

**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  
2ª Campanha da Fase de Operação**

**Volume Único**

**RTAA\_DP-BUZ-1\_C2\_BSD\_18082020-02**

**Revisão 00**

**Maio/2021**



**E&P**



	REV. 00								
	Original	Ver.01	Ver.02	Ver.03	Ver.04	Ver.05	Ver.06	Ver.07	Ver.08
Data	18/08/20	23/09/20	11/05/21						
Elaboração	Ana/ Juliana/ Marla	Ana/ Marla	Viviane						
Verificação	Diego	Diego	Nelson						
Aprovação	Viviane	Viviane	Viviane						





## ÍNDICE GERAL

I - INTRODUÇÃO .....	29/1688
II - OBJETIVO .....	31/1688
II.1 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	31/1688
III - ÁREA DE ESTUDO .....	32/1688
III.1 - BACIA DE SANTOS – CAMPO DE BÚZIOS .....	32/1688
III.2 - CARACTERIZAÇÃO DA ATIVIDADE .....	33/1688
IV - MATERIAL E MÉTODOS .....	38/1688
IV.1 - ATIVIDADES DE CAMPO .....	38/1688
IV.1.1 -Qualidade da Água.....	43/1688
IV.1.2 -Fitoplâncton.....	48/1688
IV.1.3 -Zooplâncton e Ictioplâncton.....	48/1688
IV.2 - ATIVIDADES DE LABORATÓRIO .....	53/1688
IV.2.1 -Qualidade da Água.....	53/1688
IV.2.2 -Fitoplâncton.....	56/1688
IV.2.3 -Zooplâncton.....	56/1688
IV.2.4 -Ictioplâncton .....	57/1688
IV.3 - TRATAMENTO DOS DADOS .....	57/1688
IV.3.1 -Qualidade da Água.....	57/1688
IV.3.2 -Plâncton .....	68/1688
IV.4 - ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	72/1688
IV.4.1 -Qualidade da Água.....	72/1688
IV.4.2 -Plâncton .....	73/1688
IV.5 - ANÁLISE INTEGRADA .....	74/1688

V - RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	76/1688
V.1 - QUALIDADE DA ÁGUA .....	76/1688
V.1.1 - Temperatura e Salinidade .....	76/1688
V.1.2 - Oxigênio Dissolvido (OD) .....	91/1688
V.1.3 - Potencial Hidrogeniônico .....	98/1688
V.1.4 - Clorofila-a .....	103/1688
V.1.5 - Nutrientes .....	106/1688
V.1.6 - Material Particulado em Suspensão (MPS) e Carbono Orgânico Total (COT) .....	113/1688
V.1.7 - Sulfetos .....	124/1688
V.1.8 - Fenóis .....	126/1688
V.1.9 - Hidrocarbonetos .....	126/1688
V.1.9.1 - Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA's) .....	128/1688
V.1.9.2 - Hidrocarbonetos Totais de Petróleo (HTP's), N-Alcanos, Mistura Complexa Não Resolvida (MCNR) .....	129/1688
V.1.10 - Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xileno (BTEX) .....	131/1688
V.2 - PLÂNCTON .....	132/1688
V.2.1 - Fitoplâncton .....	132/1688
V.2.1.1 - Avaliação da Amostragem .....	134/1688
V.2.1.2 - Análise Qualitativa .....	136/1688
V.2.1.3 - Análise Quantitativa .....	138/1688
V.2.1.4 - Análise da Distribuição Espacial do Fitoplâncton .....	148/1688
V.2.1.5 - Análise de Cluster e MDS .....	156/1688
V.2.2 - Zooplâncton .....	158/1688
V.2.2.1 - Avaliação da Amostragem .....	160/1688
V.2.2.2 - Análise Qualitativa .....	162/1688
V.2.2.3 - Análise Quantitativa .....	165/1688
V.2.2.4 - Análise da Distribuição Espacial do Zooplâncton .....	174/1688

V.2.2.5 - Análise de Cluster e MDS .....	177/1688
V.2.3 - Ictioplâncton .....	179/1688
V.2.3.1 - Avaliação de Amostragem .....	180/1688
V.2.3.2 - Avaliação Qualitativa.....	183/1688
V.2.3.3 - Análise Quantitativa .....	185/1688
V.2.3.4 - Análise da Distribuição Espacial do Ictioplâncton.....	194/1688
V.2.3.5 - Análise de Cluster e MDS .....	197/1688
VI - ANÁLISE INTEGRADA.....	201/1688
VI.1 - AMBIENTE PELÁGICO.....	201/1688
VI.1.1 -Variáveis Físico-Químicas e Clorofila-a.....	201/1688
VI.1.2 -Relação do Fitoplâncton com o Ambiente Físico-químico .....	203/1688
VI.1.3 -Relação do Zooplâncton e Ictioplâncton com o Ambiente Físico- químico.....	211/1688
VII - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	232/1688
VIII - BIBLIOGRAFIA.....	235/1688
IX - EQUIPE TÉCNICA .....	256/1688
X - ANEXOS.....	259/1688



## FIGURAS

FIGURA	PÁG.
<b>Figura III-1</b> - Localização do DP-BUZ-1 (P-74) – Bacia de Santos.	33/1688
<b>Figura III-2</b> - Estruturas de fundo e poços interferentes no entorno da P-74.	34/1688
<b>Figura III-3</b> - Volume de efluente sanitário descartado pela P-74.	35/1688
<b>Figura III-4</b> - Volume de efluente oleoso descartado pela P-74.	36/1688
<b>Figura IV-1</b> - Diagrama do RV Ocean Stalwart mostrando o posicionamento dos principais equipamentos da embarcação.	39/1688
<b>Figura IV-2</b> – 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.	41/1688
<b>Figura IV-3</b> – Malha amostral para coleta de água e plâncton da 2ª campanha de monitoramento ambiental do Desenvolvimento da Produção de Búzios 1 (Datum Sirgas 2000).	42/1688
<b>Figura IV-4</b> – Rosette com garrafas de coleta de amostras de água dos modelos Niskin e Go-flo utilizadas na atual campanha de monitoramento.	45/1688
<b>Figura IV-5</b> – Disco de Secchi utilizado para medir a transparência da coluna da água durante a 2ª Campanha de Monitoramento Ambiental do DP-BUZ-1.	47/1688
<b>Figura IV-6</b> – Rede cilindro-cônica com malha de 200 µm para coleta de amostras de zooplâncton utilizada durante a 2ª campanha de monitoramento ambiental do DP-BUZ-1, fase de operação.	50/1688
<b>Figura IV-7</b> – Rede bongô com malhas de 300 e 500 µm para coleta de amostras de ictioplâncton, utilizada durante a 2ª campanha de monitoramento ambiental do DP-BUZ-1, fase de operação.	51/1688
<b>Figura IV-8</b> – Localização do Desenvolvimento da Produção de Búzios (P-74), Campo de Uruguá (FPSO Cidade de Santos), Desenvolvimento da Produção de Iracema Sul (FPSO Cidade de Mangaratiba) e Piloto de Lula NE (FPSO Cidade de Paraty).	67/1688
<b>Figura V-1</b> – Temperatura (°C) da água nas profundidades de coleta das diferentes estações amostrais da atual campanha de monitoramento ambiental.	79/1688
<b>Figura V-2</b> – Perfis de temperatura (°C) obtidos com CTD nas diferentes estações amostrais da atual campanha de monitoramento.	80/1688
<b>Figura V-3</b> – Valores de salinidade obtidos nas profundidades de coleta das diferentes estações amostrais da atual campanha de monitoramento.	83/1688

<b>FIGURA</b>	<b>PÁG.</b>
<b>Figura V-4</b> – Perfis de salinidade (CTD) obtidos nas diferentes estações amostrais da atual campanha de monitoramento.	84/1688
<b>Figura V-5</b> – Diagrama T-S na atual campanha de monitoramento.	88/1688
<b>Figura V-6</b> – Análise da distribuição vertical das massas d'água na atual campanha de monitoramento.	89/1688
<b>Figura V-7</b> – Perfis de oxigênio dissolvido (mg/L) obtidos nas estações da atual campanha de monitoramento.	94/1688
<b>Figura V-8</b> – Perfis de oxigênio dissolvido (mg/L) (CTD) obtidos nas diferentes estações amostrais da atual campanha de monitoramento.	95/1688
<b>Figura V-9</b> – Concentrações de oxigênio dissolvido (mg/L) observadas ao longo das campanhas do Projeto de Monitoramento Ambiental da fase de operação 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. A) Superfície; B) Acima da termoclina; C) Termoclina e D) Abaixo da Termoclina.	97/1688
<b>Figura V-10</b> – Perfis de pH obtidos nas estações de coleta da atual campanha de monitoramento.	101/1688
<b>Figura V-11</b> – Concentrações de pH observadas ao longo das campanhas do Projeto de Monitoramento Ambiental da fase de operação 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. A) Superfície; B) Acima da termoclina; C) Termoclina e D) Abaixo da Termoclina.	103/1688
<b>Figura V-12</b> – Concentrações de nitrito (mg/L N) observadas ao longo das campanhas de monitoramento do Projeto de Monitoramento Ambiental da fase de operação 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. A) Superfície; B) Acima da termoclina; C) Termoclina e D) Abaixo da Termoclina.	108/1688
<b>Figura V-13</b> – Perfis das concentrações de MPS obtidos nas estações amostrais da atual campanha de monitoramento.	116/1688
<b>Figura V-14</b> – Concentrações de MPS (mg/L) observadas ao longo das campanhas do Projeto de Monitoramento Ambiental da fase de operação 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. A) Superfície; B) Acima da termoclina; C) Termoclina e D) Abaixo da Termoclina.	118/1688
<b>Figura V-15</b> – Perfis das concentrações de COT (mg/L C) obtidos nas estações amostrais da atual campanha de monitoramento.	121/1688

FIGURA	PÁG.
<b>Figura V-16</b> – Concentrações de COT (mg/L C) observadas ao longo das campanhas do Projeto de Monitoramento Ambiental da fase de operação 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. A) Superfície; B) Acima da termoclina; C) Termoclina e D) Abaixo da Termoclina.	123/1688
<b>Figura V-17</b> – Representação esquemática de alguns gêneros do fitoplâncton. Diatomáceas: (A) Skeletonema; (B) Chaetoceros; (C) Pleurosigma. Dinoflagelados: (D) Noctiluca; (E) Ceratium. Primnesiófita: (F) Coccolithus.	133/1688
<b>Figura V-18</b> – Número cumulativo de taxa por amostra de fitoplâncton, encontrados ao longo da primeira campanha do 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. 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.	135/1688
<b>Figura V-19</b> – Riqueza de taxa das divisões fitoplanctônicas ao longo das duas campanhas 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.	136/1688
<b>Figura V-20</b> - Box plots representativos dos valores de riqueza (n° de taxa) das comunidades fitoplanctônicas encontradas nas duas campanhas 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.	143/1688
<b>Figura V-21</b> – Box plots representativos dos valores de densidade das comunidades fitoplanctônicas encontradas nas duas campanhas 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.	144/1688
<b>Figura V-22</b> – Densidade média de organismos (ind/L) das divisões fitoplanctônicas da atual campanha 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. A barra laranja representa a densidade média dos grupos $\pm$ desvio-padrão.	145/1688



FIGURA	PÁG.
<b>Figura V-23</b> – Box plots representativos dos valores de diversidade das comunidades fitoplanctônicas encontradas nas duas campanhas 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.	146/1688
<b>Figura V-24</b> – Box plots representativos dos valores de equitabilidade das comunidades fitoplanctônicas encontradas nas duas campanhas 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.	147/1688
<b>Figura V-25</b> – Número de taxa fitoplanctônicos nas duas estações da atual campanha 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. A barra laranja representa a riqueza total (acumulando as profundidades).	148/1688
<b>Figura V-26</b> – Número de taxa fitoplanctônicos nas quatro profundidades (SUP, ACTC, TC e ABTC) da atual campanha 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. A barra laranja representa a riqueza total (acumulando as estações).	149/1688
<b>Figura V-27</b> – Número de taxa fitoplanctônicos nas duas estações (DP-BUZ-1_M1000 e DP-BUZ-1_J1002) e nas quatro profundidades (SUP, ACTC, TC e ABTC) da atual campanha 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. 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.	150/1688
<b>Figura V-28</b> – Densidade de organismos fitoplanctônicos (ind/L) nas duas estações da atual campanha 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. A barra laranja representa a densidade média das estações $\pm$ desvio-padrão.	151/1688



FIGURA	PÁG.
<b>Figura V-29</b> – Densidade de organismos fitoplanctônicos (ind/L) nas quatro profundidades (SUP, ACTC, TC e ABTC) da atual campanha 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. A barra laranja representa a densidade média das profundidades $\pm$ desvio-padrão.	152/1688
<b>Figura V-30</b> – Densidade de organismos fitoplanctônicos (ind/L) nas duas estações (DP-BUZ-1_M1000 e DP-BUZ-1_J1002) e nas quatro profundidades (SUP, ACTC, TC e ABTC) da atual campanha 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. 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.	153/1688
<b>Figura V-31</b> – Diversidade e equitabilidade da comunidade fitoplanctônica nas duas estações (DP-B&P_M1000 e DP-B&P_J1002) e nas quatro profundidades (SUP, ACTC, TC e ABTC) da atual campanha 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.	155/1688
<b>Figura V-32</b> – Dendograma de agrupamento (Cluster) da comunidade fitoplanctônica nas duas estações e nas quatro profundidades (SUP, ACTC, TC e ABTC) na atual campanha 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.	157/1688
<b>Figura V-33</b> – Escalonamento multidimensional (MDS) da comunidade fitoplanctônica nas duas estações e nas quatro profundidades (SUP, ACTC, TC e ABTC) na atual campanha 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.	158/1688
<b>Figura V-34</b> – Esquema demonstrando alguns dos principais componentes da comunidade zooplânctônica 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).	159/1688

<b>FIGURA</b>	<b>PÁG.</b>
<b>Figura V-35</b> – Número cumulativo de taxa por amostra de zooplâncton, encontrados ao longo das campanhas do 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. 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.	161/1688
<b>Figura V-36</b> – Riqueza de taxa dos filos zooplanctônicos ao longo das duas campanhas 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.	163/1688
<b>Figura V-37</b> – Box plots representativos dos valores de riqueza (nº de taxa) das comunidades zooplanctônicas encontradas nas duas campanhas 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.	169/1688
<b>Figura V-38</b> – Box plots representativos dos valores de densidade das comunidades zooplanctônicas encontradas nas duas campanhas 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.	170/1688
<b>Figura V-39</b> – Densidade de organismos (ind/m3) dos filos zooplanctônicos na atual campanha 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. A barra laranja representa a densidade média das amostras $\pm$ desvio-padrão.	171/1688
<b>Figura V-40</b> – Box plots representativos dos valores de diversidade das comunidades zooplanctônicas encontradas nas duas campanhas 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.	172/1688
<b>Figura V-41</b> – Box plots representativos dos valores de equitabilidade das comunidades zooplanctônicas encontradas nas duas campanhas 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.	173/1688

FIGURA	PÁG.
<b>Figura V-42</b> – Número de taxa dos filos zooplanctônicos nas duas estações e nos dois arrastos (OBL=oblíquo e HOR= horizontal) da atual campanha 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. A linha cinza representa a média de todas as amostras.	175/1688
<b>Figura V-43</b> – Densidade de organismos dos filos zooplanctônicos (ind/m3) nas duas estações (DP-BUZ-1_M1000 e DP-BUZ-1_J1002) da atual campanha 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. A linha cinza representa a média de todas as amostras.	176/1688
<b>Figura V-44</b> – Diversidade (bits/ind) e equitabilidade da comunidade zooplanctônica nas duas estações e nos dois arrastos (OBL = oblíquo e HOR = horizontal) da atual campanha 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.	177/1688
<b>Figura V-45</b> – Dendograma de agrupamento (Cluster) da comunidade zooplanctônica nas duas estações e nos dois arrastos (OBL e HOR) na atual campanha 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.	178/1688
<b>Figura V-46</b> – Escalonamento multidimensional (MDS) da comunidade zooplanctônica nas duas estações e nos dois arrastos (OBL e HOR) na atual campanha 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.	178/1688
<b>Figura V-47</b> – Esquema dos primeiros estados de desenvolvimento de <i>Trachurus simmetricus</i> . Adaptado de Moser (1984).	180/1688
<b>Figura V-48</b> – Número cumulativo de taxa por amostra de ictioplâncton, encontrados ao longo das campanhas do 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. 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.	182/1688

<b>FIGURA</b>	<b>PÁG.</b>
<b>Figura V-49</b> – Riqueza de taxa das classes e ordens ictioplanctônicas ao longo das duas campanhas 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.	183/1688
<b>Figura V-50</b> – Box plots representativos dos valores de riqueza (nº de taxa) das comunidades ictioplanctônicas encontradas nas duas campanhas 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.	189/1688
<b>Figura V-51</b> – Box plots representativos dos valores de densidade das comunidades ictioplanctônicas encontradas nas duas campanhas 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.	190/1688
<b>Figura V-52</b> – Densidade de organismos (ind/100m <sup>3</sup> ) das ordens ictioplanctônicas na atual campanha 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. A barra laranja representa a densidade média das ordens $\pm$ desvio-padrão.	191/1688
<b>Figura V-53</b> – Box plots representativos dos valores de diversidade das comunidades ictioplanctônicas encontradas nas duas campanhas 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.	192/1688
<b>Figura V-54</b> – Box plots representativos dos valores de equitabilidade das comunidades ictioplanctônicas encontradas nas duas campanhas 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.	193/1688
<b>Figura V-55</b> – Número de taxa das ordens ictioplanctônicas nas duas estações, nas duas malhas de redes (Rede 300 e 500 $\mu$ m) e nos dois arrastos (OBL = oblíquo e HOR = horizontal) da atual campanha 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. A linha cinza representa a média de todas as amostras.	195/1688

FIGURA	PÁG.
<b>Figura V-56</b> – Densidade de organismos das ordens e classes ictioplanctônicas (ind/100m <sup>3</sup> ) nas duas estações, nas duas malhas de redes (Rede 300 e 500 µm) e nos dois arrastos (OBL = oblíquo e HOR = horizontal) da atual campanha 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. A linha cinza representa a média de todas as amostras.	196/1688
<b>Figura V-57</b> – Diversidade (bits/ind) e equitabilidade da comunidade ictioplanctônica nas duas estações nas duas malhas de redes (Rede 300 e 500 µm) e nos dois arrastos (OBL = oblíquo e HOR = horizontal) da atual campanha 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.	197/1688
<b>Figura V-58</b> – Dendograma de agrupamento (Cluster) da comunidade ictioplanctônica nas duas estações, nas duas redes (300 µm e 500 µm) e nos dois arrastos (OBL e HOR) na atual campanha 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.	199/1688
<b>Figura V-59</b> – Escalonamento multidimensional (MDS) da comunidade ictioplanctônica nas duas estações, nas duas redes (300 µm e 500 µm) e nos dois arrastos (OBL e HOR) na atual campanha 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.	200/1688
<b>Figura VI-1</b> - Análise de componentes principais das variáveis físico-químicas do ambiente pelágico de todas as nove estações amostrais da 2ª 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 – DP de Búzios 1.	202/1688
<b>Figura VI-2</b> - Análise de componentes principais das variáveis físico-químicas do ambiente pelágico das estações DP-BUZ-1_M1000 e DP-BUZ-1_J1002, sobreposta com os indicadores ambientais do fitoplâncton e as estações amostrais.	205/1688



<b>FIGURA</b>	<b>PÁG.</b>
<b>Figura VI-3</b> - Análise de agrupamento dos diferentes estratos de profundidade das duas estações de amostragem de variáveis ambientais e fitoplâncton da 2ª 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.	208/1688
<b>Figura VI-4</b> - Análise de escalonamento multidimensional entre as variáveis ambientais de qualidade da água e os indicadores biológicos da comunidade fitoplanctônica da 2ª 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.	209/1688
<b>Figura VI-5</b> - Relação temperatura com a densidade total zooplanctônica e ictioplanctônica (malha 300 µm e 500 µm) em arrastos oblíquos (OBL), e horizontais (HOR) nas estações DP-BUZ-1_M1000 e DP-BUZ-1_J1002 da 2a 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.	214/1688
<b>Figura VI-6</b> - Relação da salinidade com a densidade total zooplanctônica e ictioplanctônica (malha 300 µm e 500 µm) em arrastos oblíquos (OBL), e horizontais (HOR) nas estações nas estações DP-BUZ-1_M1000 e DP-BUZ-1_J1002 da 2a 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.	215/1688
<b>Figura VI-7</b> - Relação do OD, MPS e COT com a densidade total zooplanctônica e ictioplanctônica (malha 300 µm e 500 µm) em arrastos oblíquos (OBL), e horizontais (HOR) nas estações nas estações DP-BUZ-1_M1000 e DP-BUZ-1_J1002 da 2a 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.	216/1688
<b>Figura VI-8</b> - Relação de nitrito com a densidade total zooplanctônica e ictioplanctônica (malha 300 µm e 500 µm) em arrastos oblíquos (OBL), e horizontais (HOR) nas estações DP-BUZ-1_M1000 e DP-BUZ-1_J1002 da 2a 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.	217/1688

FIGURA	PÁG.
<b>Figura VI-9</b> - Relação da temperatura com a riqueza zooplanctônica e ictioplanctônica (malha 300 µm e 500 µm) em arrastos oblíquos (OBL), e horizontais (HOR) nas estações DP-BUZ-1_M1000 e DP-BUZ-1_J1002 da 2a 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.	218/1688
<b>Figura VI-10</b> - Relação da salinidade com a riqueza zooplanctônica e ictioplanctônica (malha 300 µm e 500 µm) em arrastos oblíquos (OBL), e horizontais (HOR) nas estações DP-BUZ-1_M1000 e DP-BUZ-1_J1002 da 2a 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.	219/1688
<b>Figura VI-11</b> - Relação do OD, MPS e COT com a riqueza zooplanctônica e ictioplanctônica (malha 300 µm e 500 µm) em arrastos oblíquos (OBL), e horizontais (HOR) nas estações DP-BUZ-1_M1000 e DP-BUZ-1_J1002 da 2a 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.	220/1688
<b>Figura VI-12</b> - Relação de nitrito com a riqueza zooplanctônica e ictioplanctônica (malha 300 µm e 500 µm) em arrastos oblíquos (OBL) e horizontais (HOR) nas estações DP-BUZ-1_M1000 e DP-BUZ-1_J1002 da 2a 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.	221/1688
<b>Figura VI-13</b> - Relação da temperatura com a diversidade (bits/ind) zooplanctônica e ictioplanctônica (malha 300 µm e 500 µm) em arrastos oblíquos (OBL), e horizontais (HOR) nas estações DP-BUZ-1_M1000 e DP-BUZ-1_J1002 da 2a 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.	222/1688
<b>Figura VI-14</b> - Relação da salinidade com a diversidade (bits/ind) zooplanctônica e ictioplanctônica (malha 300 µm e 500 µm) em arrastos oblíquos (OBL), e horizontais (HOR) nas estações DP-BUZ-1_M1000 e DP-BUZ-1_J1002 da 2a 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.	223/1688

<b>FIGURA</b>	<b>PÁG.</b>
<b>Figura VI-15</b> - Relação do OD, MPS e COT com a diversidade (bits/ind) zooplanctônica e ictioplanctônica (malha 300 µm e 500 µm) em arrastos oblíquos (OBL), e horizontais (HOR) nas estações DP-BUZ-1_M1000 e DP-BUZ-1_J1002 da 2a 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 – DP de Búzios 1.	224/1688
<b>Figura VI-16</b> - Relação de nitrito com a diversidade (bits/ind) zooplanctônica e ictioplanctônica (malha 300 µm e 500 µm) em arrastos oblíquos (OBL) e horizontais (HOR) nas estações DP-BUZ-1_M1000 e DP-BUZ-1_J1002 da 2a 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 – DP de Búzios 1.	225/1688
<b>Figura VI-17</b> - Relação da temperatura com a equitabilidade zooplanctônica e ictioplanctônica (malha 300 µm e 500 µm) em arrastos oblíquos (OBL), e horizontais (HOR) nas estações DP-BUZ-1_M1000 e DP-BUZ-1_J1002 da 2a 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 – DP de Búzios 1.	226/1688
<b>Figura VI-18</b> - Relação da salinidade com a equitabilidade zooplanctônica e ictioplanctônica (malha 300 µm e 500 µm) em arrastos oblíquos (OBL), e horizontais (HOR) nas estações DP-BUZ-1_M1000 e DP-BUZ-1_J1002 da 2a 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 – DP de Búzios 1.	227/1688
<b>Figura VI-19</b> - Relação do OD, MPS e COT com a equitabilidade zooplanctônica e ictioplanctônica (malha 300 µm e 500 µm) em arrastos oblíquos (OBL), e horizontais (HOR) nas estações DP-BUZ-1_M1000 e DP-BUZ-1_J1002 da 2a 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 – DP de Búzios 1.	228/1688



FIGURA	PÁG.
<b>Figura VI-20</b> - Relação de nitrito com a equitabilidade zooplanctônica e ictioplanctônica (malha 300 µm e 500 µm) em arrastos oblíquos (OBL), e horizontais (HOR) nas estações DP-BUZ-1_M1000 e DP-BUZ-1_J1002 da 2a 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.	229/1688



## TABELAS E QUADROS

TABELA OU QUADRO	PÁG.
<b>Quadro I-1</b> - Campanhas realizadas no âmbito 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, com suas respectivas fases e períodos.	30/1688
<b>Tabela III-1</b> - Concentrações dos parâmetros monitorados no efluente sanitário da ETE da P-74, para o 1º trimestre de 2020.	37/1688
<b>Tabela IV-1</b> - Coordenadas UTM (Datum SIRGAS 2000, Z.23S, MC 45°W) das estações de amostragem de água e plâncton para 2ª campanha de monitoramento ambiental do Desenvolvimento da Produção de Búzios 1, Bacia de Santos.	43/1688
<b>Tabela IV-2</b> – Profundidades das diferentes camadas amostradas nas coletas de água e fitoplâncton na atual campanha.	46/1688
<b>Tabela IV-3</b> - Volume de água do mar filtrado durante as coletas de zooplâncton e ictioplâncton na 2ª Campanha de Monitoramento Ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal – DP-BUZ-1, Bacia de Santos.	49/1688
<b>Quadro IV-1</b> - Parâmetros, volume, formas de acondicionamento e preservação das amostras de água coletadas durante a 2ª campanha de monitoramento ambiental do DP-BUZ-1, fase de operação.	52/1688
<b>Tabela IV-4</b> - 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.	54/1688
<b>Tabela IV-5</b> – Controles de qualidade (QC) analítica laboratorial por parâmetro para a qualidade da água.	59/1688
<b>Quadro IV-2</b> - Estudos anteriores realizados na região de interesse e utilizados para comparação com os resultados obtidos na atual campanha	64/1688
<b>Tabela IV-6</b> – Limites de salinidade e temperatura das massas d'água segundo Tommasi (1994) e Silveira et al. (2000).	68/1688
<b>Tabela V-1</b> – Valores de temperatura (°C) medidos nas quatro profundidades amostradas na atual campanha de monitoramento.	78/1688
<b>Tabela V-2</b> – Valores de salinidade medidos nas quatro profundidades amostradas na atual campanha de monitoramento.	82/1688
<b>Tabela V-3</b> - Valores de temperatura (°C) e salinidade encontrados na água em estudos anteriores na Bacia de Santos.	86/1688

<b>TABELA OU QUADRO</b>	<b>PÁG.</b>
<b>Quadro V-1</b> - Distribuição das massas d'água nos diferentes níveis de profundidade das estações amostradas nas campanhas de monitoramento do DP de Búzios 1.	91/1688
<b>Tabela V-4</b> – Concentração de oxigênio dissolvido (mg/L) nas estações de coleta da atual campanha de monitoramento.	93/1688
<b>Tabela V-5</b> - Valores de oxigênio dissolvido (mg/L) encontrados na água em estudos anteriores na Bacia de Santos.	96/1688
<b>Tabela V-6</b> – Valores de pH medidos nas estações de coleta da atual campanha de monitoramento.	100/1688
<b>Tabela V-7</b> - Valores de pH encontrados na água em estudos anteriores na Bacia de Santos.	102/1688
<b>Tabela V-8</b> - 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.	105/1688
<b>Tabela V-9</b> – 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).	110/1688
<b>Tabela V-10</b> – Concentração de MPS (mg/L) nas estações de coleta da atual campanha de monitoramento.	114/1688
<b>Tabela V-11</b> - Valores de MPS (mg/L) encontrados na água em estudos anteriores na Bacia de Santos. n.d. = não detectado e n.q. = não quantificado.	117/1688
<b>Tabela V-12</b> – Concentração de COT (mg/L C) nas estações de coleta da atual campanha de monitoramento.	120/1688
<b>Tabela V-13</b> - 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.	122/1688
<b>Tabela V-14</b> - 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.	125/1688
<b>Tabela V-15</b> - Valores de riqueza de taxa, densidade, diversidade e equitabilidade encontrados para a comunidade fitoplanctônica da atual campanha de monitoramento do DP-BUZ-1, Bacia de Santos.	139/1688
<b>Tabela V-16</b> – Resultados (mínimo e máximo) dos dados ecológicos obtidos para a comunidade fitoplanctônica na campanha de monitoramento ambiental anterior do DP-BUZ-1 e nas campanhas anteriores realizadas na região.	140/1688

TABELA OU QUADRO	PÁG.
<b>Tabela V-17</b> - Valores de riqueza de taxa, densidade, diversidade e equitabilidade calculados por arrasto de zooplâncton da atual campanha de monitoramento da Etapa 2 – Desenvolvimento da Produção de Búzios 1, Bacia de Santos.	165/1688
<b>Tabela V-18</b> – Resultados (mínimo e máximo) dos índices ecológicos da comunidade zooplanctônica na primeira campanha de monitoramento ambiental anterior do DP-BUZ-1 e nas campanhas anteriores realizadas na região.	166/1688
<b>Tabela V-19</b> - Valores de riqueza de taxa, densidade, diversidade e equitabilidade encontrados para a comunidade ictioplanctônica da atual campanha de monitoramento de DP de Búzios – Etapa 2, Bacia de Santos.	185/1688
<b>Tabela V-20</b> – Resultados (mínimo e máximo) dos índices ecológicos calculados para a comunidade ictioplanctônica na primeira campanha de monitoramento ambiental do DP-BUZ-1 e nas campanhas anteriores realizadas na região.	186/1688
<b>Tabela VI-1</b> - 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 2ª 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.	203/1688
<b>Tabela VI-2</b> – 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 2ª 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.	212/1688



## ANEXOS

<b>Anexo X-1 – Carta de Aceite de Material Biológico</b>
<b>Anexo X-2 – Inventário taxonômico do fitoplâncton</b>
<b>Anexo X-3 – Inventário taxonômico do zooplâncton</b>
<b>Anexo X-4 – Inventário taxonômico do ictioplâncton</b>
<b>Anexo X-5 – Laudos Físico-químicos</b>
<b>Anexo X-6 – Laudos Biológicos</b>
<b>Anexo X-7 – Anotações de Responsabilidade Técnica (ARTs) e Cadastro Técnico Federal da equipe técnica</b>





## 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 (PMA) da atividade, o qual é realizado em atendimento às condicionantes da LO.

A primeira campanha do projeto, 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 projeto prevê a realização de campanhas com periodicidade anual. As campanhas já executadas estão detalhadas abaixo, no Quadro I-1.

**Quadro I-1 - Campanhas realizadas no âmbito 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, com suas respectivas fases e períodos.**

<b>Campanha</b>	<b>Data</b>	<b>Fase</b>
PMAEpro-BS_PMPR_DP-BUZ-1_C1	outubro de 2018	operação
PMAEpro-BS_PMPR_DP-BUZ-1_C2	fevereiro de 2020	operação

O presente relatório descreve os procedimentos técnicos realizados em campo, as metodologias de análise e os resultados obtidos durante a 2ª 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 – DP de Búzios 1, aqui referido como DP-BUZ-1. A campanha foi realizada no período de 22 a 25 de fevereiro de 2020, a bordo do navio *RV 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:

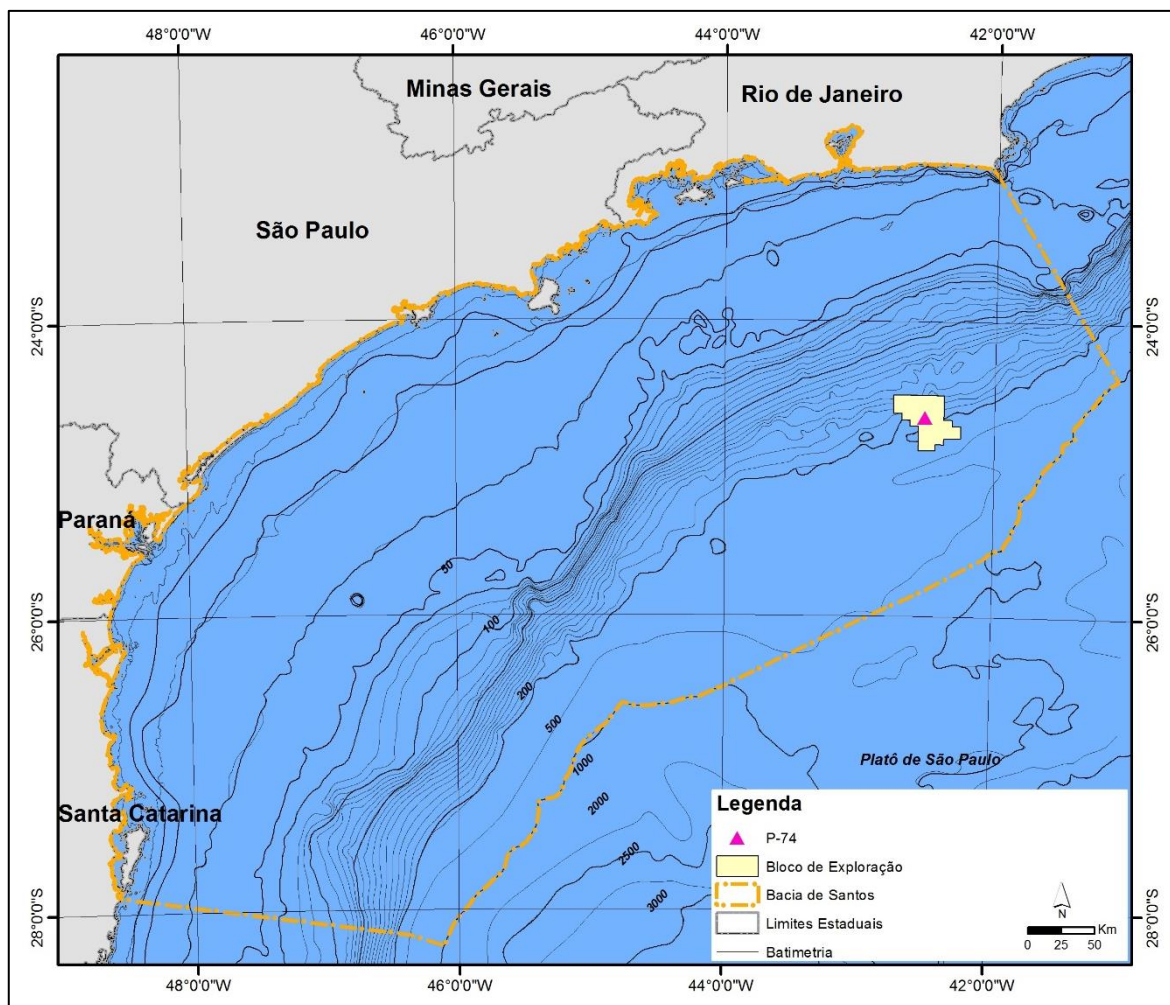
- Monitorar as características físicas e químicas da água do mar na área de influência do empreendimento;
- Monitorar quali-quantitativamente as comunidades planctônicas da região, e;
- Comparar os resultados obtidos nas campanhas anteriores e de bibliografia disponível, quando pertinente.

### **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 que 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).

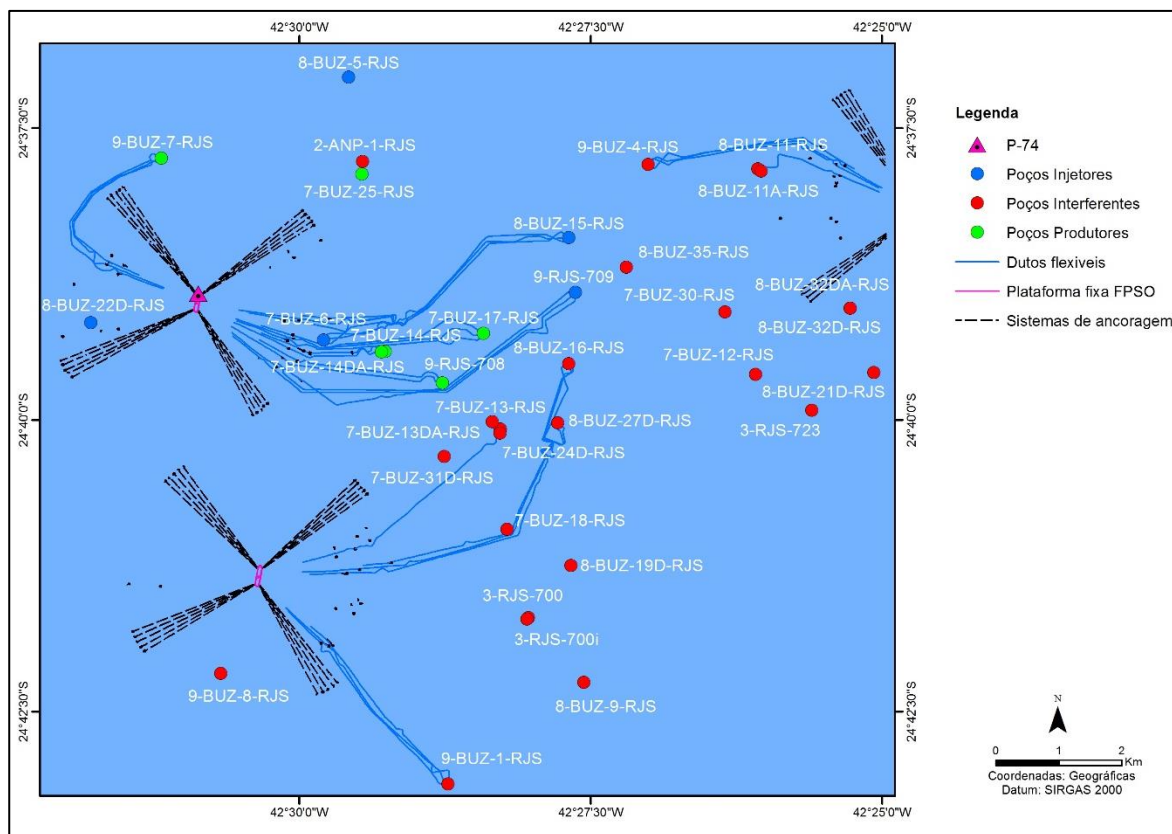
O Campo de Búzios (antiga Área de Franco) está localizado no bloco de Franco (Cessão Orenosa) na Bacia de Santos, a aproximadamente 180 km da costa do Rio de Janeiro/RJ (Figura III-1) em uma região com lâmina d'água de aproximadamente 1.990 metros de profundidade.



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

### III.2 - CARACTERIZAÇÃO DA ATIVIDADE

À época da execução da 2ª 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). 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 o gasoduto tronco Rota 2 (PETROBRAS/MINERAL, 2013) (Figura III-2).

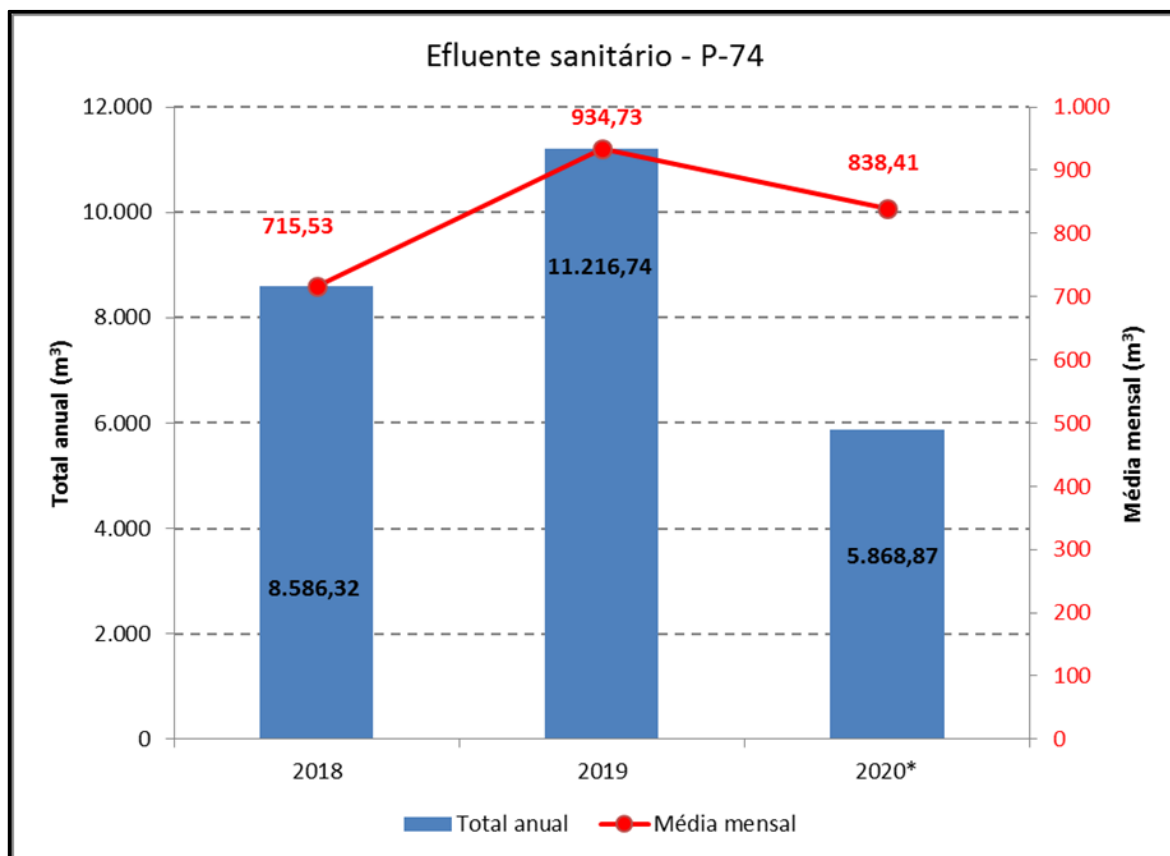


**Figura III-2 - Estruturas de fundo e poços interferentes no entorno da P-74.**

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 2ª 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 sanitário e oleoso.

