos (GAETA & BRANDINI, 2006).

Os *taxa* foram avaliados quanto aos grandes grupos (filos/classes), bem como quanto a distribuição quali e quantitativa dentro desses grupos. Os grandes grupos considerados para fitoplâncton foram: Cyanobacteria, Bacillariophyta, Haptophyta e Myzozoa. Os grupos Annelida, Arthropoda, Bryozoa, Chaetognatha, Chordata, Cnidaria, Ctenophora, Echinodermata, Mollusca, Foraminifera e Platyhelminthes foram considerados para as análises de zooplâncton. Já para o ictioplâncton, foram considerados os seguintes grandes grupos: Aulopiformes, Carangiformes, Dactylopteriformes, Eupercaria, Scombriformes, Acanthuriformes, Myctophiformes, Pleuronectiformes, Stomiiformes, Tetraodontiformes e Clupeiformes. Assim, as

comunidades planctônicas amostradas tiveram sua riqueza por *taxa* contabilizada através do número de espécies ou grupo taxonômico contido nas estações de amostragem. Para cada comunidade planctônica foi produzida uma listagem taxonômica, com a identificação dos organismos até o grupo taxonômico mais específico possível.

Além da análise qualitativa, também foi feita avaliação quantitativa dos dados, utilizando para tanto, o parâmetro densidade de organismos, diversidade (H') e equitabilidade (J'). Eles foram calculados através do programa PRIMER v6 (Plymouth Routines In Multi Ecological Research). Esses índices complementam a avaliação das comunidades, pois revelam a complexidade da estrutura das mesmas em função do número de espécies e da distribuição das abundâncias (PIELOU, 1977; SHANNON, 1948; SIMPSON, 1949).

A densidade dos organismos foi estimada por grupos taxonômicos e por estações de amostragem. Para o fitoplâncton, a densidade foi calculada conforme fórmula abaixo e expressa em indivíduos por litro (ind/L).

$$\text{densidade fitoplanctônica} = \frac{\text{abundância}}{\text{volume de amostra triada (L)}}$$

Para o zooplâncton, a densidade foi calculada conforme fórmula abaixo e expressa em indivíduos por metro cúbico (ind/m<sup>3</sup>).

$$\text{densidade zooplanctônica} = \frac{\text{abundância} \times \text{fator de diluição}}{\text{volume de água filtrada (m}^3\text{)}}$$

No Anexo 5 consta uma ressalva sobre a fórmula de cálculo apresentada nos relatórios do PMRP dos ciclos de campanhas de 2020/2021 e 2021/2022.

Para o ictioplâncton, a densidade foi calculada conforme a fórmula abaixo e expressa em indivíduos por 100 m<sup>3</sup> (ind/100 m<sup>3</sup>).

$$\text{densidade ictioplanctônica} = \frac{\text{abundância} \times 100}{\text{volume de água filtrada (m}^3\text{)}}$$

O índice de diversidade utilizado foi o de diversidade de Shannon-Wiener, apresentado na fórmula:

$$H' = - \sum p_i (\log p_i)$$

onde,

$p_i$  = probabilidade de ocorrência de cada espécie em relação ao total, ou seja, o número de indivíduos (ou células) da espécie é dividido pelo número total de indivíduos (ou células) da amostra (SHANNON, 1948).

A equitabilidade corresponde à razão entre o índice de diversidade calculado e a diversidade máxima que a amostra poderia alcançar, tendo sido calculada a partir da diversidade de Shannon-Wiener. Este índice evidencia anomalias ligadas à ocorrência de amostras com um número baixo de espécies e foi calculado a partir da seguinte fórmula:

$$J' = H.H_{max}^{-1}$$

$$H_{max} = \log S$$

onde,

$H'$  = índice de diversidade de Shannon-Wiener

$H_{max}$  = diversidade máxima que a amostra poderia alcançar para o número total de  $N$  indivíduos

$S$  = número total de espécies (PIELOU, 1977).

A equitabilidade varia no intervalo de 0 a 1, sendo as comunidades mais homogêneas aquelas com valores mais próximos de 1. Este índice indica a homogeneidade das comunidades em termos de participação relativa de cada táxon (KREBS, 1999; PIELOU, 1977).

Os dados médios calculados são apresentados junto com seus respectivos desvios-padrão, o qual descreve a dispersão dos dados em torno dessa média, indicando a variação dos valores encontrados (VIEIRA, 2008).

O Plâncton foi avaliado quanto às diferenças em sua distribuição ao longo das estações amostrais do presente trabalho. Para as comunidades fitoplanctônicas, também foram consideradas as quatro profundidades diferentes em que as amostras foram coletadas. Para as comunidades zooplanctônicas e ictioplanctônicas foram considerados os diferentes tipos de arrasto. Para o ictioplâncton, também foram feitas comparações adicionais em relação às duas malhas utilizadas para coleta: redes de 300 e 500  $\mu\text{m}$ . Assim, os parâmetros biológicos foram comparados através de perfis de distribuição vertical, utilizando-se os dados médios, mínimos e máximos observados.

A Tabela IV-57, a seguir, apresenta os resultados obtidos na etapa de avaliação de qualidade das análises laboratoriais para plâncton. Todos os parâmetros analisados tiveram 100% dos resultados aprovados nos critérios de qualidade analíticos empregados, de modo que a totalidade dos resultados obtidos será utilizada sem ressalvas para um diagnóstico da qualidade ambiental da área.

**Tabela IV-7 – Controles de qualidade (QC) analítica laboratorial por parâmetro para a biota planctônica.**

PARÂMETROS	Nº DE AMOSTRAS + BRANCOS	CONTROLES DE QUALIDADE (CQ)	CRITÉRIOS DE APROVAÇÃO DOS CONTROLES DE QUALIDADE	Nº DE AMOSTRAS APROVADAS NO CONTROLE DE QUALIDADE	Nº DE AMOSTRAS REPROVADAS NO CONTROLE DE QUALIDADE	IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS REPROVADAS	OBS.
BIOTA ÁGUA	Fitoplâncton	Validade da amostra	Validade > Data de análise	8	0	-	-
		Livro de registros	Evidências das etapas e procedimentos realizados	8	0	-	-
	Zooplâncton	Validade da amostra	Validade > Data de análise	4	0	-	-
		Livro de registros	Evidências das etapas e procedimentos realizados	4	0	-	-
		Retriagem de no mínimo 20% amostras	Organismos esquecidos < 20%	4	0	-	Validação na amostra DP-BUZ-1_C5_M1000_HOR_200
	Ictioplâncton	Validade da amostra	Validade > Data de análise	8	0	-	-
Livro de registros		Evidências das etapas e procedimentos realizados	8	0	-	-	
		Retriagem de no mínimo 20% amostras	Organismos esquecidos < 20%	8	0	-	Validação na amostra DP-BUZ-1_C5_M1000_HOR_500

## IV.4 - ANÁLISE ESTATÍSTICA

### IV.4.1 - Qualidade da Água

A estatística descritiva para os valores dos parâmetros da qualidade da água das quatro campanhas de monitoramento já realizadas foi feita utilizando Diagramas de Caixa (*Box-Plot*). Esse gráfico contém um valor central que descreve a tendência dos dados, que, no caso, foi a mediana das amostras. Além disso, esse tipo de diagrama contém dois valores de dispersão de dados, uma caixa (*Box*) e os fios de bigode (*Whiskers*). O *Box* representou o primeiro e terceiro quartis e os *Whiskers*, os valores mínimo e máximo observados. Todos os diagramas foram plotados usando o *software* STATISTICA 10.0.

Para avaliar se houve diferença significativa nos parâmetros da qualidade da água entre as campanhas foram realizadas análises de variância paramétricas (ANOVA - *oneway*), quando satisfeitos os pressupostos de normalidade e homocedasticidade e análises de variância não paramétricas (*Kruskal-Wallis ANOVA by ranks*) quando não satisfeitos os pressupostos. Todas as análises de variância foram realizadas através do *software* SystatSigmaPlot 12.5.

Importante destacar que, conforme manual do SigmaPlot 12.5, o *software* testa automaticamente a normalidade (Shapiro Wilk`s test) e homoscedasticidade (*Hartleytest*) do conjunto de dados previamente à análise de variância. Caso os pressupostos sejam atendidos, procede-se a ANOVA - *oneway*. Caso contrário, o *software* retorna mensagem alertando o usuário e questionando se deve ser rodada a análise de variância não paramétrica correspondente (*Kruskal-Wallis ANOVA by ranks*). Nos casos em que os dados não satisfizeram os requisitos necessários para aplicação de estatística paramétrica e considerando as divergências entre distribuição normal e não normal, optou-se por realizar testes não paramétricos. Para todos os testes aplicados, foi considerado um valor de significância de 95% ( $p < 0,05$ ).

Quando pertinente, as análises de variância foram seguidas por testes *a posteriori* a fim de identificar qual das campanhas/amostras apresentou diferenças

quando testadas par a par. No caso da *ANOVA - oneway*, foi usado o teste *a posteriori* de *Tukey HSD*, e, no caso da *Kruskal-Wallis ANOVA by ranks*, foi usado o teste de medianas.

Ressalta-se ainda que as comparações dos dados de qualidade da água entre estações e profundidades desta campanha foram realizadas de maneira descritiva apenas, uma vez que a estratégia amostral adotada não permite comparações estatísticas mais robustas.

#### **IV.4.2 - Plâncton**

Assim como na análise dos parâmetros de qualidade de água, a análise da estatística descritiva dos índices ecológicos do plâncton entre as campanhas foi realizada através de Diagramas de Caixa (Box-Plot), plotados através do software STATISTICA 10.0.

Para avaliar se houve diferença significativa nos índices biológicos do plâncton entre as campanhas, foram realizadas análises de variância paramétricas (*ANOVA - oneway*), quando satisfeitos os pressupostos de normalidade e homocedasticidade, e análises de variância não paramétricas (*Kruskal-Wallis ANOVA by ranks*), quando não satisfeitos os pressupostos, conforme explicado no item anterior. Todas as análises de variância foram realizadas através do *software* SystatSigmaPlot 12.5. Para todos os testes aplicados foi considerado um valor de significância de 95% ( $p < 0,05$ ).

Quando pertinente, as análises de variância foram seguidas por testes *a posteriori* a fim de identificar qual das campanhas/amostras apresentou diferenças quando testadas par a par. No caso da *ANOVA - oneway*, foi usado o teste *a posteriori* de *Tukey HSD*, e, no caso da *Kruskal-Wallis ANOVA by ranks*, foi usado o teste de medianas.

Para completar a caracterização da biota aquática, foram realizadas análises multivariadas (escalamento multidimensional – MDS e dendrograma de agrupamento - *cluster*), no programa PRIMER v6 (*Plymouth Routines In Multi Ecological Research*).

O MDS foi executado utilizando matriz de similaridade *Bray-Curtis* com os dados brutos. Essa análise é uma ferramenta útil para comparar similaridades na composição de comunidades (CLARKE & WARWICK, 2001). Ela foi utilizada com intuito de comparar a estrutura das diferentes comunidades nas estações de coleta. O MDS gera um valor de *stress*. Quanto menor o valor do *stress* melhor é o ajuste entre a matriz de dados reproduzidos e a matriz de dados observados. Valores de *stress* ideais são aqueles menores que 0,20, correspondendo a uma boa ordenação dos dados (CLARKE & WARWICK, *op. cit.*).

O *Cluster* também é utilizado para verificar a similaridade na estrutura de comunidades (VALENTIN, 2012) e também foi realizado para comparar as estações de amostragem, utilizando matriz de similaridade de *Bray-Curtis* com os dados brutos. Através dessa análise foram gerados dendogramas de agrupamento por similaridade das estações de coleta.

#### IV.5 - ANÁLISE INTEGRADA

A análise integrada foi realizada para o ambiente pelágico das estações de coleta amostradas na PMPR\_DP-BUZ-1\_C5. Essa análise objetiva integrar os dados biológicos e físico-químicos coletados na área de estudo para investigar possíveis respostas da biota às variações ambientais.

Para fins de comparação entre o ambiente abiótico e a porção biótica do ambiente pelágico (plâncton), foram utilizados apenas os dados das estações DP-BUZ-1\_M1000 e DP-BUZ-1\_J1002 para a aplicação de testes estatísticos de correlação e análises de ordenação e agrupamento, uma vez que a porção biótica foi amostrada apenas nessas estações. No caso da comparação utilizando-se dados de fitoplâncton, os dados de todas as profundidades foram considerados individualmente. Nos casos envolvendo zooplâncton e ictioplâncton foram considerados os arrastos horizontais de superfície (HOR) e dados integrados nas profundidades SUP, ACTC e TC, nos arrastos oblíquos (OBL).

Previamente à realização das análises de correlação e ordenação, todas as variáveis, exceto pH, foram transformadas em  $\log(x+1)$ , para padronização. Após a transformação dos dados, foram realizadas correlações de Spearman, para avaliar a correlação entre os dados ambientais e biológicos. Para avaliar a

variabilidade ambiental do ambiente pelágico, foi primeiramente realizada uma análise de componentes principais (ACP), considerando-se todas as amostras coletadas na 5ª campanha. Nessa ACP foram considerados os dados dos parâmetros ambientais como variáveis ativas, com posterior plotagem das estações sobre o plano para identificação da influência dos resultados das amostras na ordenação da ACP. Outra ACP foi realizada utilizando-se apenas as amostras em que ocorreram coletas de dados ambientais, concomitantemente à coleta de dados biológicos. Nessa segunda ACP, as variáveis abióticas foram consideradas variáveis ativas, enquanto as variáveis biológicas foram utilizadas como variáveis suplementares, sendo sobrepostas sobre o plano da ACP.

Foi realizada ainda uma análise de agrupamento (Cluster), utilizando-se distância euclidiana como medida de similaridade entre as amostras e a média do grupo, como medida de ligação dos grupos, para verificar a similaridade entre as estações de amostragem. Também foi realizada uma análise de escalonamento multidimensional (MDS), utilizando-se a distância euclidiana como medida de similaridade entre as amostras. Essa análise rearranja a distribuição das variáveis de estudo, visando detectar as menores dimensões significativas, explicando, assim, as similaridades ou dissimilaridades entre elas. Esta técnica não métrica representa, em um espaço reduzido, o escalonamento dos objetos (amostras), preservando as suas distâncias.

Com relação aos zooplâncton e ictioplâncton, foram realizadas comparações gráficas entre as variáveis abióticas e bióticas, respeitando-se as profundidades de realização dos arrastos, conforme já elucidado anteriormente.

Nas ACPs realizadas, as variáveis significativamente relacionadas aos eixos gerados na ACP foram determinadas através da distância  $d$  ao centro do plano (BOCARD *et al.*, 2011), que deve ser maior ou igual a  $(2/m)^{0,5}$ , onde  $m$  = número de variáveis.

As análises estatísticas de correlação de Spearman foram realizadas no software Past, as ACP e *Cluster* no PCord 6.19 (MCCUNE & MEFFORD, 2011) e as MDS no software Primer 6.1.6.

Ressalta-se que, nas análises acima descritas, não foram considerados os parâmetros cujos resultados não foram detectados nas análises laboratoriais, e nem os dados que não apresentaram variação entre as estações amostrais.

## V - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### V.1 - QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água é influenciada por fatores físicos, químicos e bióticos, sendo muito importante avaliar sua qualidade, visto que variações nos seus parâmetros influenciam diretamente a sobrevivência, crescimento e reprodução da biota aquática (BOYD, 1990; GARCIA & BRUNE, 1991).

#### V.1.1 - Temperatura e Salinidade

A análise da temperatura da água é de extrema importância, pois esse parâmetro influencia diferentes processos físico-químicos, como, por exemplo, a solubilidade de gases e o aumento das trocas gasosas entre o sedimento e a coluna d'água, além de interferir na especiação de metais solúveis na água (BYRNE *et al.*, 1988). A temperatura tem ainda influência direta nos organismos aquáticos, reduzindo a tolerância a outros fatores de estresse, influenciando seu crescimento, a migração, desova, incubação de ovos e a sobrevivência, bem como a ocorrência de espécies (PHILIPPI *et al.*, 2004).

Assim como a temperatura, a salinidade tem forte influência sobre a biota, sendo um fator limitante na distribuição de diferentes espécies marinhas. A análise dos dados de temperatura e salinidade é importante também para o entendimento físico do ambiente e a análise conjunta destes dados permite a identificação das diferentes massas d'água presentes nas regiões (BOLTOVSKOY, 1981; CASTRO FILHO & MIRANDA, 1998; BRAGA & NIENCHESKI, 2006).

Na atual campanha de monitoramento do DP-BUZ-1, o maior valor médio de temperatura (27,85 °C) foi registrado na profundidade acima da termoclina ( $\pm 0,07$ ), com valor máximo de 27,95 °C, na estação DP-BUZ-1\_J502. Os valores de temperatura encontrados na superfície variaram entre 27,36 °C, na estação DP-BUZ-1\_J502, e 28,01 °C, na estação DP-BUZ-1\_J1002, com média de  $27,84 \pm 0,20$  °C. Na profundidade abaixo da termoclina os valores de temperatura variaram entre

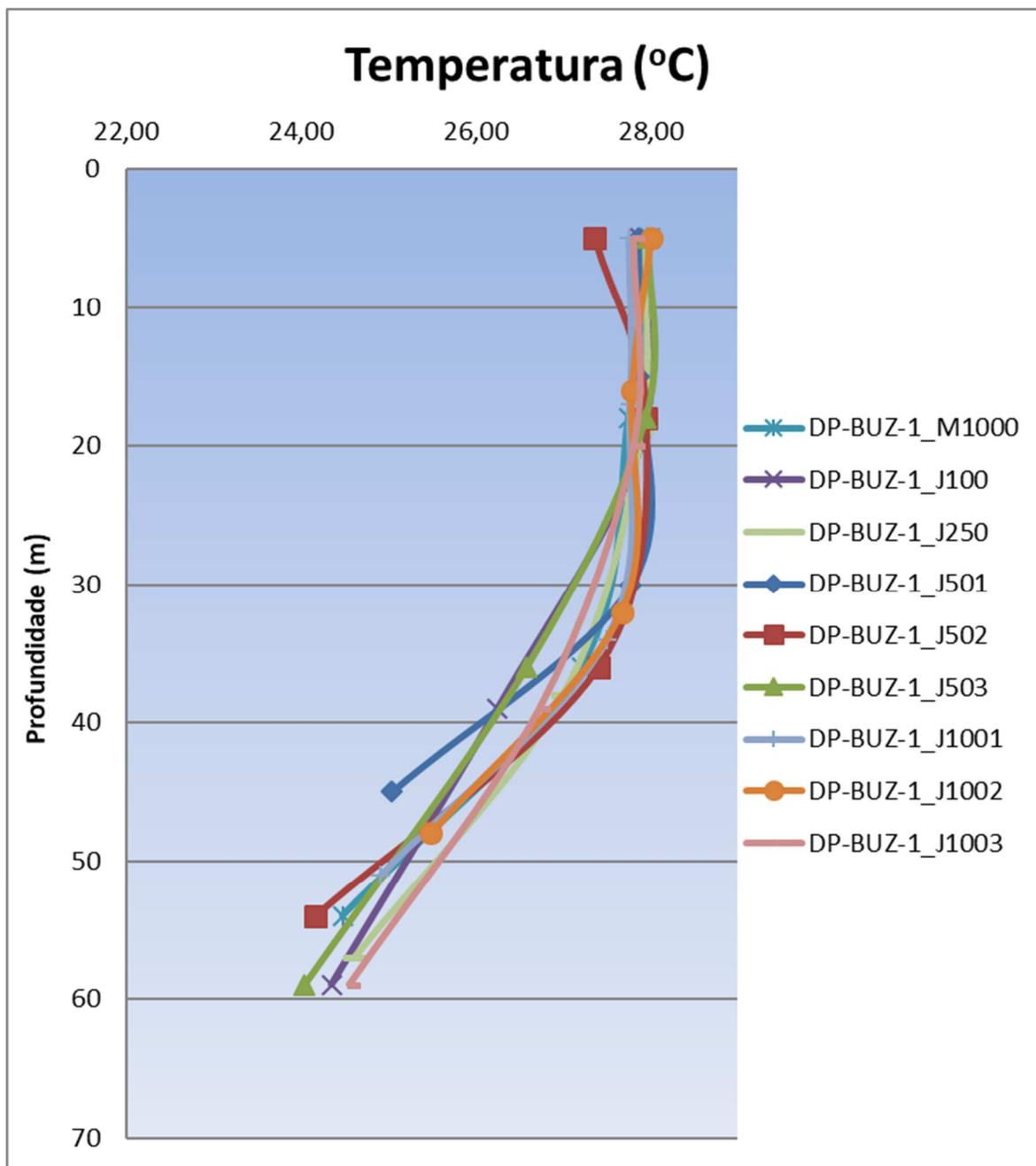
24,04 °C, na estação DP-BUZ-1\_J503, e 25,49 °C, na estação DP-BUZ-1\_J1002, com média de  $24,63 \pm 0,45$  °C. A termoclina apresentou valor médio de  $27,12 \pm 0,52$ °C, com valores entre 26,25 °C na estação DP-BUZ-1\_J100, e 27,78 °C na estação DP-BUZ-1\_J501 (Tabela V-1).

**Tabela V-1 – Valores de temperatura (°C) medidos nas quatro profundidades amostradas na atual campanha de monitoramento.**

Estrato	Estações									Média	DP
	DP-BUZ-1_M1000	DP-BUZ-1_J100	DP-BUZ-1_J250	DP-BUZ-1_J501	DP-BUZ-1_J502	DP-BUZ-1_J503	DP-BUZ-1_J1001	DP-BUZ-1_J1002	DP-BUZ-1_J1003		
<b>SUP</b>	27,99	27,88	27,91	27,86	27,36	27,97	27,76	28,01	27,81	27,84	0,20
<b>ACTC</b>	27,75	27,89	27,90	27,87	27,95	27,94	27,77	27,79	27,81	27,85	0,07
<b>TC</b>	27,21	26,25	27,00	27,78	27,40	26,58	27,50	27,67	26,73	27,12	0,52
<b>ABTC</b>	24,48	24,35	24,61	25,04	24,17	24,04	24,91	25,49	24,55	24,63	0,45
<b>Máx.</b>	27,99	27,89	27,91	27,87	27,95	27,97	27,77	<b>28,01</b>	27,81		
<b>Mín.</b>	24,48	24,35	24,61	25,04	24,17	<b>24,04</b>	24,91	25,49	24,55		
<b>Média</b>	26,86	26,59	26,86	27,14	26,72	26,63	26,99	27,24	26,73		
<b>DP</b>	1,62	1,68	1,56	1,40	1,72	1,85	1,39	1,18	1,54		

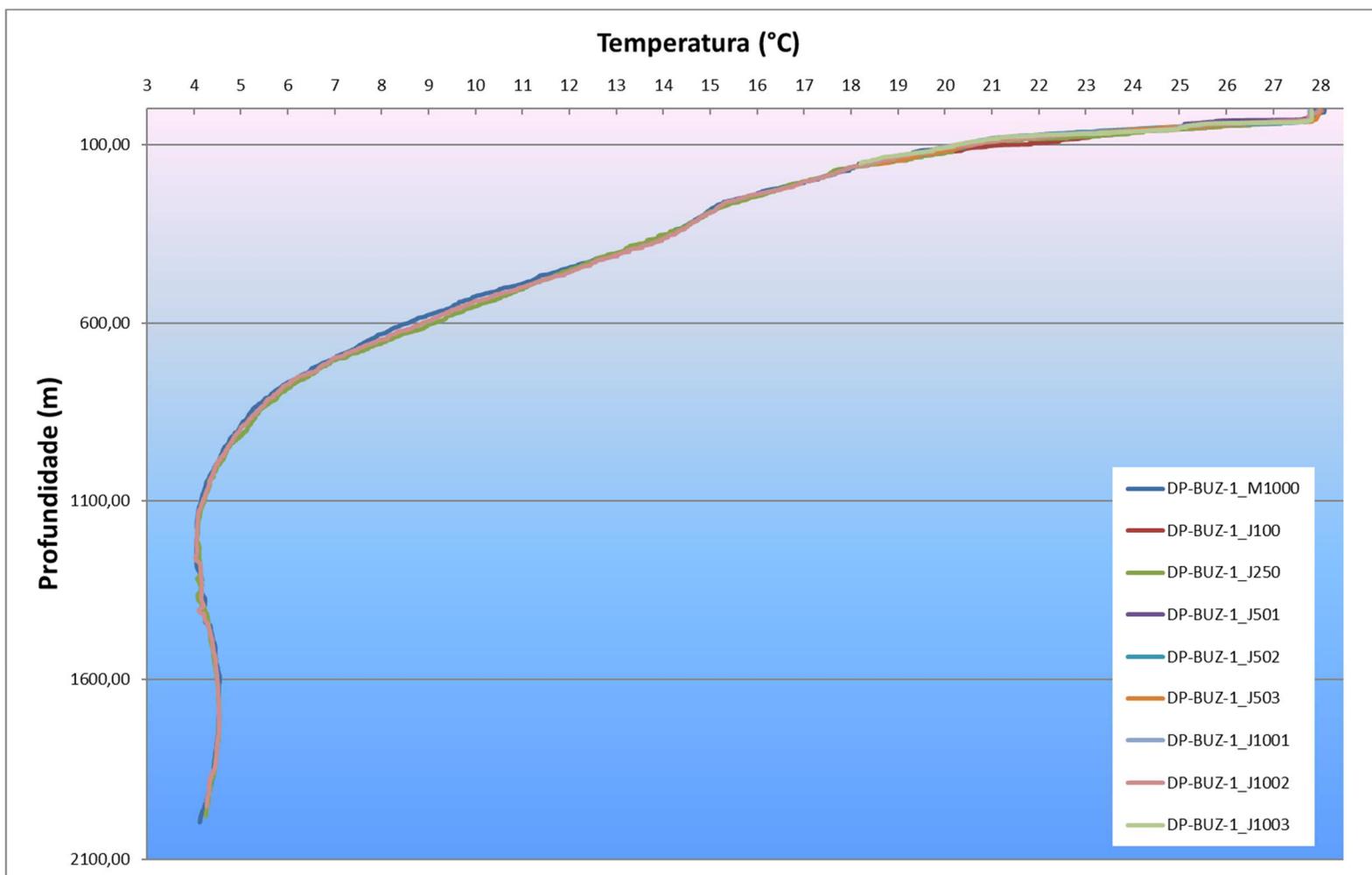
Legenda: SUP: Superfície; ACTC: Acima da Termoclina; TC: Termoclina e ABTC: Abaixo da Termoclina.

Na Figura V-1, verifica-se os valores de temperatura obtidos nas estações de coleta ao longo da coluna d'água nas quatro profundidades amostradas (SUP, ACTC, TC e ABTC), onde é possível verificar estabilidade dos valores de temperatura entre a superfície e a camada acima da termoclina e subsequente redução dos valores até a camada abaixo da termoclina. As estações DP-BUZ-1\_J1002 e DP-BUZ-1\_M1000 apresentaram maiores valores na SUP. As estações DP-BUZ-1\_J502 e DP-BUZ-1\_J503 apresentaram maiores valores na ACTC e a estação DP-BUZ-1\_J502 na TC, em relação às demais estações.



**Figura V-1** – Temperatura (°C) da água nas profundidades de coleta das diferentes estações amostrais da atual campanha de monitoramento ambiental.

Na Figura V-2, são apresentados os valores de temperatura da coluna d'água obtidos através da perfilagem com CTD. Na mesma, é possível verificar a presença de uma termoclina permanente, entre 30 e 700 m.



**Figura V-2** – Perfis de temperatura (°C) obtidos com CTD nas diferentes estações amostrais da atual campanha de monitoramento.

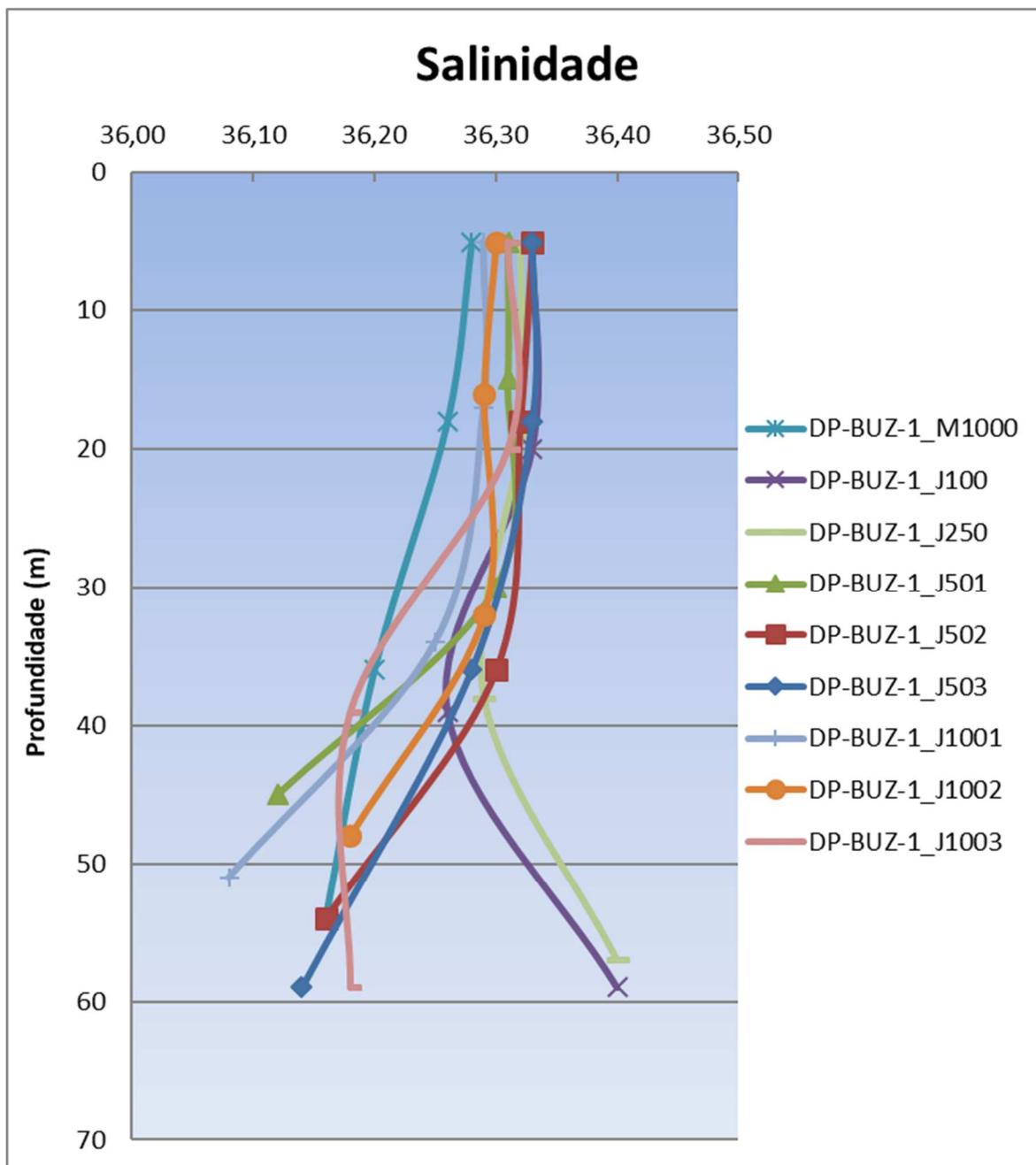
Em relação à salinidade, o menor valor medido foi de 36,08 na estação DP-BUZ-1\_J1001, na ABTC, e o maior, 36,40, também na ABTC mas nas estações DP-BUZ-1\_J100 e DP-BUZ-1\_J250 (Tabela V-2). Considerando todas as estações, a salinidade média variou entre  $36,20 \pm 0,12$ , na camada abaixo da termoclina, e  $36,31 \pm 0,02$ , na superfície e na camada acima da termoclina.

**Tabela V-2 – Valores de salinidade medidos nas quatro profundidades amostradas na atual campanha de monitoramento.**

Estrato	Estações									Média	DP
	DP-BUZ-1_M1000	DP-BUZ-1_J100	DP-BUZ-1_J250	DP-BUZ-1_J501	DP-BUZ-1_J502	DP-BUZ-1_J503	DP-BUZ-1_J1001	DP-BUZ-1_J1002	DP-BUZ-1_J1003		
<b>SUP</b>	36,28	36,33	36,32	36,31	36,33	36,33	36,29	36,30	36,31	36,31	0,02
<b>ACTC</b>	36,26	36,33	36,32	36,31	36,32	36,33	36,29	36,29	36,31	36,31	0,02
<b>TC</b>	36,20	36,26	36,29	36,30	36,30	36,28	36,25	36,29	36,18	36,26	0,04
<b>ABTC</b>	36,16	36,40	36,40	36,12	36,16	36,14	36,08	36,18	36,18	36,20	0,12
<b>Máx.</b>	36,28	<b>36,40</b>	<b>36,40</b>	36,31	36,33	36,33	36,29	36,30	36,31		
<b>Mín.</b>	36,16	36,26	36,29	36,12	36,16	36,14	<b>36,08</b>	36,18	36,18		
<b>Média</b>	36,23	36,33	36,33	36,26	36,28	36,27	36,23	36,27	36,25		
<b>DP</b>	0,06	0,06	0,05	0,09	0,08	0,09	0,10	0,06	0,08		

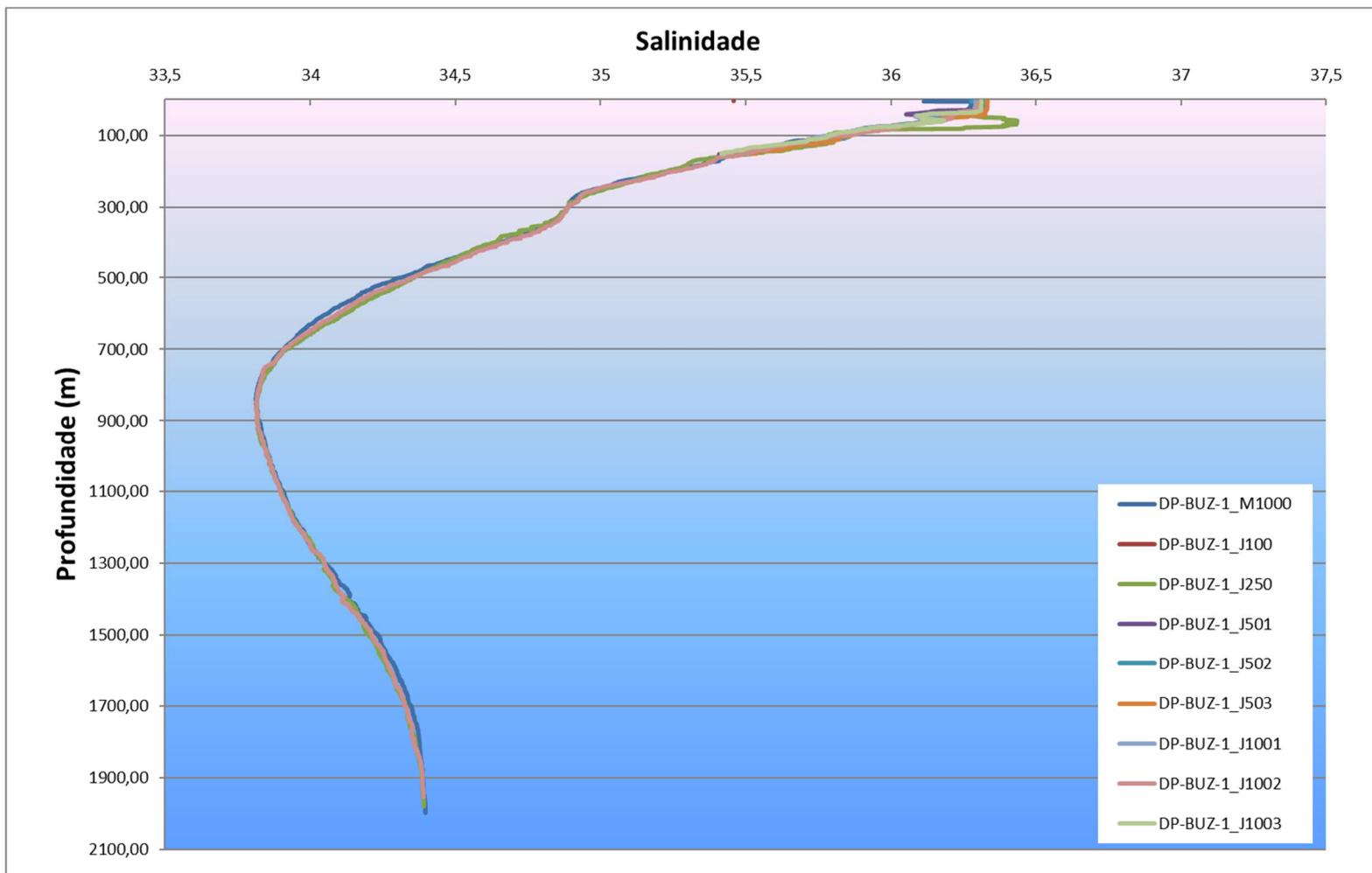
Legenda: SUP: Superfície; ACTC: Acima da Termoclina; TC: Termoclina e ABTC: Abaixo da Termoclina.

A salinidade apresentou um padrão homogêneo entre a superfície e a camada acima termoclina, com tendência a diminuição até a termoclina e aumento até a camada abaixo da termoclina, nas estações DP-BUZ-1\_J00 e DP-BUZ-1\_J250. Nas demais estações, os valores diminuíram da SUP até a ABTC (Figura V-3).



**Figura V-3** – Valores de salinidade obtidos nas profundidades de coleta das diferentes estações amostrais da atual campanha de monitoramento.

Na Figura V-4, são apresentados os valores de salinidade da coluna d'água obtidos através da perfilagem com CTD, na qual é possível constatar a presença da haloclina entre 35 e 800 m.



**Figura V-4 – Perfis de salinidade (CTD) obtidos nas diferentes estações amostrais da atual campanha de monitoramento.**

Na Tabela V-3, são apresentados os valores mínimo e máximo de temperatura e salinidade encontrados nas campanhas de outros projetos anteriormente realizadas na região. Essas faixas de variação de temperatura e salinidade corroboram as verificadas nesta campanha, que apresentou menores valores máximos em relação a maioria das demais campanhas. No Quadro IV-2 são citados os meses e anos de coleta das respectivas campanhas, que foram realizadas de outubro a fevereiro entre os anos de 2010 e 2022, ou seja, todas as amostragens foram realizadas durante a primavera e o verão, o que pode ter influenciado parte dos resultados encontrados, além de variações interanuais.

Em comparação ao PCR-BS (Petrobras, 2022) as temperaturas variaram entre 17 e aproximadamente 28°C, no inverno, e entre 23 e 28°C no verão. Durante o inverno a distribuição vertical da temperatura foi consistente com a estrutura oceanográfica observada em estudos anteriores, com marcante presença da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) no assoalho da plataforma. Durante o verão houve maior gradiente térmico, devido influência da insolação e da maior penetração de ACAS (Petrobras, 2022b).

**Tabela V-3 - Valores de temperatura (°C) e salinidade encontrados na água em estudos anteriores na Bacia de Santos.**

Campanha	Temperatura (°C)		Salinidade	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
DP-BUZ-1_C1 <sup>1</sup>	20,26 (ABTC)	23,33 (SUP)	36,39 (ABTC)	37,07 (TC)
DP-BUZ-1_C2 <sup>2</sup>	23,28 (ABTC)	26,74 (SUP)	36,84 (ABTC)	37,23 (ABTC)
DP-BUZ-1_C3 <sup>3</sup>	22,56 (ACTC)	26,71 (SUP)	36,67 (SUP)	37,25 (SUP/ACTC)
DP-BUZ-1_C4 <sup>4</sup>	22,63 (ABTC)	25,93 (SUP)	36,77 (TC)	36,99 (SUP)
URG_C3 <sup>5</sup>	13,11 (200 m)	27,39 (1 m)	35,24 (200 m)	37,04 (15 m)
URG_C4 <sup>6</sup>	14,73 (200 m)	22,97 (1 m)	35,47 (200 m)	36,80 (5 m)
URG_C5 <sup>7</sup>	19,44 (ABTC)	24,93 (SUP)	36,07 (ABTC)	36,47 (ABTC)
URG_C6 <sup>8</sup>	15,64 (ABTC)	26,32 (SUP)	35,56 (ABTC)	37,18 (ACTC)
URG_C7 <sup>9</sup>	21,76 (ACTC)	26,51 (ABTC)	36,70 (TC)	37,20 (ABTC)
URG_C8 <sup>10</sup>	19,71 (ABTC)	24,82 (SUP)	36,31 (ABTC)	36,84 (TC)
URG_C9 <sup>11</sup>	20,37 (ABTC)	25,97 (SUP)	36,31 (SUP)	36,95 (ABTC)
URG_C10 <sup>12</sup>	23,94 (ABTC)	26,42 (SUP)	37,00 (SUP)	37,29 (TC)
URG_C11 <sup>13</sup>	22,37 (ABTC)	24,35 (SUP)	36,94 (ABTC)	37,19 (SUP)
URG_C12 <sup>14</sup>	23,27 (ABTC)	27,30 (SUP)	37,03 (ABTC)	37,25 (TC)
URG_C13 <sup>15</sup>	22,25 (ABTC)	26,69 (SUP/ACTC)	36,70 (ABTC)	37,06 (SUP/ACTC)
URG_C14 <sup>16</sup>	16,72 (ABTC)	23,50 (SUP)	35,77 (ABTC)	36,74 (ABTC)
PIL-LL-NE_C1 <sup>17</sup>	20,32 (ACTC)	27,06 (SUP)	36,43 (ABTC)	37,12 (ACTC)

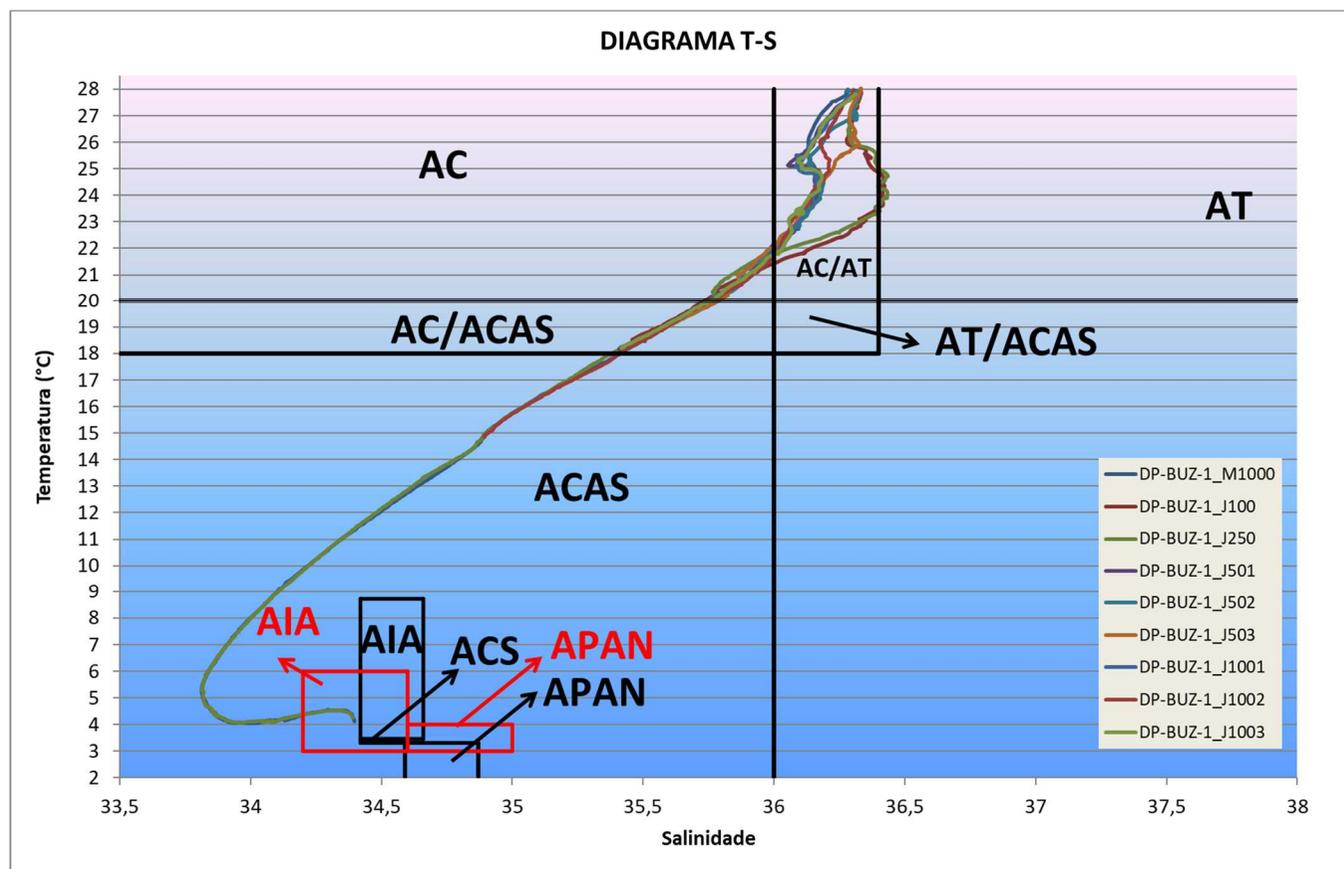
Campanha	Temperatura (°C)		Salinidade	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
PIL-LL-NE_C2 <sup>18</sup>	22,67 (ABTC)	27,24 (SUP)	36,99 (ABTC)	37,25 (TC)
PIL-LL-NE_C3 <sup>19</sup>	22,64 (ABTC)	25,59 (SUP)	36,92 (ABTC)	37,18 (SUP)
PIL-LL-NE_C4 <sup>20</sup>	21,61 (ABTC)	24,51 (SUP)	36,76 (ABTC)	37,21 (ACTC)
PIL-LL-NE_C5 <sup>21</sup>	22,60 (ABTC)	25,11 (SUP)	36,78 (TC)	37,12 (TC)
PIL-LL-NE_C6 <sup>22</sup>	22,72 (ABTC)	23,76 (SUP)	36,95 (TC)	36,99 (SUP)
PIL-LL-NE_C7 <sup>23</sup>	24,72 (ABTC)	27,00 (SUP)	37,09 (ABTC)	37,30 (ABTC)
PIL-LL-NE_C8 <sup>24</sup>	21,30 (ABTC)	26,99 (SUP)	36,56 (ACTC/ABTC)	37,22 (ABTC)
PIL-LL-NE_C9 <sup>25</sup>	20,56 (ABTC)	23,54 (SUP)	36,54 (ABTC)	37,13 (SUP)
DP-IRA-S_C1 <sup>26</sup>	20,99 (ABTC)	27,12 (SUP)	36,58 (ABTC)	37,21 (ACTC)
DP-IRA-S_C2 <sup>27</sup>	22,60 (ABTC)	25,54 (SUP)	36,91 (ABTC)	37,20 (SUP/ACTC)
DP-IRA-S_C3 <sup>28</sup>	21,26 (ABTC)	23,85 (SUP)	36,66 (ABTC)	37,06 (TC)
DP-IRA-S_C4 <sup>29</sup>	23,57 (ABTC)	25,59 (SUP)	36,99 (SUP/ACTC)	37,29 (TC)
DP-IRA-S_C5 <sup>30</sup>	22,70 (ABTC)	23,61 (SUP)	36,96 (ABTC)	37,02 (SUP/ACTC)
DP-IRA-S_C6 <sup>31</sup>	25,31 (ABTC)	26,90 (SUP)	37,27 (SUP/ACTC/TC/ABTC)	37,36 (ABTC)
DP-IRA-S_C7 <sup>32</sup>	22,20 (ABTC)	26,76 (SUP)	36,69 (ABTC)	36,99 (SUP/ACTC)
DP-IRA-S_C8 <sup>33</sup>	21,59 (ABTC)	24,91 (SUP)	36,64 (ABTC)	36,94 (SUP/ACTC)

Fonte: 1 = Petrobras/Bourscheid (2019a); 2 = Petrobras/Bourscheid (2020c); 3 = Petrobras/Bioconsult (2021); 4 = Petrobras/Bioconsult, (2023a); 5= Petrobras/Analytical Solutions (2012); 6 = Petrobras/Analytical Solutions (2013); 7 = Petrobras/Bourscheid (2014); 8 = Petrobras/Bourscheid (2015a); 9 = Petrobras/Bourscheid (2016a); 10 = Petrobras/Bourscheid (2017a); 11 = Petrobras/Bourscheid (2018a); 12 = Petrobras/Bourscheid (2019b); 13 = Petrobras/Bourscheid (2019c); 14 = Petrobras/Bourscheid (2020d); 15 = Petrobras/Bioconsult (2022a); 16 = Petrobras/Bioconsult (2022b); 17 = Petrobras/Bourscheid (2015b); 18 = Petrobras/Bourscheid (2015c); 19 = Petrobras/Bourscheid (2018b); 20 = Petrobras/Bourscheid (2018c); 21 = Petrobras/Bourscheid (2019d); 22 = Petrobras/Bourscheid (2019e); 23 = Petrobras/Bourscheid (2020a); 24 = Petrobras/Bioconsult (2022c); 25 = Petrobras/Bioconsult (2022d); 26 = Petrobras/Bourscheid (2016b); 27 = Petrobras/Bourscheid (2017b); 28 = Petrobras/Bourscheid (2018d); 29 = Petrobras/Bourscheid (2019f); 30 = Petrobras/Bourscheid (2019g); 31 = Petrobras/Bourscheid (2020b); 32 = Petrobras/Bioconsult (2022e); 33 = Petrobras/Bioconsult (2023b).

A partir dos dados de temperatura e salinidade coletados pelo CTD (Figura V-2 e Figura V-4), obteve-se o diagrama T-S (Figura V-5), através do qual as massas de água foram classificadas conforme Tommasi (1994) e Silveira *et al.* (2000) (Tabela IV-6), conforme proposto na metodologia do presente relatório. Adicionalmente, optou-se por considerar também no diagrama as classificações propostas por Castro *et al.* (2006), que analisa a área compreendida entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS), englobando, portanto, a Bacia de Santos, que é uma área pouco estudada em relação a esse aspecto, com poucos dados e estudos que explorem as massas d'água e seus limites especificamente para o local. Assim, em vermelho, estão destacados os trechos classificados conforme Castro *et al.* (2006), que classifica AIA e APAN, conforme os seguintes limites: salinidade entre 34,2 e 34,6 e temperatura entre 3 e 6°C para AIA e entre 34,6 e 35,0 e 3 e 4°C para

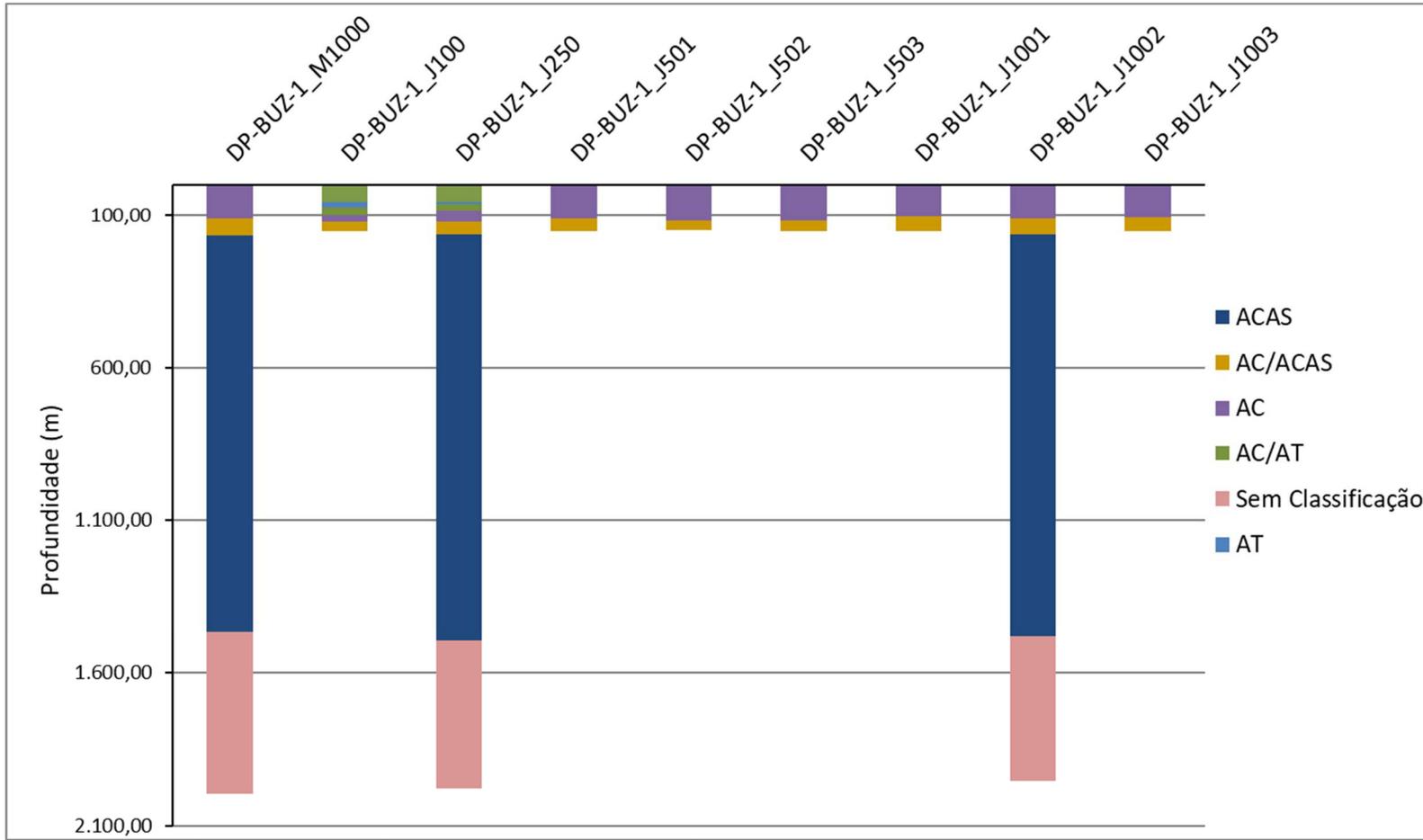
APAN. Cabe ressaltar que os limites de temperatura e salinidade das massas d'água podem sofrer alterações conforme o critério de classificação considerado por cada um dos autores e conforme características geográficas da região estudada.

A análise dos dados conforme a classificação de Tommasi (1994) e Silveira *et al.* (2000) mostrou a ocorrência de AC, AC/AT, AT, AC/ACAS e ACAS na maioria das estações amostrais (Figura V-5 e Figura V-6). Considerando-se a classificação de Castro *et al.* (2006), em caráter complementar, verifica-se alteração das profundidades de ocorrência da AIA, não sendo identificadas as massas APAN e a ACS, uma vez que tal estudo, embora cite esta última massa d'água e sua ocorrência na Bacia de Santos, caracterizada também através de um pico de oxigênio dissolvido em altas profundidades, não define seus limites de temperatura e salinidade.



Legenda: AC=Água Costeira; AT=Água Tropical; ACAS=Água Central do Atlântico Sul; AC/AT=mistura de AC e AT; AC/ACAS=mistura de AC e ACAS, AT/ACAS=mistura de AT e ACAS, AIA=Água Intermediária Antártica; ACS=Água Circumpolar Superior e APAN=Água Profunda do Atlântico Norte.

**Figura V-5** – Diagrama T-S na atual campanha de monitoramento. Em vermelho, limites estabelecidos por Castro et al. (2006) e em preto, limites estabelecidos por Tommasi (1994) e Silveira et al. (2000).



Legenda: AT=Água Tropical; ACAS=Água Central do Atlântico Sul; AC = Água Costeira; AC/ACAS=mistura de AC e ACAS; AC/AT=mistura de AC e AT.

**Figura V-6 – Análise da distribuição vertical das massas d'água na atual campanha de monitoramento.**

A Água Costeira (AC) ocupou a porção mais superficial na maioria dos pontos amostrais (exceto em DP-BUZ-1\_J100 e DP-BUZ-1\_J250) até o nível da camada abaixo da termoclina, atingindo o máximo de 118 m na estação DP-BUZ-1\_J503. Essa massa d'água ocorreu em pequena porção nas estações DP-BUZ-1\_J100 e DP-BUZ-1\_J250, entre aproximadamente 83 e 122 m. Água tropical somente foi identificada nas estações DP-BUZ-1\_J100 e DP-BUZ-1\_J250, entre 60 e 72 m e apenas nessas estações também ocorreu a mistura entre AC/AT, na porção mais superficial até máximo de 99 m em DP-BUZ-1\_J100.

A mistura de AC/ACAS ocorreu em todas as estações atingindo máximo de 166 m em DP-BUZ-1\_M1000. Já a ACAS ocupou porções mais profundas da coluna d'água, logo abaixo da mistura AC/ACAS, atingindo profundidades de 1466 m, 1497 m e 1482 m, em DP-BUZ-1\_M1000, DP-BUZ-1\_J250 e DP-BUZ-1\_J1003, respectivamente. Essa massa d'água não ocorreu nas demais estações devido à perfilagem mais rasa do CTD, não atingindo essas profundidades. A ACAS é formada pelo afundamento das águas na região da Convergência Subtropical e transportada pelas correntes através do giro Subtropical do Atlântico Sul até atingir a costa brasileira, onde sofre bifurcação aproximadamente em 22º S, na região do Cabo de São Tomé (SILVEIRA *et al.*, 2000).

Conforme a classificação de Tommasi (1994) e Silveira *et al.* (2000), a AIA ocupou profundidades logo abaixo do primeiro trecho da ACAS, atingindo até 1997 m em DP-BUZ-1\_M1000. Considerando-se, entretanto, a classificação de Castro *et al.* (2006), a AIA ocuparia porções da coluna d'água compreendidas entre aproximadamente 717 e 1.124 e entre 1.139 e 1.255 m e a APAN, profundidades superiores a 1.264 m até a profundidade máxima perfilada, contudo não foi identificada APAN no atual estudo.

A massa d'água AC e AC/ACAS foram as massas d'água que ocorreram de forma mais recorrente nessa amostragem, diferentemente da AT e ACAS observadas nas quatro campanhas de monitoramento do DP de Búzios 1 anteriores, das doze campanhas de monitoramento da fase de operação de Uruguá, das nove campanhas anteriores do monitoramento do Piloto de Lula NE e das oito primeiras campanhas de monitoramento do DP de Iracema Sul (PETROBRAS/ANALYTICAL SOLUTIONS, 2012, 2013; PETROBRAS/BOURSCHEID, 2014, 2015a, 2015b, 2015c, 2016a, 2016b, 2017a,

2017b, 2018a, 2018b, 2018c, 2018d, 2019a, 2019b, 2019c, 2019d, 2019e, 2019f, 2019g, 2020a, 2020b, 2020c, 2020d; PETROBRAS/BIOCONSULT, 2021, 2022a, 2022b, 2022c, 2022d, 2022e, 2023a, 2023b) (Quadro V-1). As diferenças encontradas entre as campanhas foram a presença de AC/AT na primeira, terceira e quinta campanha, a presenças de AC/ACAS na terceira campanha e quinta campanha de ACS na terceira e quarta campanha e AC na quinta campanha.

**Quadro V-1 - Distribuição das massas d'água nos diferentes níveis de profundidade das estações amostradas nas campanhas de monitoramento do DP de Búzios 1.**

Estratos	Campanhas				
	C1	C2	C3	C4	C5
SUP	AT	AT	AT	AT	AC e AC/AT
ACTC	AT	AT	AT	AT	AC e AC/AT
TC	AT	AT	AT	AT	AC e AC/AT
ABTC	AT	AT	AT	AT	AC/AT
	AC/AT	AT/ACAS	AC/AT		AT
	AT/ACAS	ACAS	AT/ACAS	AT/ACAS	AC
	ACAS	AIA	AC/ACAS	ACAS	AC/ACAS
	AIA	APAN*	ACAS	AIA	ACAS
	APAN*		AIA	ACS	AIA
			ACS	APAN*	
			APAN*		

Legenda: SUP: Superfície; ACTC: Acima da Termoclina; TC: Termoclina e ABTC: Abaixo da Termoclina.

\* Considerando a classificação de Castro *et al.* (2006).

### V.1.2 - Oxigênio Dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido é um dos gases mais importantes presentes nos ecossistemas aquáticos. Seus níveis indicam a capacidade que o ambiente tem em manter os organismos vivos, sendo ele um elemento vital para o metabolismo dos organismos aeróbicos (LALLI & PARSONS, 1995).

Suas principais fontes para o ambiente aquático são a atmosfera e a fotossíntese; já as suas perdas estão relacionadas ao consumo, à decomposição da matéria orgânica (oxidação), à liberação para a atmosfera, nitrificação e oxidação química abiótica de substâncias como íons metálicos – ferro (II) e manganês (II), por exemplo (HILL *et al.*, 1993).

A quantidade de oxigênio dissolvido depende da temperatura da água, bem como da pressão atmosférica e da salinidade. Quanto maior a pressão, maior a dissolução, e quanto maior a temperatura, menor a dissolução desse gás (LALLI & PARSONS, 1995). O teor de oxigênio em corpos d'água naturais apresenta concentrações próximas, porém menores, a 10 mg/L em águas não poluídas. Além disso, a concentração de oxigênio dissolvido pode auxiliar na detecção de impactos ambientais (ex. eutrofização e poluição orgânica).

Na presente campanha de monitoramento, os valores de oxigênio dissolvido registrados nas estações variaram entre 6,51 mg/L, na ACTC da estação DP-BUZ-1\_J1003, e 7,41 mg/L, na TC da estação DP-BUZ-1\_J503 (Tabela V-4 e Figura V-7).

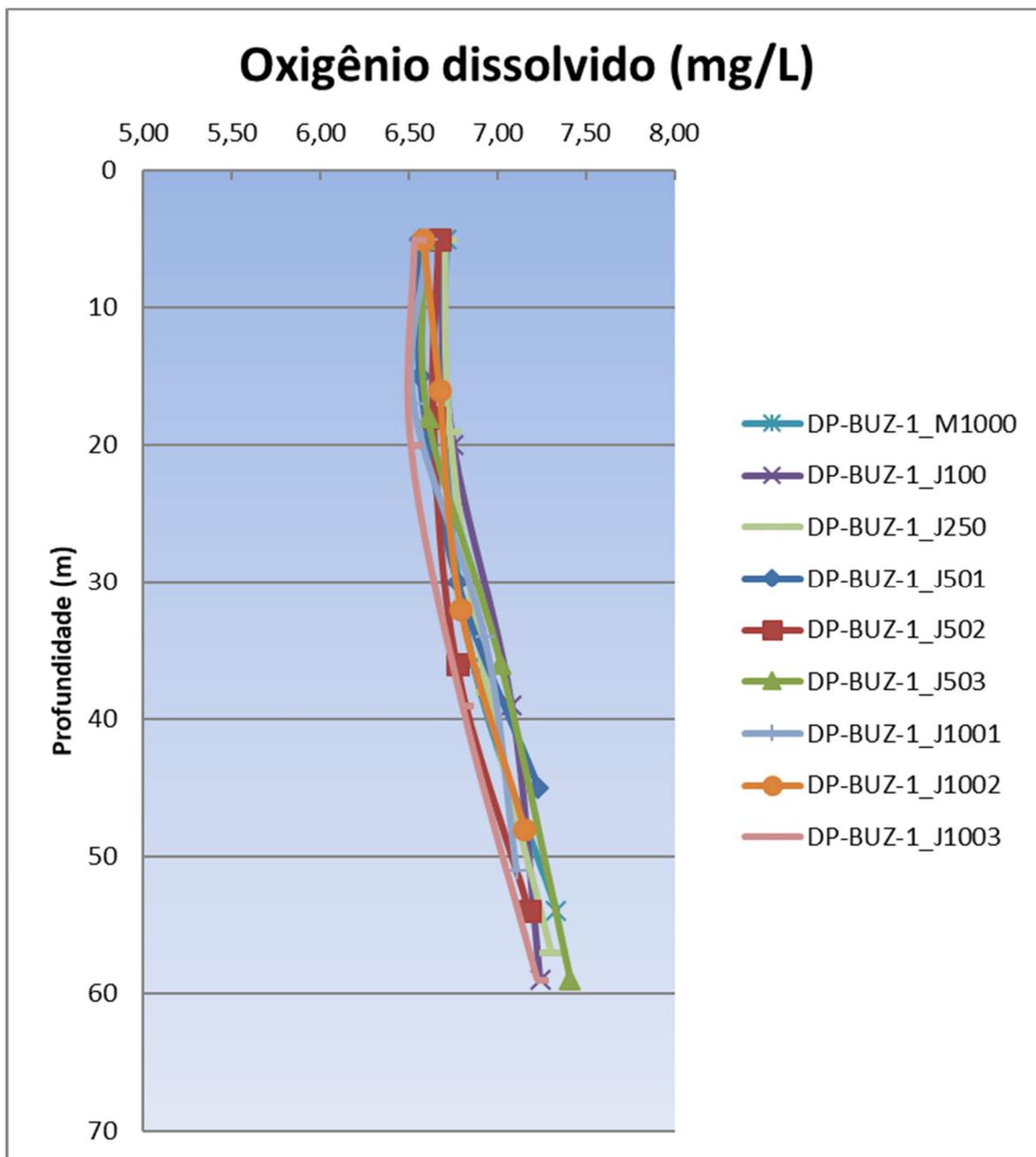
Conforme observado na Tabela V-4, as menores concentrações médias de oxigênio dissolvido estiveram presentes na superfície e na camada acima da termoclina ( $6,62 \pm 0,06$  mg/L e  $6,63 \pm 0,09$  mg/L, respectivamente), enquanto a maior concentração média foi verificada na camada abaixo da termoclina ( $7,24 \pm 0,09$  mg/L). De acordo com os padrões CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, não foi verificado nenhum resultado com concentrações abaixo do limite mínimo estabelecido para águas salinas de classe 1, de 6,0 mg/L.

**Tabela V-4 – Concentração de oxigênio dissolvido (mg/L) nas estações de coleta da atual campanha de monitoramento.**

Estrato	Estações									Média	DP
	DP-BUZ-1_M1000	DP-BUZ-1_J100	DP-BUZ-1_J250	DP-BUZ-1_J501	DP-BUZ-1_J502	DP-BUZ-1_J503	DP-BUZ-1_J1001	DP-BUZ-1_J1002	DP-BUZ-1_J1003		
<b>SUP</b>	6,71	6,66	6,70	6,56	6,67	6,59	6,61	6,58	6,53	6,62	0,06
<b>ACTC</b>	6,69	6,75	6,73	6,56	6,64	6,61	6,53	6,67	6,51	6,63	0,09
<b>TC</b>	6,86	7,08	6,94	6,77	6,77	7,02	6,93	6,79	6,80	6,88	0,11
<b>ABTC</b>	7,33	7,24	7,30	7,23	7,18	7,41	7,11	7,15	7,22	7,24	0,09
<b>Máx.</b>	7,33	7,24	7,30	7,23	7,18	<b>7,41</b>	7,11	7,15	7,22		
<b>Mín.</b>	6,69	6,66	6,70	6,56	6,64	6,59	6,53	6,58	<b>6,51</b>		
<b>Média</b>	6,90	6,93	6,92	6,78	6,82	6,91	6,80	6,80	6,77		
<b>DP</b>	0,30	0,27	0,28	0,32	0,25	0,39	0,27	0,25	0,33		

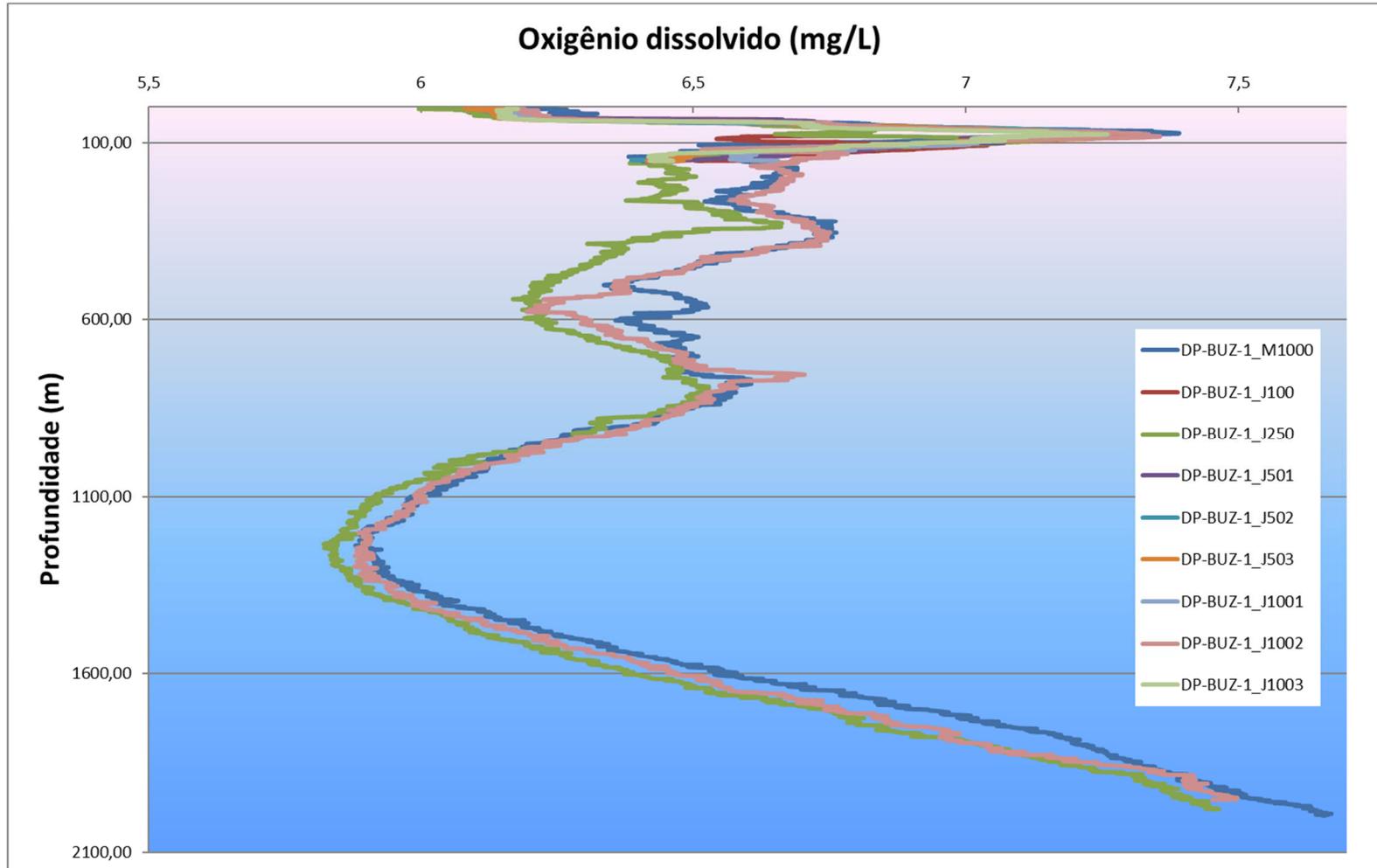
Legenda: SUP: Superfície; ACTC: Acima da Termoclina; TC: Termoclina e ABTC: Abaixo da Termoclina.