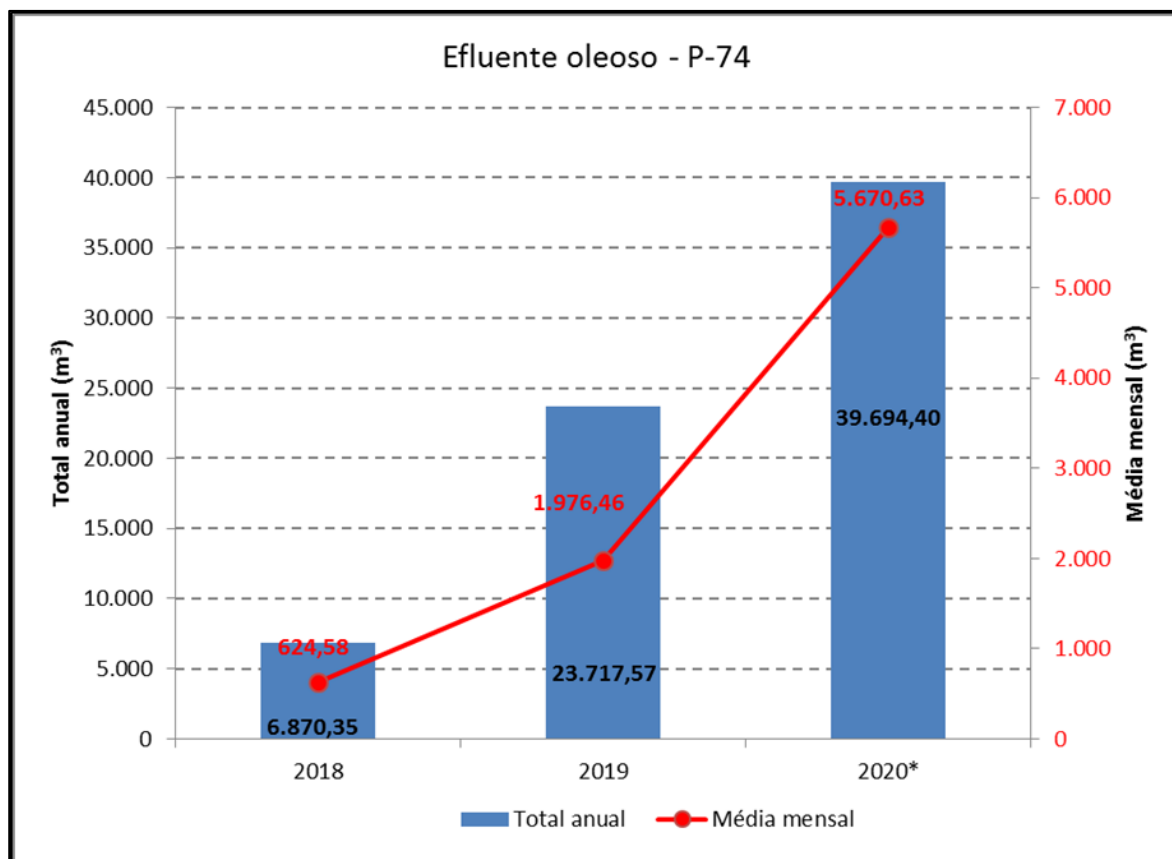
Os volumes dos efluentes descartados pela P-74 desde o início da sua operação, em abril de 2018, são apresentados a seguir na Figura III-3 e na Figura III-4.



\* Considera período de janeiro a junho.

**Figura III-3 - Volume de efluente sanitário descartado pela P-74.**





\* Considera período de janeiro a junho.

**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 2020 são apresentados na Tabela III-1.



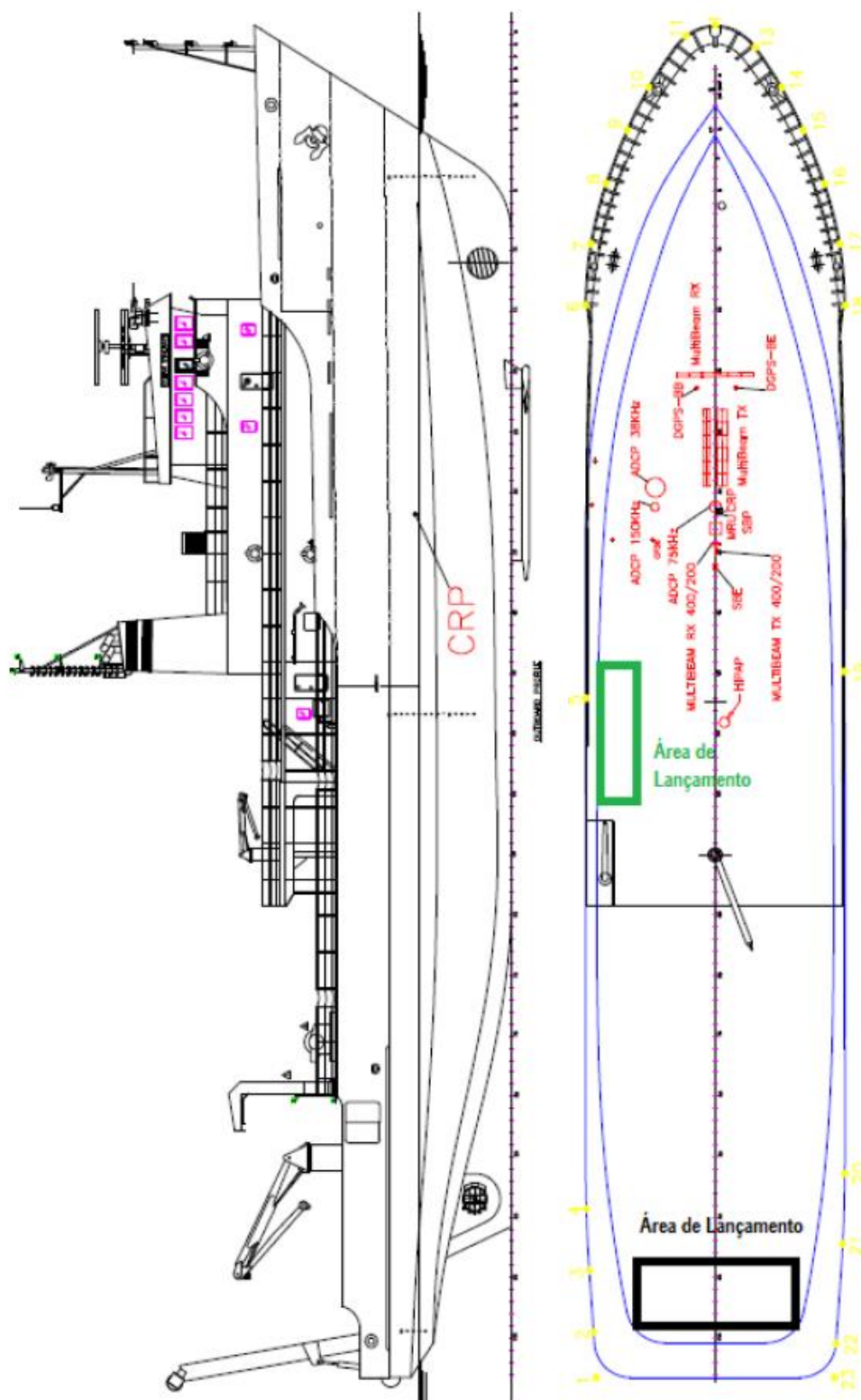
**Tabela III-1 - Concentrações dos parâmetros monitorados no efluente sanitário da ETE da P-74, para o 1º trimestre de 2020.**

Ponto	Parâmetro	Resultado	Unidade
ETE	DBO Entrada	299,00	mg O <sub>2</sub> /L
ETE	DBO Saída	160,00	mg O <sub>2</sub> /L
ETE	DQO Entrada	380,00	mg O <sub>2</sub> /L
ETE	DQO Saída	338,00	mg O <sub>2</sub> /L
ETE	pH	7,76	-
ETE	TOG	12,00	mg/L
ETE	Coliformes Totais	1,00	NMP/100mL
ETE	<i>E. coli</i>	1,00	NMP/100mL
ETE	Cloro livre	1,50	mg/L
ETE	Monoclorobenzenos	0,0011	mg/L
ETE	Clorofórmio	0,104	mg/L
ETE	Organoclorados	0,1051	mg/L
ETE	PCBs	1,100	µg/L

## **IV - MATERIAL E MÉTODOS**

### **IV.1 - ATIVIDADES DE CAMPO**

A 2ª 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, foi realizada no período de 22 a 25 de fevereiro de 2020, a bordo do navio *RV Ocean Stalwart* (Figura IV-1).



Fonte: Relatório Técnico Gardline (RL-3A00.00-5521-996-GB1-006=A.pdf)

**Figura IV-1 - Diagrama do RV Ocean Stalwart mostrando o posicionamento dos principais equipamentos da embarcação.**

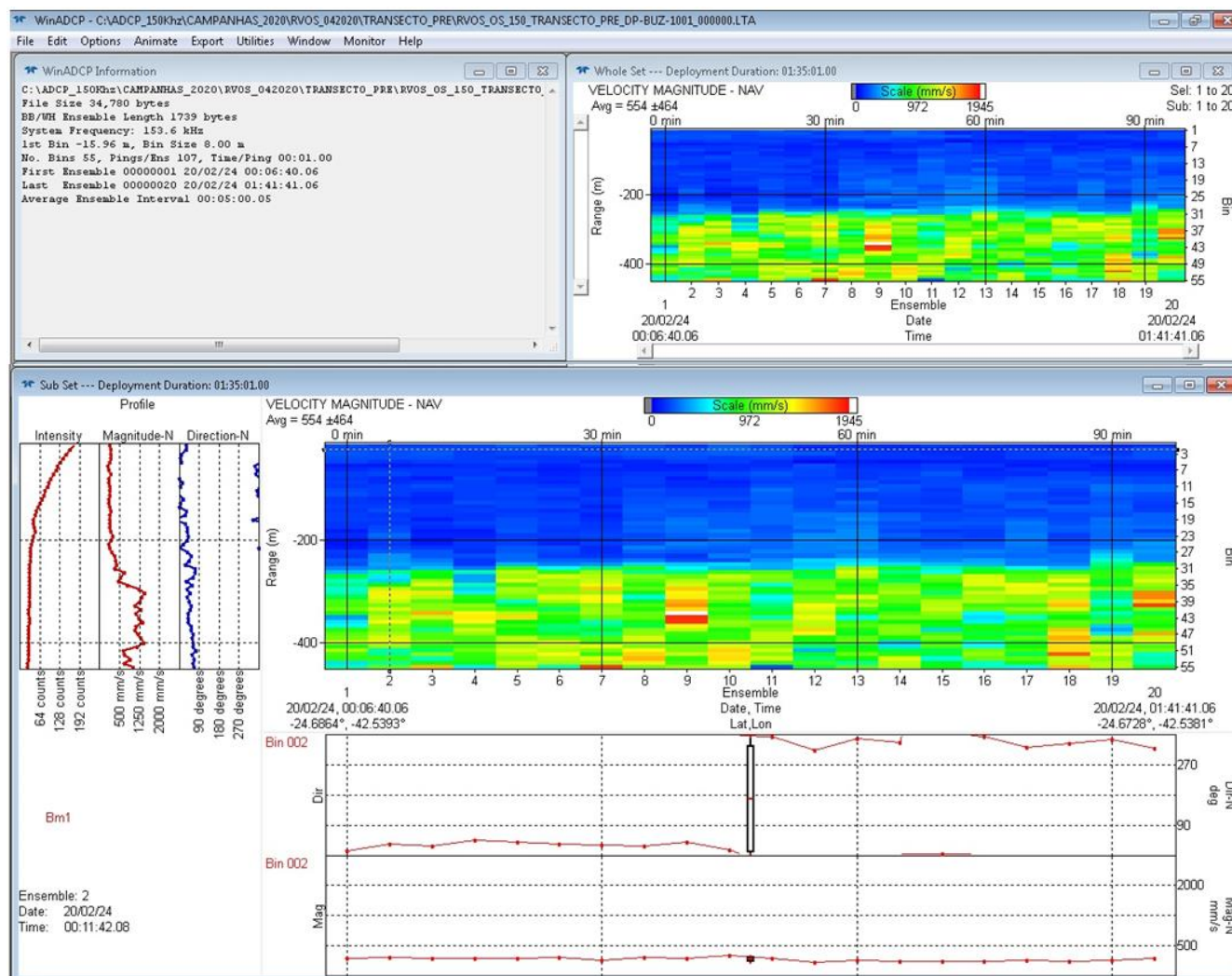
A chegada na área ocorreu no dia 23/02/2020 às 12h30min, e o início das amostragens ocorreu às 19h52min do mesmo dia, com a realização do teste de deriva da embarcação. As operações de coleta ocorreram em regime de trabalho de dois turnos/dia, sendo cada turno de 12 horas, e envolveu a coleta de dados físico-químicos e de amostras de água e plâncton.

As amostragens foram finalizadas às 13h08min do dia 25/02/2020, com a realização do transecto pós amostragem. O desembarque das amostras coletadas durante a campanha ocorreu entre as 08h00min e 10h25min do dia 29/02/2020 no Porto MacLaren, 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 167°, 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.

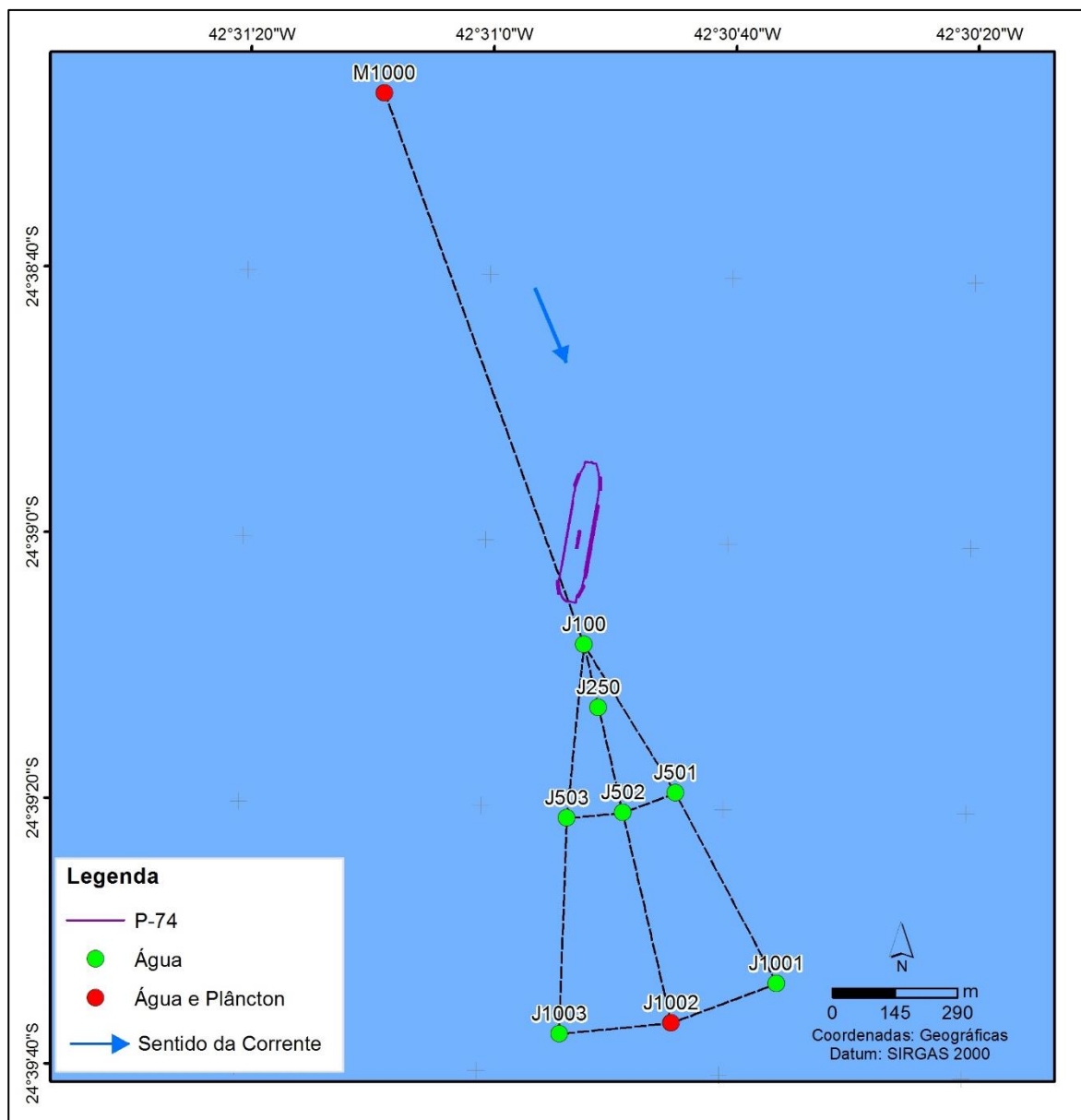
Cabe destacar que, ao término das amostragens, foi realizada nova medição da corrente no local através de perfilagem com o ADCP de casco do navio, nos mesmos transectos previamente perfilados, quando os dados mostraram que a direção da corrente era de 245°.

A Figura IV-3 apresenta o mapa com a malha amostral para a coleta das amostras de água e plâncton. As coordenadas das estações amostradas durante a campanha podem ser observadas na Tabela IV-1.



Fonte: Relatório Técnico de Bordo Gardline (RL-3A36.01-5521-996-GB1-002=A.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.



Fonte: Bourscheid (2020).

**Figura IV-3** – Malha amostral para coleta de água e plâncton da 2ª campanha de monitoramento ambiental do Desenvolvimento da Produção de Búzios 1 (Datum Sirgas 2000).



**Tabela IV-1 - Coordenadas UTM (Datum SIRGAS 2000, Z.23S, MC 45°W) das estações de amostragem de água e plâncton para 2ª campanha de monitoramento ambiental do Desenvolvimento da Produção de Búzios 1, Bacia de Santos.**

Estações	N (UTM)	E (UTM)	Compartimento
DP-BUZ-1_M1000	7272568,24	751108,17	Água e Plâncton
DP-BUZ-1_J100	7271289,69	751570,16	Água
DP-BUZ-1_J250	7271143,54	751603,90	Água
DP-BUZ-1_J501	7270945,66	751782,40	Água
DP-BUZ-1_J502	7270899,94	751660,14	Água
DP-BUZ-1_J503	7270887,43	751530,21	Água
DP-BUZ-1_J1001	7270504,18	752017,13	Água
DP-BUZ-1_J1002	7270412,76	751772,61	Água e Plâncton
DP-BUZ-1_J1003	7270387,74	751512,76	Água

Fonte: Bourscheid (2020).

Os procedimentos técnicos de coleta e processamento das amostras de água e plâncton empregados durante a 2ª campanha do DP-BUZ-1 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 12 garrafas de coleta, um CTD SBE 9plus e garrafas oceanográficas de 10 litros do tipo Niskin e do tipo Go-flo (Figura IV-4). Um disco de Secchi (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 00:55 e 16:24 e entre 22:45 e 23: 59 do dia 24/02/2020 e entre 01:44 e 08:32 do dia 25/02/2020.

Por questões de segurança, foi decidido a bordo que nas estações DP-BUZ-1\_J501 e DP-BUZ-1\_J1001, não haveria perfilagem do CTD até o fundo, pois essas estações se encontravam em cima de amarras de alguns risers da plataforma. Na primeira estação, a perfilagem foi realizada até 1.150 m de profundidade e na segunda, até 350 m do fundo. A estação DP-BUZ-1\_M1000 foi realocada 273 m em 244º, devido ao posicionamento anterior próximo a rota de fuga do navio tanque, que estava em operação de offloading e do tug boat.

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	20,00
	TC	40,00
	ABTC	60,00
DP-BUZ-1_J100	SUP	5,00
	ACTC	14,50
	TC	29,00
	ABTC	43,50
DP-BUZ-1_J250	SUP	5,00
	ACTC	17,00
	TC	34,00
	ABTC	51,00
DP-BUZ-1_J501	SUP	5,00
	ACTC	18,50
	TC	37,00
	ABTC	55,50
DP-BUZ-1_J502	SUP	5,00
	ACTC	19,00
	TC	38,00
	ABTC	57,00
DP-BUZ-1_J503	SUP	5,00
	ACTC	18,50
	TC	37,00
	ABTC	55,50
DP-BUZ-1_J1001	SUP	5,00
	ACTC	19,00
	TC	38,00
	ABTC	57,00
DP-BUZ-1_J1002	SUP	5,00
	ACTC	20,00
	TC	40,00
	ABTC	60,00
DP-BUZ-1_J1003	SUP	5,00
	ACTC	19,00
	TC	38,00
	ABTC	57,00

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



**Figura IV-5** – Disco de Secchi utilizado para medir a transparência da coluna da água durante a 2ª Campanha de Monitoramento Ambiental do DP-BUZ-1.

Foi realizada coleta de um branco de frascaria para o compartimento água. O branco de frascaria consistiu em três garrafas de vidro âmbar de 1 L (devido aos diferentes preservantes para hidrocarbonetos, COT e fenóis), três frascos de polipropileno (devido aos diferentes preservantes para sulfetos e nutrientes, sendo um frasco de alta densidade e um frasco transparente para os nutrientes) e um frasco VIAL selecionados aleatoriamente para avaliar os recipientes utilizados no acondicionamento das amostras. Os parâmetros analisados no branco de frascaria foram os hidrocarbonetos, fenóis, COT, BTEX, sulfetos e nutrientes.

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 (marca Vitlab) que consiste em uma adaptação automatizada do método de Winkler para titulação de oxigênio dissolvido. 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.1.2 - 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.1.3 - 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 foram realizados entre 18:24 e 22:24 do dia 24/02/2020.

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 2ª Campanha de Monitoramento Ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal – DP-BUZ-1, Bacia de Santos. \* As densidades foram calculadas a partir desses volumes, que foram calculados a partir dos valores informados no RTB da atual campanha e considerando o valor de 0,282744 m<sup>2</sup> como a área da boca da rede, conforme critérios de cálculo acordados.

Grupo	Estação	Tipo de arrasto	Malha (µm)	Volume filtrado (m <sup>3</sup> )*
Zooplâncton	DP-BUZ-1_M1000	Horizontal	200	63,52
Zooplâncton	DP-BUZ-1_M1000	Oblíquo	200	63,01
Ictioplâncton	DP-BUZ-1_M1000	Horizontal	300	69,99
Ictioplâncton	DP-BUZ-1_M1000	Horizontal	500	75,74
Ictioplâncton	DP-BUZ-1_M1000	Oblíquo	300	88,47
Ictioplâncton	DP-BUZ-1_M1000	Oblíquo	500	93,49
Zooplâncton	DP-BUZ-1_J1002	Horizontal	200	65,14
Zooplâncton	DP-BUZ-1_J1002	Oblíquo	200	72,11
Ictioplâncton	DP-BUZ-1_J1002	Horizontal	300	69,80
Ictioplâncton	DP-BUZ-1_J1002	Horizontal	500	71,08
Ictioplâncton	DP-BUZ-1_J1002	Oblíquo	300	103,46
Ictioplâncton	DP-BUZ-1_J1002	Oblíquo	500	105,27





**Figura IV-6** – Rede cilindro-cônica com malha de 200  $\mu$ m para coleta de amostras de zooplâncton utilizada durante a 2ª campanha de monitoramento ambiental do DP-BUZ-1, fase de operação.



**Figura IV-7** – Rede bongô com malhas de 300 e 500  $\mu\text{m}$  para coleta de amostras de ictioplâncton, utilizada durante a 2ª campanha de monitoramento ambiental do DP-BUZ-1, fase de operação.

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 2ª campanha de monitoramento ambiental do DP-BUZ-1, fase de operação.**

PARÂMETROS	EQUIPAMENTO	VOLUME	FRASCARIA	PRESERVAÇÃO	ACONDICIONAMENTO
HPA, n-alcanos, MCNR, HTP	Garrafa go-flo	1L	Frasco de vidro âmbar	-	Refrigeração
Fenóis	Garrafa go-flo	1L	Frasco de vidro âmbar	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Refrigeração
Sulfetos	Garrafa go-flo	1L	Frasco polipropileno	Acetato de zinco e Hidróxido de sódio	Refrigeração
COT	Garrafa go-flo	1L	Frasco de vidro âmbar	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	Refrigeração
BTEX	Garrafa go-flo	0,04L	Frasco VIAL	HCl	Refrigeração
Nutrientes	Garrafa go-flo	1L	Frasco polipropileno	-	Congelamento
MPS	Garrafa Niskin*	4L (volume filtrado)	Filtro de fibra de vidro	-	Congelamento
Clorofila-a	Garrafa Niskin*	4L (volume filtrado)	Filtro de fibra de vidro	-	Congelamento
Fitoplâncton	Garrafa go-flo	1L	Frasco polietileno	Formaldeído tamponado com bórax a 2%	Temperatura ambiente
Zooplâncton	Rede cilindro-cônica	1L	Frasco polietileno	Formaldeído 4%	Temperatura ambiente
Ictioplâncton	Rede bongô	1L	Frasco polietileno	Formaldeído 4%	Temperatura ambiente

\* Exceto para a amostra DP-BUZ-1\_J501\_ACTC, em que todos os parâmetros foram coletados com a garrafa go-flo, devido a problemas no disparo da garrafa Niskin.



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

As amostras destinadas às análises físico-químicas foram encaminhadas à empresa Hidroquímica, do grupo Centro de Biologia Experimental Oceanus LTDA - EPP, e as amostras destinadas às análises biológicas, à empresa ECOTEC – Bioanálises e Ecotecnologia Ltda para as análises de plâncton.

### **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	Método analítico	Procedimentos pré-tratamento	Limite de Quantificação Método	Limite de Detecção Método
Sulfetos	SMEWW 4500 S <sub>2</sub> <sup>-</sup> - D	-	0,01 mg/L	0,002 mg/L
Carbono Orgânico Total	SMEWW 5310 - B	-	1 mg/L	0,3 mg/L
Nitrogênio Amoniacal	SMEWW 4500 N-NH <sub>3</sub> - H	-	0,01 mg/L	0,003 mg/L
Nitrato	SMEWW 4500 NO <sub>3</sub> - E	-	0,1 mg/L	0,03 mg/L
Nitrito	SMEWW 4500 NO <sub>2</sub> - B	-	0,006 mg/L	0,002 mg/L
Fósforo Total	SMEWW 4500 P - E	-	0,016 mg/L	0,005 mg/L
Silicato	SMEWW 4500 SiO <sub>2</sub> - C	-	0,15 mg/L	0,05 mg/L
MPS	SMEWW 2540 Solids- D	Pesagem dos filtros calcinados na mufla (550°C) e filtragem da amostra	0,8 mg/L	0,4 mg/L
Clorofila a	SMEWW 10200H – Chlorophy II	-	0,5 µg/L	0,2 µg/L
HPAs (16 prioritários)	EPA 3510C / EPA 8270D	-	0,005 µg/L	0,002 µg/L
HTPs, n-alcanos (C8 a C40), pristano, fitano, MCR e MCNR	USEPA 3510C / USEPA 8015D	-	1 µg/L	0,2 µg/L
Fenóis	2,3,4,6-Tetraclorofenol	-	0,14 µg/L	0,04 µg/L
	2,3,5-trimetilfenol		0,14 µg/L	0,04 µg/L
	2,3,6-trimetilfenol		0,14 µg/L	0,04 µg/L
	2,3-dimetilfenol		0,14 µg/L	0,04 µg/L
	2,4,5-Triclorofenol		0,14 µg/L	0,04 µg/L
	2,4,6-Triclorofenol		0,14 µg/L	0,04 µg/L
	2,4,6-trimetilfenol		0,14 µg/L	0,04 µg/L
	2,4-Diclorofenol		0,14 µg/L	0,04 µg/L
	2,4-Dimetilfenol		0,14 µg/L	0,04 µg/L

Parâmetro		Método analítico	Procedimentos pré-tratamento	Limite de Quantificação Método	Limite de Detecção Método
Fenóis	2,5-dimetilfenol	EPA 3510C / USEPA 8270D	-	0,14 µg/L	0,04 µg/L
	2,6-Diclorofenol			0,14 µg/L	0,04 µg/L
	2,6-dimetilfenol			0,14 µg/L	0,04 µg/L
	2-Clorofenol			0,14 µg/L	0,04 µg/L
	2-etilfenol			0,14 µg/L	0,04 µg/L
	2-isopropilfenol			0,14 µg/L	0,04 µg/L
	2-metilfenol (o-cresol)			0,14 µg/L	0,04 µg/L
	2-Nitrofenol			0,14 µg/L	0,04 µg/L
	3,4,5-trimetilfenol			0,14 µg/L	0,04 µg/L
	3,4-dimetilfenol			0,14 µg/L	0,04 µg/L
	3,5-dimetilfenol			0,14 µg/L	0,04 µg/L
	3-metilfenol (m-cresol)			0,14 µg/L	0,04 µg/L
	4-Cloro-3-Metilfenol			0,14 µg/L	0,04 µg/L
	4-etilfenol			0,14 µg/L	0,04 µg/L
	4-metilfenol (p-cresol)			0,14 µg/L	0,04 µg/L
	4-Nitrofenol			0,14 µg/L	0,04 µg/L
	Fenol			0,14 µg/L	0,04 µg/L
	Pentaclorofenol			0,14 µg/L	0,04 µg/L
	Tribromofenol			0,14 µg/L	0,04 µg/L
	Soma dos fenóis totais			0,14 µg/L	0,04 µg/L
BTEX		USEPA 8260C / EPA 5021A	-	1 µg/L	0,3 µg/L

## **IV.2.2 - Fitoplâncton**

As amostras foram concentradas em laboratório através de processo de filtração reversa em malha de 20 µm (DODSON e THOMAS, 1978). As amostras foram colocadas em repouso com a utilização de câmaras de sedimentação de 50 mL, conforme o método de sedimentação de Utermöhl (1958), por um período mínimo de 72 horas.

A amostra contida na câmara (50 mL) foi triada em sua totalidade com auxílio de microscópio óptico invertido e os indivíduos presentes na amostra foram identificados 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. Para fitoplâncton, 37,93% do total de organismos contabilizados foram identificados até o nível de espécie e 14,22% até ordem. A maioria dos indivíduos, 43,53%, foram identificados até o nível de gênero.

## **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 “Folsom Plankton Sample Splitter” (MCEWEN *et al.*, 1954). O número de alíquotas separadas e volume de amostra triado variaram conforme a abundância de cada táxon. Para a contagem de Copepoda, foi empregado um sub-amostrador (proveta) onde foi retirada da amostra original uma alíquota menor, no geral em torno de 10 mL (FRASER, 1968; POSTEL *et al.*, 2000). Quando possível, os organismos foram contados até um limite mínimo de 100 indivíduos por grupo (FRONTIER, 1981; POSTEL *et al.*, 2000).

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 zooplâncton, 86,47% da abundância total foi identificada até o nível de espécie.

#### **IV.2.4 - Ictioplâncton**

As amostras foram triadas sob microscópio estereoscópico binocular e placas de Petri, separando-se os ovos e larvas de peixes dos demais organismos zooplancônicos. A identificação dos ovos de peixes foi baseada em características como formato, tamanho (diâmetro), vitelo, córion, espaço perivitelínico, entre outros (HEMPEL, 1979). Já a identificação das larvas, em características merísticas e morfométricas, padrão de pigmentação, desenvolvimento sequencial das nadadeiras e raios, formato dos órgãos internos, presença de dentes, tamanho e formato da boca, formato dos olhos, número de miômeros, número de raios branquiostegais, rastros branquiais e presença e localização de espinhos, entre outros.

Foram estimadas a abundância (número de indivíduos) e a composição específica de cada categoria taxonômica. Para o ictioplâncton, 4,29% do total de organismos contabilizados foram identificados até o nível de gênero, 25,56% foram identificados como larvas e ovos. A maioria dos indivíduos, 69,92%, foram classificados até o nível de família.

### **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 indicados pelo *software* foram avaliados individualmente, considerando desvios amostrais e analíticos, e foram retirados das análises somente nos casos comprovados de erros

de medição e erros analíticos, cuja correção é inviável. Os demais dados foram mantidos, 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.**

Tabela IV.5 - Controles de qualidade (QC) analítica laboratorial, por parâmetro para a qualidade da água.								
Parâmetro	Nº amostras/ réplicas coletadas (com branco)	Controles de qualidade aplicados nas análises	Critério de aprovação do controle de qualidade	Nº de amostras/ réplicas aprovadas no controle de qualidade	Nº de amostras/ réplicas reprovadas no controle de qualidade	Identificação das amostras/réplicas reprovadas	Observação	
ÁGUA	Sulfetos	37 <sup>1</sup>	Validade da amostra	Validade > Data de análise	37	0	-	-
			Branco do método	BM < LD	37	0	-	-
			Branco fortificado	Recuperação de 80 -120%	37	0	-	-
			Amostra fortificada	Recuperação de 80 -120%	37	0	-	-
			Duplicata da amostra	DRP < 20%	37	0	-	-
			Branco de Frascaria	BF < LD	37	0	-	-
	COT	37 <sup>1</sup>	Validade da amostra	Validade > Data de análise	37	0	-	-
			Material de Referência Certificado	Recuperação de 7,5 – 12,5	37	0	-	-
			Branco do método	BM < LD	37	0	-	-
			Branco do equipamento	BE < LD	37	0	-	-
			Branco fortificado	Recuperação de 80 -120%	37	0	-	-
			Amostra fortificada	Recuperação de 80 -120%	37	0	-	-
			Triplicata da amostra	RSD < 25%	37	0	-	-
			Incerteza do método	IM < 25% incerteza máxima aceitável	37	0	-	-
	Branco de Frascaria	BF < LD	37	0	-	-		
	Nitrogênio Amoniacal	38 <sup>2</sup>	Validade da amostra	Validade > Data de análise	38	0	-	-
			Material de Referência Certificado	Recuperação de 0,4 – 0,6 mg/L	38	0	-	-
			Branco do método	BM < LD	38	0	-	-
			Branco do equipamento	BE < LD	38	0	-	-
			Branco fortificado	Recuperação de 90 - 110%	38	0	-	-
			Amostra fortificada	Recuperação de 80 - 120 %	38	0	-	-
			Triplicata da amostra	RSD < 10%	38	0	-	-
			Incerteza do método	IM < 10% incerteza máxima aceitável	38	0	-	-
	Branco de Frascaria	BF < LD	38	0	-	-		
Nitrato	38 <sup>1</sup>	Validade da amostra	Validade > Data de análise	38	0	-	-	
		Branco do método	BM < LD	38	0	-	-	
		Branco fortificado	Recuperação de 80 - 120%	38	0	-	-	
		Amostra fortificada	Recuperação de 80 - 120%	38	0	-	-	
		Duplicata da amostra	DRP < 20%	38	0	-	-	
		Branco de Frascaria	BF < LD	38	0	-	-	
Nitrito	38 <sup>1</sup>	Validade da amostra	Validade > Data de análise	38	0	-	Considerando holding time conforme Grasshoff (1999) e Wurl (2009).	
		Branco do método	BM < LD	38	0	-		-
		Branco fortificado	Recuperação de 80 - 120%	38	0	-		-
		Amostra fortificada	Recuperação de 80 - 120%	38	0	-		-
		Duplicata da amostra	DRP < 20%	38	0	-		-
		Branco de Frascaria	BF < LD	38	0	-		-

<sup>1</sup> Para sulfetos, COT, HPA, HTP, MCNR, n-alcanos, fenóis e BTEX foram analisadas 37 amostras, sendo 36 amostras e 1 branco de frascaria para cada parâmetro.<sup>2</sup> Para nutrientes foram analisadas 38 amostras, sendo 36 amostras e 2 brancos de frascaria, devido aos diferentes frascos a bordo, sendo um transparente e outro de alta densidade.

	Parâmetro	Nº amostras/ réplicas coletadas (com branco)	Controles de qualidade aplicados nas análises	Critério de aprovação do controle de qualidade	Nº de amostras/ réplicas aprovadas no controle de qualidade	Nº de amostras/ réplicas reprovadas no controle de qualidade	Identificação das amostras/réplicas reprovadas	Observação
ÁGUA	Fósforo Total	38 <sup>1</sup>	Validade da amostra	Validade > Data de análise	38	0	-	-
			Branco do Método	BM < LD	38	0	-	-
			Branco Fortificado	Recuperação de 80 - 120%	38	0	-	-
			Amostra Fortificada	Recuperação de 80 - 120%	38	0	-	-
			Duplicata da Amostra	DRP < 20%	38	0	-	-
			Branco de Frascaria	BF < LD	38	0	-	-
	Silicato	38 <sup>1</sup>	Validade da amostra	Validade > Data de análise	38	0	-	-
			Branco do método	BM < LD	38	0	-	-
			Branco fortificado	Recuperação de 80 - 120%	38	0	-	-
			Amostra fortificada	Recuperação de 80 - 120%	38	0	-	-
			Duplicata da amostra	DRP < 20%	38	0	-	-
			Branco de Frascaria	BF < LD	38	0	-	-
	MPS	36	Validade da amostra	Validade > Data de análise	36	0	-	-
	Clorofila a	36	Validade da amostra	Validade > Data de análise	36	0	-	-
	HPAs	37 <sup>1</sup>	Validade da amostra	Validade > Data de análise	37	0	-	-
			Branco do sistema cromatográfico	Ausência de picos e flutuações na linha de base	37	0	-	-
			Branco do método	BM < LD	37	0	-	-
			Solução padrão intermediária	Recuperação de 80 - 120%	37	0	-	-
			Branco fortificado	Recuperação de 80 - 120%	37	0	-	-
			Duplicata da amostra	DRP < 30%	37	0	-	-
			Amostra fortificada	Recuperação de 65 – 135%	37	0	-	-
			Surrogate para-terfenil d-14	Recuperação de 60 a 120%	37	0	-	-
			Branco de Frascaria	BF < LD	37	0	-	-
	HTP, n-alcanos e MCNR	37 <sup>1</sup>	Validade da amostra	Validade > Data de análise	37	0	-	-
Branco do sistema cromatográfico			Ausência de picos e flutuações na linha de base	37	0	-	-	
Branco do método			BM < LD	37	0	-	-	
Solução padrão intermediária			Recuperação de 80 - 120%	37	0	-	-	
Branco fortificado			Recuperação de 80 a 120%	37	0	-	-	
Duplicata da amostra			DRP < 30%	37	0	-	-	
Amostra fortificada			Recuperação de 65 – 135%	37	0	-	-	
Surrogate triacontano d-62			Recuperação de 60 a 120%	37	0	-	-	
Branco de Frascaria			BF < LD	37	0	-	-	



Parâmetro	Nº amostras/ réplicas coletadas (com branco)	Controles de qualidade aplicados nas análises	Critério de aprovação do controle de qualidade	Nº de amostras/	Nº de amostras/	Identificação das amostras/réplicas reprovadas	Observação	
				réplicas aprovadas no controle de qualidade	réplicas reprovadas no controle de qualidade			
ÁGUA	Fenóis	37 <sup>1</sup>	Validade da amostra	Validade > Data de análise	37	0	-	-
			Branco do sistema cromatográfico	Ausência de picos e flutuações na linha de base	37	0	-	-
			Branco do método	BM < LD	37	0	-	-
			Solução padrão intermediária	Recuperação de 80 - 120%	37	0	-	-
			Branco Fortificado	Recuperação de 80 a 120%	37	0	-	-
			Duplicata da amostra	DRP < 30%	37	0	-	-
			Amostra fortificada	Recuperação de 65 – 135%	37	0	-	-
			Surrogate para-terfenil d-14	Recuperação de 60 a 120%	37	0	-	-
			Branco de Frascaria	BF < LD	37	0	-	-
	BTEX	37 <sup>1</sup>	Validade da amostra	Validade > Data de análise	37	0	-	-
			Branco do sistema cromatográfico	Ausência de picos e flutuações na linha de base	37	0	-	-
			Branco do método	BM < LD	37	0	-	-
			Branco Fortificado	Recuperação de 80 a 120%	37	0	-	-
			Duplicata da amostra	DRP < 30%	37	0	-	-
			Amostra fortificada	Recuperação de 65 – 135%	37	0	-	-
			Surrogate p-Bromofluorbenzeno	Recuperação de 60 a 120%	37	0	-	-
			Solução padrão intermediária	Recuperação de 80 - 120%	37	0	-	-
			Branco de Frascaria	BF < LD	37	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.

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**

Estudos	Referências	Data de realização
Relatório Técnico de Avaliação Ambiental da primeira 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	PETROBRAS/BOURSCHEID, 2019a	Outubro de 2018
Relatórios Técnicos de Avaliação Ambiental das nove 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_C11)	PETROBRAS/ANALYTICAL SOLUTIONS, 2012, 2013; PETROBRAS/BOURSCHEID, 2014, 2015a, 2016a, 2017a, 2018a, 2019b, 2019c	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, e outubro de 2018, respectivamente
Relatórios Técnicos de Avaliação Ambiental das sete 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	Fevereiro de 2014, fevereiro de 2015, dezembro de 2015, novembro de 2016, dezembro de 2017, novembro de 2018, e janeiro de 2020, respectivamente

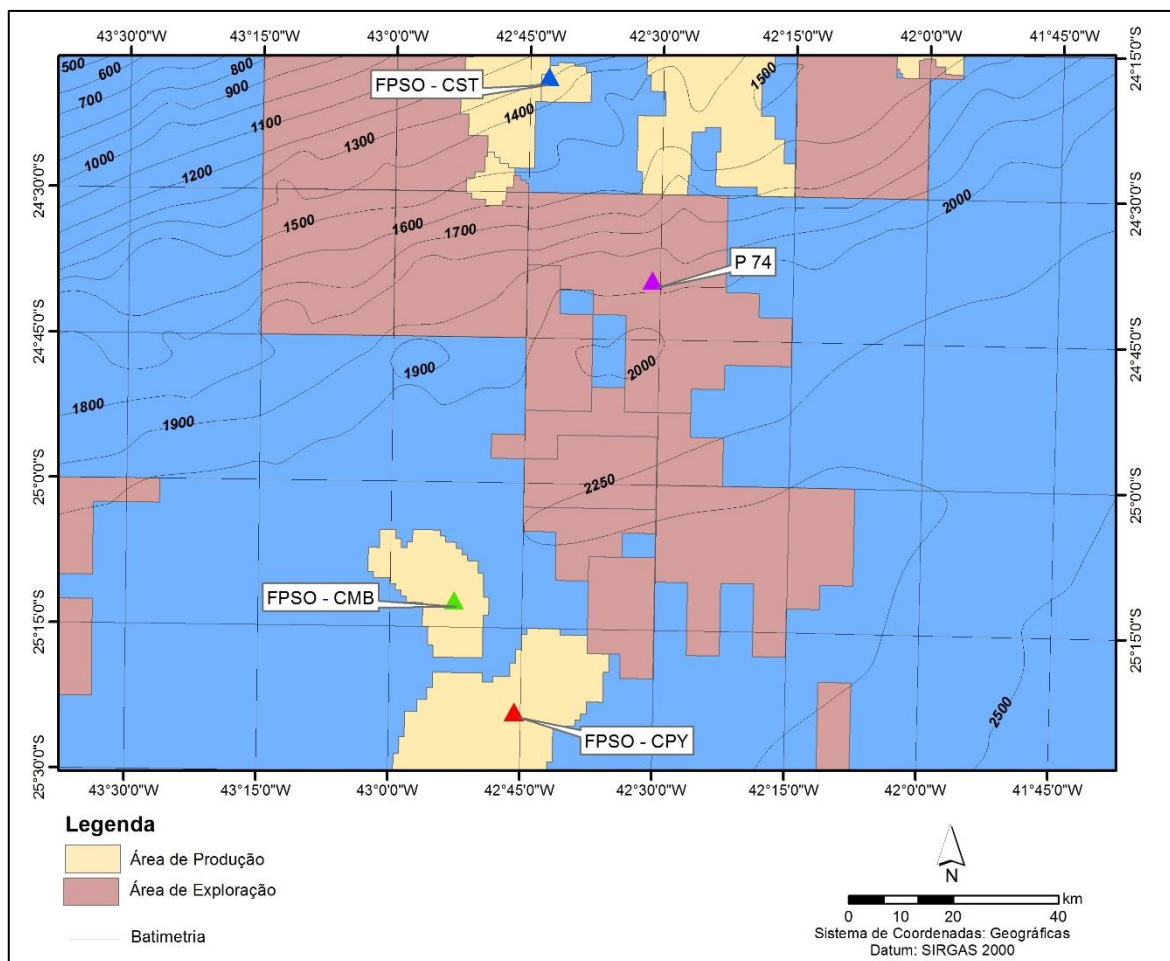
Estudos	Referências	Data de realização
Relatório Técnico de Avaliação Ambiental das seis primeiras campanhas do Projeto de Monitoramento Ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos – Etapa 1 – Desenvolvimento da Produção de Iracema Sul	PETROBRAS/BOURSCHEID, 2016b, 2017b, 2018d, 2019f, 2019g, 2020b	Fevereiro de 2015, dezembro de 2015, novembro de 2016, e dezembro de 2017/janeiro de 2018, novembro de 2018, e janeiro de 2020, 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 do Desenvolvimento da Produção de Búzios (P-74), Campo de Uruguá (FPSO Cidade de Santos), Desenvolvimento da Produção de Iracema Sul (FPSO Cidade de Mangaratiba) e Piloto de Lula NE (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)	$S < 36$	$T \geq 20\text{ °C}$
Água Tropical (AT)	$S > 36,4$	$T \geq 20\text{ °C}$
Água Central do Atlântico Sul (ACAS)	$S < 36$	$T \leq 18\text{ °C}$
Mistura da água Costeira e Água Tropical (AC/AT)	$36 \leq S \leq 36,4$	$T \geq 20\text{ °C}$
Mistura da Água Costeira e Água Central do Atlântico Sul (AC/ACAS)	$S < 36$	$18 \leq T \leq 20\text{ °C}$
Mistura da Água Tropical e Água Central do Atlântico Sul (AT/ACAS)	$36 \leq S \leq 36,4$	$18 \leq T \leq 20\text{ °C}$
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 duas 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:

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

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: Ochrophyta, Pyrrophycomphyta, Cyanobacteria, Crysophyta e Chromista. Os grupos Annelida, Arthropoda, Bryozoa, Chaetognatha, Chordata, Cnidaria, Ctenophora, Mollusca e Protozoa foram considerados para as análises de zooplâncton. Já para o ictioplâncton, foram considerados os seguintes grandes grupos: Actinopterygii, Beloniformes, Clupeiformes, Myctophiformes, Perciformes, Pleuronectiformes, Scorpaeniformes e Stomiiformes. 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 ( $J'$ ). Os mesmos 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/m³).

$$\text{densidade zooplanctônica} = \frac{\text{abundância} \times \text{volume total da amostra (L)} \times \text{fator de diluição}}{\text{volume da amostra triada (L)} \times \text{volume de água filtrada (m³)}}$$

Para o ictioplâncton, a densidade foi calculada conforme a fórmula abaixo e expressa em indivíduos por 100 m³ (ind/100 m³).

$$\text{densidade ictioplanctônica} = \frac{\text{abundância} \times 100}{\text{volume de água filtrada (m³)}}$$

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:

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

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

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.

## IV.4 - ANÁLISE ESTATÍSTICA

### IV.4.1 - Qualidade da Água

A estatística descritiva para os valores dos parâmetros da qualidade da água das duas 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 do tipo Teste *t* paramétrico, quando satisfeitos os pressupostos de normalidade e homocedasticidade, e análises do tipo Teste de Mann-Whitney, quando não satisfeitos os pressupostos. As análises paramétricas ou não paramétricas para comparar as duas campanhas foram realizadas através do *software* Systat SigmaPlot 12.5.

Importante destacar que, conforme manual do SigmaPlot 12.5, o *software* testa automaticamente a normalidade (Shapiro Wilk's test) e homocedasticidade (*Hartley test*) do conjunto de dados previamente à análise de variância. Caso os pressupostos sejam atendidos, procede-se ao Teste *t* paramétrico. Caso contrário, o *software* retorna mensagem alertando o usuário e questionando se deve ser rodada a análise não paramétrica correspondente (Teste de Mann-Whitney). 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% ( $p < 0,05$ ).

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 entre as campanhas, foram realizadas análises paramétricas (Teste *t*), quando satisfeitos os pressupostos de normalidade e homocedasticidade, e análises não paramétricas (Teste de Mann-Whitney), quando não satisfeitos os pressupostos, conforme explicado no item anterior. Todas as análises de variância foram realizadas através do software *Systat SigmaPlot* 12.5. Para todos os testes aplicados foi considerado um valor de significância de 95% ( $p < 0,05$ ).

Para completar a caracterização da biota aquática, foram realizadas análises multivariadas (escalonamento 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). A mesma 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 para a 2ª 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 – DP de Búzios 1. 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 integração entre os parâmetros abióticos e os parâmetros bióticos (Fitoplâncton, Zooplâncton e Ictioplâncton), 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 o plâncton foi amostrado apenas nessas estações. No caso da comparação utilizando-se dados de fitoplâncton, foi considerada a estratificação das amostragens. 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), com todas as amostras coletadas na 2ª 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 dos parâmetros abióticos, concomitantemente à coleta dos bióticos. Nessa segunda ACP, as variáveis abióticas foram consideradas variáveis ativas, enquanto as variáveis bióticas foram utilizadas como variáveis suplementares, sendo sobrepostas sobre o plano da ACP. Nas ACPs realizadas, as variáveis significativamente relacionadas aos eixos gerados na ACP foram determinadas



através da distância  $d$  ao centro do plano (LEGENDRE & LEGENDRE, 1983), que deve ser maior ou igual a  $(2/m)^{0,5}$ , onde  $m$  = número de variáveis.

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 (da sigla em inglês *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 (CLARKE, 1993).

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.

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.

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, os maiores valores de temperatura foram registrados nas profundidades superfície (SUP, média = 26,60 ± 0,08°C) e acima da termoclina (ACTC, média = 26,56 ± 0,04°C), com valores de 26,74 °C, na superfície da estação DP-BUZ-1\_J503, e 26,65 °C, acima da termoclina da estação DP-BUZ-1\_J1003. Os valores de temperatura encontrados abaixo da termoclina variaram entre 23,28 °C, na estação DP-BUZ-1\_J502, e 25,56 °C, na estação DP-BUZ-1\_J100, com média de 24,17 ± 0,69 °C. A termoclina

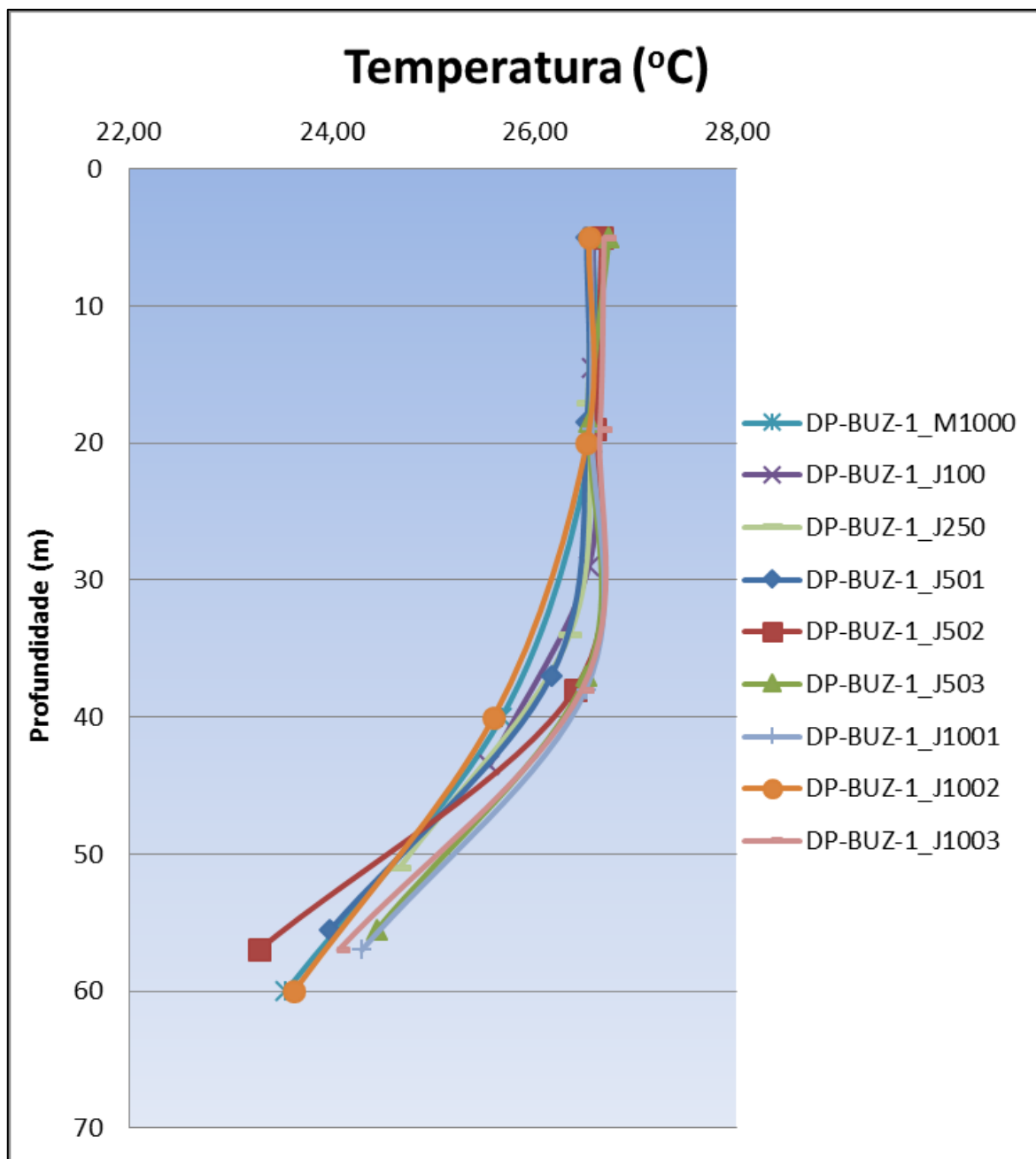
apresentou valor médio de  $26,25 \pm 0,36^{\circ}\text{C}$ , com valores entre  $25,60^{\circ}\text{C}$  na estação DP-BUZ-1\_J1002, e  $26,54^{\circ}\text{C}$  na estação DP-BUZ-1\_J100 (Tabela V-1).

Na Figura V-1, verifica-se o perfil da temperatura nas estações de coleta ao longo da coluna d'água nas quatro profundidades amostradas, 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. 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 40 e 800 m.

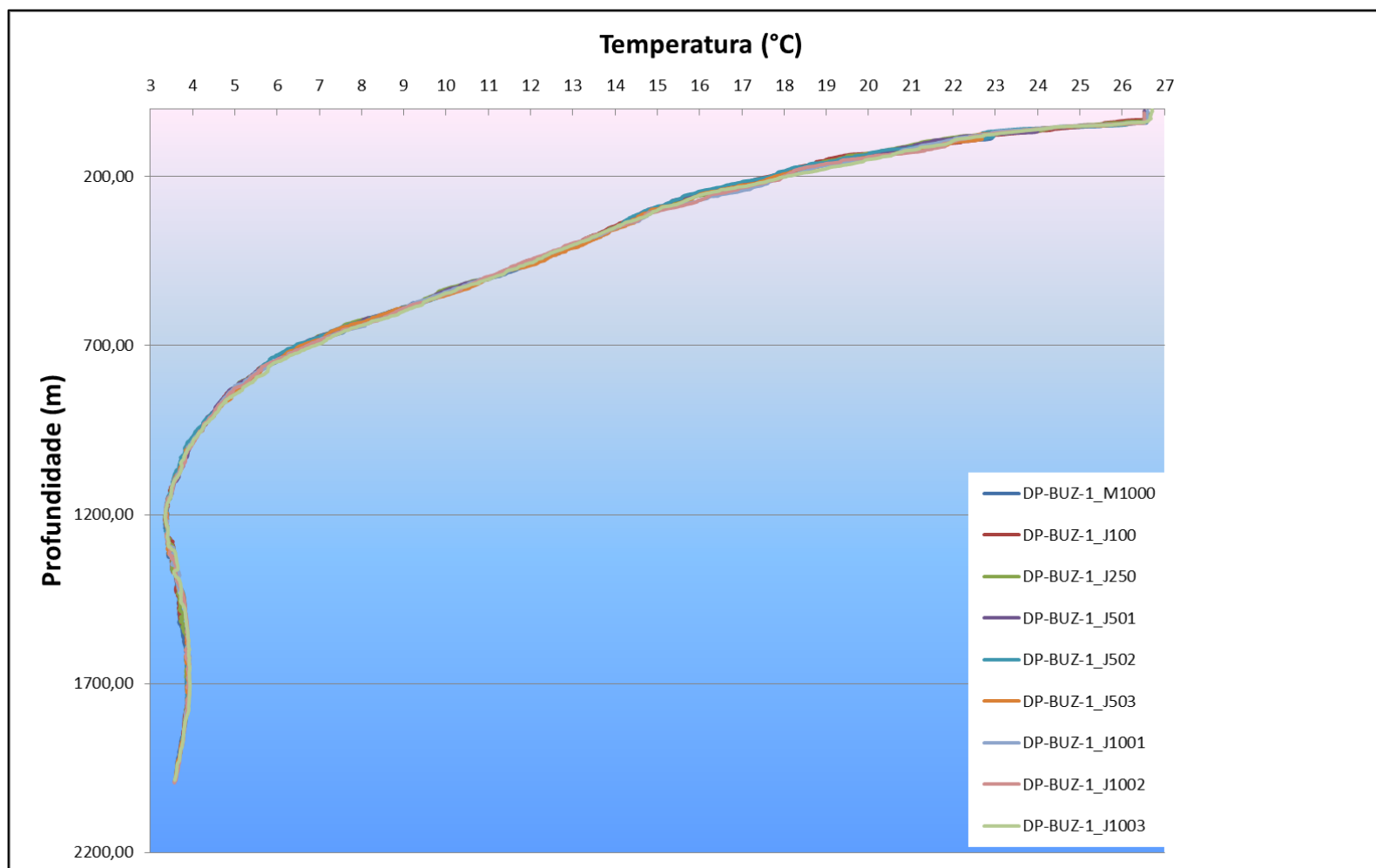
**Tabela V-1 – Valores de temperatura (°C) medidos nas quatro profundidades amostradas na atual campanha de monitoramento.**

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>	26,58	26,58	26,54	26,52	26,67	26,74	26,56	26,54	26,69	26,60	0,08
<b>ACTC</b>	26,57	26,57	26,53	26,52	26,60	26,55	26,57	26,52	26,65	26,56	0,04
<b>TC</b>	25,68	26,54	26,35	26,17	26,40	26,51	26,51	25,60	26,47	26,25	0,36
<b>ABTC</b>	23,55	25,56	24,67	23,99	23,28	24,45	24,30	23,63	24,07	24,17	0,69
<b>Máx.</b>	26,58	26,58	26,54	26,52	26,67	<b>26,74</b>	26,57	26,54	26,69		
<b>Mín.</b>	23,55	25,56	24,67	23,99	<b>23,28</b>	24,45	24,30	23,63	24,07		
<b>Média</b>	25,60	26,31	26,02	25,80	25,74	26,06	25,99	25,57	25,97		
<b>DP</b>	1,43	0,50	0,91	1,22	1,64	1,08	1,12	1,37	1,27		

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



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



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

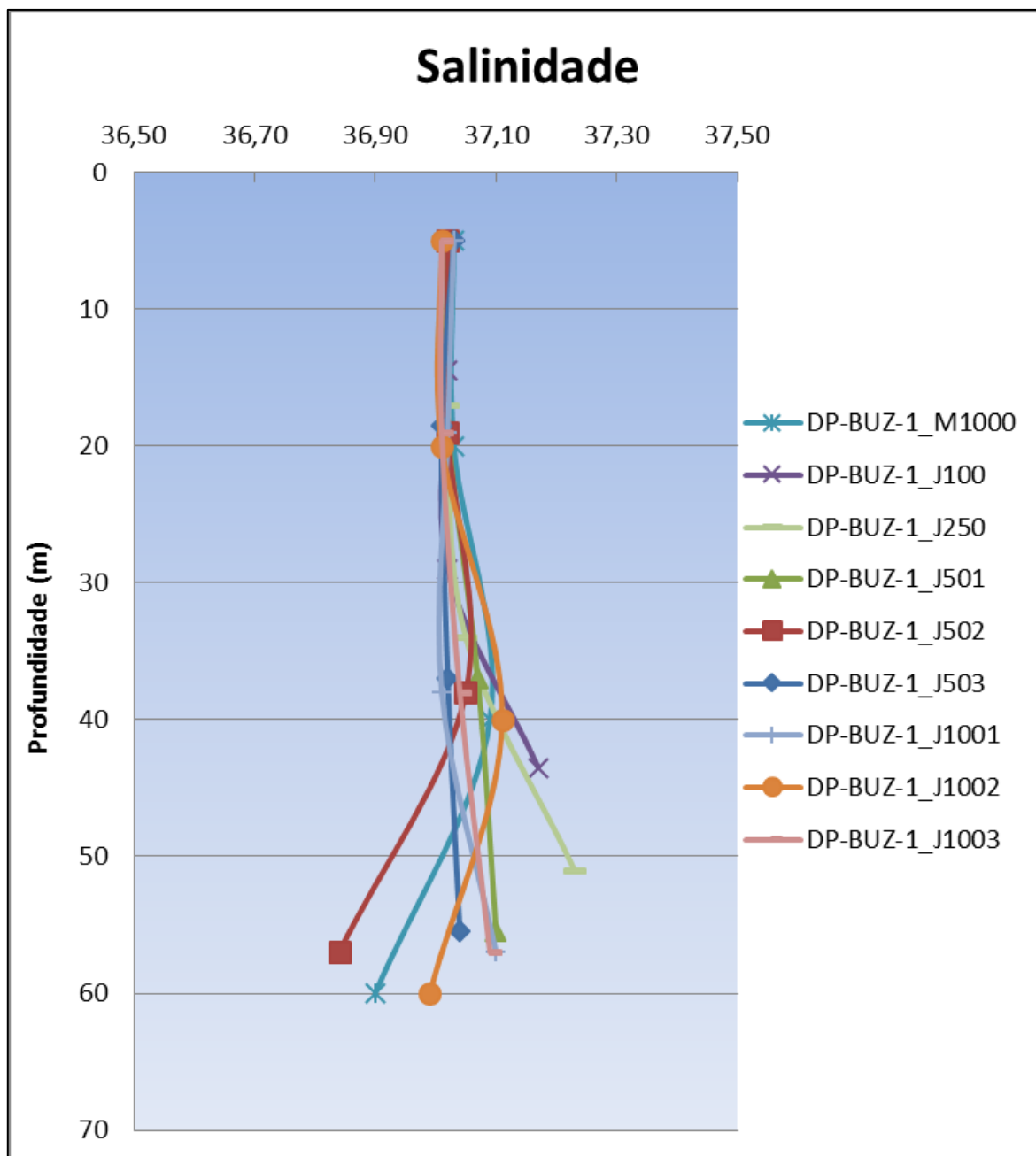
Em relação à salinidade, o menor valor medido foi de 36,84 na estação DP-BUZ-1\_J502, na profundidade abaixo da termoclina, e o maior, 37,23 na camada abaixo da termoclina da estação DP-BUZ-1\_J250 (Tabela V-2). Considerando todas as estações, a salinidade média variou entre  $37,02 \pm 0,01$  na superfície e na camada acima da termoclina e  $37,05 \pm 0,03$  e  $37,05 \pm 0,12$  na termoclina e na camada abaixo da termoclina, respectivamente.

A salinidade apresentou um padrão homogêneo entre a superfície e a camada acima termoclina, com posterior aumento da camada acima da termoclina até a camada abaixo da termoclina, nas estações DP-BUZ-1\_J100, DP-BUZ-1\_J250, DP-BUZ-1\_J501, DP-BUZ-1\_J503 e DP-BUZ-1\_J1003. Nas estações DP-BUZ-1\_M1000, DP-BUZ-1\_J502 e DP-BUZ-1\_J1002, os valores aumentaram da ACTC até a TC e diminuíram novamente da TC até a ABTC. Na estação DP-BUZ-1\_J1001, a salinidade diminuiu da SUP até a TC e aumentou da TC até a ABTC (Figura V-3). 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 40 e 800 m.

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

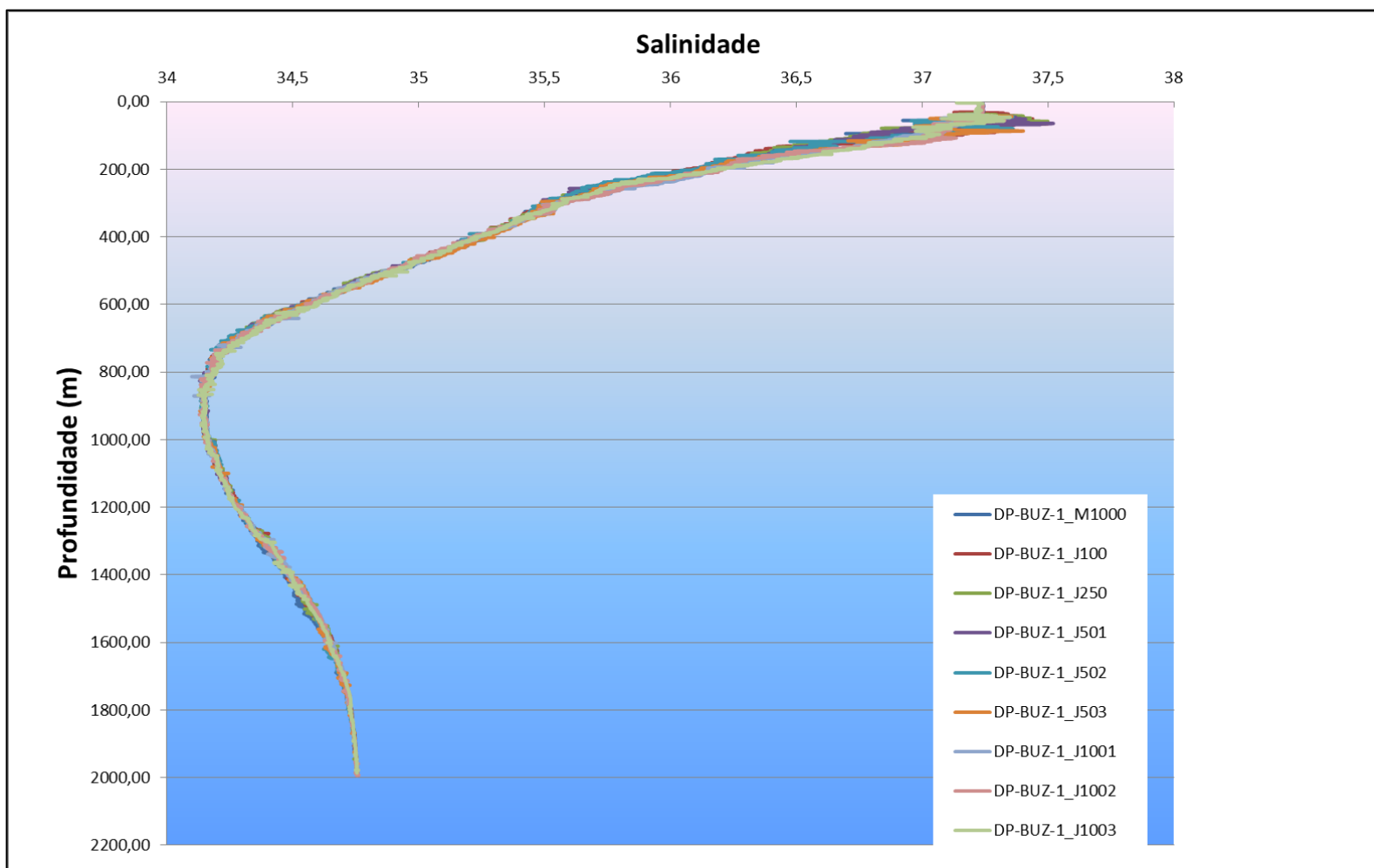
Estrato	Estações									Média	DP
	DP-BUZ-1 M1000	DP-BUZ-1 J100	DP-BUZ-1 J250	DP-BUZ-1 J501	DP-BUZ-1 J502	DP-BUZ-1 J503	DP-BUZ-1 J1001	DP-BUZ-1 J1002	DP-BUZ-1 J1003		
<b>SUP</b>	37,03	37,02	37,02	37,02	37,02	37,03	37,03	37,01	37,01	37,02	0,01
<b>ACTC</b>	37,03	37,02	37,02	37,02	37,02	37,01	37,02	37,01	37,01	37,02	0,01
<b>TC</b>	37,09	37,02	37,05	37,07	37,05	37,02	37,01	37,11	37,04	37,05	0,03
<b>ABTC</b>	36,90	37,17	37,23	37,10	36,84	37,04	37,10	36,99	37,09	37,05	0,12
<b>Máx.</b>	37,09	37,17	<b>37,23</b>	37,10	37,05	37,04	37,10	37,11	37,09		
<b>Mín.</b>	36,90	37,02	37,02	37,02	<b>36,84</b>	37,01	37,01	36,99	37,01		
<b>Média</b>	37,01	37,06	37,08	37,05	36,98	37,03	37,04	37,03	37,04		
<b>DP</b>	0,08	0,07	0,10	0,04	0,10	0,01	0,04	0,05	0,04		

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



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





**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, com a atual campanha apresentando maiores valores máximos para temperatura e salinidade 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 2020, 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-3 - Valores de temperatura (°C) e salinidade encontrados na água em estudos anteriores na Bacia de Santos.**

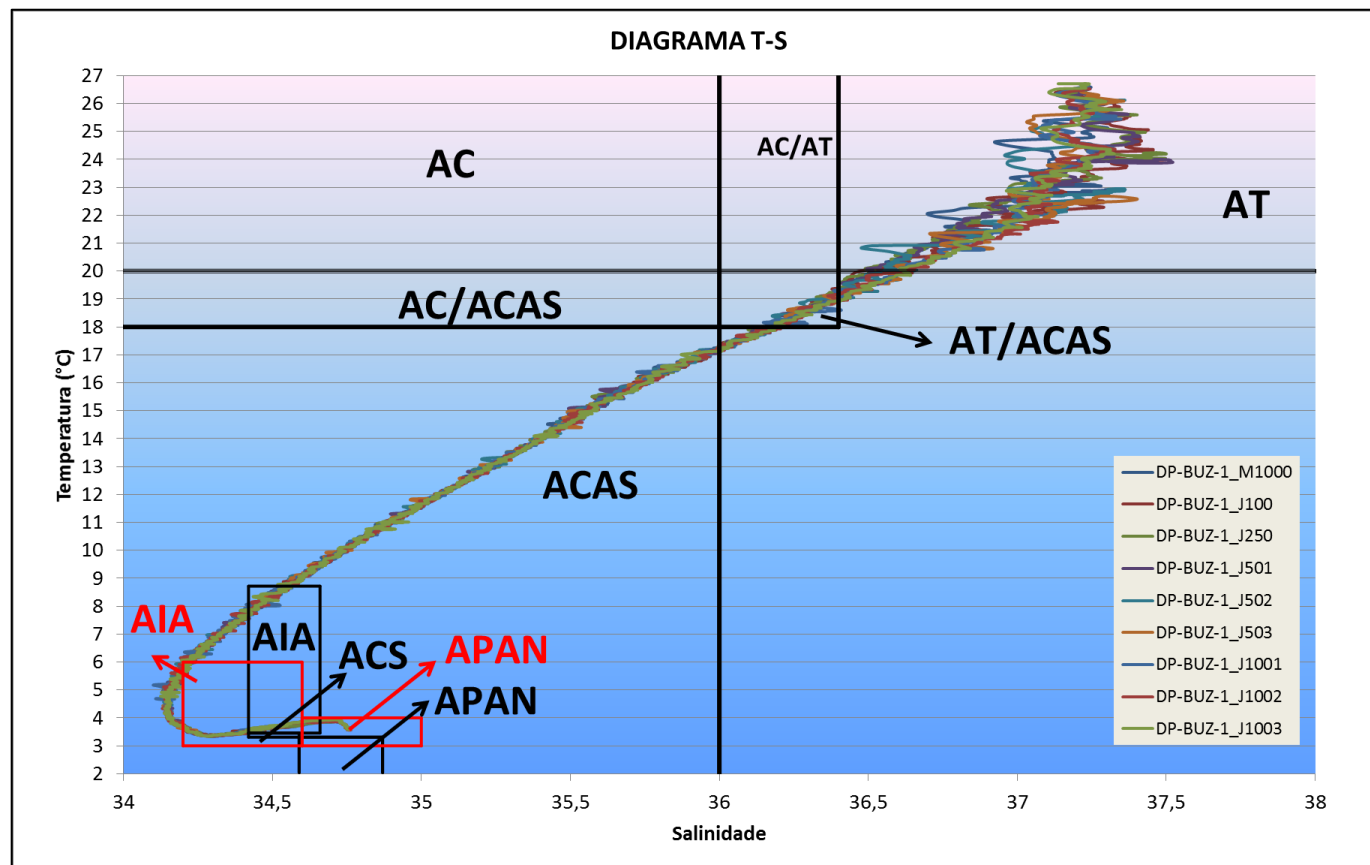
Campanha	Temperatura (°C)		Salinidade	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
<b>DP-BUZ-1_C1</b> <sup>1</sup>	20,26 (ABTC)	23,33 (SUP)	36,39 (ABTC)	37,07 (TC)
<b>URG_C3</b> <sup>2</sup>	13,11 (200 m)	27,39 (1 m)	35,24 (200 m)	37,04 (15 m)
<b>URG_C4</b> <sup>3</sup>	14,73 (200 m)	22,97 (1 m)	35,47 (200 m)	36,80 (5 m)
<b>URG_C5</b> <sup>4</sup>	19,44 (ABTC)	24,93 (SUP)	36,07 (ABTC)	36,47 (ABTC)
<b>URG_C6</b> <sup>5</sup>	15,64 (ABTC)	26,32 (SUP)	35,56 (ABTC)	37,18 (ACTC)
<b>URG_C7</b> <sup>6</sup>	21,76 (ACTC)	26,51 (ABTC)	36,70 (TC)	37,20 (ABTC)
<b>URG_C8</b> <sup>7</sup>	19,71 (ABTC)	24,82 (SUP)	36,31 (ABTC)	36,84 (TC)
<b>URG_C9</b> <sup>8</sup>	20,37 (ABTC)	25,97 (SUP)	36,31 (SUP)	36,95 (ABTC)
<b>URG_C10</b> <sup>9</sup>	23,94 (ABTC)	26,42 (SUP)	37,00 (SUP)	37,29 (TC)
<b>URG_C11</b> <sup>10</sup>	22,37 (ABTC)	24,35 (SUP)	36,94 (ABTC)	37,19 (SUP)
<b>PIL-LL-NE_C1</b> <sup>11</sup>	20,32 (ACTC)	27,06 (SUP)	36,43 (ABTC)	37,12 (ACTC)
<b>PIL-LL-NE_C2</b> <sup>12</sup>	22,67 (ABTC)	27,24 (SUP)	36,99 (ABTC)	37,25 (TC)
<b>PIL-LL-NE_C3</b> <sup>13</sup>	22,64 (ABTC)	25,59 (SUP)	36,92 (ABTC)	37,18 (SUP)
<b>PIL-LL-NE_C4</b> <sup>14</sup>	21,61 (ABTC)	24,51 (SUP)	36,76 (ABTC)	37,21 (ACTC)
<b>PIL-LL-NE_C5</b> <sup>15</sup>	22,60 (ABTC)	25,11 (SUP)	36,78 (TC)	37,12 (TC)
<b>PIL-LL-NE_C6</b> <sup>16</sup>	22,72 (ABTC)	23,76 (SUP)	36,95 (TC)	36,99 (SUP)
<b>PIL-LL-NE_C7</b> <sup>17</sup>	24,72 (ABTC)	27,00 (SUP)	37,09 (ABTC)	37,30 (ABTC)
<b>DP-IRA-S_C1</b> <sup>18</sup>	20,99 (ABTC)	27,12 (SUP)	36,58 (ABTC)	37,21 (ACTC)
<b>DP-IRA-S_C2</b> <sup>19</sup>	22,60 (ABTC)	25,54 (SUP)	36,91 (ABTC)	37,20 (SUP/ACTC)
<b>DP-IRA-S_C3</b> <sup>20</sup>	21,26 (ABTC)	23,85 (SUP)	36,66 (ABTC)	37,06 (TC)
<b>DP-IRA-S_C4</b> <sup>21</sup>	23,57 (ABTC)	25,59 (SUP)	36,99 (SUP/ACTC)	37,29 (TC)
<b>DP-IRA-S_C5</b> <sup>22</sup>	22,70 (ABTC)	23,61 (SUP)	36,96 (ABTC)	37,02 (SUP/ACTC)
<b>DP-IRA-S_C6</b> <sup>23</sup>	25,31 (ABTC)	26,90 (SUP)	37,27 (SUP/ACTC/TC/ABTC)	37,36 (ABTC)

Fonte: 1 = Petrobras/Bourscheid (2019a); 2 = Petrobras/Analytical Solutions (2012); 3 = Petrobras/Analytical Solutions (2013); 4 = Petrobras/Bourscheid (2014); 5 = Petrobras/Bourscheid (2015a); 6 = Petrobras/Bourscheid (2016a); 7 = Petrobras/Bourscheid (2017a); 8 = Petrobras/Bourscheid (2018a); 9 = Petrobras/Bourscheid (2019b); 10 = Petrobras/Bourscheid (2019c); 11 = Petrobras/Bourscheid (2015b); 12 = Petrobras/Bourscheid (2015c); 13 = Petrobras/Bourscheid (2018b); 14 = Petrobras/Bourscheid (2018c); 15 = Petrobras/Bourscheid (2019d); 16 = Petrobras/Bourscheid (2019e); 17 = Petrobras/Bourscheid (2020a); 18 = Petrobras/Bourscheid (2016b); 19 = Petrobras/Bourscheid (2017b); 20 = Petrobras/Bourscheid (2018d); 21 = Petrobras/Bourscheid (2019f); 22 = Petrobras/Bourscheid (2019g); 23 = Petrobras/Bourscheid (2020b).

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

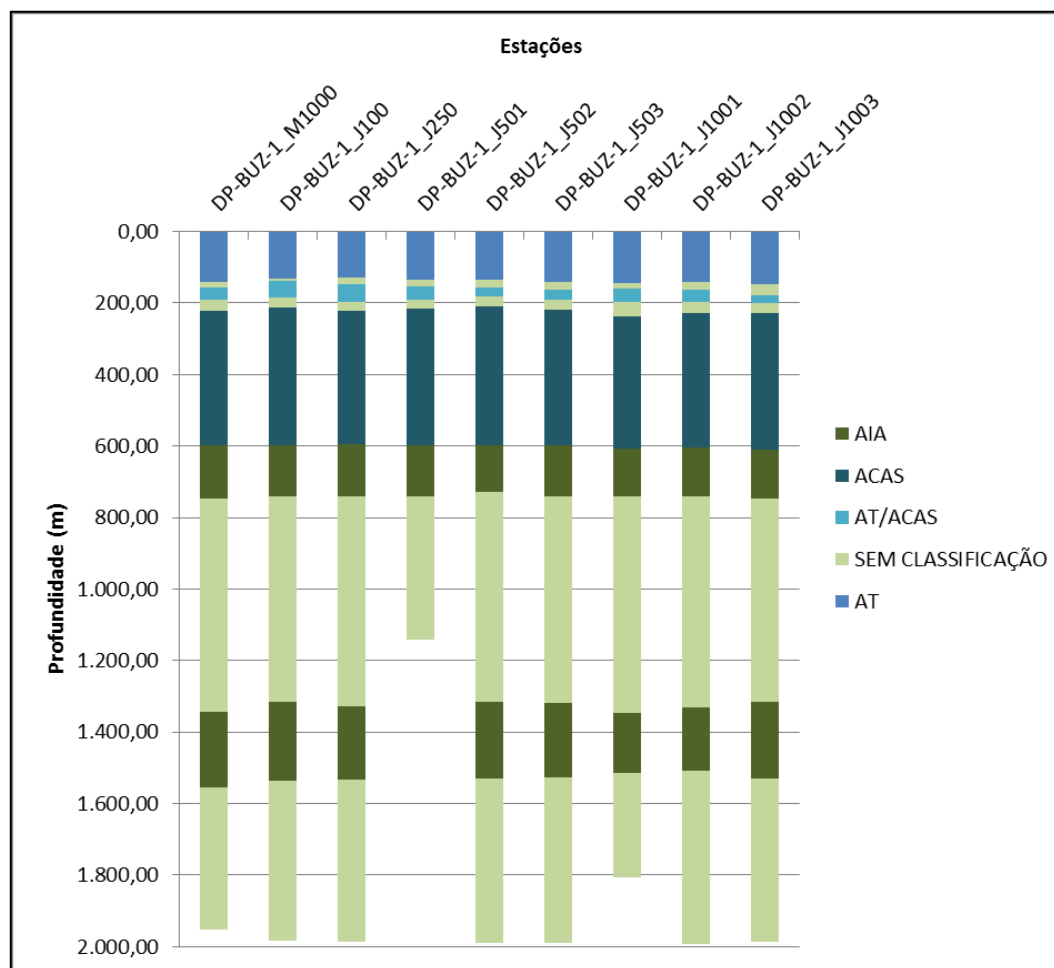
propostas por Castro *et al.* (2006), que analisa a área compreendida entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS), englobando, portanto, a Bacia de Santos, que é uma área pouco estudada em relação a esse aspecto, com poucos dados e estudos que explorem as massas d'água e seus limites especificamente 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 AT, AT/ACAS, ACAS e AIA em todas as 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 e a ocorrência de APAN, não sendo identificada, entretanto a ACS, uma vez que tal estudo, embora cite esta 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).



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

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

A Água Tropical (AT) ocupou a porção mais superficial até o nível da camada abaixo da termoclina, em todos os pontos amostrais, atingindo o máximo de 148 m na estação DP-BUZ-1\_J1003. Logo abaixo da AT encontra-se um pequeno trecho sem classificação de massas d'água, que apresentou valores de temperatura e salinidade que não se enquadraram na AT nem na mistura entre AT e ACAS.

A mistura entre AT e ACAS ocupou o estrato abaixo da termoclina em todas as estações logo após o primeiro trecho sem classificação, atingindo profundidades de até 200 metros, na estação DP-BUZ-1\_J1003. Novamente, após a AT/ACAS encontra-se um novo trecho sem classificação, se referindo a uma transição entre AT/ACAS e ACAS, com valores de temperatura e salinidade que não se enquadraram nessas classificações.

Já a ACAS ocupou porções mais profundas da coluna d'água, a partir de aproximadamente 211 metros, na estação DP-BUZ-1\_J502, até aproximadamente 611 m, na estação DP-BUZ-1\_J1003. 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 22° 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 da ACAS, variando de 597 a 747 m e de 1.316 a 1.556 m, porém sem classificação nas profundidades da coluna d'água compreendida entre estes dois trechos, em virtude dos seus mais baixos valores de salinidade. Considerando-se, entretanto, a classificação de Castro *et al.* (2006), a AIA ocuparia porções da coluna d'água compreendidas entre aproximadamente 729 e 1.345 m e a APAN, profundidades superiores a 1.508 m até a profundidade máxima perfilada.

Nos trechos entre essas porções de AIA de ambas as classificações, alguns valores de salinidade e de temperatura foram mais baixos e não se enquadraram em nenhuma das demais classificações de massas d'água, principalmente pelos menores valores de salinidade (menores que 34,50).