A distribuição vertical das concentrações de OD na coluna d'água amostrada apresentou uma tendência de aumento de SUP para ABTC. Verifica-se um padrão de concentrações mais semelhantes entre SUP e TC, com leve incremento das concentrações de OD da TC até a ABTC em todas as estações (Figura V-7).



**Figura V-7** – Valores de oxigênio dissolvido (mg/L) obtidos nas profundidades de coleta das diferentes estações amostrais da atual campanha de monitoramento.

O perfil vertical das concentrações de OD na coluna d’água obtidos com CTD revelou, nos primeiros metros da coluna d’água, um padrão de oscilações na termoclina resultando em diminuição das concentrações, com mínimo registrado a 1.243 m, com posterior aumento das concentrações a partir dessa profundidade (Figura V-8).



**Figura V-8** – Perfis de oxigênio dissolvido (mg/L) (CTD) obtidos nas diferentes estações amostrais da atual campanha de monitoramento.

Na Tabela V-5, são apresentados os valores mínimo e máximo de oxigênio dissolvido encontrados nas campanhas anteriormente realizadas na região, onde é possível verificar que os valores da atual campanha são condizentes com a faixa de variação já verificada para o local. Além disso, os valores estão dentro da faixa de 6,2 mg/L a 7,2 mg/L identificada no PCR-BS (Petrobras, 2022), durante o período de verão.

No Quadro IV-2 são citados os meses e anos de coleta das respectivas campanhas, que foram realizadas de outubro a fevereiro entre os anos de 2010 e 2022, ou seja, todas as amostragens foram realizadas durante a primavera e o verão, o que pode ter influenciado parte dos resultados encontrados, além de variações interanuais.

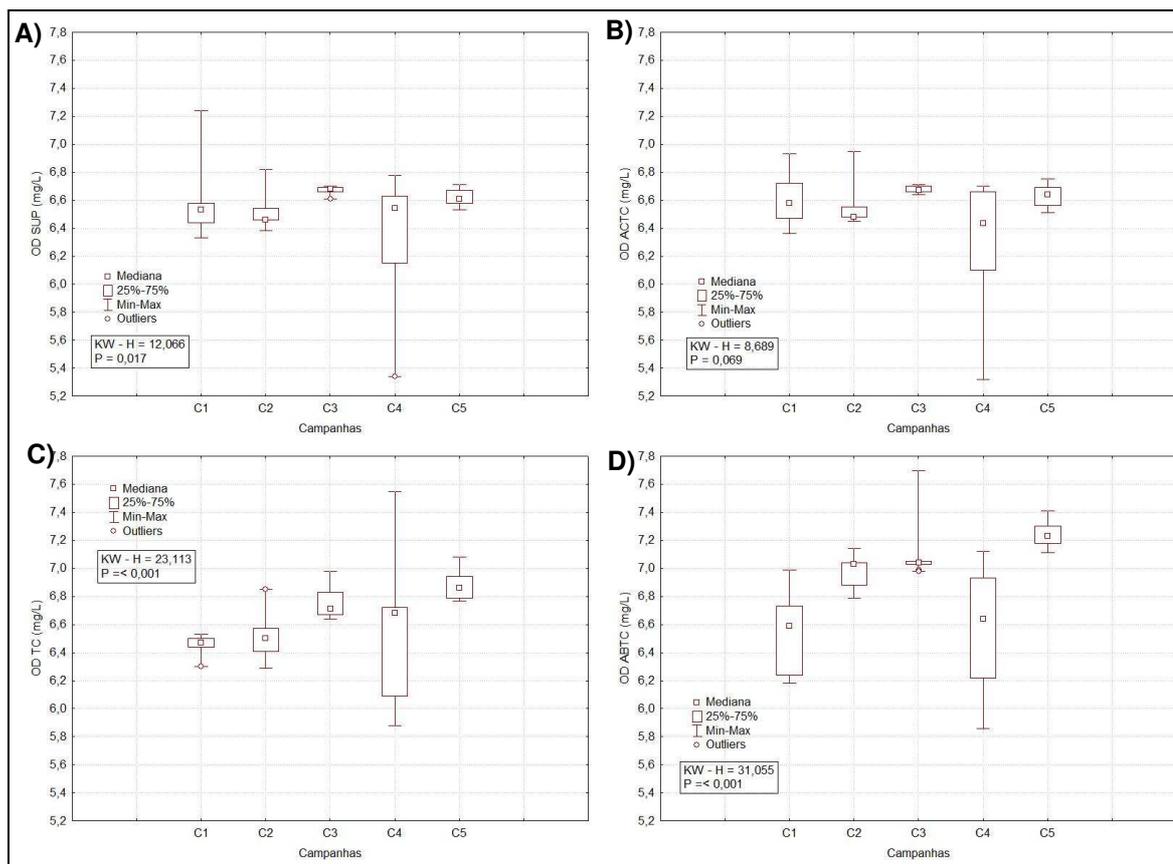
**Tabela V-5 - Valores de oxigênio dissolvido (mg/L) encontrados na água em estudos anteriores na Bacia de Santos.**

Campanha	Oxigênio dissolvido (mg/L)	
	Mín.	Máx.
DP-BUZ-1_C1 <sup>1</sup>	6,18 (ABTC)	7,24 (SUP)
DP-BUZ-1_C2 <sup>2</sup>	6,29 (TC)	7,14 (ABTC)
DP-BUZ-1_C3 <sup>3</sup>	6,61 (SUP)	7,70 (ABTC)
DP-BUZ-1_C4 <sup>4</sup>	5,32 (ACTC)	7,55 (TC)
URG_C3 <sup>5</sup>	5,93 (TC)	7,60 (TC)
URG_C4 <sup>6</sup>	5,73 (TC)	6,73 (SUP)
URG_C5 <sup>7</sup>	6,75 (TC)	7,54 (ABTC)
URG_C6 <sup>8</sup>	4,61 (TC)	7,71 (SUP)
URG_C7 <sup>9</sup>	6,18 (ACTC)	7,58 (ABTC)
URG_C8 <sup>10</sup>	6,22 (ABTC)	7,29 (SUP)
URG_C9 <sup>11</sup>	6,54 (TC/ABTC)	6,98 (ABTC)
URG_C10 <sup>12</sup>	6,32 (SUP/TC)	6,86 (TC)
URG_C11 <sup>13</sup>	5,96 (SUP)	6,72 (ABTC)
URG_C12 <sup>14</sup>	6,28 (SUP)	7,09 (ABTC)
URG_C13 <sup>15</sup>	6,63 (ACTC)	7,44 (ABTC)
URG_C14 <sup>16</sup>	6,44 (SUP)	7,18 (TC)
PIL-LL-NE_C1 <sup>17</sup>	5,91 (SUP)	8,01 (ABTC)
PIL-LL-NE_C2 <sup>18</sup>	6,22 (ACTC)	6,80 (TC)
PIL-LL-NE_C3 <sup>19</sup>	6,14 (SUP)	6,78 (TC)
PIL-LL-NE_C4 <sup>20</sup>	6,44 (ABTC)	7,13 (TC)
PIL-LL-NE_C5 <sup>21</sup>	7,63 (SUP)	8,12 (ABTC)
PIL-LL-NE_C6 <sup>22</sup>	6,00 (ACTC)	6,69 (ABTC)
PIL-LL-NE_C7 <sup>23</sup>	6,43 (ACTC)	6,98 (ABTC)
PIL-LL-NE_C8 <sup>24</sup>	6,54 (SUP)	7,48 (ABTC)

Campanha	Oxigênio dissolvido (mg/L)	
	Mín.	Máx.
PIL-LL-NE_C9 <sup>25</sup>	6,45 (ACTC/TC/ABTC)	6,58 (TC/ABTC)
DP-IRA-S_C1 <sup>26</sup>	6,26 (ACTC)	6,88 (ABTC)
DP-IRA-S_C2 <sup>27</sup>	6,18 (SUP)	6,75 (TC/ABTC)
DP-IRA-S_C3 <sup>28</sup>	6,60 (SUP)	7,19 (SUP)
DP-IRA-S_C4 <sup>29</sup>	6,29 (SUP)	6,70 (ABTC)
DP-IRA-S_C5 <sup>30</sup>	5,90 (TC)	6,50 (ABTC)
DP-IRA-S_C6 <sup>31</sup>	6,39 (ACTC)	7,00 (ACTC)
DP-IRA-S_C7 <sup>32</sup>	6,58 (TC)	7,42 (ABTC)
DP-IRA-S_C8 <sup>33</sup>	6,57 (SUP)	7,59 (TC)

Fonte: 1 = Petrobras/Bourscheid (2019a); 2 = Petrobras/Bourscheid (2020c); 3 = Petrobras/Bioconsult (2021); 4 = Petrobras/Bioconsult, (2023a); 5 = Petrobras/Analytical Solutions (2012); 6 = Petrobras/Analytical Solutions (2013); 7 = Petrobras/Bourscheid (2014); 8 = Petrobras/Bourscheid (2015a); 9 = Petrobras/Bourscheid (2016a); 10 = Petrobras/Bourscheid (2017a); 11 = Petrobras/Bourscheid (2018a); 12 = Petrobras/Bourscheid (2019b); 13 = Petrobras/Bourscheid (2019c); 14 = Petrobras/Bourscheid (2020d); 15 = Petrobras/Bioconsult (2022a); 16 = Petrobras/Bioconsult (2022b); 17 = Petrobras/Bourscheid (2015b); 18 = Petrobras/Bourscheid (2015c); 19 = Petrobras/Bourscheid (2018b); 20 = Petrobras/Bourscheid (2018c); 21 = Petrobras/Bourscheid (2019d); 22 = Petrobras/Bourscheid (2019e); 23 = Petrobras/Bourscheid (2020a); 24 = Petrobras/Bioconsult (2022c); 25 = Petrobras/Bioconsult (2022d); 26 = Petrobras/Bourscheid (2016b); 27 = Petrobras/Bourscheid (2017b); 28 = Petrobras/Bourscheid (2018d); 29 = Petrobras/Bourscheid (2019f); 30 = Petrobras/Bourscheid (2019g); 31 = Petrobras/Bourscheid (2020b); 32 = Petrobras/Bioconsult (2022e); 33 = Petrobras/Bioconsult (2023b).

Na Figura V-9, são apresentadas as faixas de concentrações de oxigênio dissolvido (OD) obtidas em cada profundidade nas campanhas da fase de operação do monitoramento do DP de Búzios 1. É possível verificar que, de um modo geral, a 5ª campanha mostrou variação das concentrações de OD semelhante às observadas nas campanhas anteriores, exceto quando comparada à campanha 4, para cada profundidade. Na comparação dos resultados, foram detectadas diferenças significativas entre as campanhas para todas as profundidades (*Kruskal-Wallis*,  $p < 0,05$ ), exceto para a ACTC. Na SUP, foram encontradas diferenças significativas entre a segunda e terceira campanha, enquanto na TC, a terceira campanha diferiu da primeira e a primeira e a segunda diferiram da quinta campanha (Tukey,  $p < 0,05$ ). Na ABTC, a primeira diferiu da terceira e da quinta e a quarta diferiu da quinta campanha (Tukey,  $p < 0,05$ ).



**Figura V-9** – Concentrações de oxigênio dissolvido (mg/L) observadas ao longo das campanhas do PMPR\_DP-BUZ-1. A) Superfície; B) Acima da termoclina; C) Termoclina e D) Abaixo da Termoclina.

### V.1.3 - Potencial Hidrogeniônico

Os valores de pH na água do mar podem apresentar variações significativas naturalmente, visto que o potencial hidrogeniônico é condicionado por diversos fatores físico-químicos e biológicos (NIENCHESKI *et al.*, 1999), impossibilitando a caracterização de um ecossistema somente em função desse parâmetro (NIENCHESKI *et al.*, 1999).

Na maioria das águas naturais, o pH é influenciado pela concentração de H<sup>+</sup>, originada da dissociação do ácido carbônico por processos como respiração e decomposição (BOYD, 2001), o que gera valores baixos de pH. Uma pequena diminuição no pH pode estar associada ao aumento no teor de matéria orgânica que leva a consequente queda da quantidade de oxigênio dissolvido (MAIER, 1987). No sistema oceânico, os valores de pH apresentam pequenas variações,

devido ao mecanismo tampão associado à água do mar. No entanto, variações na ordem de 7,8 a 8,2 podem ser observadas, associadas, sobretudo, aos fenômenos de oxidação de matéria orgânica, produção primária e incorporação de CO<sub>2</sub> atmosférico pelo sistema marinho. Variações mais amplas no pH acontecem, geralmente, onde existem importantes aportes terrestres (BRAGA & NIENCHESKI, 2006).

O pH influencia também a solubilidade de diversas substâncias, na forma em que estas se apresentam na água e em sua toxicidade. Byrne *et al.* (1988) observaram que a complexação de metais hidrolizados, além de estar associada à temperatura, é fortemente influenciada pelo valor do pH.

Os organismos aquáticos estão geralmente adaptados às condições de neutralidade e, em consequência, alterações bruscas do pH da água podem resultar no desaparecimento dos organismos, como também estresse (MACEDO, 2007). Já as reações de íons carbonato e bicarbonato com a molécula de água elevam os valores de pH para a faixa alcalina (ESTEVES, 1988), ocasionando estresse ou morte de peixes (MACEDO, 2007).

Na presente campanha de monitoramento, o pH permaneceu alcalino em todas as amostras, variando entre 7,97, na estação DP-BUZ-1\_J503 (ACTC) e 8,13 na estação DP-BUZ-1\_J100 (TC) (Tabela V-6 e Figura V-10). A média das estações variou de  $8,01 \pm 0,03$  (estação DP-BUZ-1\_J503) a  $8,11 \pm 0,02$  (DP-BUZ-1\_J100). Na SUP, foi observado o menor valor médio de pH ( $8,02 \pm 0,03$ ), enquanto na ABTC o maior valor médio ( $8,07 \pm 0,02$ ).

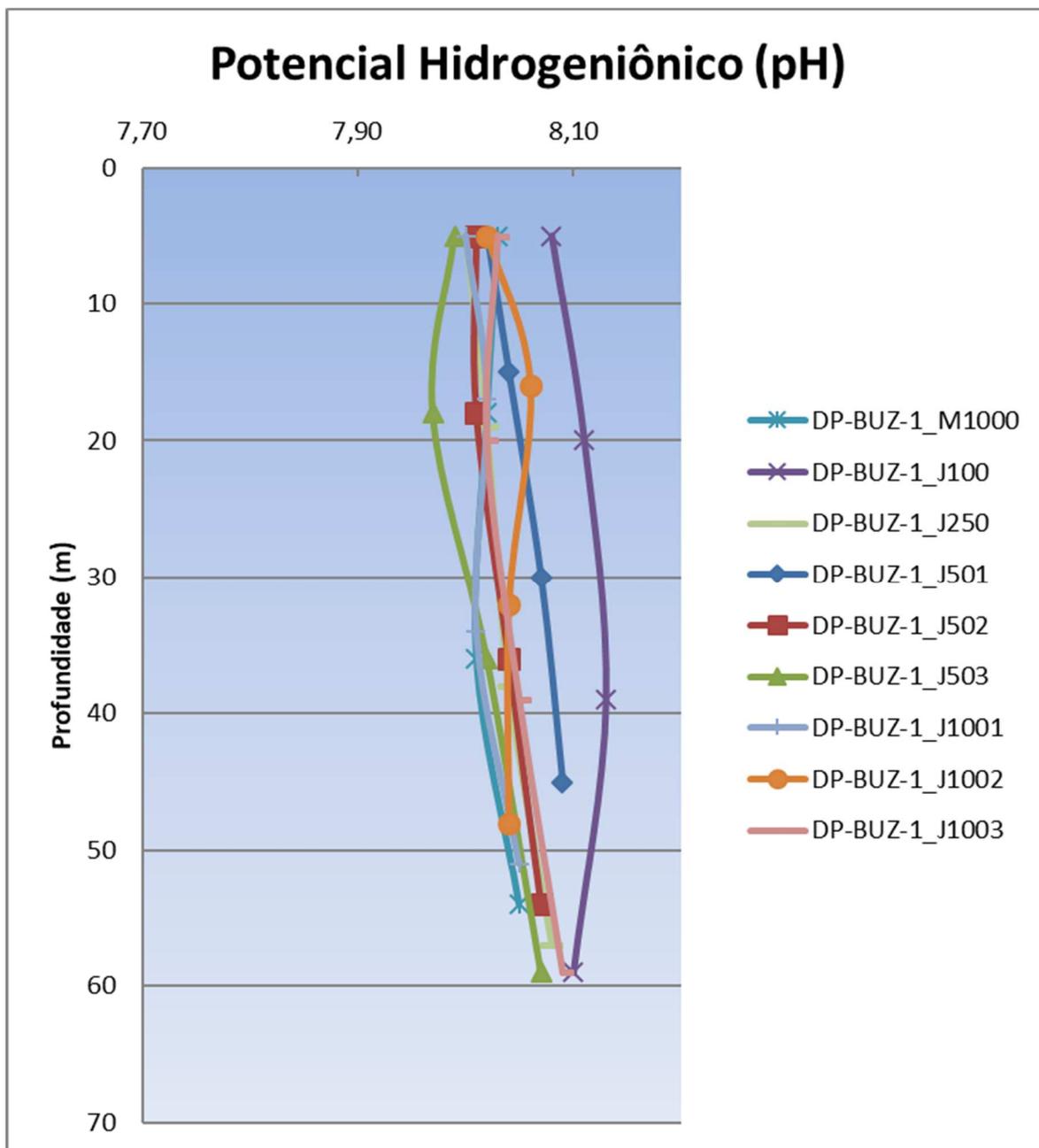
**Tabela V-6 – Valores de pH medidos nas estações de coleta da atual campanha de monitoramento.**

Estrato	Estações									Média	DP
	DP-BUZ-1_M1000	DP-BUZ-1_J100	DP-BUZ-1_J250	DP-BUZ-1_J501	DP-BUZ-1_J502	DP-BUZ-1_J503	DP-BUZ-1_J1001	DP-BUZ-1_J1002	DP-BUZ-1_J1003		
<b>SUP</b>	8,03	8,08	8,00	8,02	8,01	7,99	8,00	8,02	8,03	8,02	0,03
<b>ACTC</b>	8,02	8,11	8,02	8,04	8,01	7,97	8,02	8,06	8,02	8,03	0,04
<b>TC</b>	8,01	8,13	8,04	8,07	8,04	8,02	8,01	8,04	8,05	8,05	0,04
<b>ABTC</b>	8,05	8,10	8,08	8,09	8,07	8,07	8,05	8,04	8,09	8,07	0,02
<b>Máx.</b>	8,05	<b>8,13</b>	8,08	8,09	8,07	8,07	8,05	8,06	8,09		
<b>Mín.</b>	8,01	8,08	8,00	8,02	8,01	<b>7,97</b>	8,00	8,02	8,02		
<b>Média</b>	8,03	8,11	8,04	8,06	8,03	8,01	8,02	8,04	8,05		
<b>DP</b>	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,02	0,02	0,03		

Legenda: SUP: Superfície; ACTC: Acima da Termoclina; TC: Termoclina e ABTC: Abaixo da Termoclina.

Observa-se certo padrão dos valores de pH de SUP a ABTC, sem grandes diferenças entre as profundidades. Os baixos valores de desvio padrão, provavelmente, se relacionam ao efeito tampão da água do mar sobre este parâmetro. Destaca-se que a estação DP-BUZ-1\_J100 apresentou os maiores valores de pH, aumentando de SUP a TC e diminuindo de TC a ABTC. As estações DP-BUZ-1\_J501, DP-BUZ-1\_J502 e DP-BUZ-1\_J1003 apresentaram uma tendência de valores de pH crescendo de SUP a ABTC. A estação DP-BUZ-1\_J1002 tendeu a aumentar de SUP para ACTC e diminuir os valores de pH de ACTC para ABTC, padrão oposto foi observado em DP-BUZ-1\_J503, em que os valores reduziram da SUP até a ACTC e aumentaram

da ACTC para ABTC. Por fim, todos os valores de pH obtidos na atual campanha de monitoramento se encontram entre os limites estabelecidos pela resolução para águas salinas classe 1, de 6,5 a 8,5.



**Figura V-10** – Valores de pH obtidos nas profundidades de coleta das diferentes estações amostrais da atual campanha de monitoramento.

Na Tabela V-7 são apresentados os valores mínimo e máximo de pH encontrados nas campanhas anteriormente realizadas na região. Os dados da atual campanha encontram-se dentro da faixa de variação dos resultados verificados anteriormente na área, em relação ao encontrado nas demais campanhas. Em comparação ao PCR-BS (Petrobras, 2022) o pH médio encontrado para a região da Bacia de Santos foi entre 7,8 e 8,4, na camada de mistura superficial, no verão,

sendo valores mais consistentes com os valores normalmente obtidos na superfície de regiões da plataforma e áreas oceânicas. No Quadro IV-2 são citados os meses e anos de coleta das respectivas campanhas, que foram realizadas de outubro a fevereiro entre os anos de 2010 e 2022, ou seja, todas as amostragens foram realizadas durante a primavera e o verão, o que pode ter influenciado parte dos resultados encontrados, além de variações interanuais.

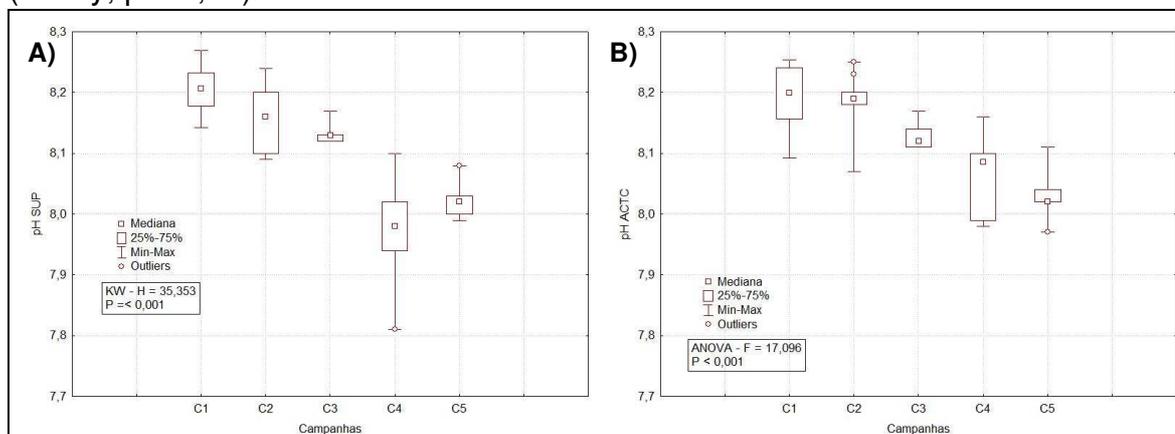
**Tabela V-7 - Valores de pH encontrados na água em estudos anteriores na Bacia de Santos.**

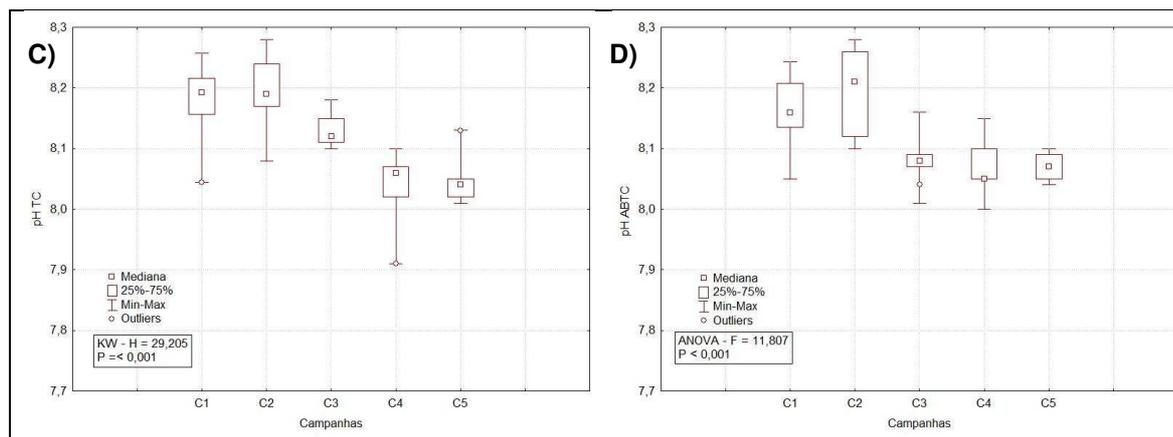
Campanha	pH	
	Min.	Máx.
DP-BUZ-1_C1 <sup>1</sup>	8,04 (TC)	8,27 (SUP)
DP-BUZ-1_C2 <sup>2</sup>	8,07 (ACTC)	8,28 (TC/ABTC)
DP-BUZ-1_C3 <sup>3</sup>	8,01 (ABTC)	8,18 (TC)
DP-BUZ_C4 <sup>4</sup>	7,81 (SUP)	8,16 (ACTC)
URG_C3 <sup>5</sup>	7,90 (ABTC)	8,07 (ACTC)
URG_C4 <sup>6</sup>	8,16 (ABTC)	8,61 (ACTC)
URG_C5 <sup>7</sup>	6,64 (SUP)	7,94 (ABTC)
URG_C6 <sup>8</sup>	8,02 (SUP)	8,21 (ACTC)
URG_C7 <sup>9</sup>	8,00 (SUP)	8,34 (ABTC)
URG_C8 <sup>10</sup>	7,91 (SUP)	8,23 (ACTC)
URG_C9 <sup>11</sup>	7,86 (TC)	8,19 (ABTC)
URG_C10 <sup>12</sup>	8,24 (ABTC)	8,33 (ACTC/TC)
URG_C11 <sup>13</sup>	8,08 (SUP)	8,27 (SUP)
URG_C12 <sup>14</sup>	8,07 (SUP)	8,26 (TC/ABTC)
URG_C13 <sup>15</sup>	8,02 (SUP)	8,14 (ACTC/TC/ABTC)
URG_C14 <sup>16</sup>	7,98 (TC)	8,10 (ACTC)
PIL-LL-NE_C1 <sup>17</sup>	8,11 (ABTC)	8,22 (TC)
PIL-LL-NE_C2 <sup>18</sup>	8,14 (ACTC)	8,30 (ACTC/TC/ABTC)
PIL-LL-NE_C3 <sup>19</sup>	7,93 (ABTC)	8,10 (ACTC)
PIL-LL-NE_C4 <sup>20</sup>	8,05 (SUP/ACTC)	8,35 (ACTC)
PIL-LL-NE_C5 <sup>21</sup>	8,04 (ABTC)	8,30 (ABTC)
PIL-LL-NE_C6 <sup>22</sup>	8,06 (SUP)	8,27 (TC)
PIL-LL-NE_C7 <sup>23</sup>	8,02 (SUP)	8,16 (ACTC/TC)
PIL-LL-NE_C8 <sup>24</sup>	8,03 (TC/ABTC)	8,18 (ACTC/TC)
PIL-LL-NE_C9 <sup>25</sup>	7,95 (SUP)	8,17 (ACTC)
DP-IRA-S_C1 <sup>26</sup>	8,18 (ACTC)	8,30 (SUP/ACTC/TC/ABTC)
DP-IRA-S_C2 <sup>27</sup>	7,91 (TC)	8,09 (TC)
DP-IRA-S_C3 <sup>28</sup>	8,07 (TC)	8,35 (ACTC/TC)
DP-IRA-S_C4 <sup>29</sup>	8,22 (ABTC)	8,32 (ACTC/ABTC)
DP-IRA-S_C5 <sup>30</sup>	8,07 (ACTC)	8,25 (ACTC)

<b>DP-IRA-S_C6</b> <sup>31</sup>	8,03 (SUP)	8,15 (ABTC)
<b>DP-IRA-S_C7</b> <sup>32</sup>	7,98 (ABTC)	8,15 (ABTC)
<b>DP-IRA-S_C8</b> <sup>33</sup>	7,89 (ABTC)	8,18 (TC)

Fonte: 1 = Petrobras/Bourscheid (2019a); 2 = Petrobras/Bourscheid (2020c); 3 = Petrobras/Bioconsult (2021); 4 = Petrobras/Bioconsult, (2023a); 5= Petrobras/Analytical Solutions (2012); 6 = Petrobras/Analytical Solutions (2013); 7 = Petrobras/Bourscheid (2014); 8 = Petrobras/Bourscheid (2015a); 9 = Petrobras/Bourscheid (2016a); 10 = Petrobras/Bourscheid (2017a); 11 = Petrobras/Bourscheid (2018a); 12 = Petrobras/Bourscheid (2019b); 13 = Petrobras/Bourscheid (2019c); 14 = Petrobras/Bourscheid (2020d); 15 = Petrobras/Bioconsult (2022a); 16 = Petrobras/Bioconsult (2022b); 17 = Petrobras/Bourscheid (2015b); 18 = Petrobras/Bourscheid (2015c); 19 = Petrobras/Bourscheid (2018b); 20 = Petrobras/Bourscheid (2018c); 21 = Petrobras/Bourscheid (2019d); 22 = Petrobras/Bourscheid (2019e); 23 = Petrobras/Bourscheid (2020a); 24 = Petrobras/Bioconsult (2022c); 25 = Petrobras/Bioconsult (2022d); 26 = Petrobras/Bourscheid (2016b); 27 = Petrobras/Bourscheid (2017b); 28 = Petrobras/Bourscheid (2018d); 29 = Petrobras/Bourscheid (2019f); 30 = Petrobras/Bourscheid (2019g); 31 = Petrobras/Bourscheid (2020b); 32 = Petrobras/Bioconsult (2022e); 33 =Petrobras/Bioconsult (2023b).

Os valores de pH encontrados nas campanhas de monitoramento do DP de Búzios 1 foram maiores na primeira campanha na SUP e na ACTC e na segunda campanha na TC e ABTC. Através da aplicação do teste de *Kruskal-Wallis* para a SUP e TC e ANOVA para as demais profundidades, foram verificadas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os dados das campanhas para todas as profundidades (Figura V-11). Em todas as profundidades, a primeira e a segunda campanha diferiram da quarta e quinta campanha. Ainda na SUP, a terceira diferiu da quarta, na ACTC a terceira diferiu da quinta, e na ABTC, a primeira diferiu da terceira (Tukey,  $p < 0,05$ ).





**Figura V-11** – Valores de pH observados ao longo das campanhas do PMPR\_DP-BUZ-1. A) Superfície; B) Acima da termoclina; C) Termoclina e D) Abaixo da Termoclina.

### V.1.4 - Clorofila-a

A clorofila-a é um pigmento com função fotossintética presente em todos os organismos fotoautotróficos, como o fitoplâncton, tornando-a assim um indicador da biomassa fitoplanctônica (JEFFREY *et al.*, 1997).

O fitoplâncton está na base das cadeias alimentares marinhas e é um bom indicador de suas condições ambientais (NEVEUX *et al.*, 1989; FIALA *et al.*, 2002). Representa a base do sistema pelágico, realizando as trocas de carbono entre o oceano e a atmosfera. Durante o processo fotossintético, estes organismos convertem os materiais inorgânicos em novos compostos orgânicos, o ponto de partida do fluxo do carbono na cadeia trófica (LALLI & PARSONS, 1995).

A absorção seletiva dos comprimentos de onda do azul e verde-azulado pelos pigmentos fotossintéticos, especialmente a clorofila-a, permite a quantificação da biomassa fitoplanctônica com base em medidas da cor do oceano derivadas de sensores satelitários. As concentrações de clorofila e a composição taxonômica das comunidades fitoplanctônicas são qualitativamente correlacionadas à circulação oceânica e aos processos físicos de mesoescala que, por sua vez, influenciam o fluxo de nutrientes essenciais a partir do reservatório das águas subsuperficiais em direção à zona eufótica (GAETA & BRANDINI, 2006).

Na porção central dos giros oceânicos, esses fluxos a partir das águas profundas são relativamente fracos, e a concentração de clorofila na camada

superior da zona eufótica alcança valores médios próximos de 2 µg/L (YODER *et al.*, 1993). Em regiões de ressurgência costeira, regiões de mares temperados e boreais com forte mistura sazonal, e em divergências de giros subpolares ou feições de mesoescala com bombeamento induzido por vórtices ciclônicos, fluxos verticais de nutrientes podem gerar acúmulo transitório de clorofila em concentrações superiores a 50 µg/L (FALKOWSKI *et al.*, 2001).

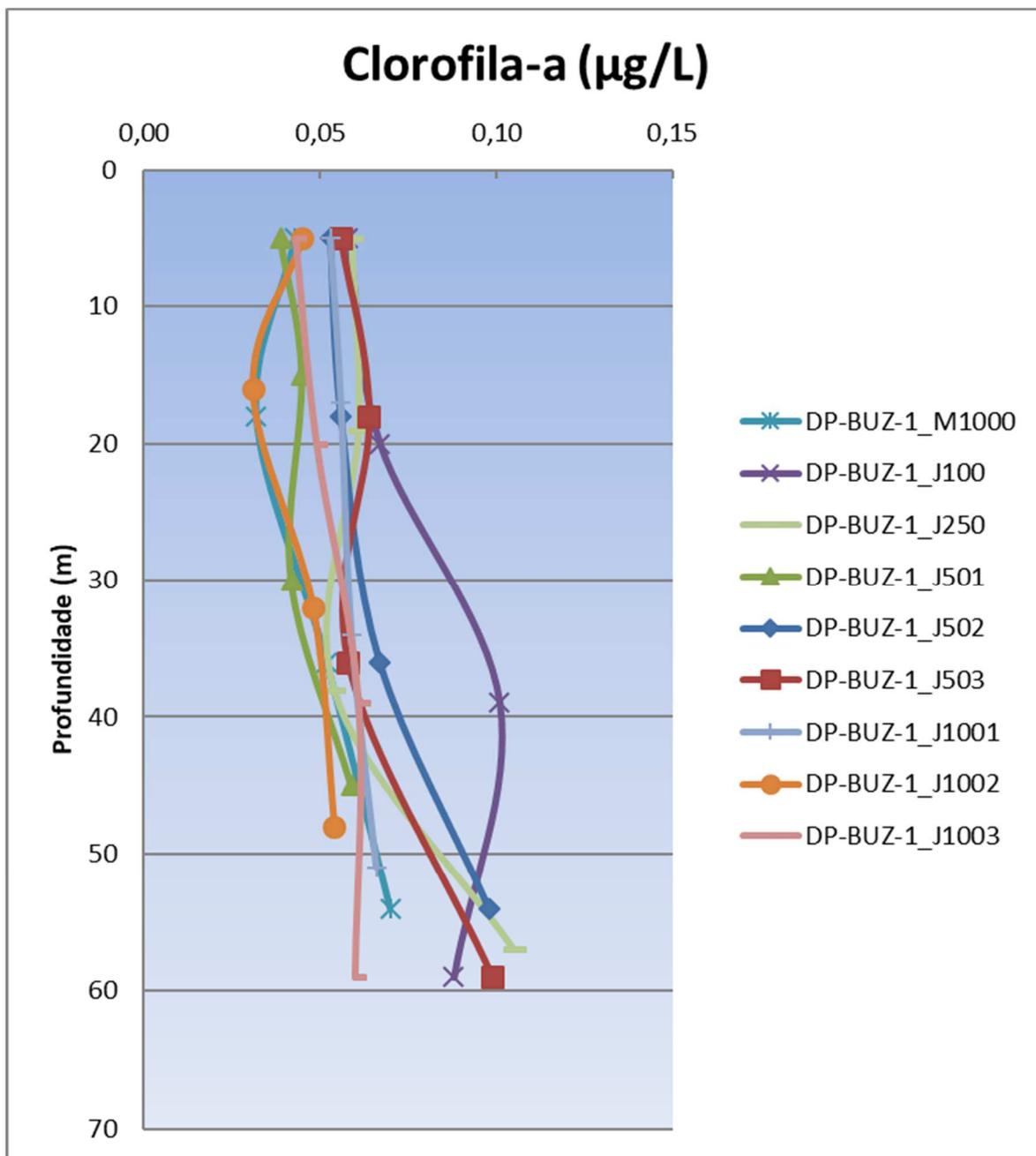
Na presente campanha de monitoramento, as concentrações de clorofila-a variaram entre 0,031 µg/L, na estação DP-BUZ-1\_J1002 (acima da termoclina) e 0,105 µg/L na estação DP-BUZ-1\_J250 (abaixo da termoclina) (Tabela V-68 e Figura V-102). Na ABTC, foi observado o maior valor médio de clorofila-a ( $0,078 \pm 0,02$  µg/L), enquanto na superfície foi encontrado o menor valor médio ( $0,05 \pm 0,007$  µg/L).

**Tabela V-8** – Valores de clorofila-a ( $\mu\text{g/L}$ ) medidos nas estações de coleta da atual campanha de monitoramento.

Estrato	Estações									Média	DP
	DP-BUZ- 1_M1000	DP-BUZ- 1_J100	DP-BUZ- 1_J250	DP-BUZ- 1_J501	DP-BUZ- 1_J502	DP-BUZ- 1_J503	DP-BUZ- 1_J1001	DP-BUZ- 1_J1002	DP-BUZ- 1_J1003		
<b>SUP</b>	0,043	0,058	0,059	0,039	0,053	0,056	0,053	0,045	0,043	0,050	0,007
<b>ACTC</b>	0,032	0,067	0,061	0,045	0,056	0,064	0,056	0,031	0,049	0,051	0,013
<b>TC</b>	0,052	0,101	0,054	0,042	0,067	0,058	0,059	0,048	0,061	0,060	0,017
<b>ABTC</b>	0,070	0,088	0,105	0,059	0,098	0,099	0,066	0,054	0,060	0,078	0,020
<b>Máx.</b>	0,070	0,101	<b>0,105</b>	0,059	0,098	0,099	0,066	0,054	0,061		
<b>Mín.</b>	0,032	0,058	0,054	0,039	0,053	0,056	0,053	<b>0,031</b>	0,043		
<b>Média</b>	0,049	0,079	0,070	0,046	0,069	0,069	0,059	0,045	0,053		
<b>DP</b>	0,016	0,020	0,024	0,009	0,021	0,020	0,006	0,010	0,009		

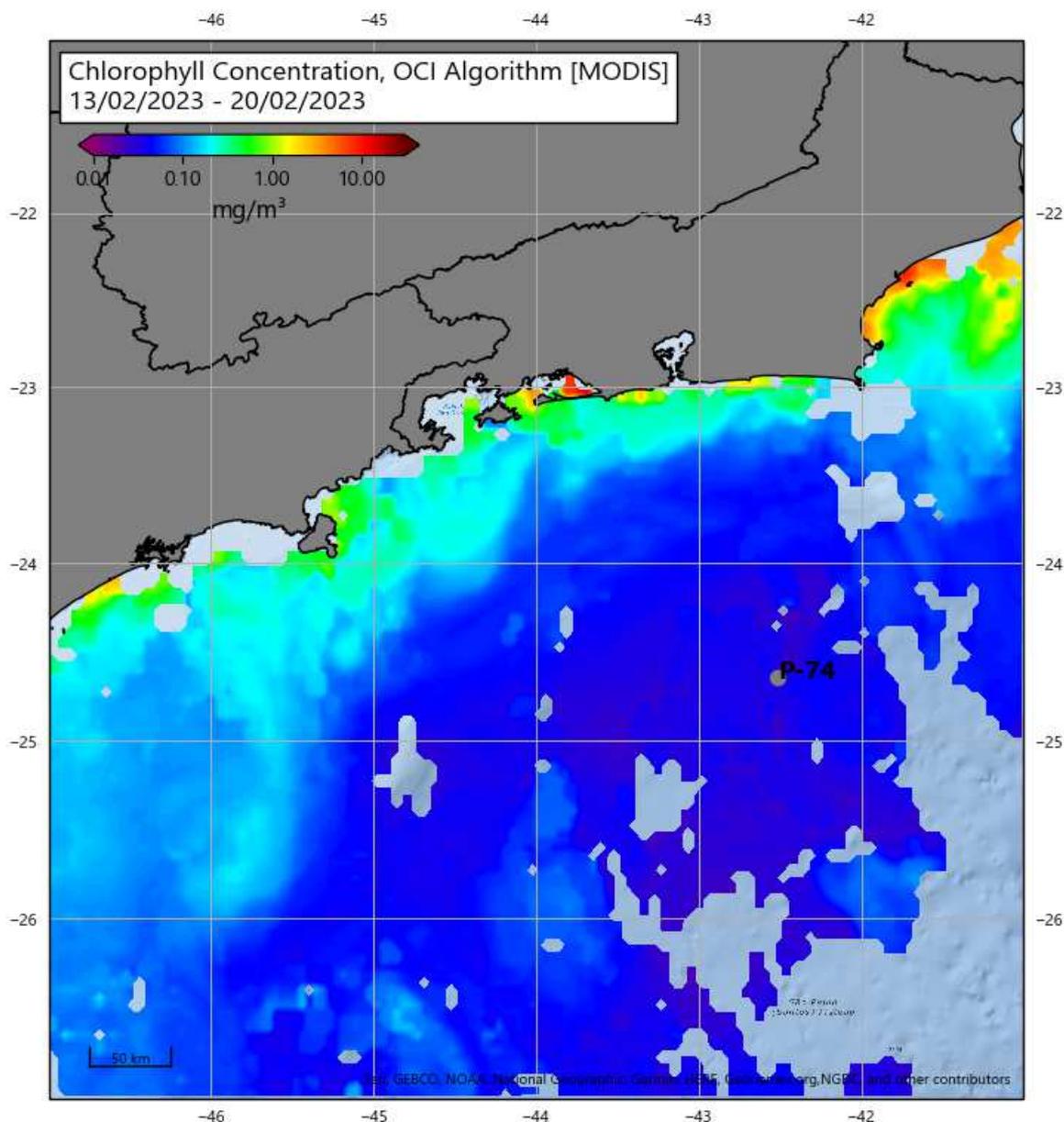
Legenda: SUP: Superfície; ACTC: Acima da Termoclina; TC: Termoclina e ABTC: Abaixo da Termoclina.

Observa-se certa variação da distribuição vertical dos valores de clorofia ao longo da coluna d'água, com tendência de maiores valores na ABTC na maioria das estações, exceto em DP-BUZ-1\_J100, em que na TC houve maior concentração de clorofila *a*, em relação às demais profundidades.



**Figura V-12** – Valores de clorofila-a ( $\mu\text{g/L}$ ) obtidos nas profundidades de coleta das diferentes estações amostrais da atual campanha de monitoramento.

As condições meteoceanográficas verificadas durante o período da campanha também mostraram baixas concentrações de clorofila na região, em torno de  $0,035 \mu\text{g/L}$  (PETROBRAS, 2023; Figura V-133).



Fonte: Petrobras (2023)

**Figura V-13** – Mosaico dos dados de clorofila na superfície do mar, composto por imagens entre os dias 13 a 20 de fevereiro de 2023, em área do entorno da P-74 (círculo em cinza).

Na Tabela V-9, são apresentados os valores mínimo e máximo de clorofila-a, encontrados nas campanhas anteriormente realizadas na região. De maneira geral, a maioria dos valores não foi detectada nem quantificada ao longo das campanhas citadas. Considerando as campanhas que quantificaram concentrações, os resultados da atual campanha encontram-se dentro da faixa de variação encontrada anteriormente. Em comparação ao PCR-BS (Petrobras, 2022) foram

observados valores de clorofila-a, variando entre 0,07 a 50,48mg/m<sup>2</sup>, entre as campanhas de inverno e verão.

**Tabela V-9 - Valores de clorofila-a (µg/L) encontrados na água em estudos anteriores na Bacia de Santos. n.d. = não detectado e n.q. = não quantificado.**

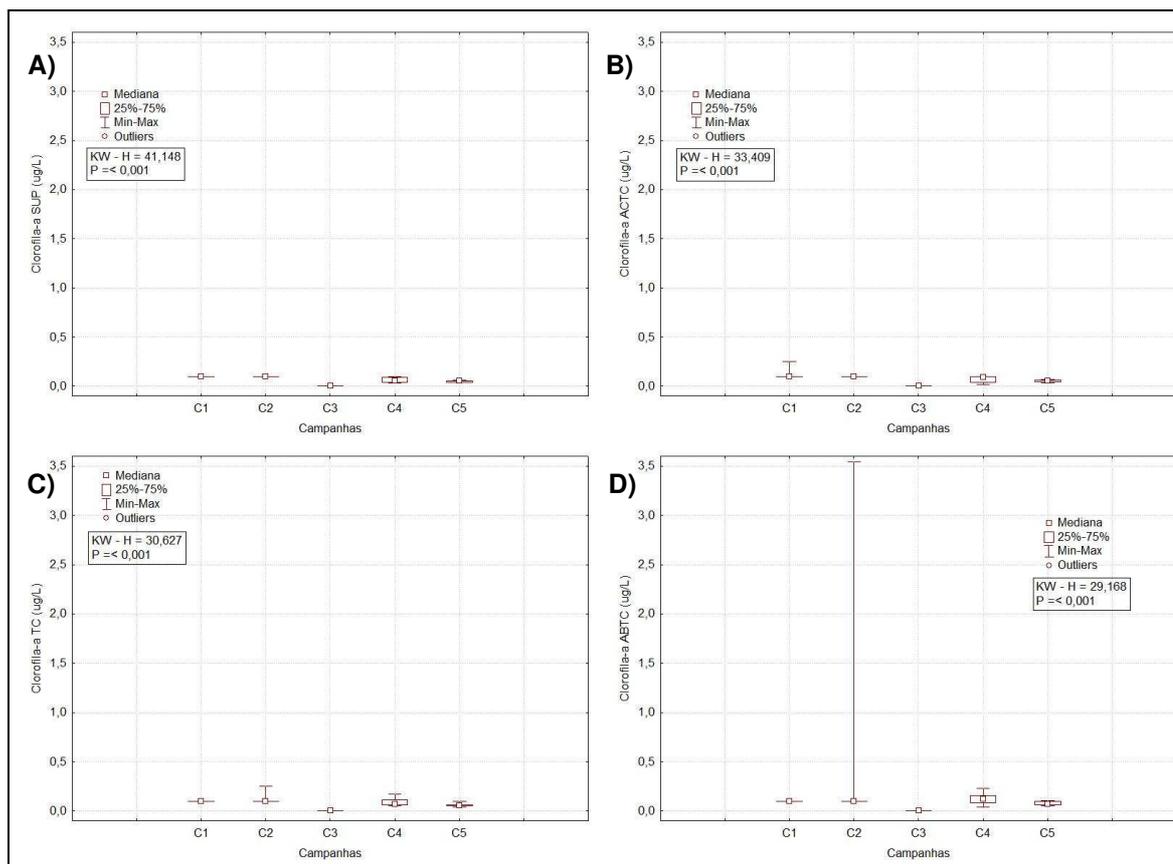
Campanha	Clorofila-a (µg/L)	
	Mín.	Máx.
DP-BUZ-1_C1 <sup>1</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (ACTC)
DP-BUZ-_C2 <sup>2</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	3,54 (ABTC)
DP-BUZ-1_C3 <sup>3</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
DP-BUZ-1_C4 <sup>4</sup>	0,018 (ACTC)	0,232 (ABTC)
URG_C3 <sup>5</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
URG_C4 <sup>6</sup>	0,11 (SUP)	0,35 (SUP)
URG_C5 <sup>7</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
URG_C6 <sup>8</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
URG_C7 <sup>9</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	2,14 (ACTC)
URG_C8 <sup>10</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	0,90 (ACTC)
URG_C9 <sup>11</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
URG_C10 <sup>12</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (ACTC/ABTC)
URG_C11 <sup>13</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
URG_C12 <sup>14</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (ABTC)
URG_C13 <sup>15</sup>	0,03 (SUP)	0,18 (ABTC)
URG_C14 <sup>16</sup>	0,008 (ACTC)	0,521 (ACTC)
PIL-LL-NE_C1 <sup>17</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	0,50 (SUP/ACTC)
PIL-LL-NE_C2 <sup>18</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	2,70 (ABTC)
PIL-LL-NE_C3 <sup>19</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
PIL-LL-NE_C4 <sup>20</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (ABTC)
PIL-LL-NE_C5 <sup>21</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (ACTC)
PIL-LL-NE_C6 <sup>22</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
PIL-LL-NE_C7 <sup>23</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (SUP/ACTC/TC)
PIL-LL-NE_C8 <sup>24</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
PIL-LL-NE_C9 <sup>25</sup>	0,03 (SUP)	0,26 (ABTC)
DP-IRA-S_C1 <sup>26</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	2,10 (ACTC)
DP-IRA-S_C2 <sup>27</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
DP-IRA-S_C3 <sup>28</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
DP-IRA-S_C4 <sup>29</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
DP-IRA-S_C5 <sup>30</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (ACTC)
DP-IRA-S_C6 <sup>31</sup>	n.d. (SUP, ACTC, TC, ABTC)	n.q. (ACTC)
DP-IRA-S_C7 <sup>32</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
DP-IRA-S_C8 <sup>33</sup>	0,045 (SUP)	0,188 (ACTC)

Fonte: 1 = Petrobras/Bourscheid (2019a); 2 = Petrobras/Bourscheid (2020c); 3 = Petrobras/Bioconsult (2021); 4 = Petrobras/Bioconsult, (2023a); 5= Petrobras/Analytical Solutions (2012); 6 = Petrobras/Analytical Solutions (2013); 7 = Petrobras/Bourscheid (2014); 8 = Petrobras/Bourscheid (2015a); 9 = Petrobras/Bourscheid (2016a); 10 =

Petrobras/Bourscheid (2017a); 11 = Petrobras/Bourscheid (2018a); 12 = Petrobras/Bourscheid (2019b); 13 = Petrobras/Bourscheid (2019c); 14 = Petrobras/Bourscheid (2020d); 15 = Petrobras/Bioconsult (2022a); 16 = Petrobras/Bioconsult (2022b); 17 = Petrobras/Bourscheid (2015b); 18 = Petrobras/Bourscheid (2015c); 19 = Petrobras/Bourscheid (2018b); 20 = Petrobras/Bourscheid (2018c); 21 = Petrobras/Bourscheid (2019d); 22 = Petrobras/Bourscheid (2019e); 23 = Petrobras/Bourscheid (2020a); 24 = Petrobras/Bioconsult (2022c); 25 = Petrobras/Bioconsult (2022d); 26 = Petrobras/Bourscheid (2016b); 27 = Petrobras/Bourscheid (2017b); 28 = Petrobras/Bourscheid (2018d); 29 = Petrobras/Bourscheid (2019f); 30 = Petrobras/Bourscheid (2019g); 31 = Petrobras/Bourscheid (2020b); 32 = Petrobras/Bioconsult (2022e); 33 = Petrobras/Bioconsult (2023b).

No Quadro IV-2 são citados os meses e anos de coleta das respectivas campanhas, que foram realizadas de outubro a fevereiro entre os anos de 2010 e 2022, ou seja, todas as amostragens foram realizadas durante a primavera e o verão, o que pode ter influenciado parte dos resultados encontrados, além de variações interanuais.

Os valores de clorofila-a encontrados nas campanhas de monitoramento do DP de Búzios 1 foram maiores na primeira campanha na ACTC e maiores na segunda campanha na TC e ABTC. Através da aplicação do teste de *Kruskal-Wallis*, foram verificadas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os dados das campanhas para todas as profundidades (Figura V-11). Na SUP, a primeira e a segunda campanha diferiram da terceira, quarta e quinta campanha, e não diferiram entre si. Na ACTC, a terceira campanha diferiu da primeira, da segunda e da quarta, e a primeira também diferiu da quinta (Tukey,  $p < 0,05$ ). Na TC e na ABTC, a terceira campanha diferiu da primeira, da segunda e da quarta (Tukey,  $p < 0,05$ ). Cabe ressaltar que houve mudança de laboratório entre a segunda e terceira campanha e foram utilizados métodos e limites diferentes entre as campanhas (método SMEWW 10200H para C1, C2 e C3, LQ = 0,50 µg/L para C1 e C2, LQ = 0,010 µg/L para C3 e método fluorimetria e LQ = 0,012 µg/L para C4, LQ = 0,00612 µg/L para C5), o que pode ter influenciado as diferenças encontradas para C1 e C2 em relação às demais campanhas. Os resultados entre C1 e C3 possivelmente são frutos dos diferentes limites e métodos utilizados, uma vez que não foram detectadas nem quantificadas concentrações em ambas as campanhas.



**Figura V-14** – Concentrações de clorofila-a ( $\mu\text{g/L}$ ) observadas ao longo das campanhas PMPR\_DP-BUZ-1. A) Superfície; B) Acima da termoclina; C) Termoclina e D) Abaixo da Termoclina.

### V.1.5 - Nutrientes

O nitrogênio, o fósforo e a sílica são nutrientes necessários às funções metabólicas do fitoplâncton. Comportam-se, portanto, de forma não conservativa, na 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 drenagem continental (AIDAR *et al.*, 1993).

Os nutrientes (N, P, Si) se apresentam em suas formas minerais em solução na água do mar. O nitrogênio forma quatro compostos, de acordo com seu grau de oxidação: nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e amônia ( $\text{NH}_3$ ) (os dois últimos representados juntos como nitrogênio amoniacal), sendo o nitrito um composto intermediário no processo de nitrificação, um composto bastante instável

e sem um padrão bem definido. Para o fósforo, utiliza-se normalmente o termo fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), que engloba todas as formas de ortofosfatos presentes em uma amostra. O silicato ( $\text{SiO}_3^{2-}$ ) representa quase a totalidade das formas de silício encontradas na água do mar (AMINOT & CHAUSSEPIED, 1983).

Os nutrientes e em especial o nitrogênio, no meio marinho, são fatores que limitam o crescimento da biomassa fitoplanctônica. As razões entre as concentrações molares do nitrogênio, fósforo e silício na camada eufótica das 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 & GOERING, 1967; RYTHER & DUNSTAN, 1971).

Normalmente, os nutrientes em regiões oceânicas apresentam menores concentrações nas camadas superficiais, seguidos de um aumento gradativo em direção as camadas mais profundas (MOSER & GALVÃO, 1997; NIENCHESKI *et al.*, 1999). Essa dinâmica pode ser explicada pelo consumo dos nutrientes pelo fitoplâncton na zona fótica e pela presença da termoclina que impede o afloramento dos nutrientes das camadas mais profundas para as mais superficiais, funcionando como uma barreira (THURMAN & BURTON, 2001).

O nitrogênio amoniacal ou amônia é uma substância tóxica, não persistente e não cumulativa. Em baixas concentrações, como é comumente encontrada, não causa nenhum dano fisiológico a seres humanos e animais. Grandes quantidades deste, entretanto, podem causar sufocamento de peixes. A concentração total de nitrogênio amoniacal é altamente importante considerando-se os aspectos tópicos do ambiente (IGAM, 2006). De acordo com Braga e Niencheski (2006), as informações sobre nitrogênio amoniacal possuem importância na caracterização do potencial trófico das massas de água.

No PCR-BS (Petrobras, 2022), observou-se que o hidrodinamismo e o cenário biogeoquímico no setor oceânico da Bacia de Santos, típico de ambiente pelágico predominantemente oligotrófico dominado pela Água Tropical, são forçantes ambientais que causam limitação da produção na coluna de água por conta da existência de uma limitação por nutrientes, sobretudo nitrogênio. Segundo os dados do PCR-BS, somado aos dados históricos, a quebra da limitação por nutrientes na

Bacia de Santos pode ocorrer em setores onde processos físicos fertilizam a zona eufótica como ocorre nas ressurgências de Cabo Frio ou nas intrusões da ACAS na plataforma média durante o verão (Petrobras, 2022). Nesse estudo, foram verificadas concentrações de nitrogênio amoniacal durante o verão usualmente abaixo de 0,3  $\mu\text{M}$ , com exceção de pontos isolados da plataforma média onde é mais frequente a influência de movimentos ascendentes da ACAS.

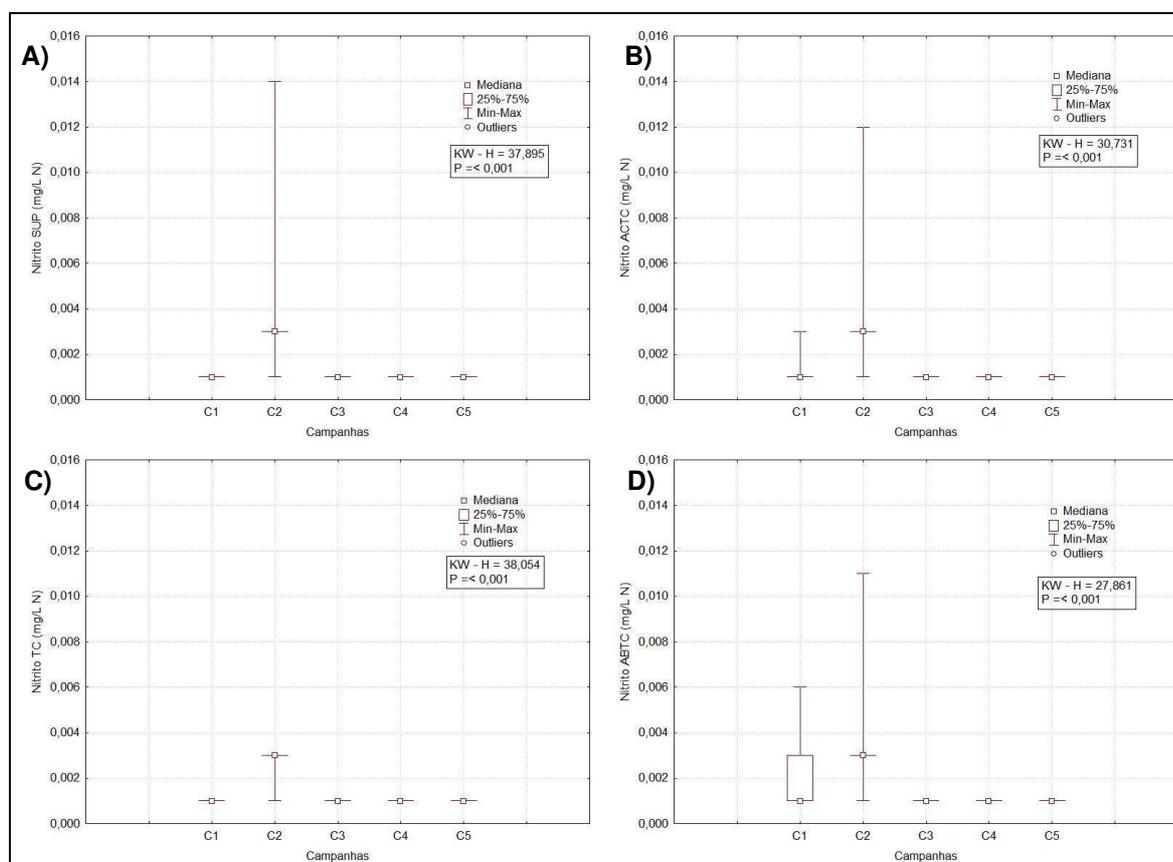
Na atual campanha de monitoramento, não foram encontradas concentrações quantificáveis (LQ = 0,01 mg/L N) de nitrogênio amoniacal. A Tabela V-10 apresenta resultados obtidos para este parâmetro em estudos anteriores na região de interesse. A maioria das concentrações apresentadas na tabela supracitada, assim como todas as amostras da atual campanha, foram inferiores a 0,40 mg/L N, limite máximo estabelecido pela resolução CONAMA nº 357/05 para águas salinas de classe 1.

Como só foi quantificada uma concentração de nitrogênio amoniacal durante a primeira campanha (0,010 mg/L N em DP-BUZ-1\_J503\_SUP) do projeto, não existe variabilidade de resultados a serem verificados através de gráficos e testes estatísticos.

Na atual campanha de monitoramento, nenhuma das concentrações de nitrito foi quantificada (LQ = 0,002 mg/L N). Ressalta-se que os limites (LD e LQ) dos testes aplicados para análise de nitrito, são inferiores à concentração limite definida pela CONAMA nº 357/05 para águas salinas de classe 1 (0,07 mg/L N para nitrito), estando todas as amostras da atual campanha enquadradas, portanto, nesta classe. A Tabela V-10 apresenta resultados obtidos para estes parâmetros em estudos anteriores na região de interesse, onde é possível observar que concentrações inferiores ao limite definido pela CONAMA nº 357/05 são rotineiramente observadas, sendo muito frequentes as não detecções e não quantificações.

Os valores de nitrito encontrados nas amostras da segunda campanha foram superiores em relação as demais campanhas. Através da aplicação do teste estatístico *Kruskal-Wallis*, para todas as profundidades, foram verificadas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os dados das campanhas, para todas as profundidades consideradas (Figura V-15). Na SUP, ACTC e TC, a segunda campanha diferiu das demais, enquanto na ABTC, a segunda diferiu apenas da

terceira, quarta e quinta campanha (Tukey,  $p < 0,05$ ). Importante ressaltar que os métodos analíticos foram iguais entre as campanhas (SMEWW 4500 B), mas os limites foram diferentes (LD = 0,002 mg/L N, LQ = 0,006 mg/L N para C1 e C2, LQ = 0,002 mg/L N e LD = 0,001 mg/L N para C3, C4 e C5), devido à troca de laboratório entre a segunda e terceira campanha. Esses fatores podem ter influenciado parte das diferenças encontradas, principalmente as encontradas entre a segunda e a terceira, a segunda e a quarta campanha e a segunda e a quinta campanha.



**Figura V-15** – Concentrações de nitrito (mg/L N) observadas ao longo das campanhas de monitoramento do PMPR\_DP-BUZ-1. A) Superfície; B) Acima da termoclina; C) Termoclina e D) Abaixo da Termoclina.

Para o nitrato, as concentrações não foram quantificadas (LQ = 0,2 mg/L N) em nenhuma das amostras. Todas as amostras da presente campanha apresentaram concentrações inferiores a 0,4 mg/L N, limite máximo estabelecido pela resolução CONAMA nº 357/05 para águas salinas de classe 1. A Tabela V-10 apresenta os resultados obtidos para este parâmetro em estudos anteriores na

região de interesse. Os resultados obtidos para a atual campanha encontram-se dentro da faixa de variação apresentada pela literatura para o local, e, embora os limites superiores sejam maiores que os verificados na atual campanha, as não detecções e não quantificações também são bastante frequentes.

**Tabela V-10 – Concentrações de nitrogênio amoniacal (mg/L N), nitrito (mg/L N), nitrato (mg/L N), silicato (mg/L) e fósforo total (mg/L P) encontrados na água em estudos anteriores na Bacia de Santos (n.d. = não detectado e n.q. = não quantificado).**

Campanha	N amoniacal (mg/L N)		Nitrito (mg/L N)		Nitrato (mg/L N)		Silicato (mg/L)		Fósforo total (mg/L P)	
	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx
DP-BUZ-1_C1 <sup>1</sup>	n.d.	0,0100	n.d.	0,0060	n.d.	n.q.	n.d.	0,6300	n.d.	n.d.
DP-BUZ-1_C2 <sup>2</sup>	n.d.	n.q.	n.d.	0,0140	n.d.	n.q.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
DP-BUZ-1_C3 <sup>3</sup>	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	0,2100	n.q.	n.q.
DP-BUZ-1_C4 <sup>4</sup>	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	1,44	n.q.	n.q.
URG_C3 <sup>5</sup>	0,0033	0,0044	n.d.	n.d.	n.q.	0,0490	0,0540	0,2310	n.q.	0,0179
URG_C4 <sup>6</sup>	n.d.	0,0200	n.d.	0,3210	n.d.	12,8500	0,1540	4,0100	n.d.	0,1900
URG_C5 <sup>7</sup>	n.d.	0,3620	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1,1000	n.d.	2,8800
URG_C6 <sup>8</sup>	n.d.	0,0890	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,3500	n.d.	0,0080
URG_C7 <sup>9</sup>	n.d.	0,0115	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.q.	2,5850	n.d.	0,0080
URG_C8 * <sup>10</sup>	-	-	n.d.	n.q.	n.q.	0,0100	0,0160	0,0290	n.q.	0,0200
URG_C9 <sup>11</sup>	n.d.	0,7370	n.d.	0,0090	n.d.	0,1000	n.d.	0,2300	n.d.	0,0720
URG_C10 <sup>12</sup>	n.d.	0,0610	n.d.	0,3040	n.d.	0,2900	n.d.	0,2000	n.d.	0,3220
URG_C11 <sup>13</sup>	n.d.	n.d.	n.d.	0,0220	n.d.	0,2300	n.d.	0,1800	n.d.	n.d.
URG_C12 <sup>14</sup>	n.d.	0,0270	n.d.	0,0180	n.d.	n.q.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
URG_C13 <sup>15</sup>	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	0,7800	n.q.	n.q.
URG_C14 <sup>16</sup>	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	0,4960	n.q.	0,0110
PIL-LL-NE_C1 <sup>17</sup>	n.d.	0,0280	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,0750	1,2350	n.d.	0,0260
PIL-LL-NE_C2 <sup>18</sup>	n.d.	0,0115	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,8990	n.d.	0,0800
PIL-LL-NE_C3 * <sup>19</sup>	-	-	n.d.	n.q.	n.q.	0,004	0,018	0,025	n.q.	0,020
PIL-LL-NE_C4 <sup>20</sup>	n.d.	0,0540	n.d.	0,0150	n.d.	1,7000	n.d.	0,1800	n.d.	n.q.
PIL-LL-NE_C5 <sup>21</sup>	n.d.	0,0260	n.d.	n.d.	n.d.	0,2600	n.d.	0,2200	n.d.	0,0190
PIL-LL-NE_C6 <sup>22</sup>	n.d.	n.q.	n.d.	0,0070	n.d.	n.q.	n.d.	n.q.	n.d.	n.d.

Campanha	N amoniacal (mg/L N)		Nitrito (mg/L N)		Nitrato (mg/L N)		Silicato (mg/L)		Fósforo total (mg/L P)	
	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx
PIL-LL-NE_C7 <sup>23</sup>	n.d.	0,0300	n.d.	0,0180	n.d.	0,1000	n.d.	n.q.	n.d.	n.d.
PIL-LL-NE_C8 <sup>24</sup>	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	0,070	n.q.	n.q.
PIL-LL-NE_C9 <sup>25</sup>	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	0,5650	n.q.	0,0080
DP-IRA-S_C1 <sup>26</sup>	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,6130	n.d.	0,0080
DP-IRA-S_C2 * <sup>27</sup>	-	-	n.d.	n.q.	n.q.	0,0040	n.q.	0,0210	n.d.	0,0100
DP-IRA-S_C3 <sup>28</sup>	n.d.	0,0870	n.d.	0,0260	0,1500	1,2000	n.d.	0,5300	n.d.	0,0170
DP-IRA-S_C4 <sup>29</sup>	n.d.	0,0820	0,0090	0,0940	n.d.	0,1600	n.d.	0,2400	n.d.	0,0540
DP-IRA-S_C5 <sup>30</sup>	n.d.	0,0190	n.d.	0,0080	n.d.	0,1300	n.d.	n.q.	n.d.	n.d.
DP-IRA-S_C6 <sup>31</sup>	n.d.	0,0200	n.d.	0,0190	n.d.	n.q.	n.d.	n.q.	n.d.	n.d.
DP-IRA-S_C7 <sup>32</sup>	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	0,7470	n.q.	n.q.
DP-IRA-S_C8 <sup>33</sup>	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	1,334	n.q.	n.q.

\* Não são apresentados resultados de nitrogênio amoniacal para essas campanhas, pois as análises não atenderam às especificações técnicas requeridas para os procedimentos analíticos. Fonte: 1 = Petrobras/Bourscheid (2019a); 2 = Petrobras/Bourscheid (2020c); 3 = Petrobras/Bioconsult (2021); 4 = Petrobras/Bioconsult, (2023a); 5= Petrobras/Analytical Solutions (2012); 6 = Petrobras/Analytical Solutions (2013); 7 = Petrobras/Bourscheid (2014); 8 = Petrobras/Bourscheid (2015a); 9 = Petrobras/Bourscheid (2016a); 10 = Petrobras/Bourscheid (2017a); 11 = Petrobras/Bourscheid (2018a); 12 = Petrobras/Bourscheid (2019b); 13 = Petrobras/Bourscheid (2019c); 14 = Petrobras/Bourscheid (2020d); 15 = Petrobras/Bioconsult (2022a); 16 = Petrobras/Bioconsult (2022b); 17 = Petrobras/Bourscheid (2015b); 18 = Petrobras/Bourscheid (2015c); 19 = Petrobras/Bourscheid (2018b); 20 = Petrobras/Bourscheid (2018c); 21 = Petrobras/Bourscheid (2019d); 22 = Petrobras/Bourscheid (2019e); 23 = Petrobras/Bourscheid (2020a); 24 = Petrobras/Bioconsult (2022c); 25 = Petrobras/Bioconsult (2022d); 26 = Petrobras/Bourscheid (2016b); 27 = Petrobras/Bourscheid (2017b); 28 = Petrobras/Bourscheid (2018d); 29 = Petrobras/Bourscheid (2019f); 30 = Petrobras/Bourscheid (2019g); 31 = Petrobras/Bourscheid (2020b); 32 = Petrobras/Bioconsult (2022e); 33 =Petrobras/Bioconsult (2023b).

Não foram quantificadas concentrações de nitrato nas quatro campanhas, não sendo, portanto, constatada variabilidade dos dados.

Os valores de silicato registrados na presente campanha variaram entre 0,227 mg/L na SUP da estação DP-BUZ-1\_J503 a 1,91 mg/L, na TC dessa mesma estação (Tabela V-12). Entre os estratos, a maior concentração média de silicato esteve associada à camada da termoclina ( $0,70 \pm 0,485$  mg/L), enquanto as menores concentrações médias estiveram associadas à superfície ( $0,463 \pm 0,197$  mg/L).

A Tabela V-10 apresenta os resultados obtidos para este parâmetro em estudos anteriores na região de interesse. As concentrações verificadas na atual campanha foram superiores a maioria dos resultados anteriores verificados para o local. Em comparação PCR-BS (Petrobras, 2022) as concentrações de silicato foram superiores a  $7,5\mu\text{M}$  na porção Sudoeste da plataforma dominada pela pluma do rio da Prata, durante o inverno, e foram limitantes no restante da bacia, principalmente na região oceânica oligotrófica. A Resolução CONAMA nº 357/2005 não apresenta valor máximo de concentração de silicato para águas salinas classe 1.

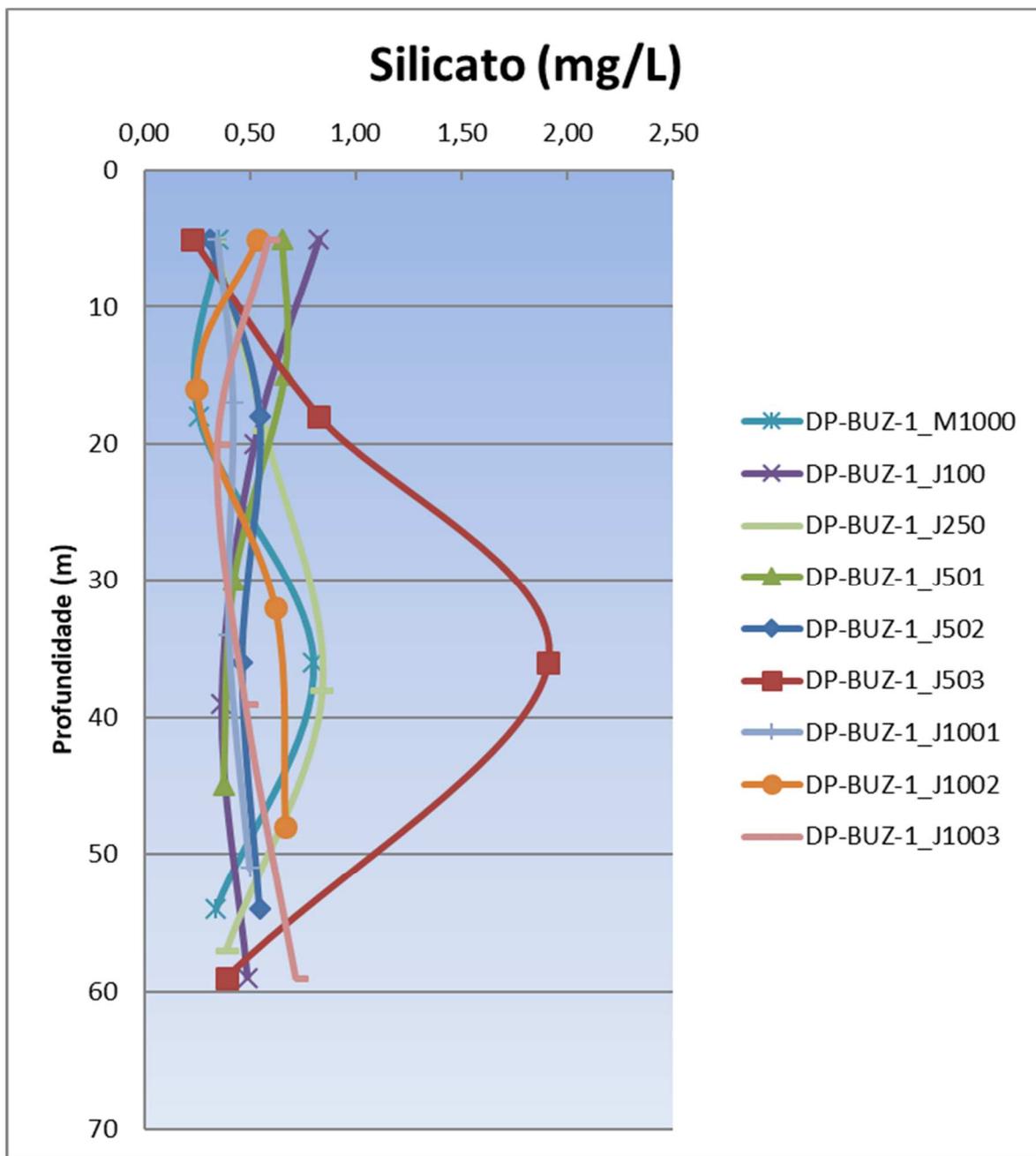
**Tabela V-11 – Concentração de silicato (mg/L) nas estações de coleta da atual campanha de monitoramento.**

Estrato	Estações									Média	DP
	DP-BUZ-1_M1000	DP-BUZ-1_J100	DP-BUZ-1_J250	DP-BUZ-1_J501	DP-BUZ-1_J502	DP-BUZ-1_J503	DP-BUZ-1_J1001	DP-BUZ-1_J1002	DP-BUZ-1_J1003		
<b>SUP</b>	0,354	0,824	0,326	0,653	0,309	0,227	0,345	0,537	0,590	0,463	0,197
<b>ACTC</b>	0,258	0,520	0,567	0,664	0,548	0,825	0,420	0,249	0,349	0,489	0,190
<b>TC</b>	0,799	0,365	0,840	0,425	0,465	1,910	0,399	0,620	0,480	0,700	0,485
<b>ABTC</b>	0,341	0,486	0,387	0,376	0,547	0,387	0,501	0,669	0,718	0,490	0,134
<b>Máx.</b>	0,799	0,824	0,84	0,664	0,548	<b>1,91</b>	0,501	0,669	0,718		
<b>Mín.</b>	0,258	0,365	0,326	0,376	0,309	<b>0,227</b>	0,345	0,249	0,349		
<b>Média</b>	0,438	0,549	0,530	0,530	0,467	0,837	0,416	0,519	0,534		
<b>DP</b>	0,244	0,195	0,231	0,150	0,112	0,759	0,065	0,188	0,157		

Legenda: SUP: Superior; ACTC: Acima da Termoclina; TC: Termoclina e ABTC: Abaixo da Termoclina.

Os valores da distribuição vertical das concentrações de silicato na coluna d'água das estações da atual campanha são mostrados na Figura V-16.

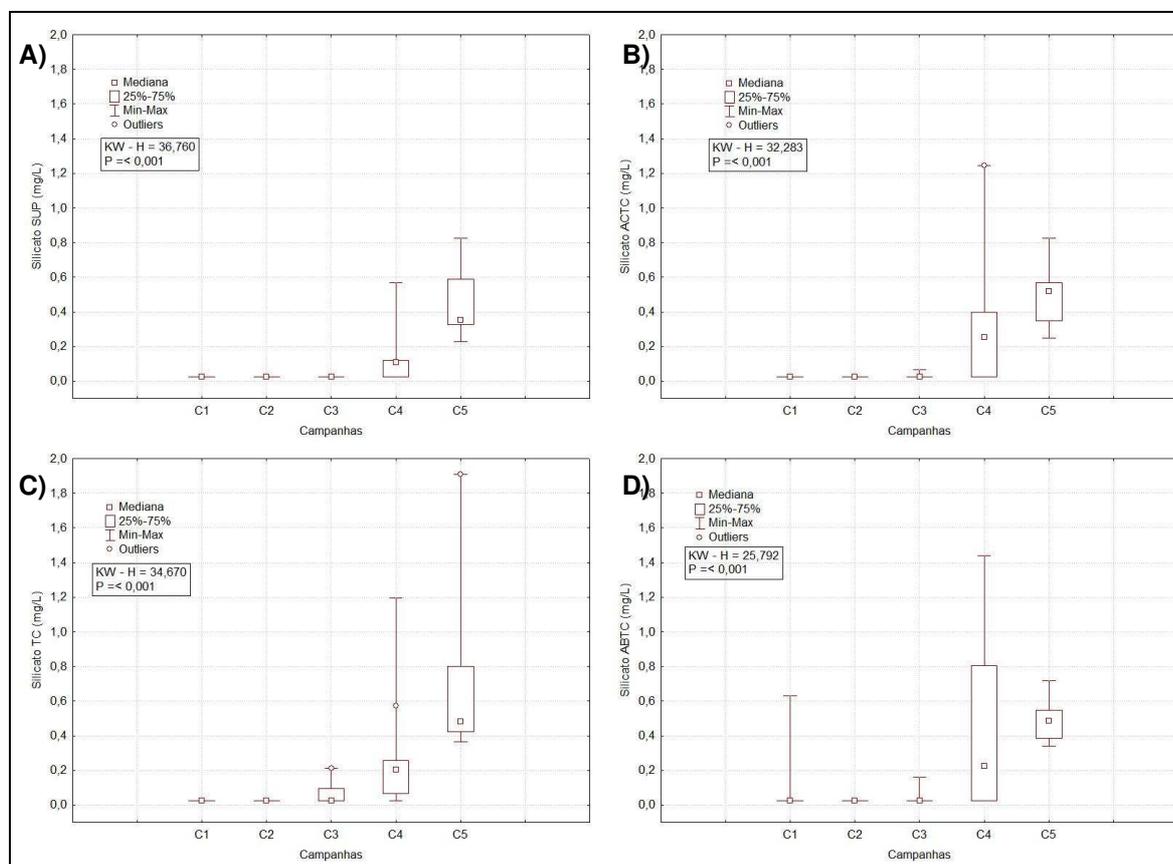
Observa-se certa variação da distribuição vertical dos valores de silicato ao longo da coluna d'água, com tendência de maiores valores de SUP para TC reduzindo os valores de TC para ABTC na maioria das estações. Nesse caso, destaca-se a estação DP-BUZ-1\_J503 com a maior concentração de silicato na TC (1,91mg/L) em comparação com a termoclina das demais estações. Contudo, algumas estações tenderam a apresentar maiores valores de concentrações de silicato na SUP (DP-BUZ-1\_J100 e DP-BUZ-1\_J501), e em ABTC (DP-BUZ-1\_J1002 e DP-BUZ-1\_J1003).



**Figura V-16** – Valores das concentrações de silicato (mg/L) obtidos nas profundidades de coleta das diferentes estações amostrais da atual campanha de monitoramento.

Os valores máximos de silicato total encontrados nas amostras da quarta e quinta campanha, considerando cada uma das quatro profundidades, foram superiores aos valores encontrados nas demais campanhas em todos os estratos. Através da aplicação do teste estatístico *Kruskal-Wallis* para todas as profundidades, foi verificada diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os dados das

campanhas (Figura V-17). Para SUP, ACTC, TC e ABTC, por meio de um teste aplicado posteriormente (Teste de Tukey), a quinta campanha diferiu da primeira, segunda e terceira (*Tukey*,  $p < 0,05$ ), mas não diferiu da quarta. Essa última campanha apresentou diferença significativa apenas em TC, para a primeira e segunda campanhas (*Tukey*,  $p < 0,05$ ). É importante ressaltar que houve diferença nos limites de detecção empregados nas campanhas (0,05 mg/L para a primeira e segunda campanha e 0,02 mg/L para a terceira, quarta e quinta campanha), além da troca de laboratórios ocorrida entre a segunda e terceira campanha. Assim, é possível que as diferenças verificadas decorram, ao menos em parte, das mudanças analíticas relatadas.



**Figura V-17** – Concentrações de silicato total (mg/L) observadas ao longo das campanhas do PMPR\_DP-BUZ-1. A) Superfície; B) Acima da termoclina; C) Termoclina e D) Abaixo da Termoclina.

Os ortofosfatos são biodisponíveis e, uma vez assimilados, são convertidos em fosfato orgânico e em fosfato condensado. Após a morte de um organismo, os fosfatos condensados são liberados na água. Entretanto, eles não estão

disponíveis para absorção biológica até que sejam hidrolisados para ortofosfatos por bactérias (CETESB, 2008). Conforme o PCR-BS (Petrobras, 2022) há fontes potenciais de fosfato na área costeira da Bacia de Santos, sob a influência da pluma do rio da Prata, e em alguns pontos na plataforma média ou na plataforma interna, ao largo das baías da Ilha Grande e Sepetiba e no Sudoeste onde os sistemas estuarino-lagunares, da Lagoa dos Patos, Baía de São Francisco, Paranaguá e Cananéia e Iguape. No restante da bacia as concentrações dos macronutrientes foram limitantes principalmente na área oceânica oligotrófica.

Na atual campanha de monitoramento, as concentrações de fósforo total não foram quantificadas (LQ = 0,005 mg/L P) em nenhuma das amostras. Conforme a resolução CONAMA nº 357/05, para águas salinas classe 1, o valor máximo para o parâmetro fósforo total é de 0,062 mg/L P, o qual não foi excedido em nenhuma amostra da presente campanha. A Tabela V-10 apresenta concentrações de fósforo total obtidas em estudos anteriores na Bacia de Santos, onde é possível constatar que concentrações não detectadas e não quantificadas já ocorreram anteriormente na região.

Não foram quantificadas concentrações de fósforo total nas cinco campanhas, não sendo, portanto, constatada variabilidade dos dados.

Devido às inúmeras indeterminações das concentrações dos nutrientes analisados nas amostras, não foi possível analisar o padrão de distribuição espacial das concentrações destes parâmetros na área amostrada, exceto para o silicato.

### **V.1.6 - Material Particulado em Suspensão (MPS) e Carbono Orgânico Total (COT)**

O material particulado em suspensão (MPS) diminui a transparência da água, podendo reduzir a produção primária fotossintética. Em regiões oceânicas, as concentrações de MPS na superfície estão geralmente entre 0,5 e 1 mg/L. Tais concentrações, principalmente em regiões não muito afastadas da costa, estão sujeitas a variações, como variações sazonais, biológicas, aportes terrígenos e tempestades. Sendo assim, é possível encontrar valores de 0,5 a 5 mg/L ou até centenas de miligramas por litro em estuários (AMINOT & CHAUSSEPIED, 1983).

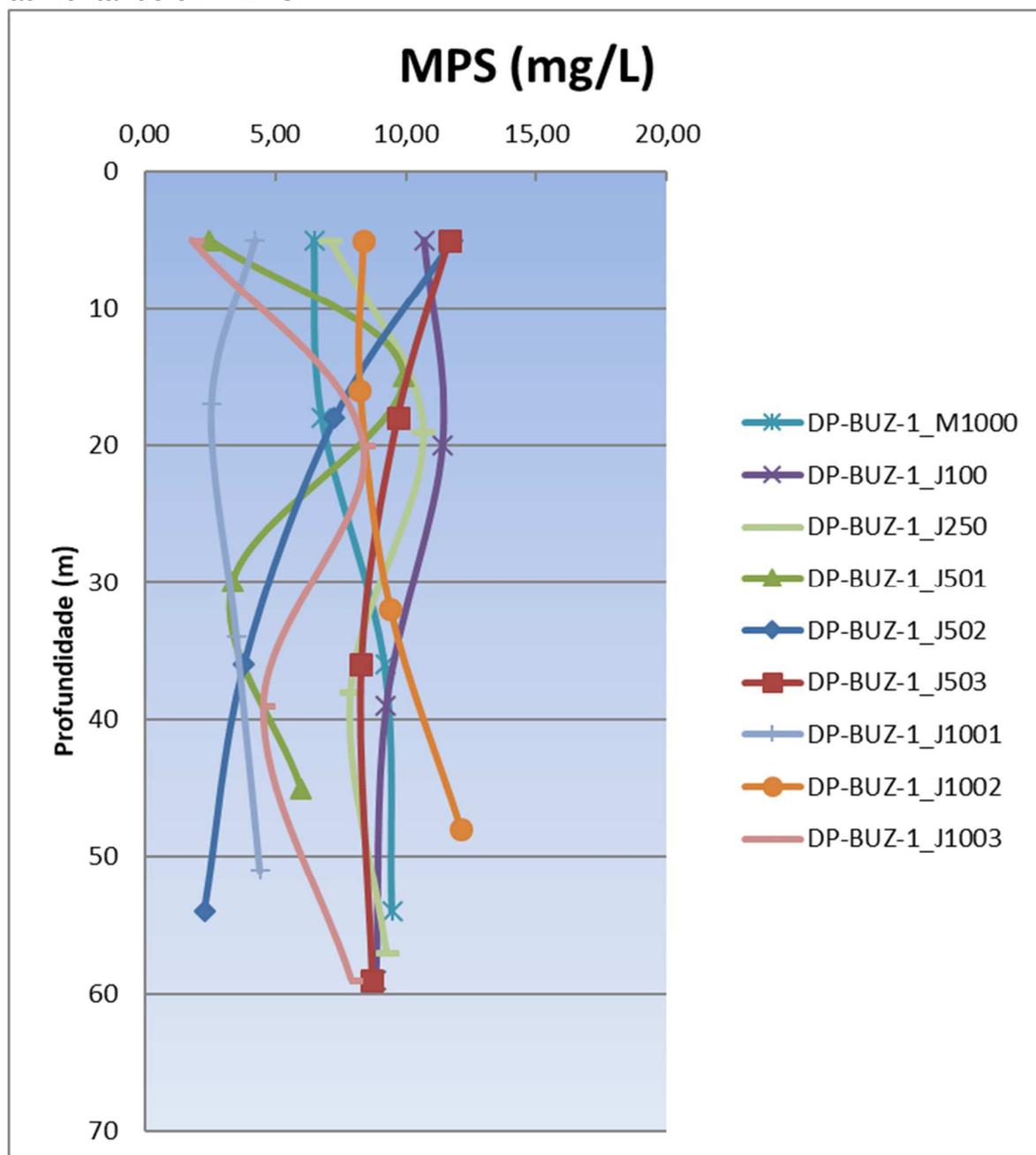
Os valores de MPS registrados nesta campanha variaram entre 1,08 mg/L, na superfície da estação DP-BUZ-1\_J1003, e 12,12 mg/L, na camada abaixo da termoclina da estação DP-BUZ-1\_J1002 (Tabela V-12). Entre os estratos, a maior concentração média de MPS foi reportada na camada acima da termoclina ( $8,33 \pm 2,65$  mg/L), enquanto a menor concentração média ocorreu na superfície ( $7,18 \pm 3,80$  mg/L).

**Tabela V-12 – Concentração de MPS (mg/L) nas estações de coleta da atual campanha de monitoramento.**

Estrato	Estações									Média	DP
	DP-BUZ-1_M1000	DP-BUZ-1_J100	DP-BUZ-1_J250	DP-BUZ-1_J501	DP-BUZ-1_J502	DP-BUZ-1_J503	DP-BUZ-1_J1001	DP-BUZ-1_J1002	DP-BUZ-1_J1003		
<b>SUP</b>	6,50	10,70	7,12	2,48	11,80	11,66	4,24	8,36	1,80	7,18	3,80
<b>ACTC</b>	6,80	11,42	10,68	9,92	7,28	9,68	2,56	8,24	8,36	8,33	2,65
<b>TC</b>	9,20	9,24	7,88	3,36	3,80	8,28	3,52	9,40	4,54	6,58	2,69
<b>ABTC</b>	9,48	8,84	9,26	5,98	2,28	8,70	4,42	12,12	7,90	7,66	2,97
<b>Máx.</b>	9,48	11,42	10,68	9,92	11,80	11,66	4,42	<b>12,12</b>	8,36		
<b>Mín.</b>	6,50	8,84	7,12	2,48	2,28	8,28	2,56	8,24	<b>1,80</b>		
<b>Média</b>	8,00	10,05	8,74	5,44	6,29	9,58	3,69	9,53	5,65		
<b>DP</b>	1,56	1,21	1,57	3,34	4,23	1,51	0,84	1,80	3,08		

Legenda: SUP: Superior; ACTC: Acima da Termoclina; TC: Termoclina e ABTC: Abaixo da Termoclina.

Os valores das concentrações de MPS ao longo da coluna d’água são apresentados na Figura V-18. A maioria das estações não apresentou grande variação de concentrações entres as profundidades, contudo destaca-se as estações DP-BUZ-1\_J250, DP-BUZ-1\_J501 e DP-BUZ-1\_J1003, apresentando maiores concentrações de MPS na camada ACTC e diminuindo em TC e aumentando em ABTC.



**Figura V-18** – Valores das concentrações de MPS (mg/L) obtidos na atual campanha de monitoramento.

Na Tabela V-13, são apresentados os valores mínimo e máximo de MPS, encontrados nas campanhas anteriormente realizadas na região. De maneira geral, as concentrações encontradas na atual campanha, estiveram dentro da faixa de variação já verificada para a região. Em comparação ao PCR-BS (Petrobras, 2022), a variação dos valores de MPS na Bacia de Santos ocorreram entre <0,1 e 19,4 mg/L na zona epipelágica, durante o inverno de 2019 e entre <0,1 e 21mg/L, durante o verão de 2021-2022.

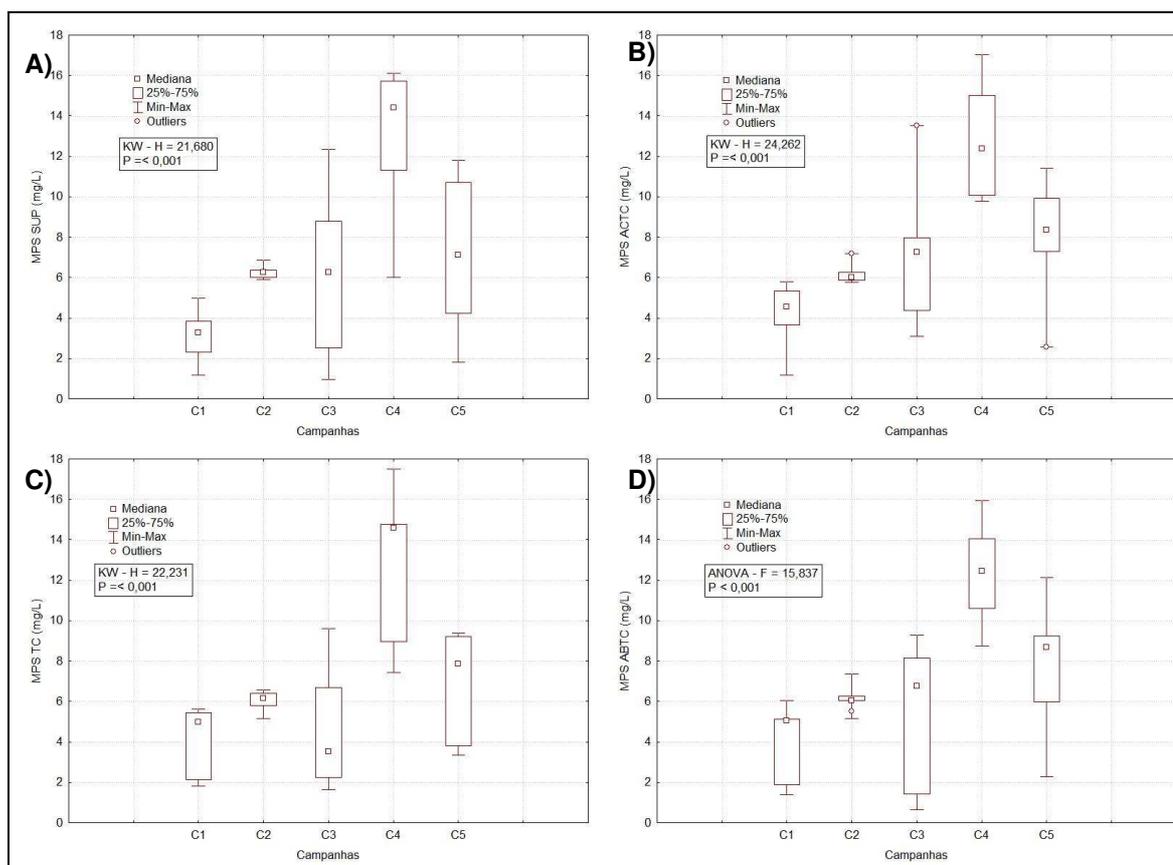
**Tabela V-13 - Valores de MPS (mg/L) encontrados na água em estudos anteriores na área de interesse. n.d. = não detectado e n.q. = não quantificado.**

Campanha	MPS (mg/L)	
	Min	Máx
DP-BUZ-1_C1 <sup>1</sup>	1,18 (SUP/ACTC)	6,05 (ABTC)
DP-BUZ-1_C2 <sup>2</sup>	5,15 (ABTC)	7,38 (ABTC)
DP-BUZ-1_C3 <sup>3</sup>	0,63 (ABTC)	13,53 (ACTC)
DP-BUZ-1_C4 <sup>4</sup>	6,03 (SUP)	17,50 (TC)
URG_C3 <sup>5</sup>	n.d. (SUP)	7,13 (TC)
URG_C4 <sup>6</sup>	n.d. (ABTC)	9,78 (ACTC)
URG_C5 <sup>7</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
URG_C6 <sup>8</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	6,00 (ABTC)
URG_C7 <sup>9</sup>	1,20 (ABTC)	5,50 (TC)
URG_C8 <sup>10</sup>	n.q. (SUP/ABTC)	10,53 (SUP)
URG_C9 <sup>11</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	6,57 (TC)
URG_C10 <sup>12</sup>	n.d. (ACTC/TC/ABTC)	6,43 (SUP)
URG_C11 <sup>13</sup>	3,65 (TC)	7,28 (SUP/ACTC)
URG_C12 <sup>14</sup>	5,28 (ABTC)	8,95 (ABTC)
URG_C13 <sup>15</sup>	0,40 (ABTC)	6,85 (ACTC)
URG_C14 <sup>16</sup>	2,80 (TC)	20,20 (ACTC)
PIL-LL-NE_C1 <sup>17</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	5,00 (SUP/ACTC/TC)
PIL-LL-NE_C2 <sup>18</sup>	n.d. (ABTC)	4,60 (SUP)
PIL-LL-NE_C3 <sup>19</sup>	1,74 (SUP)	7,53 (ACTC)
PIL-LL-NE_C4 <sup>20</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	6,95 (SUP/TC)
PIL-LL-NE_C5 <sup>21</sup>	n.q. (ACTC/TC)	3,45 (ACTC)
PIL-LL-NE_C6 <sup>22</sup>	1,08 (SUP)	8,20 (ACTC)
PIL-LL-NE_C7 <sup>23</sup>	2,00 (ABTC)	7,75 (SUP)
PIL-LL-NE_C8 <sup>24</sup>	0,05 (SUP)	8,00 (TC)
PIL-LL-NE_C9 <sup>25</sup>	0,65 (TC)	21,83 (TC)
DP-IRA-S_C1 <sup>26</sup>	n.d. (SUP/TC/ABTC)	4,40 (ABTC)
DP-IRA-S_C2 <sup>27</sup>	n.q. (SUP/ACTC)	9,67 (TC)
DP-IRA-S_C3 <sup>28</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	6,55 (ACTC)
DP-IRA-S_C4 <sup>29</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	4,88 (TC/ABTC)

<b>DP-IRA-S_C5</b> <sup>30</sup>	1,75 (ACTC)	6,95 (SUP)
<b>DP-IRA-S_C6</b> <sup>31</sup>	1,55 (SUP)	7,83 (ABTC)
<b>DP-IRA-S_C7</b> <sup>32</sup>	0,50 (SUP)	13,58 (SUP)
<b>DP-IRA-S_C8</b> <sup>33</sup>	13,93 (TC)	30,73 (ABTC)

Fonte: 1 = Petrobras/Bourscheid (2019a); 2 = Petrobras/Bourscheid (2020c); 3 = Petrobras/Bioconsult (2021); 4 = Petrobras/Bioconsult, (2023a); 5= Petrobras/Analytical Solutions (2012); 6 = Petrobras/Analytical Solutions (2013); 7 = Petrobras/Bourscheid (2014); 8 = Petrobras/Bourscheid (2015a); 9 = Petrobras/Bourscheid (2016a); 10 = Petrobras/Bourscheid (2017a); 11 = Petrobras/Bourscheid (2018a); 12 = Petrobras/Bourscheid (2019b); 13 = Petrobras/Bourscheid (2019c); 14 = Petrobras/Bourscheid (2020d); 15 = Petrobras/Bioconsult (2022a); 16 = Petrobras/Bioconsult (2022b); 17 = Petrobras/Bourscheid (2015b); 18 = Petrobras/Bourscheid (2015c); 19 = Petrobras/Bourscheid (2018b); 20 = Petrobras/Bourscheid (2018c); 21 = Petrobras/Bourscheid (2019d); 22 = Petrobras/Bourscheid (2019e); 23 = Petrobras/Bourscheid (2020a); 24 = Petrobras/Bioconsult (2022c); 25 = Petrobras/Bioconsult (2022d); 26 = Petrobras/Bourscheid (2016b); 27 = Petrobras/Bourscheid (2017b); 28 = Petrobras/Bourscheid (2018d); 29 = Petrobras/Bourscheid (2019f); 30 = Petrobras/Bourscheid (2019g); 31 = Petrobras/Bourscheid (2020b); 32 = Petrobras/Bioconsult (2022e); 33 = Petrobras/Bioconsult (2023b).

As maiores variações dos valores de MPS e os maiores valores máximos encontrados nas amostras ocorreram principalmente na quarta campanha, mas também na terceira e na quinta. Através da aplicação do teste estatístico *Kruskal-Wallis* para todas as profundidades, foram verificadas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os dados das campanhas para todas as profundidades (Figura V-19). Em todas as profundidades, exceto ACTC, a quarta campanha diferiu da primeira e da terceira. Em ACTC a quarta campanha diferiu da primeira e da segunda, e a quinta se diferiu da primeira (Tukey,  $p < 0,05$ ). Na ABTC, a quarta campanha também diferiu da segunda e da quinta, e a quinta diferiu da primeira (Tukey,  $p < 0,05$ ).



**Figura V-19** – Concentrações de MPS (mg/L) observadas ao longo das campanhas do PMPR\_DP-BUZ-1. A) Superfície; B) Acima da termoclina; C) Termoclina e D) Abaixo da Termoclina.

O principal agente responsável na produção de carbono orgânico (CO) anualmente nos oceanos, em escala global, é a produção primária fitoplanctônica, produzindo aproximadamente  $2,31 \times 10^{16}$  g de C (CHESTER, 2003; MILLERO, 2002). Outro fato interessante é que cerca de 80% dessa produção ocorre em mar aberto e cerca de 20% em regiões costeiras (CHESTER, 2003). Contudo, as margens continentais são apontadas como os principais reservatórios de CO no ambiente marinho, recebendo um aporte de aproximadamente  $1,3 \times 10^{14}$  g de CO por ano, levando-se em conta nessa estimativa material tanto de origem terrestre quanto marinha (PRAHL *et al.*, 1994).

Na atual campanha de monitoramento, as concentrações de COT não foram quantificadas (LQ = 0,5 mg/L C) em nenhuma das amostras. Conforme a resolução CONAMA nº 357/05, para águas salinas classe 1, o valor máximo permitido para o parâmetro COT é de 3,0 mg/L C, o qual não foi excedido em nenhuma das amostras

da presente campanha. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta concentrações de COT obtidas em estudos anteriores na Bacia de Santos, onde é possível constatar que concentrações não detectadas e não quantificadas já ocorreram anteriormente na região.

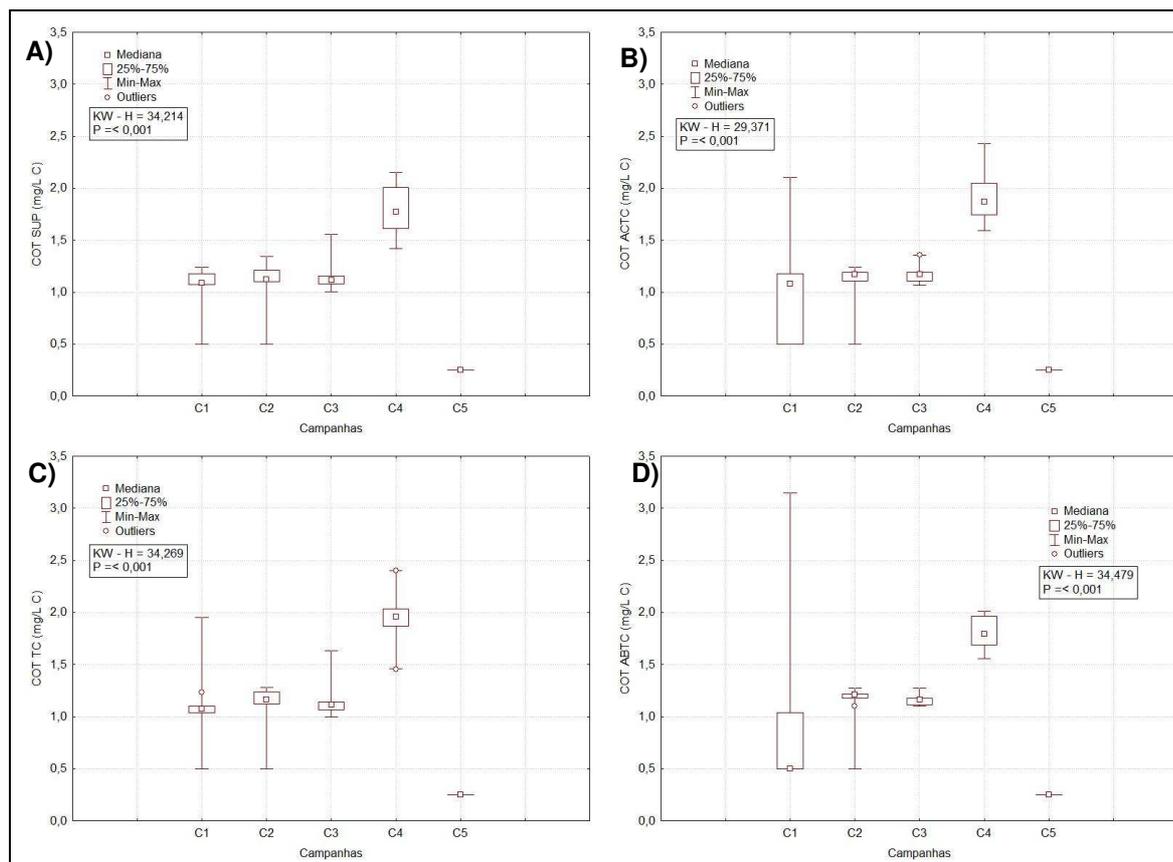
**Tabela V-14 - Valores de COT (mg/L C) encontrados na água em estudos anteriores na região de interesse. n.d. = não detectado e n.q. = não quantificado.**

Campanha	COT (mg/L C)	
	Min	Máx
DP-BUZ-1_C1 <sup>1</sup>	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	3,15 (ABTC)
DP-BUZ-1_C2 <sup>2</sup>	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	1,34 (SUP)
DP-BUZ-1_C3 <sup>3</sup>	1,00 (SUP/TC)	1,63 (TC)
DP-BUZ-1_C4 <sup>4</sup>	1,41 (SUP)	2,43 (ACTC)
URG_C3 <sup>5</sup>	nd (SUP)	4,00 (TC)
URG_C4 <sup>6</sup>	nq (SUP/ACTC/TC/ABTC)	142,00 (ACTC)
URG_C5 <sup>7</sup>	nd (SUP/TC)	4,10 (SUP)
URG_C6 <sup>8</sup>	nq (ACTC/TC/ABTC)	1,60 (ABTC)
URG_C7 <sup>9</sup>	1,04 (TC)	1,61 (TC)
URG_C8 * <sup>10</sup>	-	-
URG_C9 <sup>11</sup>	1,06 (TC)	2,79 (ABTC)
URG_C10 <sup>12</sup>	nq (SUP/ACTC/TC/ABTC)	1,74 (SUP)
URG_C11 <sup>13</sup>	nd (ACTC/TC/ABTC)	2,07 (SUP)
URG_C12 <sup>14</sup>	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	1,12 (TC/ABTC)
URG_C13 <sup>15</sup>	1,12 (TC/ABTC)	1,49 (TC)
URG_C14 <sup>16</sup>	0,84 (SUP)	2,23 (ABTC)
PIL-LL-NE_C1 <sup>17</sup>	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	2,70 (TC)
PIL-LL-NE_C2 <sup>18</sup>	n.q. (SUP)	1,69 (TC)
PIL-LL-NE_C3 * <sup>19</sup>	-	-
PIL-LL-NE_C4 <sup>20</sup>	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
PIL-LL-NE_C5 <sup>21</sup>	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	1,56 (SUP/ABTC)
PIL-LL-NE_C6 <sup>22</sup>	n.d. (TC/ABTC)	1,47 (SUP)
PIL-LL-NE_C7 <sup>23</sup>	1,07 (SUP)	1,83 (ABTC)
PIL-LL-NE_C8 <sup>24</sup>	1,20 (ABTC)	1,99 (ABTC)
PIL-LL-NE_C9 <sup>25</sup>	0,60 (ABTC)	1,06 (TC)
DP-IRA-S_C1 <sup>26</sup>	n.q. (ACTC/TC/ABTC)	2,00 (SUP)
DP-IRA-S_C2 * <sup>27</sup>	-	-
DP-IRA-S_C3 <sup>28</sup>	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	1,00 (TC)
DP-IRA-S_C4 <sup>29</sup>	n.d. (SUP/ACTC)	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
DP-IRA-S_C5 <sup>30</sup>	n.q. (ACTC/TC/ABTC)	1,48 (SUP/ACTC)
DP-IRA-S_C6 <sup>31</sup>	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	1,81 (ABTC)
DP-IRA-S_C7 <sup>32</sup>	1,26 (ACTC)	1,64 (ABTC)
DP-IRA-S_C8 <sup>33</sup>	1,08 (TC)	2,50 (ABTC)

\* Não são apresentados resultados de COT para essas campanhas, pois as análises não atenderam às especificações técnicas requeridas para os procedimentos analíticos.

Fonte: 1 = Petrobras/Bourscheid (2019a); 2 = Petrobras/Bourscheid (2020c); 3 = Petrobras/Bioconsult (2021); 4 = Petrobras/Bioconsult (2023a); 5 = Petrobras/Analytical Solutions (2012); 6 = Petrobras/Analytical Solutions (2013); 7 = Petrobras/Bourscheid (2014); 8 = Petrobras/Bourscheid (2015a); 9 = Petrobras/Bourscheid (2016a); 10 = Petrobras/Bourscheid (2017a); 11 = Petrobras/Bourscheid (2018a); 12 = Petrobras/Bourscheid (2019b); 13 = Petrobras/Bourscheid (2019c); 14 = Petrobras/Bourscheid (2020d); 15 = Petrobras/Bioconsult (2022a); 16 = Petrobras/Bioconsult (2022b); 17 = Petrobras/Bourscheid (2015b); 18 = Petrobras/Bourscheid (2015c); 19 = Petrobras/Bourscheid (2018b); 20 = Petrobras/Bourscheid (2018c); 21 = Petrobras/Bourscheid (2019d); 22 = Petrobras/Bourscheid (2019e); 23 = Petrobras/Bourscheid (2020a); 24 = Petrobras/Bioconsult (2022c); 25 = Petrobras/Bioconsult (2022d); 26 = Petrobras/Bourscheid (2016b); 27 = Petrobras/Bourscheid (2017b); 28 = Petrobras/Bourscheid (2018d); 29 = Petrobras/Bourscheid (2019f); 30 = Petrobras/Bourscheid (2019g); 31 = Petrobras/Bourscheid (2020b); 32 = Petrobras/Bioconsult (2022e); 33 = Petrobras/Bioconsult (2023b).

Na Figura V-20, são apresentadas as faixas de concentrações de COT obtidas em cada profundidade durante as campanhas de monitoramento do projeto. Através da aplicação do teste estatístico *Kruskal-Wallis* para todas as profundidades foram verificadas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre os dados das campanhas de monitoramento. A quinta campanha não teve valores quantificados de COT, portanto não apresentou variação entre as diferentes profundidades, e apenas se destacou das demais campanhas, devido à não quantificação de COT. Portanto, observa-se que a primeira campanha apresentou maior amplitude de valores e maior concentração máxima na ABTC. Nos demais estratos, as maiores concentrações máximas foram observadas na quarta campanha. Em todos os estratos, a quinta campanha diferiu da segunda, da terceira e da quarta campanha (Tukey,  $p < 0,05$ ). A quarta campanha também diferiu da primeira nos estratos SUP, TC e ABTC, e diferiu da terceira na SUP e TC (Tukey,  $p < 0,05$ ). Cabe ressaltar que os métodos utilizados, os limites de detecção e laboratórios foram iguais entre as duas primeiras campanhas (método SMEWW 5310B, LD C1 e C2 = 0,3 mg/L C), mas diferentes na terceira, quarta e quinta campanha (método foi o mesmo, mas com LD = 0,10 mg/L C).



**Figura V-20** – Concentrações de COT (mg/L C) observadas ao longo das campanhas do PMPR\_DP-BUZ-1. A) Superfície; B) Acima da termoclina; C) Termoclina e D) Abaixo da Termoclina.

### V.1.7 - Sulfetos

Os sulfetos são encontrados amplamente na natureza, provenientes dos campos de petróleo e gás natural, das águas subterrâneas, das zonas pantanosas, das jazidas de sal, de carvão, de minérios sulfetados e da emissão de vulcões, ou seja, são originários de processos geológicos baseados em diversos mecanismos físico-químicos ou microbiológicos.

O oxigênio dissolvido na água do mar é utilizado por bactérias para oxidar a matéria orgânica transformando-a em CO<sub>2</sub>, água e íons inorgânicos. Em águas profundas de bacias estagnadas e em áreas marinhas onde a troca de água é muito lenta ou há alta carga de matéria orgânica, todo o oxigênio é utilizado no processo de oxidação. Nesse tipo de águas anóxicas, forma-se o sulfeto, através da redução de íons sulfato por bactérias redutoras (FONSELIUS, 1983).

Os sulfetos podem originar-se também a partir de atividades industriais, através de processos de remoção química e/ou lavagens de gases ácidos, de sistemas de tratamento de efluentes, de fermentação, de decapagens ácidas, etc. (MAINIER & VIOLA, 2005), apresentando considerável representatividade em esgotos sanitários e outros.

Em ambientes pelágicos, com alta oxigenação, não é esperada a presença de altos teores de sulfetos. A presença desses compostos nas águas onde há atividade de produção de petróleo pode indicar uma possível contaminação do ambiente por esta atividade, sendo assim, é de grande importância a sua análise em programas de monitoramento das áreas de produção e exploração petrolífera. Segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005, para águas salinas de classe 1, o valor máximo estabelecido para sulfetos é de 0,002 mg/L S.

Nesta campanha de monitoramento, as concentrações de sulfetos não foram quantificadas (LQ = 0,002 mg/L S) em nenhuma das amostras e, portanto, todos os resultados da campanha estiveram dentro das especificações da CONAMA.

Na Tabela V-15, são apresentados os valores mínimo e máximo de sulfetos, encontrados nas campanhas anteriormente realizadas na região, onde é possível verificar que é usual a não detecção de sulfetos. Das 33 referências citadas, apenas sete quantificaram concentrações do parâmetro.

**Tabela V-15 - Valores de sulfetos (mg/L S) encontrados na água em estudos anteriores na região de interesse. n.d. = não detectado e n.q. = não quantificado.**

Campanha	Sulfetos (mg/L S)	
	Min	Máx
DP-BUZ-1_C1 <sup>1</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
DP-BUZ-1_C2 <sup>2</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
DP-BUZ-1_C3 <sup>3</sup>	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
DP-BUZ-1_C4 <sup>4</sup>	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
URG_C3 <sup>5</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	0,06 (ABTC)
URG_C4 <sup>6</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
URG_C5 <sup>7</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
URG_C6 <sup>8</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
URG_C7 <sup>9</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
URG_C8 <sup>10</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
URG_C9 <sup>11</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	0,025 (ACTC)
URG_C10 <sup>12</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	0,034 (ABTC)
URG_C11 <sup>13</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
URG_C12 <sup>14</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
URG_C13 <sup>15</sup>	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
URG_C14 <sup>16</sup>	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
PIL-LL-NE_C1 <sup>17</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
PIL-LL-NE_C2 <sup>18</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
PIL-LL-NE_C3 <sup>19</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
PIL-LL-NE_C4 <sup>20</sup>	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	0,0200 (ACTC)
PIL-LL-NE_C5 <sup>21</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	0,049 (ACTC)
PIL-LL-NE_C6 <sup>22</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
PIL-LL-NE_C7 <sup>23</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
PIL-LL-NE_C8 <sup>24</sup>	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
PIL-LL-NE_C9 <sup>25</sup>	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
DP-IRA-S_C1 <sup>26</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
DP-IRA-S_C2 <sup>27</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
DP-IRA-S_C3 <sup>28</sup>	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	0,0170 (SUP/ABTC)
DP-IRA-S_C4 <sup>29</sup>	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	0,030 (SUP)
DP-IRA-S_C5 <sup>30</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
DP-IRA-S_C6 <sup>31</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
DP-IRA-S_C7 <sup>32</sup>	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
DP-IRA-S_C8 <sup>33</sup>	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)

Fonte: 1 = Petrobras/Bourscheid (2019a); 2 = Petrobras/Bourscheid (2020c); 3 = Petrobras/Bioconsult (2021); 4 = Petrobras/Bioconsult, (2023a); 5= Petrobras/Analytical Solutions (2012); 6 = Petrobras/Analytical Solutions (2013); 7 = Petrobras/Bourscheid (2014); 8 = Petrobras/Bourscheid (2015a); 9 = Petrobras/Bourscheid (2016a); 10 = Petrobras/Bourscheid (2017a); 11 = Petrobras/Bourscheid (2018a); 12 = Petrobras/Bourscheid (2019b); 13 = Petrobras/Bourscheid (2019c); 14 = Petrobras/Bourscheid (2020d); 15 = Petrobras/Bioconsult (2022a); 16 = Petrobras/Bioconsult (2022b); 17 = Petrobras/Bourscheid (2015b); 18 = Petrobras/Bourscheid (2015c); 19 = Petrobras/Bourscheid (2018b); 20 = Petrobras/Bourscheid (2018c); 21 = Petrobras/Bourscheid (2019d); 22 = Petrobras/Bourscheid (2019e); 23 = Petrobras/Bourscheid (2020a); 24 = Petrobras/Bioconsult (2022c); 25 = Petrobras/Bioconsult (2022d); 26 = Petrobras/Bourscheid (2016b); 27 = Petrobras/Bourscheid (2017b); 28 =

Petrobras/Bourscheid (2018d); 29 = Petrobras/Bourscheid (2019f); 30 = Petrobras/Bourscheid (2019g); 31 = Petrobras/Bourscheid (2020b); 32 = Petrobras/Bioconsult (2022e); 33 = Petrobras/Bioconsult (2023b).

Como não foram quantificadas concentrações de sulfetos na campanha anterior deste projeto, não existe variabilidade de resultados a serem verificados através de gráficos e testes estatísticos.

### **V.1.8 - Fenóis**

Os fenóis e seus derivados aparecem nas águas naturais através das descargas de efluentes industriais. São compostos pouco solúveis ou insolúveis em água, ligeiramente ácidos, obtidos principalmente através de extração de óleos. Os fenóis são tóxicos ao homem, aos organismos aquáticos, e aos microrganismos que tomam parte dos sistemas de tratamento de esgotos sanitários e de efluentes industriais. Segundo informações da CETESB (2008), indústrias de processamento de borracha, colas, adesivos, resinas impregnantes, componentes elétricos (plásticos) e siderúrgicas, entre outras, são responsáveis pela presença de fenóis nas águas naturais.

Para as águas salinas de Classe 1, a Resolução CONAMA nº 357/05 estabelece como limite máximo o valor de 60 µg/L. Na atual campanha, não foram quantificados teores de fenóis em nenhuma das estações amostradas, sendo o limite de quantificação do método de 0,04 µg/L. Desta forma, as amostras da atual campanha encontram-se enquadradas conforme a resolução supracitada.

Corroborando as não quantificações verificadas na presente campanha, destaca-se que a ausência de concentrações detectáveis e/ou quantificáveis de fenóis na água é usual para a área de estudo, uma vez que em todas as campanhas de monitoramento ambiental realizadas anteriormente na região do polo Pré-Sal não foram encontradas concentrações detectáveis de fenóis (PETROBRAS/ANALYTICAL SOLUTIONS, 2012, 2013; PETROBRAS/BOURSCHEID, 2014, 2015a, 2015b, 2015c, 2016a, 2016b, 2017a, 2017b, 2018a, 2018b, 2018c, 2018d, 2019a, 2019b, 2019c, 2019d, 2019e, 2019f, 2019g, 2020a, 2020b, 2020c, 2020d; PETROBRAS/BIOCONSULT, 2021, 2022a, 2022b, 2022c, 2022d, 2022e, 2023a, 2023b).

Como não foram detectadas nem quantificadas concentrações de fenóis nas campanhas anteriores deste projeto, não existe variabilidade de resultados a serem verificados através de gráficos e testes estatísticos.

### V.1.9 - Hidrocarbonetos

Os hidrocarbonetos presentes no ambiente marinho consistem em misturas complexas de compostos derivados de múltiplas fontes, que incluem não só a contribuição resultante do uso do petróleo como fonte de energia e matéria-prima, mas também a combustão de biomassa, a biossíntese e a transformação diagenética recente de produtos naturais contendo heteroátomos em hidrocarbonetos. Em função de sua solubilidade limitada na água e de sua natureza hidrofóbica, evidenciadas pelos coeficientes de partição octanol-água ( $K_{ow}$ ) e carbono orgânico-água ( $K_{oc}$ ), a concentração dos hidrocarbonetos dissolvidos na água é muito baixa (Petrobras, 2022).

O petróleo é uma mistura de hidrocarbonetos formados por átomos de carbono e hidrogênio, além de pequenas quantidades de enxofre, nitrogênio e oxigênio em proporções variáveis. Os hidrocarbonetos de petróleo podem ser agrupados em quatro classes principais, baseadas na composição molecular: aromáticos, n-alcanos, n-alcenos e cicloalcanos (KOLESNIKOVAS *et al.*, 2009).

Os aromáticos são hidrocarbonetos de cadeia benzênica que estão presentes em praticamente todos os tipos de petróleo, embora em pequenas quantidades na maioria deles. São os que apresentam maior toxicidade e biodegradação lenta, e estão associados a efeitos crônicos e carcinogênicos.

N-alcanos, também chamados de parafinas ou alifáticos saturados, são hidrocarbonetos de cadeias normais e ramificadas que compreendem a maior fração da maioria dos petróleos. São incolores, relativamente inodoros e pouco reativos. A toxicidade geralmente é baixa e são facilmente biodegradados.

Os n-alcenos (olefinas) são hidrocarbonetos de cadeia aberta, similar aos n-alcanos, diferindo apenas pela presença de ligação dupla entre os átomos de carbono. Geralmente estão ausentes ou aparecem em pequenas quantidades no petróleo, mas são abundantes em produtos de refino como a gasolina.

Já os cicloalcanos (naftas) são hidrocarbonetos de cadeias fechadas (cíclicas) e saturadas, e que compreendem a segunda maior fração da maioria dos petróleos (SANTOS *et al.*, 2016; THOMAS *et al.*, 2001).

A mistura complexa não resolvida (MCNR) é uma importante feição na fração dos hidrocarbonetos alifáticos. Ela representa uma mistura de centenas de compostos que não pode ser resolvida cromatograficamente, e é composta por isômeros e homólogos de hidrocarbonetos ramificados e cíclicos (BOULOUBASSI & SALIOT, 1993).

A MCNR pode ser unimodal ou bimodal. A primeira, em geral, localiza-se entre n-C<sub>18</sub> e n-C<sub>35</sub> e está relacionada à presença de resíduos de óleo bruto degradado por micro-organismos (FARRINGTON & TRIPP, 1977; BOULOUBASSI, 1990). Já na bimodal, pode ocorrer uma segunda ondulação entre n-C<sub>16</sub> e n-C<sub>22</sub> que pode ser atribuída à degradação bacteriana da matéria orgânica (VENKATESAN & KAPLAN, 1982).

Alguns autores utilizam a relação da MCNR com os resolvidos, que são todos os compostos que se encontram na fração alifática e são resolvidos pela coluna capilar, para avaliar a origem da contaminação. Valores de MCNR/Resolvidos maiores que quatro são indicativos de contaminação petrogênica (SIMONEIT & MAZUREK, 1982; SIMONEIT, 1984).

Avaliações de hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP), n-alcanos e MCNR são comuns em monitoramentos ambientais quando se pretende verificar se há vazamentos de tanques de armazenamento de óleos combustíveis e outros.

Já no que tange à origem destes compostos, existem duas formas de hidrocarbonetos encontrados nos oceanos, os autóctones e os alóctones. Os hidrocarbonetos autóctones são derivados de algas, do zooplâncton ou de bactérias; já os alóctones são provenientes de detritos naturais ou fósseis – produtos de exsudações naturais do fundo oceânico ou poluição. A análise detalhada da distribuição dos hidrocarbonetos em amostras coletadas nas águas e nos sedimentos dos oceanos permite traçar sua origem e diferenciá-los entre as suas duas formas (SHELL/ANALYTICAL SOLUTIONS, 2004).

#### **V.1.9.1 - Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA's)**

Os Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA's) são uma classe de compostos orgânicos, semi-voláteis, formados por anéis benzênicos ligados de forma linear, angular ou agrupados, contendo na sua estrutura somente carbono e hidrogênio. Dos HPA's, 16 são indicados pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos como sendo poluentes prioritários, devida sua toxicidade, persistência e predominância no meio ambiente. São eles: acenafteno, acenaftileno, antraceno, benzo(a)antraceno, benzo(a)fluoranteno, benzo(a)pireno, benzo(k)fluoranteno, benzo(g,h,i)perileno, criseno, dibenzo(a,h)antraceno, fenantreno, fluoranteno, fluoreno, indeno(1,2,3-cd)pireno, naftaleno e pireno (CETESB, 2008).

A presença de HPA's no ambiente oceânico é uma característica natural dele. Os hidrocarbonetos podem também ser introduzidos no ambiente a partir de outras fontes como: motores de exaustão a gasolina e a diesel, o alcatrão da fumaça do cigarro, superfície dos alimentos chamuscados ou queimados, fumaça de queima de carvão ou madeira, além de outros processos de combustão parcial em que o carbono ou combustível não são convertidos em CO (monóxido de carbono) ou CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) (BAIRD, 2002).

As atividades de exploração e produção de petróleo nos oceanos também podem ocasionar o aumento da liberação de hidrocarbonetos para os oceanos, sendo indispensável o estudo desse parâmetro para o monitoramento ambiental da produção de petróleo.

Nesta campanha de monitoramento não foram quantificadas concentrações de HPA's em nenhuma das estações amostrais pelo método de análise aplicado (LQ = 0,005 µg/L). Da mesma maneira, destaca-se a ausência de concentrações detectáveis e/ou quantificáveis de HPA's em quase todas as campanhas de monitoramento anteriormente realizadas na região do polo Pré-Sal, que também não observaram concentrações detectáveis nem quantificáveis (PETROBRAS/ANALYTICAL SOLUTIONS, 2012, 2013; PETROBRAS/BOURSCHEID, 2014, 2015a, 2015b, 2015c, 2016a, 2016b, 2017a, 2017b, 2018a, 2018b, 2019a, 2019b, 2019c, 2019d, 2019e, 2019f, 2019g, 2020a, 2020b, 2020c, 2020d; PETROBRAS/BIOCONSULT, 2021, 2022a, 2022b, 2022c, 2022d, 2022e, 2023a, 2023b), evidenciando-se que não detecções e não quantificações são usuais para a área. Na quarta campanha de monitoramento do Piloto de Lula NE, as

concentrações variaram entre não detectado (SUP/ACTC/TC/ABTC) e 0,19 µg/L (ACTC/ABTC) (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2018c). Na terceira campanha de monitoramento do DP de Iracema Sul, as concentrações variaram entre não detectado (ACTC/ABTC) e 0,341 µg/L (ABTC) (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2018d). No PCR-BS (Petrobras, 2022), 15% das estações amostradas no inverno apresentaram valores acima do limite de quantificação para os 16 compostos de HPA, no verão aumentou para 33,9% o número de estações com quantificações de HPA.

Como todas as concentrações de HPA's de todas as campanhas deste monitoramento não foram detectadas nem quantificadas, não foram feitos testes estatísticos e gráficos para a comparação das concentrações entre as campanhas.

#### **V.1.9.2 - Hidrocarbonetos Totais de Petróleo (HTP's), N-Alcanos, Mistura Complexa Não Resolvida (MCNR)**

Na atual campanha de monitoramento, não foram quantificadas concentrações para HTP, n-alcanos e MCNR (LQ = 1,0 µg/L).

Considerando as demais campanhas realizadas na região, foram encontradas concentrações de HTP nas duas primeiras campanhas de Uruguá, com valores variando desde 2,10 (ABTC) até 65.601,44 µg/L (TC) na primeira campanha, enquanto a 2ª campanha apresentou concentrações menores, variando desde 2,10 (ABTC) até 6,10 µg/L (SUP) (PETROBRAS/ANALYTICAL SOLUTIONS, 2012, 2013). Na primeira e terceira campanha de monitoramento do DP Iracema Sul também foram encontradas concentrações variando entre 126,00 µg/L e 478,00 µg/L (ABTC), e uma única detecção de 1,10 µg/L (ACTC), respectivamente (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2016b, 2018d). Nas demais campanhas não foram detectadas nem quantificadas concentrações de HTP's (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2014, 2015a, 2015b, 2015c, 2016a, 2017a, 2017b, 2018a, 2018b, 2018c, 2019a, 2019b, 2019c, 2019d, 2019e, 2019f, 2019g, 2020a, 2020b, 2020c, 2020d; PETROBRAS/BIOCONSULT, 2021, 2022a, 2022b, 2022c, 2022d, 2022e, 2023a, 2023b). No PCR-BS (Petrobras, 2022), a análise de HTP resultou em concentrações superiores ao limite de quantificação para 43,3% e

55,9% das estações do verão e inverno, respectivamente, com valores variando entre  $<0,025$  e  $28,73 \mu\text{g L}^{-1}$  no inverno e entre  $<0,025$  e  $155,23 \mu\text{g L}^{-1}$  no verão.

Em relação aos n-alcenos, a maioria das campanhas não encontrou valores detectáveis e quantificáveis para esse parâmetro (PETROBRAS/ANALYTICAL SOLUTIONS, 2013; PETROBRAS/BOURSCHEID, 2014, 2015a, 2015b, 2015c, 2016a, 2017a, 2017b 2018a, 2018b, 2018c, 2019a, 2019b, 2019c, 2019d, 2019e, 2019f, 2019g, 2020a, 2020b, 2020c, 2020d; PETROBRAS/BIOCONSULT, 2021, 2022a, 2022b, 2022c, 2022d, 2022e, 2023a, 2023b). Na primeira campanha de monitoramento da fase de operação de Uruguá, foram observados valores detectáveis de n-alcenos em 25 das 36 amostras, com concentrações variando entre não detectado (SUP/ACTC/TC/ABTC) e  $3.644 \mu\text{g/L}$  (ABTC) (PETROBRAS/ANALYTICAL SOLUTIONS, 2012). Já na primeira campanha de monitoramento do DP Iracema Sul, as concentrações de n-alcenos variaram entre não detectado e  $72,47 \mu\text{g/L}$  (ABTC) e na terceira campanha de monitoramento do DP Iracema Sul, as concentrações variaram entre não detectado ( $\text{LD} = 0,2 \mu\text{g/L}$ ) e  $1,10 \mu\text{g/L}$  (ACTC) (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2016b, 2018d). No PCR-BS (Petrobras, 2022), a análise de N-alcenos indicou que as concentrações encontradas foram relativamente baixas, com apenas 20% das estações, apresentando valores maiores que o limite de quantificação ( $>\text{LQ}$ ), nas duas campanhas.

Já o parâmetro Mistura Complexa Não Resolvida (MCNR), a qual consiste em misturas de alcanos cíclicos e ramificados, apresentou concentrações variando desde não detectado (SUP, ACTC, TC, ABTC) até o máximo de  $54.984 \mu\text{g/L}$  (TC), durante a primeira campanha de monitoramento da fase de operação do sistema de Uruguá, e valores entre não detectado e  $440 \mu\text{g/L}$  (ABTC) na primeira campanha de monitoramento do DP Iracema Sul (PETROBRAS/ANALYTICAL SOLUTIONS, 2012, PETROBRAS/BOURSCHEID, 2016b). Nas demais campanhas não foram detectadas nem quantificadas concentrações de MCNR (PETROBRAS/ANALYTICAL SOLUTIONS, 2013; PETROBRAS/BOURSCHEID, 2014, 2015a, 2015b, 2015c, 2016a, 2017a, 2017b 2018a, 2018b, 2018c, 2018d, 2019a, 2019b, 2019c, 2019d, 2019e, 2019f, 2019g, 2020a, 2020b, 2020c, 2020d; PETROBRAS/BIOCONSULT, 2021, 2022a, 2022b, 2022c, 2022d, 2022e, 2023a, 2023b). No PCR-BS (Petrobras, 2022), a análise de MCNR, registrou a presença

desse composto em 26,7% das estações no inverno e 42,4% das estações no verão. No inverno e verão, as concentrações variaram entre <0,025 e 19,87 µg/L e <0,025 e 38,14 µg/L, respectivamente.

Como não foram detectadas nem quantificadas concentrações de HTP, n-alcenos e MCNR nas amostras das campanhas deste projeto, não foram feitos testes estatísticos e gráficos para a comparação das concentrações entre as campanhas.

### **V.1.10 - Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xileno (BTEX)**

A gasolina, líquido composto por uma mistura de hidrocarbonetos de petróleo, é comumente representada em avaliações ambientais pelos hidrocarbonetos aromáticos benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos, conjuntamente denominados BTEX (KOLESNIKOVAS *et al.*, 2009)

A avaliação do BTEX é comum em monitoramentos ambientais quando se pretende verificar se há vazamentos de tanques de armazenamento de óleos combustíveis e outros.

Na atual campanha de monitoramento, não foram encontradas concentrações acima dos limites de quantificação (LQ = 1,0 µg/L) para BTEX. Além disso as amostras DP-BUZ-1\_M1000\_(SUP, ACTC, TC), DP-BUZ-1\_J250\_(ACTC, TC), DP-BUZ-1\_J501\_(TC, ABTC), DP-BUZ-1\_J502\_(SUP, ACTC, ABTC), DP-BUZ-1\_J503\_(ACTC, TC, ABTC), DP-BUZ-1\_J1001\_ABTC e DP-BUZ-1\_J1002\_(ACTC, TC) foram recebidas com bolhas pelo laboratório e, portanto, foram consideradas não conformes para fins de monitoramento. Enfim, os valores encontrados (abaixo de LQ e LD) foram inferiores aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05 (benzeno = 700 µg/L; tolueno = 215 µg/L; etilbenzeno = 25 µg/L). As concentrações também foram inferiores ao limite de detecção e/ou quantificação do método em todas as campanhas de monitoramento ambiental anteriormente realizadas na região do Pré-Sal da Bacia de Santos (PETROBRAS/ ANALYTICAL SOLUTIONS, 2013; PETROBRAS/BOURSCHEID, 2014, 2015a, 2015b, 2015c, 2016a, 2016b, 2017a, 2017b, 2018a, 2018b, 2018c, 2018d, 2019a, 2019b, 2019c, 2019d, 2019e, 2019f, 2019g, 2020a, 2020b, 2020c, 2020d;

PETROBRAS/BIOCONSULT, 2021, 2022a, 2022b, 2022c, 2022d, 2022e, 2023a, 2023b), exceto na primeira campanha de monitoramento de Uruguá, em que 5 das 36 amostras apresentaram concentrações detectáveis, que variaram de 8,87 µg/L (SUP) a 479,31 µg/L (TC) (PETROBRAS/ANALYTICAL SOLUTIONS, 2012).

Como também não foram detectadas nem quantificadas concentrações de BTEX nas campanhas anteriores deste projeto, não existe variabilidade de resultados a ser verificada através de gráficos e testes estatísticos.

## V.2 - PLÂNCTON

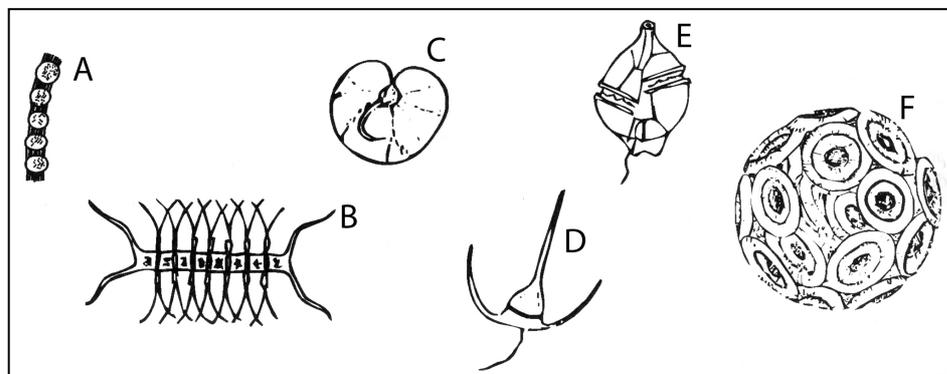
As comunidades planctônicas são formadas por uma grande diversidade de espécies de diminutos organismos uni e multicelulares, autotróficos e heterotróficos, representantes de diversos grupos taxonômicos (NYBAKKEN & BERTNESS, 2005).

A categorização dos organismos planctônicos se baseia em inúmeros critérios como dimensão corpórea, habitat, tempo de residência no domínio planctônico e grupo taxonômico. A classificação do plâncton por grupos taxonômicos insere estes organismos marinhos nas categorias bacterioplâncton (bactérias), viroplâncton (vírus), fitoplâncton (algas e demais organismos unicelulares autotróficos), zooplâncton (metazoários e protistas heterotróficos) e ictioplâncton (ovos e larvas de peixes) (BONECKER *et al.*, 2009).

### V.2.1 - Fitoplâncton

O fitoplâncton é representado por procariotos e eucariotos, pluricelulares ou unicelulares, que podem ou não formar colônias. No entanto, a grande maioria é unicelular. São microrganismos autotróficos que pertencem a várias classes. Microalgas é um termo genérico, pois este grupo é constituído por diversos organismos nos mais variados tamanhos pertencentes às seguintes classes: Bacillariophyceae (diatomáceas); Dinophyceae (dinoflagelados); Chlorophyceae (clorofíceas); Haptophyceae (cocolitoforídeos); Classe Crysoophyceae

(silicoflagelados); Cryptophyceae (criptofíceas) (BONECKER *et al.*, 2009; LALLI & PARSONS, 1995) (Figura V-21).



Fonte: Bonecker, Bonecker e Bassani (2009).

**Figura V-21** – Representação esquemática de alguns gêneros do fitoplâncton. Diatomáceas: (A) *Skeletonema*; (B) *Chaetoceros*; (C) *Pleurosigma*. Dinoflagelados: (D) *Noctiluca*; (E) *Ceratium*. Primnesiófita: (F) *Coccolithus*.

A comunidade fitoplanctônica possui grande importância nos ecossistemas, pois contribui com aproximadamente 90% da produção orgânica anual dos oceanos, formando a base da teia alimentar marinha (GAETA & BRANDINI, 2006.). Portanto, oscilações em sua estrutura podem acarretar modificações em todos os níveis tróficos do ecossistema marinho.