Assim como na atual campanha, a AT e a ACAS foram as massas d'água que ocorreram de forma mais recorrente nas amostragens da primeira campanha de monitoramento do DP de Búzios 1, das nove campanhas de monitoramento da fase

de operação de Uruguá, das sete campanhas anteriores do monitoramento do Piloto de Lula NE e das seis 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) (Quadro V-1). As diferenças encontradas entre as duas campanhas foram a presença de AC/AT na primeira 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
SUP	AT	AT
ACTC	AT	AT
TC	AT	AT
ABTC	AT	AT
	AC/AT	AT/ACAS
	AT/ACAS	ACAS
	ACAS	AIA
	AIA	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). Assim, sua medição é fundamental na avaliação das condições naturais da água e de sua capacidade para manter a vida aquática. 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 6,29 mg/L, na TC da estação DP-BUZ-1\_J503, e 7,14 mg/L, na ABTC da estação DP-BUZ-1\_J502 (Tabela V-4 e Figura V-7).

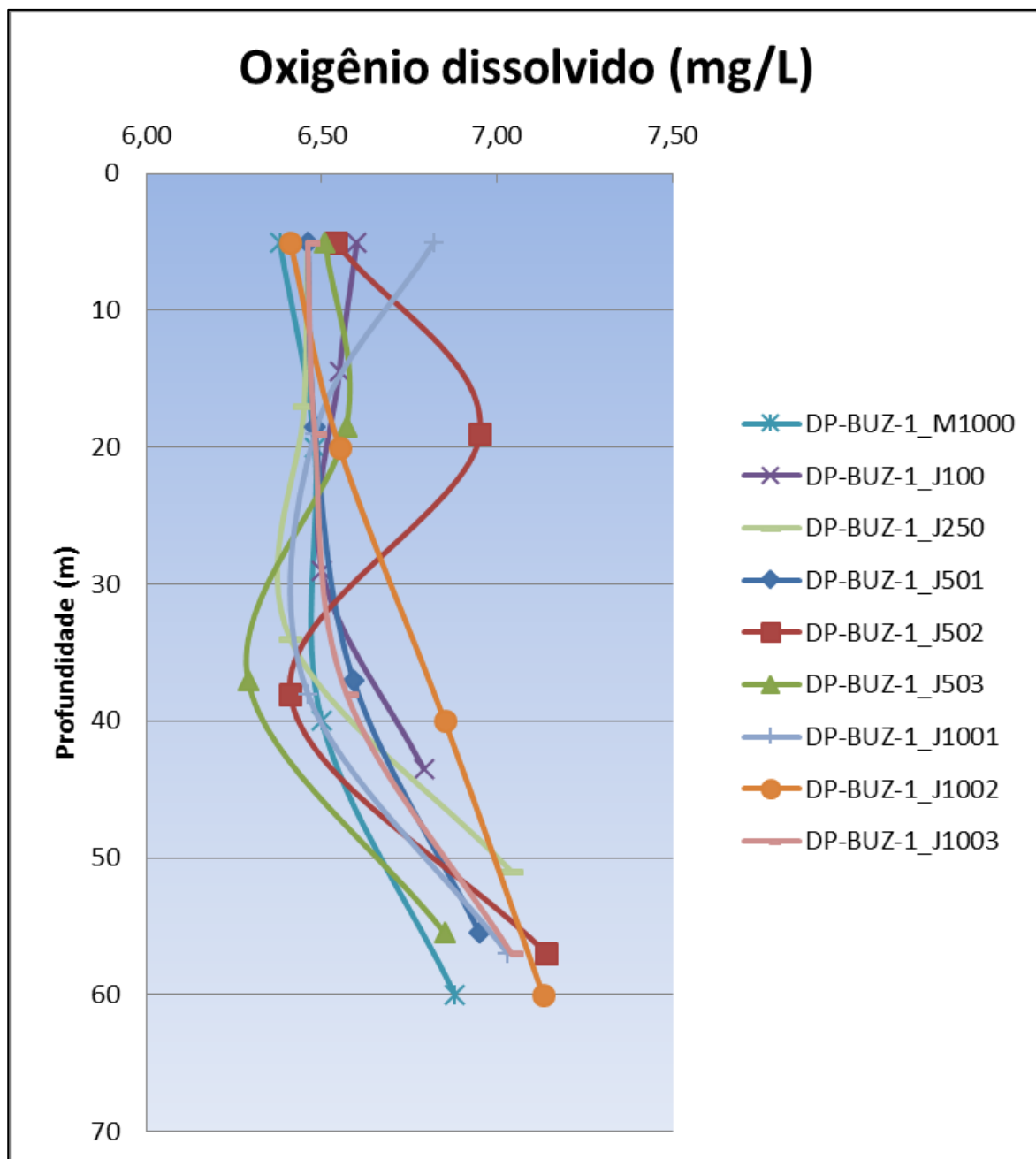
Conforme observado na Tabela V-4, a menor concentração média de oxigênio dissolvido esteve presente na termoclina (TC, média =  $6,51 \pm 0,16$  mg/L), enquanto a maior concentração média foi verificada na camada abaixo da termoclina (ABTC, média =  $6,98 \pm 0,12$  mg/L). De acordo com os padrões CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, todos os valores medidos na atual campanha estiveram acima do limite mínimo estabelecido para águas salinas de classe 1, de 6,0 mg/L.

A distribuição vertical das concentrações de OD na coluna d'água amostrada apresentou, nas estações DP-BUZ-1\_M1000, DP-BUZ-1\_J501, DP-BUZ-1\_J1002 e DP-BUZ-1\_J1003, um padrão de aumento das concentrações do parâmetro entre superfície e a camada abaixo da termoclina. Nas estações DP-BUZ-1\_J100, DP-BUZ-1\_J250 e DP-BUZ-1\_J1001, as concentrações diminuíram da SUP até a TC e aumentaram da TC até a ABTC. Nas estações DP-BUZ-1\_J502 e DP-BUZ-1\_J503, as concentrações aumentaram da SUP até a ACTC, diminuíram da ACTC até a TC e aumentaram novamente da TC até a ABTC (Figura V-7). O perfil vertical das concentrações de OD na coluna d'água obtidos com CTD revelou certa estabilidade das concentrações de oxigênio na camada de mistura, nos primeiros metros da coluna d'água, um padrão de oscilações na termoclina resultando em diminuição das concentrações, com mínimo registrado a 1.200 m, com posterior aumento das concentrações a partir de 1.300 m. Maiores valores de OD foram observados nas estações DP-BUZ-1\_J1001 e DP-BUZ-1\_J1003 (Figura V-8).

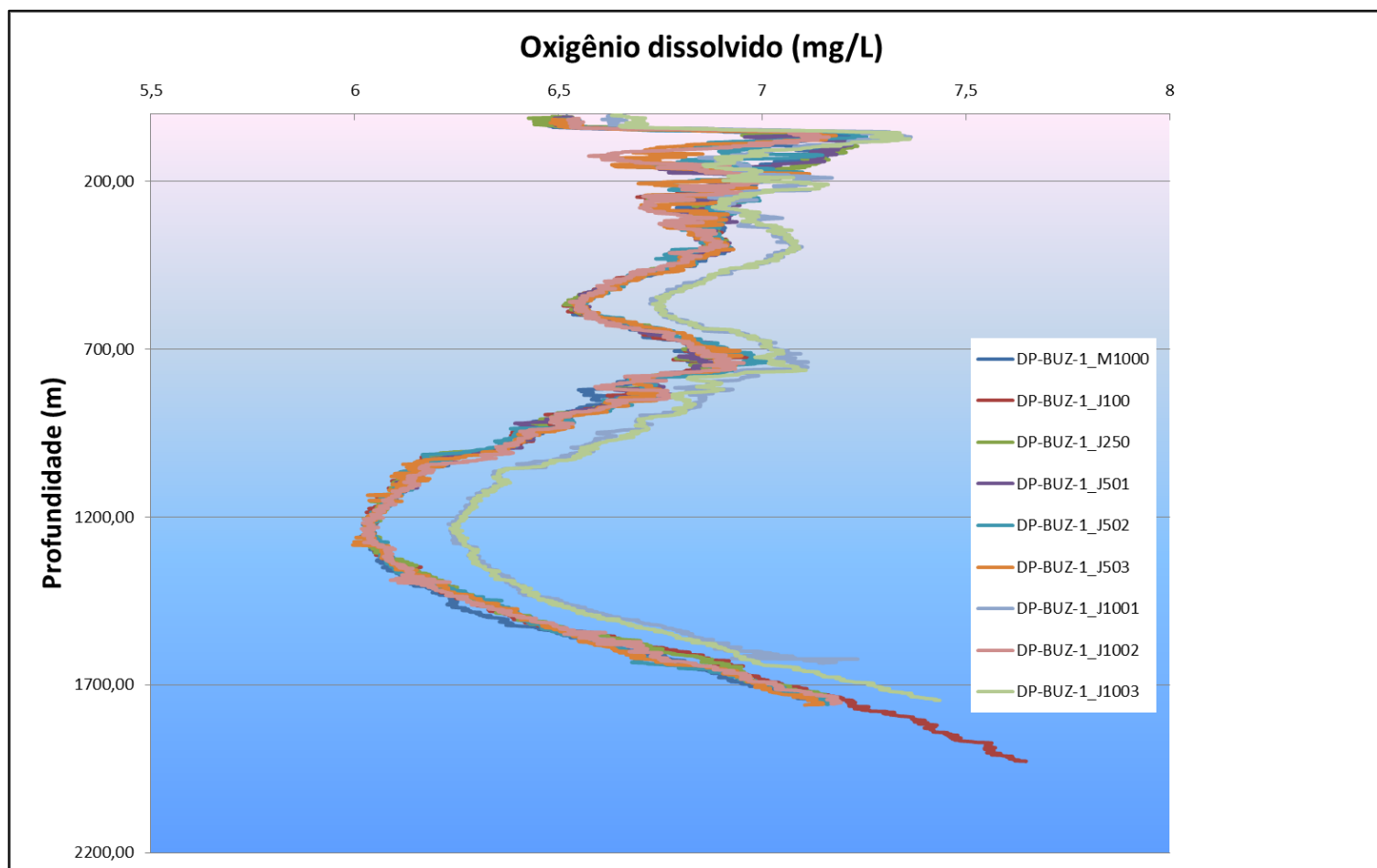
**Tabela V-4 – Concentração de oxigênio dissolvido (mg/L) nas estações de coleta da atual campanha de monitoramento.**

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>	6,38	6,60	6,46	6,46	6,54	6,51	6,82	6,41	6,46	6,52	0,13
<b>ACTC</b>	6,48	6,55	6,45	6,48	6,95	6,57	6,48	6,55	6,48	6,55	0,15
<b>TC</b>	6,50	6,50	6,41	6,59	6,41	6,29	6,46	6,85	6,57	6,51	0,16
<b>ABTC</b>	6,88	6,79	7,04	6,95	7,14	6,85	7,03	7,13	7,04	6,98	0,12
<b>Máx.</b>	6,88	6,79	7,04	6,95	<b>7,14</b>	6,85	7,03	7,13	7,04		
<b>Mín.</b>	6,38	6,50	6,41	6,46	6,41	<b>6,29</b>	6,46	6,41	6,46		
<b>Média</b>	6,56	6,61	6,59	6,62	6,76	6,56	6,70	6,74	6,64		
<b>DP</b>	0,22	0,13	0,30	0,23	0,34	0,23	0,28	0,32	0,27		

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



**Figura V-7** – Perfis de oxigênio dissolvido (mg/L) obtidos nas estações da atual campanha de monitoramento.



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

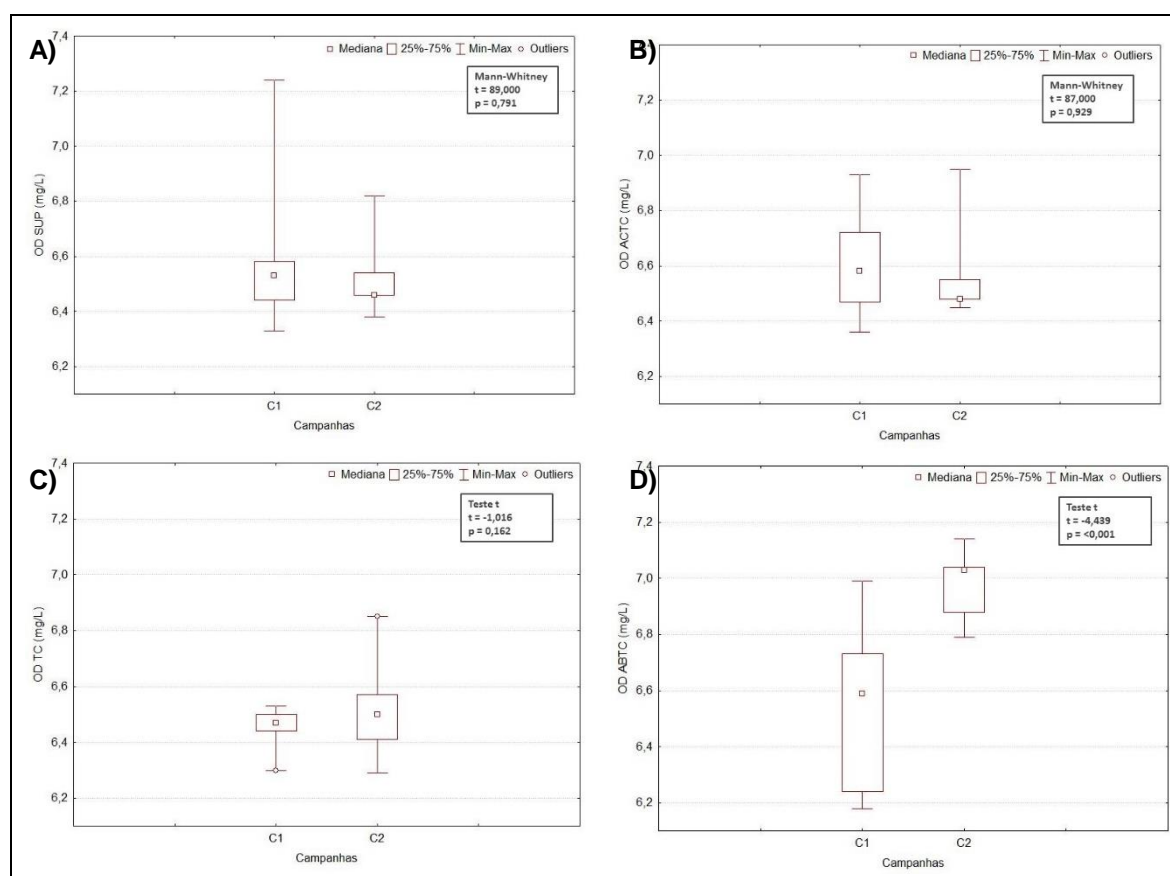
Na Tabela V-5, são apresentados os valores mínimo e máximo de oxigênio dissolvido encontrados nas campanhas anteriormente realizadas na região, onde é possível verificar que os valores da atual campanha são condizentes com a faixa de variação já verificada para o local. No Quadro IV-2 são citados os meses e anos de coleta das respectivas campanhas, que foram realizadas de outubro a fevereiro entre os anos de 2010 e 2020, 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.
<b>DP-BUZ-1_C1</b> <sup>1</sup>	6,18 (ABTC)	7,24 (SUP)
<b>URG_C3</b> <sup>2</sup>	5,93 (TC)	7,60 (TC)
<b>URG_C4</b> <sup>3</sup>	5,73 (TC)	6,73 (SUP)
<b>URG_C5</b> <sup>4</sup>	6,75 (TC)	7,54 (ABTC)
<b>URG_C6</b> <sup>5</sup>	4,61 (TC)	7,71 (SUP)
<b>URG_C7</b> <sup>6</sup>	6,18 (ACTC)	7,58 (ABTC)
<b>URG_C8</b> <sup>7</sup>	6,22 (ABTC)	7,29 (SUP)
<b>URG_C9</b> <sup>8</sup>	6,54 (TC/ABTC)	6,98 (ABTC)
<b>URG_C10</b> <sup>9</sup>	6,32 (SUP/TC)	6,86 (TC)
<b>URG_C11</b> <sup>10</sup>	5,96 (SUP)	6,72 (ABTC)
<b>PIL-LL-NE_C11</b> <sup>11</sup>	5,91 (SUP)	8,01 (ABTC)
<b>PIL-LL-NE_C12</b> <sup>12</sup>	6,22 (ACTC)	6,80 (TC)
<b>PIL-LL-NE_C3</b> <sup>13</sup>	6,14 (SUP)	6,78 (TC)
<b>PIL-LL-NE_C4</b> <sup>14</sup>	6,44 (ABTC)	7,13 (TC)
<b>PIL-LL-NE_C5</b> <sup>15</sup>	7,63 (SUP)	8,12 (ABTC)
<b>PIL-LL-NE_C6</b> <sup>16</sup>	6,00 (ACTC)	6,69 (ABTC)
<b>PIL-LL-NE_C7</b> <sup>17</sup>	6,43 (ACTC)	6,98 (ABTC)
<b>DP-IRA-S_C1</b> <sup>18</sup>	6,26 (ACTC)	6,88 (ABTC)
<b>DP-IRA-S_C2</b> <sup>19</sup>	6,18 (SUP)	6,75 (TC/ABTC)
<b>DP-IRA-S_C3</b> <sup>20</sup>	6,60 (SUP)	7,19 (SUP)
<b>DP-IRA-S_C4</b> <sup>21</sup>	6,29 (SUP)	6,70 (ABTC)
<b>DP-IRA-S_C5</b> <sup>22</sup>	5,90 (TC)	6,50 (ABTC)
<b>DP-IRA-S_C6</b> <sup>23</sup>	6,39 (ACTC)	7,00 (ACTC)

Fonte: 1 = Petrobras/Bourscheid (2019a); 2 = Petrobras/Analytical Solutions (2012); 3 = Petrobras/Analytical Solutions (2013); 4 = Petrobras/Bourscheid (2014); 5 = Petrobras/Bourscheid (2015a); 6 = Petrobras/Bourscheid (2016a); 7 = Petrobras/Bourscheid (2017a); 8 = Petrobras/Bourscheid (2018a); 9 = Petrobras/Bourscheid (2019b); 10 = Petrobras/Bourscheid (2019c); 11 = Petrobras/Bourscheid (2015b); 12 = Petrobras/Bourscheid (2015c); 13 = Petrobras/Bourscheid (2018b); 14 = Petrobras/Bourscheid (2018c); 15 = Petrobras/Bourscheid (2019d); 16 = Petrobras/Bourscheid (2019e); 17 = Petrobras/Bourscheid (2020a); 18 = Petrobras/Bourscheid (2016b); 19 = Petrobras/Bourscheid (2017b); 20 = Petrobras/Bourscheid (2018d); 21 = Petrobras/Bourscheid (2019f); 22 = Petrobras/Bourscheid (2019g); 23 = Petrobras/Bourscheid (2020b).

Na Figura V-9, são apresentadas as faixas de concentrações de oxigênio dissolvido (OD) obtidas em cada profundidade nas duas campanhas da fase de operação do monitoramento do DP de Búzios 1. É possível verificar que, de um modo geral, a 1ª campanha mostrou uma variação mais ampla nas concentrações de OD em cada profundidade, exceto na termoclina, enquanto a segunda campanha apresentou maiores valores máximos, exceto na superfície. Na comparação dos resultados (*Mann-Whitney* para SUP e ACTC e teste t para TC e ABTC), foram detectadas diferenças significativas entre as campanhas apenas para a ABTC ( $p < 0,05$ ).



**Figura V-9** – Concentrações de oxigênio dissolvido (mg/L) observadas ao longo das campanhas do Projeto de Monitoramento Ambiental da fase de operação 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. 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, J. A. B, 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, J. A. B, 2007).

Na presente campanha de monitoramento, o pH permaneceu alcalino em todas as amostras, variando entre 8,07, na estação DP-BUZ-1\_M1000 (acima da termoclina) e 8,28 na estação DP-BUZ-1\_J100 (termoclina e abaixo da termoclina) (Tabela V-6 e Figura V-10). A média das estações variou de 8,14 ± 0,05 e 8,14 ±

0,06 (estações DP-BUZ-1\_J250 e DP-BUZ-1\_J1003, respectivamente) a  $8,26 \pm 0,03$  (DP-BUZ-1\_J100).

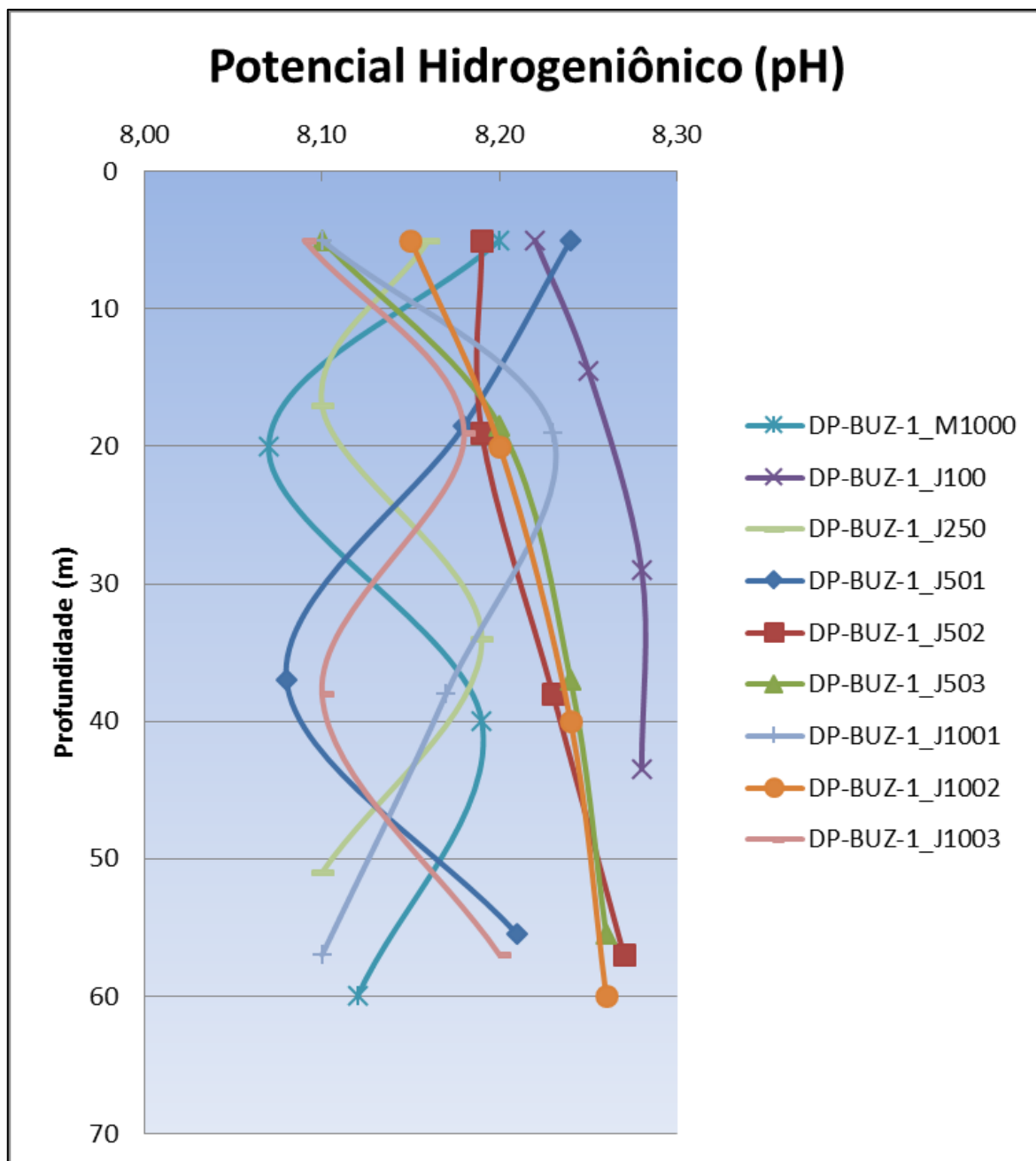
Na SUP, foi observado o menor valor médio de pH (SUP, média =  $8,16 \pm 0,06$ ), que aumentou progressivamente até a camada abaixo da termoclina, onde foi observado o maior valor médio (ABTC, média =  $8,20 \pm 0,08$ ). Observa-se certa variação dos perfis ao longo da coluna d'água, exceto as estações DP-BUZ-1\_J502, DP-BUZ-1\_J503 e DP-BUZ-1\_J1002, que apresentaram perfis semelhantes na ACTC, TC e ABTC, com aumento dos valores de pH entre a SUP e a ACTC, exceto na estação DP-BUZ-1\_J502, em que os valores foram iguais na SUP e ACTC. Nas estações DP-BUZ-1\_M1000 e DP-BUZ-1\_J250, os valores de pH diminuíram da SUP até a ACTC, aumentaram da ACTC até a TC e diminuíram da TC até a ABTC. Nas demais estações não foi observado um padrão em comum. A estação DP-BUZ-1\_J100 apresentou valores levemente superiores em relação as demais estações. Por outro lado, foram baixos os valores de desvio padrão, e provavelmente, estão relacionados ao efeito tampão da água do mar sobre este parâmetro. Além disso, todos os valores de pH obtidos na atual campanha de monitoramento se encontram entre os limites estabelecidos pela resolução CONAMA nº 357/05 para águas salinas classe 1, de 6,5 a 8,5.



**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>	8,20	8,22	8,16	8,24	8,19	8,10	8,10	8,15	8,09	8,16	0,06
<b>ACTC</b>	8,07	8,25	8,10	8,18	8,19	8,20	8,23	8,20	8,18	8,18	0,06
<b>TC</b>	8,19	8,28	8,19	8,08	8,23	8,24	8,17	8,24	8,10	8,19	0,07
<b>ABTC</b>	8,12	8,28	8,10	8,21	8,27	8,26	8,10	8,26	8,20	8,20	0,08
<b>Máx.</b>	8,20	<b>8,28</b>	8,19	8,24	8,27	8,26	8,23	8,26	8,20		
<b>Mín.</b>	<b>8,07</b>	8,22	8,10	8,08	8,19	8,10	8,10	8,15	8,09		
<b>Média</b>	8,15	8,26	8,14	8,18	8,22	8,20	8,15	8,21	8,14		
<b>DP</b>	0,06	0,03	0,05	0,07	0,04	0,07	0,06	0,05	0,06		

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



**Figura V-10** – Perfis de pH obtidos nas estações de coleta 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. 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 2020, 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.

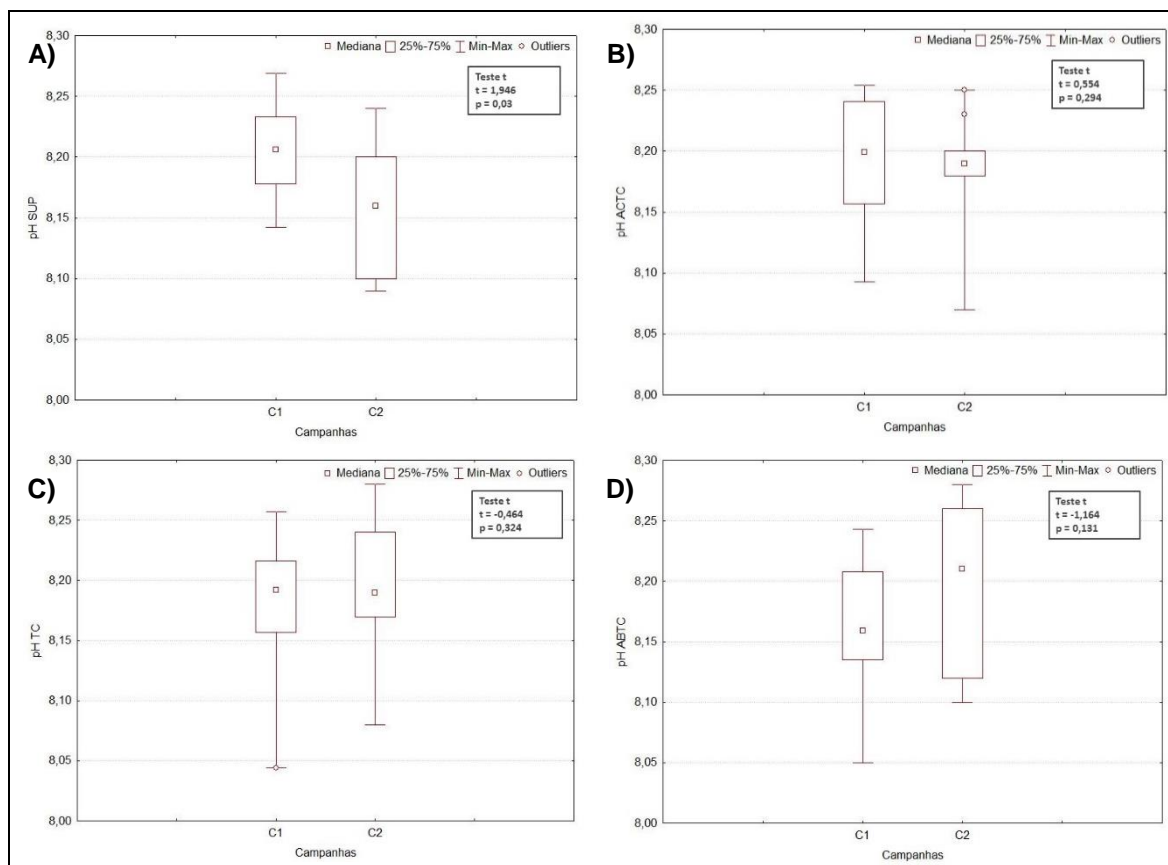
**Tabela V-7 - Valores de pH encontrados na água em estudos anteriores na Bacia de Santos.**

Campanha	pH	
	Mín.	Máx.
<b>DP-BUZ-1_C1</b> <sup>1</sup>	8,04 (TC)	8,27 (SUP)
<b>URG_C3</b> <sup>2</sup>	7,90 (ABTC)	8,07 (ACTC)
<b>URG_C4</b> <sup>3</sup>	8,16 (ABTC)	8,61 (ACTC)
<b>URG_C5</b> <sup>4</sup>	6,64 (SUP)	7,94 (ABTC)
<b>URG_C6</b> <sup>5</sup>	8,02 (SUP)	8,21 (ACTC)
<b>URG_C7</b> <sup>6</sup>	8,00 (SUP)	8,34 (ABTC)
<b>URG_C8</b> <sup>7</sup>	7,91 (SUP)	8,23 (ACTC)
<b>URG_C9</b> <sup>8</sup>	7,86 (TC)	8,19 (ABTC)
<b>URG_C10</b> <sup>9</sup>	8,24 (ABTC)	8,33 (ACTC/TC)
<b>URG_C11</b> <sup>10</sup>	8,08 (SUP)	8,27 (SUP)
<b>PIL-LL-NE_C1</b> <sup>11</sup>	8,11 (ABTC)	8,22 (TC)
<b>PIL-LL-NE_C2</b> <sup>12</sup>	8,14 (ACTC)	8,30 (ACTC/TC/ABTC)
<b>PIL-LL-NE_C3</b> <sup>13</sup>	7,93 (ABTC)	8,10 (ACTC)
<b>PIL-LL-NE_C4</b> <sup>14</sup>	8,05 (SUP/ACTC)	8,35 (ACTC)
<b>PIL-LL-NE_C5</b> <sup>15</sup>	8,04 (ABTC)	8,30 (ABTC)
<b>PIL-LL-NE_C6</b> <sup>16</sup>	8,06 (SUP)	8,27 (TC)
<b>PIL-LL-NE_C7</b> <sup>17</sup>	8,02 (SUP)	8,16 (ACTC/TC)
<b>DP-IRA-S_C1</b> <sup>18</sup>	8,18 (ACTC)	8,30 (SUP/ACTC/TC/ABTC)
<b>DP-IRA-S_C2</b> <sup>19</sup>	7,91 (TC)	8,09 (TC)
<b>DP-IRA-S_C3</b> <sup>20</sup>	8,07 (TC)	8,35 (ACTC/TC)
<b>DP-IRA-S_C4</b> <sup>21</sup>	8,22 (ABTC)	8,32 (ACTC/ABTC)
<b>DP-IRA-S_C5</b> <sup>22</sup>	8,07 (ACTC)	8,25 (ACTC)
<b>DP-IRA-S_C6</b> <sup>23</sup>	8,03 (SUP)	8,15 (ABTC)

Fonte: 1 = Petrobras/Bourscheid (2019a); 2 = Petrobras/Analytical Solutions (2012); 3 = Petrobras/Analytical Solutions (2013); 4 = Petrobras/Bourscheid (2014); 5 = Petrobras/Bourscheid (2015a); 6 = Petrobras/Bourscheid (2016a); 7 = Petrobras/Bourscheid (2017a); 8 = Petrobras/Bourscheid (2018a); 9 = Petrobras/Bourscheid (2019b); 10 = Petrobras/Bourscheid (2019c); 11 = Petrobras/Bourscheid (2015b); 12 = Petrobras/Bourscheid (2015c); 13 = Petrobras/Bourscheid (2018b); 14 = Petrobras/Bourscheid (2018c); 15 = Petrobras/Bourscheid (2019d); 16 = Petrobras/Bourscheid (2019e); 17 = Petrobras/Bourscheid (2020a); 18 = Petrobras/Bourscheid (2016b); 19 = Petrobras/Bourscheid (2017b); 20 = Petrobras/Bourscheid (2018d); 21 = Petrobras/Bourscheid (2019f); 22 = Petrobras/Bourscheid (2019g); 23 = Petrobras/Bourscheid (2020b).

Os valores de pH encontrados nas duas campanhas de monitoramento do DP de Búzios 1 foram maiores na primeira campanha na SUP e na ACTC e maiores na segunda campanha na TC e ABTC. Através da aplicação do teste t, foram

verificadas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os dados das duas campanhas apenas na SUP (Figura V-11).



**Figura V-11 –** Concentrações de pH observadas ao longo das campanhas do Projeto de Monitoramento Ambiental da fase de operação 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. 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, a clorofila-a não foi detectada (LD = 0,2 µg/L) na maioria das amostras, exceto nas amostras DP-BUZ-1\_J100\_TC e DP-BUZ-1\_J1003\_ABTC, onde a concentração detectada não pôde, entretanto, ser quantificada (LQ = 0,5 µg/L), e na amostra DP-BUZ-1\_J250\_ABTC, que quantificou concentração de 3,54 µg/L. Tendo em conta as inúmeras não detecções, não é possível analisar as variações do parâmetro ao longo da coluna d'água e entre as estações.

Na Tabela V-8, 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, assim como ocorreu na atual campanha. 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 2020, 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-8 - Valores de clorofila-a ( $\mu\text{g/L}$ ) encontrados na água em estudos anteriores na Bacia de Santos. n.d. = não detectado e n.q. = não quantificado.**

Campanha	Clorofila-a ( $\mu\text{g/L}$ )	
	Mín.	Máx.
DP-BUZ-1_C1 <sup>1</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (ACTC)
URG_C3 <sup>2</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
URG_C4 <sup>3</sup>	0,11 (SUP)	0,35 (SUP)
URG_C5 <sup>4</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
URG_C6 <sup>5</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
URG_C7 <sup>6</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	2,14 (ACTC)
URG_C8 <sup>7</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	0,90 (ACTC)
URG_C9 <sup>8</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
URG_C10 <sup>9</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (ACTC/ABTC)
URG_C11 <sup>10</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
PIL-LL-NE_C1 <sup>11</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	0,50 (SUP/ACTC)
PIL-LL-NE_C2 <sup>12</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	2,70 (ABTC)
PIL-LL-NE_C3 <sup>13</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
PIL-LL-NE_C4 <sup>14</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (ABTC)
PIL-LL-NE_C5 <sup>15</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (ACTC)
PIL-LL-NE_C6 <sup>16</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
PIL-LL-NE_C7 <sup>17</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (SUP/ACTC/TC)
DP-IRA-S_C1 <sup>18</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	2,10 (ACTC)
DP-IRA-S_C2 <sup>19</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
DP-IRA-S_C3 <sup>20</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
DP-IRA-S_C4 <sup>21</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
DP-IRA-S_C5 <sup>22</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (ACTC)
DP-IRA-S_C6 <sup>23</sup>	n.d. (SUP, ACTC, TC, ABTC)	n.q. (ACTC)

Fonte: 1 = Petrobras/Bourscheid (2019a); 2 = Petrobras/Analytical Solutions (2012); 3 = Petrobras/Analytical Solutions (2013); 4 = Petrobras/Bourscheid (2014); 5 = Petrobras/Bourscheid (2015a); 6 = Petrobras/Bourscheid (2016a); 7 = Petrobras/Bourscheid (2017a); 8 = Petrobras/Bourscheid (2018a); 9 = Petrobras/Bourscheid (2019b); 10 = Petrobras/Bourscheid (2019c); 11 = Petrobras/Bourscheid (2015b); 12 = Petrobras/Bourscheid (2015c); 13 = Petrobras/Bourscheid (2018b); 14 = Petrobras/Bourscheid (2018c); 15 = Petrobras/Bourscheid (2019d); 16 = Petrobras/Bourscheid (2019e); 17 = Petrobras/Bourscheid (2020a); 18 = Petrobras/Bourscheid (2016b); 19 = Petrobras/Bourscheid (2017b); 20 = Petrobras/Bourscheid (2018d); 21 = Petrobras/Bourscheid (2019f); 22 = Petrobras/Bourscheid (2019g); 23 = Petrobras/Bourscheid (2020b).

Como somente um resultado apresentou concentração acima do limite de quantificação para clorofila-a durante a segunda campanha (3,54  $\mu\text{g/L}$  em DP-BUZ-1\_J250\_ABTC) do projeto, não existe variabilidade de resultados a serem verificados através de gráficos e testes estatísticos.

### 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.

Na atual campanha de monitoramento, não foram encontradas concentrações detectáveis ( $LD = 0,003 \text{ mg/L N}$ ) e quantificáveis ( $LQ = 0,010 \text{ mg/L N}$ ) de nitrogênio amoniacal. A Tabela V-9 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  $0,40 \text{ mg/L N}$ , 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 ( $0,010 \text{ mg/L N}$  em DP-BUZ-1\_J503\_SUP) do projeto, não existe variabilidade de resultados a serem verificados através de gráficos e testes estatísticos.

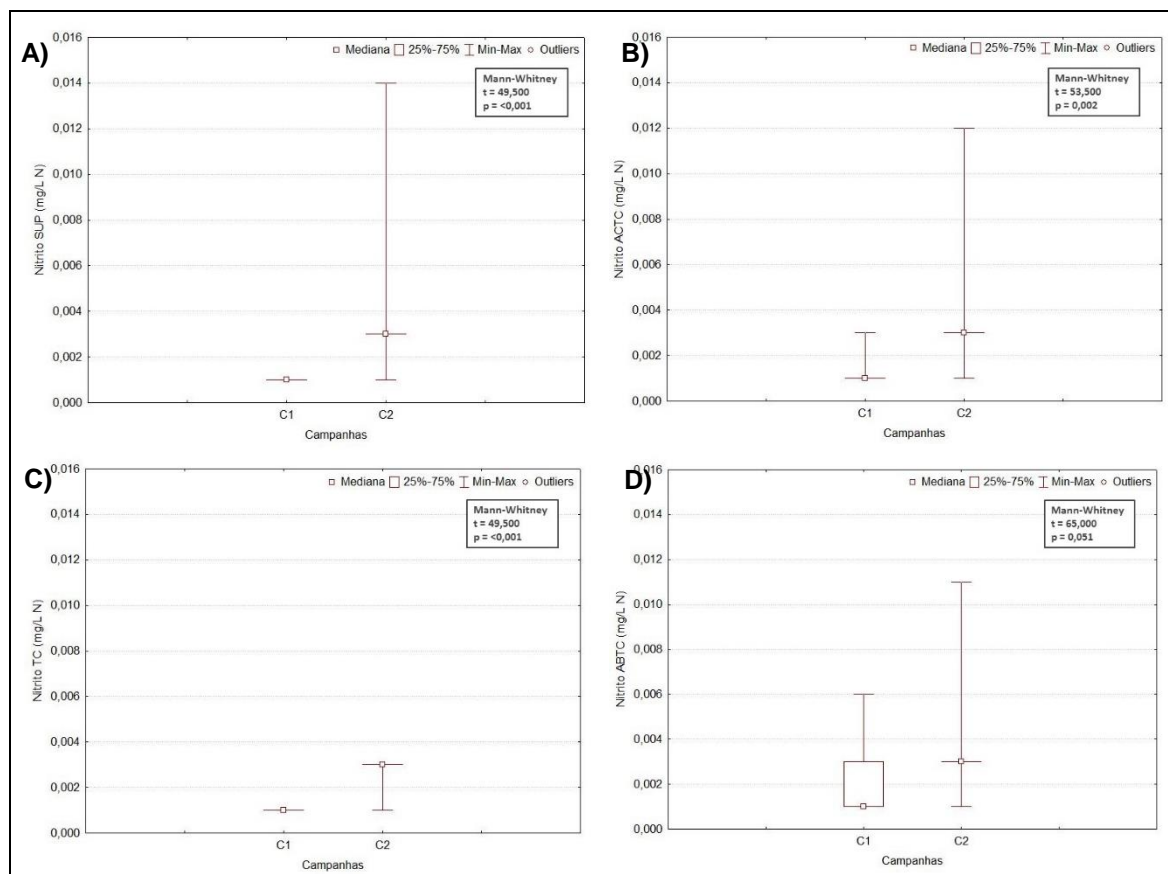
Na atual campanha de monitoramento, a maioria das concentrações de nitrito não foi detectada ( $LD = 0,002 \text{ mg/L N}$ ) nem quantificada ( $LQ = 0,006 \text{ mg/L N}$ ), exceto na estação DP-BUZ-1\_J1002, em que foram quantificadas concentrações de  $0,014$ ,  $0,012$  e  $0,011 \text{ mg/L N}$ , na SUP, ACTC e ABTC, respectivamente.

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 ( $0,07 \text{ mg/L N}$  para nitrito), estando todas as amostras da atual campanha enquadradas, portanto, nesta classe. A Tabela V-9 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.

Os valores de nitrito encontrados nas amostras da segunda campanha foram superiores em relação a primeira campanha. Através da aplicação do teste



estatístico *Mann-Whitney*, para todas as profundidades, foram verificadas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os dados das campanhas, para todas as profundidades consideradas, exceto para a ABTC ( $p > 0,05$ ) (Figura V-12). Importante ressaltar que o limite de detecção e quantificação e os métodos analíticos foram iguais entre as campanhas (LD = 0,002 mg/L N, LQ = 0,006 mg/L N e SMEWW 4500 B para as demais campanhas) e não houve troca de laboratório.



**Figura V-12** – Concentrações de nitrito (mg/L N) observadas ao longo das campanhas de monitoramento do Projeto de Monitoramento Ambiental da fase de operação 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. A) Superfície; B) Acima da termoclina; C) Termoclina e D) Abaixo da Termoclina.

Para o nitrato, as concentrações não foram detectadas (LD = 0,03 mg/L N) nem quantificadas (LQ = 0,10 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-9 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 também são bastante frequentes.

**Tabela V-9 – 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.
URG_C3 <sup>2</sup>	0,0033	0,0044	n.d.	n.d.	n.q.	0,0490	0,0540	0,2310	n.q.	0,0179
URG_C4 <sup>3</sup>	n.d.	0,0200	n.d.	0,3210	n.d.	12,8500	0,1540	4,0100	n.d.	0,1900
URG_C5 <sup>4</sup>	n.d.	0,3620	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1,1000	n.d.	2,8800
URG_C6 <sup>5</sup>	n.d.	0,0890	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,3500	n.d.	0,0080
URG_C7 <sup>6</sup>	n.d.	0,0115	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.q.	2,5850	n.d.	0,0080
URG_C8 <sup>* 7</sup>	-	-	n.d.	n.q.	n.q.	0,0100	0,0160	0,0290	n.q.	0,0200
URG_C9 <sup>8</sup>	n.d.	0,7370	n.d.	0,0090	n.d.	0,1000	n.d.	0,2300	n.d.	0,0720
URG_C10 <sup>9</sup>	n.d.	0,0610	n.d.	0,3040	n.d.	0,2900	n.d.	0,2000	n.d.	0,3220
URG_C11 <sup>10</sup>	n.d.	n.d.	n.d.	0,0220	n.d.	0,2300	n.d.	0,1800	n.d.	n.d.
PIL-LL-NE_C1 <sup>11</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>12</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>* 13</sup>	-	-	n.d.	n.q.	n.q.	0,004	0,018	0,025	n.q.	0,020
PIL-LL-NE_C4 <sup>14</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>15</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>16</sup>	n.d.	n.q.	n.d.	0,0070	n.d.	n.q.	n.d.	n.q.	n.d.	n.d.
PIL-LL-NE_C7 <sup>17</sup>	n.d.	0,0300	n.d.	0,0180	n.d.	0,1000	n.d.	n.q.	n.d.	n.d.
DP-IRA-S_C1 <sup>18</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>* 19</sup>	-	-	n.d.	n.q.	n.q.	0,0040	n.q.	0,0210	n.d.	0,0100
DP-IRA-S_C3 <sup>20</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>21</sup>	n.d.	0,0820	0,0090	0,0940	n.d.	0,1600	n.d.	0,2400	n.d.	0,0540

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-IRA-S_C5 <sup>22</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>23</sup>	n.d.	0,0200	n.d.	0,0190	n.d.	n.q.	n.d.	n.q.	n.d.	n.d.

\* 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/Analytical Solutions (2012); 3 = Petrobras/Analytical Solutions (2013); 4 = Petrobras/Bourscheid (2014); 5 = Petrobras/Bourscheid (2015a); 6 = Petrobras/Bourscheid (2016a); 7 = Petrobras/Bourscheid (2017a); 8 = Petrobras/Bourscheid (2018a); 9 = Petrobras/Bourscheid (2019b); 10 = Petrobras/Bourscheid (2019c); 11 = Petrobras/Bourscheid (2015b); 12 = Petrobras/Bourscheid (2015c); 13 = Petrobras/Bourscheid (2018b); 14 = Petrobras/Bourscheid (2018c); 15 = Petrobras/Bourscheid (2019d); 16 = Petrobras/Bourscheid (2019e); 17 = Petrobras/Bourscheid (2020a); 18 = Petrobras/Bourscheid (2016b); 19 = Petrobras/Bourscheid (2017b); 20 = Petrobras/Bourscheid (2018d); 21 = Petrobras/Bourscheid (2019f); 22 = Petrobras/Bourscheid (2019g); 23 = Petrobras/Bourscheid (2020b).

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

Na atual campanha de monitoramento, as concentrações de silicato não foram detectadas (LD = 0,05 mg/L). A Tabela V-9 apresenta os resultados obtidos para este parâmetro em estudos anteriores na região de interesse. As concentrações verificadas na atual campanha foram inferiores aos resultados anteriores verificados para o local. A Resolução CONAMA nº 357/2005 não apresenta valor máximo de concentração de silicato para águas salinas classe 1.

Como somente foi quantificada uma concentração de silicato durante a primeira campanha (0,63 mg/L N em DP-BUZ-1\_J1001\_ABTC) do projeto, não existe variabilidade de resultados a serem verificados através de gráficos e testes estatísticos.

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).

Na atual campanha de monitoramento, as concentrações de fósforo total não foram detectadas (LD = 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-9 apresenta concentrações de fósforo total obtidas em estudos anteriores na Bacia de Santos, onde é possível constatar que concentrações não detectadas já ocorreram anteriormente na região.

Não foram quantificadas concentrações de fósforo total nas duas 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.

### **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 segunda campanha do projeto variaram entre 5,15 mg/L, na camada abaixo da termoclina da estação DP-BUZ-1\_J503, e 7,38 mg/L, na camada abaixo da termoclina da estação DP-BUZ-1\_J502 (Tabela V-10). Entre as estações, a maior concentração média de MPS foi reportada no estrato da superfície (SUP, média =  $6,26 \pm 0,31$  mg/L), enquanto as menores concentrações médias, na termoclina (TC, média =  $6,01 \pm 0,49$  mg/L).

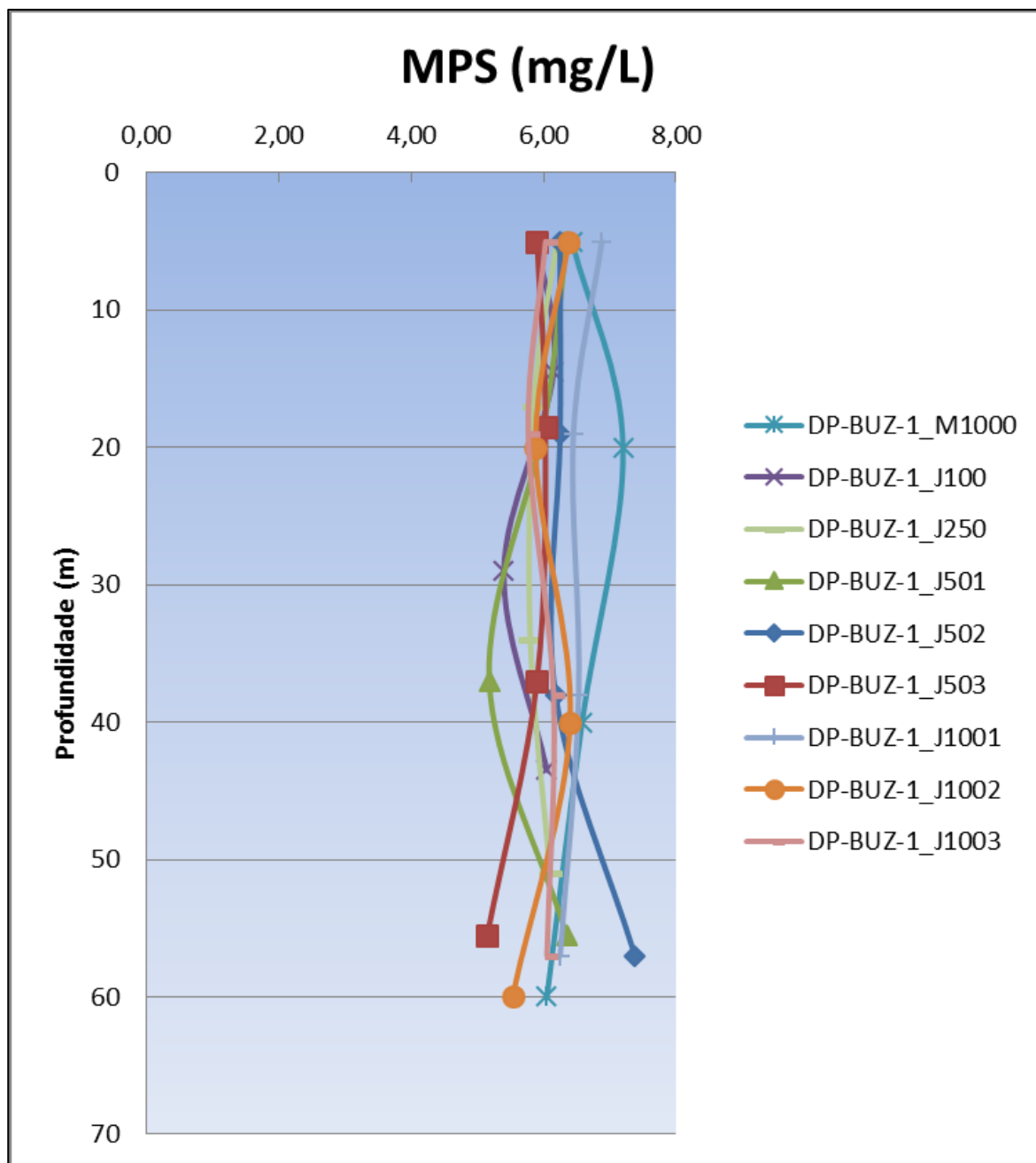
**Tabela V-10 – Concentração de MPS (mg/L) nas estações de coleta da atual campanha de monitoramento.**

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>	6,43	5,90	6,20	6,35	6,25	5,90	6,88	6,38	6,03	6,26	0,31
<b>ACTC</b>	7,20	6,15	5,85	6,00	6,25	6,03	6,45	5,88	5,77	6,18	0,44
<b>TC</b>	6,58	5,40	5,80	5,18	6,18	5,90	6,53	6,40	6,15	6,01	0,49
<b>ABTC</b>	6,05	6,05	6,10	6,35	7,38	5,15	6,25	5,53	6,05	6,10	0,61
<b>Máx.</b>	7,20	6,15	6,20	6,35	<b>7,38</b>	6,03	6,88	6,40	6,15		
<b>Mín.</b>	6,05	5,40	5,80	5,18	6,18	<b>5,15</b>	6,25	5,53	5,77		
<b>Média</b>	6,57	5,88	5,99	5,97	6,52	5,75	6,53	6,05	6,00		
<b>DP</b>	0,48	0,33	0,19	0,55	0,58	0,40	0,26	0,42	0,16		

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

Os perfis verticais das concentrações de MPS na coluna d'água são apresentados na Figura V-13. Através deles, é possível observar que as concentrações de MPS diminuíram da SUP até a ACTC, aumentaram da ACTC até a TC e diminuíram novamente da TC até a ABTC, nas estações DP-BUZ-1\_J1001, DP-BUZ-1\_J1002 e DP-BUZ-1\_J1003. Nas estações DP-BUZ-1\_M1000 e DP-BUZ-1\_J503, as concentrações aumentaram da SUP até a ACTC e diminuíram da ACTC até a ABTC. Nas estações DP-BUZ-1\_J250 e DP-BUZ-1\_J501, as concentrações diminuíram da SUP até a TC e aumentaram da TC até a ABTC. Nas demais estações não foi observado um padrão em comum. As estações DP-BUZ-1\_J100, DP-BUZ-1\_J250, DP-BUZ-1\_J501 e DP-BUZ-1\_J503 apresentaram as menores concentrações, as estações DP-BUZ-1\_J1002 e DP-BUZ-1\_J1003 apresentaram concentrações intermediárias e as demais estações apresentaram maiores concentrações.





**Figura V-13** – Perfis das concentrações de MPS obtidos nas estações amostrais da atual campanha de monitoramento.

Na Tabela V-11, 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, apesar de enquadradas dentro da faixa de variação já verificada para a região, foram superiores às encontradas na maioria das demais campanhas realizadas no local, exceto em relação a quarta e oitava campanha de monitoramento de Uruguá, a terceira, sexta e sétima de

Piloto de Lula NE e a segunda e sexta campanha de monitoramento de DP de Iracema Sul, que apresentaram concentrações ainda maiores.

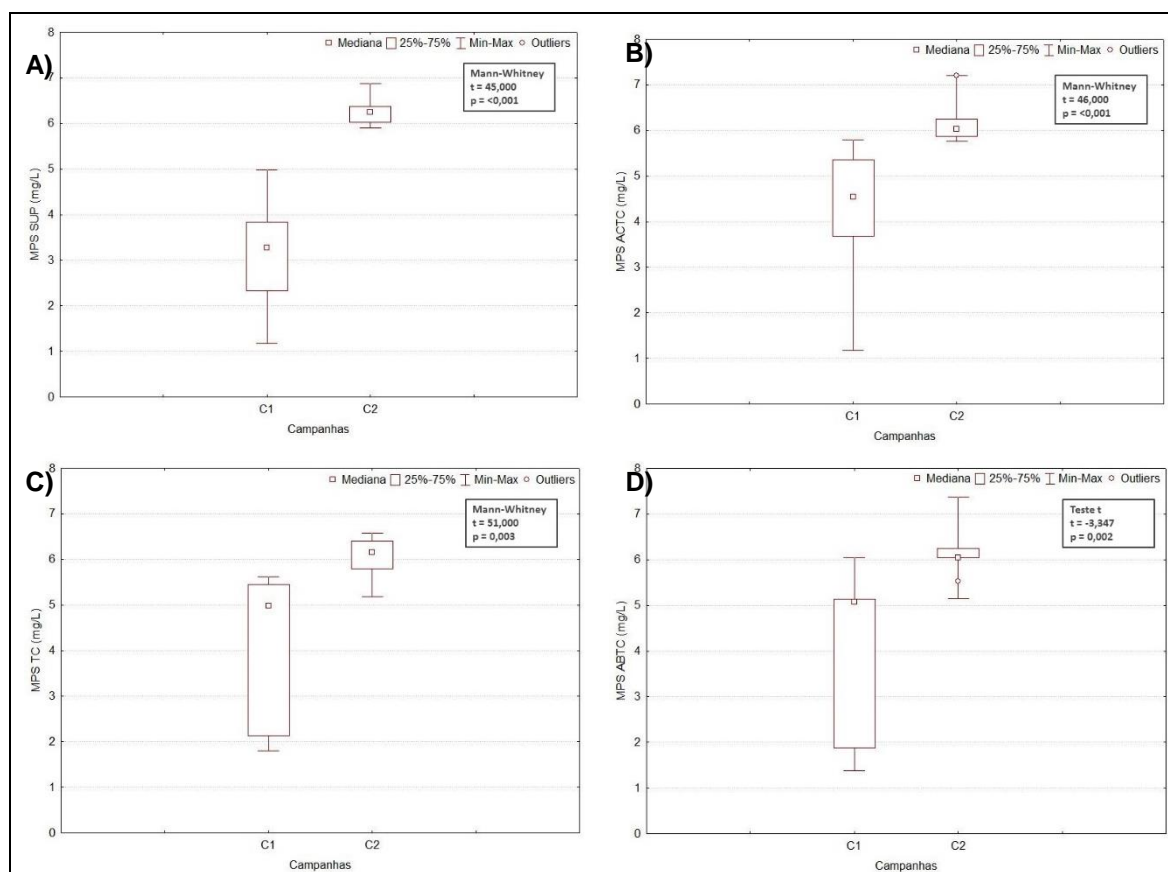
**Tabela V-11 - Valores de MPS (mg/L) encontrados na água em estudos anteriores na Bacia de Santos. n.d. = não detectado e n.q. = não quantificado.**

Campanha	MPS (mg/L)	
	Min	Máx
DP-BUZ-1_C1 <sup>1</sup>	1,18 (SUP/ACTC)	6,05 (ABTC)
URG_C3 <sup>2</sup>	n.d. (SUP)	7,13 (TC)
URG_C4 <sup>3</sup>	n.d. (ABTC)	9,78 (ACTC)
URG_C5 <sup>4</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
URG_C6 <sup>5</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	6,00 (ABTC)
URG_C7 <sup>6</sup>	1,20 (ABTC)	5,50 (TC)
URG_C8 <sup>7</sup>	n.q. (SUP/ABTC)	10,53 (SUP)
URG_C9 <sup>8</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	6,57 (TC)
URG_C10 <sup>9</sup>	n.d. (ACTC/TC/ABTC)	6,43 (SUP)
URG_C11 <sup>10</sup>	3,65 (TC)	7,28 (SUP/ACTC)
PIL-LL-NE_C1 <sup>11</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	5,00 (SUP/ACTC/TC)
PIL-LL-NE_C2 <sup>12</sup>	n.d. (ABTC)	4,60 (SUP)
PIL-LL-NE_C3 <sup>13</sup>	1,74 (SUP)	7,53 (ACTC)
PIL-LL-NE_C4 <sup>14</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	6,95 (SUP/TC)
PIL-LL-NE_C5 <sup>15</sup>	n.q. (ACTC/TC)	3,45 (ACTC)
PIL-LL-NE_C6 <sup>16</sup>	1,08 (SUP)	8,20 (ACTC)
PIL-LL-NE_C7 <sup>17</sup>	2,00 (ABTC)	7,75 (SUP)
DP-IRA-S_C1 <sup>18</sup>	n.d. (SUP/TC/ABTC)	4,40 (ABTC)
DP-IRA-S_C2 <sup>19</sup>	n.q. (SUP/ACTC)	9,67 (TC)
DP-IRA-S_C3 <sup>20</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	6,55 (ACTC)
DP-IRA-S_C4 <sup>21</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	4,88 (TC/ABTC)
DP-IRA-S_C5 <sup>22</sup>	1,75 (ACTC)	6,95 (SUP)
DP-IRA-S_C6 <sup>23</sup>	1,55 (SUP)	7,83 (ABTC)

Fonte: 1 = Petrobras/Bourscheid (2019a); 2 = Petrobras/Analytical Solutions (2012); 3 = Petrobras/Analytical Solutions (2013); 4 = Petrobras/Bourscheid (2014); 5 = Petrobras/Bourscheid (2015a); 6 = Petrobras/Bourscheid (2016a); 7 = Petrobras/Bourscheid (2017a); 8 = Petrobras/Bourscheid (2018a); 9 = Petrobras/Bourscheid (2019b); 10 = Petrobras/Bourscheid (2019c); 11 = Petrobras/Bourscheid (2015b); 12 = Petrobras/Bourscheid (2015c); 13 = Petrobras/Bourscheid (2018b); 14 = Petrobras/Bourscheid (2018c); 15 = Petrobras/Bourscheid (2019d); 16 = Petrobras/Bourscheid (2019e); 17 = Petrobras/Bourscheid (2020a); 18 = Petrobras/Bourscheid (2016b); 19 = Petrobras/Bourscheid (2017b); 20 = Petrobras/Bourscheid (2018d); 21 = Petrobras/Bourscheid (2019f); 22 = Petrobras/Bourscheid (2019g); 23 = Petrobras/Bourscheid (2020b).

A faixa de variação dos valores de MPS encontrados nas amostras da primeira campanha, considerando cada uma das quatro profundidades, foram maiores, enquanto maiores concentrações máximas foram encontradas na segunda campanha. Através da aplicação do teste estatístico *Mann-Whitney* para SUP,

ACTC e TC e teste t para ABTC, foram verificadas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os dados das duas campanhas para todas as profundidades (Figura V-14).



**Figura V-14** – Concentrações de MPS (mg/L) observadas ao longo das campanhas do Projeto de Monitoramento Ambiental da fase de operação 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. 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).

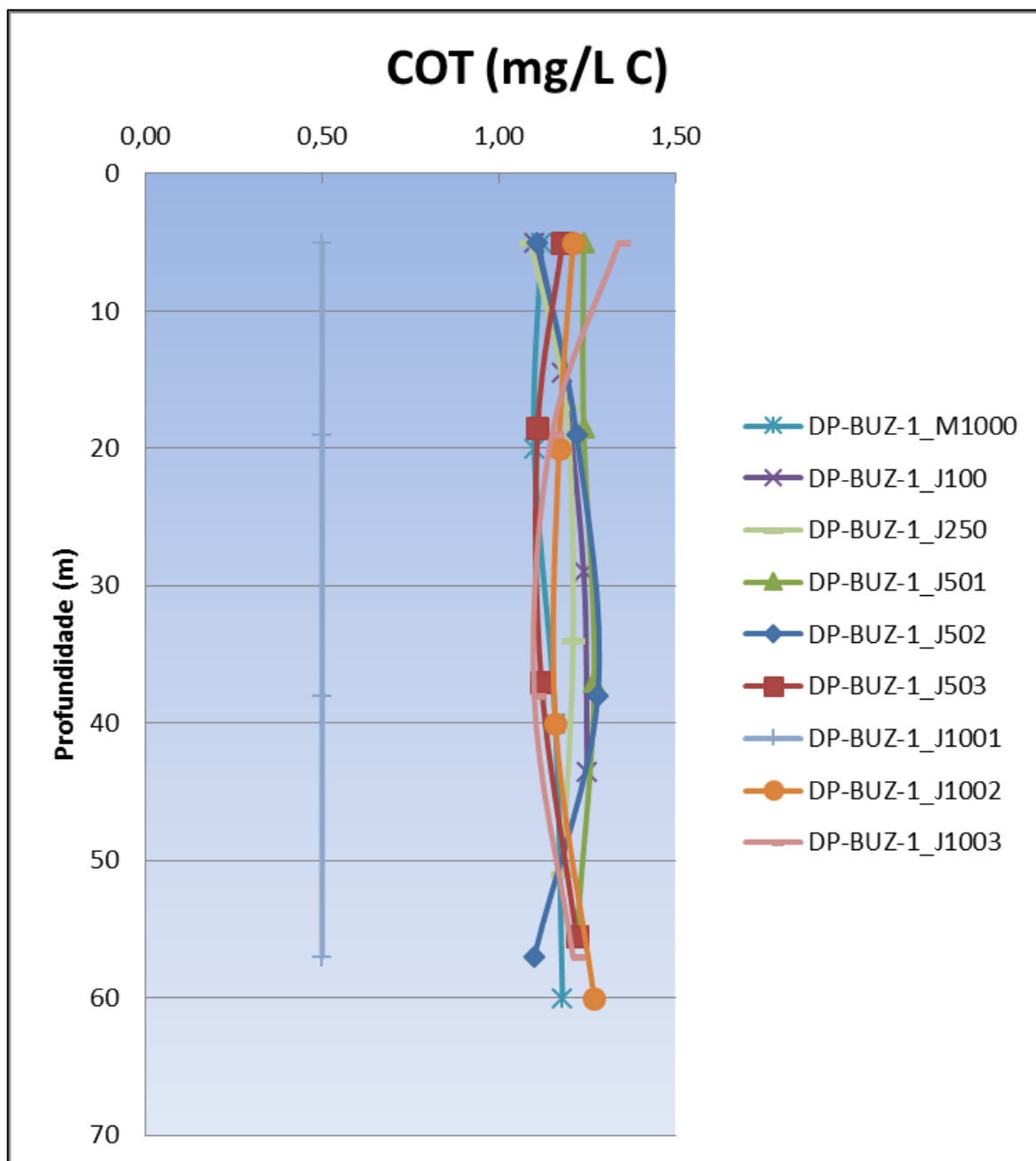
Ao longo das estações, as concentrações de carbono orgânico total (COT) variaram entre não quantificado (LQ = 1,00 mg/L C), em todas as profundidades da estação DP-BUZ-1\_J1001, mínimo detectado de 1,09 mg/L C, na amostra DP-BUZ-1\_J250\_SUP, a 1,34 mg/L C, na superfície da estação DP-B&P\_J1003 (Tabela V-12, Figura V-15). De maneira geral, maiores concentrações médias de COT foram observadas na camada abaixo da termoclina (ABTC, média =  $1,13 \pm 0,24$  mg/L C), enquanto menores concentrações foram encontradas na superfície e na camada acima da termoclina (SUP, média =  $1,10 \pm 0,24$  mg/L C e ACTC, média =  $1,10 \pm 0,23$  mg/L C, respectivamente). 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.

**Tabela V-12 – Concentração de COT (mg/L C) 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>	1,12	1,10	1,09	1,24	1,11	1,18	<1	1,21	1,34	1,10	0,24
<b>ACTC</b>	1,10	1,18	1,19	1,24	1,22	1,11	<1	1,17	1,15	1,10	0,23
<b>TC</b>	1,16	1,24	1,21	1,27	1,28	1,12	<1	1,16	1,10	1,12	0,24
<b>ABTC</b>	1,18	1,25	1,18	1,22	1,10	1,22	<1	1,27	1,21	1,13	0,24
<b>Máx.</b>	1,18	1,25	1,21	1,27	1,28	1,22	<1	1,27	<b>1,34</b>		
<b>Mín.</b>	1,10	1,10	1,09	1,22	1,10	1,11	<b>&lt;1</b>	1,16	1,10		
<b>Média</b>	1,14	1,19	1,17	1,24	1,18	1,16	-	1,20	1,20		
<b>DP</b>	0,04	0,07	0,05	0,02	0,09	0,05	-	0,05	0,10		

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

Os perfis verticais de distribuição das concentrações de COT na coluna d'água das estações da atual campanha são mostrados na Figura V-15. Através deles, verifica-se grande homogeneidade dos valores obtidos, sendo que todas as amostras apresentaram concentrações de até 1,34 mg/L C, com exceção das amostras da estação DP-BUZ-1\_J1001, que se distinguiram do comportamento geral, apresentando valores não quantificados.



**Figura V-15** – Perfis das concentrações de COT (mg/L C) obtidos nas estações amostrais da atual campanha de monitoramento.

Na Tabela V-13, são apresentados os valores mínimo e máximo de COT, encontrados nas campanhas anteriormente realizadas na região. De maneira geral, as concentrações encontradas na atual campanha, apesar de enquadradas dentro da faixa de variação já verificada para a área, foram inferiores às encontradas na maioria das demais campanhas realizadas no local.

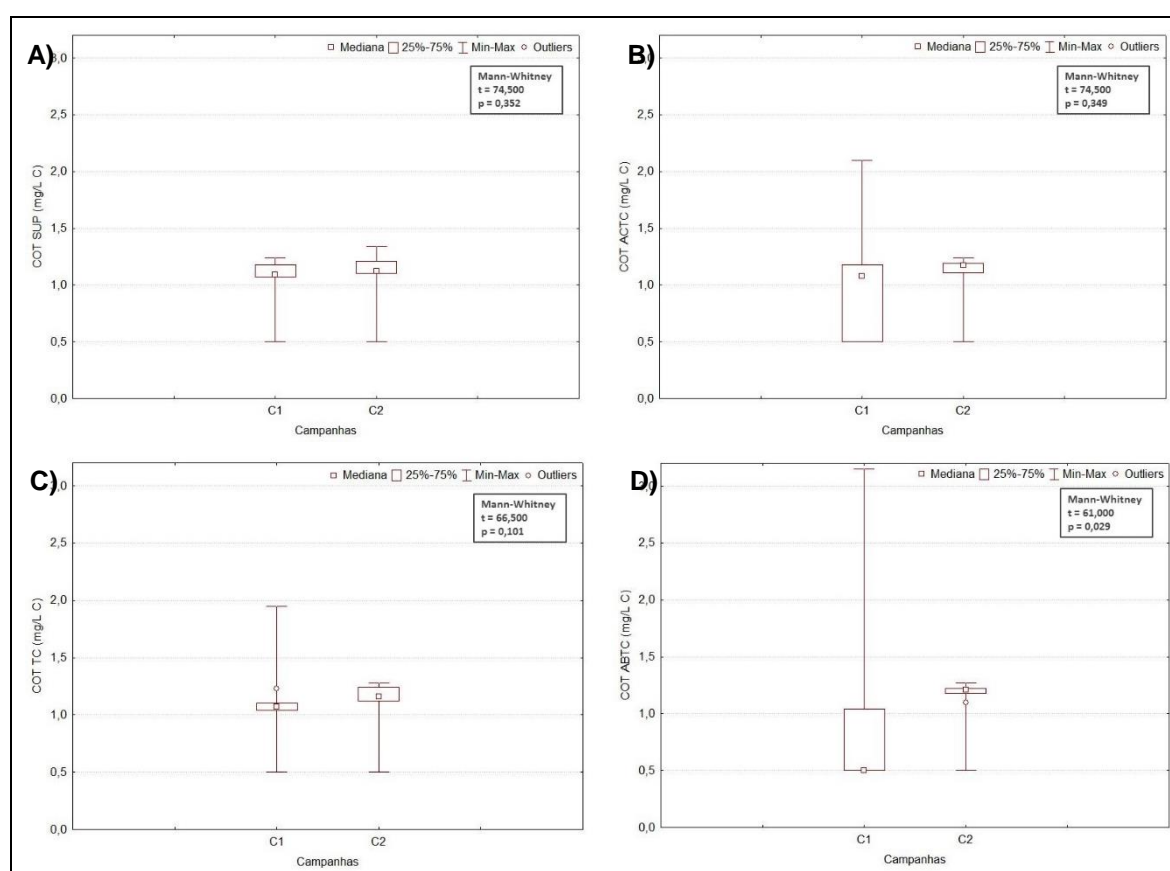
**Tabela V-13 - Valores de COT (mg/L C) encontrados na água em estudos anteriores na Bacia de Santos. n.d. = não detectado e n.q. = não quantificado.**

Campanha	COT (mg/L C)	
	Min	Máx
<b>DP-BUZ-1_C1</b> <sup>1</sup>	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	3,15 (ABTC)
<b>URG_C3</b> <sup>2</sup>	nd (SUP)	4,00 (TC)
<b>URG_C4</b> <sup>3</sup>	nq (SUP/ACTC/TC/ABTC)	142,00 (ACTC)
<b>URG_C5</b> <sup>4</sup>	nd (SUP/TC)	4,10 (SUP)
<b>URG_C6</b> <sup>5</sup>	nq (ACTC/TC/ABTC)	1,60 (ABTC)
<b>URG_C7</b> <sup>6</sup>	1,04 (TC)	1,61 (TC)
<b>URG_C8</b> * <sup>7</sup>	-	-
<b>URG_C9</b> <sup>8</sup>	1,06 (TC)	2,79 (ABTC)
<b>URG_C10</b> <sup>9</sup>	nq (SUP/ACTC/TC/ABTC)	1,74 (SUP)
<b>URG_C11</b> <sup>10</sup>	nd (ACTC/TC/ABTC)	2,07 (SUP)
<b>PIL-LL-NE_C1</b> <sup>11</sup>	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	2,70 (TC)
<b>PIL-LL-NE_C2</b> <sup>12</sup>	n.q. (SUP)	1,69 (TC)
<b>PIL-LL-NE_C3</b> * <sup>13</sup>	-	-
<b>PIL-LL-NE_C4</b> <sup>14</sup>	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
<b>PIL-LL-NE_C5</b> <sup>15</sup>	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	1,56 (SUP/ABTC)
<b>PIL-LL-NE_C6</b> <sup>16</sup>	n.d. (TC/ABTC)	1,47 (SUP)
<b>PIL-LL-NE_C7</b> <sup>17</sup>	1,07 (SUP)	1,83 (ABTC)
<b>DP-IRA-S_C1</b> <sup>18</sup>	n.q. (ACTC/TC/ABTC)	2,00 (SUP)
<b>DP-IRA-S_C2</b> * <sup>19</sup>	-	-
<b>DP-IRA-S_C3</b> <sup>20</sup>	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	1,00 (TC)
<b>DP-IRA-S_C4</b> <sup>21</sup>	n.d. (SUP/ACTC)	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
<b>DP-IRA-S_C5</b> <sup>22</sup>	n.q. (ACTC/TC/ABTC)	1,48 (SUP/ACTC)
<b>DP-IRA-S_C6</b> <sup>23</sup>	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	1,81 (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/Analytical Solutions (2012); 3 = Petrobras/Analytical Solutions (2013); 4 = Petrobras/Bourscheid (2014); 5 = Petrobras/Bourscheid (2015a); 6 = Petrobras/Bourscheid (2016a); 7 = Petrobras/Bourscheid (2017a); 8 = Petrobras/Bourscheid (2018a); 9 = Petrobras/Bourscheid (2019b); 10 = Petrobras/Bourscheid (2019c); 11 = Petrobras/Bourscheid (2015b); 12 = Petrobras/Bourscheid (2015c); 13 = Petrobras/Bourscheid (2018b); 14 = Petrobras/Bourscheid (2018c); 15 = Petrobras/Bourscheid (2019d); 16 = Petrobras/Bourscheid (2019e); 17 = Petrobras/Bourscheid (2020a); 18 = Petrobras/Bourscheid (2016b); 19 = Petrobras/Bourscheid (2017b); 20 = Petrobras/Bourscheid (2018d); 21 = Petrobras/Bourscheid (2019f); 22 = Petrobras/Bourscheid (2019g); 23 = Petrobras/Bourscheid (2020b).

Na Figura V-16, são apresentadas as faixas de concentrações de COT obtidas em cada profundidade durante as campanhas de monitoramento do projeto. Observa-se que a primeira campanha apresentou maior amplitude de valores e maiores concentrações máximas, exceto na SUP. Através da aplicação do teste estatístico *Mann-Whitney* para todas as profundidades foram verificadas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre os dados das campanhas de monitoramento apenas na ABTC. Cabe ressaltar que os métodos utilizados, os limites de detecção e laboratórios foram iguais entre as campanhas (método SMEWW 5310B, LD C1 e C2 = 0,3 mg/L C).



**Figura V-16 – Concentrações de COT (mg/L C) observadas ao longo das campanhas do Projeto de Monitoramento Ambiental da fase de operação 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. 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 detectadas (LD = 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-14, 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 23 referências citadas, apenas sete quantificaram concentrações do parâmetro.

**Tabela V-14 - 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.**

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)
URG_C3 <sup>2</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	0,06 (ABTC)
URG_C4 <sup>3</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
URG_C5 <sup>4</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
URG_C6 <sup>5</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
URG_C7 <sup>6</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
URG_C8 <sup>7</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
URG_C9 <sup>8</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	0,025 (ACTC)
URG_C10 <sup>9</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	0,034 (ABTC)
URG_C11 <sup>10</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
PIL-LL-NE_C1 <sup>11</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
PIL-LL-NE_C2 <sup>12</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
PIL-LL-NE_C3 <sup>13</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
PIL-LL-NE_C4 <sup>14</sup>	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	0,0200 (ACTC)
PIL-LL-NE_C5 <sup>15</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	0,049 (ACTC)
PIL-LL-NE_C6 <sup>16</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
PIL-LL-NE_C7 <sup>17</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
DP-IRA-S_C1 <sup>18</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
DP-IRA-S_C2 <sup>19</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
DP-IRA-S_C3 <sup>20</sup>	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	0,0170 (SUP/ABTC)
DP-IRA-S_C4 <sup>21</sup>	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	0,030 (SUP)
DP-IRA-S_C5 <sup>22</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.q. (SUP/ACTC/TC/ABTC)
DP-IRA-S_C6 <sup>23</sup>	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)	n.d. (SUP/ACTC/TC/ABTC)

Fonte: 1 = Petrobras/Bourscheid (2019a); 2 = Petrobras/Analytical Solutions (2012); 3 = Petrobras/Analytical Solutions (2013); 4 = Petrobras/Bourscheid (2014); 5 = Petrobras/Bourscheid (2015a); 6 = Petrobras/Bourscheid (2016a); 7 = Petrobras/Bourscheid (2017a); 8 = Petrobras/Bourscheid (2018a); 9 = Petrobras/Bourscheid (2019b); 10 = Petrobras/Bourscheid (2019c); 11 = Petrobras/Bourscheid (2015b); 12 = Petrobras/Bourscheid (2015c); 13 = Petrobras/Bourscheid (2018b); 14 = Petrobras/Bourscheid (2018c); 15 = Petrobras/Bourscheid (2019d); 16 = Petrobras/Bourscheid (2019e); 17 = Petrobras/Bourscheid (2020a); 18 = Petrobras/Bourscheid (2016b); 19 = Petrobras/Bourscheid (2017b); 20 = Petrobras/Bourscheid (2018d); 21 = Petrobras/Bourscheid (2019f); 22 = Petrobras/Bourscheid (2019g); 23 = Petrobras/Bourscheid (2020b).

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 detectados teores de fenóis em nenhuma das estações amostradas, sendo o limite de detecção do método de 0,04 µg/L. Desta forma, as amostras da atual campanha encontram-se enquadradas conforme a resolução supracitada.

Corroborando as não detecções verificadas na presente campanha, destaca-se que a ausência de concentrações detectáveis 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).

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

### V.1.9 - Hidrocarbonetos

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, C. *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 (BOULIOUBASSI; 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; BOULIOUBASSI, 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 do mesmo. 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 detectadas concentrações de HPA's em nenhuma das estações amostrais pelo método de análise aplicado ( $LD = 0,002 \mu\text{g/L}$ ). Da mesma maneira, destaca-se a ausência de concentrações detectáveis de HPA's em quase todas as campanhas de monitoramento anteriormente realizadas na região do polo Pré-Sal, que também não observaram concentrações detectáveis (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), evidenciando-se que não detecções 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  $0,19 \mu\text{g/L}$  (ACTC/ABTC) (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2018c). Na terceira campanha de monitoramento do DP de Iracema Sul, as concentrações variaram entre não detectado (ACTC/ABTC) e  $0,341 \mu\text{g/L}$  (ABTC) (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2018d).

Como todas as concentrações de HPA's de todas as campanhas deste monitoramento não foram detectadas, 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 detectadas concentrações para HTP, n-alcanos e MCNR ( $LD = 0,2 \mu\text{g/L}$ ).

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  $65.601,44 \mu\text{g/L}$  (TC) na primeira campanha, enquanto a 2ª campanha apresentou concentrações menores, variando desde 2,10 (ABTC) até  $6,10 \mu\text{g/L}$  (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 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).

Em relação aos n-alcanos, a maioria das campanhas não encontrou valores detectáveis 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). Na primeira campanha de monitoramento da fase de operação de Uruguá, foram observados valores detectáveis de n-alcanos em 25 das 36 amostras, com concentrações variando entre não detectado (SUP/ACTC/TC/ABTC) e 3.644 µg/L (ABTC) (PETROBRAS/ANALYTICAL SOLUTIONS, 2012). Já na primeira campanha de monitoramento do DP Iracema Sul, as concentrações de n-alcanos variaram entre não detectado e 72,47 µg/L (ABTC) e na terceira campanha de monitoramento do DP Iracema Sul, as concentrações variaram entre não detectado (LD = 0,2 µg/L) e 1,10 µg/L (ACTC) (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2016b, 2018d).

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 µg/L (TC), durante a primeira campanha de monitoramento da fase de operação do sistema de Uruguá, e valores entre não detectado e 440 µg/L (ABTC) na primeira campanha de monitoramento do DP Iracema Sul (PETROBRAS/ANALYTICAL SOLUTIONS, 2012, PETROBRAS/BOURSCHEID, 2016b). Nas demais campanhas não foram detectadas 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).

Como não foram detectadas concentrações de HTP, n-alcanos 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 (KOLESNIKOVA, C. *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 detectadas concentrações acima dos limites de detecção (LD = 0,3 µg/L) para BTEX. Os valores encontrados 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 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), 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 concentrações de BTEX na campanha anterior deste projeto, não existe variabilidade de resultados a ser verificada através de gráficos e testes estatísticos.



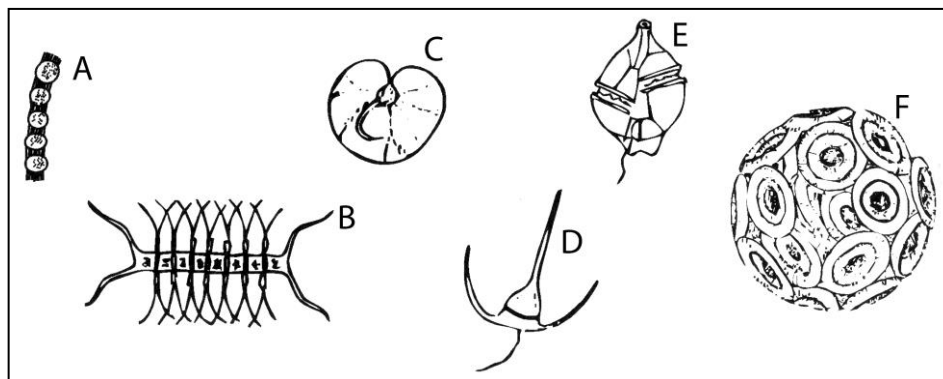
## V.2 - PLÂNCTON

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), virioplâncton (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 Cryophyceae (silicoflagelados); Cryptophyceae (criptofíceas) (BONECKER *et al.*, 2009; LALLI; PARSONS, 1995) (Figura V-17).



Fonte: Bonecker, Bonecker e Bassani (2009).