O crescimento das populações fitoplanctônicas possui sazonalidade devido a diferenças na incidência luminosa, além de outras variáveis físico-químicas da água como temperatura, efeitos hidrodinâmicos das correntes, ventos e turbidez. A concentração de nutrientes e as interações ecológicas, tais como herbivoria, parasitismo e competição, também são fatores reguladores do tamanho populacional das espécies de fitoplâncton (SOUZA, 2008). Devido ao seu curto ciclo de vida e as elevadas taxas de reprodução de suas espécies, a comunidade fitoplanctônica responde rapidamente às alterações do meio aquático, seja por variações no regime meteorológico ou por impactos antropogênicos (BRANDINI *et al.*, *op. cit.*). Desta forma, este componente do plâncton é uma útil ferramenta para avaliação e para monitoramento das condições ambientais do meio aquático.

Densidades elevadas de microalgas indicam alta produtividade biológica (centenas de milhares de organismos por litro), sendo mais comumente observadas

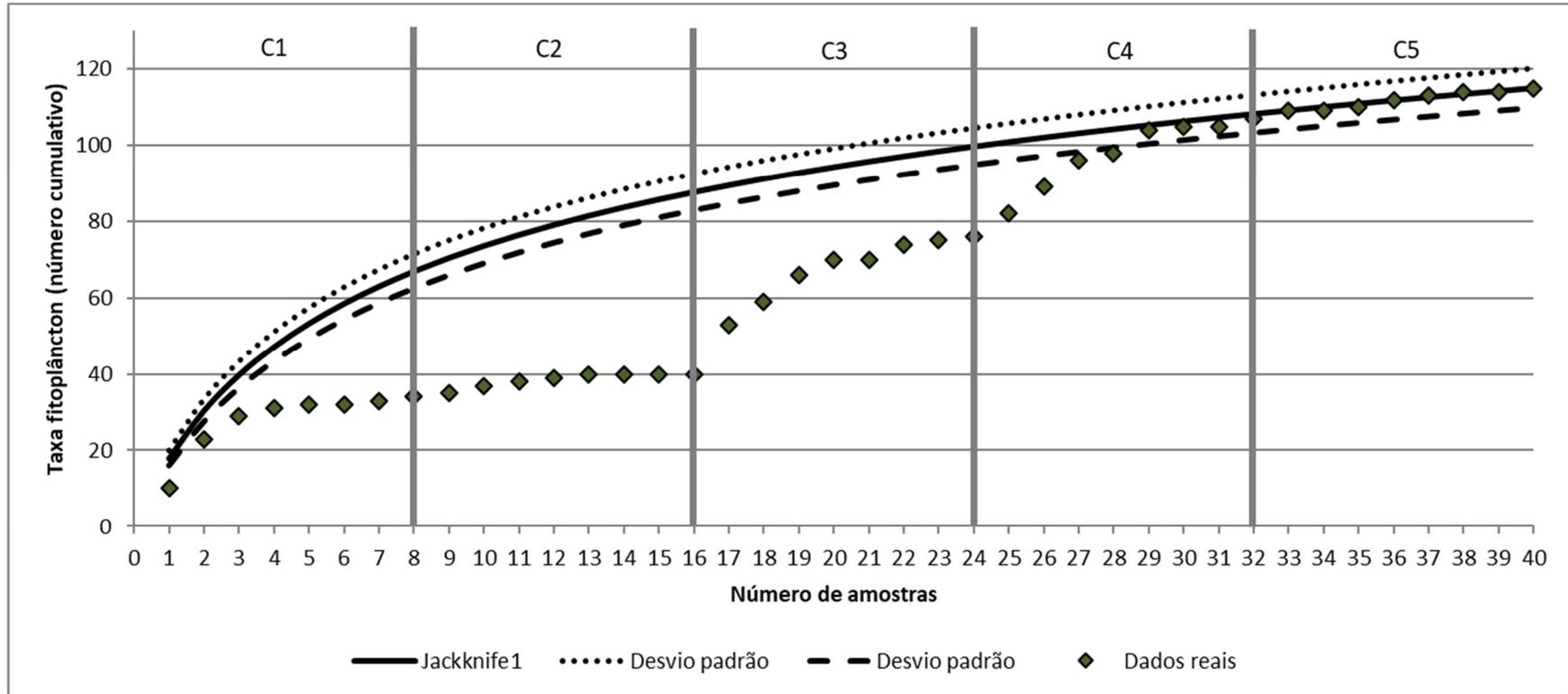
em áreas costeiras com reflexos geralmente positivos em ambientes naturais. De acordo com Sournia *et al.* (1991), são estimadas cerca de 5.000 espécies que constituem o fitoplâncton, das quais aproximadamente 300 podem ocorrer em grandes densidades na água do mar. No entanto, em certas situações, algumas espécies podem ser nocivas ao produzirem toxinas ou por causar impactos negativos ao ecossistema. Dentre as 5.000 espécies estimadas, aproximadamente 40 produzem toxinas (HALLEGRAEFF *et al.*, 1995). Essas espécies podem se reproduzir de forma assexuada, por divisão celular, e intensivamente em espaço de tempo relativamente curto, aumentando consideravelmente a sua biomassa e/ou densidade celular, originando as chamadas florações ou *blooms*.

Na comunidade fitoplanctônica, os organismos presentes estabelecem relações intra e interespecíficas complexas, gerando uma intensa competição por espaço e recursos orgânicos e inorgânicos (BRANDINI *et al.*, 1997). A ecologia e composição do fitoplâncton são frequentemente utilizadas como ferramenta em estudos de caracterização de qualidade de água (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2008). Isso ocorre devido ao fato de serem organismos indicadores de alterações ambientais, pois a degradação dos ambientes aquáticos pode influenciar na distribuição espacial e temporal dos mesmos (BARBOSA, 2002).

### V.2.1.1 - Avaliação da Amostragem

Durante as cinco campanhas de monitoramento realizadas, foram coletadas 40 amostras para esse grupo, contabilizando, no total, 115 taxa (34 na primeira campanha, 6 na segunda, 36 na terceira, 31 na quarta e 8 na quinta) (Figura V-22). Na primeira campanha, podem ser observados incrementos de taxa na maioria das amostras. A partir da 4ª amostra, até onde já haviam sido coletados 31 taxa (27% do total), houve uma tendência à estabilização da curva, que se mantém até as amostras finais da segunda campanha, que registraram novos, porém baixos incrementos, e há um novo incremento nas primeiras amostras da terceira campanha, com tendência de estabilização da curva nas últimas amostras. Durante a quarta campanha, há novos incrementos nas amostras iniciais, com nova tendência de estabilização nas amostras finais. Na quinta campanha, houve novos poucos incrementos, e a tendência a estabilização das amostras, cujos dados reais

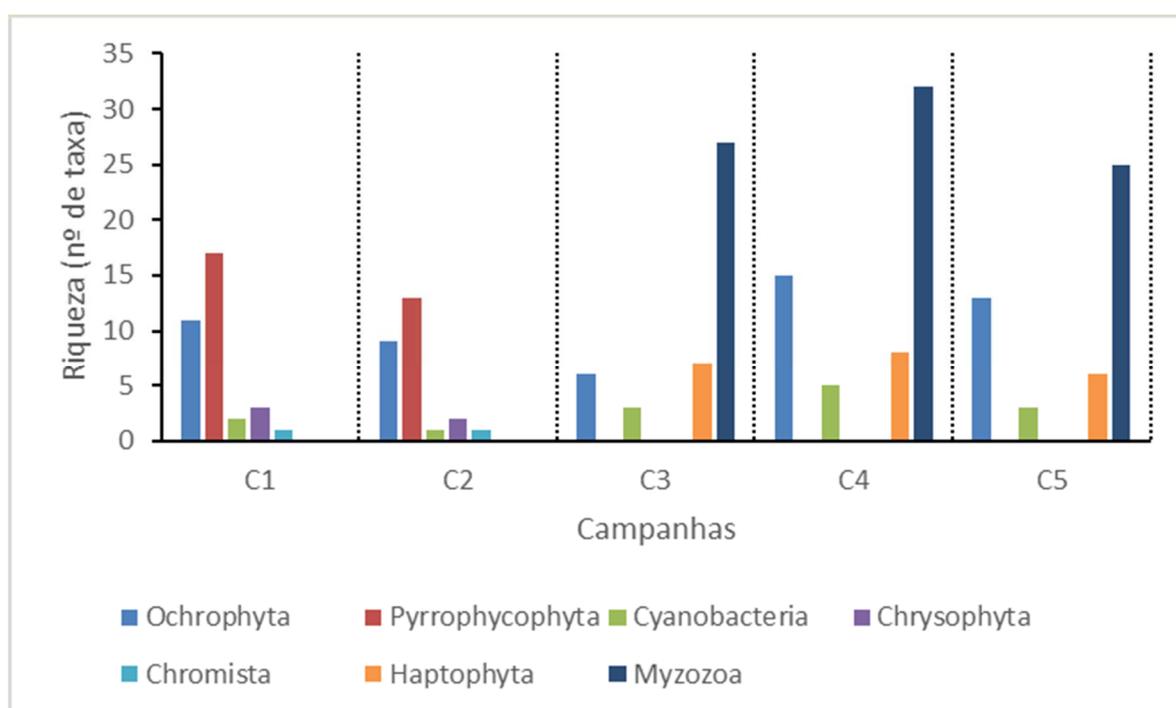
se distribuíram sobre a curva de Jackknife 1, que representa o número cumulativo de taxa esperado. Estes resultados evidenciam a importância do esforço amostral realizado nas campanhas, que permitiu identificar grande parte dos taxa presentes já nas primeiras amostras. A estabilização da curva indica ainda a baixa probabilidade do aumento do número de riqueza diante de um aumento do esforço de amostragem. É possível que parte das diferenças verificadas no número de taxa entre as campanhas esteja associada a diferenças na identificação de alguns organismos em decorrência da mudança do laboratório executor das análises taxonômicas, ocorrida entre a segunda e terceira campanha. Ressalta-se que tais diferenças são aceitáveis, tendo em conta a subjetividade inerente destas análises, que dependem da experiência e conhecimento dos especialistas, bem como da integridade dos organismos coletados, e considerando também a melhoria contínua dos procedimentos analíticos.



**Figura V-22** – Taxa fitoplânctonica (número cumulativo) encontrados ao longo das campanhas PMPR\_DP-BUZ-1. A linha preta representa a curva de Jackknife1, ou seja, o número cumulativo de taxa esperados e as linhas tracejadas representam o desvio padrão da curva.

### V.2.1.2 - Análise Qualitativa

No presente trabalho, foram registrados organismos pertencentes a quatro filos: Ochrophyta, Cyanobacteria, Haptophyta e Myzozoa. O filo Myzozoa foi o mais rico entre os registros, e apresentou riqueza total de 25 taxa. Haptophyta e Ochrophyta apresentaram, respectivamente, 6 e 13 taxa, enquanto o filo Cyanobacteria registrou apenas 3 taxa. Vale ressaltar que o nível taxonômico das identificações foi variável, e que podem existir mais espécies dentro dos taxa identificados em nível de ordem, família e gênero (Figura V-23). A listagem das espécies fitoplanctônicas coletadas na atual campanha está contida no Anexo X-23.



**Figura V-23** – Riqueza fitoplanctônicas (número de taxa) ao longo das campanhas do PMPR\_DP-BUZ-1.

Ao longo da plataforma continental brasileira, a comunidade fitoplanctônica é composta principalmente por diatomáceas e células flageladas do nanoplâncton e do microplâncton pertencentes às classes Dinophyceae, Prymnesiophyceae, Cryptophyceae, Prasinophyceae e Chlorophyceae (BRANDINI *et al.*, 1997).

Segundo o PCR-BS (Petrobras, 2022), estudo executado no período de 2019 a 2022, o nanoplâncton (1,8-20,0  $\mu\text{m}$ ) é importante para a composição da

comunidade localizada na plataforma externa e oceânica, apresentando uma maior contribuição, tanto em termos de densidade (99%) quanto de biomassa (47-90%), na região de talude como oceânica onde predominam condições oligotróficas.

Tanto os dinoflagelados (Divisão Pyrrophytophyta) quanto as diatomáceas (Divisão Ochrophyta) são organismos de grande importância para as comunidades fitoplanctônicas, pois constituem a base da teia alimentar aquática e possuem alta diversidade de espécies (BONECKER *et al.*, 2009; BRANDINI *et al.*, 1997; RAVEN *et al.*, 2001).

O grupo das diatomáceas necessita de maiores concentrações de nutrientes para sobreviver, e conseqüentemente é menos abundante em regiões oligotróficas afetadas pela Água Tropical (AT) (BRANDINI *et al.*, 1997). Ochrophyta é uma classe cosmopolita que habita ambientes aquático, terrestre ou subaéreo (fixada em macroalgas e fanerógamas) e no sedimento (BOLD & WYNNE, 1985).

Em áreas com maior concentração de nutrientes as diatomáceas têm maior sucesso de colonização, já os dinoflagelados são um grupo oportunista, devido ao fato de serem melhores competidores em condições mais instáveis como, por exemplo, concentrações irregulares de nutrientes (HALLEGRAEFF *et al.*, 1995).

As cianobactérias (filo Cyanobacteria) são bactérias fotossintetizantes encontradas em diversos tipos de ambientes como ambientes terrestres, de água doce, salobra ou marinha, além de habitats extremos como fontes termais, neve ou deserto. Cianofíceas podem ocorrer no plâncton e nos bentos. Apesar de sua ampla distribuição, o maior número de espécies desse grupo é registrado em ambientes dulcícolas, sendo um grupo menos rico nos sistemas marinhos (BONECKER *et al.*, 2009; BRANCO *et al.*, 2003). As cianofíceas vêm sendo retiradas do grupo das algas, por serem microrganismos. No entanto, as cianobactérias possuem um sistema fotossintetizante semelhante ao das algas e de vegetais eucariontes sendo, portanto, bactérias fotossintetizantes (BRANDINI *et al.*, 1997; ESTEVES & SUZUKI, 2011; LOURENÇO & MARQUES-JR, 2009).

Algumas espécies de algas são capazes ainda de produzir toxinas, nocivas ao homem e ao meio ambiente. No entanto, as mesmas são consideradas nocivas quando ocorrem em altas concentrações, acima de  $10^6$  ind/L (BRANDINI *et al.*, 1997; VILLAC, 1990). Por este motivo, o monitoramento das comunidades

fitoplanctônicas representa uma ferramenta importante para análise de qualidade da água e avaliação do equilíbrio ecológico nos sistemas aquáticos.

### V.2.1.3 - Análise Quantitativa

Na Tabela V-16, são apresentados os valores de riqueza (número de taxa), densidade (ind/L), diversidade (bits/ind) e equitabilidade para a comunidade fitoplânctônica encontrados na atual campanha. Já na Tabela V-17, são apresentados os resultados mínimo e máximo dos índices ecológicos da comunidade fitoplanctônica nas campanhas de monitoramentos ambientais anteriores realizadas na região. No Quadro IV-2 são citados os meses e anos de coleta das respectivas campanhas, que foram realizadas de outubro a fevereiro entre os anos de 2010 e 2022, ou seja, todas as amostragens foram realizadas durante a primavera e o verão, o que pode ter influenciado parte dos resultados encontrados, além de variações interanuais.

**Tabela V-16** - Valores de riqueza (número de taxa), densidade (ind/L), diversidade (bits/ind) e equitabilidade encontrados para a comunidade fitoplanctônica da atual campanha de monitoramento.

Estação	Estratos	Riqueza (número de taxa)	Densidade (ind/L)	Diversidad e (bits/ind)	Equitabilidade
DP-BUZ-1_M1000	SUP	19	256,76	2,43	0,83
	ACTC	17	229,53	2,37	0,84
	TC	26	219,29	2,57	0,79
	ABTC	25	257,22	2,58	0,80
DP-BUZ-1_J1002	SUP	24	252,52	2,56	0,80
	ACTC	23	211,52	2,46	0,79
	TC	18	251,24	2,33	0,81
	ABTC	16	235,17	2,28	0,82
	mínimo	16,00	211,52	2,28	0,79
	máximo	26,00	257,22	2,58	0,84
	média	21,00	239,16	2,45	0,81
	desvio padrão	3,93	17,84	0,11	0,02

**Tabela V-17 – Resultados (mínimo e máximo) ecológicos obtidos para a comunidade fitoplanctônica do PMPR\_DP-BUZ-1 e outras campanhas anteriores realizadas na região.**

Empreendimento	Riqueza (número de taxa)		Densidade (ind/m <sup>2</sup> )		Diversidade (bits/ind)		Equitabilidade	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
DP-BUZ-1_C1 <sup>1</sup>	7	21	30,5	181,44	1,67	2,70	0,73	0,94
DP-BUZ-1_C2 <sup>2</sup>	8	16	38,78	120,15	1,61	2,50	0,73	0,95
DP-BUZ-1_C3 <sup>3</sup>	14	21	447,31	789,66	1,78	2,19	0,66	0,72
DP-BUZ-1_C4 <sup>4</sup>	18	31	268,04	473,85	2,00	2,61	0,69	0,76
URG_C3 <sup>5</sup>	12	37	189.483,70	325.455,30	0,50	0,82	0,41	0,68
URG_C4 <sup>6</sup>	14	37	1.081.403,00	1.336.833,50	0,03	0,23	0,01	0,07
URG_C5 <sup>7</sup>	2	8	9.000,00	28.000,00	1,35	2,47	0,62	0,85
URG_C6 <sup>8</sup>	2	2	0,00	1.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00
URG_C7 <sup>9</sup>	1	4	100,00	1.000,00	0,00	1,19	0,00	1,00
URG_C8 <sup>10</sup>	1	2	20,00	240,00	0,00	0,69	0,00	1,00
URG_C9 <sup>11</sup>	0	5	0,00	360,00	0,00	1,34	0,00	0,97
URG_C10 <sup>12</sup>	6	16	28,92	135,18	1,62	2,26	0,68	0,95
URG_C11 <sup>13</sup>	9	19	57,64	211,99	1,80	2,75	0,74	0,94
URG_C12 <sup>14</sup>	4	11	9,76	169,28	1,39	2,16	0,64	1,00
URG_C13 <sup>15</sup>	13	20	393,44	527,57	1,71	2,07	0,66	0,72
URG_C14 <sup>16</sup>	9	27	299,48	682,72	1,27	2,52	0,58	0,77
PIL-LL-NE_C1 <sup>17</sup>	0	5	0	8.0000	0	0,50	0	0,45
PIL-LL-NE_C2 <sup>18</sup>	2	5	200	500	0,69	1,61	0,95	1
PIL-LL-NE_C3 <sup>19</sup>	0	3	0	100	0,00	1,10	0,00	1,00
PIL-LL-NE_C4 <sup>20</sup>	0	6	0	380	0	1,70	0	1,00
PIL-LL-NE_C5 <sup>21</sup>	8	15	43,68	89,01	1,81	2,62	0,83	0,97

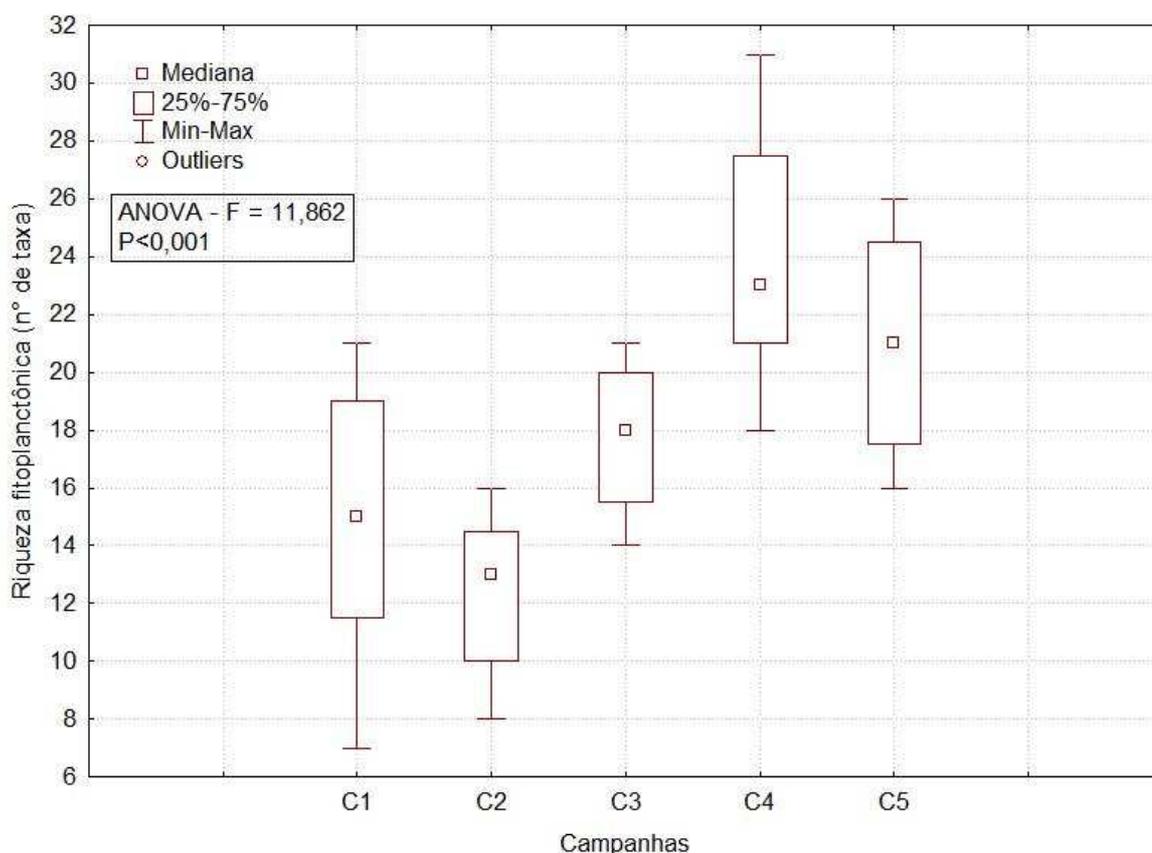
Empreendimento	Riqueza (número de taxa)		Densidade (ind/m <sup>2</sup> )		Diversidade (bits/ind)		Equitabilidade	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
<b>PIL-LL-NE_C6</b> <sup>22</sup>	7	13	21,69	183,24	1,83	2,25	0,86	0,97
<b>PIL-LL-NE_C7</b> <sup>23</sup>	6	11	49,19	160,54	1,13	2,16	0,57	0,90
<b>PIL-LL-NE_C8</b> <sup>24</sup>	15	23	455,87	819,51	2,09	2,33	0,73	0,78
<b>PIL-LL-NE_C9</b> <sup>25</sup>	18	27	335,14	602,08	1,90	2,56	0,66	0,81
<b>DP-IRA-S_C1</b> <sup>26</sup>	0	6	0	900	0,00	1,68	0,00	0,96
<b>DP-IRA-S_C2</b> <sup>27</sup>	0	1	0	40	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>DP-IRA-S_C3</b> <sup>28</sup>	0	4	0	140	0	1,15	0	0,83
<b>DP-IRA-S_C4</b> <sup>29</sup>	4	15	22,73	52,20	1,28	2,64	0,78	0,97
<b>DP-IRA-S_C5</b> <sup>30</sup>	10	20	74,79	171,22	1,92	2,71	0,83	0,94
<b>DP-IRA-S_C6</b> <sup>31</sup>	7	12	30,04	421,98	1,44	2,20	0,65	0,96
<b>DP-IRA-S_C7</b> <sup>32</sup>	18	24	465,54	705,59	2,08	2,31	0,69	0,80
<b>DP-IRA-S_C8</b> <sup>33</sup>	17	27	392,00	500,50	1,96	2,50	0,69	0,78

Fonte: 1 = Petrobras/Bourscheid (2019a); 2 = Petrobras/Bourscheid (2020c); 3 = Petrobras/Bioconsult (2021); 4 = Petrobras/Bioconsult, (2023a); 5= Petrobras/Analytical Solutions (2012); 6 = Petrobras/Analytical Solutions (2013); 7 = Petrobras/Bourscheid (2014); 8 = Petrobras/Bourscheid (2015a); 9 = Petrobras/Bourscheid (2016a); 10 = Petrobras/Bourscheid (2017a); 11 = Petrobras/Bourscheid (2018a); 12 = Petrobras/Bourscheid (2019b); 13 = Petrobras/Bourscheid (2019c); 14 = Petrobras/Bourscheid (2020d); 15 = Petrobras/Bioconsult (2022a); 16 = Petrobras/Bioconsult (2022b); 17 = Petrobras/Bourscheid (2015b); 18 = Petrobras/Bourscheid (2015c); 19 = Petrobras/Bourscheid (2018b); 20 = Petrobras/Bourscheid (2018c); 21 = Petrobras/Bourscheid (2019d); 22 = Petrobras/Bourscheid (2019e); 23 = Petrobras/Bourscheid (2020a); 24 = Petrobras/Bioconsult (2022c); 25 = Petrobras/Bioconsult (2022d); 26 = Petrobras/Bourscheid (2016b); 27 = Petrobras/Bourscheid (2017b); 28 = Petrobras/Bourscheid (2018d); 29 = Petrobras/Bourscheid (2019f); 30 = Petrobras/Bourscheid (2019g); 31 = Petrobras/Bourscheid (2020b); 32 = Petrobras/Bioconsult (2022e); 33 =Petrobras/Bioconsult (2023b).

A análise da comunidade fitoplanctônica registrou um total de 47 taxa, dentre os quais, 2 foram identificados a nível de ordem, 9 a nível de gênero e 36 a nível de espécie. O número de taxa variou entre 16, na amostra DP-BUZ-1\_J1002\_ABTC, a 26, em DP-BUZ-1\_M1000\_TC, com média de  $21,00 \pm 3,93$  taxa.

Os dados de riqueza total da atual campanha (valores de riqueza entre 16 e 26 taxa) estão na faixa de variação dos valores registrados para a maioria dos resultados obtidos nas campanhas anteriores realizadas na região (valores de riqueza entre 0 e 37 taxa) (Tabela V-17).

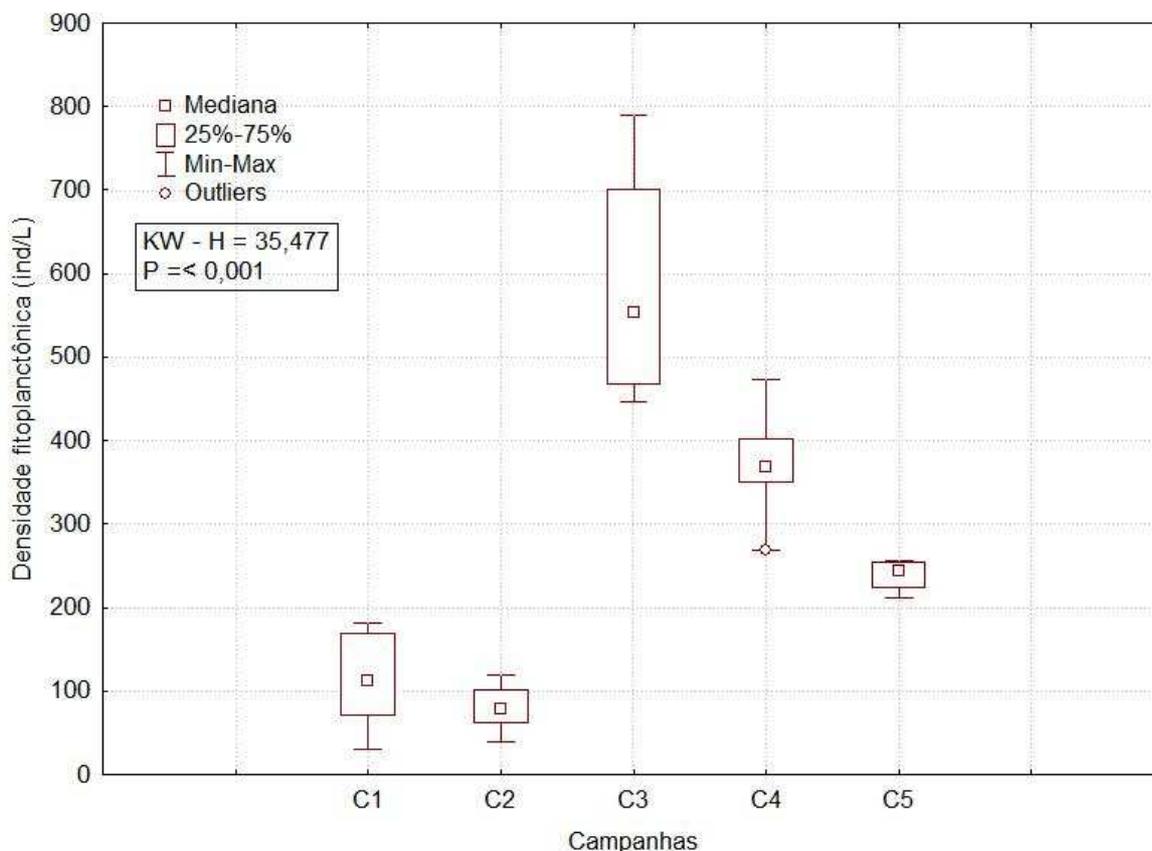
Foram encontradas diferenças significativas de riqueza de taxa entre as campanhas de monitoramento (ANOVA,  $p < 0,001$ ), com a primeira campanha diferindo da segunda; a terceira campanha diferindo da segunda e da quinta; e com a quarta diferindo da segunda (Tukey,  $p < 0,05$ ). A quarta e quinta campanha de monitoramento do DP-BUZ-1 apresentaram maiores valores de riqueza de taxa, comparada às demais campanhas, enquanto a primeira apresentou maior amplitude de valores (Figura V-24).



**Figura V-24** - Box plots representativos dos valores de riqueza (nº de taxa) das comunidades fitoplanctônicas encontradas no PMPR\_DP-BUZ-1.

A densidade média dos organismos fitoplanctônicos da atual campanha foi de  $239,16 \pm 17,84$  ind/L, variando de 257,22 ind/L, na amostra DP-BUZ-1\_M1000\_ABTC, a 211,52 ind/L, na amostra DP-BUZ-1\_J1002\_ACTC. Em comparação aos dados de densidade já verificados para a região (Tabela V-17), observa-se que eles variaram bastante, e que os resultados da atual campanha se encontram na faixa de variação dos valores reportados nos estudos da região. A lista completa com os valores quantitativos dos taxa é apresentada no Anexo X-23.

Foram encontradas diferenças significativas de densidade entre as campanhas de monitoramento (*Kruskal-Wallis*,  $p < 0,05$ ), com a terceira campanha de monitoramento do DP-BUZ-1 apresentando os maiores valores de densidade e maior amplitude de valores, em comparação às demais campanhas (Figura V-25). Além disso, a terceira e a quarta campanha diferiram da primeira e da segunda campanha, enquanto a quinta não teve diferenças significativas na avaliação par a par (*Tukey*,  $p < 0,05$ ).

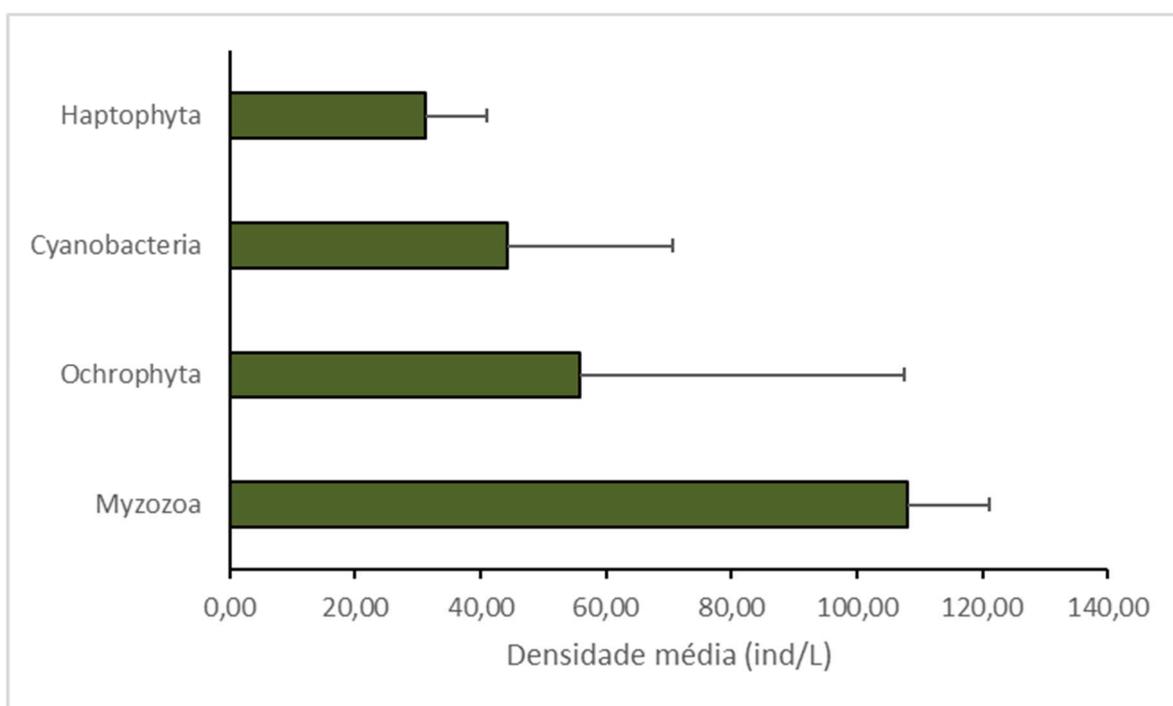


**Figura V-25** – Box plots representativos dos valores de densidade fitoplanctônica (ind/L) encontradas no PMPR\_DP-BUZ-1.

Nas áreas oceânicas do Brasil, a densidade fitoplanctônica varia de  $50 \times 10^3$  a  $200 \times 10^3$  ind/L (KOENING & MACEDO, 1999; MEDEIROS *et al.*, 1999). No entanto, altas densidades podem ser encontradas devido a florações de espécies de algas oportunistas a condições adversas no ambiente ou fenômenos de ressurgência (CASTRO & MOSER, 2012).

Na Bacia de Santos as densidades celulares médias obtidas entre todas as estações oceanográficas monitoradas no projeto do PCR-BS (Petrobras, 2022) variaram significativamente entre cada classe de tamanho considerada. A média global da densidade do microplâncton na superfície foi de até  $1.026 \times 10^3$  cels/L, enquanto a densidade do nanoplâncton foi de  $52,4 \times 10^5$  cels/L, para o verão. No inverno, esses valores foram menores,  $385,9 \times 10^3$  cel/L e  $38,1 \times 10^5$  cel/L, respectivamente.

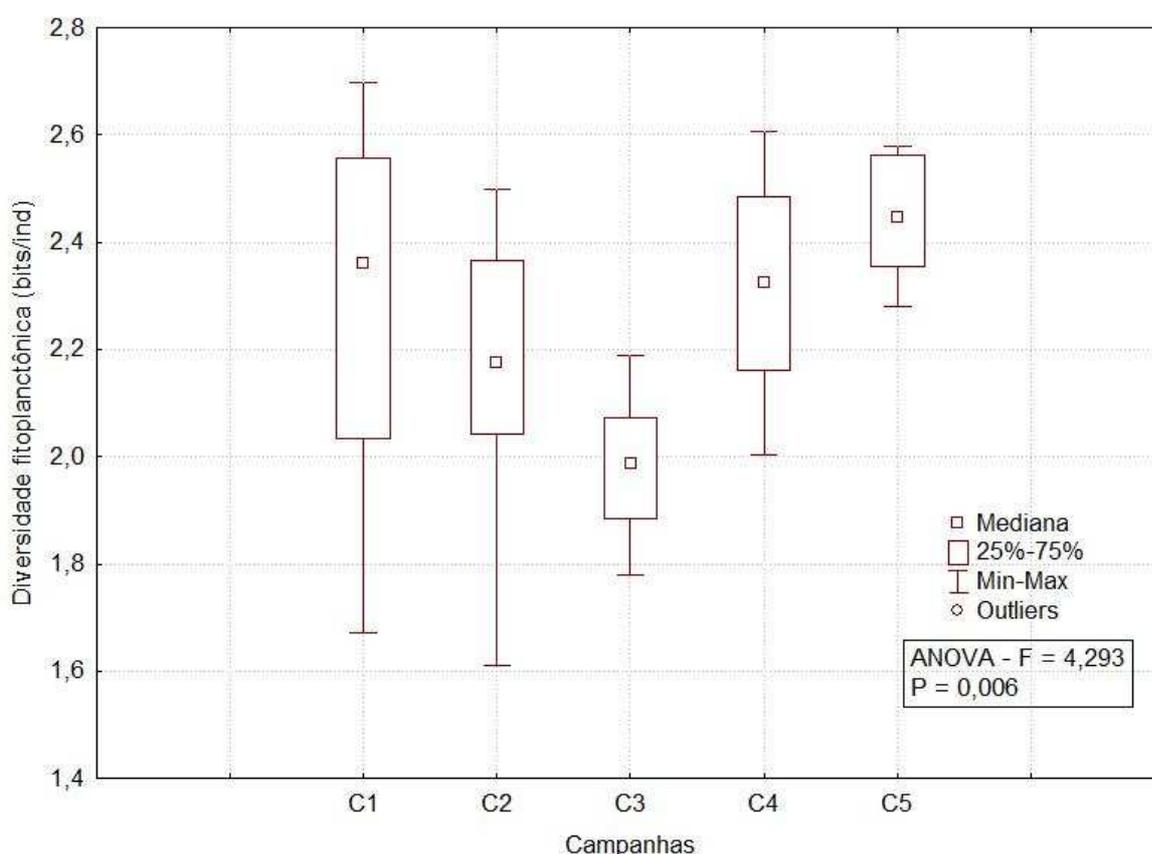
Nesta campanha atual, o filo Myzozoa registrou densidade média de  $108,02 \pm 20,20$  ind/L, seguido pelo filo Ochrophyta, com  $55,75 \pm 16,03$  ind/L. Cyanobacteria apresentou densidade de  $44,20 \pm 26,55$  ind/L enquanto Haptophyta registrou  $31,19 \pm 12,95$  ind/L. (Figura V-26). Nas duas primeiras campanhas foram observadas maiores densidades da divisão Ochrophyta (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2019a, 2020c), enquanto na terceira e quarta campanha foram encontradas maiores densidades de Cyanobacteria (PETROBRAS/BIOCONSULT, 2021; 2023a).



**Figura V-26** – Densidade média fitoplanctônicas (ind/L) da atual campanha de monitoramento ambiental.

O índice de diversidade apresentou resultados variando entre 2,28 bits/ind, na amostra DP-BUZ-1\_J1002\_ABTC e 2,58 bits/ind, na amostra DP-BUZ-1\_M1000\_ABTC, com média de  $2,45 \pm 0,11$  bits/ind (Tabela V-17). Em comparação com os dados de diversidade já verificados para a região (Tabela V-17), os quais apresentam uma grande variabilidade de valores, observa-se que os resultados da atual campanha se encontram na faixa de variação dos valores já obtidos para a região, sendo levemente superiores aos valores registrados na maioria das campanhas.

Na Figura V-27 são apresentados os valores de diversidade de fitoplâncton obtidos nas campanhas de monitoramento ambiental do DP-BUZ-1. Foram encontradas diferenças significativas de diversidade entre as campanhas de monitoramento (ANOVA,  $p=0,006$ ). Apenas a quinta campanha diferiu significativamente da terceira campanha, com essa última apresentando os menores valores de diversidade (Tukey,  $p < 0,05$ ). Embora a primeira campanha tenha os maiores máximos de diversidade, assim como maior variação nos resultados (valores entre 1,67 e 2,70 bits/ind), mas não foram encontradas diferenças significativas entre os valores de diversidade dessa campanha com as demais (Tukey,  $p > 0,05$ ).

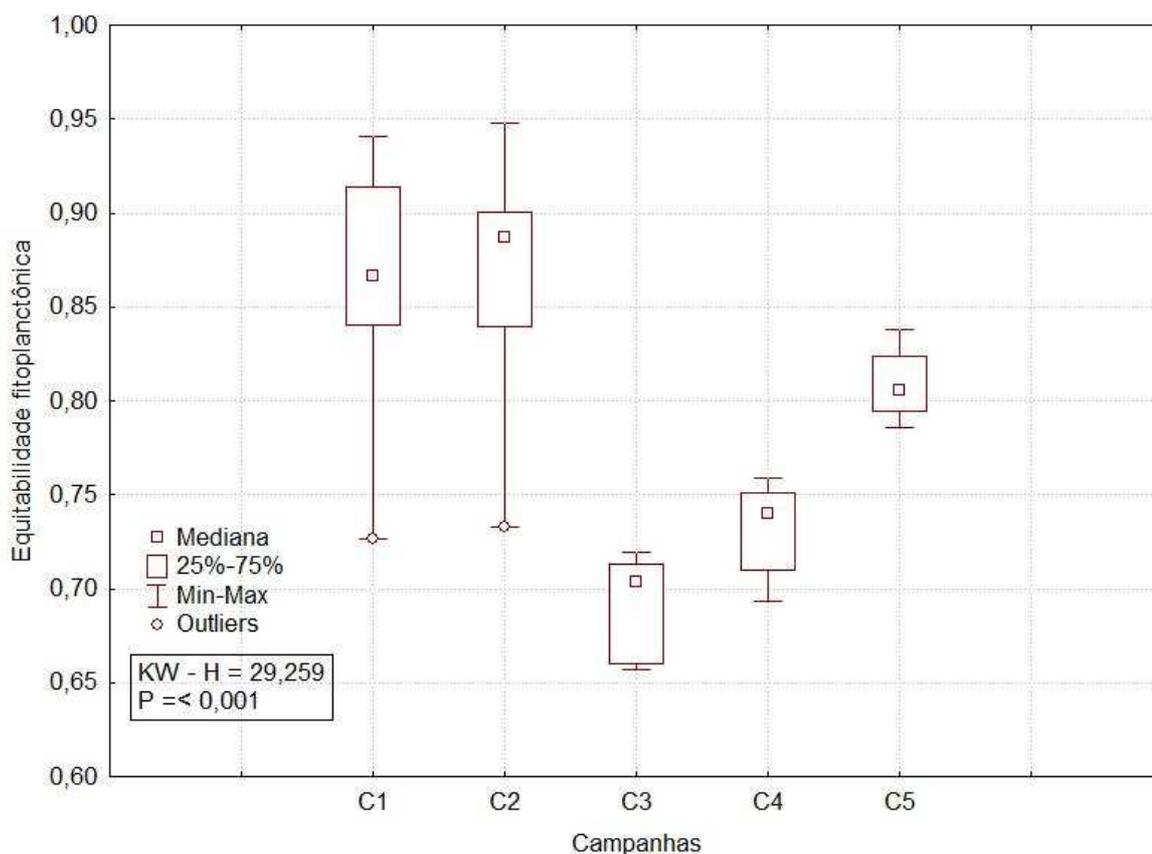


**Figura V-27** – Box plots representativos dos valores de diversidade fitoplanctônica (bits/ind) encontradas no PMPR\_DP-BUZ-1.

A equitabilidade para essa campanha apresentou média de  $0,81 \pm 0,02$ . As amostras DP-BUZ-1\_M1000\_TC e DP-BUZ-1\_J1002\_ACTC apresentaram a menor equitabilidade (0,79), enquanto a maior equitabilidade foi registrada na

amostra DP-BUZ-1\_M1000\_ACTC (0,84) (Tabela V-17). Em comparação aos dados de equitabilidade já verificados para a região (Tabela V-17), observa-se que eles variaram bastante, e que os resultados da atual campanha se encontram na faixa de variação dos valores já obtidos para a região, na maioria das campanhas.

Na Figura V-28 são apresentados os valores de equitabilidade de fitoplâncton obtidos nas campanhas de monitoramento ambiental do DP-BUZ-1 (valores entre 0,73 e 0,94 para a primeira campanha, entre 0,73 e 0,95 para a segunda campanha, entre 0,66 e 0,72 para a terceira, entre 0,69 e 0,76 para a quarta, e entre 0,79 e 0,84). A primeira e a segunda campanha apresentaram valores mínimo e máximo muito próximos para a equitabilidade, enquanto a terceira campanha apresentou valores inferiores, já a quarta e a quinta tenderam a apresentar valores intermediários. Foram encontradas diferenças significativas entre as campanhas de monitoramento (*Kruskal-Wallis*,  $p < 0,05$ ), com a terceira campanha diferindo das demais, e a quarta diferindo da segunda (Tukey,  $p < 0,05$ ).

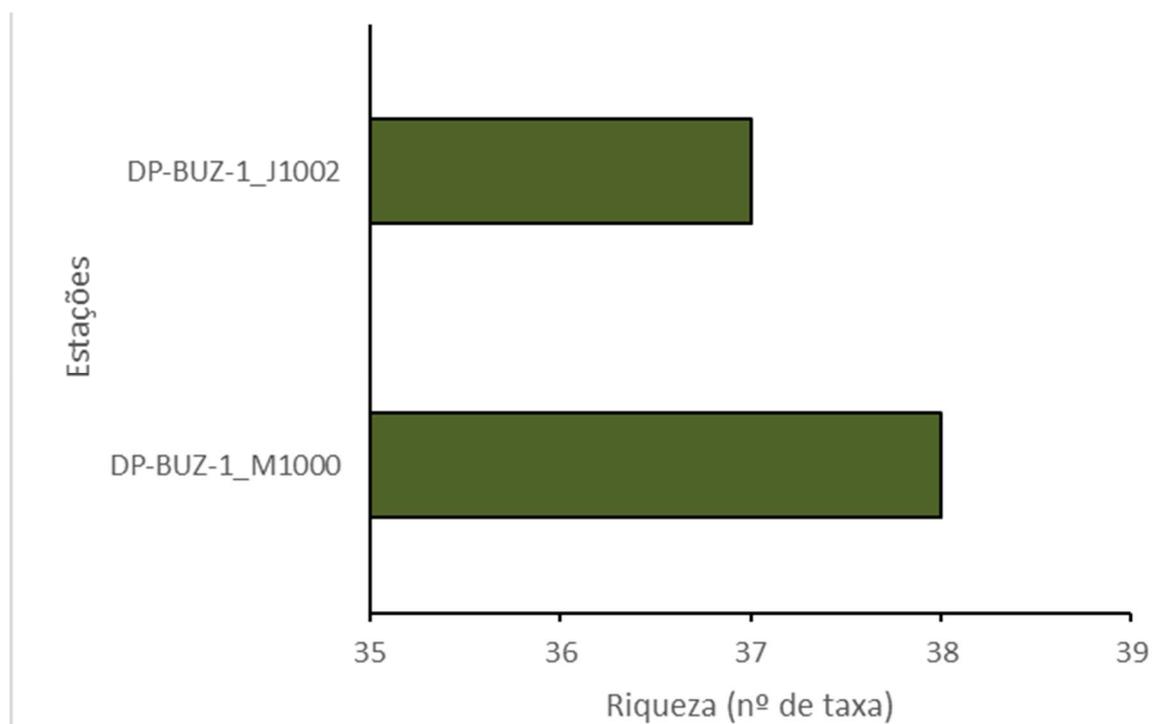


**Figura V-28** – Box plots representativos dos valores de equitabilidade fitoplanctônica encontradas no PMPR\_DP-BUZ-1.

Por fim, é importante salientar que, embora todas as campanhas tenham utilizado os mesmos critérios de identificação (até o menor nível taxonômico possível) e contabilização dos organismos, bem como as mesmas fórmulas de cálculo para os índices ecológicos, conforme explicado na metodologia deste relatório, é possível que existam diferenças oriundas das subjetividades inerentes do método analítico, isto é, do menor nível taxonômico encontrado em cada uma das campanhas, devido às diferentes condições de integridade dos organismos e aos diversos graus de experiência dos analistas envolvidos nas identificações. Neste sentido, também é possível que a troca de laboratório ocorrida entre a segunda e terceira campanhas tenha influenciado nos resultados gerados e, conseqüentemente, nas diferenças encontradas entre as campanhas.

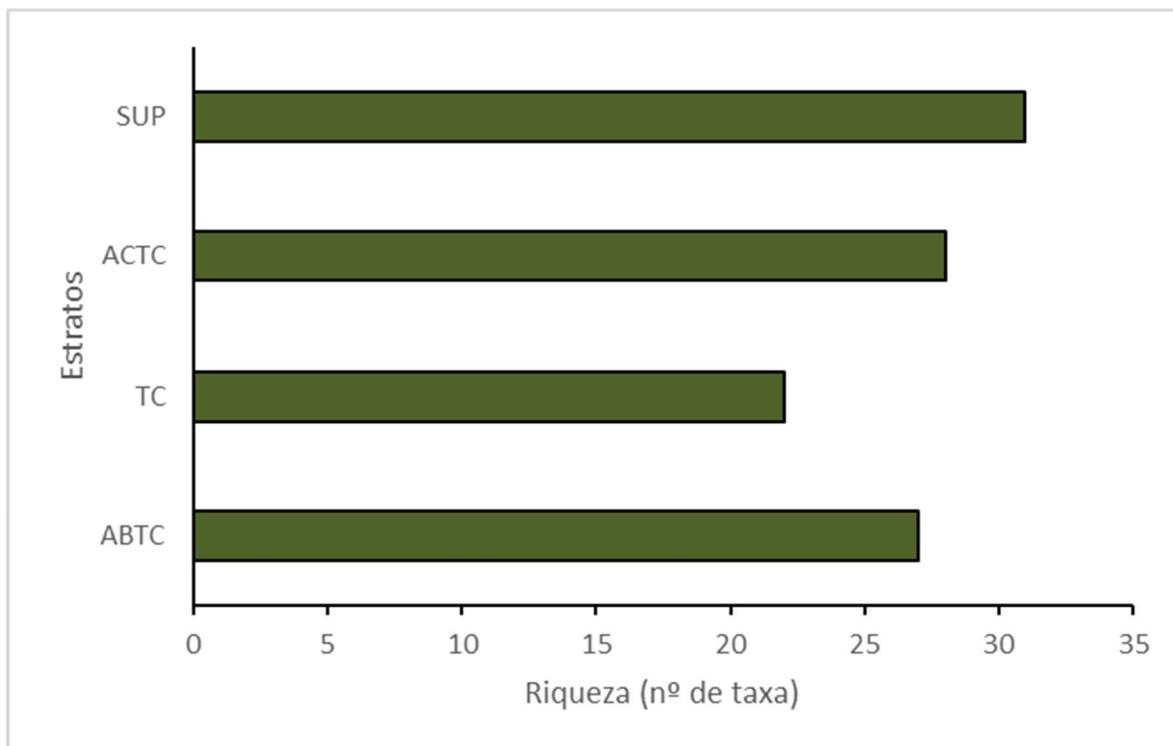
#### V.2.1.4 - *Análise da Distribuição Espacial do Fitoplâncton*

Avaliando a riqueza total de cada estação, pode-se observar que esse índice variou entre 37, na estação DP-BUZ-1\_J1002, e 38 taxa, na estação DP-BUZ-1\_M1000 (Figura V-29).



**Figura V-29** – Riqueza fitoplanctônicas (Número de taxa) da atual campanha de monitoramento ambiental.

A riqueza total nas diferentes profundidades variou de 22 a 31 taxa (Figura V-30). A maior riqueza foi observada na SUP, enquanto a menor foi registrada na TC.

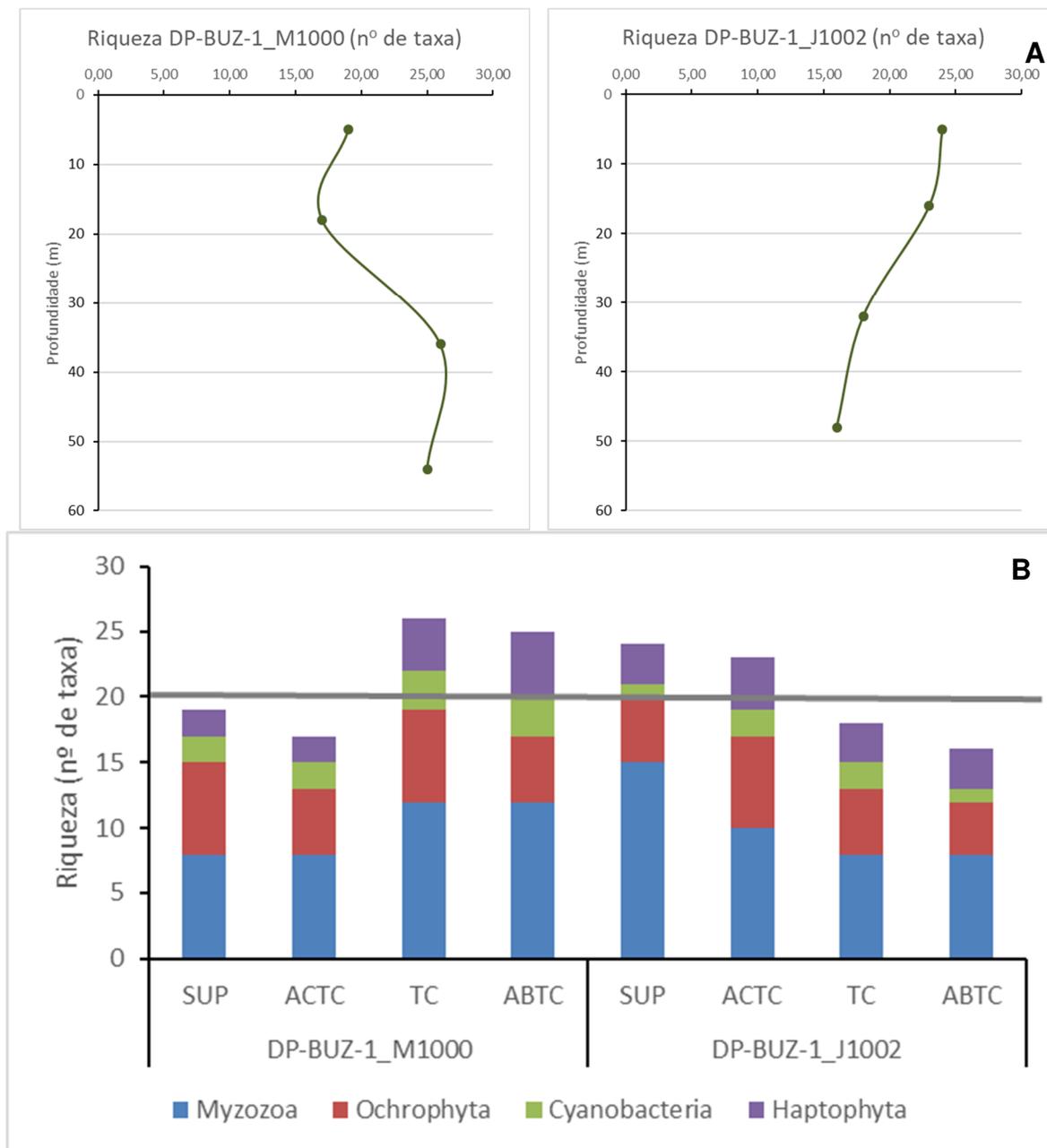


Legenda: SUP: amostragem na superfície; ACTC: amostragem acima da termoclina; TC: amostragem na termoclina; ABTC: amostragem abaixo da termoclina.

**Figura V-30** – Riqueza fitoplanctônica (Número de taxa) da atual campanha de monitoramento ambiental.

A distribuição vertical da riqueza na estação DP-BUZ-1\_M1000, ocorreu com os valores aumentando de SUP até a TC e mantendo-se similares da TC até a ABTC. Na estação DP-BUZ-1\_J1002, a riqueza diminuiu da SUP até a ABTC (Figura V-31A).

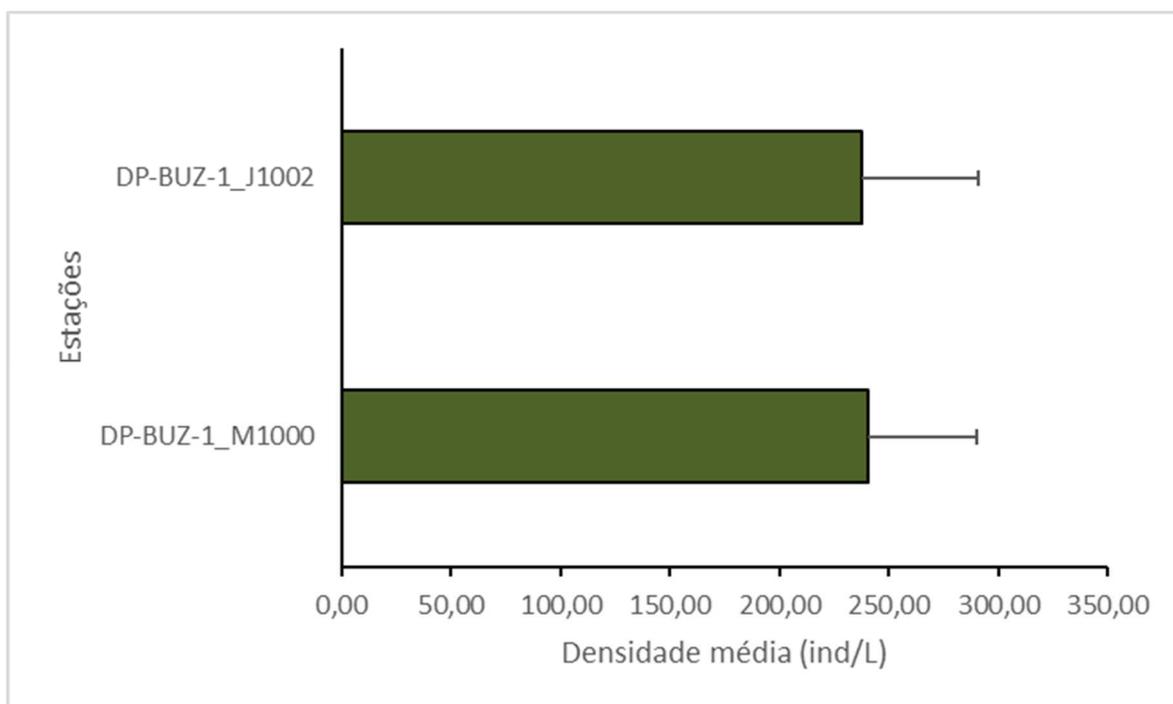
Também foi possível observar que, na distribuição de taxa entre as estações e profundidades, todos os filos ocorreram em todas as amostras, com contribuição nas amostras de, no mínimo, 01 taxa. Myzozoa dominou em riqueza em todas as amostras, seguido por Ochrophyta (Figura V-31B).



Legenda: SUP: amostragem na superfície; ACTC: amostragem acima da termoclina; TC: amostragem na termoclina; ABTC: amostragem abaixo da termoclina.

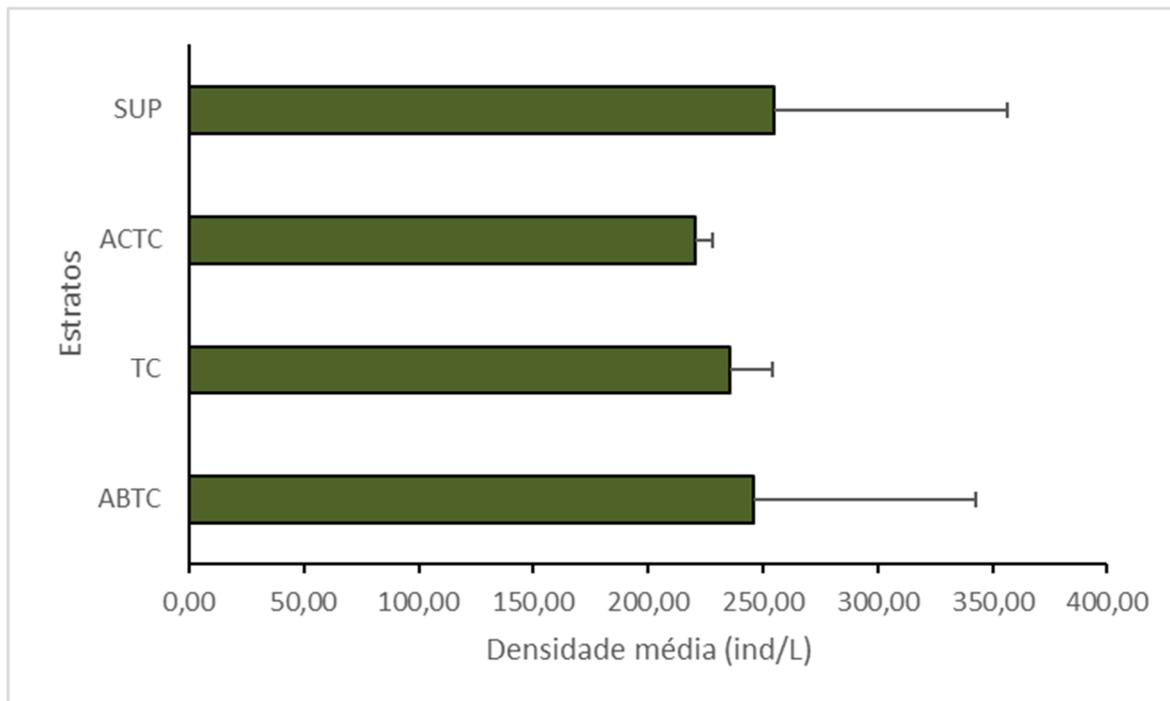
**Figura V-31** – Riqueza fitoplanctônica (Número de taxa) da atual campanha de monitoramento ambiental. A) Perfis de variação da riqueza na coluna d'água nas duas estações. B) Gráfico de barras, número de taxa das divisões fitoplanctônicas; a linha cinza representa a média de todas as amostras.

Com relação ao parâmetro densidade média nas estações, a estação DP-BUZ-1\_J1002 apresentou menores valores ( $237,61 \pm 19,10$  ind/L) em relação à estação DP-BUZ-1\_M1000 ( $240,70 \pm 19,27$  ind/L) (Figura V-32).



**Figura V-32** – Densidade média fitoplanctônicos (ind/L) da atual campanha de monitoramento ambiental. A barra verde representa a densidade média das estações  $\pm$  desvio-padrão.

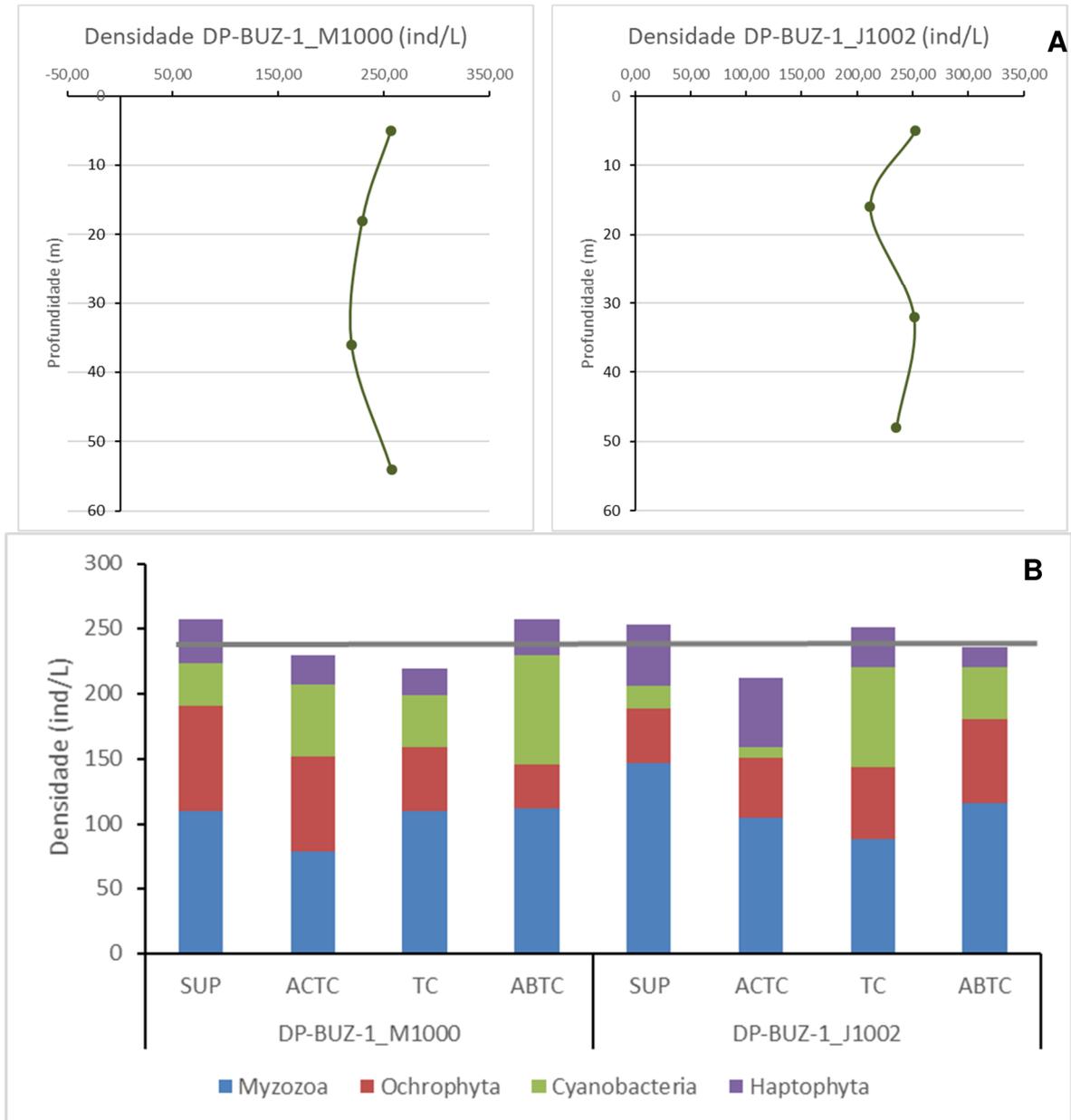
A densidade média nas profundidades variou de  $220,52 \pm 12,73$  ind/L, na ACTC, a  $254,64 \pm 3,00$  ind/L, na SUP. Na TC a densidade média foi de  $235,26 \pm 22,59$  ind/L, enquanto na ABTC foi registrada densidade média de  $246,19 \pm 15,59$  ind/L (Figura V-33).



Legenda: SUP: amostragem na superfície; ACTC: amostragem acima da termoclina; TC: amostragem na termoclina; ABTC: amostragem abaixo da termoclina.

**Figura V-33** – Densidade média fitoplanctônica (ind/L) da atual campanha de monitoramento ambiental. A barra verde representa a densidade média das profundidades  $\pm$  desvio-padrão.

A distribuição vertical dos valores de densidade, na estação DP-BUZ-1\_M1000, não variou muito, tendendo a ser maior em SUP e ABTC, reduzindo em ACTC e TC, igualmente na estação DP-BUZ-1\_J1002, os valores de densidade foram similares entre os estratos de profundidade, sendo maiores em SUP e TC, e menores em ACTC e ABTC (Figura V-34A). Myzozoa apresentou maiores valores de densidade em todas as amostras, contribuindo em média com 45% da densidade nessas amostras, seguido por Ochrophyta, que contribuiu em média com 23% (Figura V-34B).



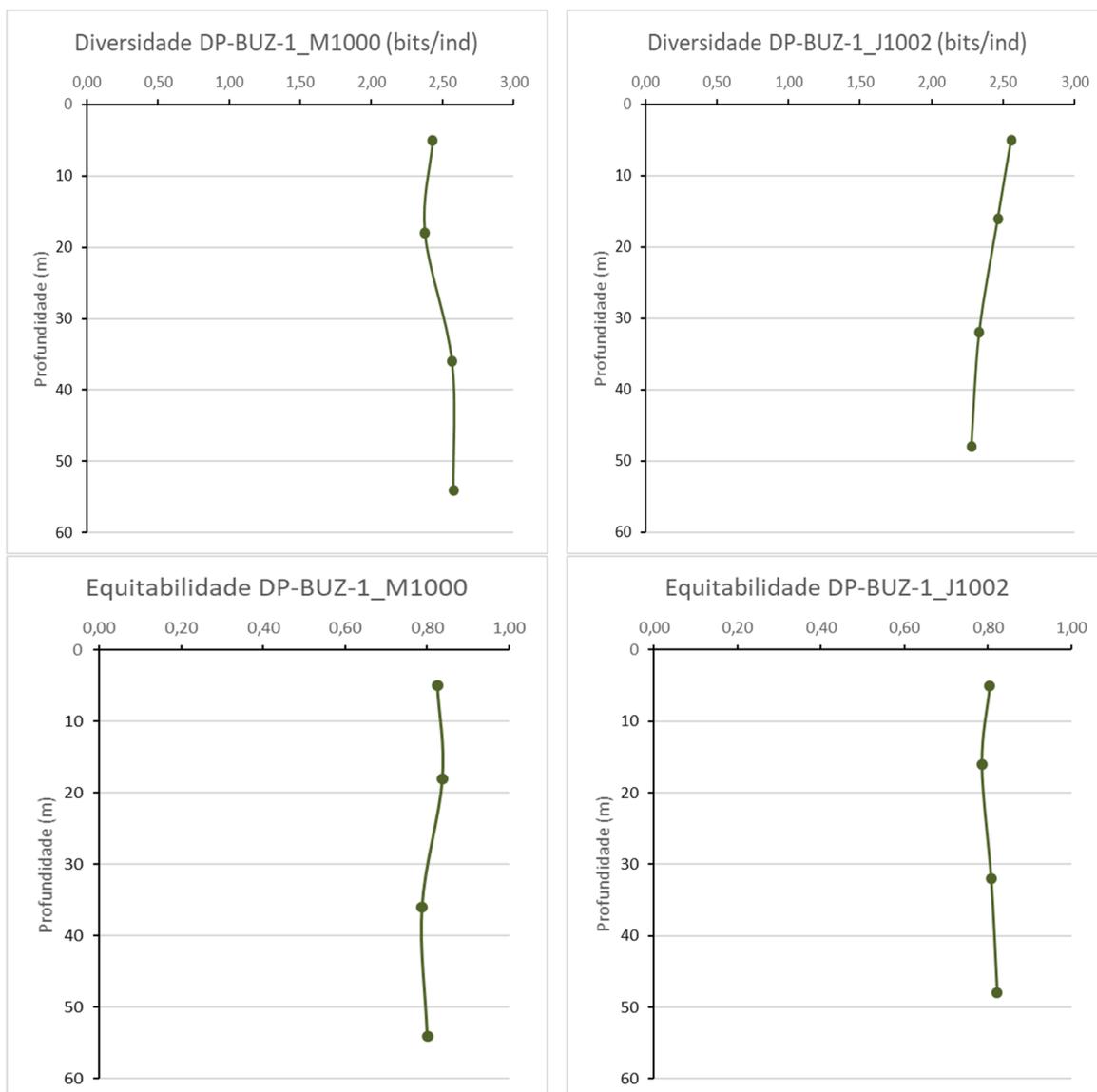
Legenda: SUP: amostragem na superfície; ACTC: amostragem acima da termoclina; TC: amostragem na termoclina; ABTC: amostragem abaixo da termoclina.

**Figura V-34** – Densidade fitoplanctônico (ind/L) da atual campanha de monitoramento ambiental. A) Perfis de variação da densidade na coluna d’água nas duas estações. B) Gráfico de barras com densidade das divisões fitoplanctônicas; linha cinza representa a média de todas as amostras.

A diversidade de Shannon apresentou valores sem grande variação ao longo da coluna da água, destaca-se que os maiores valores observados ocorreram na ABTC e TC de DP-BUZ-1\_M1000, com 2,58 e 2,57 bits/ind, respectivamente, enquanto na estação DP-BUZ-1\_J1002, na ABTC ocorreu o menor valor de diversidade (2,28 bits/ind). Semelhante padrão de pouca variação também ocorreu

para a equitabilidade. Sendo assim os maiores valores, 0,84 e 0,83, ocorreram na estação DP-BUZ-1\_M1000, na SUP e na ACTC, respectivamente. E os menores valores, 0,79, ocorreram na TC da estação DP-BUZ-1\_M1000 e na ACTC da estação DP-BUZ-1\_J1002 (Figura V-35). Magurran (1988) indica que comunidades com valores de índice de Shannon-Weiner abaixo de 1,5 ou 2 apresentam baixa diversidade e tendem ao desequilíbrio, ao passo que com valores acima de 5 representam comunidades com grande diversidade. Nesse caso, valores obtidos são representativos de média diversidade. Já a equitabilidade observada apresentou valores mais próximos de 1, o que indica certa uniformidade na distribuição das abundâncias de espécies na comunidade (MAGURRAN, 2003).

Assim, os resultados obtidos demonstram uma composição da comunidade relativamente pouco diversa e uma relação entre as abundâncias dos organismos relativamente bem distribuída.



**Figura V-35** – Diversidade (bits/ind) e equitabilidade da comunidade fitoplanctônica da atual campanha de monitoramento ambiental.

A distribuição da comunidade fitoplanctônica no sistema marinho é diretamente influenciada por fatores físicos, químicos e biológicos, como intensidade de luz, temperatura, disponibilidade de nutrientes e predação. A termoclina, nas regiões tropicais, pode funcionar como uma barreira natural impedindo que águas mais profundas ricas em nutrientes alcancem a camada superficial, onde há maior disponibilidade de luz (MANN & LAZIER, 2006). Assim, variações nas densidades fitoplanctônicas podem ocorrer naturalmente nas regiões oceânicas em função da

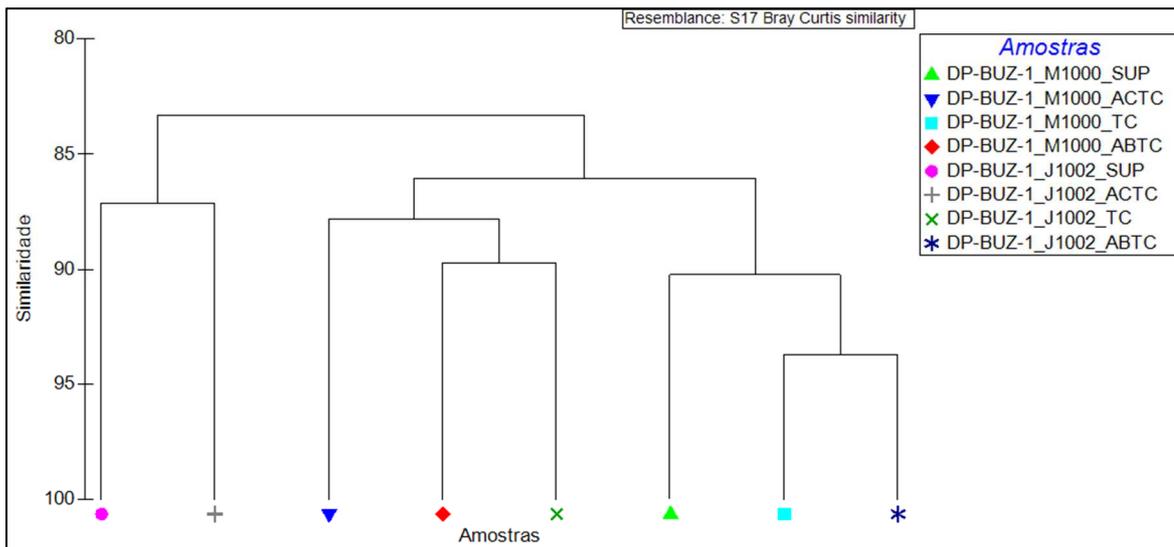
variação dos diferentes parâmetros limitadores da produção primária (MANN & LAZIER, 2006), tanto ao longo do eixo costa-oceano, como ao longo da coluna d'água, principalmente em locais com relevante turbulência e correntes ascendentes, como áreas de ressurgência e de convergência e divergência (BONECKER *et al.*, 2009). No PCR-BS, os resultados apontam que na região oceânica da Bacia de Santos (Petrobras, 2022), há uma comunidade planctônica limitada pela oligotrofia típica da Água Tropical, assim como a presença de uma termoclina permanente e abaixo da zona eufótica, com indícios de regulação do crescimento da comunidade pelágica.

Embora espera-se maior riqueza e densidade nas camadas mais superficiais por esses organismos serem diretamente influenciados pela incidência luminosa na coluna d'água (LOURENÇO & MARQUES-JR, 2009; REBELLO *et al.*, 1988), na presente campanha foi observada uma zonação vertical da comunidade principalmente na estação DP-BUZ-1\_J1002 para riqueza, densidade, diversidade e equitabilidade, que apresentaram maiores valores na superfície dessa estação. O mesmo não ocorreu na estação DP-BUZ-1\_M1000. Isso provavelmente está relacionado ao fato de todas as amostras terem sido coletadas em profundidades inferiores a 60 m, estando, portanto, dentro da zona fótica.

#### V.2.1.5 - **Análise de Cluster e MDS**

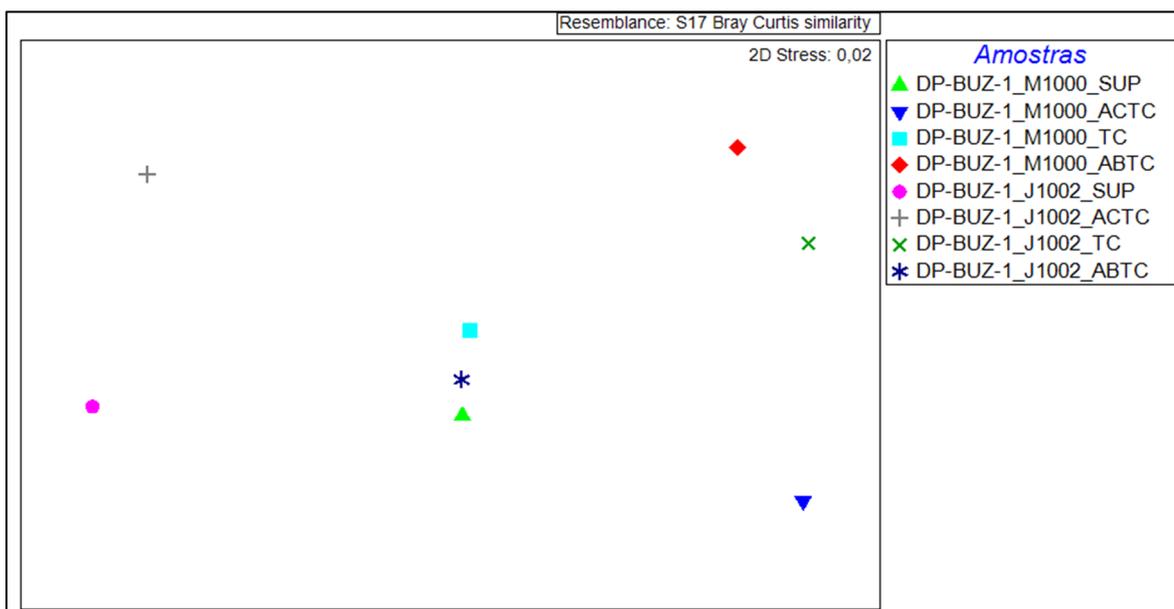
A análise de *Cluster* resultou em similaridades entre as amostras variando de 86 a 93% (Figura V-36). Com 86% houve a formação de dois grupos: um formado pelas amostras DP-BUZ-1\_J1002\_SUP e DP-BUZ-1\_J1002\_ACTC e outro formado pelas demais amostras, provavelmente devido às menores densidades observadas para Cyanobacteria e maiores densidades para Haptophyta em DP-BUZ-1\_J1002\_SUP e DP-BUZ-1\_J1002\_ACTC. Já a maior similaridade (aproximadamente 93%) foi observada entre as amostras DP-BUZ-1\_M1000\_TC e DP-BUZ-1\_J1002\_ABTC, provavelmente devido aos valores semelhantes de densidade para Cyanobacteria, Haptophyta e Mizozoa nessas amostras.

Esta condição também foi observada na análise de MDS (Figura V-37). O MDS apresentou *stress* no valor de 0,02, representando uma boa ordenação dos dados.



Legenda: SUP: amostragem na superfície; ACTC: amostragem acima da termoclina; TC: amostragem na termoclina; ABTC: amostragem abaixo da termoclina.

**Figura V-36** – Dendograma de agrupamento (Cluster) da comunidade fitoplanctônica na atual campanha de monitoramento ambiental.



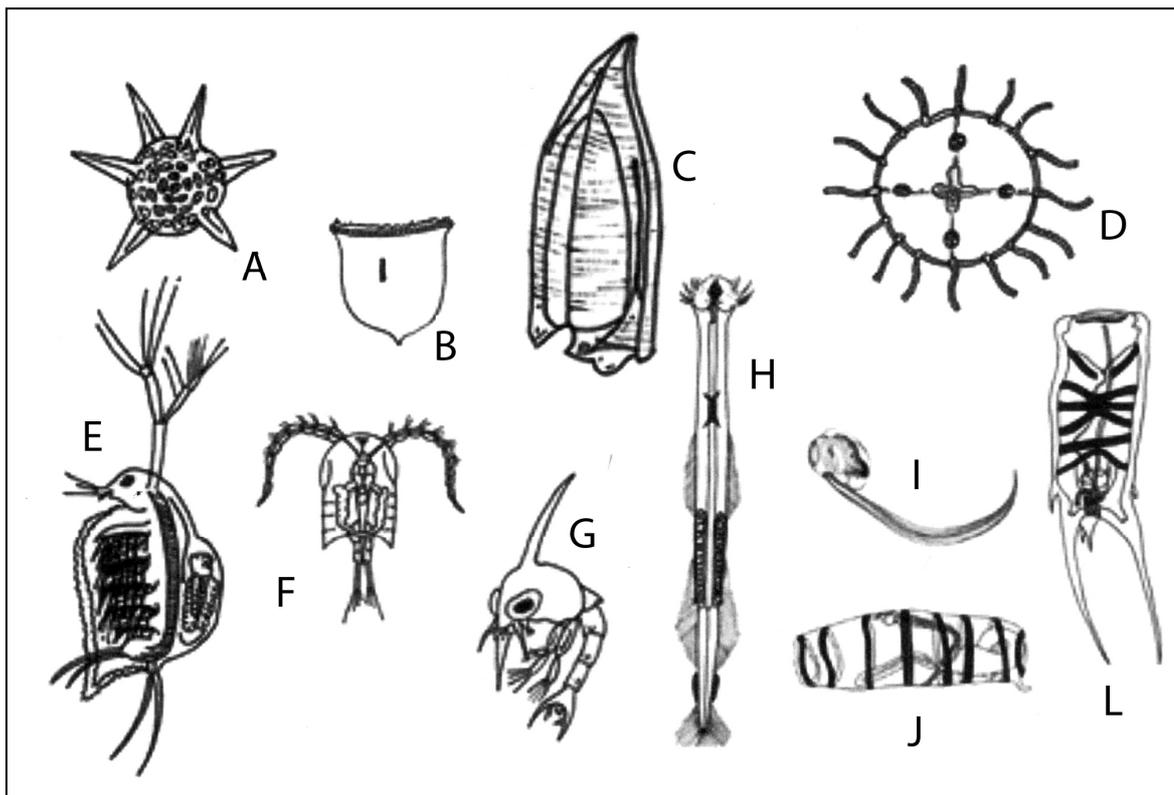
Legenda: SUP: amostragem na superfície; ACTC: amostragem acima da termoclina; TC: amostragem na termoclina; ABTC: amostragem abaixo da termoclina.

**Figura V-37** – Escalonamento multidimensional (MDS) da comunidade fitoplanctônica na atual campanha de monitoramento ambiental.

## V.2.2 - Zooplâncton

A comunidade zooplanctônica é representada pelo conjunto de organismos heterotróficos microscópicos que possuem hábito de vida na coluna d'água. Os organismos dessa comunidade podem ser classificados segundo seu tempo de permanência na coluna d'água durante seu ciclo de vida. De acordo com essa classificação, o holoplâncton é representado pelos organismos que passam todo o seu ciclo de vida associados à coluna d'água e o meroplâncton são aqueles que passam apenas parte de sua vida neste hábitat (BONECKER *et al.*, 2009; ESTEVES, 2011; TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2008).

Em contraste com o fitoplâncton, que consiste em uma variedade relativamente pequena de organismos, o zooplâncton é extremamente diverso, abrangendo uma série de formas, que compreendem uma grande variedade de grupos de animais e protistas. Os principais representantes dessa comunidade são crustáceos, cladóceros e copépodes. Além disso, também estão presentes diversos grupos de protistas (foraminíferos, radiolários, acantários, flagelados e tintinídeos), cnidários, ctenóforos, moluscos, poliquetas e quetognatos e cordados (Appendicularia), sendo menos frequentes nessa comunidade (BONECKER *et al.*, 2009; BRANDINI *et al.*, 1997). A Figura V-38 mostra diversos exemplos dos principais componentes do zooplâncton no ambiente marinho.



Fonte: Bonecker *et al.* (2009).

**Figura V-38** – Esquema demonstrando alguns dos principais componentes da comunidade zooplanctônica no ambiente marinho: Radiolaria (A) Tintinnina (B) Siphonophora (C) Hydromedusae (D) Cladocera (E) Copepoda (F) Larva de Crustacea (G) Chaetognatha (H) Appendicularia (I) Doliolida (J) Salpida (L).

Os organismos que compõem o zooplâncton representam um dos elos mais importantes no ecossistema marinho por serem responsáveis por realizar a transferência de energia a partir dos produtores primários (fitoplâncton) para os níveis superiores (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2008; VEGA-PÈRES, 1993). Portanto, possuem papel significativo na dinâmica dos sistemas aquáticos, principalmente com relação à ciclagem de nutrientes e o fluxo de energia, sendo diretamente influenciado pelo estrato autotrófico (fitoplâncton) (HUTCHINSON, 1967).

Diversos fatores físicos e químicos são responsáveis por determinar a estrutura das comunidades zooplanctônicas. Podemos citar como exemplo, a concentração de oxigênio dissolvido e de nutrientes (compostos fosfatados e nitrogenados) (ESTEVES *et al.*, 2012; GANNON & STEMBERGER, 1978; HARDY *et al.*, 1984).

Os indivíduos do zooplâncton podem ser susceptíveis a processos de bioacumulação e biomagnificação de substâncias tóxicas e de metais pesados. A bioacumulação é o processo em que os organismos acumulam, ao longo de sua vida, quantidades progressivamente maiores de substância tóxicas, que são absorvidas diretamente do meio ambiente. Já a biomagnificação é o acúmulo de certas substâncias tóxicas ao longo da cadeia alimentar (RAND & PETROCELLI, 1985).

A comunidade zooplanctônica é considerada indicadora das condições tróficas de água, sendo utilizada na caracterização da qualidade ambiental (GANNON & STEMBERGER, 1978). O acompanhamento dessas comunidades é considerado um método eficiente na avaliação dos impactos oriundos de atividades antrópicas nos ambiente aquáticos (ESTEVES *et al.*, 2012).

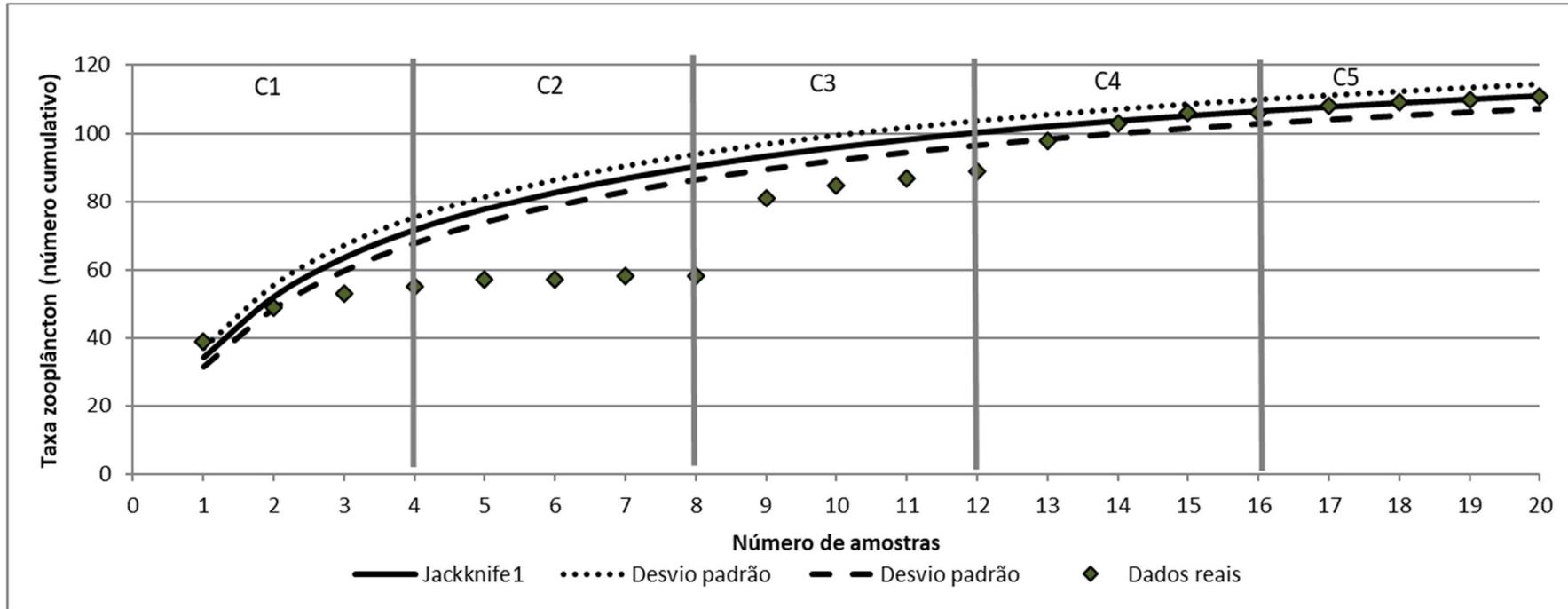
Segundo o PCR-BS (Petrobras, 2022) foi identificado que a distribuição dos organismos zooplanctônicos, e em especial das espécies de Copepoda, estão diretamente relacionadas às variáveis ambientais. Segundo o estudo tanto no inverno quanto no verão a comunidade zooplanctônica na região mais próxima à costa, onde se observa uma associação entre organismos filtradores e onívoros/herbívoros, difere do zooplâncton encontrado na plataforma média e na zona oceânica, com associação constatada entre organismos onívoros/detrítívoros e carnívoros.

### **V.2.2.1 - Avaliação da Amostragem**

Ao longo das cinco primeiras campanhas de monitoramento, foram coletadas 20 amostras para esse grupo, contabilizando, no total, 111 taxa, considerando os dois tipos de arrasto realizados em cada uma das campanhas (Figura V-39). Foi observado aumento do número de taxa nas amostras iniciais da primeira e da terceira campanha, evidenciando a adequação do esforço amostral realizado nas campanhas, e uma leve tendência à estabilização da curva nas amostras da segunda e da quarta campanha, indicando uma baixa probabilidade do aumento do número de riqueza diante de um aumento do esforço de amostragem. Na quinta campanha, houve pouquíssimo incremento de novos taxa, e a tendência a estabilização das amostras. Em comparação com a curva de Jackknife 1, que

representa o número cumulativo de taxa esperado, a distribuição real foi abaixo da distribuição esperada nas amostras finais da primeira campanha e em todas as amostras da segunda e terceira campanha, enquanto nas amostras da quarta e da quinta campanha a distribuição real foi semelhante a esperada, pois os pontos estiveram dentro do intervalo do desvio padrão da curva.

Destaca-se que grande incremento verificado nas amostras iniciais da terceira campanha pode estar associado a uma mudança na composição dos taxa da comunidade local, ou ainda a mudança no laboratório executor das análises taxonômicas, o que pode ter ocasionado diferenças na identificação de alguns organismos. Essas diferenças são aceitáveis, tendo em conta a subjetividade inerente destas análises, que dependem da experiência e conhecimento dos especialistas, bem como da integridade dos organismos coletados.

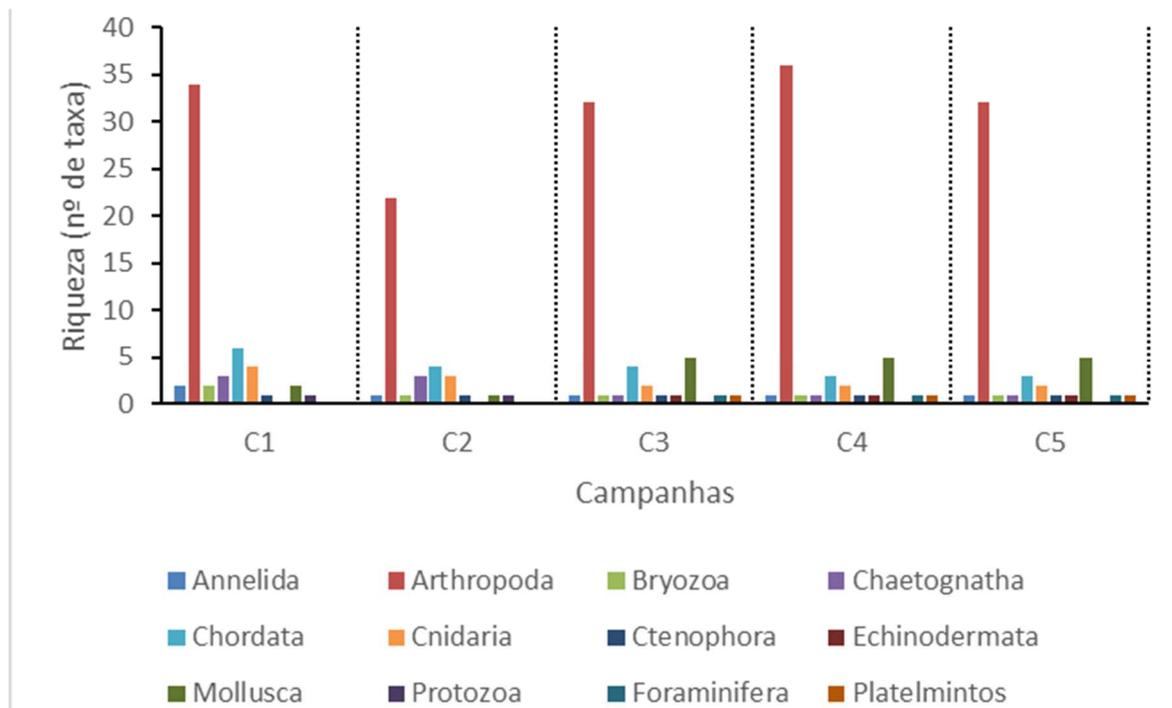


**Figura V-39** – Taxa zooplâncton (Número cumulativo), encontrados ao longo do PMPR\_DP-BUZ-1. A linha preta representa a curva de Jackknife1, ou seja, o número cumulativo de taxa esperados e as linhas tracejadas representam o desvio padrão da curva.

### V.2.2.2 - *Análise Qualitativa*

Considerando os dois tipos de arrasto, foram identificados organismos pertencentes a onze filos: Annelida, Arthropoda, Bryozoa, Chaetognatha, Chordata, Cnidaria, Ctenophora, Echinodermata, Mollusca, Foraminifera e Platyhelminthes. Todos esses filos foram registrados nas campanhas de monitoramento anteriores (PETROBRAS/BIOCONSULT, 2021, 2023a). O filo com maior riqueza foi Arthropoda, com 32 taxa. Esse grupo se destacou em relação aos demais, que tiveram riqueza de 5 taxa (Mollusca), 3 taxa (Chordata), 2 taxa (Cnidaria) e 1 táxon (Annelida, Bryozoa, Chaetognatha, Ctenophora, Echinodermata, Foraminifera e Platyhelminthes) (Figura V-40). A lista completa com os taxa encontrados é apresentada no Anexo X-3.

Os artrópodes são comumente dominantes nas comunidades zooplanctônicas (BRANDINI *et al.*, 1997), e a dominância de Arthropoda verificada na atual campanha corrobora os dados da campanha anterior de monitoramento do local, onde também se encontrou os artrópodes como o grupo mais rico, representando 68% da riqueza observada (PETROBRAS/BIOCONSULT, 2021). No presente trabalho, cerca de 65% dos taxa encontrados pertenciam ao filo Arthropoda.



**Figura V-40** – Riqueza zooplancônica (número de taxa) do PMPR\_DP-BUZ-1.

A forte dominância, em número de taxa, dos artrópodes foi atribuída a frequência de ocorrência de diversos taxa da Classe Copepoda. Os copépodes são geralmente os representantes mais numerosos do holoplâncton marinho. Na literatura, muitos trabalhos demonstram que os Copepoda são dominantes na comunidade zooplancônica, chegando a representar 98% do total de densidade das amostras (COELHO-BOTELHO *et al.*, 1999). Este grupo é reconhecidamente dominante na Bacia de Santos (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2019c), bem como na plataforma continental brasileira de maneira geral (BRANDINI *et al.*, 1997; NOGUEIRA *et al.*, 1999). Esses pequenos crustáceos possuem um papel central na teia alimentar pelágica. Eles possuem tamanhos que variam de menos de um a vários milímetros de comprimento e apresentam uma variada gama de hábitos alimentares, com a ocorrência de espécies herbívoras, onívoras e carnívoras. Copepoda constitui um dos principais alimentos de peixes planctófagos e os estágios larvais dos copépodes (náuplios e copepoditos) representam uma fonte de alimentos fundamental para as larvas e juvenis do ictioplâncton (BRANDINI *et al.*, 1997; CUSHING, 1977; ESKINAZI-SANT'ANNA & BJÖRNBERG, 2000). No PCR-BS (Petrobras, 2022), os copépodes também representaram o grupo zooplancônico predominante, tanto na campanha de inverno, como de verão. O

zooplâncton (Petrobras, 2022) mostrou características semelhantes às comunidades zooplanctônicas de outras bacias sedimentares da costa brasileira com maiores concentrações nas camadas superficiais, sobretudo de copépodos que dominaram a comunidade da plataforma continental.

A composição e estrutura da comunidade zooplanctônica podem trazer importantes informações sobre as características ambientais, como por exemplo, a presença de espécies indicadoras de massas d'água. Nesta campanha foi registrada a presença da espécie *Temora stylifera* (copépode), que indica a presença de águas costeiras (BASSANI *et al.*, 1999). A espécie é epiplanctônica e pode ser encontrada também em áreas oceânicas, provavelmente devido ao carreamento de águas pela ação da maré (MACHADO, 2002). *T. turbinata* é um Copepoda introduzido na costa leste brasileira que divide espaço com a espécie nativa *T. stylifera* (ARAÚJO & MONTÚ, 1993). Essas espécies vem sendo usadas como espécies chave para o monitoramento das mudanças climáticas e oceanográficas no leste do Atlântico Norte (BJÖRNBERG, 1981; BRADFORD-GRIEVE *et al.*, 1999; CAROLA, 1994; VALENTIN *et al.*, 1987; VILLATE *et al.*, 1997). No PCR-BS (Petrobras, 2002) a presença de *T. turbinata* foi avaliada como indicadora de Água Costeira (AC), sendo dominante em ambiente costeiro e estuarino.

Na atual campanha também foram registrados, embora com menor riqueza, outros taxa, tais como os poliquetas, que são representantes do filo Annelida, o filo Chaetognatha, um pequeno grupo de animais encontrados em todos os habitats marinhos, desde águas costeiras até oceanos abertos e zonas abissais (NUNES, 2012), e os gastrópodos, bivalves e cefalópodes, representantes do filo Mollusca. As classes Thaliacea e Appendicularia, pertencentes ao filo Chordata, são componentes frequentes do zooplâncton, apesar de normalmente não serem abundantes em biomassa (VEGA-PÉREZ, 2011). Também foram registrados indivíduos dos Filos Bryozoa, Echinodermata, Foraminifera, Platyhelminthes e Ctenophora. Neste último, embora sejam quase transparentes, a bioluminescência e a iridescência nos pentes ciliares são comuns, propriedades que os tornam visíveis na coluna de água, tanto de noite quanto de dia (OLIVEIRA *et al.*, 2007). Pertencente ao filo Cnidaria, foi registrada a classe Hydrozoa, que faz parte do zooplâncton gelatinoso, tem corpo flexível, transparente ou semitransparente e

consistência gelatinosa. Os indivíduos pertencentes a essa classe ocupam o nicho de predadores do carcino e ictioplâncton em ambientes pelágicos e tem grande importância ecológica em cadeias tróficas do ecossistema pelagial (NASCIMENTO & OLIVEIRA, 2010).

### V.2.2.3 - *Análise Quantitativa*

Na Tabela V-18, são apresentados os valores de riqueza (número de taxa), densidade (ind/m<sup>3</sup>), diversidade (bits/ind) e equitabilidade para a comunidade zooplânctônica por arrasto (horizontal e oblíquo) na atual campanha. Já na Tabela V-19, são apresentados os valores mínimo e máximo dos índices ecológicos calculados para a comunidade zooplânctônica nas campanhas de monitoramento ambiental anteriores realizadas na região. No Quadro IV-2 são citados os meses e anos de coleta das respectivas campanhas, que foram realizadas de outubro a fevereiro entre os anos de 2010 e 2022, ou seja, todas as amostragens foram realizadas durante a primavera e o verão, o que pode ter influenciado parte dos resultados encontrados, além de variações interanuais.

**Tabela V-18** - Valores de riqueza de taxa (número de taxa), densidade (ind/m<sup>3</sup>), diversidade (bits/ind) e equitabilidade zooplânctônicos da atual campanha de monitoramento.

Estação	Arrasto	Riqueza (número de taxa)	Densidade (ind/m <sup>3</sup> )	Diversidade (bits/ind)	Equitabilidade
DP-BUZ-1_M1000	HOR	33,00	322,97	3,31	0,66
	OBL	34,00	220,75	3,04	0,60
DP-BUZ-1_J1002	HOR	30,00	359,18	2,16	0,44
	OBL	31,00	169,35	2,98	0,60
mínimo		30,00	169,35	2,16	0,44
máximo		34,00	359,18	3,31	0,66
média		32,00	268,06	2,87	0,57
desvio padrão		1,83	88,13	0,50	0,09

**Tabela V-19 – Resultados (mínimo e máximo) dos índices ecológicos da comunidade zooplanctônica nas campanhas de monitoramento ambiental anteriores do DP-BUZ-1 e nas campanhas anteriores realizadas na região.**

Empreendimento	Riqueza (número de taxa)		Densidade (ind/m <sup>2</sup> )		Diversidade (bits/ind)		Equitabilidade	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
DP-BUZ-1_C1 <sup>1</sup>	34	39	345,81	695,34	2,84	3,35	0,81	0,93
DP-BUZ-1_C2 <sup>2</sup>	22	33	921,37	1.473,91	2,49	2,98	0,81	0,87
DP-BUZ-1_C3 <sup>3</sup>	38	41	190,60	322,84	4,12	4,46	0,77	0,83
DP-BUZ-1_C4 <sup>4</sup>	31	41	248,88	499,25	3,34	3,66	0,66	0,68
URG_C3 <sup>5</sup>	25	29	442,40	1.078,74	1,16	1,18	0,81	0,83
URG_C4 <sup>6</sup>	24	25	517,04	734,86	2,41	2,74	0,76	0,85
URG_C5 <sup>7</sup>	26	26	72.017,00	140.664,00	2,32	2,56	0,49	0,54
URG_C6 <sup>8</sup>	16	26	89,00	10.990,00	2,43	2,44	0,74	0,88
URG_C7 <sup>9</sup>	40	46	314,00	800,00	2,40	2,80	0,66	0,75
URG_C8 <sup>10</sup>	36	38	629,56	1032,91	2,51	2,83	0,69	0,78
URG_C9 <sup>11</sup>	31	42	1593,57	2342,80	2,56	3,20	0,74	0,88
URG_C10 <sup>12</sup>	35	40	612,07	1537,46	2,91	3,31	0,82	0,90
URG_C11 <sup>13</sup>	28	40	337,66	1751,65	2,59	3,20	0,73	0,89
URG_C12 <sup>14</sup>	27	34	185,66	2.254,62	2,47	3,17	0,75	0,90
URG_C13 <sup>15</sup>	35	40	246,60	336,86	3,80	4,29	0,71	0,82
URG_C14 <sup>16</sup>	34	43	650,15	1.611,25	3,10	3,27	0,57	0,64
PIL-LL-NE_C1 <sup>17</sup>	31	45	1.757	3.443	2,66	3,12	0,75	0,82
PIL-LL-NE_C2 <sup>18</sup>	37	40	206	583	2,43	3,01	0,66	0,82
PIL-LL-NE_C3 <sup>19</sup>	29	39	100,27	483,88	2,74	2,92	0,77	0,81
PIL-LL-NE_C4 <sup>20</sup>	30	42	499,88	1.136,04	2,94	3,15	0,80	0,86
PIL-LL-NE_C5 <sup>21</sup>	30	41	1.092,39	1.731,90	2,48	3,02	0,72	0,89

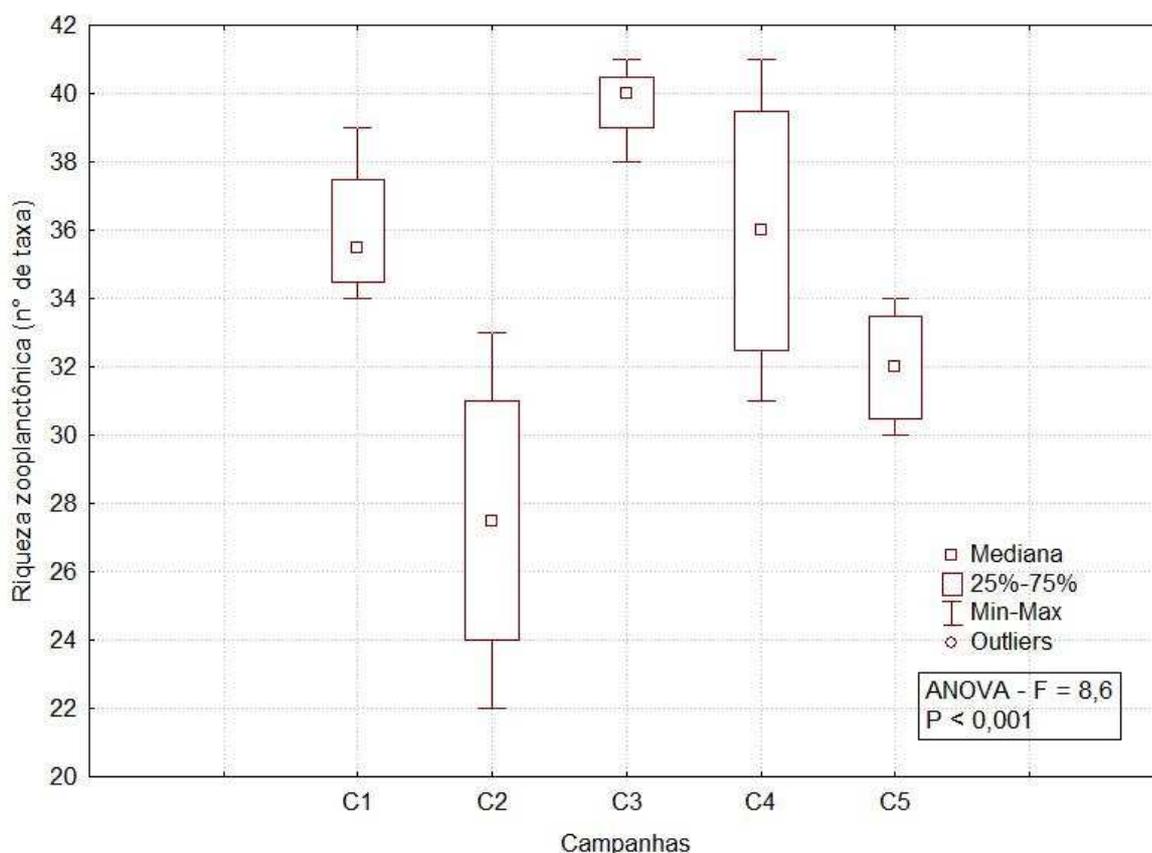
Empreendimento	Riqueza (número de taxa)		Densidade (ind/m <sup>2</sup> )		Diversidade (bits/ind)		Equitabilidade	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
PIL-LL-NE_C6 <sup>22</sup>	26	38	565,78	4.217,16	2,74	2,95	0,78	0,84
PIL-LL-NE_C7 <sup>23</sup>	24	33	109,80	673,21	2,92	3,13	0,85	0,94
PIL-LL-NE_C8 <sup>24</sup>	37	43	171,11	286,46	3,78	4,01	0,70	0,76
PIL-LL-NE_C9 <sup>25</sup>	35	38	136,75	465,49	3,78	4,15	0,74	0,79
DP-IRA-S_C1 <sup>26</sup>	36	46	401,00	647,00	2,96	3,13	0,79	0,84
DP-IRA-S_C2 <sup>27</sup>	30	38	53,04	294,08	2,79	3,27	0,82	0,91
DP-IRA-S_C3 <sup>28</sup>	35	41	739,21	2.220,53	2,78	3,17	0,78	0,85
DP-IRA-S_C4 <sup>29</sup>	34	41	526,64	1.482,32	2,93	3,34	0,83	0,90
DP-IRA-S_C5 <sup>30</sup>	27	32	245,30	493,71	2,88	3,15	0,87	0,91
DP-IRA-S_C6 <sup>31</sup>	20	30	307,34	1027,77	2,57	2,69	0,79	0,86
DP-IRA-S_C7 <sup>32</sup>	35	36	194,55	370,27	3,53	4,09	0,69	0,79
DP-IRA-S_C8 <sup>33</sup>	34	37	157,24	223,19	3,59	4,12	0,71	0,79

Fonte: 1 = Petrobras/Bourscheid (2019a); 2 = Petrobras/Bourscheid (2020c); 3 = Petrobras/Bioconsult (2021); 4 = Petrobras/Bioconsult, (2023a); 5 = Petrobras/Analytical Solutions (2012); 6 = Petrobras/Analytical Solutions (2013); 7 = Petrobras/Bourscheid (2014); 8 = Petrobras/Bourscheid (2015a); 9 = Petrobras/Bourscheid (2016a); 10 = Petrobras/Bourscheid (2017a); 11 = Petrobras/Bourscheid (2018a); 12 = Petrobras/Bourscheid (2019b); 13 = Petrobras/Bourscheid (2019c); 14 = Petrobras/Bourscheid (2020d); 15 = Petrobras/Bioconsult (2022a); 16 = Petrobras/Bioconsult (2022b); 17 = Petrobras/Bourscheid (2015b); 18 = Petrobras/Bourscheid (2015c); 19 = Petrobras/Bourscheid (2018b); 20 = Petrobras/Bourscheid (2018c); 21 = Petrobras/Bourscheid (2019d); 22 = Petrobras/Bourscheid (2019e); 23 = Petrobras/Bourscheid (2020a); 24 = Petrobras/Bioconsult (2022c); 25 = Petrobras/Bioconsult (2022d); 26 = Petrobras/Bourscheid (2016b); 27 = Petrobras/Bourscheid (2017b); 28 = Petrobras/Bourscheid (2018d); 29 = Petrobras/Bourscheid (2019f); 30 = Petrobras/Bourscheid (2019g); 31 = Petrobras/Bourscheid (2020b); 32 = Petrobras/Bioconsult (2022e); 33 = Petrobras/Bioconsult (2023b).

Na comunidade zooplanctônica, foram registrados, ao todo, 48 *taxa*, dentre os quais, 6 foram identificados em nível de filo, 7 em nível de classe, 1 em nível de subclasse, 1 em nível de infraclasse, 9 em nível de ordem, 1 em nível de família, 2 em nível de gênero e 21 foram identificados em nível de espécie. O número de taxa variou entre 30 e 34, em DP-BUZ-1\_J1002\_HOR e DP-BUZ-1\_M1000\_OBL, respectivamente, com média de  $32,00 \pm 1,83$  taxa (Tabela V-18).

Os dados de riqueza total da atual campanha estão na faixa de variação dos valores registrados nas campanhas anteriores, com valor máximo ligeiramente maior que a maioria dos valores reportados para a região (Tabela V-19).

A terceira e a quarta campanha de monitoramento do DP-BUZ-1 apresentaram maiores valores de riqueza de taxa, enquanto a segunda e a quarta apresentaram maior amplitude de valores para esse índice (Figura V-41), sendo identificadas diferenças significativas entre as campanhas de monitoramento (ANOVA,  $p < 0,001$ ). A segunda campanha diferiu da primeira, terceira e quarta, e a terceira campanha diferiu da quinta (Tukey,  $p < 0,05$ ).



**Figura V-41** – Box plots representativos dos valores de riqueza (nº de taxa) das comunidades zooplânctônicas encontradas no PMPR\_DP-BUZ-1.

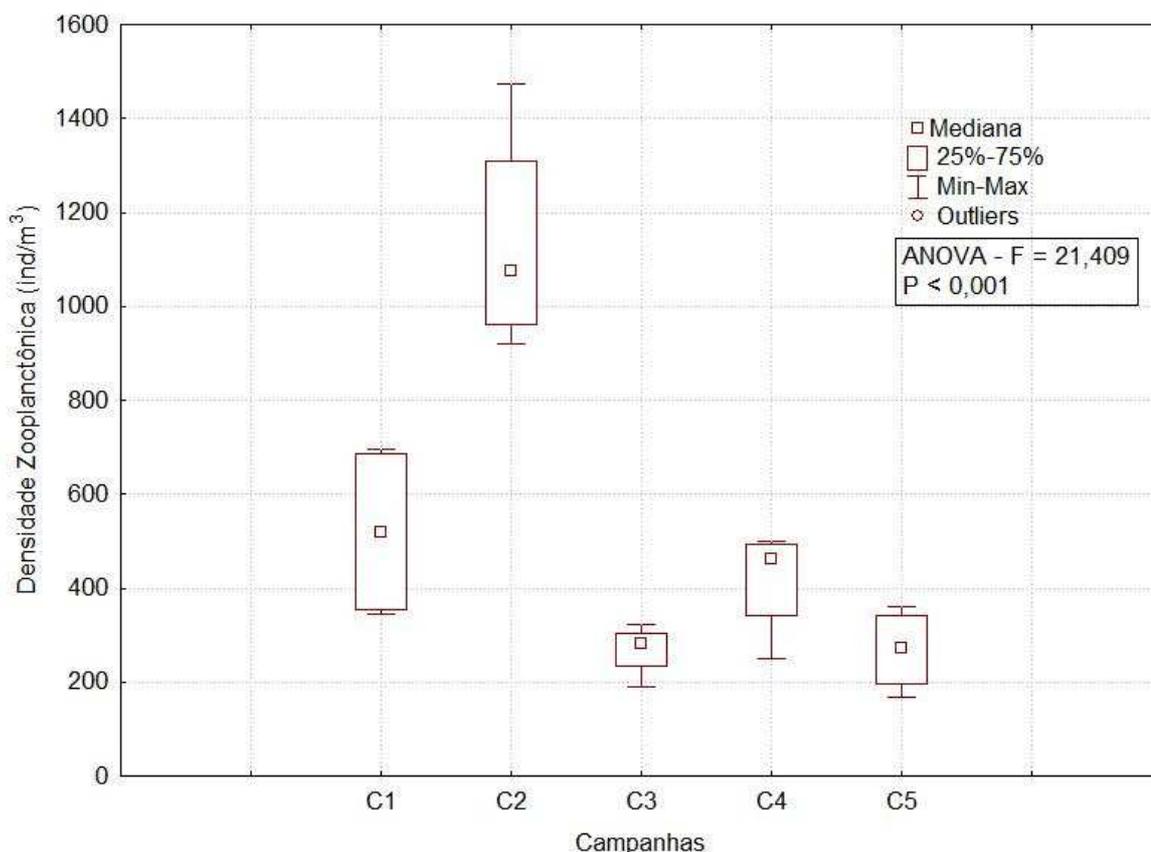
A densidade média de organismos zooplânctônicos na atual campanha foi de  $268,06 \pm 88,13$  ind/m<sup>3</sup>, variando entre 169,35, no arrasto oblíquo da estação DP-BUZ-1\_J1002, e 359,18 ind/m<sup>3</sup> no arrasto horizontal da estação DP-BUZ-1\_J1002 (Tabela V-18).

Em comparação aos dados de densidade já verificados para a região (Tabela V-19), observa-se que eles variaram bastante, e que os resultados da atual campanha se encontram na faixa de variação dos valores já obtidos para a região, sendo inferiores aos valores máximos registrados na maioria das campanhas. A lista completa com os valores quantitativos dos taxa da atual campanha é apresentada no Anexo X-3.

A abundância do zooplâncton no PCR-BS (Petrobras, 2022), próximo ao sistema de DP-BUZ-1, apresentou diferenças entre verão e inverno, tanto na camada mais superficial (0-25 m) (verão = 100,01 a 10.000,00 ind/m<sup>3</sup>; inverno = 100,01 a 1000,00 ind/m<sup>3</sup>), quanto na camada mais profunda (25-50 m), (inverno =

100,01 a 1000,00 ind/m<sup>3</sup>; verão= 100,01 a 500,00 ind/m<sup>3</sup>). Bassani *et al.* (1999) realizou levantamento de trabalhos que estudaram a densidade de zooplâncton na plataforma continental do sudeste do Brasil. Nesse trabalho, a autora descreve uma densidade anual média desses organismos é de  $3 \times 10^4$  ind/m<sup>3</sup>. Esse trabalho também reporta que 46% dos valores observados na literatura situam-se entre 1 e  $2 \times 10^4$  ind/m<sup>3</sup> e que os valores comumente flutuam entre 1 e  $5 \times 10^4$  ind/m<sup>3</sup>, apresentando variação sazonal.

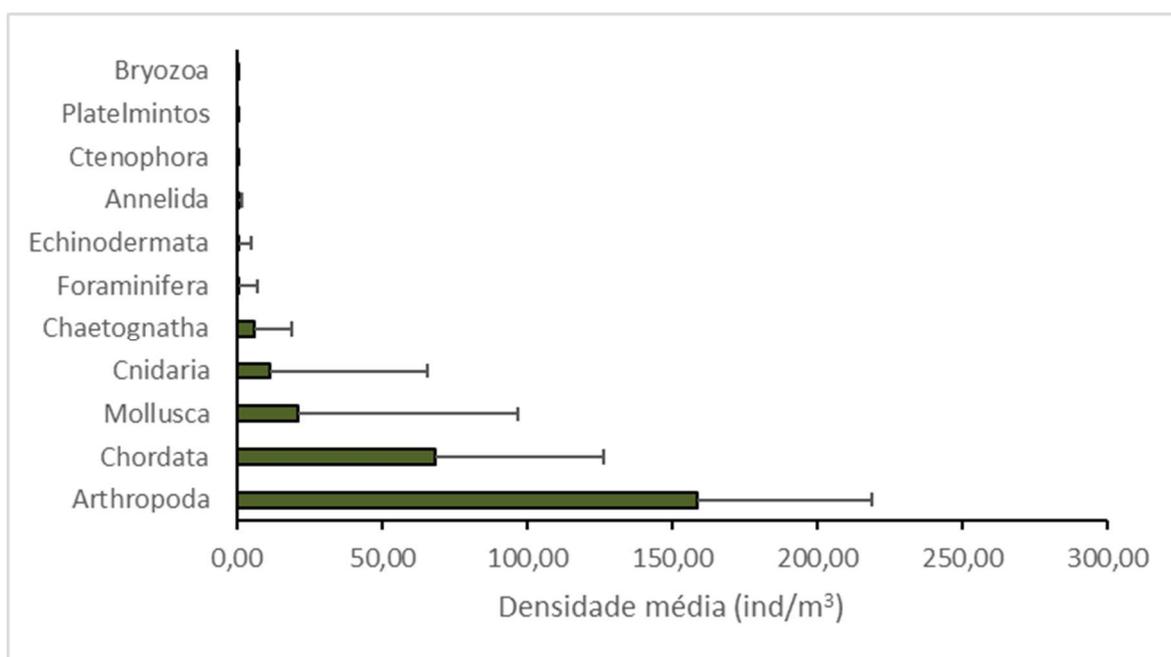
Foram encontradas diferenças significativas entre os valores de densidade entre as campanhas de monitoramento (ANOVA,  $p < 0,001$ ). A densidade de organismos foi maior na segunda campanha (Figura V-42), que diferiu das demais (Tukey,  $p < 0,05$ ).



**Figura V-42** – Box plots representativos dos valores de densidade (ind/m<sup>3</sup>) das comunidades zooplanctônicas encontradas no PMPR\_DP-BUZ-1.

Além de ter registrado o maior número de taxa (Anexo X-3), Arthropoda também apresentou a maior densidade média de organismos nas comunidades do

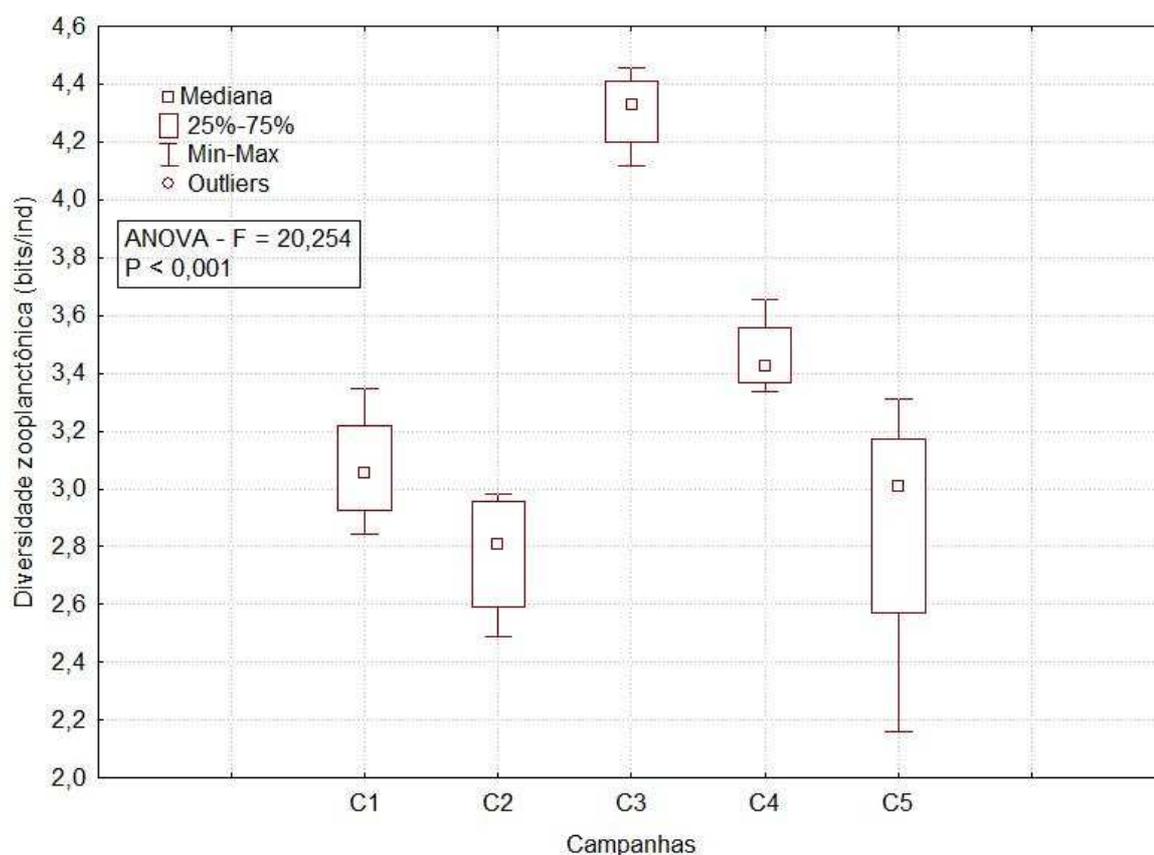
local, registrando média de  $158,63 \pm 96,38$  ind/m<sup>3</sup>, correspondendo a cerca de 59% dos organismos, seguido por Chordata, com média de  $68,48 \pm 27,13$  ind/m<sup>3</sup>, representando aproximadamente 25,5% dos organismos. Os demais grupos somados totalizam aproximadamente 15% dos organismos. O terceiro filo com maior densidade foi Mollusca ( $21,38 \pm 13,55$  ind/m<sup>3</sup>), seguido de Cnidaria ( $11,51 \pm 2,68$  ind/m<sup>3</sup>), Chaetognatha ( $6,13 \pm 3,23$  ind/m<sup>3</sup>), Foraminifera ( $0,80 \pm 0,67$  ind/m<sup>3</sup>), Echinodermata ( $0,68 \pm 0,17$  ind/m<sup>3</sup>), Annelida ( $0,34 \pm 0,05$  ind/m<sup>3</sup>), Ctenophora ( $0,02 \pm 0,02$  ind/m<sup>3</sup>), Platelmintos ( $0,01 \pm 0,01$  ind/m<sup>3</sup>) e Bryozoa ( $0,01 \pm 0,01$  ind/m<sup>3</sup>) (Figura V-43).



**Figura V-43** – Densidade zooplânctônica (ind/m<sup>3</sup>) s na atual campanha de monitoramento ambiental. A barra verde representa a densidade média das amostras ± desvio-padrão.

A diversidade média da presente campanha foi de  $2,87 \pm 0,50$  bits/ind, variando entre 2,16 e 3,31 bits/ind no arrasto horizontal da estação DP-BUZ-1\_J1002 e da estação DP-BUZ-1\_M1000, respectivamente (Tabela V-18). Esses resultados encontram-se na faixa de variação dos valores já obtidos na região, porém os valores mínimos são inferiores dos resultados observados anteriormente (Tabela V-19).

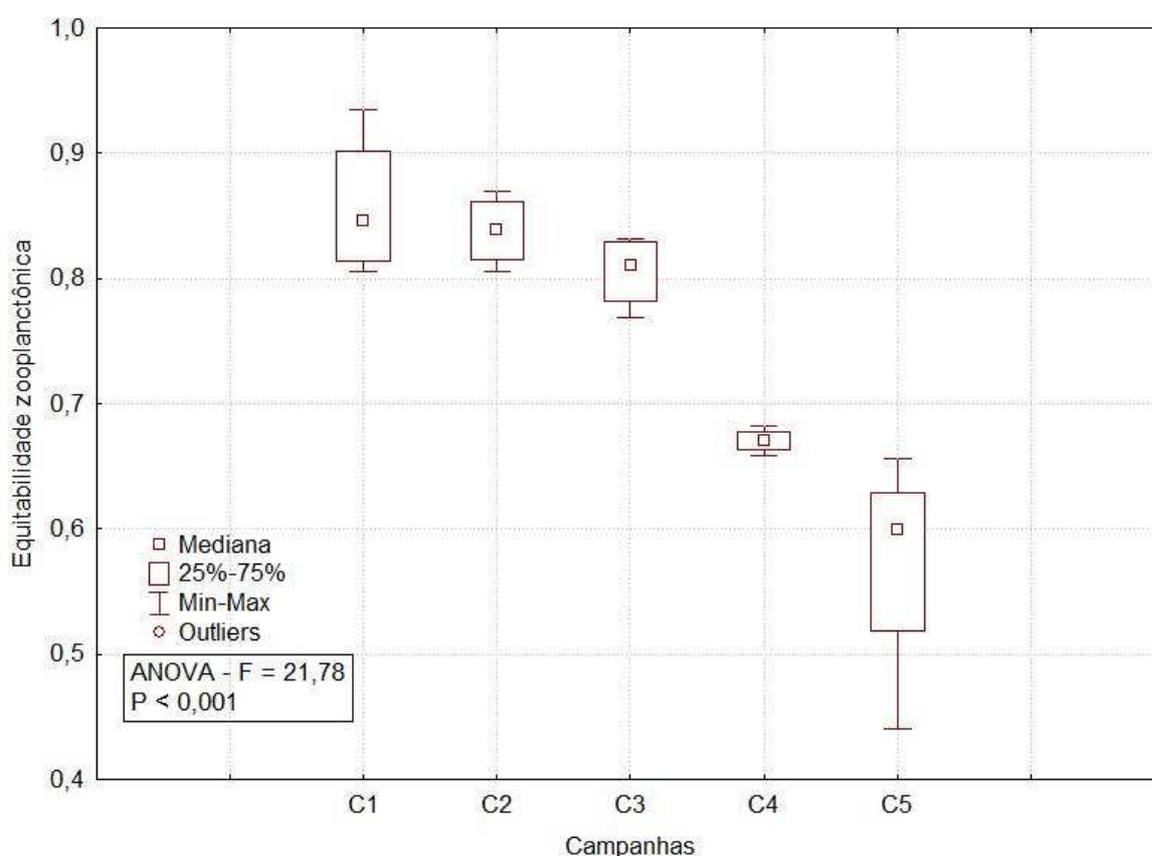
Na Figura V-44 são apresentados os valores de diversidade de zooplâncton obtidos nas campanhas de monitoramento ambiental do DP-BUZ-1. A terceira campanha apresentou maiores valores de diversidade e foram observadas diferenças significativas entre as campanhas de monitoramento (ANOVA,  $p < 0,001$ ), com a terceira campanha diferindo das demais e a quarta diferindo da segunda (Tukey,  $p < 0,05$ ).



**Figura V-44** – Box plots representativos dos valores de diversidade zooplancônicas (bits/ind) encontradas no PMPR\_DP-BUZ-1.

A equitabilidade para essa campanha foi intermediária, e apresentou média de  $0,57 \pm 0,09$ . O arrasto horizontal da estação DP-BUZ-1\_J1002 apresentou a menor equitabilidade (0,44). A maior equitabilidade ocorreu no arrasto horizontal da estação DP-BUZ-1\_M1000 (0,66) (Tabela V-18). Em comparação aos dados de equitabilidade já verificados para a região (Tabela V-19), observa-se que eles variaram bastante, e que os resultados da atual campanha apresentam valores inferiores aos encontrados na faixa de variação dos valores já obtidos para a região.

Na Figura V-45 são apresentados os valores de equitabilidade de zooplâncton obtidos nas campanhas de monitoramento ambiental do DP-BUZ-1. A primeira campanha apresentou maiores valores para esse parâmetro e os valores desse índice foram decrescendo ao longo das campanhas. A quinta campanha apresentou maior variação dos valores. Foram encontradas diferenças significativas entre as campanhas de monitoramento (ANOVA,  $p < 0,001$ ), com a quarta e a quinta campanha diferindo das demais, mas essas duas não diferindo entre si (Tukey,  $p < 0,05$ ).



**Figura V-45** – Box plots representativos dos valores de equitabilidade zooplancônicas encontradas no PMPR\_DP-BUZ-1.

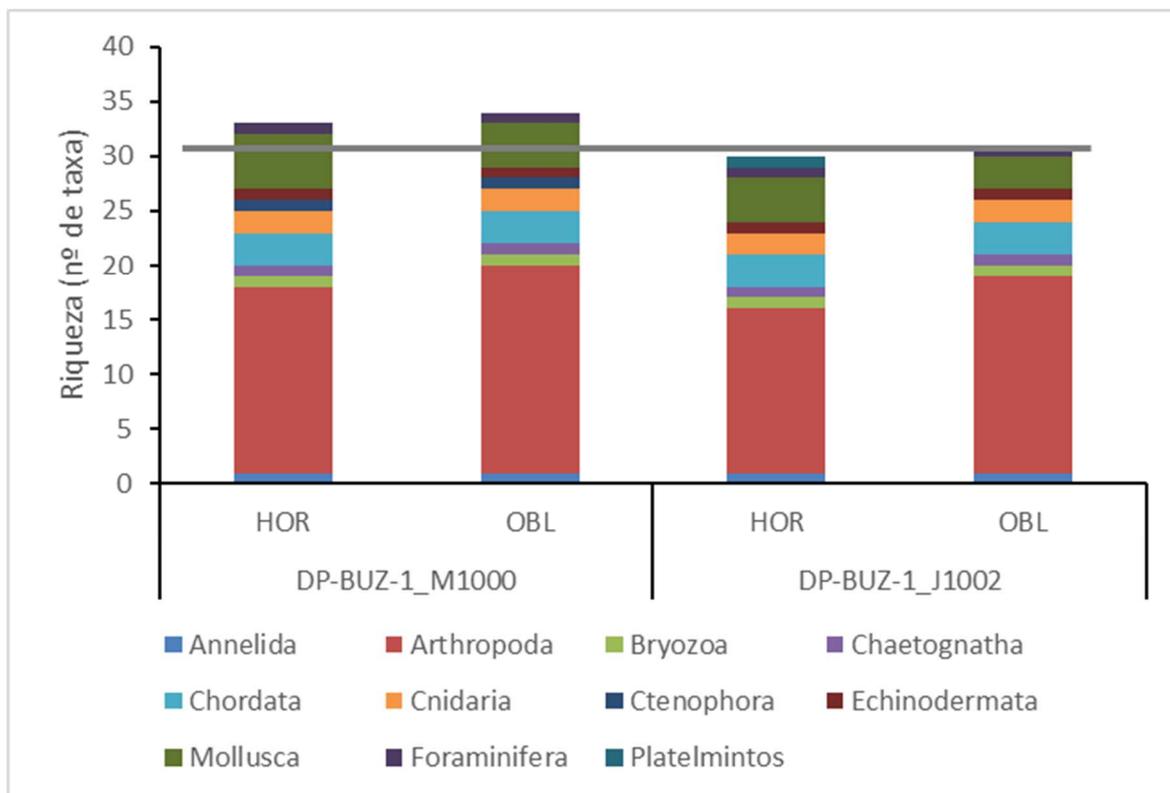
Finalmente, é importante ressaltar que todas as campanhas tenham utilizado os mesmos critérios de identificação (até o menor nível taxonômico possível) e contabilização dos organismos, bem como as mesmas fórmulas de cálculo para os índices ecológicos, conforme explicado na metodologia deste relatório, mas é possível que existam diferenças oriundas das subjetividades inerentes do método

analítico, isto é, do menor nível taxonômico encontrado em cada uma das campanhas, devido às diferentes condições de integridade dos organismos e aos diversos graus de experiência dos analistas envolvidos nas identificações, podendo ter influência nos resultados gerados. Neste sentido, também é possível que a troca de laboratório ocorrida entre a segunda e terceira campanhas tenha influenciado nos resultados gerados.

#### **V.2.2.4 - Análise da Distribuição Espacial do Zooplâncton**

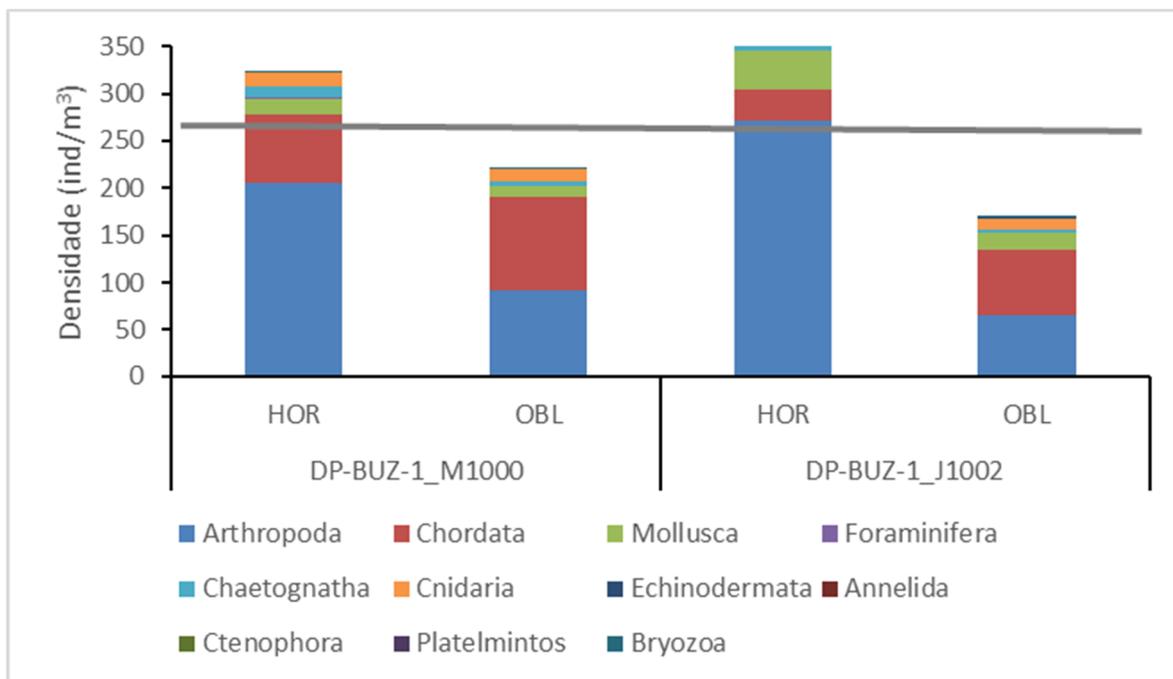
Os valores de riqueza entre as estações variaram de 31 a 34 nos arrastos oblíquos e de 30 a 33 taxa nos arrastos horizontais.

A contribuição relativa dos filós nas amostras foi semelhante entre as estações. Annelida, Arthropoda, Bryozoa, Chaetognatha, Chordata, Cnidaria, Echinodermata, Mollusca e Foraminífera foram encontrados em todas as estações. Ctenophora ocorreu somente no arrasto oblíquo e horizontal da estação DP-BUZ-1\_M1000, enquanto Platyhelminthes foi encontrado no arrasto horizontal da estação DP-BUZ-1\_J1002. O filo Arthropoda contribuiu com maiores valores de riqueza de taxa (sempre com 15 ou mais taxa nas amostras), seguido por Mollusca (sempre com 3 ou mais taxa nas amostras), Chordata (sempre com 3 taxa nas amostras), Cnidaria (sempre com 2 taxa nas amostras) e demais filós (com pelo menos 1 táxon em cada amostra, exceto Ctenophora e Platyhelminthes, conforme supracitado). As pequenas diferenças não representaram distinção marcante, provavelmente representando uma variação natural da distribuição espacial dessas comunidades (Figura V-46).