**Figura V-17** – Representação esquemática de alguns gêneros do fitoplâncton. Diatomáceas: (A) *Skeletonema*; (B) *Chaetoceros*; (C) *Pleurosigma*. Dinoflagelados: (D) *Noctiluca*; (E) *Ceratium*. Primmnesiófita: (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 (BRANDINI *et al.*, *op. cit.*). Portanto, oscilações em sua estrutura podem acarretar em 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

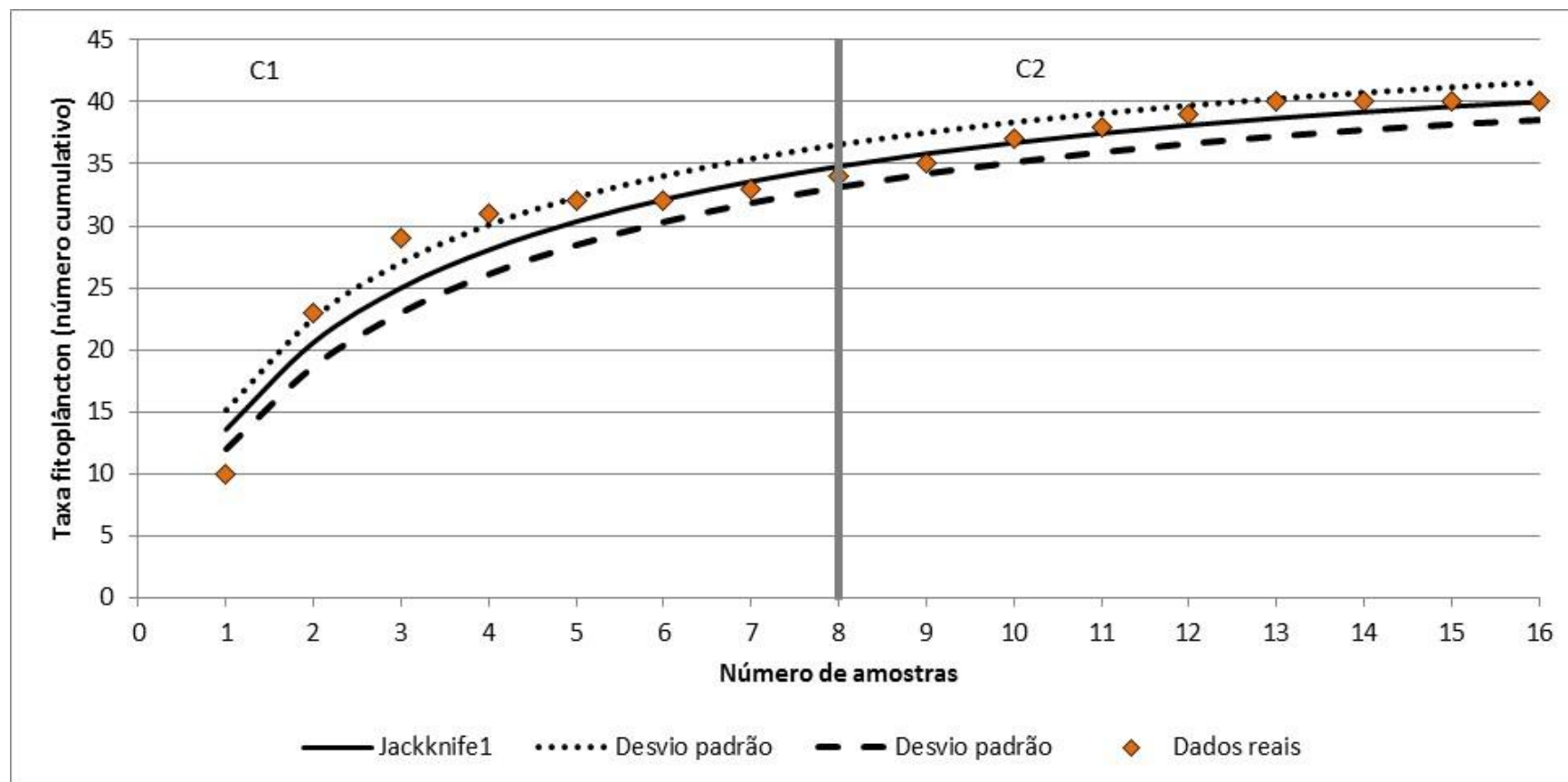
grandes densidades na água do mar. No entanto, em certas situações, algumas espécies podem ser nocivas ao produzirem toxinas ou por causar impactos negativos ao ecossistema. Dentre as 5.000 espécies estimadas, aproximadamente 40 produzem toxinas (HALLEGRARFF, 1995). Essas espécies podem se reproduzir 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 fitoplânctônica, 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; 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 duas campanhas de monitoramento realizadas, foram coletadas 16 amostras para esse grupo, contabilizando, no total, 40 taxa (34 na primeira campanha e 6 na segunda) (Figura V-18). 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 (77% 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. 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.

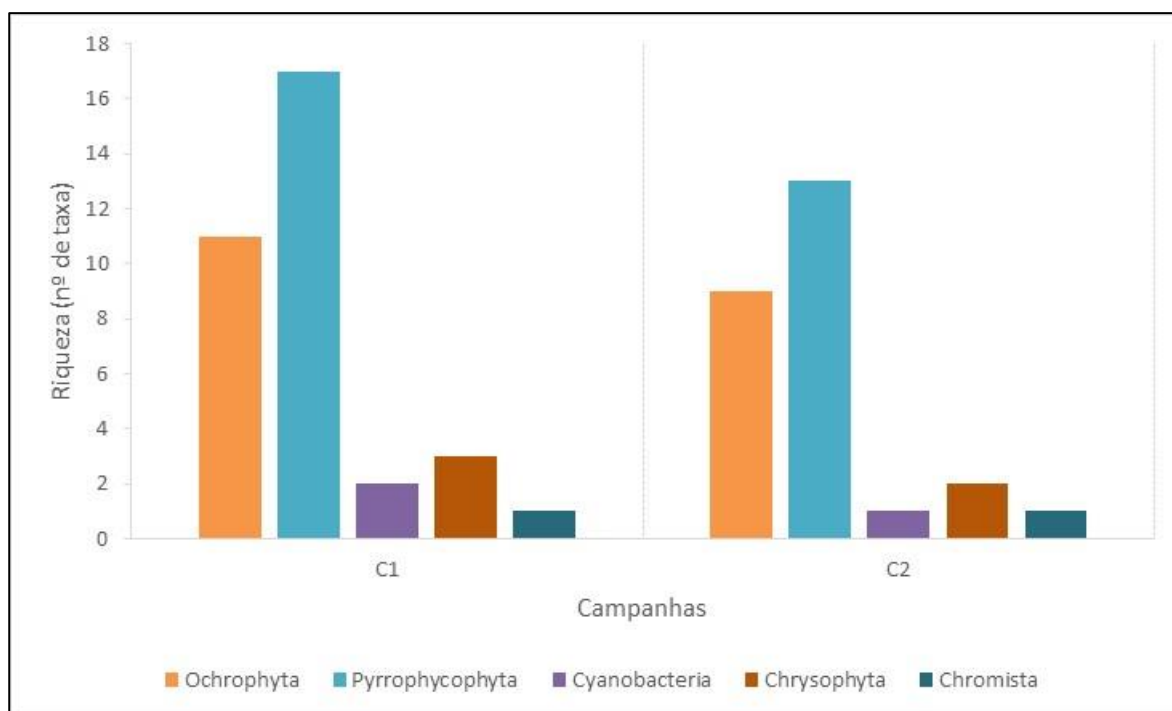
Em comparação com a curva de Jackknife 1, que representa o número cumulativo de taxa esperado, a distribuição real esteve abaixo da distribuição esperada apenas na primeira amostra, aproximando-se do intervalo do desvio padrão da curva de Jackknife na segunda amostra até o final.



**Figura V-18** – Número cumulativo de taxa por amostra de fitoplâncton, encontrados ao longo da primeira campanha do 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. 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 um reino, três divisões e um filo: reino Chromista, divisões Ochrophyta, Pyrrophyphyta, Chrysophyta e filo Cyanobacteria. A divisão Pyrrophyphyta foi a mais rica entre os registros, e apresentou riqueza total de 13 taxa. Ochrophyta e Chrysophyta apresentaram, respectivamente, 9 e 2 taxa, enquanto o filo Cyanobacteria e o reino Chromista registraram 1 táxon cada. 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-19). A listagem das espécies fitoplanctônicas coletadas na atual campanha está contida no Anexo X-2.



**Figura V-19** – Riqueza de taxa das divisões fitoplanctônicas ao longo das duas campanhas 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.

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).

O reino Chromista é representado por fitoflagelados, dentro do fitoplâncton. Dentro desse reino estão algumas das divisões que ocorreram nesta campanha, como Pyrrophytophyta e Chrysophyta (ITIS, 2018). Esse reino inclui organismos microscópicos, eucariontes, aclorofilados, heterotróficos e apresentam flagelos em suas estruturas de reprodução assexuada (zoósporos) e sexuada (planogametas) (KIRK *et al.*, 2008 *apud* MOREIRA & SCHOENLEIN-CRUSIUS, 2010).

A Divisão Pyrrophytophyta é representado por espécies carapaçadas (tecadas), que se distinguem pela célula encerrada em uma teca formada por placas separáveis, e pelas não carapaçadas (nuas ou atecadas) que não possuem essas placas (BALECH, 1988). Esses organismos apresentam dois flagelos quase sempre apresentando disposição ortogonal com diferentes funções. Um deles realiza movimento de rotação para frente e o outro empurra a água posteriormente impulsionando o organismo para frente (RUPPERT *et al.*, 2005). Devido as suas características de mobilidade vertical, os dinoflagelados apresentam vantagem, principalmente em zonas com maior estabilidade da coluna de água. Em zonas de turbulência, o movimento da coluna de água facilita o deslocamento vertical de formas desprovidas de flagelos (MOITA, 2001), como as diatomáceas. Alguns dinoflagelados liberam toxinas prejudiciais a um grande número de organismos, refletindo de maneira negativa nas atividades de pesca, de turismo e à saúde humana (VALE, 2004), sendo também os principais responsáveis pelo fenômeno de maré vermelha ou por floração de algas nocivas.

Tanto os dinoflagelados (Divisão Pyrrophytophyta) quanto as diatomáceas (Divisão Ochrophyta e Chrysophyta), registrados na atual campanha, são organismos de grande importância para as comunidades fitoplantônicas, 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 consequentemente 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 (HALLEGRARFF, 1995).

As algas crisófitas (divisão Crysophyta) são, em sua maioria, unicelulares e abundantes em ambientes marinhos e continentais. Dentro desta divisão estão incluídas as algas douradas, as diatomáceas e as xantofícias (SIMBIOTICA, 2017).

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 no 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-15, são apresentados os valores de riqueza, densidade, diversidade e equitabilidade para a comunidade fitoplânctônica encontrados na segunda campanha. Já na Tabela V-16, 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 2020, 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-15** - Valores de riqueza de taxa, densidade, diversidade e equitabilidade encontrados para a comunidade fitoplancônica da atual campanha de monitoramento do DP-BUZ-1, Bacia de Santos.

Estação	Estratos	Riqueza	Densidade (ind/L)	Diversidad e (bits/ind)	Equitabilidade
DP-BUZ-1_M1000	SUP	16	75,33	2,50	0,90
	ACTC	13	120,15	2,19	0,86
	TC	8	38,78	1,97	0,95
	ABTC	16	96,47	2,48	0,89
DP-BUZ-1_J1002	SUP	13	67,48	2,11	0,82
	ACTC	9	55,66	1,61	0,73
	TC	13	82,18	2,26	0,88
	ABTC	11	107,46	2,16	0,90
mínimo		8,00	38,78	1,61	0,73
máximo		16,00	120,15	2,50	0,95
média		12,38	80,44	2,16	0,87
desvio padrão		2,92	27,02	0,28	0,07



**Tabela V-16 – Resultados (mínimo e máximo) dos dados ecológicos obtidos para a comunidade fitoplanctônica na campanha de monitoramento ambiental anterior do DP-BUZ-1 e nas campanhas anteriores realizadas na região.**

Empreendimento	Riqueza		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
URG_C3 <sup>2</sup>	12	37	189.483,70	325.455,30	0,50	0,82	0,41	0,68
URG_C4 <sup>3</sup>	14	37	1.081.403,00	1.336.833,50	0,03	0,23	0,01	0,07
URG_C5 <sup>4</sup>	2	8	9.000,00	28.000,00	1,35	2,47	0,62	0,85
URG_C6 <sup>5</sup>	2	2	0,00	1.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00
URG_C7 <sup>6</sup>	1	4	100,00	1.000,00	0,00	1,19	0,00	1,00
URG_C8 <sup>7</sup>	1	2	20,00	240,00	0,00	0,69	0,00	1,00
URG_C9 <sup>8</sup>	0	5	0,00	360,00	0,00	1,34	0,00	0,97
URG_C10 <sup>9</sup>	6	16	28,92	135,18	1,62	2,26	0,68	0,95
URG_C11 <sup>10</sup>	9	19	57,64	211,99	1,80	2,75	0,74	0,94
PIL-LL-NE_C1 <sup>11</sup>	0	5	0	8.0000	0	0,50	0	0,45
PIL-LL-NE_C2 <sup>12</sup>	2	5	200	500	0,69	1,61	0,95	1
PIL-LL-NE_C3 <sup>13</sup>	0	3	0	100	0,00	1,10	0,00	1,00
PIL-LL-NE_C4 <sup>14</sup>	0	6	0	380	0	1,70	0	1,00
PIL-LL-NE_C5 <sup>15</sup>	8	15	43,68	89,01	1,81	2,62	0,83	0,97
PIL-LL-NE_C6 <sup>16</sup>	7	13	21,69	183,24	1,83	2,25	0,86	0,97
PIL-LL-NE_C7 <sup>17</sup>	6	11	49,19	160,54	1,13	2,16	0,57	0,90
DP-IRA-S_C1 <sup>18</sup>	0	6	0	900	0,00	1,68	0,00	0,96
DP-IRA-S_C2 <sup>19</sup>	0	1	0	40	0,00	0,00	0,00	0,00
DP-IRA-S_C3 <sup>20</sup>	0	4	0	140	0	1,15	0	0,83
DP-IRA-S_C4 <sup>21</sup>	4	15	22,73	52,20	1,28	2,64	0,78	0,97

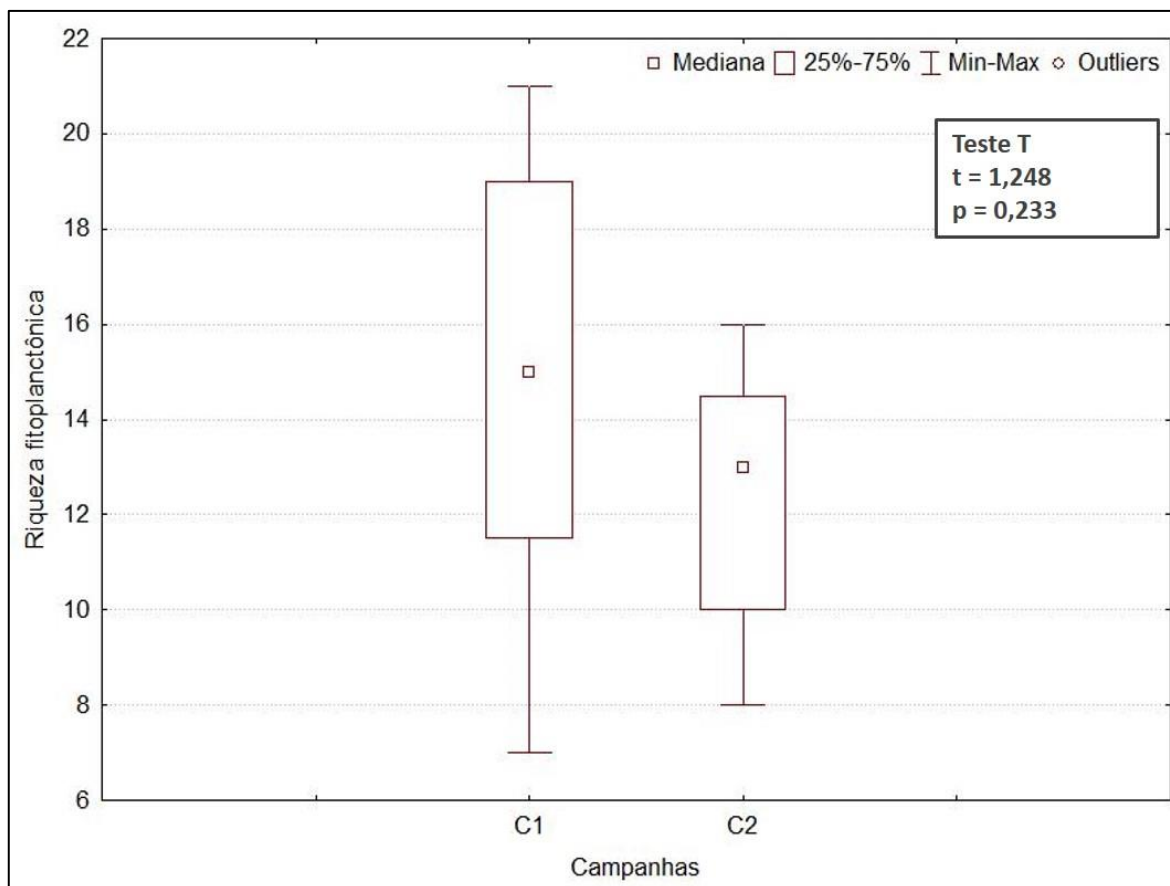
Empreendimento	Riqueza		Densidade (ind/m <sup>2</sup> )		Diversidade (bits/ind)		Equitabilidade	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
<b>DP-IRA-S_C5</b> <sup>22</sup>	10	20	74,79	171,22	1,92	2,71	0,83	0,94
<b>DP-IRA-S_C6</b> <sup>23</sup>	7	12	30,04	421,98	1,44	2,20	0,65	0,96

Fonte: 1 = Petrobras/Bourscheid (2019a); 2 = Petrobras/Analytical Solutions (2012); 3 = Petrobras/Analytical Solutions (2013); 4 = Petrobras/Bourscheid (2014); 5 = Petrobras/Bourscheid (2015a); 6 = Petrobras/Bourscheid (2016a); 7 = Petrobras/Bourscheid (2017a); 8 = Petrobras/Bourscheid (2018a); 9 = Petrobras/Bourscheid (2019b); 10 = Petrobras/Bourscheid (2019c); 11 = Petrobras/Bourscheid (2015b); 12 = Petrobras/Bourscheid (2015c); 13 = Petrobras/Bourscheid (2018b); 14 = Petrobras/Bourscheid (2018c); 15 = Petrobras/Bourscheid (2019d); 16 = Petrobras/Bourscheid (2019e); 17 = Petrobras/Bourscheid (2020a); 18 = Petrobras/Bourscheid (2016b); 19 = Petrobras/Bourscheid (2017b); 20 = Petrobras/Bourscheid (2018d); 21 = Petrobras/Bourscheid (2019f); 22 = Petrobras/Bourscheid (2019g); 23 = Petrobras/Bourscheid (2020b).

A análise da comunidade fitoplanctônica registrou um total de 26 taxa, dentre os quais, 1 foi identificado a nível de reino, 1 a nível de classe, 1 a nível de ordem, 1 a nível de família, 11 a nível de gênero e 11 a nível de espécie. O número de taxa variou entre 8, na amostra DP-BUZ-1\_M1000\_TC, e 16, em DP-BUZ-1\_M1000\_SUP e DP-BUZ-1\_M1000\_ABTC, com média de  $12,38 \pm 2,92$  taxa.

Os dados de riqueza total da atual campanha (valores de riqueza entre 8 e 16 taxa) estão na faixa de variação dos valores registrados, sendo levemente superiores a maioria dos resultados obtidos nas campanhas anteriores realizadas na região (valores de riqueza entre 0 e 37 taxa) (Tabela V-16).

A primeira 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 à segunda campanha (Figura V-20). Entretanto, não foram encontradas diferenças significativas entre os valores de riqueza de taxa entre as duas campanhas de monitoramento (*Teste T*,  $p > 0,05$ ).

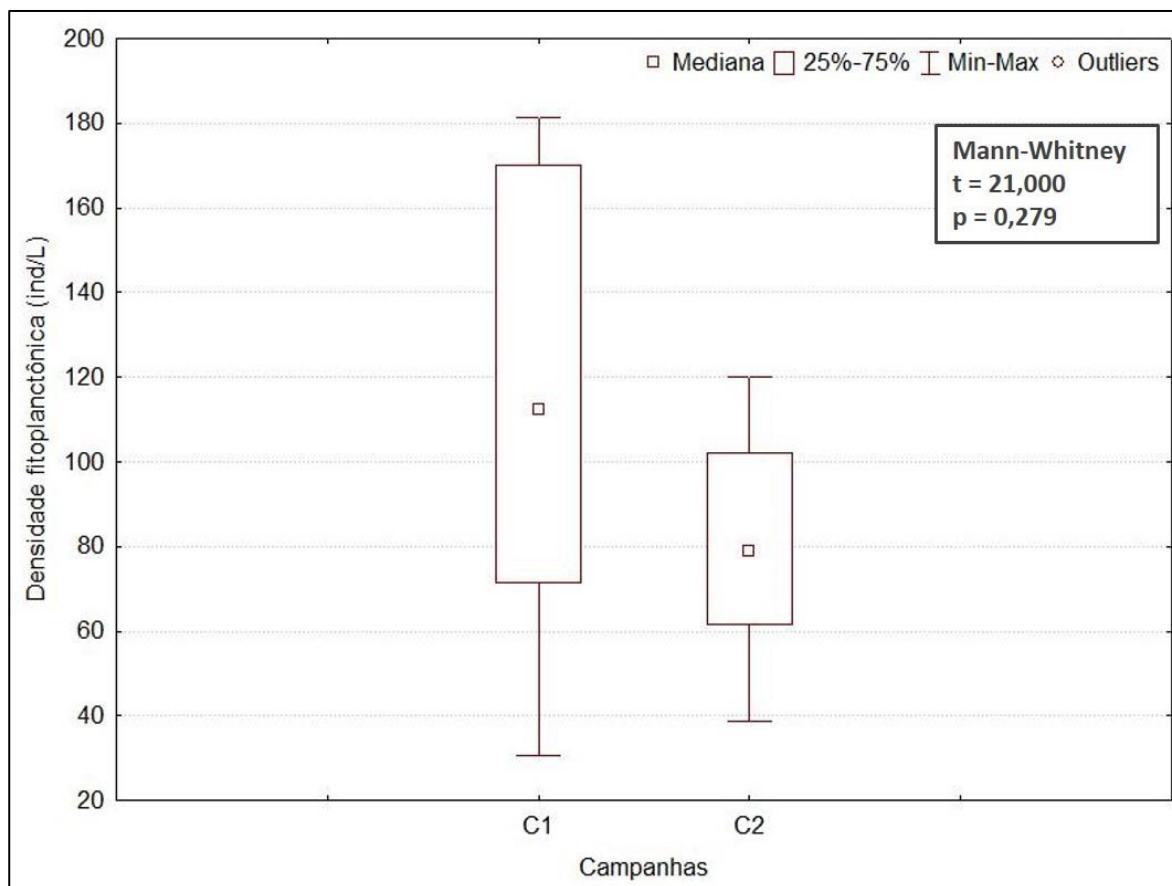


**Figura V-20** - Box plots representativos dos valores de riqueza (nº de taxa) das comunidades fitoplanctônicas encontradas nas duas campanhas de monitoramento ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal, Bacia de Santos – Etapa 2 – Desenvolvimento da Produção de Búzios 1.

A densidade média dos organismos fitoplanctônicos da atual segunda campanha foi de  $80,44 \pm 27,02$  ind/L, variando de 38,78 ind/L, na amostra DP-BUZ-1\_M1000\_TC, a 120,15 ind/L, na amostra DP-BUZ-1\_M1000\_ACTC. Em comparação aos dados de densidade já verificados para a região (Tabela V-16), observa-se que os mesmos 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-2.

Assim como para a riqueza de taxa, a primeira campanha de monitoramento do DP-BUZ-1 apresentou maiores valores de densidade e maior amplitude de valores para esse parâmetro (valores entre 30,50 e 181,44 ind/L) em relação à segunda campanha (Figura V-21). Não foram encontradas diferenças significativas

entre os valores de densidade entre as duas campanhas de monitoramento (*Mann-Whitney*,  $p < 0,05$ ).

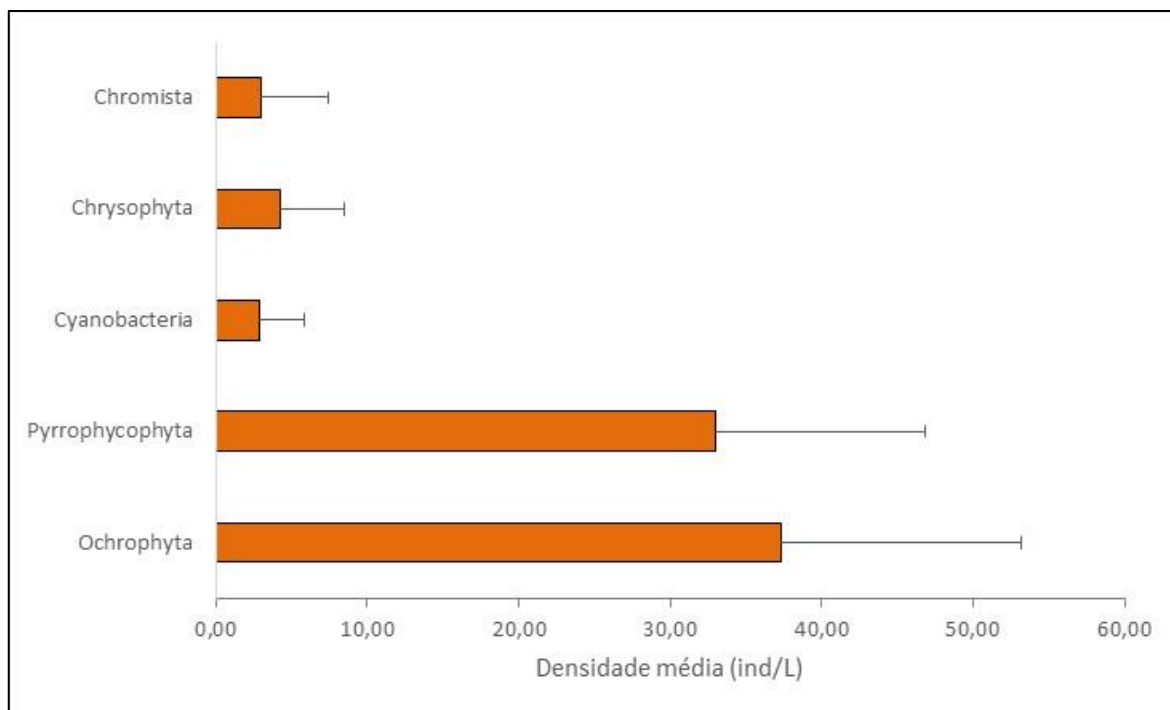


**Figura V-21** – Box plots representativos dos valores de densidade das comunidades fitoplanctônicas encontradas nas duas campanhas de monitoramento ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal, Bacia de Santos – Etapa 2 – Desenvolvimento da Produção de Búzios 1.

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).

A divisão Ochrophyta registrou densidade média de  $37,31 \pm 15,91$  ind/L, seguido pela divisão Pyrrophytophyta, com  $33,01 \pm 13,83$  ind/L. Chrysophyta apresentou densidade de  $4,24 \pm 4,22$  ind/L enquanto Chromista registrou  $2,97 \pm 4,47$  ind/L. Cyanobacteria apresentou a menor densidade, com  $2,91 \pm 2,97$  ind/L.

(Figura V-22). Na primeira campanha também foram observadas maiores densidades da divisão Ochrophyta (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2019a).

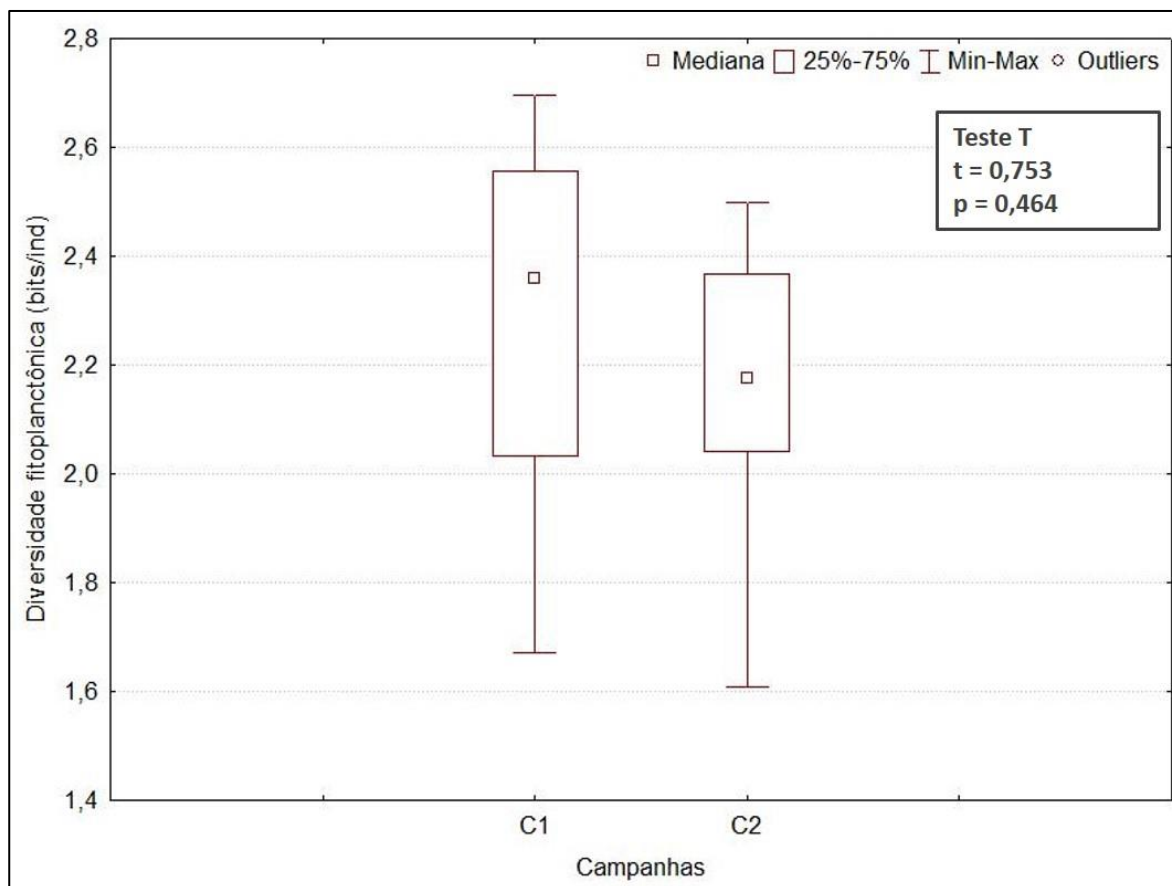


**Figura V-22** – Densidade média de organismos (ind/L) das divisões fitoplanctônicas da atual campanha de monitoramento ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal, Bacia de Santos – Etapa 2 – Desenvolvimento da Produção de Búzios 1. A barra laranja representa a densidade média dos grupos  $\pm$  desvio-padrão.

O índice de diversidade apresentou resultados variando entre 1,61 bits/ind, na amostra DP-BUZ-1\_J1002\_ACTC e 2,50 bits/ind, na amostra DP-BUZ-1\_M1000\_SUP, com média de  $2,16 \pm 0,28$  bits/ind. Em comparação com os dados de diversidade já verificados para a região (Tabela V-16), observa-se que os mesmos variaram bastante, e que os resultados da atual campanha encontram-se na faixa de variação dos valores já obtidos para a região, sendo levemente superiores aos valores registrados na maioria das campanhas.

Na Figura V-23 são apresentados os valores de diversidade de fitoplâncton obtidos nas duas campanhas de monitoramento ambiental do DP-BUZ-1. A primeira campanha apresentou maiores valores 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 as campanhas de monitoramento (*Teste T*,  $p > 0,05$ ).

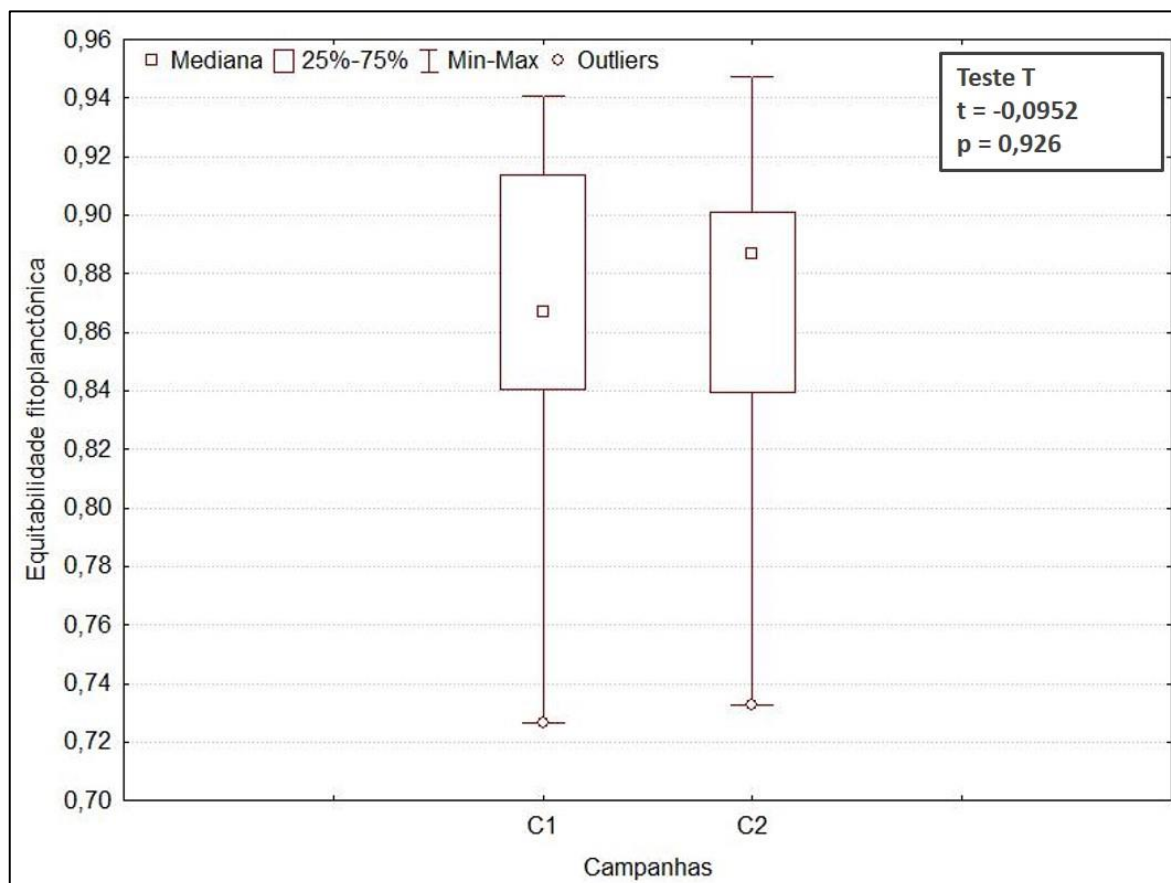


**Figura V-23** – Box plots representativos dos valores de diversidade das comunidades fitoplanctônicas encontradas nas duas campanhas de monitoramento ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal, Bacia de Santos – Etapa 2 – Desenvolvimento da Produção de Búzios 1.

A equitabilidade para essa campanha apresentou média de  $0,87 \pm 0,07$ . A amostra DP-BUZ-1\_J1002\_ACTC apresentou a menor equitabilidade (0,73), enquanto a maior equitabilidade foi registrada na amostra DP-BUZ-1\_M1000\_TC (0,95). Em comparação aos dados de equitabilidade já verificados para a região (Tabela V-16), observa-se que os mesmos variaram bastante, e que os resultados da atual campanha encontram-se na faixa de variação dos valores já obtidos para a região, sendo levemente superiores aos valores mínimos registrados na maioria das campanhas.



Na Figura V-24 são apresentados os valores de equitabilidade de fitoplâncton obtidos nas duas campanhas de monitoramento ambiental do DP-BUZ-1 (valores entre 0,73 e 0,94 para a primeira campanha e entre 0,73 e 0,95 para a segunda campanha). A primeira e a segunda campanha apresentaram valores mínimo e máximo muito próximos para a equitabilidade, não sendo encontradas diferenças significativas entre as duas campanhas de monitoramento (*Teste T*,  $p > 0,05$ ).



**Figura V-24** – Box plots representativos dos valores de equitabilidade das comunidades fitoplanctônicas encontradas nas duas campanhas 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.

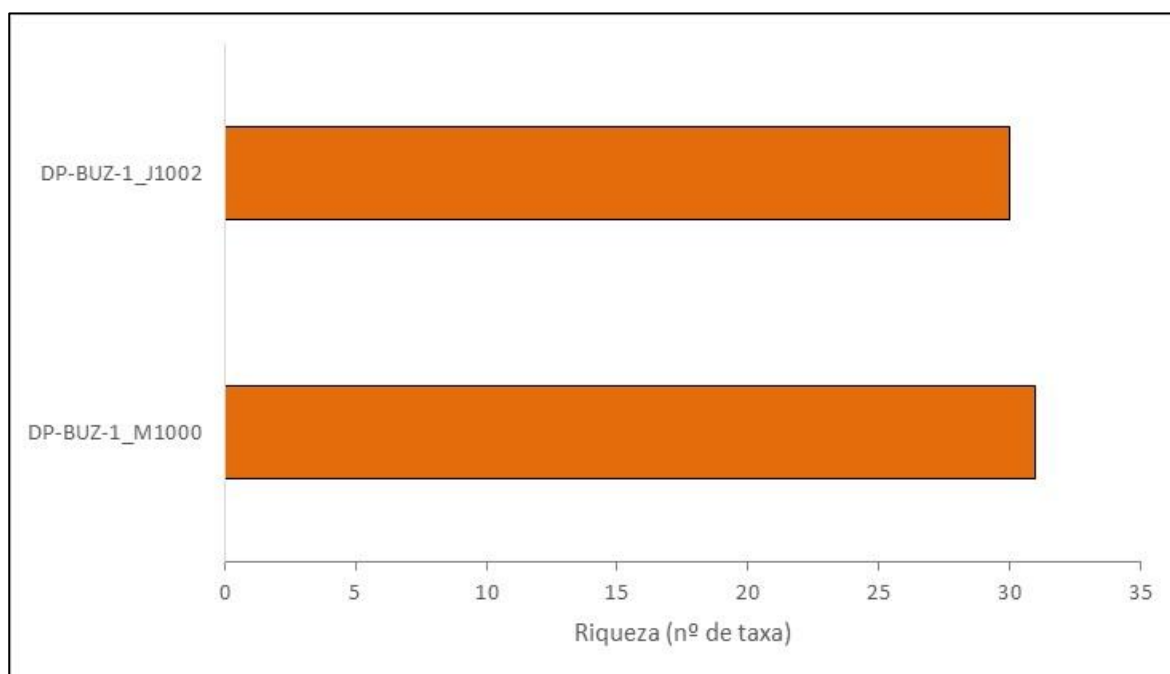
Por fim, é importante salientar que, embora ambas as campanhas utilizaram os mesmos critérios de identificação (até o menor nível taxonômico possível) e contabilização dos organismos, bem como as mesmas fórmulas de cálculo para os índices ecológicos, conforme explicado na metodologia deste relatório, 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.

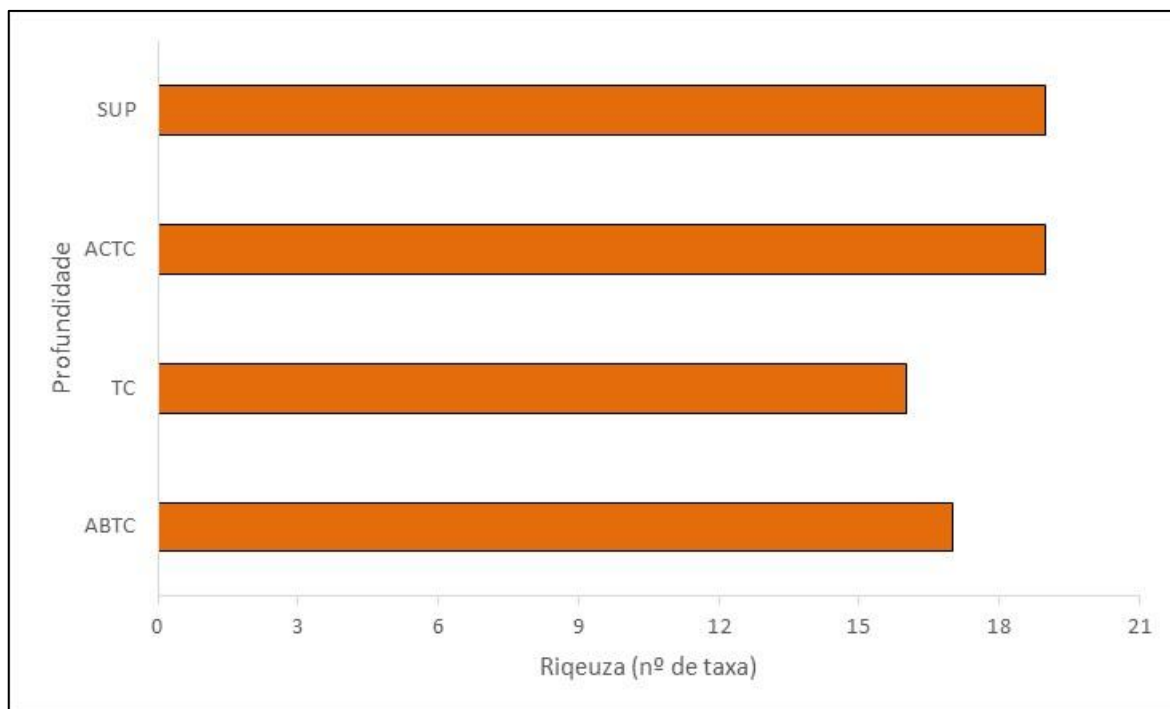
#### **V.2.1.4 - Análise da Distribuição Espacial do Fitoplâncton**

Avaliando a riqueza total de cada estação, pode-se observar que ambas as estações apresentaram praticamente o mesmo valor de riqueza, com 23 taxa na estação DP-BUZ-1\_M1000, e 24 taxa na estação DP-BUZ-1\_J1002 (Figura V-25).



**Figura V-25** – Número de taxa fitoplanctônicos nas duas estações da atual campanha 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. A barra laranja representa a riqueza total (acumulando as profundidades).

A riqueza total nas diferentes profundidades variou de 16 a 19 taxa (Figura V-26). As maiores riquezas foram observadas nos dois primeiros estratos (SUP e ACTC) com o registro de 19 taxa em cada. Em ABTC e TC foram registrados 17 e 16 taxa, respectivamente.