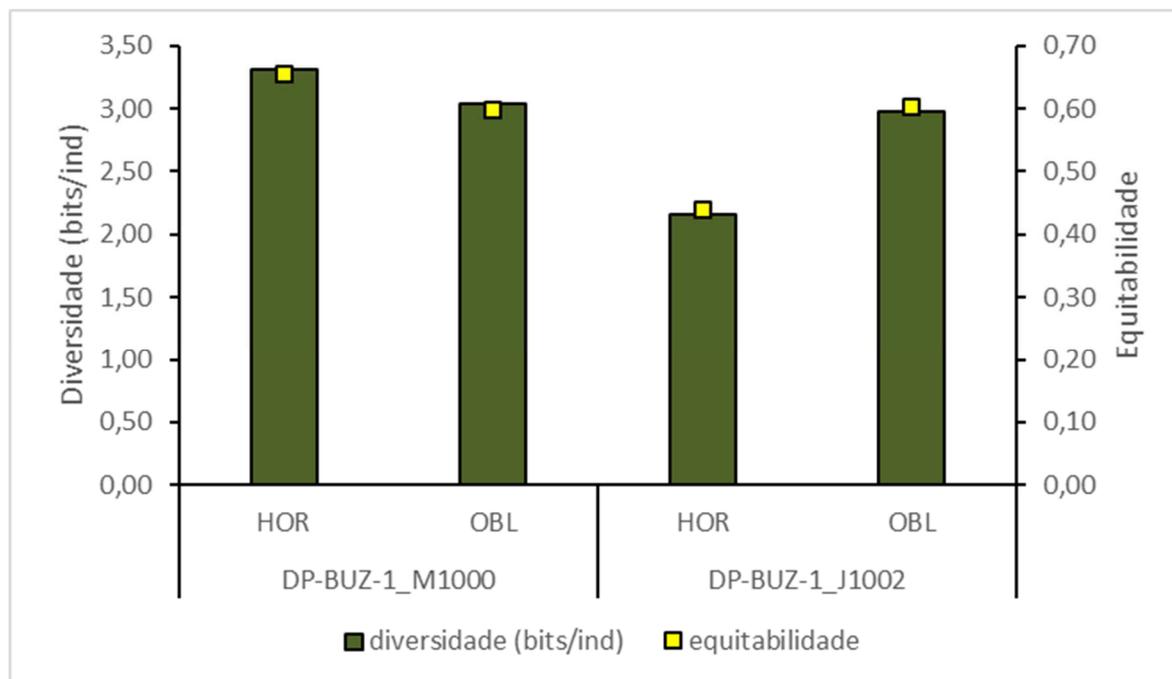
**Figura V-46** – Riqueza zooplancônica (Número de taxa) da atual campanha de monitoramento ambiental. A linha cinza representa a média de todas as amostras.

Com relação à densidade de organismos foram observados maiores valores nos arrastos horizontais de ambas as estações. A composição proporcional da comunidade, apresentou domínio do filo Arthropoda, nos arrastos horizontais da ambas as estações, com contribuição sempre acima de 63%), seguido por maiores densidades de Chordata nos arrastos oblíquos de ambas as estações, contribuindo sempre acima de 41%). Os demais taxa apresentaram contribuição menos expressivas (Figura V-47).



**Figura V-47** – Densidade zooplanctônica (ind/m<sup>3</sup>) da atual campanha. A linha cinza representa a média de todas as amostras.

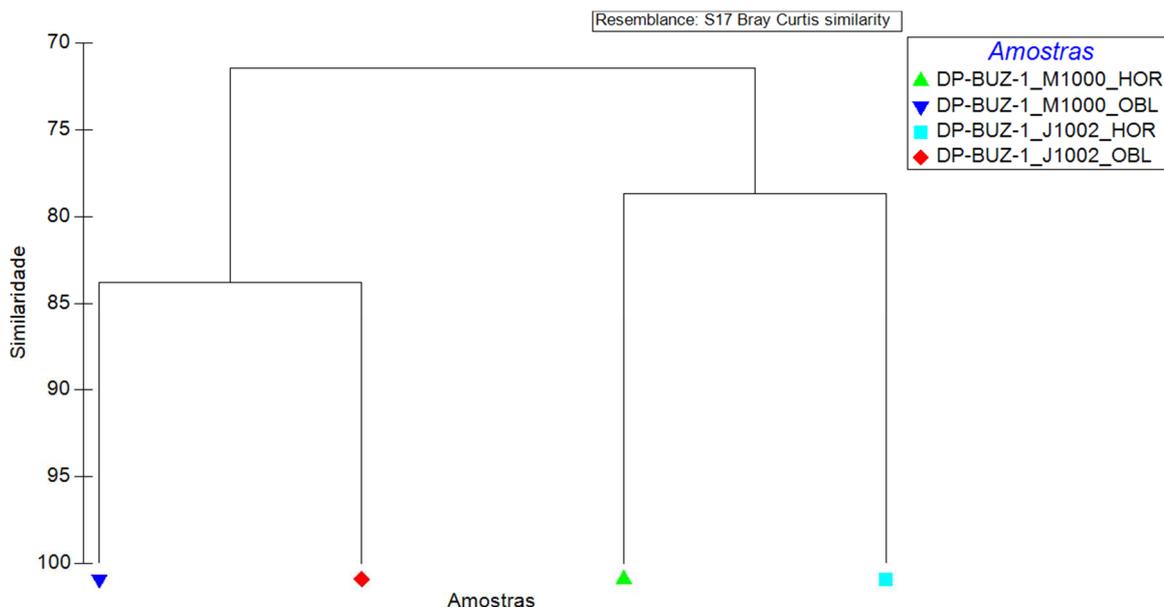
Os índices de diversidade e equitabilidade não apresentaram uma grande variabilidade nos valores entre as amostras de ambas as estações, exceto no arrasto horizontal de DP-BUZ-1\_J1002, que apresentou menor valor para esses índices (2,16 bits/ind e 0,44, respectivamente). Os dados de diversidade e equitabilidade apontam para uma composição específica não muito bem distribuída e com média diversidade de taxa (Figura V-48).



**Figura V-48** – Diversidade (bits/ind) e equitabilidade zooplânctônica da atual campanha.

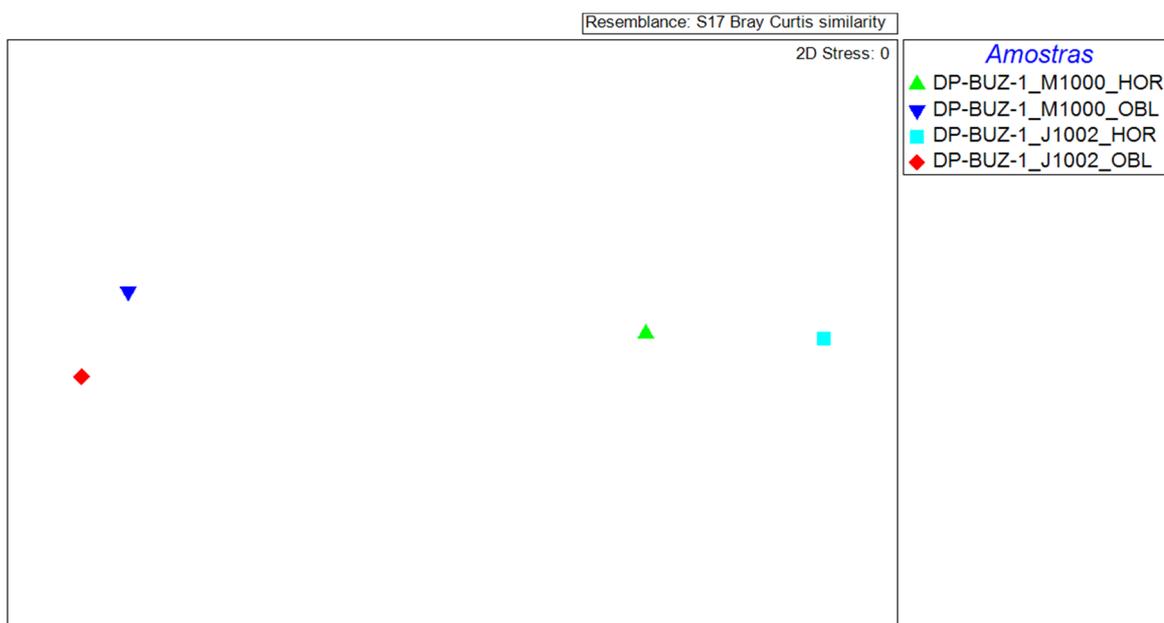
#### V.2.2.5 - Análise de Cluster e MDS

A análise *Cluster* mostrou similaridades variando entre aproximadamente 80% a 84% (Figura V-49). Essa análise evidenciou agrupamento por tipo de arrastos, independente da estação amostrada. Isso ocorreu, provavelmente devido às maiores contribuições do filo Artrópoda observada nos arrastos horizontais, e maiores contribuições de Chordata nos arrastos oblíquos. Esta condição também foi observada na análise de MDS (Figura V-50). O MDS apresentou *stress* nulo, representando uma boa ordenação dos dados.



Legenda: OBL = arrasto oblíquo e HOR = arrasto horizontal.

**Figura V-49** – Dendrograma de agrupamento (Cluster) da comunidade zooplânctônica na atual campanha.



Legenda: OBL = arrasto oblíquo e HOR = arrasto horizontal.

**Figura V-50** – Escalonamento multidimensional (MDS) da comunidade zooplânctônica na atual campanha.

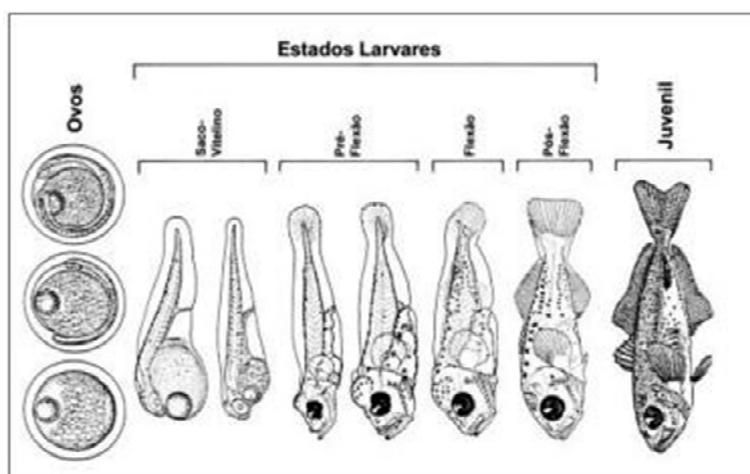
### V.2.3 - Ictioplâncton

O grupo dos peixes é formado por vertebrados aquáticos que possuem respiração branquial, extremidades adaptadas à natação, tegumento lubrificado por

secreção mucosa e corpo recoberto por escamas de origem dérmica (WOOTTON, 1990). Eles possuem diferentes fases de vida, sendo elas resumidamente: ovo, larva, juvenil e adulto. A saber:

- Ovo - fase compreendida entre a fecundação e a eclosão (período embrionário), muitas vezes de hábito planctônico, também podendo ser bentônico.
- Larva - fase compreendida entre a eclosão e a metamorfose (período larvar). Nessa fase de vida os peixes possuem hábito planctônico. A metamorfose é coincidente com o final da vida planctônica.
- Juvenil - fase compreendida entre a metamorfose e a primeira maturação sexual, sendo em sua grande maioria de hábito de vida nectônico, no entanto, também existem espécies bentônicas e demersais.

O ictioplâncton é constituído pelos ovos e larvas de peixes (Chordata – Vertebrata). A Figura V-51 demonstra um exemplo esquemático do aspecto de ovos e larvas dessa comunidade. A maioria dos Osteichthyes (peixes ósseos) marinhos possui ovos planctônicos de tamanho reduzidos, com cerca de 1 mm. Os mesmos, geralmente, são transparentes com forma esférica. Alguns organismos em estados larvares mais avançados desenvolvem características transitórias, também utilizadas na sua identificação, como por exemplo, padrões pigmentares, espinhos e cristas. Já as larvas possuem uma grande variedade de formas (BONECKER *et al.*, 2009; MOSER, 1984).



**Figura V-51** – Esquema dos primeiros estados de desenvolvimento de *Trachurus symmetricus*. Adaptado de Moser (1984).

Os estudos dos organismos desse grupo estão muito relacionados com a dinâmica das populações e recursos pesqueiros. A distribuição e ocorrência do icteoplâncton vão determinar características do período reprodutivo, como época de desova, locais de recrutamento e até mesmo relações com o estoque pesqueiro (BONECKER *et al.*, 2009; NAKATANI *et al.*, 2001; PEREIRA & SOARES-GOMES, 2009).

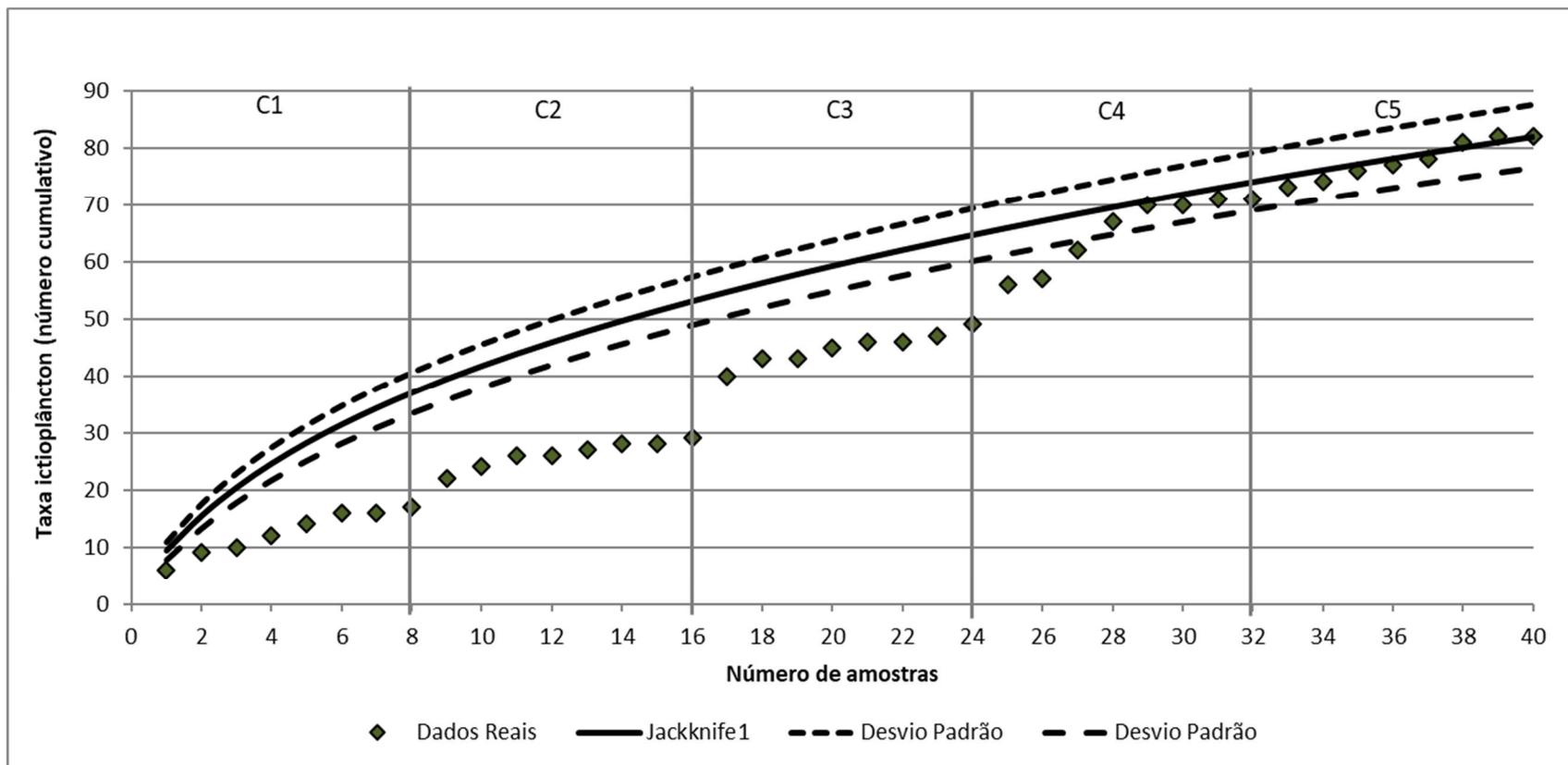
### V.2.3.1 - Avaliação de Amostragem

Durante as cinco campanhas de monitoramento, foram coletadas 40 amostras para esse grupo, contabilizando, no total, 82 taxa (Figura V-52). Podem ser observados incrementos de taxa na maioria das amostras, principalmente nas amostras iniciais de cada campanha, a partir de quando há uma leve tendência à estabilização da curva, indicando uma menor probabilidade do aumento do número de riqueza diante de um aumento do esforço de amostragem. Na terceira campanha houve um maior incremento do número de taxa, que pode estar associado a uma mudança na composição dos taxa da comunidade local, e/ou ainda a mudança no laboratório executor das análises taxonômicas, o que pode ter ocasionado diferenças na identificação de alguns organismos. O grande incremento verificado nas amostras iniciais da terceira campanha pode estar associado a uma mudança na composição dos taxa da comunidade local, ou ainda a mudança no laboratório executor das análises taxonômicas, o que pode ter ocasionado diferenças na identificação de alguns organismos. Essas diferenças são aceitáveis, tendo em conta a subjetividade inerente destas análises, que dependem da experiência e conhecimento dos especialistas, bem como da integridade dos organismos coletados.

Nas amostras iniciais da quarta campanha também ocorreu um maior incremento de taxas. A partir da quarta amostra da quarta campanha e toda a quinta campanha, observa-se a distribuição real foi semelhante a distribuição esperada, pois os pontos estiveram dentro do intervalo do desvio padrão da curva de Jackknife.

Os resultados obtidos evidenciam a importância e adequação do esforço amostral realizado durante as campanhas de monitoramento do DP de Búzios-1, uma vez que se garantiu a caracterização de grande parte da comunidade local

com a realização de poucas campanhas e que a estabilização da curva indica que, mesmo com o aumento do esforço amostral, não é esperado um incremento significativo no número de espécies.



**Figura V-52** –Taxa ictioplânctonica (Número cumulativo) encontrados ao longo PMPR\_DP-BUZ-1. A linha preta representa a curva de Jackknife1, ou seja, o número cumulativo de taxa esperados e as linhas tracejadas representam o desvio padrão da curva.

### V.2.3.2 - Avaliação Qualitativa

As larvas e ovos encontrados na atual campanha pertencem a 11 ordens de peixe: Carangiformes (famílias Coryphaenidae), Dactylopteriformes (família Dactylopteridae), Eupercaria (família Gerreidae e Scaridae), Scombriformes (famílias Gempylidae, Scombridae, Nomeidae, Chiasmodontidae e Bramidae), Acanthuriformes (família Pomacanthidae), Myctophiformes (família Myctophidae), Pleuronectiformes (família Bothidae), Stomiiformes (famílias Stomiidae, Gonostomatidae e Phosichthyidae), Aulopiformes (família Evermannellidae), Tetraodontiformes (família Balistidae), Clupeiformes (família Engraulidae). Na atual campanha as ordens Scombriformes e Myctophiformes foram dominantes, com 10 e 8 taxa cada, respectivamente (Figura V-53). Stomiiformes apresentou cinco taxa, seguido por Eupercaria com três taxa. As demais ordens apresentaram um taxa. Na campanha anterior, a ordem Scombriformes e Myctophiformes foram dominantes, com sete taxa cada (PETROBRAS/BIOCONSULT, 2022). Já na terceira e segunda campanha a ordem Perciformes foi a dominante. As larvas coletadas na presente campanha foram identificadas ao menor grupo taxonômico possível e resultou na listagem de taxa apresentada no Anexo X-43.

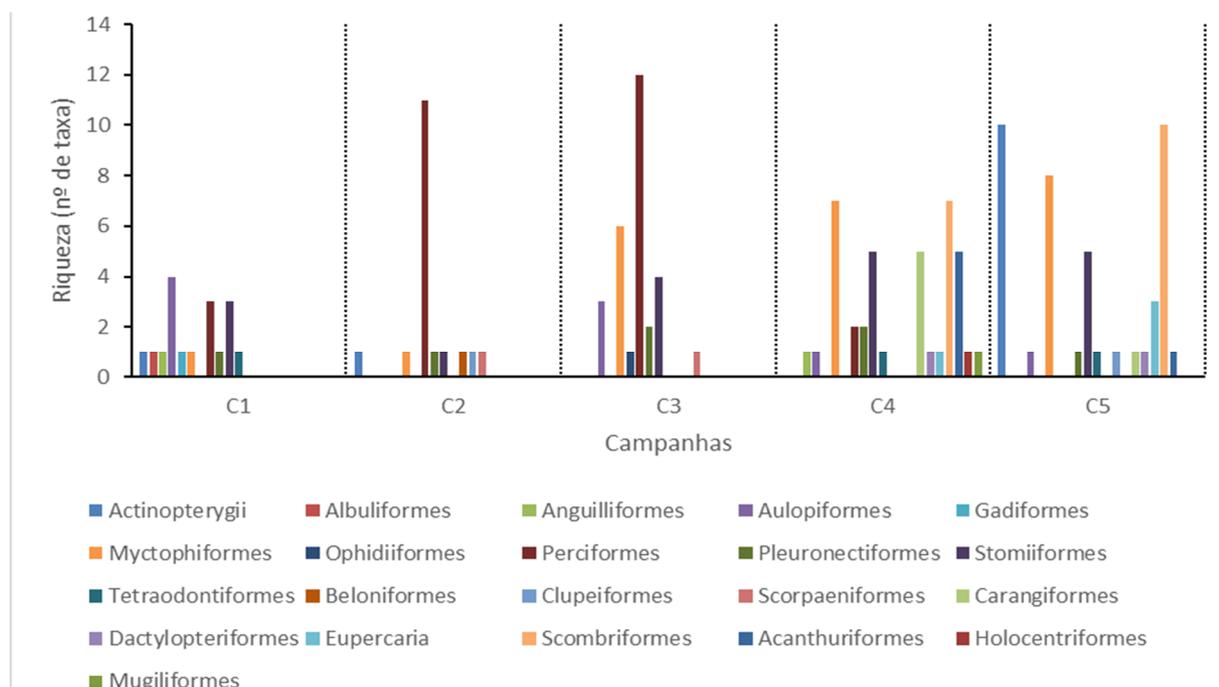


Figura V-53 – Riqueza ictioplanctônicas (número de taxa) ao longo do PMPR\_DP-BUZ-1.

A ordem Stomiiformes é composta por espécies marinhas e a maioria das espécies ocorre em grandes profundidades. A presença de fotóforos é a principal característica das larvas em transformação e dos adultos. Na atual campanha, a ordem foi representada pelos gêneros *Cyclothone*, *Pollichthys* e *Vinciguerria* (BONECKER *et al.*, 2014).

A ordem Aulopiformes é marinha e na atual campanha foi representada pela família Chlorophthalmidae. Os indivíduos ictioplânctônicos da ordem Myctophiformes possuem fotóforos, que auxiliam na identificação das espécies. A família Myctophidae, encontrada na atual campanha, é marinha e é composta por 32 gêneros com 240 espécies. São peixes mesopelágicos, que alcançam 35 cm de comprimento na fase adulta (BONECKER *et al.*, 2014).

A ordem Perciformes é a mais diversa de todas as ordens e é composta por 160 famílias e mais de 10.000 espécies. As larvas, com a cabeça proeminente e espinhos nas nadadeiras, assemelham-se as larvas da ordem Beryciformes (BONECKER *et al.*, 2014).

A família Scombridae é marinha, ocorre em áreas tropicais e subtropicais e possui importância econômica e pertence à ordem Scombriformes. As larvas são identificadas pelo formato do corpo, número de miômeros e a pigmentação do corpo. No Brasil foram encontradas 19 espécies dessa família (BONECKER *et al.*, 2014).

A ordem Pleuronectiformes é marinha, mas pode ocupar áreas estuarinas e de água doce. As larvas dessa ordem são simétricas e quando atingem de 10 a 25 mm sofrem a metamorfose, com a migração de um dos olhos para um dos lados do corpo. Quando isso ocorre, há uma assimetria e um aumento do pigmento no lado que o olho está localizado (BONECKER *et al.*, 2014). Na família Bothidae, encontrada na atual campanha, os olhos ficam posicionados do lado esquerdo, após a metamorfose da maioria das espécies. No Brasil existem 19 espécies identificadas, considerando larvas e adultos.

Para as ordens Carangiformes, Dactylopteriformes, Eupercaria, Acanthuriformes, Holocentriformes, Anguilliformes, Mugiliformes e Tetraodontiformes não são apresentadas descrições, pois não foram encontradas informações específicas sobre ictioplâncton para esses grupos.

### V.2.3.3 - Análise Quantitativa

Na Tabela V-20 são apresentados por arrasto (horizontal e oblíquo) os valores de riqueza (número de taxa), densidade (ind/100m<sup>3</sup>), diversidade (bits/ind) e equitabilidade para a comunidade ictioplânctônica encontrada na atual campanha. Já na Tabela V-21, são apresentados os resultados mínimo e máximo dos dados ecológicos obtidos para a comunidade ictioplanctônica nas campanhas de monitoramento ambiental anteriores realizadas na região. No Quadro IV-2 são citados os meses e anos de coleta das respectivas campanhas, que foram realizadas de outubro a fevereiro entre os anos de 2010 e 2022, ou seja, todas as amostragens foram realizadas durante a primavera e o verão, o que pode ter influenciado parte dos resultados encontrados, além de variações interanuais.

**Tabela V-20** - Valores de riqueza (número de taxa), densidade (ind/100m<sup>3</sup>), diversidade (bits/ind) e equitabilidade ictioplanctônicas da atual campanha de monitoramento.

Estação	Arrasto	Malha (mm)	Riqueza (número de taxa)	Densidade (ind/100m <sup>3</sup> )	Diversidade e (bits/ind)	Equitabilidade
DP-BUZ-1_M1000	OBL	300 µm	13,00	52,41	2,07	0,90
	OBL	500 µm	14,00	40,53	2,34	0,98
	HOR	300 µm	9,00	32,69	1,63	0,91
	HOR	500 µm	7,00	30,59	1,42	0,88
DP-BUZ-1_J1002	OBL	300 µm	16,00	88,41	2,14	0,83
	OBL	500 µm	9,00	50,89	1,68	0,86
	HOR	300 µm	10,00	106,95	1,46	0,70
	HOR	500 µm	7,00	100,85	0,52	0,47
	mínimo		7,00	30,59	0,52	0,47
	máximo		16,00	106,95	2,34	0,98
	média		10,63	62,92	1,66	0,82
	desvio padrão		3,34	31,04	0,57	0,16

**Tabela V-21 – Resultados (mínimo e máximo) dos índices ecológicos ictioplanctônicos no PMPR-DP-BUZ-1 e nas campanhas anteriores realizadas na região.**

Empreendimento	Riqueza (número de taxa)		Densidade (ind/m <sup>2</sup> )		Diversidade (bits/ind)		Equitabilidade	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
DP-BUZ-1_C1 <sup>1</sup>	3	7	14,39	60,19	1,01	1,49	0,64	0,92
DP-BUZ-1_C2 <sup>2</sup>	5	11	60,80	378,65	0,57	1,16	0,25	0,53
DP-BUZ-1_C3 <sup>3</sup>	4	17	8,66	156,08	0,67	1,96	0,61	1,00
DP-BUZ-1_C4 <sup>4</sup>	7	21	43,23	150,17	1,33	2,12	0,63	0,96
URG_C3 <sup>5</sup>	6	8	5,39	18,93	0,42	0,60	0,50	0,69
URG_C4 <sup>6</sup>	13	15	6,45	10,35	0,83	0,99	0,73	0,89
URG_C5 <sup>7</sup>	6	9	15,00	215,00	0,42	2,50	0,14	0,87
URG_C6 <sup>8</sup>	9	12	23,00	49,00	2,03	2,40	0,88	0,97
URG_C7 <sup>9</sup>	2	7	3,00	76,00	0,33	1,67	0,43	1,00
URG_C8 <sup>10</sup>	11	21	27,02	526,39	0,84	2,42	0,28	0,66
URG_C9 <sup>11</sup>	16	27	62,00	336,45	0,92	1,93	0,32	0,64
URG_C10 <sup>12</sup>	8	14	32,34	234,96	0,59	1,83	0,27	0,76
URG_C11 <sup>13</sup>	4	12	34,40	133,80	1,12	2,02	0,66	0,84
URG_C12 <sup>14</sup>	5	17	36,87	195,13	0,70	1,18	0,29	0,73
URG_C13 <sup>15</sup>	7	17	16,47	101,83	0,59	1,71	0,65	0,90
URG_C14 <sup>16</sup>	4	14	9,36	76,76	0,24	0,94	0,72	1,00
PIL-LL-NE_C1 <sup>17</sup>	2	10	3,00	42,00	0,63	2,08	0,80	0,96
PIL-LL-NE_C2 <sup>18</sup>	3	10	8,00	66,00	1,04	2,00	0,71	0,96
PIL-LL-NE_C3 <sup>19</sup>	6	13	34,47	323,84	0,84	1,45	0,39	0,71
PIL-LL-NE_C4 <sup>20</sup>	5	13	39,36	123,86	0,99	1,44	0,43	0,64
PIL-LL-NE_C5 <sup>21</sup>	5	18	30,78	124,65	0,50	2,08	0,24	0,76

Empreendimento	Riqueza (número de taxa)		Densidade (ind/m <sup>2</sup> )		Diversidade (bits/ind)		Equitabilidade	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
PIL-LL-NE_C6 <sup>22</sup>	1	8	9,87	84,20	0,00	1,59	0,00	1,00
PIL-LL-NE_C7 <sup>23</sup>	4	11	29,87	144,87	0,34	1,11	0,19	0,57
PIL-LL-NE_C8 <sup>24</sup>	9	31	12,11	374,61	1,57	2,04	0,63	0,90
PIL-LL-NE_C9 <sup>25</sup>	4	12	14,03	86,95	1,04	2,04	0,84	0,97
DP-IRA-S_C1 <sup>26</sup>	1	9	1,00	13,00	0,00	2,10	0,00	0,95
DP-IRA-S_C2 <sup>27</sup>	6	14	50,44	253,17	0,90	1,70	0,36	0,67
DP-IRA-S_C3 <sup>28</sup>	7	14	33,15	306,04	0,85	2,17	0,39	0,82
DP-IRA-S_C4 <sup>29</sup>	10	19	62,29	181,60	1,10	1,94	0,44	0,79
DP-IRA-S_C5 <sup>30</sup>	5	10	25,72	90,85	1,03	1,75	0,64	0,91
DP-IRA-S_C6 <sup>31</sup>	2	8	16,81	66,41	0,50	1,30	0,41	0,90
DP-IRA-S_C7 <sup>32</sup>	4	10	4,88	49,29	0,56	1,75	0,62	1,00
DP-IRA-S_C8 <sup>33</sup>	9	20	37,93	237,19	1,09	2,67	0,61	0,94

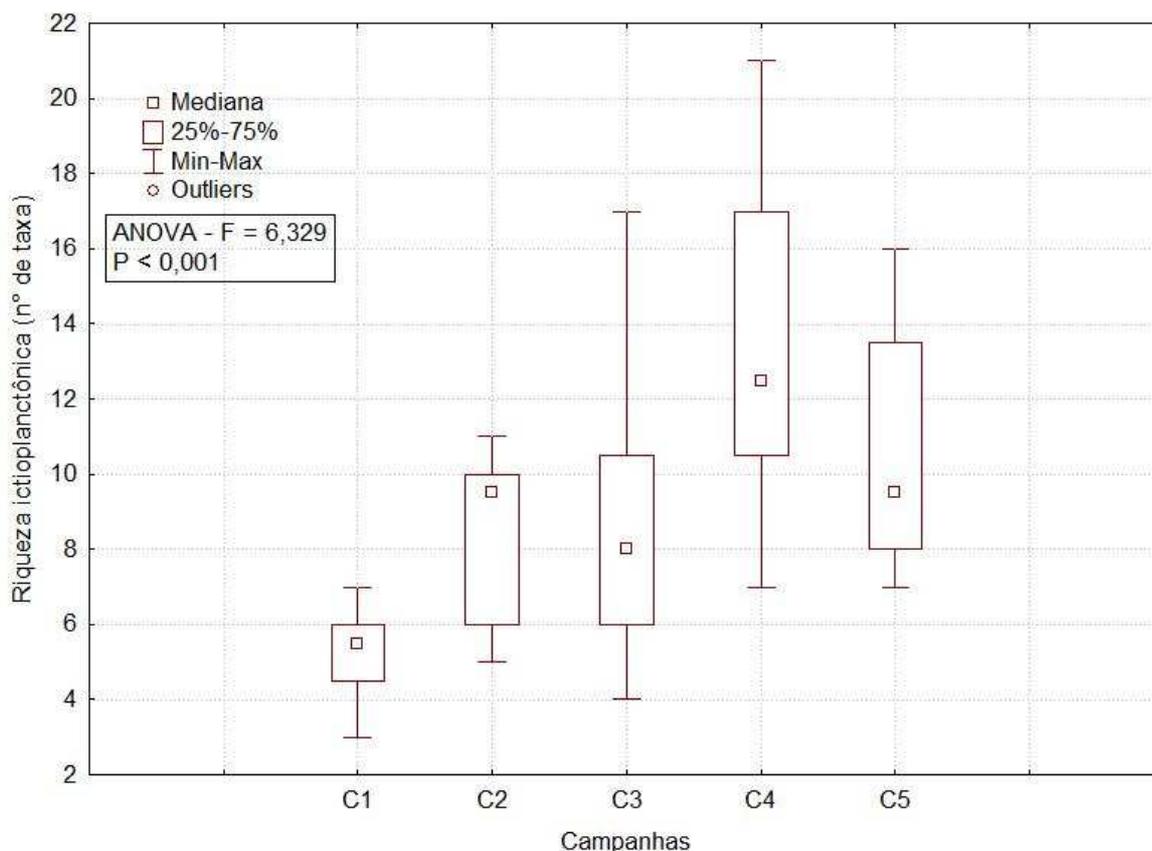
\*Somente arrastos oblíquos.

Fonte: 1 = Petrobras/Bourscheid (2019a); 2 = Petrobras/Bourscheid (2020c); 3 = Petrobras/Bioconsult (2021); 4 = Petrobras/Bioconsult, (2023a); 5= Petrobras/Analytical Solutions (2012); 6 = Petrobras/Analytical Solutions (2013); 7 = Petrobras/Bourscheid (2014); 8 = Petrobras/Bourscheid (2015a); 9 = Petrobras/Bourscheid (2016a); 10 = Petrobras/Bourscheid (2017a); 11 = Petrobras/Bourscheid (2018a); 12 = Petrobras/Bourscheid (2019b); 13 = Petrobras/Bourscheid (2019c); 14 = Petrobras/Bourscheid (2020d); 15 = Petrobras/Bioconsult (2022a); 16 = Petrobras/Bioconsult (2022b); 17 = Petrobras/Bourscheid (2015b); 18 = Petrobras/Bourscheid (2015c); 19 = Petrobras/Bourscheid (2018b); 20 = Petrobras/Bourscheid (2018c); 21 = Petrobras/Bourscheid (2019d); 22 = Petrobras/Bourscheid (2019e); 23 = Petrobras/Bourscheid (2020a); 24 = Petrobras/Bioconsult (2022c); 25 = Petrobras/Bioconsult (2022d); 26 = Petrobras/Bourscheid (2016b); 27 = Petrobras/Bourscheid (2017b); 28 = Petrobras/Bourscheid (2018d); 29 = Petrobras/Bourscheid (2019f); 30 = Petrobras/Bourscheid (2019g); 31 = Petrobras/Bourscheid (2020b); 32 = Petrobras/Bioconsult (2022e); 33 =Petrobras/Bioconsult (2023b).

Um total de 33 taxa de larvas de peixes foram coletados, sendo que sete foram identificados a nível de família, 6 a nível de gênero e 20 a nível de espécie. A riqueza variou de 7 a 16 taxa nas amostras DP-BUZ-1\_J1002\_HOR\_500 e DP-BUZ-1\_J1002\_OBL\_300, respectivamente, com média de  $10,63 \pm 3,34$  taxa (Tabela V-20).

Os dados de riqueza total da atual campanha são intermediários e estão na faixa de variação dos valores registrados nas campanhas anteriores realizadas na região, sendo que o valor máximo da atual campanha foi superior em relação a maioria das demais campanhas (Tabela V-21).

A quarta campanha de monitoramento do DP-BUZ-1 apresentou maiores valores de riqueza de taxa, assim como maior amplitude de valores para esse parâmetro em relação às demais campanhas (Figura V-54), sendo encontradas diferenças significativas entre as campanhas de monitoramento (ANOVA,  $p < 0,001$ ). A quarta campanha diferiu significativamente da primeira e segunda e a quinta diferiu da primeira (Tukey,  $p < 0,05$ ).

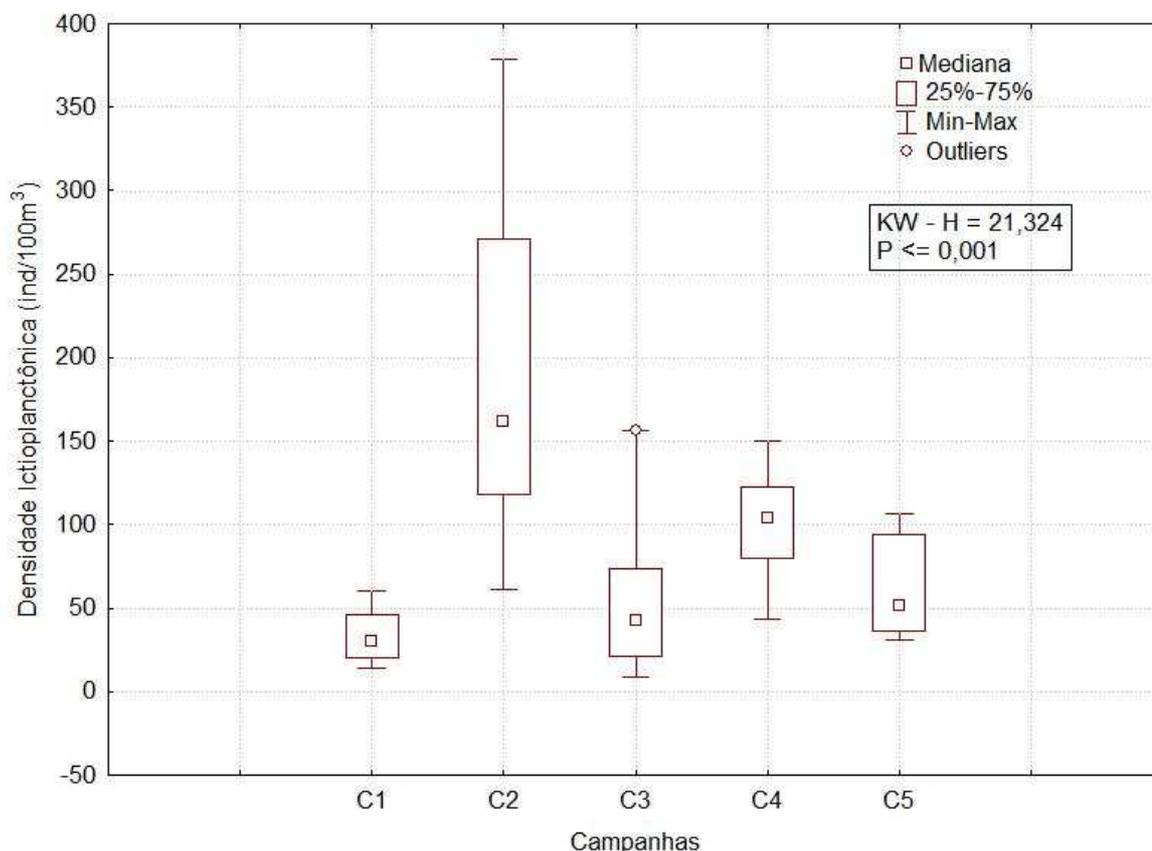


**Figura V-54** – Box plots representativos dos valores de riqueza ictioplanctônicas (n° de taxa) encontradas no PMPR\_DP-BUZ-1.

A densidade média de larvas presentes na atual campanha foi de  $62,92 \pm 31,04$  ind/100m<sup>3</sup>, com valores variando entre 30,59 ind/100m<sup>3</sup> e 106,95 ind/100 m<sup>3</sup> nas amostras DP-BUZ-1\_M1000\_HOR\_500 e DP-BUZ-1\_J1002\_HOR\_300, respectivamente (Tabela V-20). Em comparação ao PCR-BS (Petrobras, 2022), na região oceânica, as densidades máximas, entre verão e inverno, ocorreram entre cerca de 300 ind/m<sup>2</sup> e 150 ind/m<sup>2</sup>. PIR2/TRANSPETRO (2009) realizaram levantamento do ictioplâncton na plataforma continental do sudeste do Brasil e obtiveram densidades de larvas que variaram entre 6 e 29 larvas/100m<sup>3</sup>. Valores baixos de densidade são comumente registrados nessas comunidades (BRANDINI *et al.*, 1997; MAFALDA JR. *et al.*, 2004). Pode-se observar, de acordo com os dados da Tabela V-21, que os valores da atual campanha se encontram na faixa de variação dos valores registrados nas campanhas anteriores.

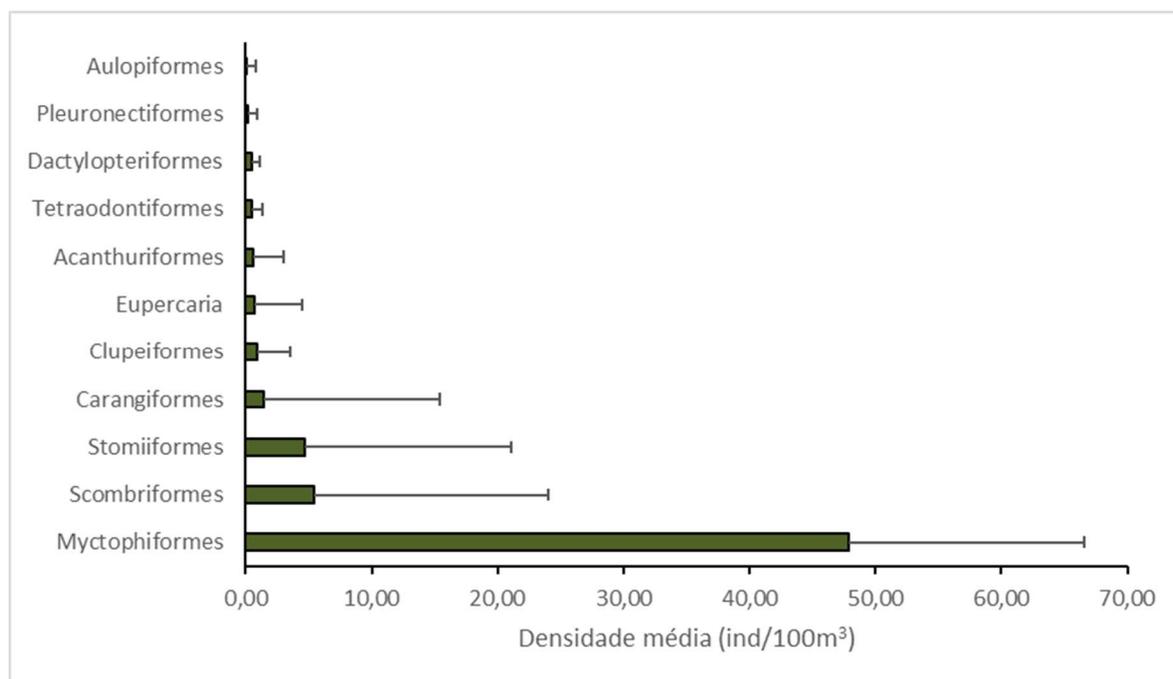
Foram encontradas diferenças significativas para os valores de densidade entre as campanhas de monitoramento (*Kruskal-Wallis*,  $p < 0,05$ ), com a segunda

campanha diferindo da primeira e da terceira e com a quarta diferindo da primeira (Tukey,  $p < 0,05$ ). A densidade de organismos foi maior na segunda campanha (Figura V-55).



**Figura V-55** – Box plots representativos dos valores de densidade ictioplancônicas ( $\text{ind}/100\text{m}^3$ ) encontradas no PMPR\_DP-BUZ-1.

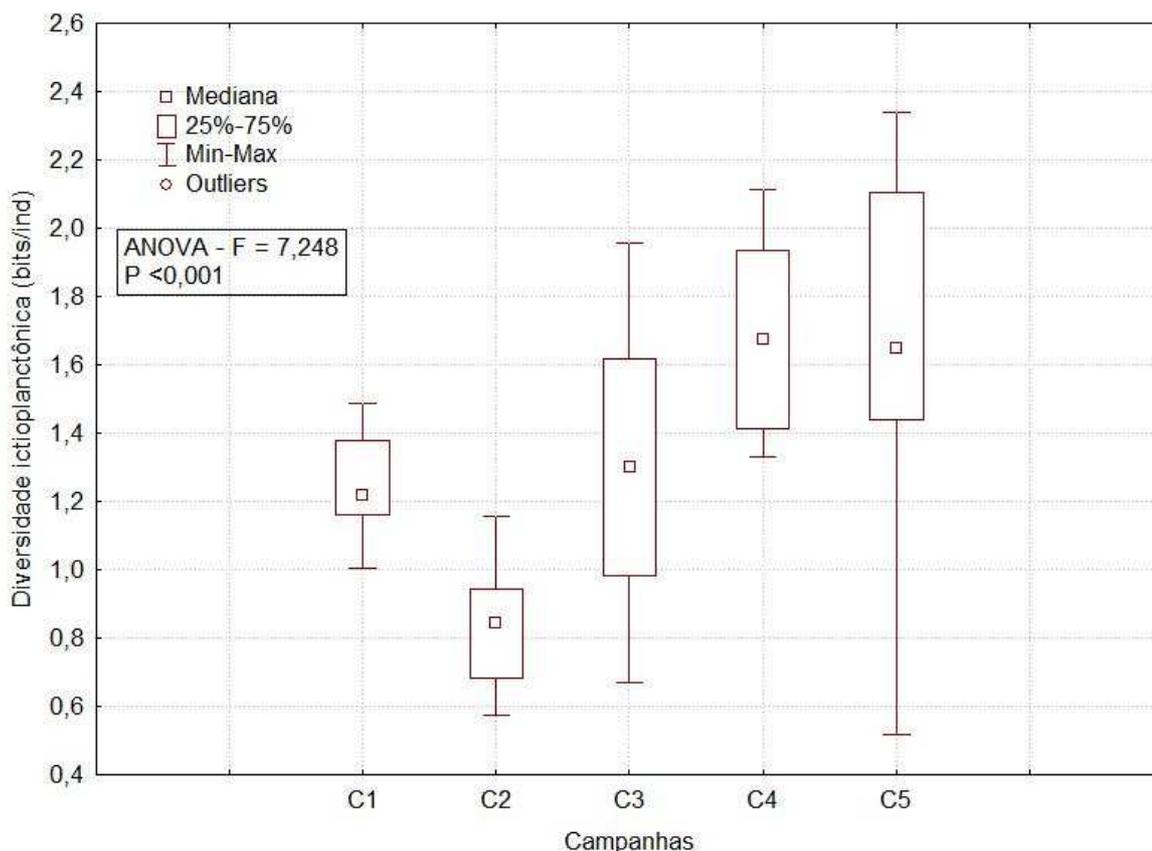
A Ordens Scombriformes e Myctophiformes apresentaram a maior riqueza de taxa, enquanto a Ordem Myctophiformes apresentou a maior densidade média de organismos ( $47,84 \pm 33,65 \text{ ind}/100\text{m}^3$ ), seguido pelas ordens Scombriformes ( $5,46 \pm 3,52 \text{ ind}/100\text{m}^3$ ) e Stomiiformes ( $4,69 \pm 4,26 \text{ ind}/100\text{m}^3$ ). As demais ordens obtiveram médias variando entre  $0,08 \pm 0,23$  (Aulopiformes) e  $1,43 \pm 2,74 \text{ ind}/100\text{m}^3$  (Carangiformes) (Figura V-56). De maneira geral, ocorreu grande dispersão dos valores em torno das médias, com desvios variando entre 64 e 283% em relação à média das ordens. Esse resultado fica, portanto, muito sujeito a fenômenos estocásticos (do acaso) e existe grande probabilidade de não refletirem um padrão para o local.



**Figura V-56** – Densidade ictioplânctônica média (ind/100m<sup>3</sup>) na atual campanha de monitoramento ambiental.

A diversidade média na atual campanha foi baixa, com resultado de  $1,66 \pm 0,57$  bits/ind, e valores variando entre 0,52 bits/ind no arrasto horizontal com rede de 500 $\mu$ m da estação DP-BUZ-1\_J1002 e 2,34 bits/ind no arrasto oblíquo com rede de 300  $\mu$ m da estação DP-BUZ-1\_M1000 (Tabela V-20). Esses resultados encontram-se na faixa de variação dos valores já obtidos anteriormente (Tabela V-21).

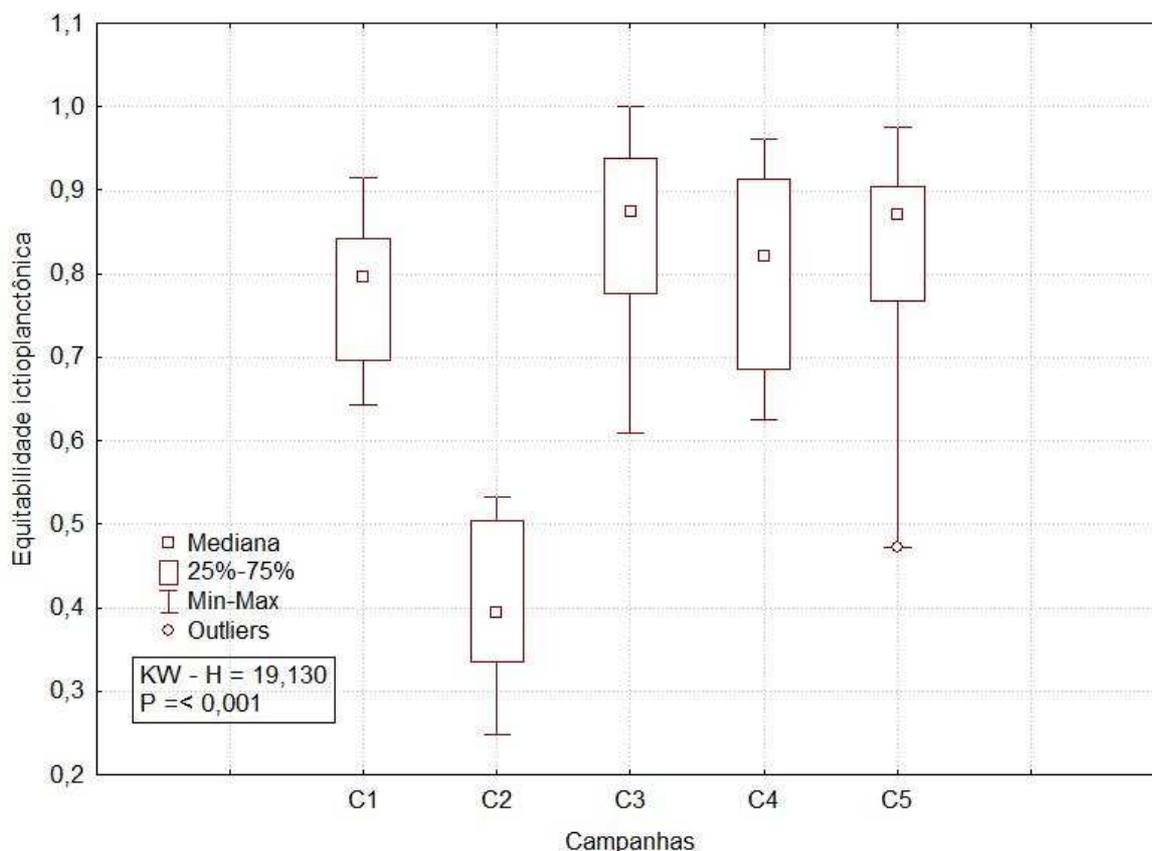
Na Figura V-57 são apresentados os valores de diversidade de ictioplâncton obtidos nas campanhas de monitoramento ambiental do DP-BUZ-1. A quinta campanha apresentou maiores valores de diversidade e também maior amplitude de variação dos dados, sendo encontradas diferenças significativas entre as campanhas (ANOVA,  $p < 0,001$ ), com a segunda campanha diferindo da quarta e quinta campanha (Tukey,  $p < 0,05$ ).



**Figura V-57** – Box plots representativos dos valores de diversidade ictioplanctônicas (bits/ind) encontradas no PMPR\_DP-BUZ-1.

Diferente da diversidade, a equitabilidade média na atual campanha foi considerada elevada, com valor de  $0,82 \pm 0,16$ , variando entre 0,47 no arrasto horizontal com rede de 500 $\mu$ m da estação DP-BUZ-1\_J1002 e 0,98 no arrasto horizontal com rede de 500 $\mu$ m da estação DP-BUZ-1\_M1000. Em comparação aos dados de equitabilidade já verificados para a região (Tabela V-21), observa-se que eles variaram bastante, e que os resultados da atual campanha se encontram na faixa de variação dos valores já obtidos para a região.

Na Figura V-58 são apresentados os valores de equitabilidade de ictioplâncton obtidos nas campanhas de monitoramento ambiental do DP-BUZ-1. A terceira campanha apresentou maiores valores para esse parâmetro, sendo observadas diferenças significativas entre as campanhas (ANOVA,  $p < 0,001$ ), com a segunda campanha diferindo das demais (Tukey,  $p < 0,05$ ).



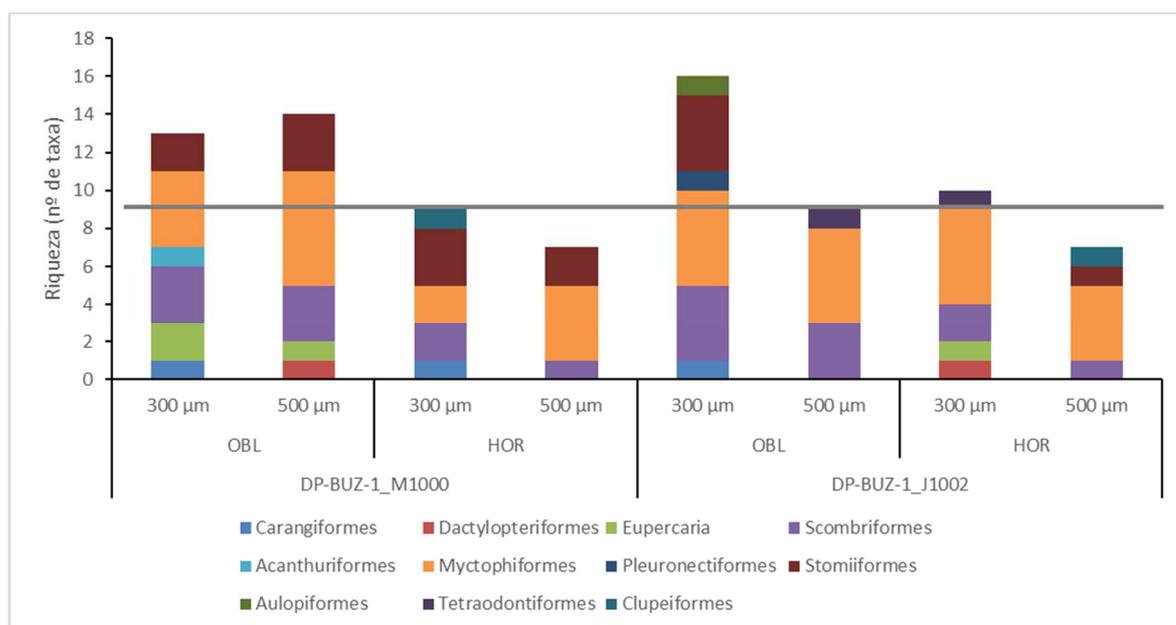
**Figura V-58** – Box plots representativos dos valores de equitabilidade das comunidades ictioplanctônicas encontradas no PMPR\_DP-BUZ-1.

Por fim, é importante ressaltar que todas as campanhas utilizaram os mesmos critérios de identificação (até o menor nível taxonômico possível) e contabilização dos organismos, bem como as mesmas fórmulas de cálculo para os índices ecológicos, conforme explicado na metodologia deste relatório, mas é possível que existam diferenças oriundas das subjetividades inerentes do método analítico, isto é, do menor nível taxonômico encontrado em cada uma das campanhas, devido às diferentes condições de integridade dos organismos e aos diversos graus de experiência dos analistas envolvidos nas identificações, podendo ter influenciado nos resultados gerados e, conseqüentemente, nas diferenças encontradas para todos os parâmetros analisados. Neste sentido, também é possível que a troca de laboratório ocorrida entre a segunda e terceira campanhas tenha influenciado nos resultados gerados e, conseqüentemente, nas diferenças encontradas para os índices ecológicos.

### V.2.3.4 - Análise da Distribuição Espacial do Ictioplâncton

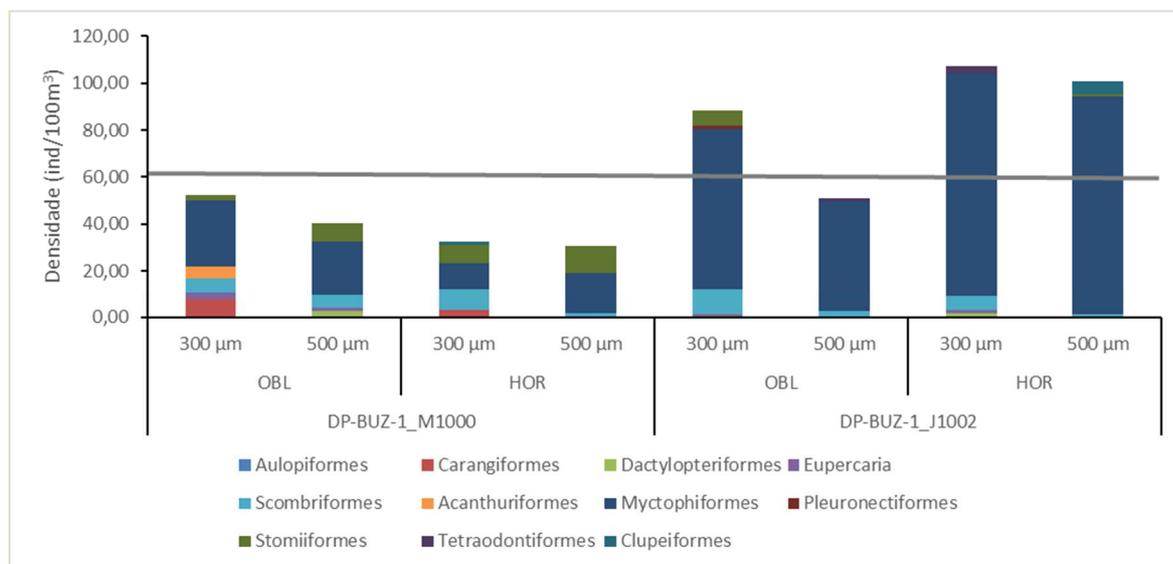
Na estação DP-BUZ-1\_M1000, os maiores valores de riqueza foram observados nos arrastos oblíquos com a malha de 300 e 500 de DP-BUZ-1\_M1000 (13 e 14 taxa, respectivamente) e de DP-BUZ-1\_J1002 (16 taxa). De maneira geral, a estação DP-BUZ-1\_J1002 apresentou maiores valores de riqueza (Figura V-59).

As ordens Scombriformes e Myctophiformes ocorreram em todas as amostras. Acanthuriformes e Cluperiformes ocorreram somente estação DP-BUZ-1\_M1000, malha 300 no arrasto oblíquo e horizontal, respectivamente. Stomiiformes ocorreram em todas as amostras de DP-BUZ-1\_M1000, e apenas no arrasto oblíquo com malha 300 e arrasto horizontal com malha 500 de DP-BUZ-1\_J1002. Tetraodontiformes ocorreu apenas no arrasto oblíquo com malha de 500 e horizontal com malha de 300 de DP-BUZ-1\_J1002. Dactylopteriformes ocorreu apenas no arrasto oblíquo com malha de 500 em DP-BUZ-1\_M1000 e arrasto horizontal com malha de 300 de DP-BUZ-1\_J1002. Pleuronectiformes ocorreu somente no arrasto oblíquo com a malha de 300 da estação DP-BUZ-1\_J1002 (Figura V-59).



**Figura V-59** – Riqueza ictioplânctônica (número de taxa) da atual campanha. A linha cinza representa a média de todas as amostras.

Maiores valores de densidade foram registrados na estação DP-BUZ-1\_J1002 em relação a DP-BUZ-1\_M1000. Sendo que os maiores valores de densidade foram registrados no arrasto horizontal de DP-BUZ-1\_J1002, em ambas as malhas (Figura V-60). A Ordem Myctophiformes apresentou as maiores densidades na maioria das amostras.



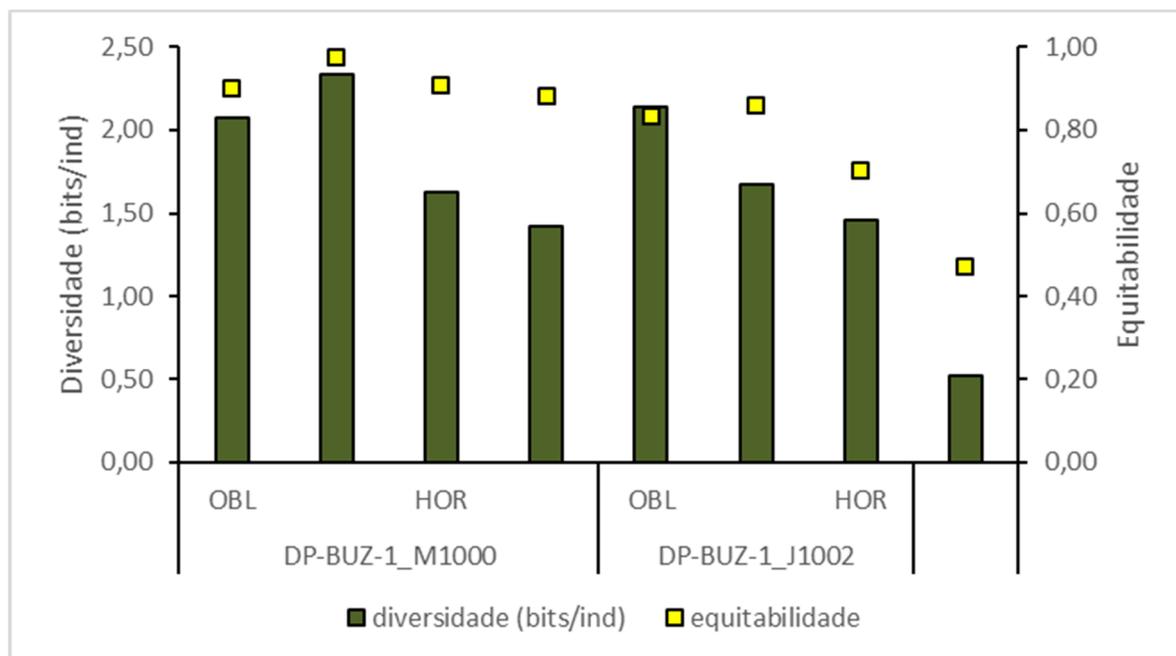
**Figura V-60** – Densidade ictioplanctônicas (ind/100m<sup>3</sup>) da atual campanha de monitoramento ambiental. A linha cinza representa a média de todas as amostras.

A captura de larvas está muito relacionada com a dinâmica de migração desses organismos. As larvas de peixes, de maneira geral, costumam ocupar maiores profundidades durante o dia, realizando migração vertical em direção à superfície durante a noite (RÉ, 1984, 1986).

A observação de padrões em comunidades ictioplanctônicas depende de um esforço amostral superior, pois são organismos menos abundantes na coluna d'água se comparados com, por exemplo, o zooplâncton (BRANDINI *et al.*, 1997).

O resultado da diversidade foi baixa (sempre abaixo de 2,34 bits/ind) e da equitabilidade foi elevado (acima de 0,70) na maioria das amostras, exceto em DP-BUZ-1\_J1002\_HOR malha de 500). Os maiores valores para diversidade (acima de 2,07 bits/ind, mas não superior a 2,34 bits/ind) foram nos arrastos oblíquos de DP-BUZ-1\_M1000 em ambas as malhas e de DP-BUZ-1\_J1002 malha de 300. As maiores equitabilidades ocorreram nas amostras da estação DP-BUZ-1\_M1000

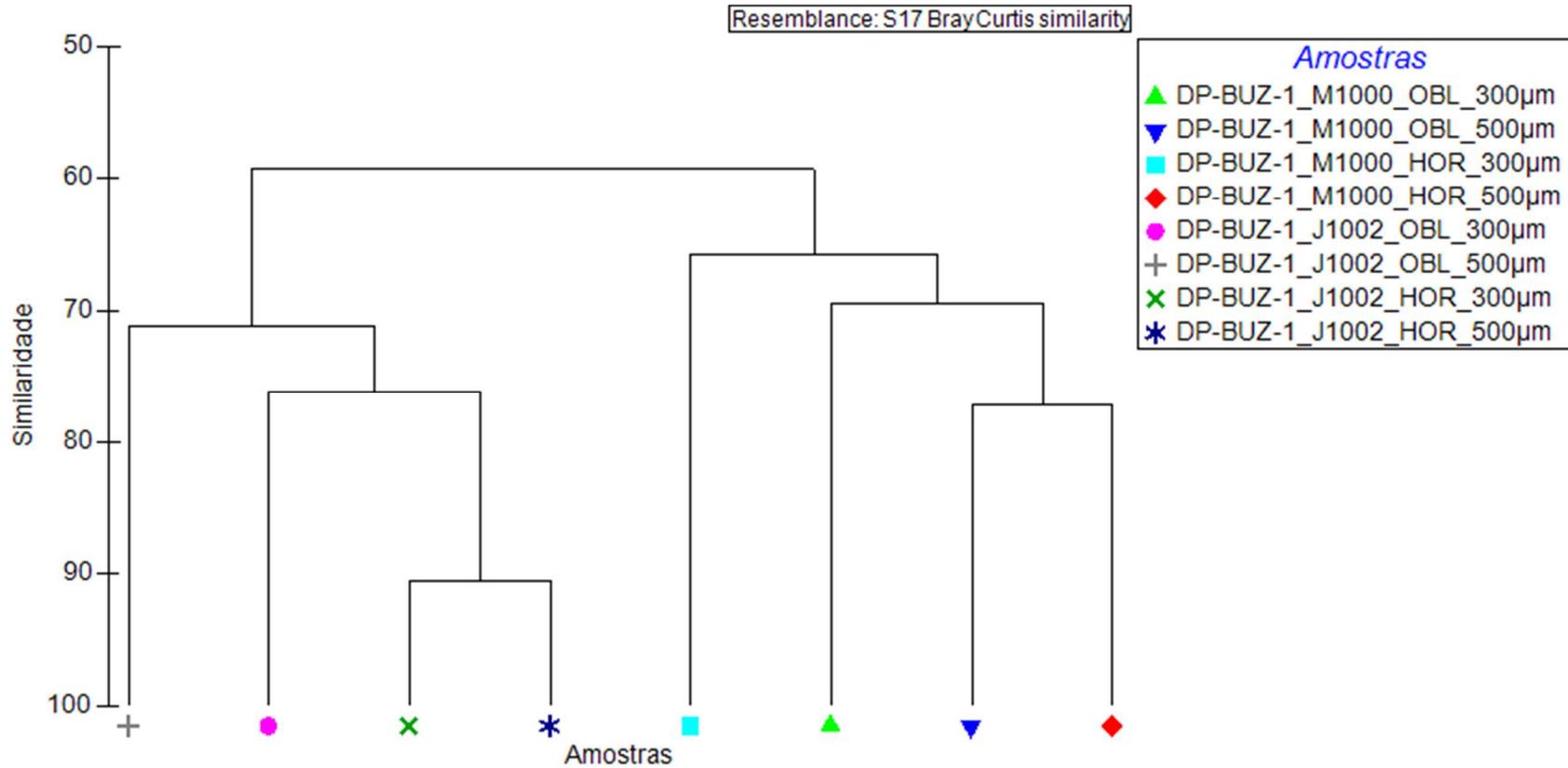
(entre 0,88 a 0,98). Esses resultados apontam para uma composição específica relativamente bem distribuída, mas com baixa diversidade de espécies.



**Figura V-61** – Diversidade (bits/ind) e equitabilidade da comunidade ictioplânctônica da atual campanha de monitoramento ambiental.

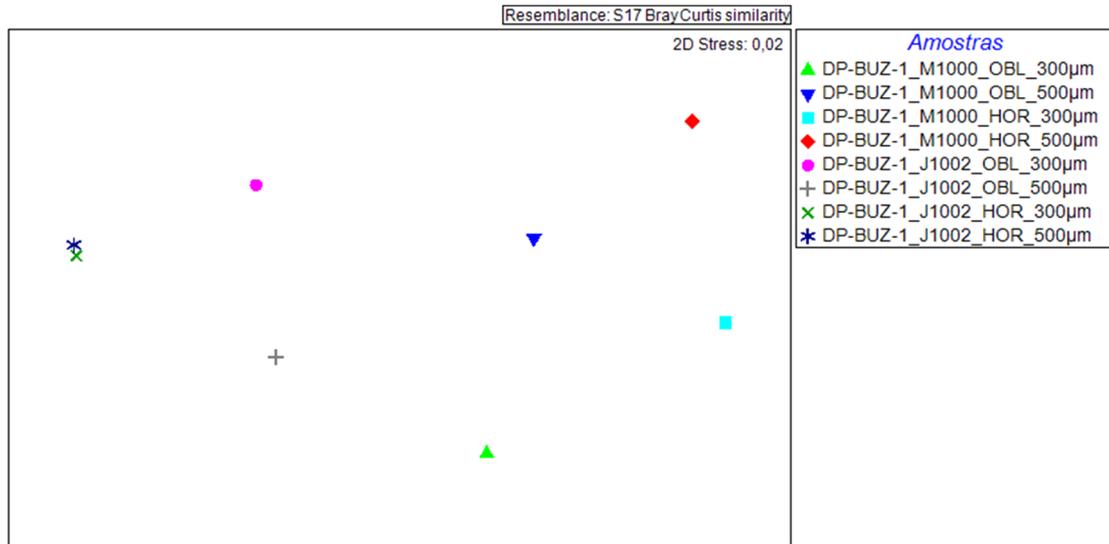
### V.2.3.5 - Análise de Cluster e MDS

A análise *Cluster* mostrou agrupamentos com aproximadamente 70% de similaridade entre as amostras, separando as amostras da estação DP-BUZ-1\_M1000 das da estação DP-BUZ-1\_J1002, provavelmente devido aos maiores valores de densidade presentes nas amostras de DP-BUZ-1\_J1002 (Figura V-62). Esta condição também foi observada na análise de MDS, que apresentou *stress* de 0,02 (representando bom ordenamento dos dados), contudo não tão visualmente evidente como se percebe no *cluster* (Figura V-63).



Legenda: OBL = arrasto oblíquo e HOR = arrasto horizontal.

**Figura V-62** – Dendrograma de agrupamento (Cluster) da comunidade ictioplanctônica da atual campanha de monitoramento ambiental.



Legenda: OBL = arrasto oblíquo e HOR = arrasto horizontal.

**Figura V-63** – Escalonamento multidimensional (MDS) da comunidade ictioplânctônica na atual campanha de monitoramento.

## VI - ANÁLISE INTEGRADA

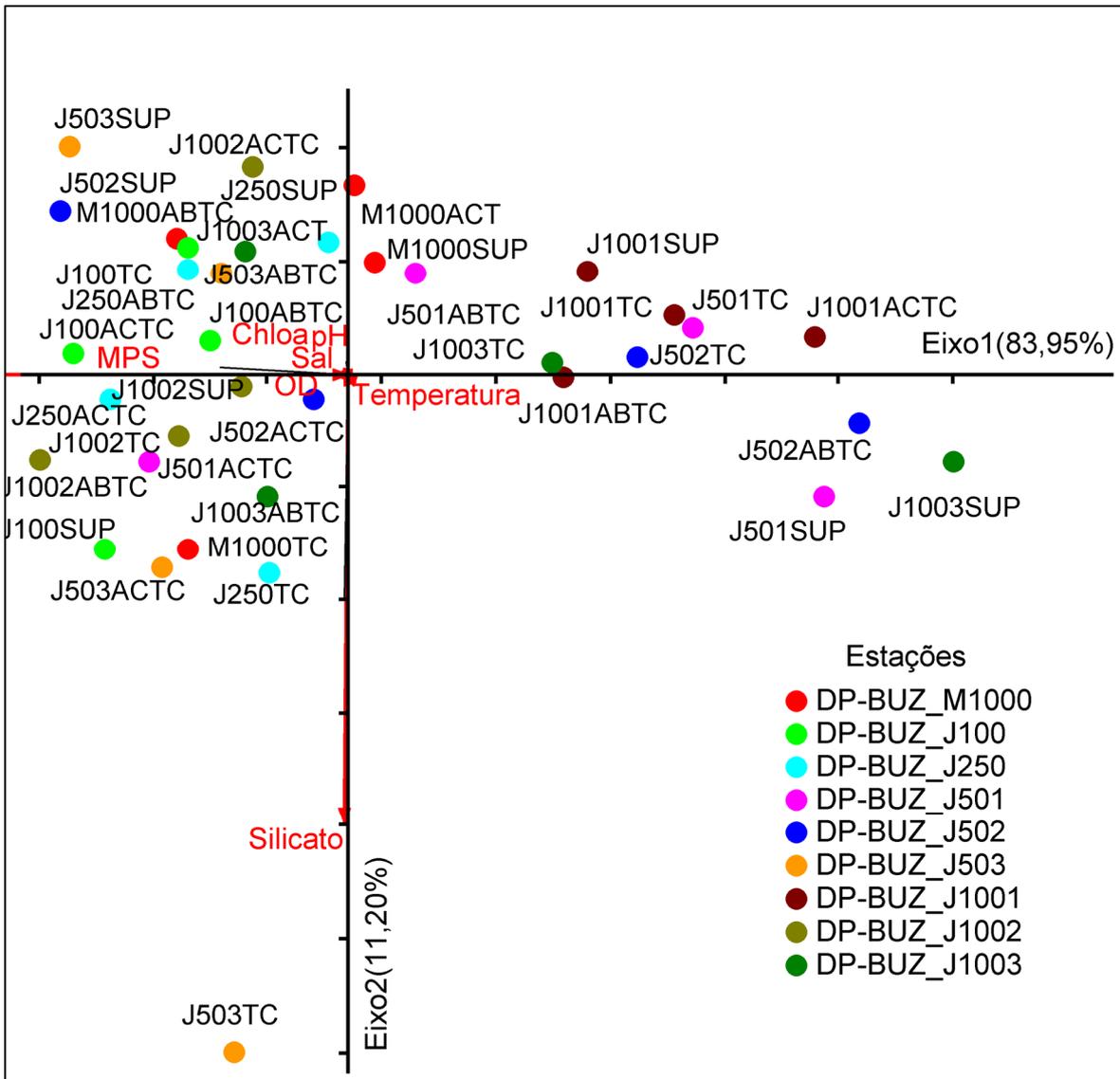
Neste capítulo é apresentada a análise integrada das variáveis bióticas e abióticas para o ambiente pelágico das estações de coleta amostradas na 5ª campanha de monitoramento ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Pólo Pré-Sal da Bacia de Santos – Etapa 2 – DP de Búzios 1.

### VI.1 - AMBIENTE PELÁGICO

#### VI.1.1 - Variáveis Físico-Químicas e Clorofila-a

Uma análise de componentes principais (ACP) foi realizada visando avaliar a distribuição, no espaço bidimensional, de todas as unidades amostrais desta atua campanha de monitoramento ambiental de DP de Buzios 1, em relação às variáveis físico-químicas e clorofila *a*. Na Figura VI-1, observa-se a ACP, que explicou 95,15% da variação dos dados nos dois primeiros eixos, sendo o primeiro eixo com 83,95% de explicação e o segundo com 11,1953%. As variáveis significativamente relacionadas aos eixos gerados na ACP foram determinadas através da distância *d* ao centro do plano (BOCARD *et al.*, 2011). Dessa forma, para fins de interpretação dos resultados da análise, foram consideradas como variáveis significativamente correlacionadas aos eixos, todas aquelas com distâncias ao centro do plano iguais ou superiores a 0,53.

A distribuição das amostras não foi significativa nos eixos ( $p > 0,05$ ). Sendo assim, considerou-se a avaliação do autovalor observado e calculado, conforme sugerido por Jackson (1993). Verificou-se que os eixos 1 e 2 apresentaram autovalor observado de 0,035 e 0,005, respectivamente, e autovalor calculado de 0,016 e 0,010, respectivamente. Portanto apenas o eixo 1, cujo autovalor observado maior que o calculado foi significativo para interpretações.



Legenda: SUP = superfície; ACTC = acima da termoclina; TC = termoclina; ABTC = abaixo da termoclina; MPS = material particulado em suspensão, OD = oxigênio dissolvido, Sal = salinidade; Temp = temperatura da água, Chloa = clorofila a.

**Figura VI-1** - Análise de componentes principais das variáveis físico-químicas do ambiente pelágico da PMPR\_DP-BUZ-1\_C5.

Observa-se que a distribuição das amostras ocorreu, principalmente, devido aos gradientes de concentração de MPS entre as amostras ao longo dos eixos. O MPS esteve correlacionado negativamente ( $r=-1,00$ ) com o eixo 1. Assim, as amostras dispostas na porção negativa do eixo 1, tenderam a apresentar maiores concentrações de MPS, variando entre 7,28mg/L em DP-BUZ-1\_J502\_ACTC a 12,12 mg/L em DP-BUZ-1\_J1002\_ABTC. As amostras dispostas na porção positiva do eixo variaram desde a menor concentração de MPS em DP-BUZ-1\_J1003\_SUP 1,8mg/L até 6,8mg/L em DP-BUZ-

## 1\_M1000\_ACTC

As demais variáveis não foram significativamente correlacionadas ao eixo, pois não apresentaram distância ao centro do plano iguais ou superiores a 0,53.

### VI.1.2 - Relação do Fitoplâncton com o Ambiente Físico-químico

A correlação de Spearman realizada entre os indicadores biológicos da comunidade fitoplanctônica e as variáveis ambientais não indicou apenas nenhuma correlação significativa (Tabela VI.1-1).

**Tabela VI.1-1 – Correlação de Spearman entre os indicadores biológicos da estrutura da comunidade fitoplanctônica (densidade, riqueza, diversidade e equitabilidade) e as variáveis ambientais de qualidade da água da PMPR\_DP-BUZ-1\_C5.**

	Densidade	Riqueza	Diversidade	Equitabilidade
Temperatura	-0,05	-0,02	-0,05	0,14
Salinidade	-0,14	-0,02	-0,13	-0,07
OD	0,29	0,05	0,05	-0,02
pH	0,10	-0,17	-0,10	-0,30
Silicato	0,02	0,07	-0,14	0,00
MPS	0,14	0,00	-0,05	-0,26
COT	0,45	0,21	0,19	-0,12

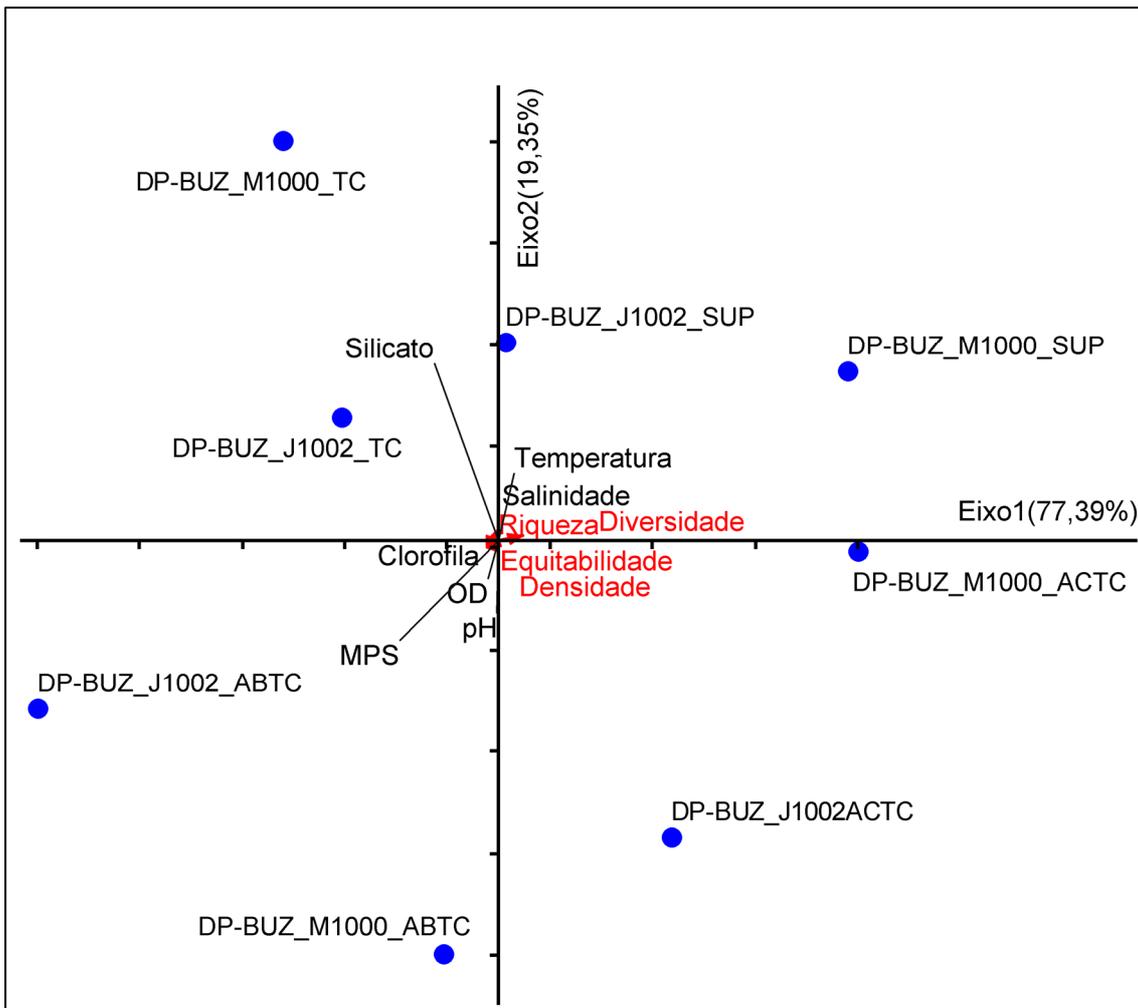
Legenda: OD, oxigênio dissolvido; MPS, material particulado em suspensão; COT, carbono orgânico total.

Os dados de fenóis, BTEX, HTP, HPA, MCNR, n-alcanos, sulfetos, n-amoniaco, nitrato, nitrito, fósforo e COT não foram considerados, nem nas análises de correlação, nem nas análises de ordenação, pois ou não foram detectados ou não apresentaram variação entre as amostras coletadas.

Na sequência da exploração dos dados, uma análise de componentes principais (ACP) foi realizada a fim de avaliar a distribuição das unidades amostrais no espaço bidimensional. Para essa análise, as variáveis ambientais foram inseridas como variáveis ativas, e os indicadores biológicos, como variáveis suplementares.

A Figura VI.1-2 apresenta a ACP, que explicou 96,75% da variação dos dados nos dois primeiros eixos, sendo o primeiro eixo com 77,39% de explicação e o segundo com 19,36%. As variáveis significativamente relacionadas aos eixos

gerados na ACP foram determinadas através da distância  $d$  ao centro do plano (BOCARD *et al.*, 2011). Dessa forma, para fins de interpretação dos resultados da análise, foram consideradas como variáveis significativamente correlacionadas aos eixos, todas aquelas com distâncias ao centro do plano iguais ou superiores a 0,53.



Legenda: M1000 = estação 1000 m à montante; J1002 = estação 1000 m à jusante; SUP = superfície; ACTC = acima da termoclina; TC = termoclina; ABTC = abaixo da termoclina; MPS = material particulado em suspensão, OD = oxigênio dissolvido.

**Figura VI.1-2** – Análise de componentes principais das variáveis físico-químicas do ambiente pelágico sobreposta com os indicadores ambientais do fitoplâncton.

A distribuição das amostras não foi significativa para ambos os eixos ( $p > 0,05$ ). Portanto, considerou-se a avaliação do autovalor observado e calculado, conforme sugerido por Jackson (1993). Verificou-se que os eixos 1 e

2 apresentaram autovalor observado de 0,008 e 0,002, respectivamente, e autovalor calculado de 0,004 e 0,002, respectivamente. Portanto apenas o eixo 1, cujo autovalor observado maior que o calculado foi significativo para interpretações.

Nesse caso, ao longo do eixo 1 as amostras tiveram sua distribuição influenciada principalmente pelo silicato, correlacionado negativamente ( $r=-0,81$ ), e pelo MPS, correlacionado negativamente ( $r=-0,96$ ) com o eixo.

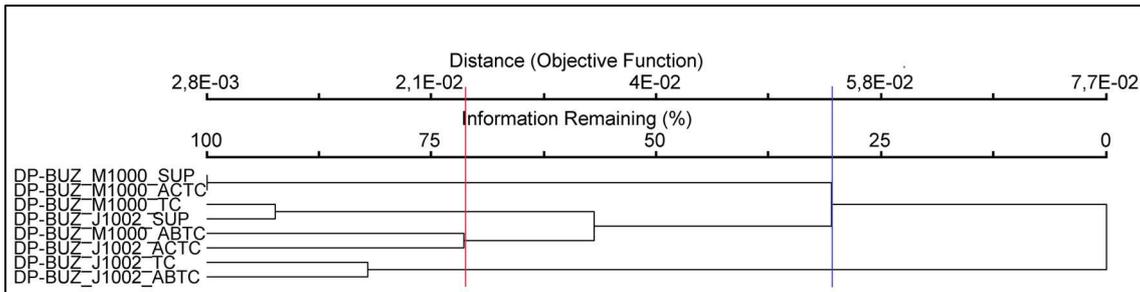
Nessa relação, as amostras dos estratos SUP e ACTC de DP-BUZ-1\_M1000 e DP-BUZ-1\_J1002, estiveram dispostas na porção positiva do eixo 1, separando-se das demais (de estrato mais profundo) devido às menores concentrações de MPS e silicato, ocorrendo o inverso entre as amostras dispostas na porção negativa do eixo (DP-BUZ-1\_M1000\_TC, DP-BUZ-1\_M1000\_ABTC, DP-BUZ-1\_J1002\_TC e DP-BUZ-1\_J1002\_ABTC).

Não foram verificadas correlações significativas entre as variáveis biológicas da comunidade fitoplanctônica e os eixos da ACP. Tampouco foram significativas as correlações das demais variáveis ambientais sobre os eixos, pois não apresentaram distância  $d$  ao centro do plano maior ou igual a 0,53.

Outras duas análises foram realizadas, visando complementar ainda mais a análise dos dados e avaliar a distribuição espacial das amostras do ambiente pelágico em relação às variáveis ambientais e fitoplanctônicas. Assim, foram realizadas uma análise de agrupamento e uma análise de escalonamento multidimensional. O agrupamento (*cluster*) permite avaliar a aproximação das unidades amostrais em relação às suas respostas ambientais e biológicas.

O agrupamento realizado (Figura VI.1-3) mostrou a formação de dois grupos (linha azul), com 30,6% de similaridade. A formação em dois grupos separou as amostras DP-BUZ-1\_J1002\_TC e DP-BUZ-1\_J1002\_ABTC das demais amostras, devido aos menores valores de diversidade fitoplanctônica, igual valor de pH, valores muito semelhantes de silicato e clorofila *a* e maiores concentrações de MPS. Considerando-se maior similaridade no agrupamento (70,4%) (linha vermelha), obtêm-se a formação de quatro grupos, a saber: i) DP-BUZ-1\_M1000\_SUP e DP-BUZ-1\_M1000\_ACTC, devido às menores concentrações de MPS nessas amostras; ii) DP-BUZ-1\_M1000\_TC e DP-BUZ-1\_J1002\_SUP, que apresentaram valores semelhantes entre em relação à

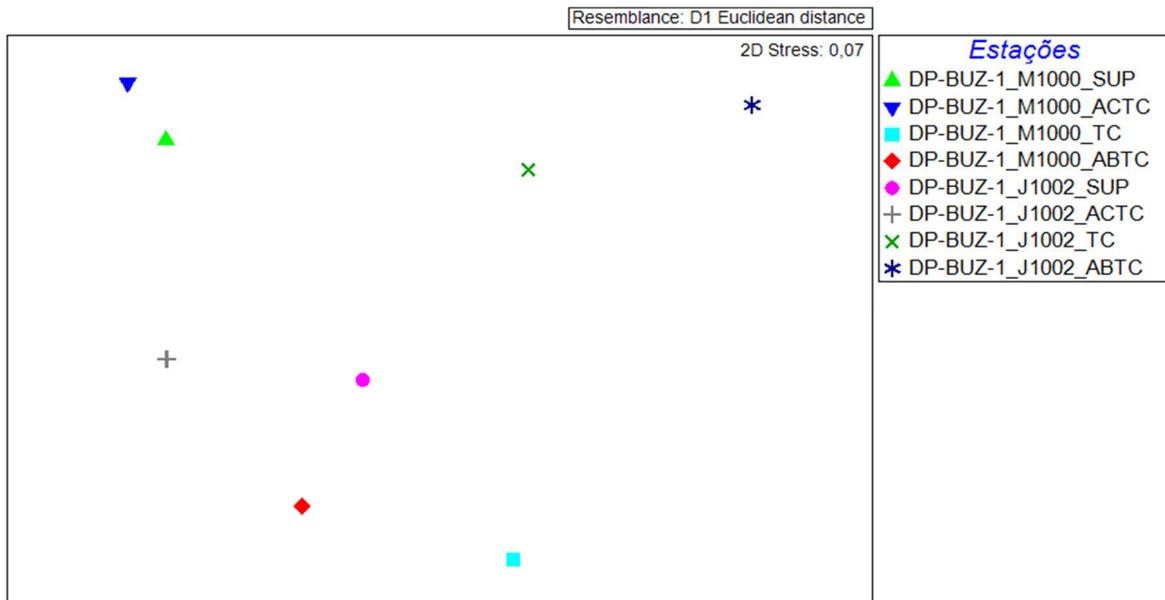
maioria dos parâmetros analisadas, mas principalmente em relação à diversidade fitoplanctônica; iii) DP-BUZ-1\_M1000\_ABTC e DP-BUZ-1\_J1002\_ACTC, provavelmente pelos maiores valores de pH e menores concentrações de silicato; iv) DP-BUZ-1\_J1002\_TC e DP-BUZ-1\_J1002\_ABTC, devido às características já assinaladas acima.



Legenda: M1000 = estação 1000 m à montante; J1002 = estação 2, 1000 m à jusante; SUP = superfície; ACTC = acima da termoclina; TC = termoclina; ABTC = abaixo da termoclina.

**Figura VI.1-3 – Análise de agrupamento das variáveis ambientais e fitoplâncton da PMPR\_DP-BUZ-1\_C5.**

A MDS é uma técnica de ordenação adequada a dados não normais, ou em escalas arbitrárias, descontínuas, ou de outra forma questionável (McCUNE & MEFFORD, 2011). Nessa análise (Figura VI.1-4), obteve-se uma boa confiabilidade, com valor de stress satisfatório (0,07) (KRUSKAL, 1978; CLARKE, 1993).



**Figura VI.1-4** Análise de escalonamento multidimensional entre as variáveis ambientais de qualidade da água e os indicadores biológicos da comunidade fitoplanctônica da PMPR\_DP-BUZ-1\_C5.

A comunidade fitoplanctônica contribui, com grande expressividade, para as cadeias alimentares aquáticas, para a produção de grandes quantidades de oxigênio atmosférico e para assimilação de carbono através da fotossíntese, ganhando maior destaque que as algas maiores e visíveis (GARRISON, 2011). Dentre a diversidade de grupos do fitoplâncton marinho, destacam-se como mais proeminentes as diatomáceas e os dinoflagelados (GARRISON, 2011; HUGHES *et al.*, 2013), e essa tendência, foi igualmente observada nesse monitoramento, no qual os principais taxa identificados nas amostras foram representantes do filo Myzozoa (dinoflagelados) (GUIRY & GUIRY, 2021), seguido pelos filos Bacillariophyta (diatomáceas), Haptophyta e Cyanobacteria, esses com contribuições mais discretas.

Nas comunidades planctônicas, especialmente fitoplanctônica, a estrutura da comunidade está constantemente sujeita à interação de diferentes fatores ambientais e biológicos, variando em diferentes escalas espaciais e temporais (WILLIAM *et al.*, 1993). Fatores como temperatura da água, intensidade luminosa, concentração de CO<sub>2</sub>, disponibilidade de nutrientes, turbidez, MPS, pH, salinidade, acidificação, radiação, concentração de matéria orgânica, e interações biológicas, exercem pronunciados efeitos à sua estrutura, dinâmica e, conseqüentemente, à produtividade fitoplanctônica (FRANCO *et al.*, 2005; ESTEVES, 2011, RICHA *et al.*, 2014).

Considerando as variações nas estações DP-BUZ-1\_M1000 e DP-BUZ-1\_J1002, e as relações das características biológicas da comunidade fitoplanctônica e as características ambientais, não foram identificadas correlações de *Spearman* significativas. Em relação à distribuição espacial das amostras, essa foi influenciada, especialmente pelo MPS, silicato, contudo sem nenhuma contribuição significativa dos indicadores biológicos da comunidade. Dentre os parâmetros ambientais identificados contribuindo com a variação amostral, o MPS tem a propriedade de reduzir a transparência da água, pela atenuação da incidência de luz, podendo afetar, reduzir e ou inibir o crescimento fitoplanctônico e, conseqüentemente sua produtividade (REYNOLDS, 2006;

TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2008; JIANG *et al.*, 2021). Em relação ao silicato, ele é o principal nutriente controlador da produtividade das diatomáceas, apresentando estreita relação entre a biomassa desse grupo e a concentração de silicato no meio (ESTEVES & SUZUKI, 2011), embora também não tenham sido observadas relações significativas desse parâmetro com os indicadores biológicos da comunidade fitoplanctônica.

Finalmente, sabe-se que a dinâmica e estrutura fitoplanctônica são influenciadas por diferentes parâmetros ambientais e biológicos que, por consequência, acabam por influenciar, direta e indiretamente, a dinâmica de outros níveis tróficos e vice-versa. Como no caso do zooplâncton e ictioplâncton, que possuem um papel importante na dinâmica dos ecossistemas aquáticos, atuando principalmente na ciclagem de nutrientes e no fluxo de energia (ESTEVES, 2011; STEINBERG & LANDRY, 2017) e, cujas relações dessas comunidades com as características ambientais serão exploradas a seguir.

### **VI.1.3 - Relação do Zooplâncton e Ictioplâncton com o Ambiente Físico-químico**

Na Tabela VI-1-2 se verifica a variação dos dados biológicos e ambientais referentes às diferentes formas de coleta das comunidades zooplanctônica e ictioplanctônica.

**Tabela VI.1-2 – Indicadores biológicos das comunidade zooplânctônicas e ictioplânctônicas da PMPR\_DP-BUZ-1\_C5.**

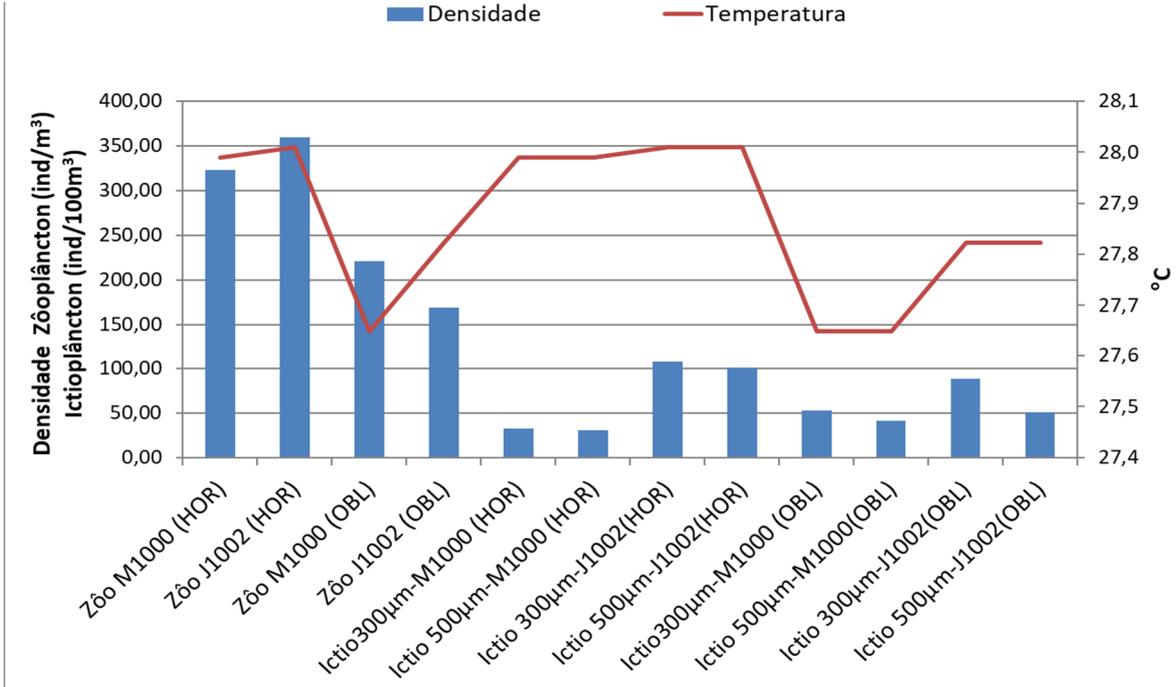
	Zooplâncton				Ictioplâncton							
	M1000 (HOR)	J1002 (HOR)	M1000 (OBL)	J1002 (OBL)	300µm- M1000 (HOR)	500µm- M1000 (HOR)	300µm- J1002 (HOR)	500µm- J1002 (HOR)	300µm- M1000 (OBL)	500µm- M1000 (OBL)	300µm- J1002 (OBL)	500µm- J1002 (OBL)
<b>Densidade Zoo: ind/m<sup>3</sup></b>	322,97	359,18	220,75	169,35	32,69	30,59	106,95	100,85	52,41	40,53	88,41	50,89
<b>Ictio: ind/100m<sup>3</sup></b>												
<b>Riqueza</b>	33,00	30,00	34,00	31,00	9,00	7,00	10,00	7,00	13,00	14,00	16,00	9,00
<b>Diversidade (bits/ind)</b>	3,31	2,16	3,04	2,98	1,63	1,42	1,46	0,52	2,07	2,34	2,14	1,68
<b>Equitabilidade</b>	0,66	0,44	0,60	0,60	0,91	0,88	0,70	0,47	0,90	0,98	0,83	0,86
<b>Temperatura °C</b>	27,99	28,01	27,65	27,82	27,99	27,99	28,01	28,01	27,65	27,65	27,82	27,82
<b>Salinidade (‰)</b>	36,28	36,30	36,25	36,29	36,28	36,28	36,30	36,30	36,25	36,25	36,29	36,29
<b>OD (mg/L)</b>	6,71	6,58	6,75	6,68	6,71	6,71	6,58	6,58	6,75	6,75	6,68	6,68
<b>pH</b>	8,03	8,02	8,02	8,04	8,03	8,03	8,02	8,02	8,02	8,02	8,04	8,04
<b>Silicato (mg/L)</b>	0,35	0,54	0,47	0,47	0,35	0,35	0,54	0,54	0,47	0,47	0,47	0,47
<b>MPS (mg/L)</b>	6,50	8,36	7,50	8,67	6,50	6,50	8,36	8,36	7,50	7,50	8,67	8,67
<b>Clorofila a (mg/L)</b>	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04

Legenda: OD, oxigênio dissolvido; MPS, material particulado em suspensão.

As características da comunidade zooplanctônica tenderam a variar entre as estações montante e jusante e o tipo de arrasto, juntamente com algumas características ambientais de qualidade da água (Tabela VI.1-2; Figura VI.1-5 a Figura VI.1-20). As maiores densidades foram identificadas nos arrastos horizontais, destacando-se como característica ambiental compartilhada entre as duas estações, a maior temperatura. Em DP-BUZ-1\_J1002\_HOR, onde a densidade foi maior, também se observou menor riqueza, diversidade e equitabilidade, juntamente com maior salinidade e concentração de silicatos e menor concentração de OD. As maiores riquezas e diversidades zooplanctônica ocorreram em ambos os arrastos (HOR e OBL) de DP-BUZ-1\_M1000, juntamente com maior concentração de OD e menor concentração de MPS. Ocorrendo o oposto em DP\_BUZ-1\_J1002. A equitabilidade zooplanctônica variou de 0,6 a 0,66 entre as amostras de DP-BUZ-1\_M1000 e DP-BUZ-1\_J1002 OBL.

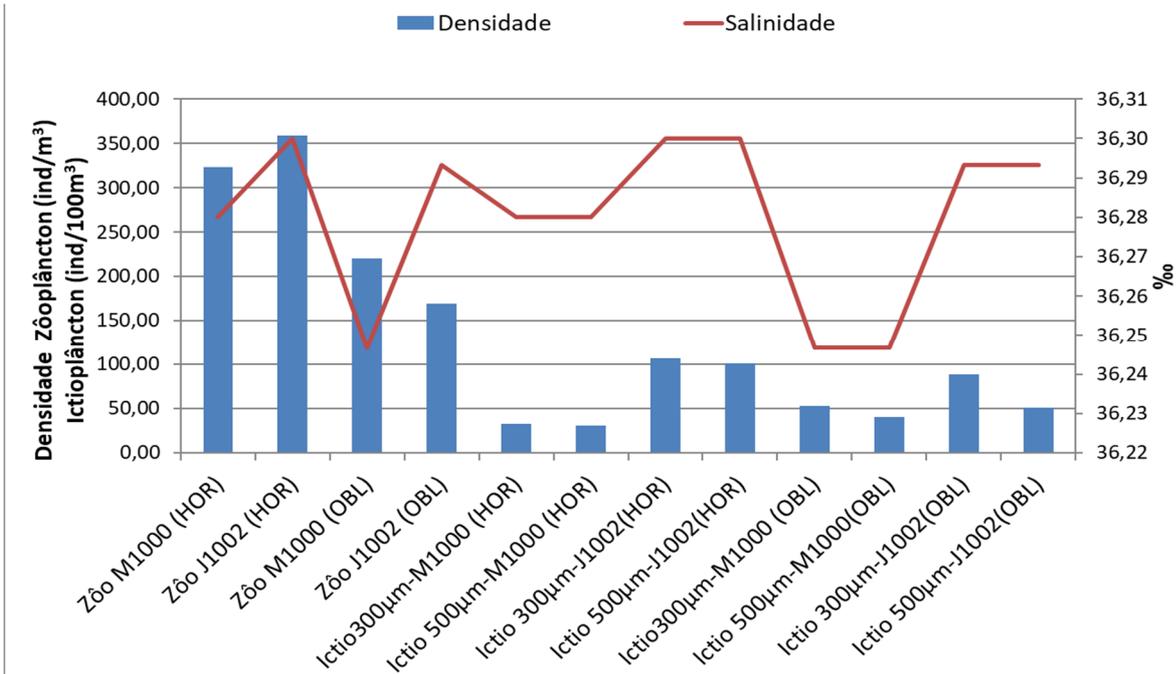
Em relação às características da comunidade ictioplanctônica, observou-se maior densidade e menor equitabilidade entre as amostras de arrasto horizontal de DP-BUZ-1\_J1002, em ambas as malhas, em que houve também maior temperatura da água, maior salinidade, e maior concentração de silicato e menor de OD. Em DP-BUZ-1\_J1002\_HOR 500 também se observou a menor diversidade. A menor densidade ocorreu em DP-BUZ-1\_M1000\_HOR, ambas as malhas, juntamente com a menor concentração de MPS. As maiores riquezas e diversidade da comunidade ictioplanctônica ocorreu nos arrastos oblíquos de DP-BUZ-1\_M1000 e DP-BUZ-1\_J1002, nas malhas 500 e 300, respectivamente. Essas amostras, não compartilharam um padrão de características ambientais exclusivas. Em DP-BUZ-1\_M1000\_OBL 500, também se observou maior equitabilidade. Por fim, a menor riqueza ictioplanctônica ocorreu em de DP-BUZ-1\_M1000\_HOR malha de 500, juntamente com a menor concentração de silicato e MPS (Tabela VI.1-2; Figura VI.1-5 a Figura VI.1-24).

Embora a exploração dos dados indique relações entre os indicadores biológicos e algumas variáveis ambientais, não é possível estabelecer relação causal ou de significância entre os parâmetros abióticos e indicadores biológicos com base nos dados analisados e padrões encontrados.



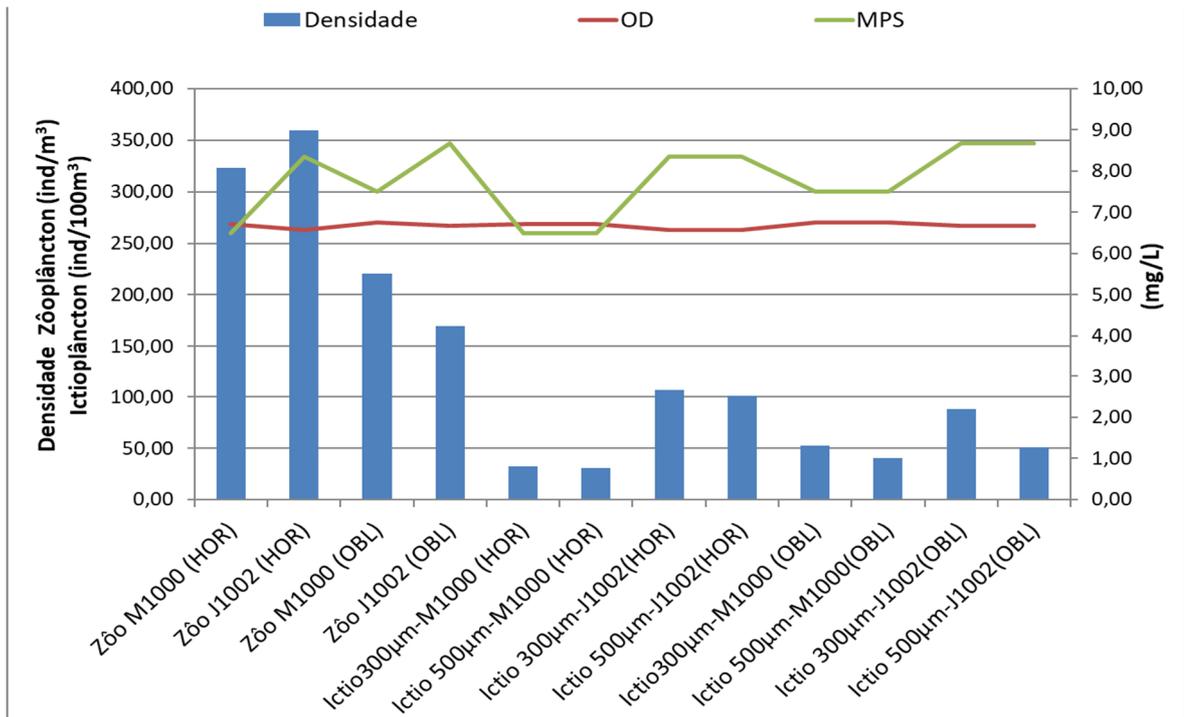
Legenda: Zôo – comunidade zooplancônica; Ictio – comunidade ictioplancônica.

**Figura VI.1-5** – Relação de temperatura com a densidade total zooplancônica e ictioplancônica da PMPR\_DP-BUZ-1\_C5.



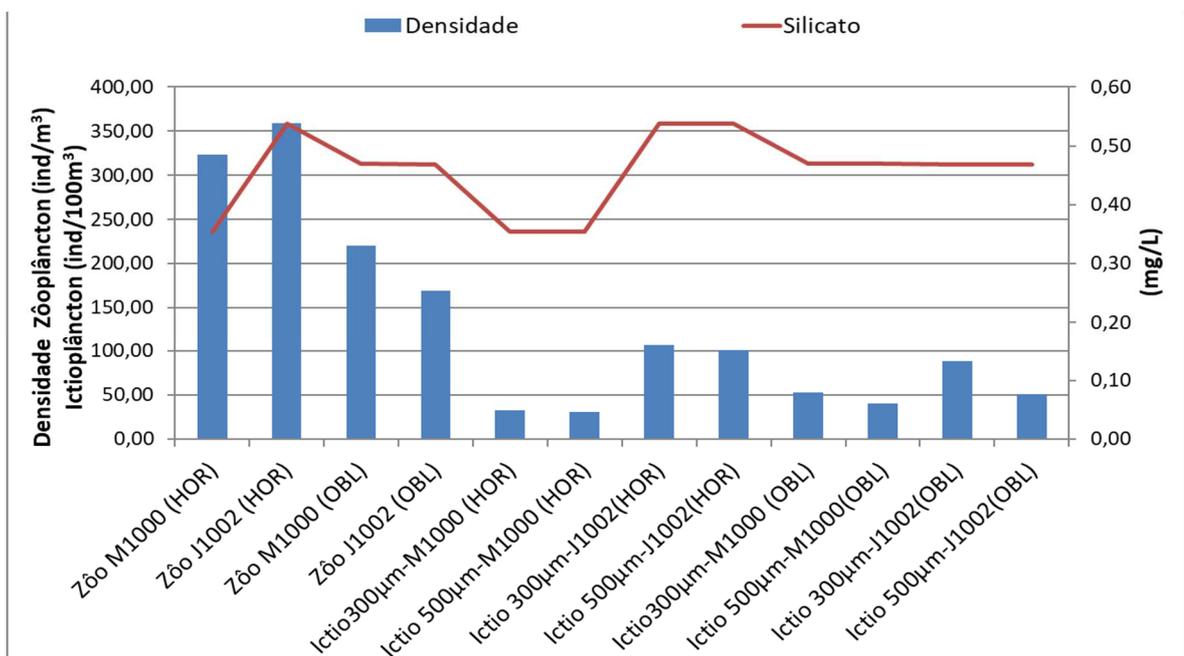
Legenda: Zôo – comunidade zooplancônica; Ictio – comunidade ictioplancônica.

**Figura VI.1-6** – Relação da salinidade com a densidade total zooplancônica e ictioplancônica da PMPR\_DP-BUZ-1\_C5.



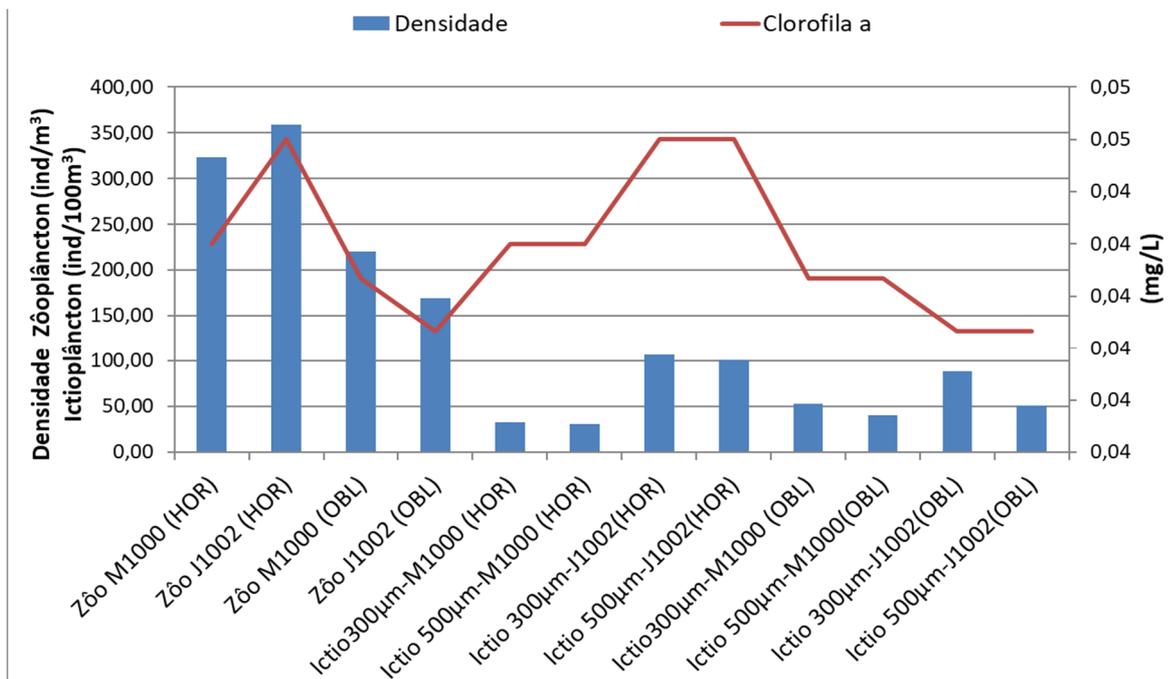
Legenda: Zôo – comunidade zooplânctônica; Ictio – comunidade ictioplânctônica.

**Figura VI.1-7 –** Relação do OD e MPS com a densidade total zooplânctônica e ictioplânctônica da PMPR\_DP-BUZ-1\_C5.



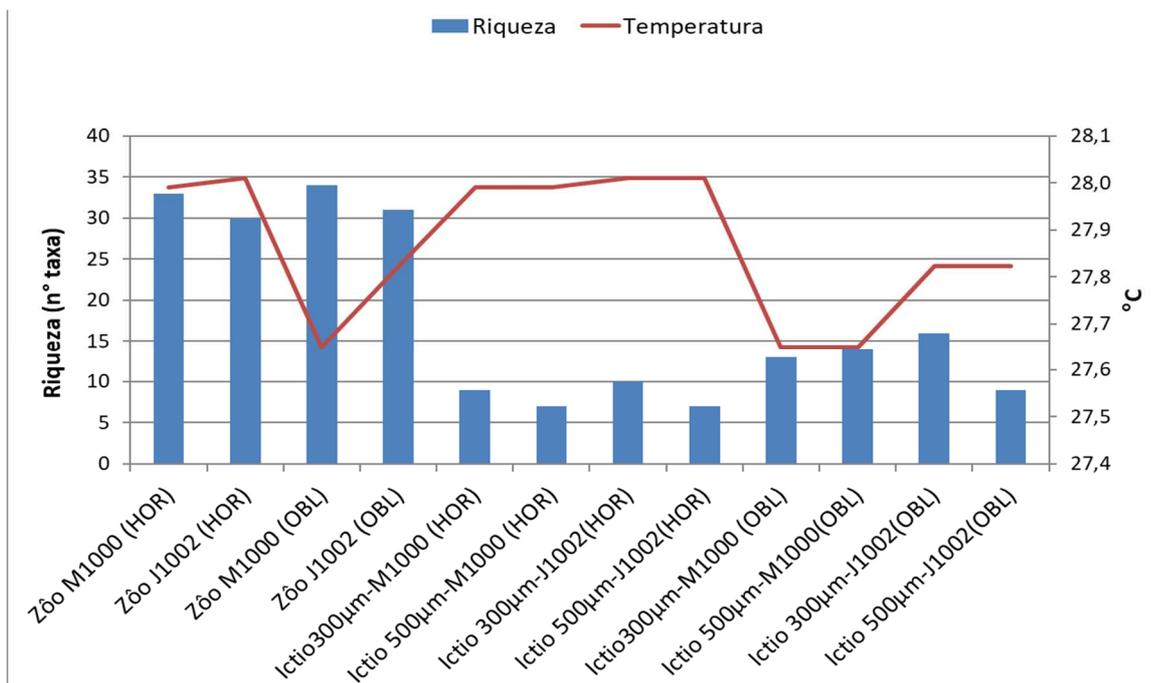
Legenda: Zôo – comunidade zooplânctônica; Ictio – comunidade ictioplânctônica.

**Figura VI.1-8 –** Relação de silicato com a densidade total zooplânctônica e ictioplânctônica 02 da PMPR\_DP-BUZ-1\_C5.



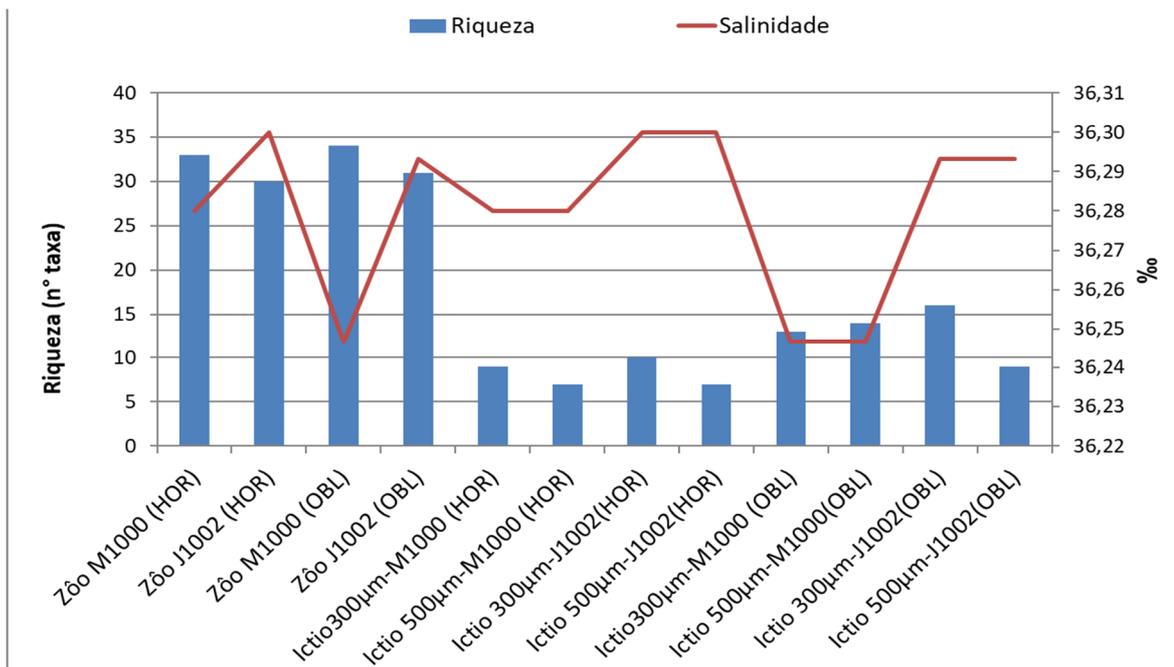
Legenda: Zôo – comunidade zooplânctônica; Ictio – comunidade ictioplânctônica.

Figura VI.1-9 – Relação da clorofila a com a densidade total zooplânctônica e ictioplânctônica da PMPR\_DP-BUZ-1\_C5.



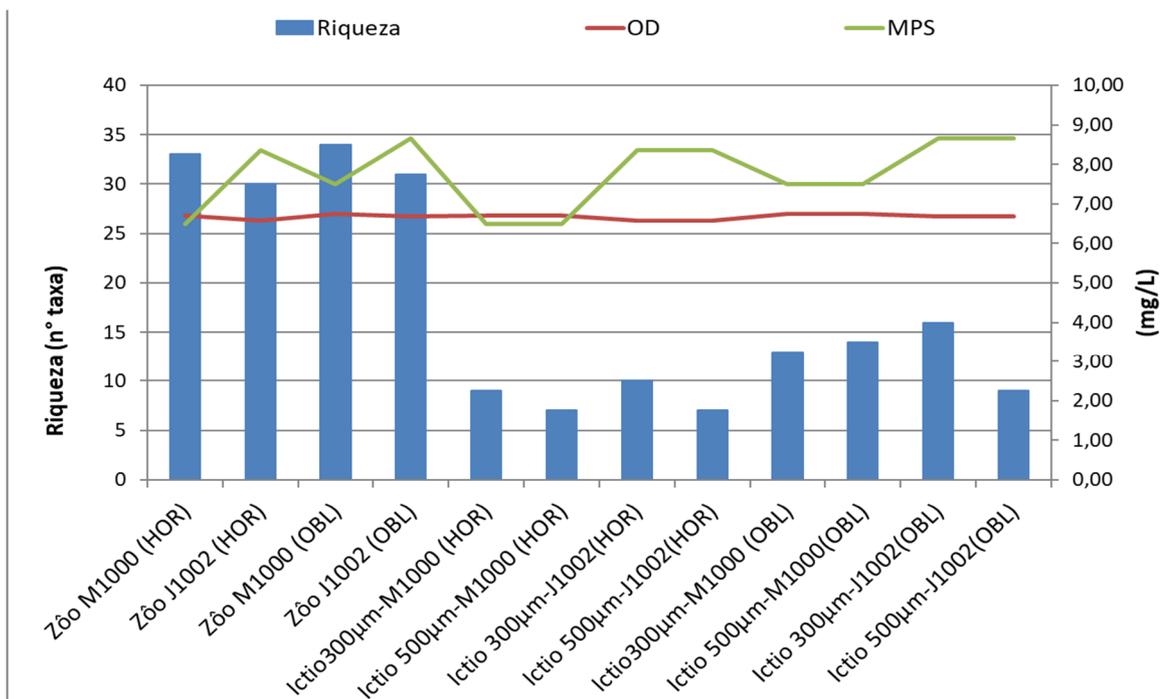
Legenda: Zôo – comunidade zooplânctônica; Ictio – comunidade ictioplânctônica.

Figura VI.1-10 – Relação da temperatura com a riqueza zooplânctônica e ictioplânctônica da PMPR\_DP-BUZ-1\_C5.



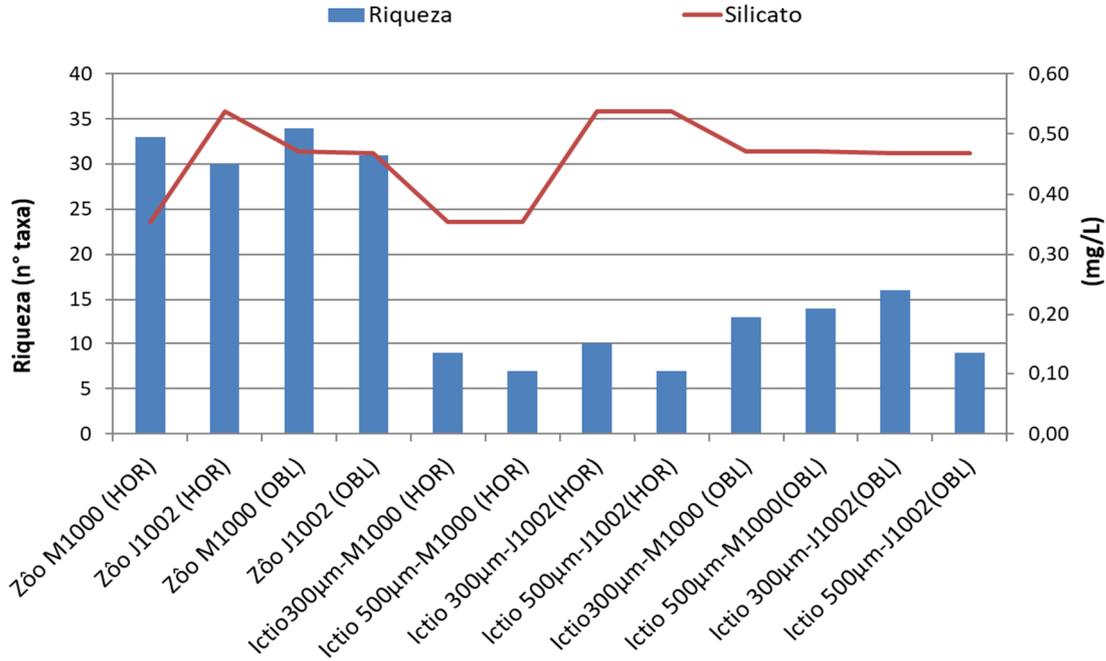
Legenda: Zôo – comunidade zooplanctônica; Ictio – comunidade ictioplanctônica.

**Figura VI.1-11 – Relação da salinidade com a riqueza zooplanctônica e ictioplanctônica da PMPR\_DP-BUZ-1\_C5.**



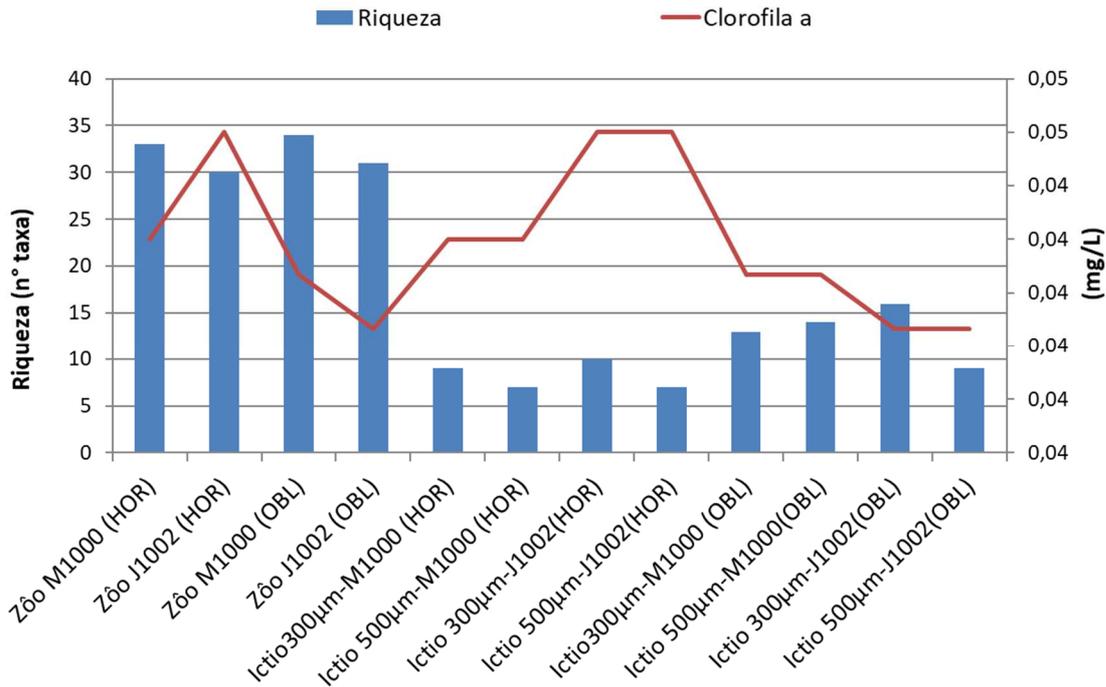
Legenda: Zôo – comunidade zooplanctônica; Ictio – comunidade ictioplanctônica.

**Figura VI.1-12 – Relação do OD e MPS com a riqueza zooplanctônica e ictioplanctônica da PMPR\_DP-BUZ-1\_C5.**



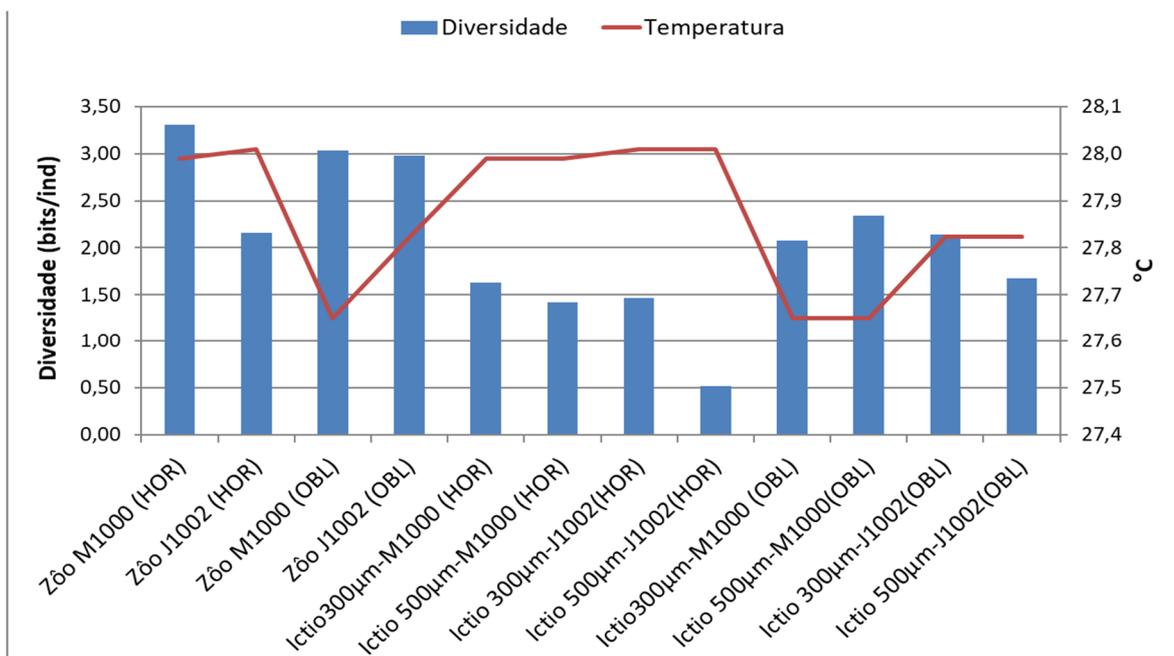
Legenda: Zôo – comunidade zooplancônica; Ictio – comunidade ictioplancônica.

**Figura VI.1-13** – Relação de silicato com a riqueza zooplancônica e ictioplancônica da PMPR\_DP-BUZ-1\_C5.



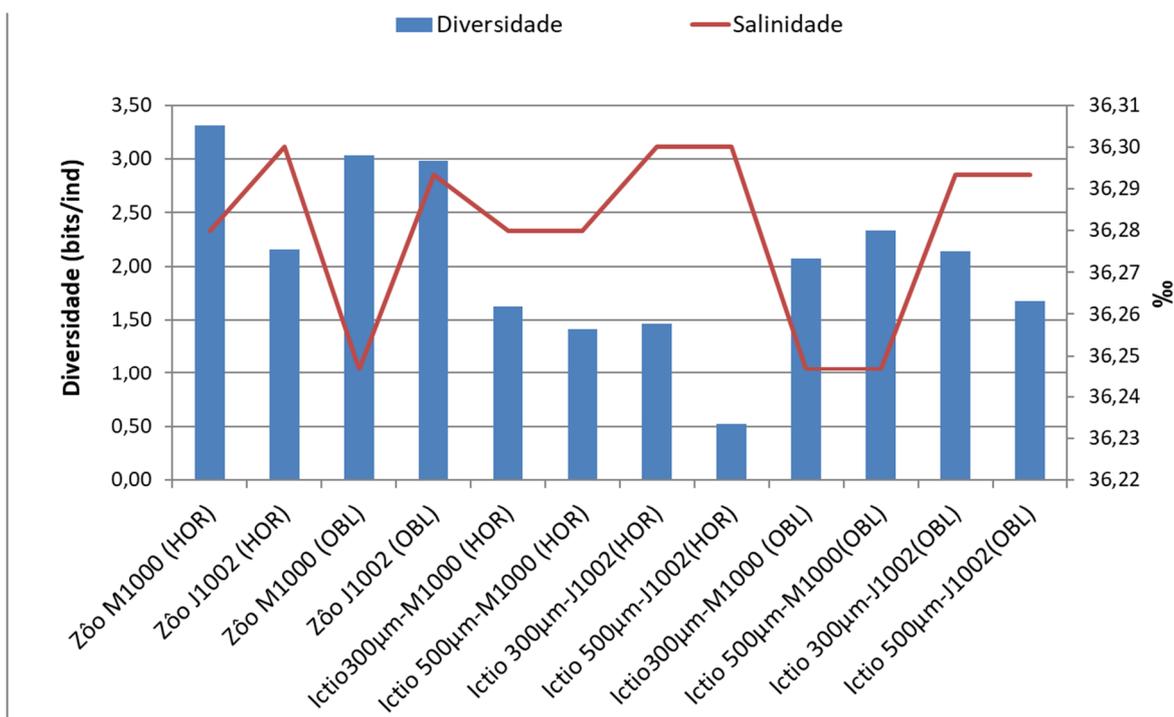
Legenda: Zôo – comunidade zooplancônica; Ictio – comunidade ictioplancônica.

**Figura VI.1-14** – Relação da clorofila a com a riqueza zooplancônica e ictioplancônica da PMPR\_DP-BUZ-1\_C5.



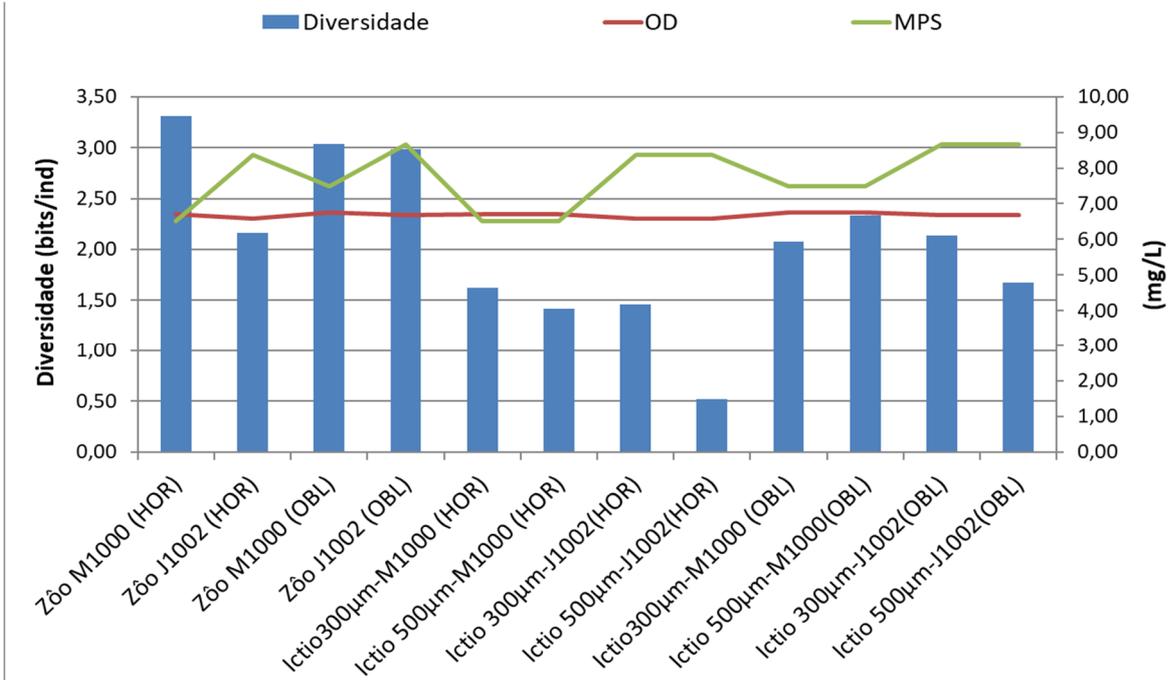
Legenda: Zôo – comunidade zooplanctônica; Ictio – comunidade ictioplanctônica.

**Figura VI.1-15** – Relação da temperatura com a diversidade (bits/ind) zooplanctônica e ictioplanctônica da PMPR\_DP-BUZ-1\_C5.



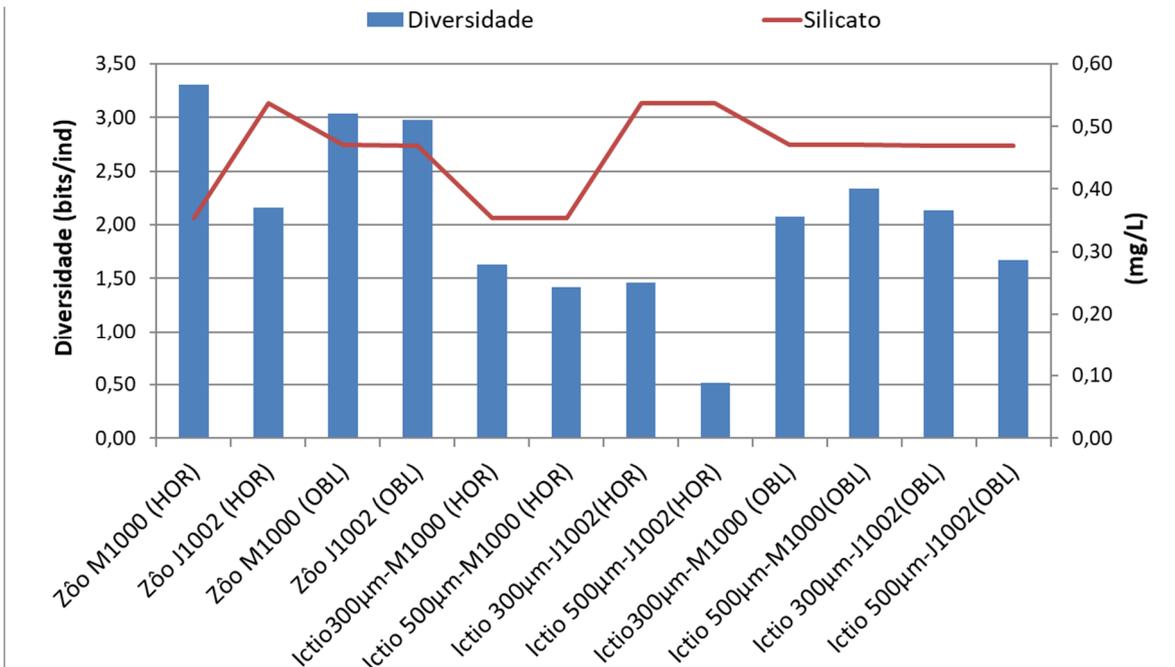
Legenda: Zôo – comunidade zooplanctônica; Ictio – comunidade ictioplanctônica.

**Figura VI.1-16** – Relação da salinidade com a diversidade (bits/ind) zooplanctônica e ictioplanctônica da PMPR\_DP-BUZ-1\_C5.



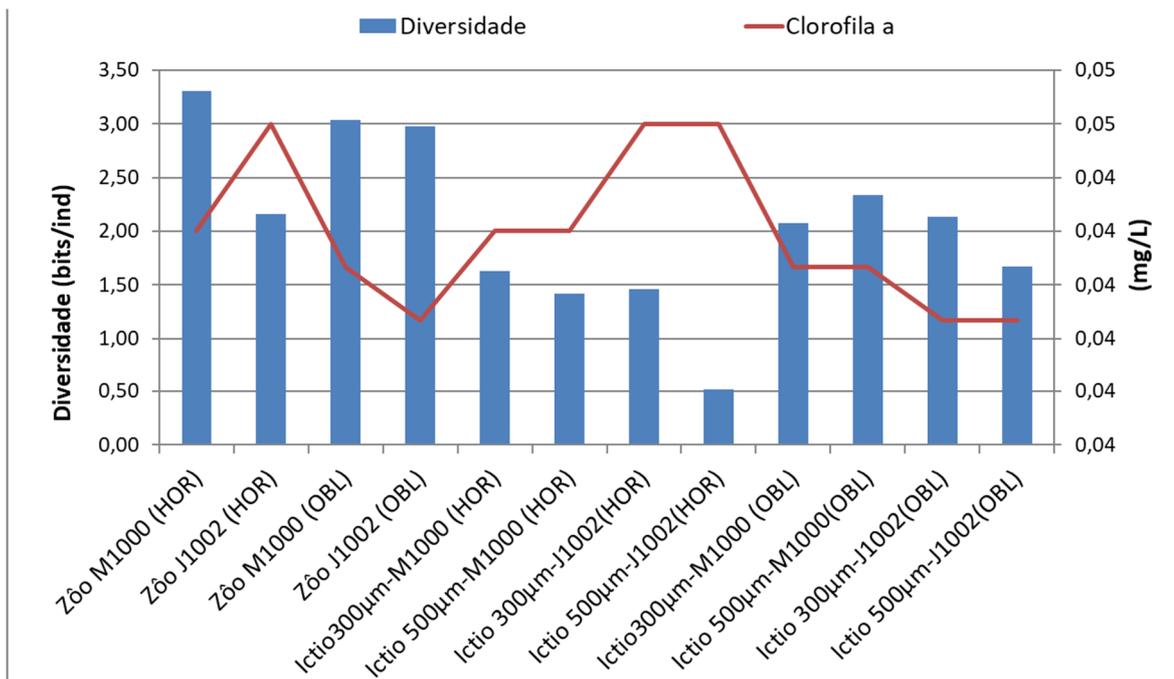
Legenda: Zôo – comunidade zooplânctônica; Ictio – comunidade icteoplânctônica

**Figura VI.1-17** – Relação do OD e MPS com a diversidade (bits/ind) zooplânctônica e icteoplânctônica da PMPR\_DP-BUZ-1\_C5.