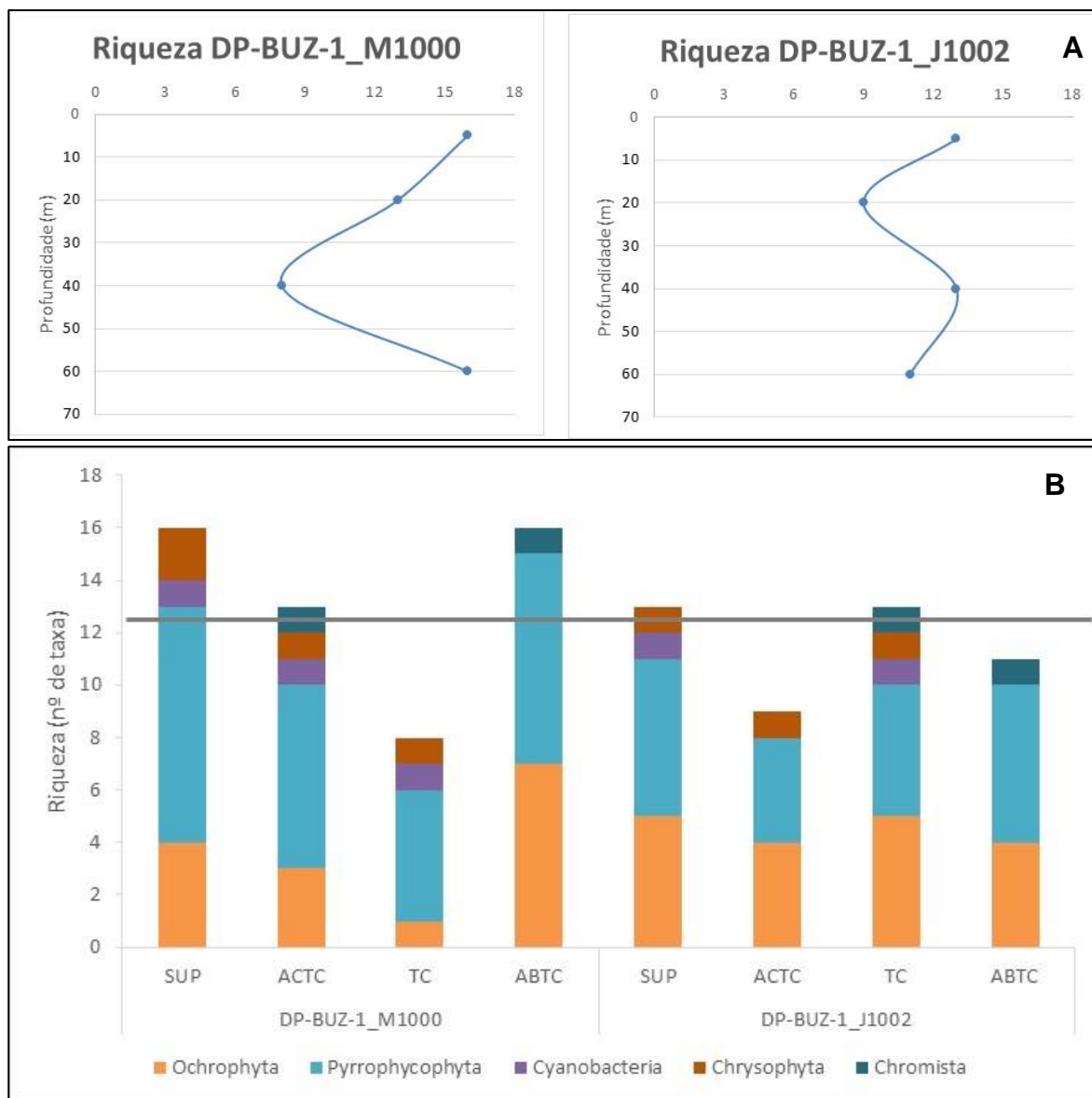
Legenda: SUP: amostragem na superfície; ACTC: amostragem acima da termoclina; TC: amostragem na termoclina; ABTC: amostragem abaixo da termoclina.

**Figura V-26** – Número de taxa fitoplanctônicas nas quatro profundidades (SUP, ACTC, TC e ABTC) da atual campanha 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. A barra laranja representa a riqueza total (acumulando as estações).

Para a riqueza, não foi observada variação na distribuição vertical das estações. Maiores valores de riqueza foram registrados na camada menos e mais profunda (SUP e ABTC) da estação DP-BUZ-1\_M1000, com 16 taxa em cada, enquanto em DP-BUZ-1\_J1002 os maiores valores de riqueza foram registrados na superfície (SUP) e na termoclina (TC), com 13 taxa em cada (Figura V-27).

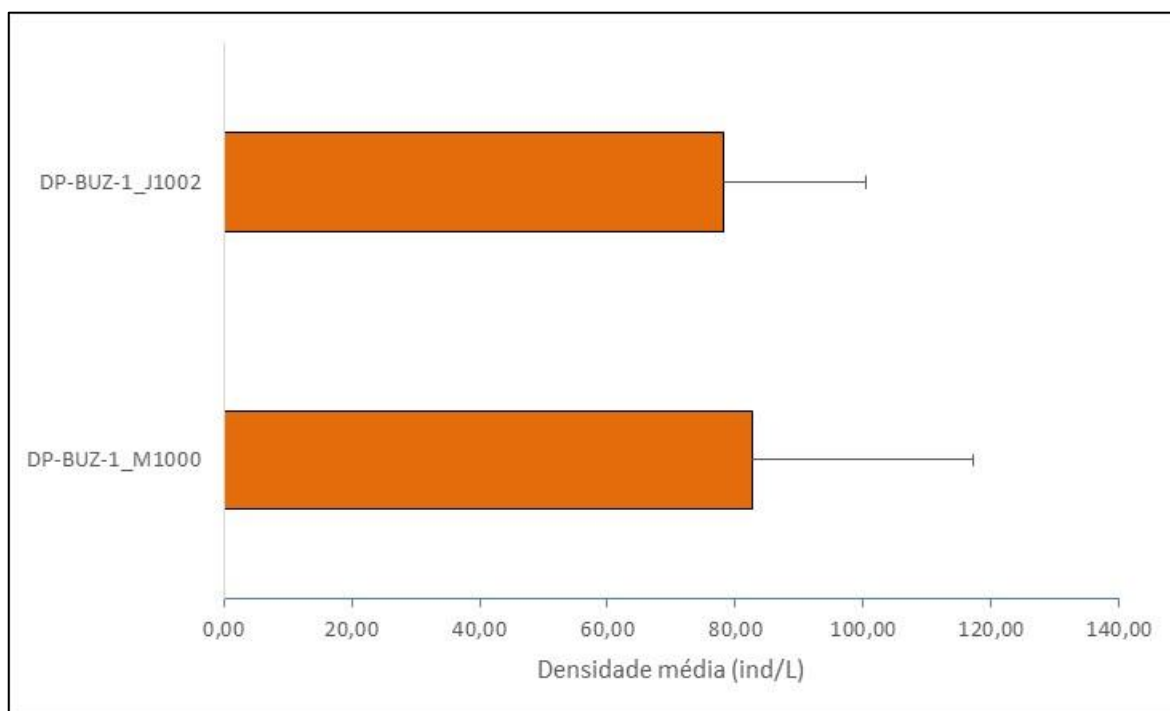
Também foi possível observar que, na distribuição de taxa entre as estações e profundidades, Ochrophyta e Pyrrophytophyta ocorreram em todas as profundidades, com contribuição nas amostras de, no mínimo, 1 taxa e 4 taxon, respectivamente. Chrysophyta e Cyanobacteria não ocorreram abaixo da termoclina (ABTC) de ambas as estações; Cyanobacteria também não ocorreu acima da termoclina da estação DP-BUZ-1\_J1002 e nas amostras em que esse filo foi registrado, contribuiu sempre com 1 taxa. Chromista ocorreu nas amostras acima e abaixo da termoclina (ACTC e ABTC) da estação DP-BUZ-1\_M1000, bem

como nas amostras mais profundas (TC e ABTC) da estação DP-BUZ-1\_J1002, com registro de apenas 1 taxa em cada amostra (Figura V-27).



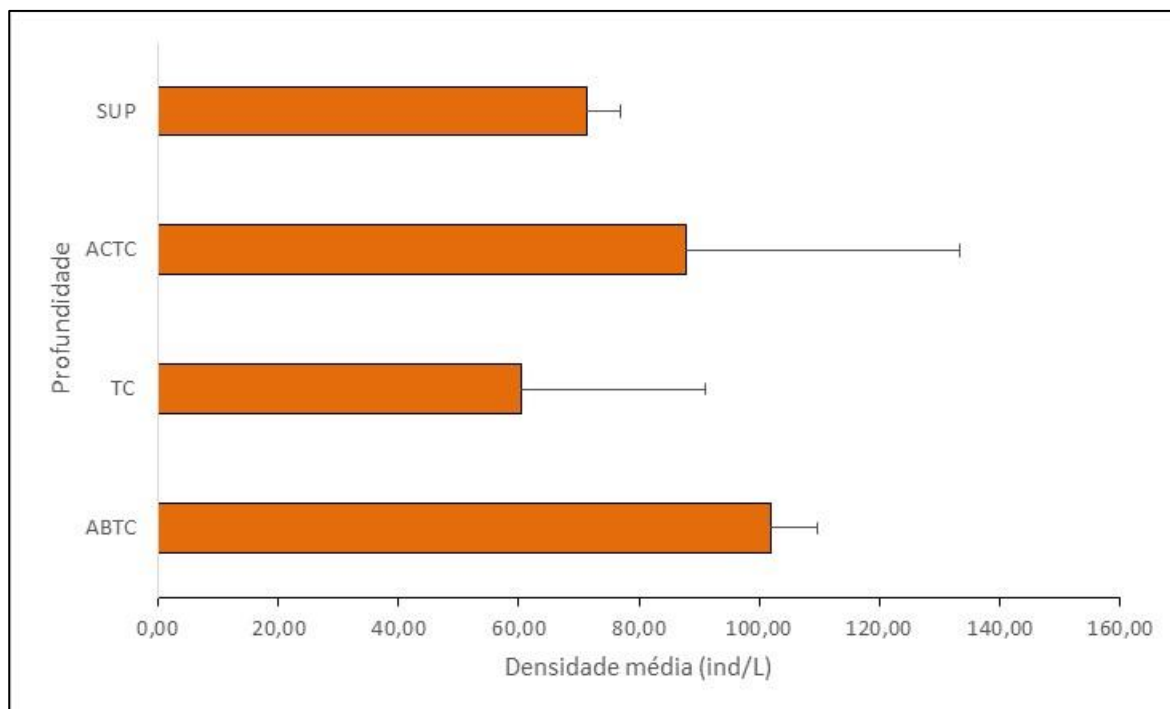
**Figura V-27** – Número de taxa fitoplanctônicas nas duas estações (DP-BUZ-1\_M1000 e DP-BUZ-1\_J1002) e nas quatro profundidades (SUP, ACTC, TC e ABTC) da atual campanha de monitoramento ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal, Bacia de Santos – Etapa 2 – Desenvolvimento da Produção de Búzios 1. 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, ambas apresentaram valores muito próximos: a estação DP-BUZ-1\_M1000 apresentou a maior densidade média, com  $82,68 \pm 34,52$  ind/L, enquanto que a estação DP-BUZ-1\_J1002 apresentou densidade média de  $78,20 \pm 22,32$  ind/L (Figura V-28).



**Figura V-28** – Densidade de organismos fitoplanctônicos (ind/L) nas duas estações da atual campanha 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. A barra laranja representa a densidade média das estações  $\pm$  desvio-padrão.

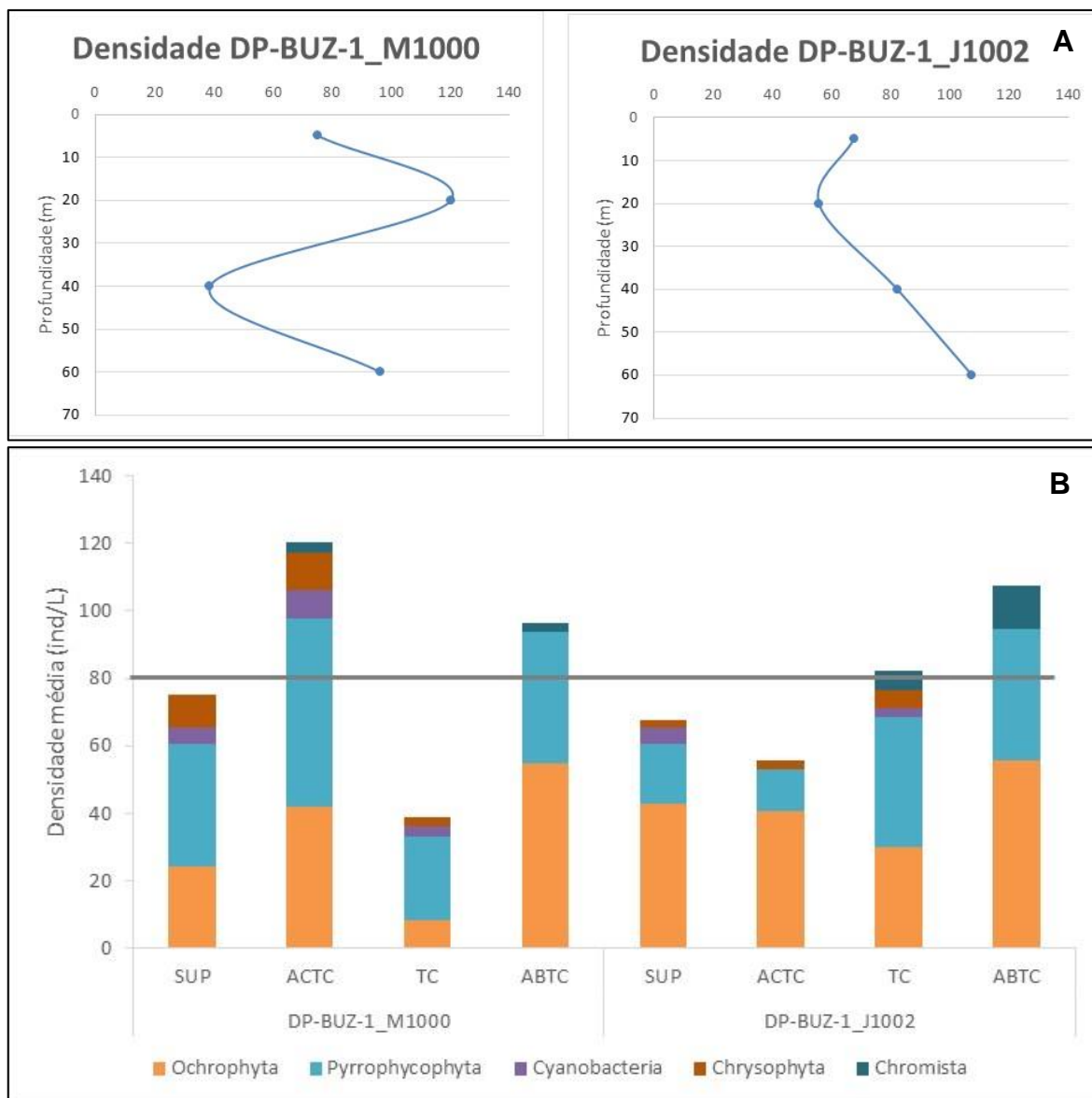
A densidade média nas profundidades variou de  $60,48 \pm 30,69$  ind/L, na TC, a  $101,97 \pm 7,77$  ind/L, em ABTC. Na SUP a densidade média de  $71,41 \pm 5,55$  ind/L, enquanto em ACTC foi registrada densidade média de  $87,97 \pm 45,60$  ind/L (Figura V-29).



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

**Figura V-29** – Densidade de organismos fitoplanctônicos (ind/L) nas quatro profundidades (SUP, ACTC, TC e ABTC) da atual campanha 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. A barra laranja representa a densidade média das profundidades  $\pm$  desvio-padrão.

Não foi verificado padrão de distribuição vertical para a densidade. Foram observados maiores valores de densidade nas duas amostras mais superficiais (ACTC e SUP) da estação DP-BUZ-1\_M1000, enquanto que na estação DP-BUZ-1\_J1002 os maiores valores foram observados nas duas amostras mais profundas (ABTC e TC). Pyrrophytophyta apresentou as maiores densidades nas amostras mais superficiais (SUP, ACTC e TC) da estação DP-BUZ-1\_M1000, bem como na termoclina (TC) da estação DP-BUZ-1\_J1002, contribuindo sempre com 47% ou mais da densidade nessas amostras. Já Ochrophyta contribuiu com, no mínimo, 52% da densidade nas demais amostras (Figura V-30).



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

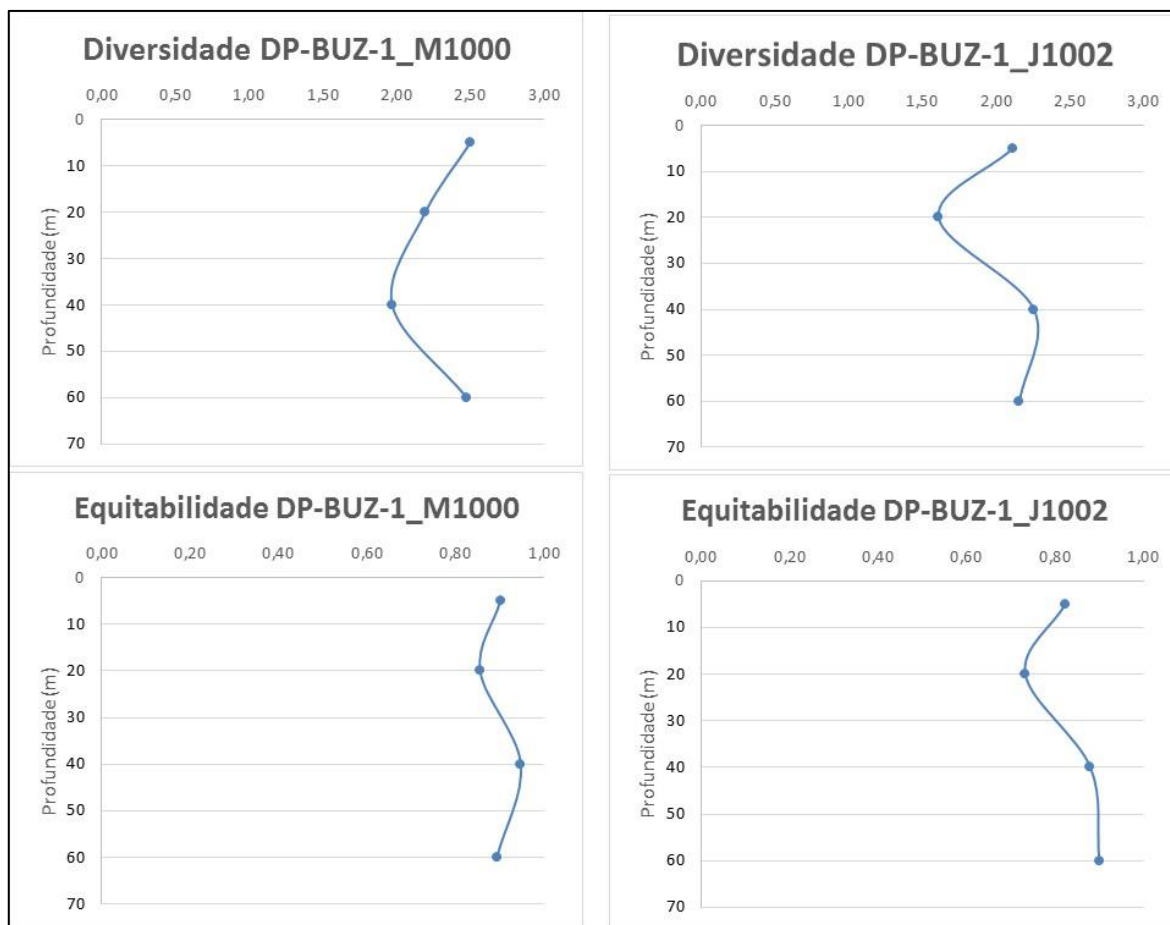
**Figura V-30 – Densidade de organismos fitoplanctônicos (ind/L) nas duas estações (DP-BUZ-1\_M1000 e DP-BUZ-1\_J1002) e nas quatro profundidades (SUP, ACTC, TC e ABTC) da atual campanha de monitoramento ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal, Bacia de Santos – Etapa 2 – Desenvolvimento da Produção de Búzios 1. 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 teve padrão de resposta similar ao perfil de riqueza de taxa em ambas as estações (SHANNON, 1948). Assim, na estação DP-BUZ-1\_M1000, maiores valores de diversidade foram observados na superfície (SUP) e

abaixo da termoclina (ABTC), com 2,50 e 2,48 bits/ind, respectivamente, enquanto na estação DP-BUZ-1\_J1002, o maior valor foi observado na termoclina (2,26 bits/ind)). Já a equitabilidade foi maior na termoclina da estação DP-BUZ-1\_M1000 (0,95) e abaixo da termoclina da estação DP-BUZ-1\_J1002 (0,90) (Figura V-31). Os valores obtidos são representativos de média diversidade e média a alta equitabilidade na maioria das amostras. 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, enquanto a equitabilidade mais próxima a 1, indica uniformidade na distribuição das abundâncias de espécies na comunidade (MAGURRAN, 2003).

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





**Figura V-31** – Diversidade e equitabilidade da comunidade fitoplanctônica nas duas estações (DP-B&P\_M1000 e DP-B&P\_J1002) e nas quatro profundidades (SUP, ACTC, TC e ABTC) da atual campanha 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.

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



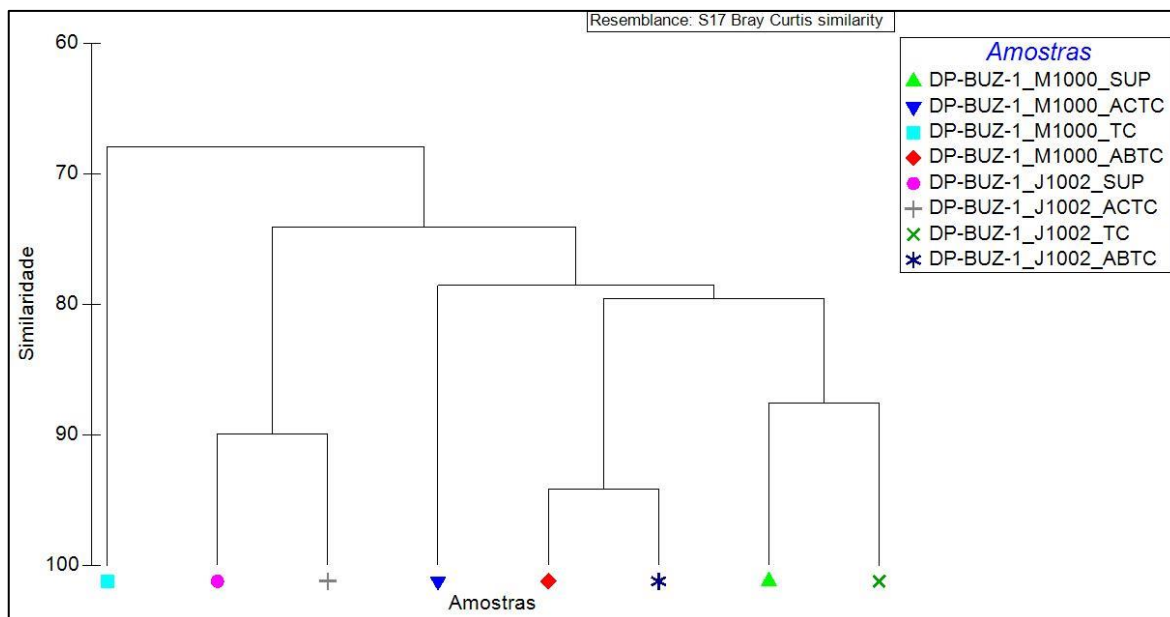
ascendentes, como áreas de ressurgência e de convergência e divergência (BONECKER *et al.*, 2009).

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 não foi observada uma zonação vertical da comunidade para nenhum dos indicadores ecológicos avaliados e provavelmente esse resultado 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*

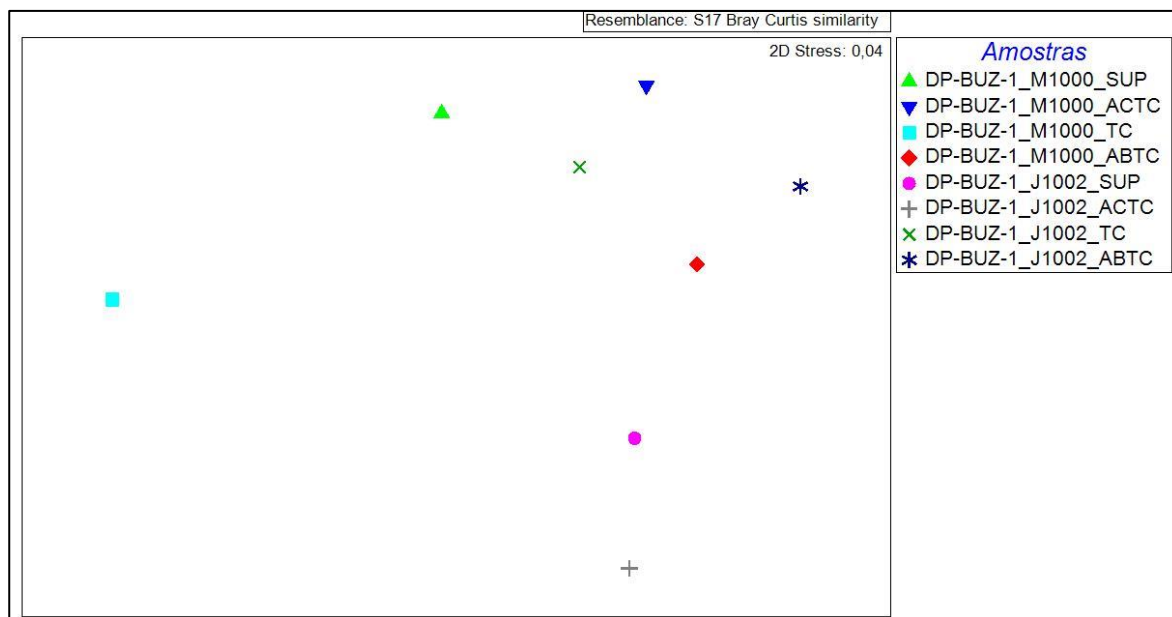
A análise de *Cluster* resultou em similaridades entre as amostras variando de 69 a 95% (Figura V-32). A amostra DP-BUZ-1\_M1000\_TC apresentou 69% de similaridade em relação às demais, provavelmente devido aos menores valores de riqueza e densidade registrados nessa amostra. Já a maior similaridade (95%) foi observada entre as amostras coletadas abaixo da termoclina (ABTC) de ambas as estações, provavelmente devido aos valores muito próximos de densidade e equitabilidade. Com 80%, essas amostras foram agrupadas ao par formado pelas amostras da superfície (SUP) de DP-BUZ-1\_M1000 e da termoclina (TC) de DP-BUZ-1\_J1002, que apresentaram, entre si, 88% de similaridade. São observados outros agrupamentos entre as demais amostras, que estão relacionados, provavelmente, aos valores de densidade obtidos em cada uma.

Esta condição também foi observada na análise de MDS (Figura V-33). O MDS apresentou *stress* no valor de 0,04, 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-32 – Dendrograma de agrupamento (Cluster) da comunidade fitoplanctônica nas duas estações e nas quatro profundidades (SUP, ACTC, TC e ABTC) na atual campanha 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.**



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

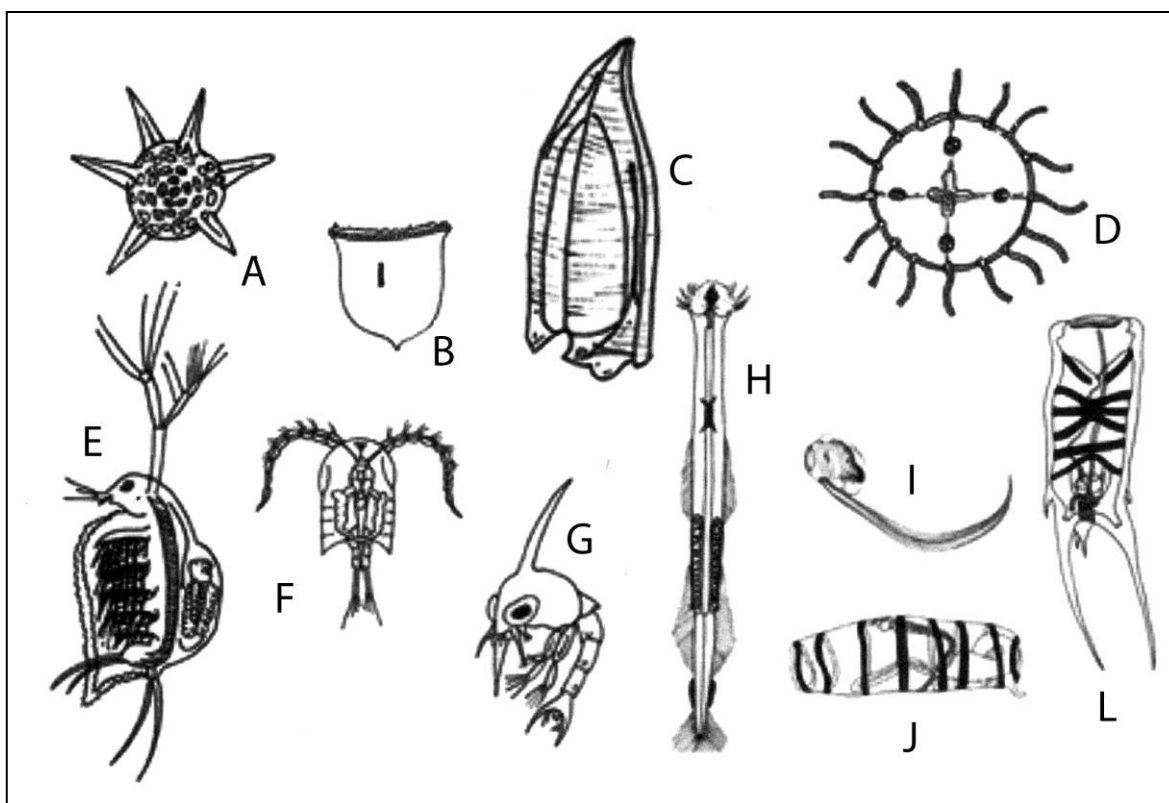
**Figura V-33 – Escalonamento multidimensional (MDS) da comunidade fitoplanctônica nas duas estações e nas quatro profundidades (SUP, ACTC, TC e ABTC) na atual campanha de monitoramento ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal, Bacia de Santos – Etapa 2 – Desenvolvimento da Produção de Búzios 1.**

## 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 habitat (BONECKER *et al.*, 2009; ESTEVES, 2011; TUNDISI; TUNDISI, 2008).

Em contraste com o fitoplâncton, que consiste de 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-34 mostra diversos exemplos dos principais componentes do zooplâncton no ambiente marinho.



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

**Figura V-34** – 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; 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 zooplancônicas. 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).

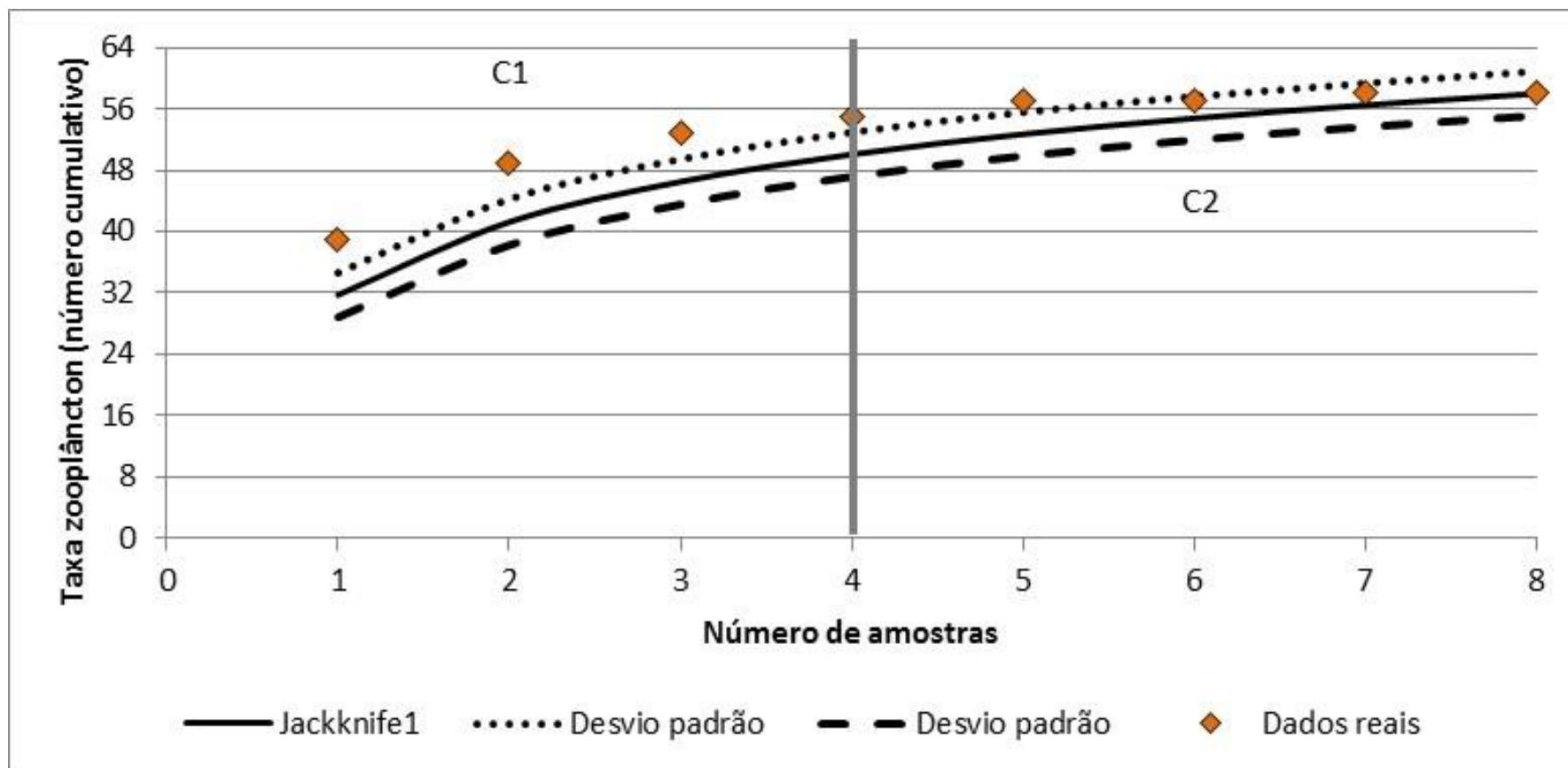
Os indivíduos do zooplâncton podem ser susceptíveis a processos de bioacumulação e biomagnificação de substâncias tóxicas e de metais pesados. A bioacumulação é o processo onde os organismos acumulam, ao longo de sua vida, quantidades progressivamente maiores de substância tóxicas, que são absorvidas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

A comunidade zooplancônica 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).

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

Ao longo das duas primeiras campanhas de monitoramento, foram coletadas 8 amostras para esse grupo, contabilizando, no total, 58 taxa, considerando os dois tipos de arrasto realizados em cada uma das campanhas (Figura V-35). Foi observado aumento do número de taxa em todas as amostras da primeira campanha, sendo este mais acentuado nas amostras iniciais, evidenciando a adequação do esforço amostral realizado nas campanhas, e uma leve tendência à estabilização da curva, indicando uma baixa probabilidade do aumento do número de riqueza diante de um aumento do esforço de amostragem.

Em comparação com a curva de Jackknife 1, que representa o número cumulativo de taxa esperado, a distribuição real foi acima da distribuição esperada em todas as amostras da primeira campanha, enquanto nas amostras da segunda campanha a distribuição real foi semelhante a esperada, pois os pontos estiveram dentro do intervalo do desvio padrão da curva.



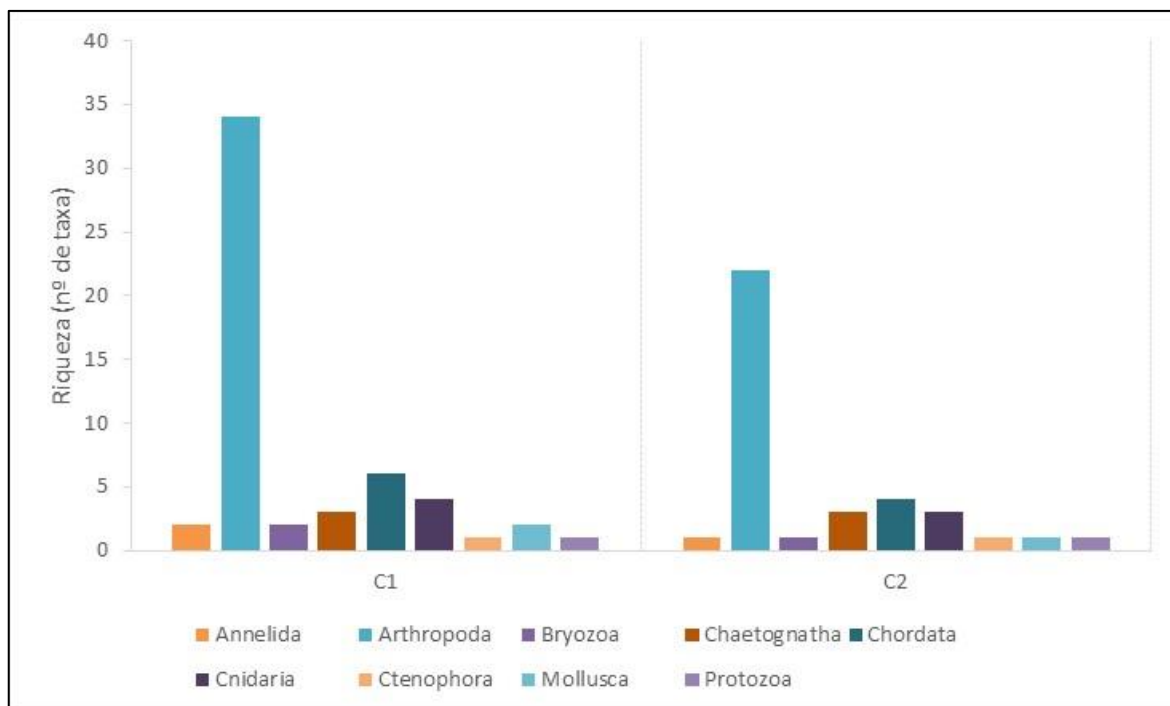
**Figura V-35** – Número cumulativo de taxa por amostra de zooplâncton, encontrados ao longo das campanhas do Projeto de Monitoramento Ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal, Bacia de Santos – Etapa 2 – Desenvolvimento da Produção de Búzios 1. A linha 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 nove filos: Annelida, Arthropoda, Bryozoa, Chaetognatha, Chordata, Cnidaria, Ctenophora, Mollusca e Protozoa. Todos esses filos foram registrados na campanha de monitoramento anterior (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2019a). O filo com maior riqueza foi Arthropoda, com 22 *taxa*. Esse grupo se destacou em relação aos demais, que tiveram riqueza de 4 *taxa* (Chordata), 3 *taxa* (Cnidaria e Chaetognatha) e 1 *táxon* (Annelida, Bryozoa, Mollusca, Protozoa e Ctenophora) (Figura V-36). 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 60% da riqueza observada (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2019a). No presente trabalho, cerca de 59% dos *taxa* encontrados era Arthropoda.





**Figura V-36** – Riqueza de taxa dos filos zooplanctônicos ao longo das duas campanhas 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.

A forte dominância, em número de taxa, dos artrópodes foi atribuída a frequência de ocorrência de diversos taxa Copepoda. Os copépodes são geralmente os representantes mais numerosos do holoplâncton marinho. Na literatura, muitos trabalhos demonstram que os Copepoda são dominantes na comunidade zooplanctônica, 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, 2016), 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. Os mesmos 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).



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).

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, representantes do filo Mollusca. As classes Thaliacea e Appendicularia, pertencentes ao filo Chordata, são componentes frequentes do zooplankton, apesar de normalmente não serem abundantes em biomassa (VEGA-PÉREZ, 2011). Também foram registrados indivíduos dos Filos Bryozoa, Protozoa 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, 2007). Pertencente ao filo Cnidaria, foi registrada a classe Hydrozoa, que faz parte do zooplankton 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, 2010).

### V.2.2.3 - Análise Quantitativa

Na Tabela V-17, são apresentados os valores de riqueza, densidade, diversidade e equitabilidade para a comunidade zooplânctônica por arrasto (horizontal e oblíquo) na atual campanha. Já na Tabela V-18, 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 2020, 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-17** - Valores de riqueza de taxa, densidade, diversidade e equitabilidade calculados por arrasto de zooplâncton da atual campanha de monitoramento da Etapa 2 – Desenvolvimento da Produção de Búzios 1, Bacia de Santos.