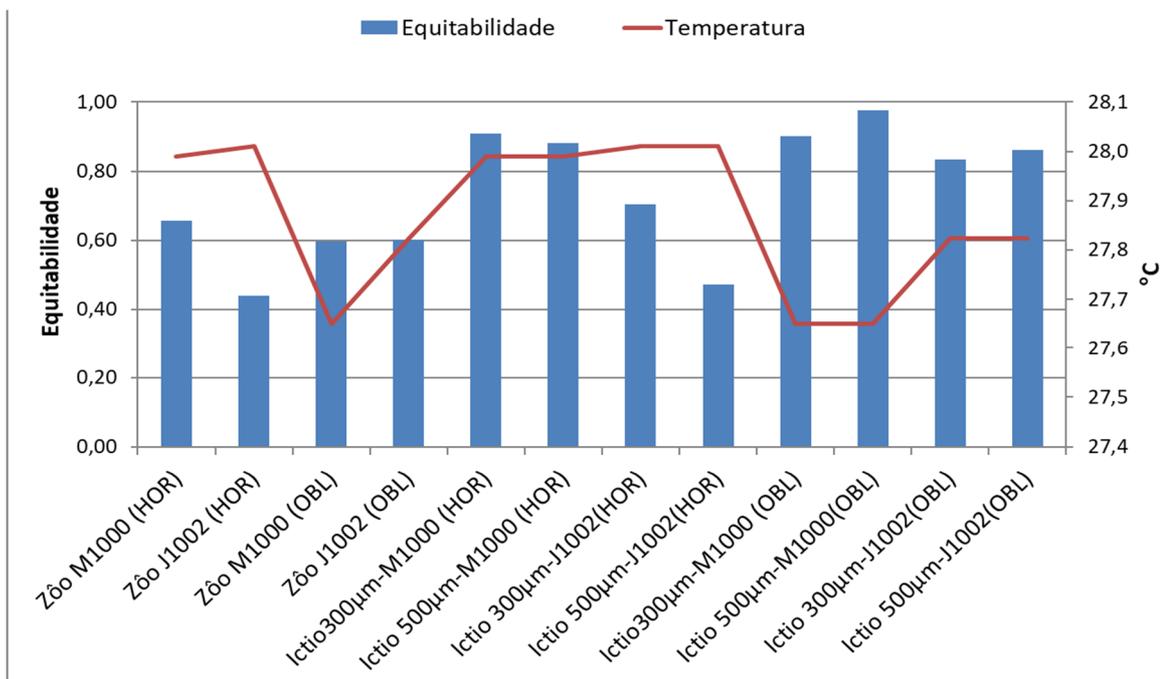
Legenda: Zôo – comunidade zooplânctônica; Ictio – comunidade icteoplânctônica.

**Figura VI.1-18** – Relação de silicato com a diversidade (bits/ind) zooplânctônica e icteoplânctônica da PMPR\_DP-BUZ-1\_C5.



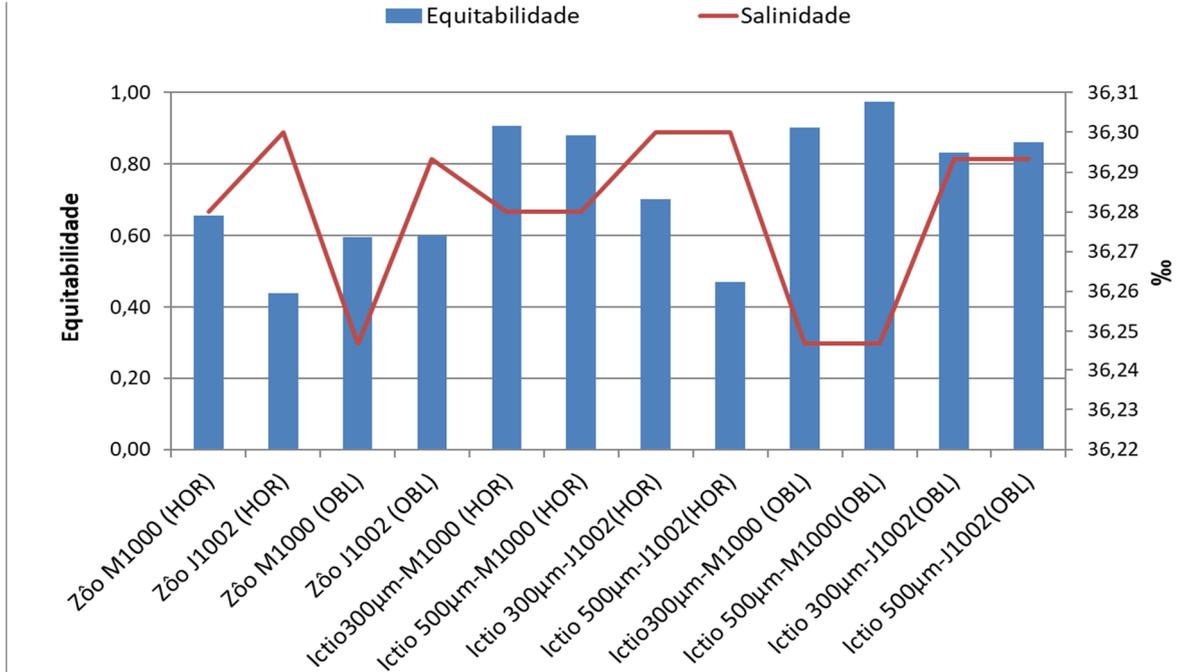
Legenda: Zôo – comunidade zooplanctônica; Ictio – comunidade ictioplanctônica.

**Figura VI.1-19** – Relação da clorofila a com a diversidade (bits/ind) zooplanctônica e ictioplanctônica da PMPR\_DP-BUZ-1\_C5.



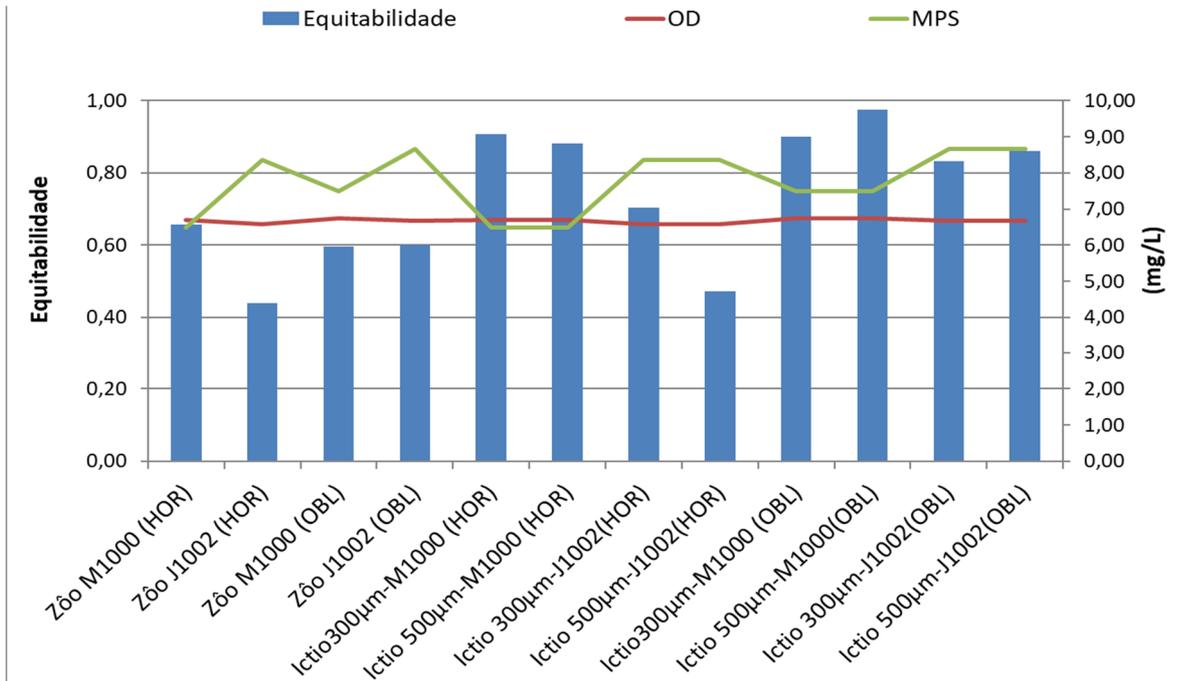
Legenda: Zôo – comunidade zooplanctônica; Ictio – comunidade ictioplanctônica.

**Figura VI.1-20** – Relação da temperatura com a equitabilidade zooplanctônica e ictioplanctônica da PMPR\_DP-BUZ-1\_C5.



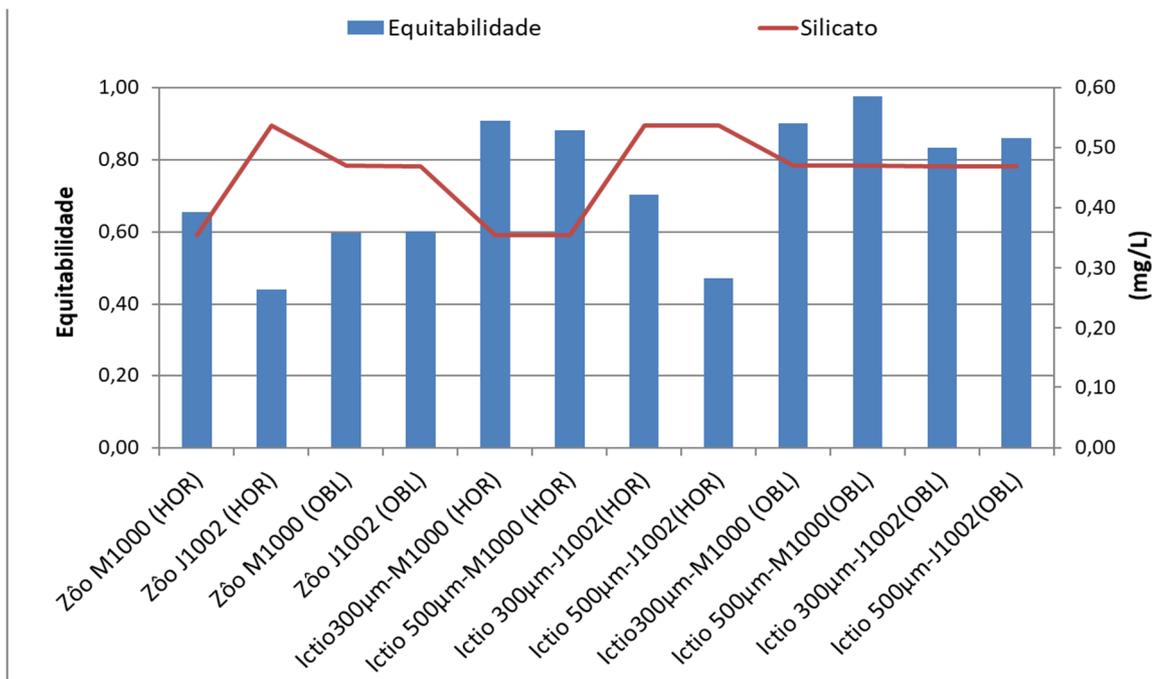
Legenda: Zôo – comunidade zooplancônica; Ictio – comunidade ictioplancônica.

Figura VI.1-21 – Relação da salinidade com a equitabilidade zooplancônica e ictioplancônica da PMPR\_DP-BUZ-1\_C5.



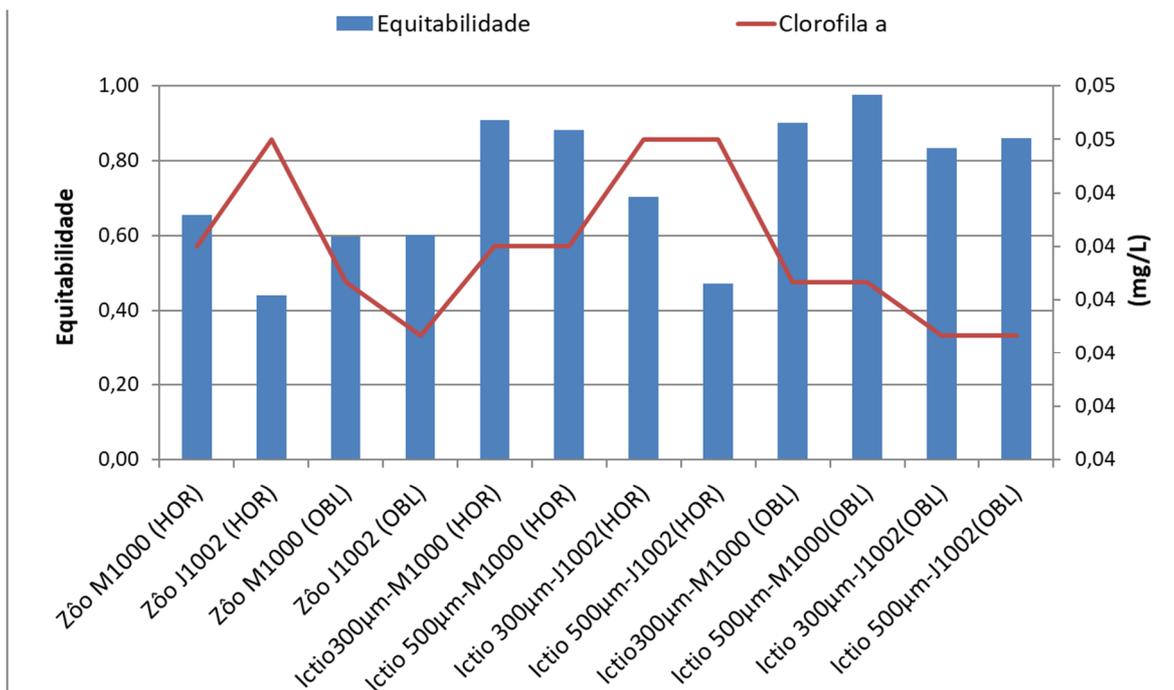
Legenda: Zôo – comunidade zooplancônica; Ictio – comunidade ictioplancônica.

Figura VI.1-22 – Relação do OD e MPS com a equitabilidade zooplancônica e ictioplancônica da PMPR\_DP-BUZ-1\_C5.



Legenda: Zôo – comunidade zooplânctônica; Ictio – comunidade ictioplânctônica.

**Figura VI.1-23** – Relação de silicato com a equitabilidade zooplânctônica e ictioplânctônica (da PMPR\_DP-BUZ-1\_C5).



Legenda: Zôo – comunidade zooplânctônica; Ictio – comunidade ictioplânctônica.

**Figura VI.1-24** – Relação da clorofila a com a equitabilidade zooplânctônica e ictioplânctônica da PMPR\_DP-BUZ-1\_C5.

O zooplâncton marinho compreende uma assembléia filogenética e funcionalmente diversa de consumidores protistas e metazoários que ocupam

vários níveis tróficos em teias alimentares pelágicas, tendo grande importância para a dinâmica ecossistêmica aquática. Essa rede complexa de interações bióticas e abióticas, conduzem a variabilidade temporal e espacial do zooplâncton, em termos de produção-pastejo, ciclagem de nutrientes, exportação e eficiência de transferência de nutrientes para níveis tróficos mais elevados (BEAUGRAND *et al.*, 2003; STEINBERG & LANDRY, 2017).

A variedade de zooplâncton nos oceanos é surpreendente e essa comunidade representa os consumidores primários mais numerosos do oceano (GARRISON, 2011). Representam importantes consumidores de cianobactérias, diatomáceas, dinoflagelados entre tantos constituintes do fitoplâncton. Essa comunidade, juntamente com a comunidade ictioplanctônica, compõem importantes componentes do sistema, constituindo elos estruturadores das cadeias alimentares, atuando principalmente na ciclagem de nutrientes e no fluxo de energia (ESTEVES, 2011; STEINBERG & LANDRY, 2017) entre os produtores e os consumidores de níveis tróficos superiores (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2008). Sendo assim, mudanças na estrutura da comunidade, em termos de composição de espécie e abundância podem influenciar os ciclos biogeoquímicos e os fluxos de energia nos ecossistemas aquáticos (MITRA *et al.*, 2014).

No presente estudo, foram observadas variações dos indicadores biológicos da comunidade zooplanctônica e ictioplanctônica, juntamente com as variações de alguns parâmetros ambientais, contudo, não é possível estabelecer relação significativa entre os parâmetros abióticos e indicadores biológicos com base nos dados analisados e padrões encontrados.

Em relação à diversidade de ambas as comunidades, destaca-se que a diversidade zooplanctônica variou entre 2,16 a 3,31 bits/ind e, portanto, a comunidade pode ser considerada com média diversidade, segundo Magurran (1988). Essa autora indica que comunidades com valores de índice de Shannon-Weiner abaixo de 1,5 ou 2 apresentam baixa diversidade e tendem ao desequilíbrio, ao passo que com valores acima de 5 representam comunidades com grande diversidade. Complementando, a equitabilidade zooplanctônica variou entre 0,44 a 0,65, baixa a média equitabilidade, não indicando uma distribuição das abundâncias de espécies na comunidade tão uniforme (MAGURRAN, 2003). Em

termos de riqueza, o filo Arthropoda foi o mais rico em taxa entre ambas as estações e tipos de arrastos, variando de 15 a 19 taxa.

Já em relação à comunidade ictioplanctônica, sua diversidade foi baixa, variando de 0,52 a 2,34 bits/ind, contudo a equitabilidade foi alta (entre 0,70 a 0,98) na maioria das amostras, exceto em DP-BUZ-1\_J1002\_HOR 500, que foi de 0,47. A alta equitabilidade indica boa uniformidade na distribuição das abundâncias de espécies da comunidade. A riqueza ictioplanctônica foi representada, predominantemente por espécies da ordem Scombriformes e Myctophiformes.

Nessas comunidades, os fatores ambientais são importantes causas de ajustes bióticos, promovendo variações em seus números, que ocorrem direta ou indiretamente em resposta às variações ambientais em ecossistemas tropicais (PINTO-COELHO *et al.*, 1999; TAYLOR *et al.*, 2002; HAYS *et al.*, 2005). Fatores ambientais tais como a temperatura (CHEN *et al.*, 2011; SHI *et al.*, 2018), salinidade (NEUMANN-LEITÃO *et al.*, 2018), correntes marinhas (SMETI *et al.*, 2015; SHI *et al.*, 2018), concentração de OD, COT, MPS, entre outros são importantes parâmetros, influenciando a estrutura, a dinâmica e a distribuição espacial das comunidades de zooplâncton e, conseqüentemente, suas relações com outros elos das cadeias alimentares, como a comunidade fitoplanctônica, ictioplanctônica e a ictiofauna, representando, para essa última, importante recurso alimentar.

Finalmente, as características ambientais do ecossistema aquático influenciam a distribuição das comunidades planctônicas, devido a sua capacidade de resposta às variações ambientais de pequena a grande escala, conduzindo a padrões de distribuição e dispersão em escala temporal e espacial. Isso torna tais comunidades importantes indicadores de mudanças no ambiente, portanto a compreensão das variações espaciais e temporais entre essas comunidades e suas interações com o ambiente é de extrema importância e questão central para a ecologia (WILLIAM *et al.*, 1993), fornecendo uma noção vital sobre a saúde do sistema e os potenciais impactos.

## VII - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente relatório apresentou os resultados referentes à 5ª campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos – Etapa 2 – Desenvolvimento da Produção de Búzios 1. Os resultados referem-se à qualidade da água e comunidade planctônica, sendo que os dados adquiridos subsidiaram a avaliação das condições ambientais do local, bem como de possíveis alterações em decorrência da operação da P-74 na região.

Com relação à qualidade da água, os resultados obtidos para os parâmetros de clorofila-a, MPS e nutrientes (dados de nitrito, nitrato, fósforo e n-amoniaco estiveram <LQ) durante a atual campanha de monitoramento são característicos de áreas oligotróficas (EKAU & KNOPPERS, 1999) e juntamente com salinidade, OD e pH foram condizentes com os valores descritos para a região em campanhas de monitoramento realizadas anteriormente na região (PETROBRAS/ ANALYTICAL SOLUTIONS, 2012, 2013; PETROBRAS/BOURSCHEID, 2014, 2015a, 2015b, 2015c, 2016a, 2016b, 2017a, 2017b, 2018a, 2018b, 2018c, 2018d, 2019a, 2019b, 2019c, 2019d, 2019e, 2019f, 2019g, 2020a, 2020b, 2020c, 2020d; PETROBRAS/BIOCONSULT, 2021, 2022a, 2022b, 2022c, 2022d, 2022e, 2023a). Os dados de temperatura e salinidade obtidos evidenciaram que maioria das amostras foram coletadas em Águas Costeiras (AC), exceto as estações DP-BUZ-1\_J100 e DP-BUZ-1\_J250 que foram coletadas na mistura de Águas Costeiras e Águas Tropicais (AC/AT), e em profundidade onde ainda não havia influência da Água Central do Atlântico Sul (ACAS). Além disso, todos os parâmetros avaliados na atual campanha estão dentro dos padrões estabelecidos pela resolução CONAMA nº 357/05 para águas salinas de classe 1.

Nesta campanha, as concentrações de fenóis, BTEX, HPAs, n-alcanos, MCNR e HTPs estiveram sempre abaixo do limite de quantificação das análises, evidenciando, assim, que não há indícios de contaminação por essas substâncias no entorno do empreendimento.

Na comunidade fitoplanctônica, foram encontradas diferenças significativas entre as campanhas para os índices ecológicos. As amostras da atual campanha

não apresentaram um padrão claro de distribuição vertical e horizontal para nenhum dos índices ecológicos. De maneira geral, os valores de riqueza aumentaram da SUP para a TC e diminuíram e ou mantiveram-se similares da TC até a ABTC na estação DP-BUZ-1\_M1000, enquanto diminuíram da SUP para a TC/ABTC na estação DP-BUZ-1\_J1002. Para densidade os valores tenderam a aumentar em SUP e ABTC e reduzir em ACTC e TC. Já a diversidade e equitabilidade não houve grande variação ao longo da coluna d'água. Esses organismos são diretamente influenciados pela incidência luminosa na coluna d'água e, portanto, maior riqueza e densidade são esperados nas profundidades mais superficiais, o que tendeu a ocorrer em ambas as estações para riqueza, densidade, diversidade e equitabilidade. A análise de *Cluster* mostrou similaridade de cerca de 93% entre as amostras DP-BUZ-1\_M1000\_TC e DP-BUZ-1\_J1002\_ABTC, provavelmente devido aos valores semelhantes de densidade para Cyanobacteria, Haptophyta e Mizozoa nessas amostras.

Na comparação dos dados de zooplâncton, foram encontradas diferenças significativas para todos os índices ecológicos. Os dados de diversidade e equitabilidade apontam para uma composição específica não muito bem distribuída e com média diversidade de taxa. As análises multivariadas indicaram a formação de dois grupos, separando as amostras pelo tipo de arrasto (horizontal ou oblíquo), independente da estação amostrada. Nesse caso, observou-se maiores contribuições do filo Artrópoda nos arrastos horizontais e maiores contribuições de Chordata nos oblíquos. Para os dados de ictioplâncton, foram encontradas diferenças significativas para todos os indicadores ecológicos analisados. Os dados de diversidade e equitabilidade apontam para uma composição específica relativamente bem distribuída, mas com baixa diversidade de taxa. Para esse grupo, observou-se de média a alta similaridade entre os grupos formados nas análises multivariadas, separando as amostras da estação DP-BUZ-1\_M1000 das da estação DP-BUZ-1\_J1002, provavelmente devido aos maiores valores de densidade presentes nas amostras de DP-BUZ-1\_J1002.

A análise integrada realizada para os dados coletados da 5ª campanha de monitoramento ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Pólo Pré-Sal da Bacia de Santos – Etapa 2 – DP de Búzios 1, registrou, em termos ambientais, variação espacial entre as estações amostrais,

influenciada, principalmente pelas concentrações de MPS. Na avaliação da relação entre as variáveis ambientais e biológicas, não foram registradas correlações significativas. E em relação à variação espacial das amostras das estações DP-BUZ-1\_M1000 e DP-BUZ-1\_J1002, as principais contribuições foram de MPS e silicato. Nesse caso, as amostras DP-BUZ-1\_M1000\_SUP, DP-BUZ-1\_M1000\_ACTC, DP-BUZ-1\_J1002\_SUP e DP-BUZ-1\_J1002\_ACTC separaram-se das demais, apresentando as menores concentrações de MPS e silicato. Não foram observadas relações significativas dos indicadores biológicos da comunidade fitoplanctônica com as variáveis ambientais, na distribuição espacial das amostras.

O padrão de variação da comunidade zooplanctônica ocorreu entre as diferentes estações e o tipo de arrasto. Destaca-se que as maiores densidades ocorreram em ambas as estações amostrais de arrasto horizontal, juntamente com a maior temperatura. Já as maiores diversidades e riquezas ocorreram na estação montante, em ambos os arrastos, quando houve maior concentração de OD e menor de MPS. Na comunidade ictioplanctônica, percebe-se maior densidade e menor diversidade e equitabilidade em DP-BUZ-1\_J1002, juntamente com maior temperatura, salinidade, silicato e menor OD. A maior riqueza e diversidade foi observada nas amostras de arrastos oblíquos de ambas as estações, não se observando uma característica ambiental claramente compartilhada entre essas amostras.

Com base nos resultados desta 5ª campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos – Etapa 2 – DP de Búzios 1, foi possível concluir que não há indicativos de contaminação na região pelas atividades de produção realizadas pelo empreendimento em questão. Ressalta-se também que não foram observadas alterações nos índices ecológicos das comunidades plânctônicas em relação aos valores reportados previamente na região que pudessem ser relacionadas com a atividade.

## VIII - BIBLIOGRAFIA

AIDAR, E., GAETA, S.A., GIANESELLA-GALVÃO, D.M.F., KUTNER, M.B.B. & TEIXEIRA, C. 1993. Ecosistema costeiro subtropical: nutrientes dissolvidos, fitoplâncton e clorofila a e suas relações com as condições oceanográficas na região de Ubatuba SP. **Publicação esp. Inst. Oceanogr.**, São Paulo, 10: 9-13.

AMINOT, A. & CHAUSSEPIED, M. 1983. Manuel dês analyses chimiques em milieu Marin. **1 ère Ed. Brest Cedex**, Centre National pour l'Exploitation dês Océans (CNEXO), 395p.

ARAÚJO, H. & MONTÚ, M. 1993. Novo registro de *Temora turbinata* (Dana, 1949) (Copepoda, Crustacea) para águas atlânticas. **Nauplius**, Rio Grande, 1: 89-90.

BAIRD, C. 2002. **Química ambiental**. 2 ed. Porto Alegre: Brookman.

BAMBI, P., DIAS, C.A.A. & PINTO-SILVA, V. 2008. Produção primária do fitoplâncton e as suas relações com as principais variáveis limnológicas na baía das pedras, pirizal nossa senhora do livramento, Pantanal de Poconé – MT. **Uniciências**, v.12.

BARBOSA, J.E.L. 2002. **Dinâmica do fitoplâncton e condicionantes limnológicos na escala de tempo (nictimeral/sazonal) e de espaço (horizontal/vertical) no açude Taperoá II: trópico semi-árido nordestino**. Universidade Federal de São Carlos.

BASSANI, C. et al. 1999. Plâncton do litoral norte do Estado do Rio de Janeiro (21°00' a 23°30'S): análise e síntese do conhecimento. In: SILVA S.H.G. & LAVRADO H.P. (Eds), *Ecologia dos Ambientes Costeiros do Estado do Rio de Janeiro*. Vol.2. **Série Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, p.99-120.

BEAUGRAND, G., BRANDER, K.M., LINDLEY, J.A., SOUISSI, S. & REID, P.C. 2003. Plankton effect on cod recruitment in the North Sea. **Nature** 426: 661–664.

BJÖRNBERG, T.K.S. 1981. Copepoda. In: BOLTOVSKOY, D. (Org.). **Atlas del Zooplancton del Atlántico Sudoccidental y Métodos de Trabajo con el Zooplancton Marino**. [S.l.]: Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Mar del Plata, p. 587-679.

BOCARD, D., GILLET, F. & LEGENDRE, P. 2011. Numerical Ecology with R. **Springer Science+Business Media**, 306p.

BOLD, H.C. & WYNNE, M.J. 1985. **Introduction to the algae**. 2. ed. New Jersey: Prentice -Hall, p. 720.

BOLTOVSKOY, E. 1981. **Atlas del zooplancton del atlantico sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplankton marino**. pp. 760-791.

BONECKER, A.C.T., NAMIKI, C.A.P., CASTRO, M.S. & CAMPOS, P.N. 2014. Catálogo dos estágios iniciais de desenvolvimento dos peixes da bacia de Campos [online]. Curitiba: **Sociedade Brasileira de Zoologia. Zoologia: guias e manuais de identificação series**, 295 p.

BONECKER, A.C.T., BONECKER, S.L. & BASSANI, C. 2009. Plâncton marinho. In: PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A. (Org.). **Biologia Marinha**. Rio de Janeiro: Interciência, p. 104-125.

BOULOUBASSI, I. 1990. **Aspects de la biogéochimie des hydrocarbures non aromatiques et aromatiques dans la colonne d'eau et les sédiments du milieu côtier: cas du delta du Rhône**. Thèse de Doctorat, Université Paris 6, France, 344 p.

BOULOUBASSI, I. & SALIOT, A. 1993. Investigation of anthropogenic and natural organic inputs in estuarine sediments using hydrocarbons markers (NAH, LAB, PAH). **Oceanologica Acta**, 16(2): 145-161.

BOYD, C.E. 2001. **Manejo da qualidade da água na aquicultura e no cultivo do camarão marinho**. Associação Brasileira de Criadores de Camarão – ABCC. Recife, PE, p. 157.

BOYD, C.E. 1990. **Water Quality in Pond Aquaculture**. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, AL, p. 442.

BRADFORD-GRIEVE, J. M., MARKHASEVA, E.L., ROCHA, C.E.F. & ABIAHY, B. 1999. Copepoda. In: BOLTO.VSKOY, D. (ed.). **South Atlantic Zooplankton**. Leiden, Backhuys. 2: 869-1098.

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: ROSSI-WONGTSCHOWSKI C. L. D. B. & MADUREIRA. L. S. P. (Eds). **O Ambiente Oceanográfico da Plataforma Continental e do Talude na Região Sudeste-Sul do Brasil**, São Paulo. EDUSP, p. 161-218.

BRANCO, L.H.Z. et al. 2003. Biodiversidade e considerações biogeográficas das Cyanobacteria de uma área de manguezal do estado de Pernambuco, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, 17: 585-596.

BRANDINI, F.P. et al. 1997. **Planctonologia na plataforma continental do Brasil: diagnose e revisão bibliográfica**. MMA, CIRM, FEMAR, 196 p.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 25 de março de 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. **Diário Oficial da União nº 053**, Brasília, DF, 18 mar, p. 58-63, 2005.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 393, de 08 de agosto de 2007. Dispõe sobre o descarte contínuo de água de processo ou de produção em plataformas marítimas de petróleo e gás natural, e dá outras providências. **Diário Oficial da União nº 153**, de 09 de agosto de 2007. Seção 1, p. 72-73.

BYRNE, G.J. et al. 1988. Observations of the stratospheric conductivity and its variation at three latitudes. **Journal of Geophysical Research** 93(D4): doi: 10.1029/88JD01635. issn: 0148-0227.

CAROLA, M. 1994. Checklist of the marine planktonic Copepoda of Southern Africa and their worldwide geographic distribution. **S. Afr. J. Mar. Sci** 14: 225- 253.

CASTRO FILHO, B.M. & MIRANDA, L.B. 1998. Physical oceanography of the Western atlantic continental shelf located between 4º N and 34º S. Coastal segment (4,W) In: ROBINSON, A. R. & BRINK, K.H. (Eds). **The Sea: The global coastal ocean – Regional studies and syntheses**. Vol. 11. John Wiley & Sons. p. 209-251.

CASTRO, B.M., LORENZZETTI, J.A., SILVEIRA, I.C.A. & MIRANDA, L. B. 2006. Estrutura termohalina e circulação na região entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In: ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.D.B.; MADUREIRA, L.S.P. O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região sudeste-sul do Brasil. **Editora da Universidade de São Paulo**. 472 p.

CASTRO, N.O. & MOSER, G.A. 2012. Florações de algas nocivas e seus efeitos ambientais. **Oecologia Australis**, v. 16, n. 2, p. 235-264.

CENPES/PEDDS/AMA. 2019. **Coleta, preservação, acondicionamento, tratamentos e análises de bordo de amostras para monitoramento ambiental costeiro e oceânico**.

CETESB. 2008. **Variáveis de Qualidade de Águas**. Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 08 de julho de 2008.

CHEN, H.J., QI, Y.P. & LIU, G.X. 2011. Spatial and temporal variations of macro- and mesozooplankton community in the Huanghai Sea (Yellow Sea) and East China Sea in summer and winter. **Acta Oceanol. Sin.** 30:84–95.

CHESTER, R. 2003. **Marine Geochemistry**. 2nd Ed. Liverpool: Blackwell Publishing Company.

CLARKE K.R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. **Aust J Ecol**;18: 117–43.

CLARKE, K.R.K. & WARWICK, R.M. 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. **Plymouth: PRIMER-E Ltd**, p. 176.

COELHO-BOTELHO, M. J. et al. 1999. Aspectos do zooplâncton da baía de Sepetiba (R), Brasil. **Oecologia brasiliensis**, 7: 1-33.

CUSHING, D. H. 1977. **Marine ecology and fisheries**. Cambridge Univ. Press, Cambridge. 278 p.

DODSON, A.N. & THOMAS, W.H. 1978. Reverse filtration. In Sournia, A. (ed.), *Phytoplankton Manual*, **Monographs on Oceanographic Methodology 6**. UNESCO, Paris, pp. 104-107.

DUGDALE, R.C. & GOERING, J.J. 1967. Uptake of new and regenerated forms of nitrogen in primary production. **LimnolOceanogr**, 12:199-206.

EKAU, W. & KNOPPERS, B. 1999. An introduction to the pelagic system of the North-East and East Brazilian shelf. In: **Archive of Fishery and Marine Research**, 47 (2/3): 113-125.

ESKINAZI-SANT'ANNA, E.M. & BJORNBERG, T.K.S. 2000. **Conhecimento atual sobre o comportamento alimentar de copépodoscalanoida em ambientes marinhos**. Trab. Oceanog. Univ. Fed. PE, Recife, 28(1):11-20.

ESTEVES, F.A. 2011. Fundamentos de Limnologia. 3. ed. Rio de Janeiro: **Interciência**.

ESTEVES, F.A. 1988. Fundamentos de Limnologia. Rio de Janeiro. Ed. **Interciência**/ FINEP, 573p.

ESTEVES, F. DE A. et al. 2012. Comunidade Zooplânctônica. In: ESTEVES, F. DE A. (Org.). **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, p. 523-580.

ESTEVES, F.A. & SUZUKI, M.S. 2011. Comunidade Fitoplânctônica. In: ESTEVES, F. DE A. (Org.). **Fundamentos de Limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, p. 375-445.

FALKOWSKI, P.G. et al. 2001. Role of eddy pumping in enhancing primary production in the ocean. **Nature**, London, v. 352, p. 55-58.

FARRINGTON, B.W. & TRIPP, B.W. 1977. Hydrocarbons in western North Atlantic surface sediments. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, 41: 1627-1641.

FIALA, M., MACHADO, M.C. & ORIOL, L. 2002. Phytoplankton biomass in the Indian sector of the Ocean during spring. A comparison with the summer situation. **Deep-Sea Research II**, 19: 144-158.

FRANCO, B.C., MUELBERT, J.H. & MATA, M.M.O. 2005. Ictioplâncton da quebra da plataforma da região sul do Brasil e sua relação com as condições ambientais. **Série Documentos Revizee – Score Sul- USP**.

FONSELIUS, S.H. 1983. Determination of hydrogen sulphide. In: GRASSHOFF, K., EHRHARDT, M., KREMLING, K. (Eds.) **Methods of seawater analysis**. Verlag Chemie Weinheim, New York, p. 73-80.

GAETA, S.A. & BRANDINI F.P. 2006. Produção primária de fitoplâncton entre o Cabro de São Tomé (RJ) e o Chuí. In: **Ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região sudeste-sul do Brasil**, Rossi-Wongtshowski, C. L. B. & Madureira, L. S. P. (Eds), São Paulo, EDUSP, pp. 265,358.

GANNON, J.E. & STEMBERGER, R.S. 1978. Zooplankton (especially crustaceans and rotifers) as indicators of water quality. **Trans. American. Microsc. Soc.**, v. 97, n. 1, p. 16-35.

GARCIA, A. & BRUNE, D.E. 1991. Transport limitation of oxygen in shrimp culture ponds. **Aquac. Eng.** 10: 269-279.

GARRISON, T.S. 2011. **Essentials of Oceanography**. 6ed. Brooks/Cole, USA. 466pp.

GÖKÇE, A. 2021. A mathematical study for chaotic dynamics of dissolved oxygen-phytoplankton interactions under environmental driving factors and time lag. **Chaos, Solitons & Fractals**. Vol. 151, <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2021.111268>

GUIRY, M.D. & GUIRY, G.M. 2021. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway (taxonomic information republished from AlgaeBase with permission of M.D. Guiry). **Dinoflagellata**. Accessed through: World Register of Marine Species at: <http://marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=146203> on 2021-09-13.

HALLEGRAEFF, G.M., ANDERSON, D.M. & CEMBELLA, A.D. 1995. Manual on harmful marine microalgae UNESCO. In: Proença L. A., O. & Fernandes, L. F. Introdução de Microalgas no Ambiente Marinho: Impactos Negativos e Fatores Controladores. In: Julieta Silva, J. S.V. e Souza R. C. C. (Orgs.). Água de Lastro e Bioinvasão. Rio de Janeiro: Interciências. Cap. 7, 77-97.

HARDY, E., ROBERTSON, B. & KOSTE, E. 1984. About the relationship between the zooplankton and fluctuating water levels of lago Camaleão, Central Amazonian várzea Lake. **Amazoniana** 9: 43-52.

HAYS, G.C., RICHARDSON, A.J. & ROBINSON, C. 2005. Climate change and marine plankton. **Trends Ecol. Evol** 20: 337–344.

HELTSHE, J. F. & FORRESTER, N. E. 1983. Estimating specie richness using the Jakknife procedure. **Biometrics** 39(1):1-11.

HILL, I. A., TAIRA, A., FIRTH, J.V., et al. 1993. Proc. ODP, **Sci. Results.**, 131: College Station, TX (Ocean Drilling Program).

HUGHES, R.N., HUGHES, D.J. & SMITHI, I. P. 2013. **Oceanography and Marine Biology: an Annual Review**. Volume 51. CRC Press 386p.

HUTCHINSON, G.E.A. 1967. Treatise on limnology: introduction to lake biology and the limnoplankton. [S.l.]: New York. John Wiley & Sons.

IGAM. **Instituto mineiro de gestão de águas, projeto águas de Minas**. 2006. Disponível em: <[http://aguas.igam.mg.gov.br/aguas/htmls/aminas\\_param\\_indi.htm](http://aguas.igam.mg.gov.br/aguas/htmls/aminas_param_indi.htm)>. Acesso em: 20 fev. 2006.

JACKSON, D.A. 1993. Stopping rules in principal components analysis: a comparison of heuristical and statistical approaches. **Ecology** 74: 2204-2214.

JEFFREY, S.W., MANTOURA, R.F.C. & WRIGHT, S.W. 1997. **Phytoplankton pigments in oceanography**. SCOR, UNESCO Publishing Paris.

JIANG, Z-P., TONG, Y., TONG, M., YUAN, J., CAO, Q., PAN, Y. 2021. The Effects of Suspended Particulate Matter, Nutrient, and Salinity on the Growth of

*Amphidinium carterae* Under Estuary Environmental Conditions. **Frontiers in Marine Science**. DOI: 10.3389/fmars.2021.690764.

KOENING, M.L. & MACÊDO, S.J. 1999. Hydrology and phytoplankton community structure at Itamaracá-Pernambuco (Northeast Brazil). **Brazilian Archives of Biology and Technology** 42(2): 381-392.

KOLESNIKOVAS, C., OLIVEIRA, de E. & DUARTE, U. 2009. **Águas Subterrâneas**, 23(1): 31-44.

KREBS, C.J. 1999. **Ecological methodology**. [S.l.]: Addison Wesley Longman, p. 620.

KRUSKAL, J.B. & WISH, M. 1978. **Multidimensional Scaling**. Sage.

LALLI, C.M. & PARSONS, T.R. 1997. **Biological Oceanography: Na Introductions**. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann Ltd., pp. 220-233.

LOURENÇO, S.O. & MARQUES-JR, A.N. 2009. Produção primária marinha. In: PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A. (Org.). **Biologia Marinha**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, p. 111-153.

MACEDO, J.A.B. 2007. **Águas & águas**. Belo Horizonte, MG: CRQ-MG., p. 52.

MACHADO, C. F. 2002. **Distribuição espaço-temporal da classe Copepoda na Baía de Guanabara, RJ, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Zoologia) – Museu Nacional/UFRJ.

MAFALDA JR., P.O., SINQUE, C., MUELBERT, J.H. & SOUZA, C.S. 2004. Distribuição e abundância do icteoplâncton na costa norte da Bahia, Brasil. **Tropical Oceanography** 32(1): 69-88.

MAGURRAN, A.E. 2003. **Measuring Biological Diversity**. Blackwell Publishing Limited, London, UK, 260 p.

MAGURRAN, A.E. 1988. **Ecological diversity and its measurement**. Croom Helm, London, UK, 178p.

MAIER, M.H. 1987. Ecologia da bacia do Rio Jacaré-Pepira (47° 55' - 48° 55' W; 22° 30' - 21° 55' S - Brasil). Qualidade da água do Rio Principal. **Ciência & Cultura** 39 (2): 164-185.

MAINIER, F.B. & VIOLA, L.D.M. 2005. O Sulfeto de Hidrogênio (H<sub>2</sub>S) e o Meio Ambiente. **II Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia – SEGeT**.

MANN, K.H. & LAZIER, J.R.N. 2006. **Dynamics of marine ecosystems. Biological-physical interactions in the oceans**. Boston: Blackwell Publishing.

MCCUNE, B. & MEFFORD M. J. PC-ORD. 2011. **Multivariate Analysis of Ecological Data**. Version 6.03.

MCEWEN, G.F., JOHNSON, M.W. & FOLSOM, TH.R. 1954. A statistical analysis of the performance of the folsom plankton sample splitter, based upon test observations. **Meteorology and Atmospheric Physics** 7: 502-527.

MEDEIROS, C., MACEDO, S.J., FEITOSA, F.A. & KOENING, M.L. 1999. Hydrography and phytoplankton biomass and abundance of North-East Brazilian waters. **Arch. Fish. Mar. Res.** 47 (2/3): 133-151.

MILLERO, F.J. 2002. **Chemical Oceanography**. 2nd Ed., p. 343-356. Flórida: CRC Press.

MITRA, A.; CASTELLANI, C.; GENTLEMAN, W.C.; JÓNASDÓTTIR, S.H.; FLYNN, K.J.; BODE, A.; HALSBAND, C.; KUHN, P.; LICANDRO, P.; AGERSTED, M.D.; CALBET, A.; LINDEQUE, P.K.; KOPPELMANN, R.; MØLLER, E.F.; GISLASON, A.; NIELSEN, T.G. & ST. JOHN, M., 2014. **Bridging the gap between marine**

**biogeochemical and fisheries sciences; configuring the zooplankton link.** Prog. Oceanogr. 129: 176–199.

MOSER, G. & GALVÃO, G.S. 1997. Biological and oceanography cup welling indicator sat Cabo Frio (RJ). **Revista Brasileira de Oceanografia** 45 (1/2):11-23.

MOSER, H. G. 1984. (ed.). Ontogeny and systematics of fishes. American Society of Ichthyologists and Herpetologists ed., **Special publication Number** 1:760 pp.

NAKATANI, K. et al. 2001. **Ovos e larvas de peixes de água doce: Desenvolvimento e manual de identificação.** Maringá, EDUEM, 378p.

NASCIMENTO, K.B. & OLIVEIRA, O.M.P. 2010. **Padrões de distribuição de *Aglaura hemistoma* e *Liriope tetraphylla* (Hydrozoa, Trachymedusae) na costa sudeste do Brasil (22-25 ° S, 40-45 ° W).** Centro de Biologia Marinha da Universidade de São Paulo.

NEUMANN-LEITÃO, S., MELO, P.A.M.C., SCHWAMBORN, R., DIAZ, X.F.G., FIGUEIREDO, L.G.P., SILVA, A.P., CAMPELO, R.P.S., DE MELO JÚNIOR, M., MELO, N.F.A.C., COSTA, A.E.S.F., ARAÚJO, M., VELEDA, D.R.A., MOURA, R.L. & THOMPSON, F. 2018. Zooplankton from a reef system under the influence of the Amazon River plume. **Front. Microbiol.** 9: 35.

NEVEUX, J., VAULOT, D., COURTIES, C. & FUKAI, E. 1989. Green photosintetic bacteria associated with chlorophyll maximum of the Sargasso Sea. **Cr. Acad. Sci.** Paris Sér III, 308: 09-14.

NIENCHESKI, L.F.H., et al. 1999. Nutrients and suspended matter behaviour in the Patos Lagoon Estuary (Brazil). In: PERILLO, G.M.E., PICCOLO, M.C., PINO-QUIVIRA, M. **Estuaries of South America.** Heidelberg: Springer-Verlag, p. 67-81.

NOGUEIRA, C.R. et al. 1999. Studies on zooplankton and ichthyoplankton communities off the Rio de Janeiro Coastline. **Oecologia brasiliensis** 7: 73-98.

NUNES, R.C. 2012. **Posicionamento filogenético de Chaetognatha baseado em dados morfológicos**. Curso de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal da Paraíba.

NYBAKKEN, J.W., BERTNESS, M.D. 2005. **Marine Biology: An Ecological Approach** (6 ed.). San Francisco: Pearson, Benjamin Cummings.

OLIVEIRA, O.M.P. et al. 2007. Identification key for the ctenophores from Brazilian coast. **Biota Neotrop.** Sep/Dez 2007 vol. 7, no. 3  
<http://www.biotaneotropica.org.br/v7n3/pt/abstract?identification-key+bn03507032007>. ISSN 1676-0603.

PEREIRA, R.C. & SOARES-GOMES, A. 2009. **Biologia Marinha**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Interciência.

PETROBRAS. **Projeto de Caracterização Regional da Bacia de Santos (PCR-BS)** - Volume 5 – Sistema Pelágico da Bacia de Santos. 2022.  
<https://comunicabaciadesantos.petrobras.com.br/documents/d/comunica-bacia-de-santos/pcr->

PETROBRAS. 2023. **Relatório de análise de dados meteo-oceanográficos para a região do FPSO cidade de Paraty entre 06 e 08 de março de 2023**.

PETROBRAS/ANALYTICAL SOLUTIONS. 2012. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental**. (Dezembro/2010 e Janeiro/2011). 3ª Campanha – 1ª Campanha da Fase de Operação. Projeto de Monitoramento Ambiental do Sistema de produção e escoamento de gás natural e petróleo no Bloco BS-500, Bacia de Santos.

PETROBRAS/ANALYTICAL SOLUTIONS. 2013. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental**. (Novembro/2011). 4ª Campanha – 2ª Campanha da Fase de Operação. Projeto de Monitoramento Ambiental do Sistema de produção e escoamento de gás natural e petróleo no Bloco BS-500, Bacia de Santos.

PETROBRAS/BOURSCHEID. 2014. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental.** (Dezembro/2012). 5ª Campanha – 3ª Campanha da Fase de Operação. Projeto de Monitoramento Ambiental do Sistema de produção e escoamento de gás natural e petróleo no Bloco BS-500, Bacia de Santos.

PETROBRAS/BOURSCHEID. 2015a. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental.** (Janeiro/2014). 6ª Campanha – 4ª Campanha da Fase de Operação. Projeto de Monitoramento Ambiental do Sistema de produção e escoamento de gás natural e petróleo no Bloco BS-500, Bacia de Santos.

PETROBRAS/BOURSCHEID. 2016a. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental.** (Fevereiro/2015). 7ª Campanha – 5ª Campanha da Fase de Operação. Projeto de Monitoramento Ambiental do Sistema de produção e escoamento de gás natural e petróleo no Bloco BS-500, Bacia de Santos.

PETROBRAS/BOURSCHEID. 2017a. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental.** (Novembro/2015). 8ª Campanha – 6ª Campanha da Fase de Operação. Projeto de Monitoramento Ambiental do Sistema de produção e escoamento de gás natural e petróleo no Bloco BS-500, Bacia de Santos.

PETROBRAS/BOURSCHEID. 2018a. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental.** (Dezembro/2016). 9ª Campanha – 7ª Campanha da Fase de Operação. Projeto de Monitoramento Ambiental do Sistema de produção e escoamento de gás natural e petróleo no Bloco BS-500, Bacia de Santos.

PETROBRAS/BOURSCHEID. 2019b. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental.** (Janeiro/2018). 10ª Campanha – 8ª Campanha da Fase de Operação. Projeto de Monitoramento Ambiental do Sistema de produção e escoamento de gás natural e petróleo no Bloco BS-500, Bacia de Santos.

PETROBRAS/BOURSCHEID. 2019c. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental.** (Agosto/2019). 11ª Campanha – 9ª Campanha da Fase de Operação.

Projeto de Monitoramento Ambiental do Sistema de produção e escoamento de gás natural e petróleo no Bloco BS-500, Bacia de Santos.

PETROBRAS/BOURSCHEID. 2020d. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental.** (Fevereiro/2020). 12ª Campanha – 10ª Campanha da Fase de Operação. Projeto de Monitoramento Ambiental do Sistema de produção e escoamento de gás natural e petróleo no Bloco BS-500, Bacia de Santos.

PETROBRAS/BIOCONSULT. 2022a. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental.** 13ª Campanha – 11ª Campanha da Fase de Operação. Projeto de Monitoramento Ambiental do Sistema de produção e escoamento de gás natural e petróleo no Bloco BS-500, Bacia de Santos.

PETROBRAS/BIOCONSULT. 2022b. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental.** 14ª Campanha – 12ª Campanha da Fase de Operação. Projeto de Monitoramento Ambiental do Sistema de produção e escoamento de gás natural e petróleo no Bloco BS-500, Bacia de Santos.

PETROBRAS/BIOCONSULT. 2023a. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental.** 4ª Campanha. Projeto de Monitoramento Ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos – Etapa 2 – Desenvolvimento da Produção de Búzios 1, Bacia de Santos.

PETROBRAS/BIOCONSULT. 2023b. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental.** 8ª Campanha - Projeto de Monitoramento Ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos – Etapa 1 – Desenvolvimento da Produção de Iracema Sul, Bacia de Santos.

PETROBRAS/BOURSCHEID. 2015b. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental.** Projeto de Monitoramento Ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos – Etapa 1 – Piloto de Lula NE. 1ª Campanha (fase de operação).

PETROBRAS/BOURSCHEID. 2015c. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental.** Projeto de Monitoramento Ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos – Etapa 1 – Piloto de Lula NE. 2ª Campanha (fase de operação).

PETROBRAS/BOURSCHEID. 2018b. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental.** Projeto de Monitoramento Ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos – Etapa 1 – Piloto de Lula NE. 3ª Campanha (fase de operação).

PETROBRAS/BOURSCHEID. 2018c. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental.** Projeto de Monitoramento Ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos – Etapa 1 – Piloto de Lula NE. 4ª Campanha (fase de operação).

PETROBRAS/BOURSCHEID. 2019d. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental.** Projeto de Monitoramento Ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos – Etapa 1 – Piloto de Lula NE. 5ª Campanha (fase de operação).

PETROBRAS/BOURSCHEID. 2019e. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental.** Projeto de Monitoramento Ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos – Etapa 1 – Piloto de Lula NE. 6ª Campanha (fase de operação).

PETROBRAS/BOURSCHEID. 2020a. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental.** Projeto de Monitoramento Ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos – Etapa 1 – Piloto de Lula NE. 7ª Campanha (fase de operação).

PETROBRAS/BIOCONSULT. 2022c. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental.** Projeto de Monitoramento Ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de

Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos – Etapa 1 – Piloto de Lula NE. 8ª Campanha (fase de operação).

PETROBRAS/BIOCONSULT. 2022d. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental.** Projeto de Monitoramento Ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos – Etapa 1 – Piloto de Lula NE. 9ª Campanha (fase de operação).

PETROBRAS/BOURSCHEID. 2016b. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental.** Projeto de Monitoramento Ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos – Etapa 1 – DP de Iracema Sul. 1ª Campanha (fase de operação).

PETROBRAS/BOURSCHEID. 2017b. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental.** 2ª Campanha (Dezembro/2015). Projeto de Monitoramento Ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos – Etapa 1 – Desenvolvimento da Produção de Iracema Sul.

PETROBRAS/BOURSCHEID. 2018d. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental.** Projeto de Monitoramento Ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos – Etapa 1 – Desenvolvimento da Produção de Iracema Sul. 3ª campanha (fase de operação).

PETROBRAS/BOURSCHEID. 2019f. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental.** Projeto de Monitoramento Ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos – Etapa 1 – Desenvolvimento da Produção de Iracema Sul. 4ª campanha (fase de operação).

PETROBRAS/BOURSCHEID. 2019g. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental.** Projeto de Monitoramento Ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos – Etapa

1 – Desenvolvimento da Produção de Iracema Sul. 5ª campanha (fase de operação).

PETROBRAS/BOURSCHEID. 2020b. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental**. Projeto de Monitoramento Ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos – Etapa 1 – Desenvolvimento da Produção de Iracema Sul. 6ª campanha (fase de operação).

PETROBRAS/BIOCONSULT. 2022e. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental**. Projeto de Monitoramento Ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos – Etapa 1 – Desenvolvimento da Produção de Iracema Sul. 7ª campanha (fase de operação).

PETROBRAS/BOURSCHEID. 2019a. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental**. Projeto de Monitoramento Ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal, Bacia de Santos – Etapa 2 – Desenvolvimento da Produção de Búzios 1. 1ª Campanha (fase de operação).

PETROBRAS/BOURSCHEID. 2020c. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental**. Projeto de Monitoramento Ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal, Bacia de Santos – Etapa 2 – Desenvolvimento da Produção de Búzios 1. 2ª Campanha (fase de operação).

PETROBRAS/BIOCONSULT. 2021. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental**. Projeto de Monitoramento Ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal, Bacia de Santos – Etapa 2 – Desenvolvimento da Produção de Búzios 1. 3ª Campanha (fase de operação).

PETROBRAS/MINERAL. 2013. **Estudo e Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA)**. Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos - Etapa 2.

PETROBRAS/OCEANPACT. 2023. **Relatório Técnico** - 5ª campanha de monitoramento ambiental da atividade de produção e escoamento de petróleo e gás natural do polo pré-sal da bacia de santos, etapa 2 – desenvolvimento da produção de Búzios 1(DP-BUZ-1\_c5). RL-3A36.01-5521-996-OC8-001=B.pdf. 2023.

PINTO-COELHO, R.M., COELHO, M.M., ESPÍRITO-SANTO, M.M. & CORNELISSEN, T.G. 1999. Efeitos da eutrofização na estrutura da comunidade planctônica na lagoa da Pampulha. In: Henry, R. ed. **Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais**. Botucatu, FUNDBIO/FAPESP. 553-572.

PHILIPPI, JR.A. et al. 2004. Gestão ambiental municipal: subsídios para estruturação de sistema municipal de meio ambiente. V. 4. Salvador: CRA – Centro de Recursos Ambientais. Photosynthetic bacteria associated with the deep chlorophyll maximum of the Sargasso sea. **C. R. Acad. Sci.** 308(III): 9–14.

PIELOU, E.C. 1977. **Mathematical Ecology**. New York: John Wiley & Sons, 385p.

PINTO-COELHO, R.M., COELHO, M.M., ESPÍRITO-SANTO, M.M. & CORNELISSEN, T.G. 1999. Efeitos da eutrofização na estrutura da comunidade planctônica na lagoa da Pampulha. In: Henry, R. ed. **Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais**. Botucatu, FUNDBIO/FAPESP. 553-572.

PIR2/TRANSPETRO. 2009. Relatório de Impacto Ambiental Linha de Transferência de Água de Formação e Emissário para Escoamento de Efluentes Industriais Tratados do Terminal da Baía de Ilha Grande (TEBIG), Angra dos Reis, RJ. [S.l: s.n.].

PORTILHO-RAMOS, R.C., RIO-NETTO, A.M. & BARBOSA, C.F. 2006. Caracterização bioestratigráfica do Neógeno superior da Bacia de Santos com base em foraminíferos planctônicos. **Rev. Bras. Paleont.** 9(3): 349-354.

PRAHL F.G., ERTEL J.R., GONI, M.A., SPARROW, M.A. & EVERSMEYER, B. 1994. Terrestrial organic carbon contributions to sediments on the Washington margin. **Geochim. Cosmochim. Acta** 58: 3035–3048.

RAND, G.M. & PETROCELLI, S.R. 1985. **Fundamentals of Aquatic Toxicology: Methods and Applications**. New York: Hemisphere Publishing Corporation.

RAVEN, P.H., EVERT, R.E. & EICHHORN, S.E. 2001. **Biologia Vegetal**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 906p.

RÉ, P. 1986. Ecologia da postura e da fase planctónica de *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) na região central da costa portuguesa. **Boletim da Sociedade Portuguesa de Ciências Naturais** 23: 5-81.

RÉ, P. 1984. **Ictioplâncton da região central da costa Portuguesa e do estuário do Tejo. Ecologia da postura e da fase planctónica de *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) e de *Engraulis encrasicolus* (Linné, 1758)**. Universidade de Lisboa.

REBELLO, A.L., PONCIANO, C.R., MELGES, L.H. 1988. **Avaliação da produtividade primária e da disponibilidade de nutrientes na Baía de Guanabara**. 1988, [S.l:s.n.], p. 419-430.

REYNOLDS, C.S. 2006. **Ecology of Phytoplankton** (Ecology, Biodiversity and Conservation). Cambridge, Cambridge University Press.

RICHA, R., SINHA, P. & HÄDER, D-P. 2014. Phytoplankton productivity in a changing Global Climate. In Sebatia, M. T. **Phytoplankton: Biology, Classification and Environmental Impacts**. New York: Nova Science Publishers.

RYTHER, J.H., DUNSTAN, W.M. 1971. Nitrogen, phosphorus and eutrophication in the coastal marine environment. **Science** 171: 1008-1013.

SANTOS, H. F. dos et al. 2016. Contaminação de recifes de coral por petróleo e seus derivados. In: **Conhecendo os Recifes Brasileiros**. Rede de Pesquisas Coral Vivo. Ed. ZILBERBERG, C.; ABRANTES, D. P.; MARQUES, J. A.; MACHADO, L. F.; MARANGONI, L. F. de B. Série Livros Museu Nacional n. 58. Rio de Janeiro: Museu Nacional, UFRJ.

SHANNON, C.E.A.1948. Mathematical Theory of Communication. **Bell System Technical Journal**. 27: 44.

SHELL/ANALYTICAL SOLUTIONS. 2004. On analytical solutions for liquid-filled non-shallow conical shell assemblies. **Journal of the South African Institution of Civil Engineering**, 46(3): 10–15, Paper 575.

SHI, Y.Q., ZUO, T., YUAN, W., SUN, J.Q. & WANG, J. 2018. Spatial variation in zooplankton communities in relation to key environmental factors in the Yellow Sea and East China Sea during winter. **Continental Shelf Research**. doi:10.1016/j.csr.2018.10.004.

SILVEIRA, I.C.A. DA et al. 2000. A Corrente do Brasil ao largo da Costa Leste Brasileira. **Rev. Bras. Oceanogr.** 48(2):171-183.

SIMONEIT, B.R.T. & MAZURIK, M.A. 1982. Organic matter in the troposphere II: Natural background of biogenic lipid matter in aerosols over the rural western United States. **Atmospheric Environment** 16: 2139-2159.

SIMONEIT, B.R.T. 1984. Organic matter of the troposphere III: Characterization and sources of petroleum and pyrogenic residues in aerosols over the western United States. **Atmospheric Environment** 18: 51-67.

SIMPSON, E.H. 1949. Measurement of diversity. **Nature** 63: 688.

SMETI, H.; PAGANO, M.; MENKES, C.; LEBOURGES-DHAUSSY, A.; HUNT, B.P.V.; ALLAIN, V.; RODIER, M.; DE BOISSIEU, F.; KESTENARE, E. & SAMMARI, C. 2015. **Spatial and temporal variability of zooplankton off New Caledonia (Southwestern Pacific) from acoustics and net measurements.** J. Geophys. Res.: Oceans 120, 2676–2700

SOURNIA, A., CHRÉTIENNOT-DINET, M.J. & RICARD, M. 1991. Marine phytoplankton: how many species in the world ocean? **Journal of Plankton Research** 13: 1093-99.

SOUZA, B.D. 2008. **Estrutura, dinâmica e produtividade primária do fitoplâncton como base para estimativa do estado trófico de uma lagoa costeira no estado do Espírito Santo (lagoa Mãe-Bá, Guarapari).** Dissertação de Mestrado. Centro de Biociências, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ., 141p.

SOUZA, M.C.A. 2000. **A corrente do Brasil ao largo de Santos: medições diretas.** Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, 178 p.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER - SMEWW. 2005. 22<sup>a</sup> Ed. Centennial Edition.

STEINBERG, D.K. & LANDRY, M. R. 2017. Zooplankton and the Ocean Carbon Cycle. **Annual Review of Marine Science** 9:413-444. DOI: 10.1146/annurev-marine-010814-015924.

TAYLOR, A.H., ALLEN, J.I. & CLARK, P.A. 2002. Extraction of a weak climatic signal by an ecosystem. **Nature** 416: 629–632.

THOMAS, J. E. et al. 2001. **Fundamentos de Engenharia de Petróleo,** Interciência, Rio de Janeiro, Brasil.

THURMAN, H.V. & BURTON, E.A. 2001. **Introductory oceanography**. 9th Ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 544p.

TOMMASI, L.R. 1994. **Programa de monitoramento ambiental oceânico da Bacia de Campos, RJ (Relatório Final)**. Fundespa, Geomap, Cenpes-Petrobras, São Paulo, 169pp.

TUNDISI, J.G. & MATSUMURA-TUNDISI, T. 2008. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos.

UNITED STATE ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 2005. Physical and Chemical Properties Models. Pollution Prevention Framework. Disponível em: <[www.epa.gov/opFT/sf/pubs/p2frame-june05a2.pdf](http://www.epa.gov/opFT/sf/pubs/p2frame-june05a2.pdf)>. Acesso em: 08 jun. 2010.

\_\_\_\_\_ Method 350.1: Determination of Ammonia Nitrogen by Semi-Automated Colorimetry.

\_\_\_\_\_ Method 3510C: Separatory funnel liquid-liquid extraction.

\_\_\_\_\_ Method 5030C: purge-and-trap for aqueous samples.

\_\_\_\_\_ Method 8015D: Nonhalogenated organics using GC/FID.

\_\_\_\_\_ Method 8260C: Volatile organic compounds by gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS).

\_\_\_\_\_ **Method 8270E:** Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC-MS).

UTERMÖHL, H. 1958. Zur vervollkommer der quantitativen phytoplankton methodik. **Mitteilungen Internationale Vereinigung für Theorestiche und Angewandte Limnologie** 10:109-122.

VALENTIN, J.L., ANDRÉ, D.L. & JACOB, S. 1987. Hydrobiology in the Cabo Frio (Brazil) upwelling: two-dimensional structure and variability during a wind cycle. **Continental Shelf Research** 7(1): 77-88.

VALENTIN, J.L. 2012. **Ecologia Numérica - Uma introdução a Análise Multivariada de dados Ecológicos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 168p.

VEGA-PÈRES, L.A. 1993. Estudo do zooplâncton da região de Ubatuba, Estado de São Paulo. **Publicação esp. Inst. Oceanogr. S Paulo**. 10: 65-84.

VEGA-PÉREZ, L.M., CAMPOS, M.A.G. & SCHINKE, K.P. 2011. Checklist of class appendicularia (Chordata: Tunicata) from São Paulo State, Brazil. **Biota Neotrop.** 11:761-769.

<http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1a/en/abstract?inventory+bn0401101a>.

VENKATESAN, M.I. & KAPLAN, I.R. 1982. Distribution and transport of hydrocarbons in surface sediments of the Alaskan outer continental shelf. **Geochimica et Cosmochimica Acta** 46: 2135-2149.

VIEIRA, S. 2008. **Introdução à bioestatística**. Rio de Janeiro: Elsevier.

VILLAC, M.C. 1990. **O fitoplâncton como um instrumento de diagnose e monitoramento ambiental: estudo de caso da Baía de Guanabara (RJ, Brasil)**. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

VILLATE, F., MORAL, M. & VALENCIA., V. 1997. Mesozooplankton community indicates climate change in a shelf area of the inner bay of Biscay throughout 1988 to 1990. **J. Plank. Res.** 19: 1617-1636.

WILLIAM, K.W., MAESTRINI, L. & MAESTRINI, S. 1993. Measurement of Primary Production from the Molecular to the Global Scale. ICES. **Mar. Sci. Symp.**, Bergen, 197: 1-2.

WOOTTON, R.J. 1990. **Ecology of Teleost Fishes**. [S.l.]: Chapman and Hall, 404p.

YODER, J.A., McCLAIN, C.R., FELDMAN, G.C. & ESAIAS, W.E. 1993. Anual cycles of phytoplankton chlorophyll concentrations in the global oceans: A satellite view. **Global Biogeochem. Cycles** 5: 119-134.

## IX - EQUIPE TÉCNICA

<b>Profissional</b>	Marla Sonaira Lima
<b>Empresa</b>	-
<b>Formação Profissiona</b>	Bióloga
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	CRBio 58878-03
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental</b>	337746
<b>Responsável pelas Seções</b>	Introdução, Objetivos, Área de estudo, Caracterização da atividade, Atividades de Campo, Atividades de Laboratório, Tratamento dos dados, Análises Estatísticas, Resultados e Discussão Qualidade da Água, Plâncton, Análise integrada, Considerações finais
<b>Assinatura</b>	

<b>Profissional</b>	Dr. Mário Sérgio Ximenez
<b>Empresa</b>	Bioconsult Ambiental
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	CRBio nº: 12895/02
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumento de Defesa Ambiental – IBAMA</b>	204221
<b>Responsável pela (s) seção (ões)</b>	Coordenação Geral; Verificação e aprovação de Relatório de Resultados
<b>Assinatura</b>	

<b>Profissional</b>	Dr <sup>a</sup> . Cristina Falcão
<b>Empresa</b>	Bioconsult Ambiental
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	CRBio nº: 12654/02
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumento de Defesa Ambiental - IBAMA</b>	24023
<b>Responsável pela (s) seção (ões)</b>	Coordenação Geral; Verificação e aprovação de Relatório de Resultados
<b>Assinatura</b>	

<b>Profissional</b>	Dr <sup>a</sup> . Amanda Guilherme da Silva
<b>Empresa</b>	Bioconsult Ambiental
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	CRBio nº: 96676/02
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumento de Defesa Ambiental - IBAMA</b>	4926481
<b>Responsável pela (s) seção (ões)</b>	Preposto. Estruturação do Relatório de Resultados, Confecção dos Mapas
<b>Assinatura</b>	

<b>Profissional</b>	Bióloga Leticia Carvalho
<b>Empresa</b>	Bioconsult Ambiental
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	CRBio nº: 126238/02
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumento de Defesa Ambiental - IBAMA</b>	7834000
<b>Responsável pela (s) seção (ões)</b>	Formatação e Verificação do relatório Estruturação dos anexos
<b>Assinatura</b>	

## X - ANEXOS



## Anexo X-1 – Carta de Aceite de Material Biológico



## Anexo X-2 – Laudos analíticos das amostras físico-químicas



## Anexo X-3 – Laudo analítico das amostras biológicas



Anexo X-4 – Anotações de Responsabilidade Técnica (ARTs) e Cadastro Técnico Federal da equipe técnica

## Anexo X-5 – Ressalva Zooplâncton