Estação	Arrasto	Riqueza	Densidade (ind/m <sup>3</sup> )	Diversidade (bits/ind)	Equitabilidade
DP-BUZ-1_M1000	HOR	33	1146,63	2,98	0,85
	OBL	22	1473,91	2,49	0,81
DP-BUZ-1_J1002	HOR	26	1004,15	2,69	0,83
	OBL	29	921,37	2,93	0,87
	mínimo	22	921,37	2,49	0,81
	máximo	33	1473,91	2,98	0,87
	média	27,50	1136,52	2,77	0,84
	desvio padrão	4,65	243,41	0,23	0,03

**Tabela V-18 – Resultados (mínimo e máximo) dos índices ecológicos da comunidade zooplanctônica na primeira campanha de monitoramento ambiental anterior do DP-BUZ-1 e nas campanhas anteriores realizadas na região.**

Empreendimento	Riqueza		Densidade (ind/m²)		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
URG_C3 <sup>2</sup>	25	29	442,40	1.078,74	1,16	1,18	0,81	0,83
URG_C4 <sup>3</sup>	24	25	517,04	734,86	2,41	2,74	0,76	0,85
URG_C5 <sup>4</sup>	26	26	72.017,00	140.664,00	2,32	2,56	0,49	0,54
URG_C6 <sup>5</sup>	16	26	89,00	10.990,00	2,43	2,44	0,74	0,88
URG_C7 <sup>6</sup>	40	46	314,00	800,00	2,40	2,80	0,66	0,75
URG_C8 <sup>7</sup>	36	38	629,56	1032,91	2,51	2,83	0,69	0,78
URG_C9 <sup>8</sup>	31	42	1593,57	2342,80	2,56	3,20	0,74	0,88
URG_C10 <sup>9</sup>	35	40	612,07	1537,46	2,91	3,31	0,82	0,90
URG_C11 <sup>10</sup>	28	40	337,66	1751,65	2,59	3,20	0,73	0,89
PIL-LL-NE_C1 <sup>11</sup>	31	45	1.757	3.443	2,66	3,12	0,75	0,82
PIL-LL-NE_C2 <sup>12</sup>	37	40	206	583	2,43	3,01	0,66	0,82
PIL-LL-NE_C3 <sup>13</sup>	29	39	100,27	483,88	2,74	2,92	0,77	0,81
PIL-LL-NE_C4 <sup>14</sup>	30	42	499,88	1.136,04	2,94	3,15	0,80	0,86
PIL-LL-NE_C5 <sup>15</sup>	30	41	1.092,39	1.731,90	2,48	3,02	0,72	0,89
PIL-LL-NE_C6 <sup>16</sup>	26	38	565,78	4.217,16	2,74	2,95	0,78	0,84
PIL-LL-NE_C7 <sup>17</sup>	24	33	109,80	673,21	2,92	3,13	0,85	0,94
DP-IRA-S_C1 <sup>18</sup>	36	46	401,00	647,00	2,96	3,13	0,79	0,84
DP-IRA-S_C2 <sup>19</sup>	30	38	53,04	294,08	2,79	3,27	0,82	0,91
DP-IRA-S_C3 <sup>20</sup>	35	41	739,21	2.220,53	2,78	3,17	0,78	0,85
DP-IRA-S_C4 <sup>21</sup>	34	41	526,64	1.482,32	2,93	3,34	0,83	0,90

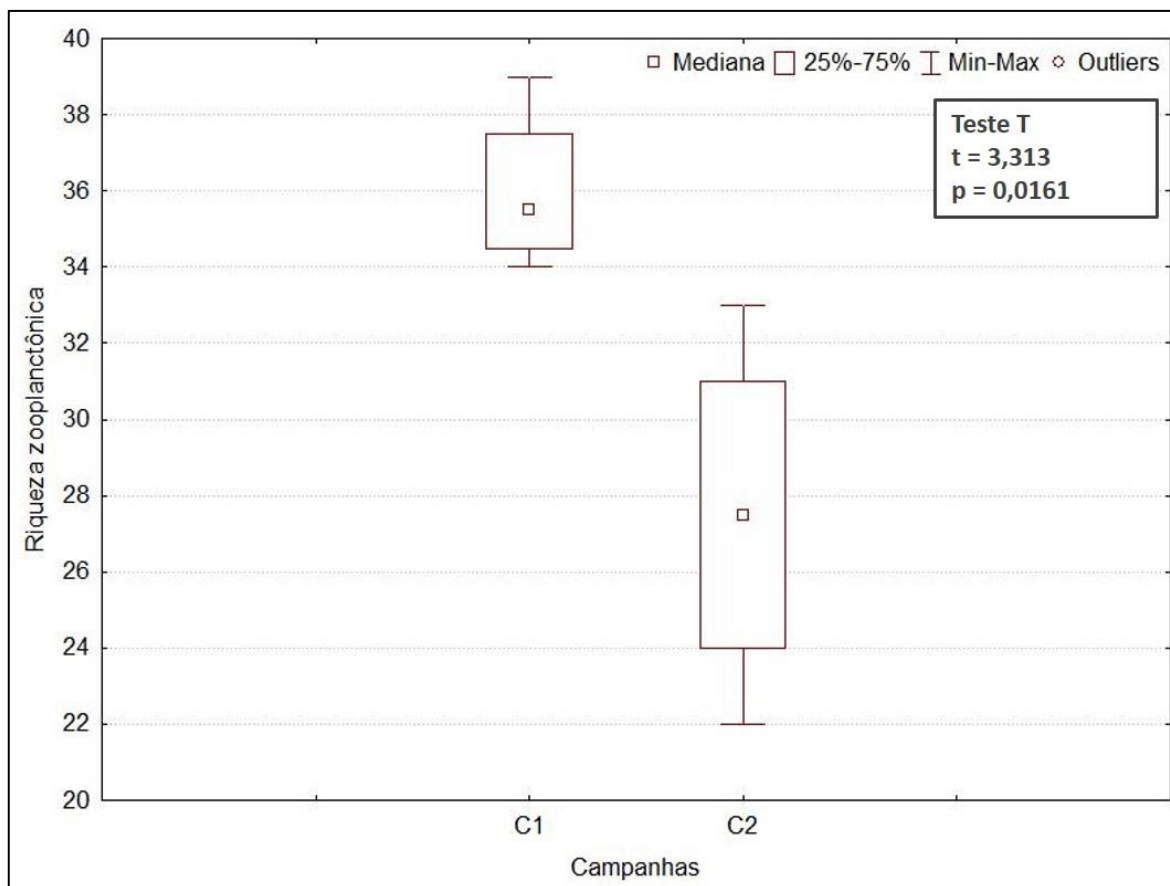
Empreendimento	Riqueza		Densidade (ind/m²)		Diversidade (bits/ind)		Equitabilidade	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
DP-IRA-S_C5 <sup>22</sup>	27	32	245,30	493,71	2,88	3,15	0,87	0,91
DP-IRA-S_C6 <sup>23</sup>	20	30	307,34	1027,77	2,57	2,69	0,79	0,86

Fonte: 1 = Petrobras/Bourscheid (2019a); 2 = Petrobras/Analytical Solutions (2012); 3 = Petrobras/Analytical Solutions (2013); 4 = Petrobras/Bourscheid (2014); 5 = Petrobras/Bourscheid (2015a); 6 = Petrobras/Bourscheid (2016a); 7 = Petrobras/Bourscheid (2017a); 8 = Petrobras/Bourscheid (2018a); 9 = Petrobras/Bourscheid (2019b); 10 = Petrobras/Bourscheid (2019c); 11 = Petrobras/Bourscheid (2015b); 12 = Petrobras/Bourscheid (2015c); 13 = Petrobras/Bourscheid (2018b); 14 = Petrobras/Bourscheid (2018c); 15 = Petrobras/Bourscheid (2019d); 16 = Petrobras/Bourscheid (2019e); 17 = Petrobras/Bourscheid (2020a); 18 = Petrobras/Bourscheid (2016b); 19 = Petrobras/Bourscheid (2017b); 20 = Petrobras/Bourscheid (2018d); 21 = Petrobras/Bourscheid (2019f); 22 = Petrobras/Bourscheid (2019g); 23 = Petrobras/Bourscheid (2020b).

Na comunidade zooplanctônica, foram registrados, ao todo, 37 *taxa*, dentre os quais, 1 foi identificado em nível de filo, 3 em nível de classe, 1 em nível de subclasse, 4 em nível de ordem, 2 em nível de família, 1 em nível de gênero e 25 foram identificados em nível de espécie. O número de taxa variou entre 22 e 33, em DP-BUZ-1\_M1000\_OBL e DP-BUZ-1\_M1000\_HOR, respectivamente, com média de  $27,00 \pm 4,65$  taxa.

Os dados de riqueza total da atual campanha estão na faixa de variação dos valores registrados nas campanhas anteriores, com valor máximo ligeiramente menor que a maioria dos valores reportados para a região (Tabela V-18).

A primeira campanha de monitoramento do DP-BUZ-1 apresentou maiores valores de riqueza de taxa, enquanto a segunda apresentou maior amplitude de valores para esse parâmetro em relação à primeira campanha (Figura V-37), sendo identificadas diferenças significativas entre ambas as campanhas de monitoramento (*Teste T*,  $p < 0,05$ ).



**Figura V-37** – Box plots representativos dos valores de riqueza (nº de taxa) das comunidades zooplancônicas encontradas nas duas campanhas 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.

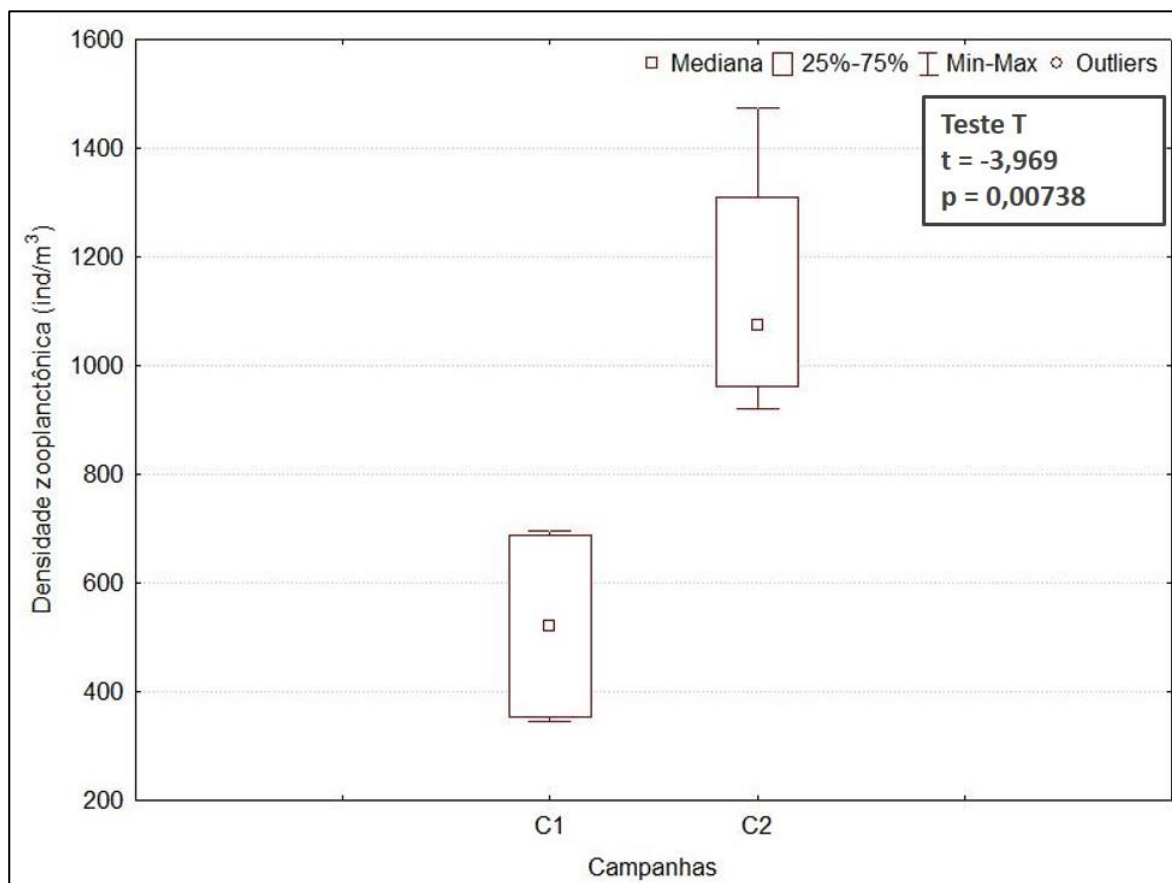
A densidade média de organismos zooplancônicos na atual campanha foi de  $1136,52 \pm 243,41$  ind/m<sup>3</sup>, variando entre 921,37, no arrasto oblíquo da estação DP-BUZ-1\_J1002 e 1473,91 ind/m<sup>3</sup> no arrasto oblíquo da estação DP-BUZ-1\_M1000.

Em comparação aos dados de densidade já verificados para a região (Tabela V-18), observa-se que os mesmos variaram bastante, e que os resultados da atual campanha encontram-se na faixa de variação dos valores já obtidos para a região, sendo levemente superiores aos valores mínimos registrados na maioria das campanhas. A lista completa com os valores quantitativos dos taxa da atual campanha é apresentada no Anexo X-3.

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.

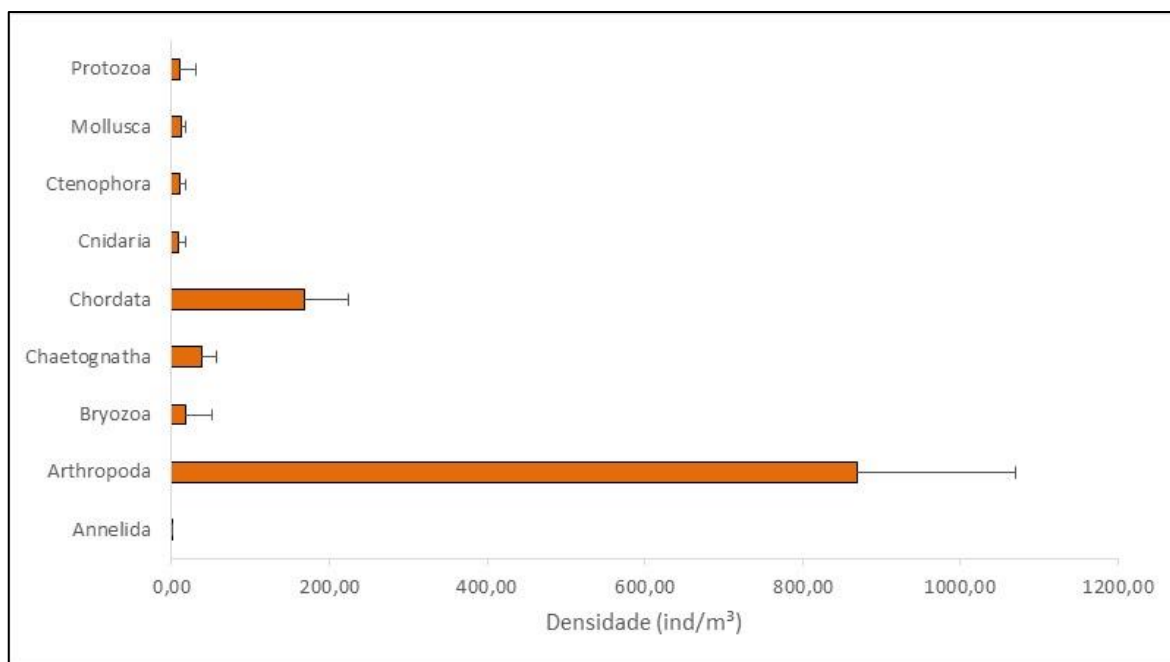
Foram encontradas diferenças significativas entre os valores de densidade entre as duas campanhas de monitoramento (*Teste T*,  $p < 0,05$ ). A densidade de organismos foi maior na segunda campanha (Figura V-38).



**Figura V-38** – Box plots representativos dos valores de densidade das comunidades zooplancônicas encontradas nas duas campanhas 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.

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  $868,39 \pm 201,497$  ind/m<sup>3</sup>, correspondendo a cerca de 76% dos organismos, seguido por Chordata, com média de  $169,34 \pm 55,78$  ind/m<sup>3</sup>, representando aproximadamente 14% dos organismos. Os demais grupos

somados totalizam aproximadamente 10% dos organismos. O terceiro filo com maior densidade foi Chaetognatha ( $39,32 \pm 17,85 \text{ ind/m}^3$ ), seguido de Bryozoa ( $17,28 \pm 34,55 \text{ ind/m}^3$ ), Mollusca ( $11,60 \pm 6,04 \text{ ind/m}^3$ ), Ctenophora ( $10,75 \pm 7,20 \text{ ind/m}^3$ ), Protozoa ( $10,37 \pm 20,73 \text{ ind/m}^3$ ), Cnidaria ( $9,04 \pm 8,01 \text{ ind/m}^3$ ) e Annelida ( $0,43 \pm 0,87 \text{ ind/m}^3$ ) (Figura V-39).

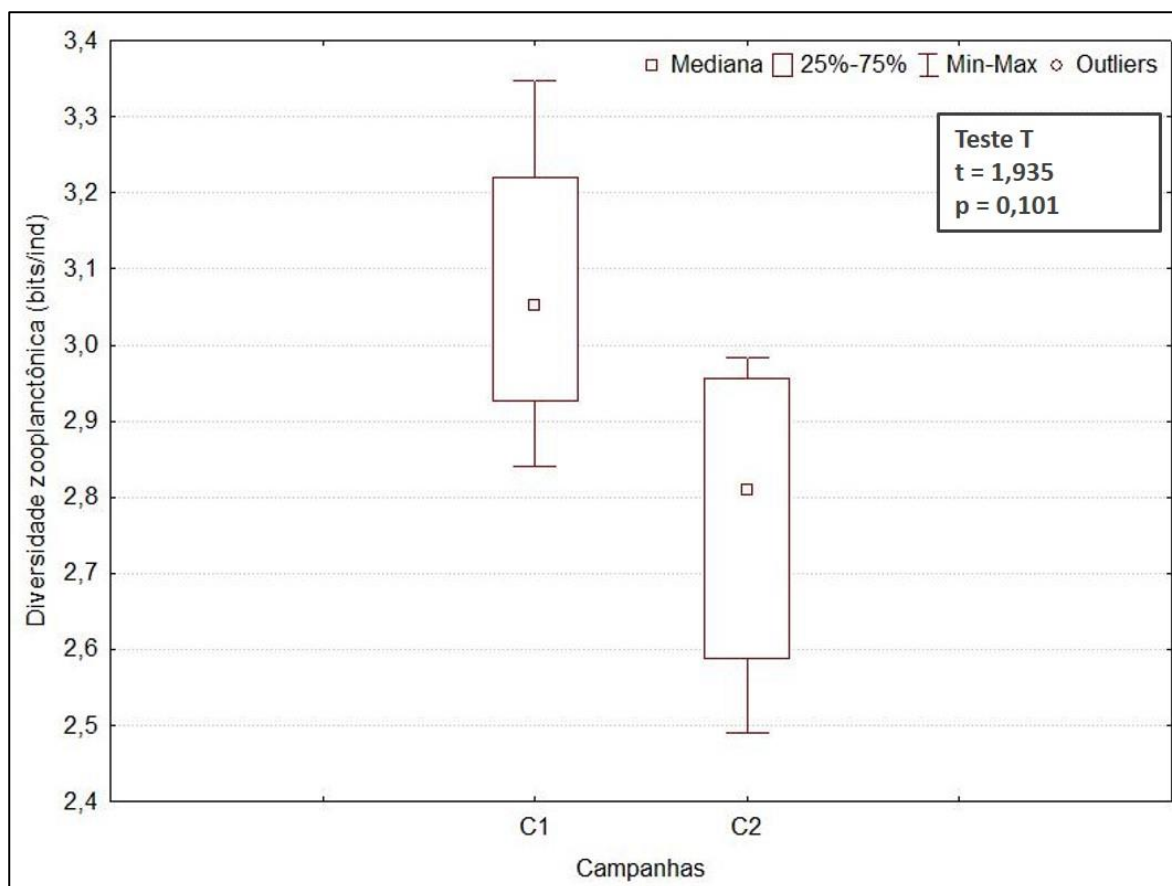


**Figura V-39** – Densidade de organismos ( $\text{ind/m}^3$ ) dos filos zooplancônicos na atual campanha de monitoramento ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal, Bacia de Santos – Etapa 2 – Desenvolvimento da Produção de Búzios 1. A barra laranja representa a densidade média das amostras  $\pm$  desvio-padrão.

A diversidade média da presente campanha foi relativamente alta, com média de  $2,77 \pm 0,23 \text{ bits/ind}$ , variando entre 2,49 e 2,98 bits/ind no arrasto oblíquo e horizontal da estação DP-BUZ-1\_M1000, respectivamente. Esses resultados encontram-se na faixa de variação dos valores já obtidos na região, porém são superiores a maioria dos resultados observados anteriormente (Tabela V-18).

Na Figura V-40 são apresentados os valores de diversidade de zooplâncton obtidos nas duas campanhas de monitoramento ambiental do DP-BUZ-1. A primeira campanha apresentou maiores valores de diversidade, mas não foram observadas diferenças significativas entre as campanhas de monitoramento (*Teste T*,  $p > 0,05$ ).



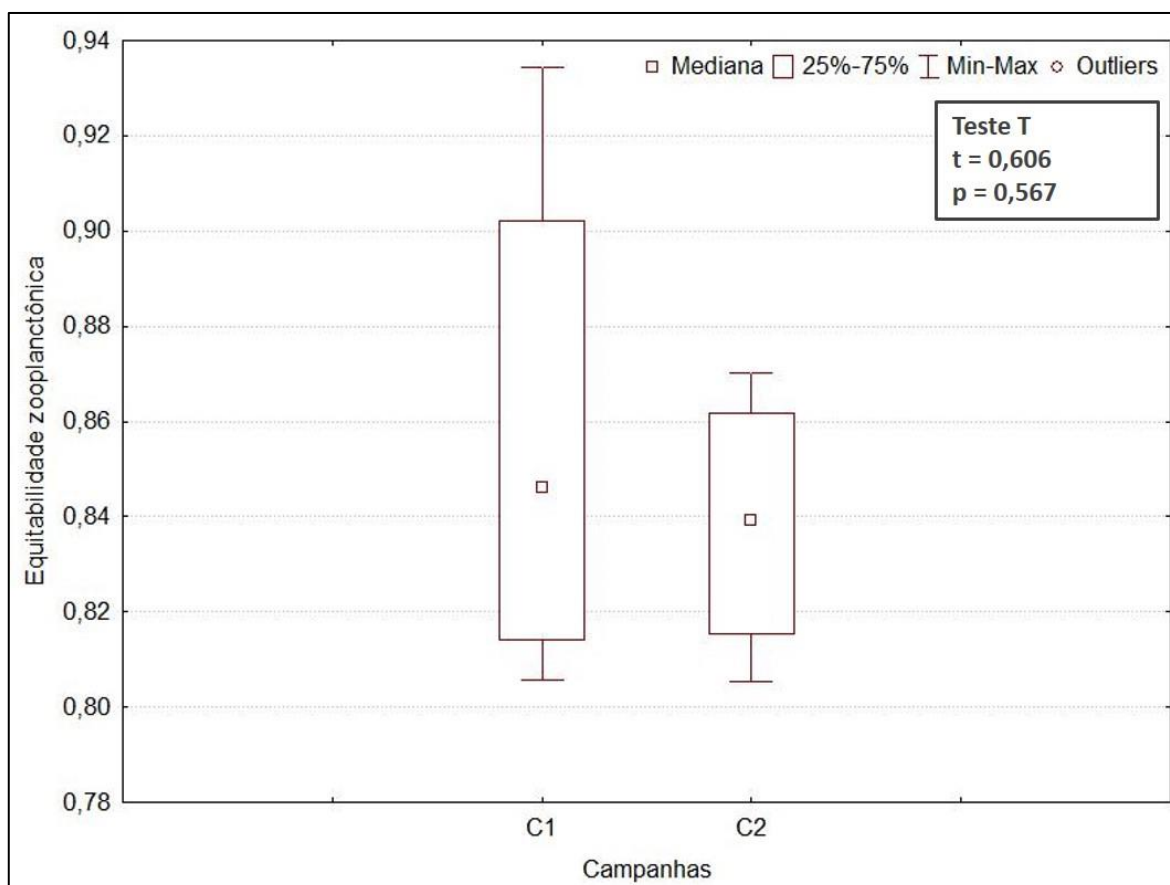


**Figura V-40** – Box plots representativos dos valores de diversidade das comunidades zooplânctônicas encontradas nas duas campanhas de monitoramento ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal, Bacia de Santos – Etapa 2 – Desenvolvimento da Produção de Búzios 1.

A equitabilidade para essa campanha foi alta, e apresentou média de  $0,84 \pm 0,03$ . O arrasto oblíquo da estação DP-BUZ-1\_M1000 apresentou a menor equitabilidade (0,81), e a maior equitabilidade também ocorreu no arrasto oblíquo, porém da estação DP-BUZ-1\_J1002 (0,87). Em comparação aos dados de equitabilidade já verificados para a região (Tabela V-18), observa-se que os mesmos variaram bastante, e que os resultados da atual campanha encontram-se na faixa de variação dos valores já obtidos para a região, sendo levemente superiores aos valores mínimos registrados na maioria das campanhas.

Na Figura V-41 são apresentados os valores de equitabilidade de zooplâncton obtidos nas duas campanhas de monitoramento ambiental do DP-BUZ-1. A primeira campanha apresentou maiores valores para esse parâmetro, mas não

foram encontradas diferenças significativas entre as duas campanhas de monitoramento (*Teste T*,  $p > 0,05$ ).



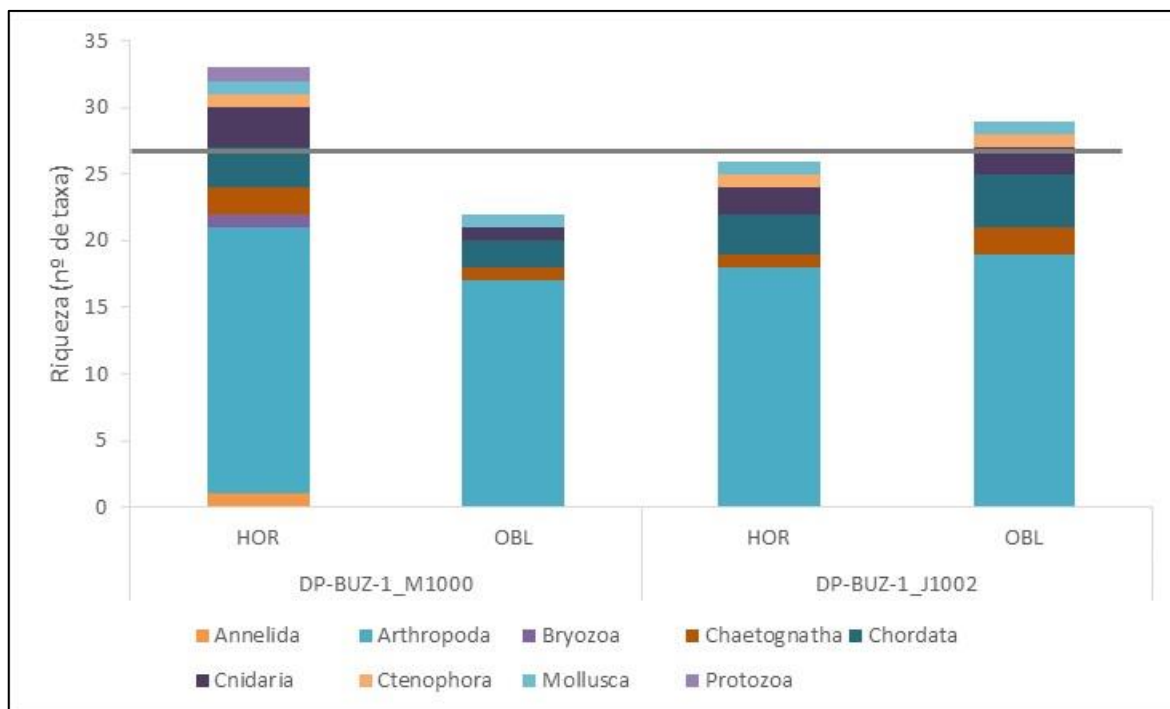
**Figura V-41** – Box plots representativos dos valores de equitabilidade das comunidades zooplancônicas encontradas nas duas campanhas de monitoramento ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal, Bacia de Santos – Etapa 2 – Desenvolvimento da Produção de Búzios 1.

Finalmente, é importante ressaltar que ambas 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 influência nos resultados gerados.

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

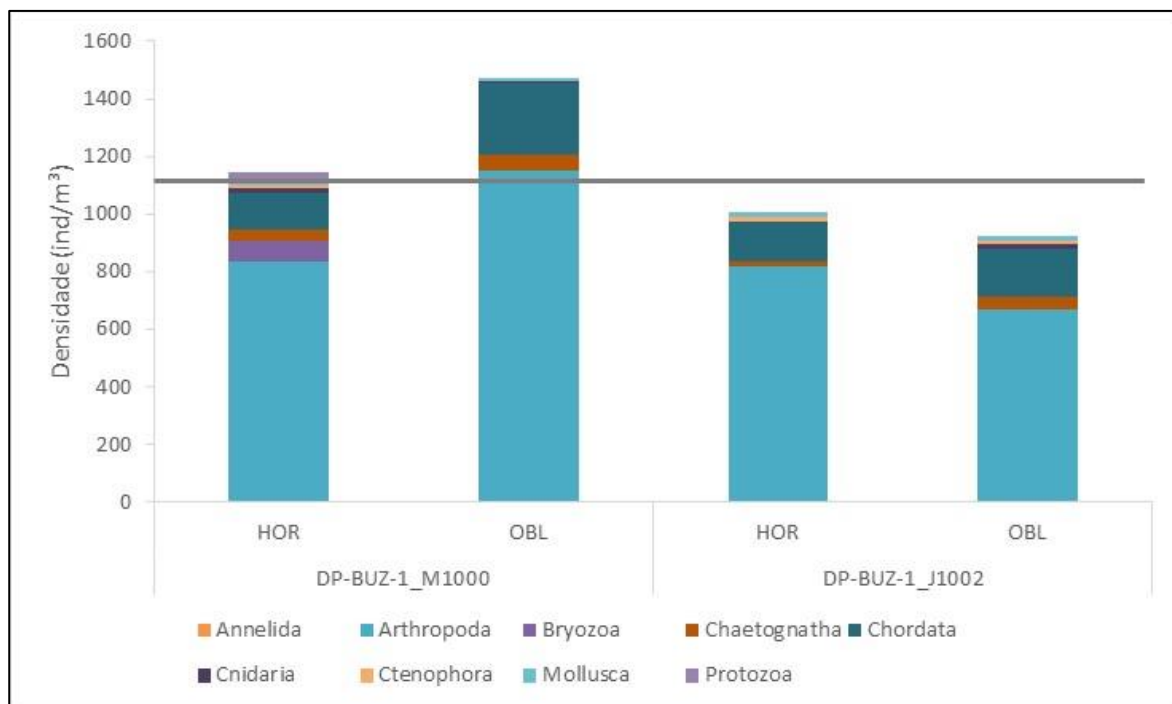
Os valores de riqueza acumulada entre as estações variaram de 22 a 29 taxa nos arrastos oblíquos e de 26 a 33 taxa nos arrastos horizontais.

A contribuição relativa dos filos nas amostras foi semelhante entre as estações. Arthropoda, Chaetognatha, Chordata, Mollusca e Cnidaria foram encontrados em todas as estações. Protozoa, Bryozoa e Annelida ocorreram apenas no arrasto horizontal da estação DP-BUZ-1\_M1000, enquanto Ctenophora não ocorreu apenas no arrasto oblíquo da estação DP-BUZ-1\_M1000. O filo Arthropoda contribuiu com maiores valores de riqueza de taxa (sempre acima de 17 taxa nas amostras), seguido por Chordata (sempre acima de 2 taxa nas amostras), Cnidaria e Chordata (sempre acima de 1 taxon nas amostras). Os demais filos contribuíram com 1 taxon nas amostras em que foram registrados. As pequenas diferenças não representaram distinção marcante, provavelmente representando uma variação natural da distribuição espacial dessas comunidades (Figura V-42).



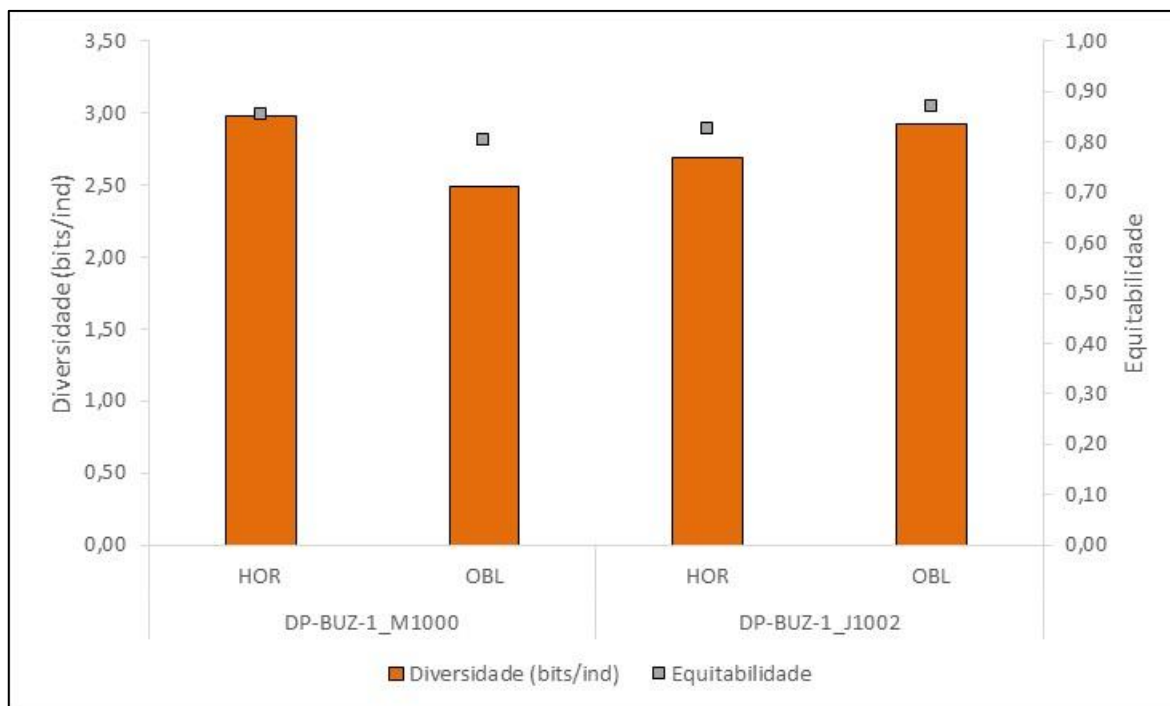
**Figura V-42** – Número de taxa dos filos zooplancônicos nas duas estações e nos dois arrastos (OBL=oblíquo e HOR= horizontal) da atual campanha de monitoramento ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal, Bacia de Santos – Etapa 2 – Desenvolvimento da Produção de Búzios 1. A linha cinza representa a média de todas as amostras.

Com relação à densidade de organismos nas duas estações, foram observados maiores valores nas amostras da estação DP-BUZ-1\_M1000, bem maiores densidades nos arrastos horizontais em relação aos oblíquos. A composição proporcional da comunidade, de uma maneira geral, foi similar entre as amostras, com o filo Arthropoda dominando em todas (sempre acima de 73%), seguido por maiores densidades de Chordata em todas as amostras (sempre acima de 11%) e Bryozoa no arrasto horizontal da estação DP-BUZ-1\_M1000 (6%). Os demais taxa apresentaram contribuição menos expressivas, sempre inferior a 4% (Figura V-43).



**Figura V-43** – Densidade de organismos dos filos zooplancônicos (ind/m³) nas duas estações (DP-BUZ-1\_M1000 e DP-BUZ-1\_J1002) da atual campanha 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. A linha cinza representa a média de todas as amostras.

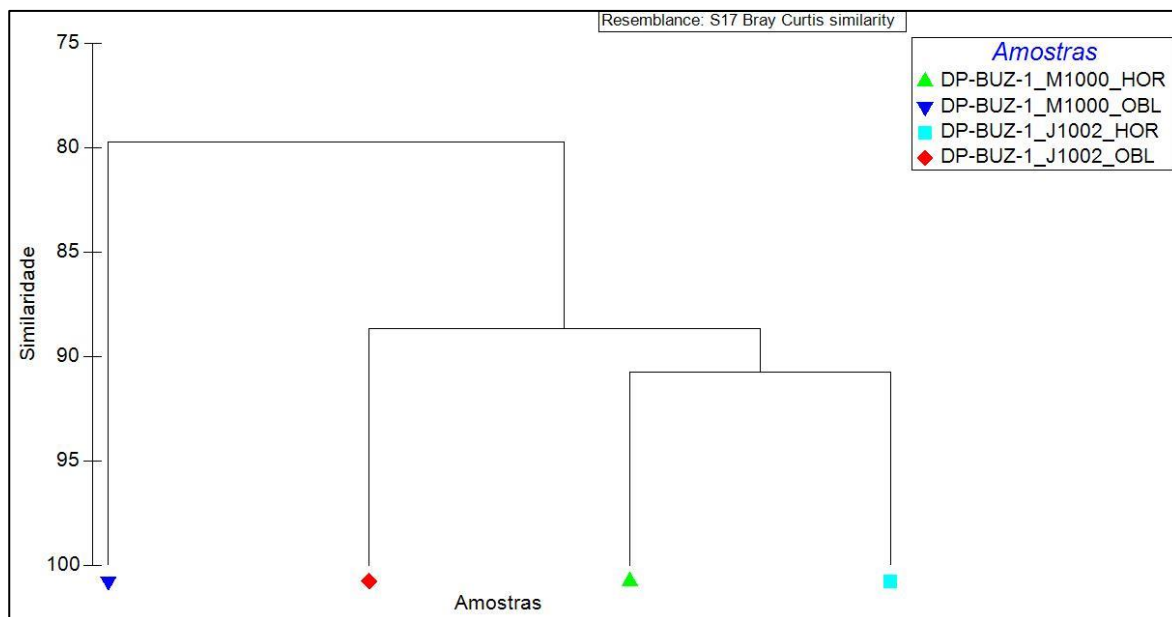
Os índices de diversidade e equitabilidade apresentaram uma variabilidade nos valores entre as amostras de ambas as estações. Não houve, portanto, observação de um padrão de distribuição dos dados entre as estações ou tipo de arrasto. Os dados de diversidade e equitabilidade apontam para uma composição específica bem distribuída e com média a alta diversidade de taxa (Figura V-44).



**Figura V-44** – Diversidade (bits/ind) e equitabilidade da comunidade zooplanctônica nas duas estações e nos dois arrastos (OBL = oblíquo e HOR = horizontal) da atual campanha 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.

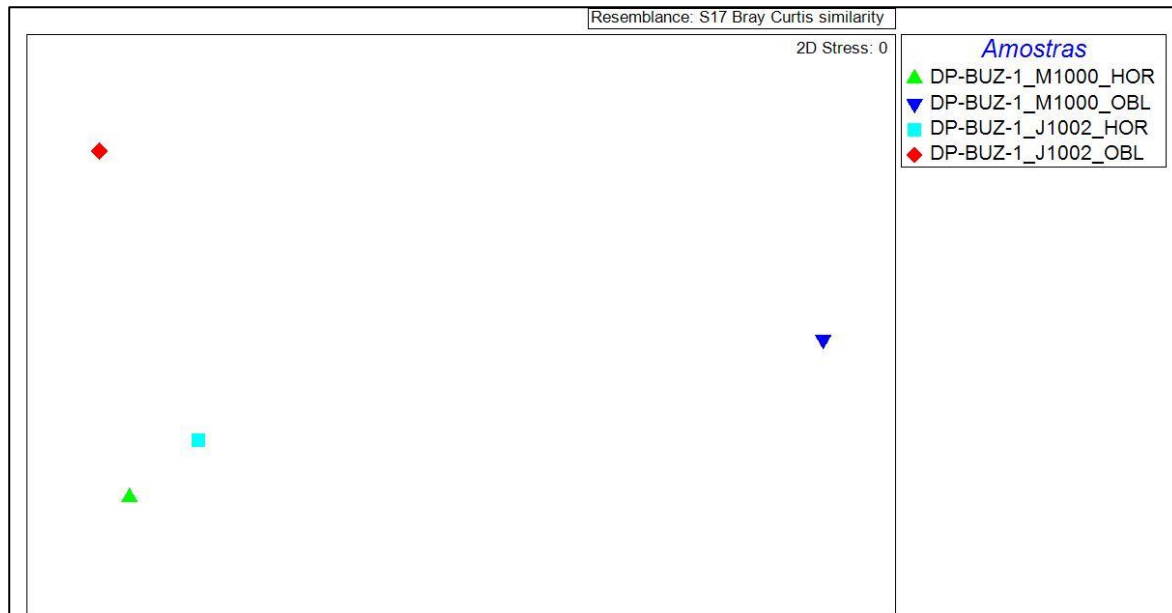
#### V.2.2.5 - Análise de Cluster e MDS

A análise *Cluster* mostrou similaridades variando entre 80 e 91%, demonstrando alta similaridade entre todas as amostras (Figura V-45). Com 80% de similaridade, ocorreu a separação do arrasto oblíquo da estação DP-BUZ-1\_M1000 em relação às demais, provavelmente devido a alta densidade, bem como a menor riqueza, diversidade e equitabilidade registrada nessa amostra. As amostras do arrasto horizontal de ambas as estações foram agrupadas com a maior similaridade observada (91%). Esta condição também foi observada na análise de MDS (Figura V-46). O MDS apresentou *stress* nulo, representando uma boa ordenação dos dados.



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

**Figura V-45** – Dendrograma de agrupamento (Cluster) da comunidade zooplanctônica nas duas estações e nos dois arrastos (OBL e HOR) na atual campanha 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.



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

**Figura V-46** – Escalonamento multidimensional (MDS) da comunidade zooplanctônica nas duas estações e nos dois arrastos (OBL e HOR) na atual campanha 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.



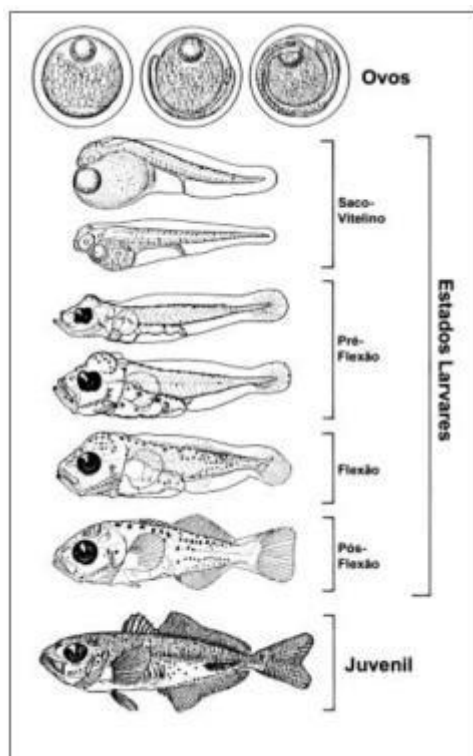
### V.2.3 - Ictioplâncton

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). Os mesmos 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-47 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).





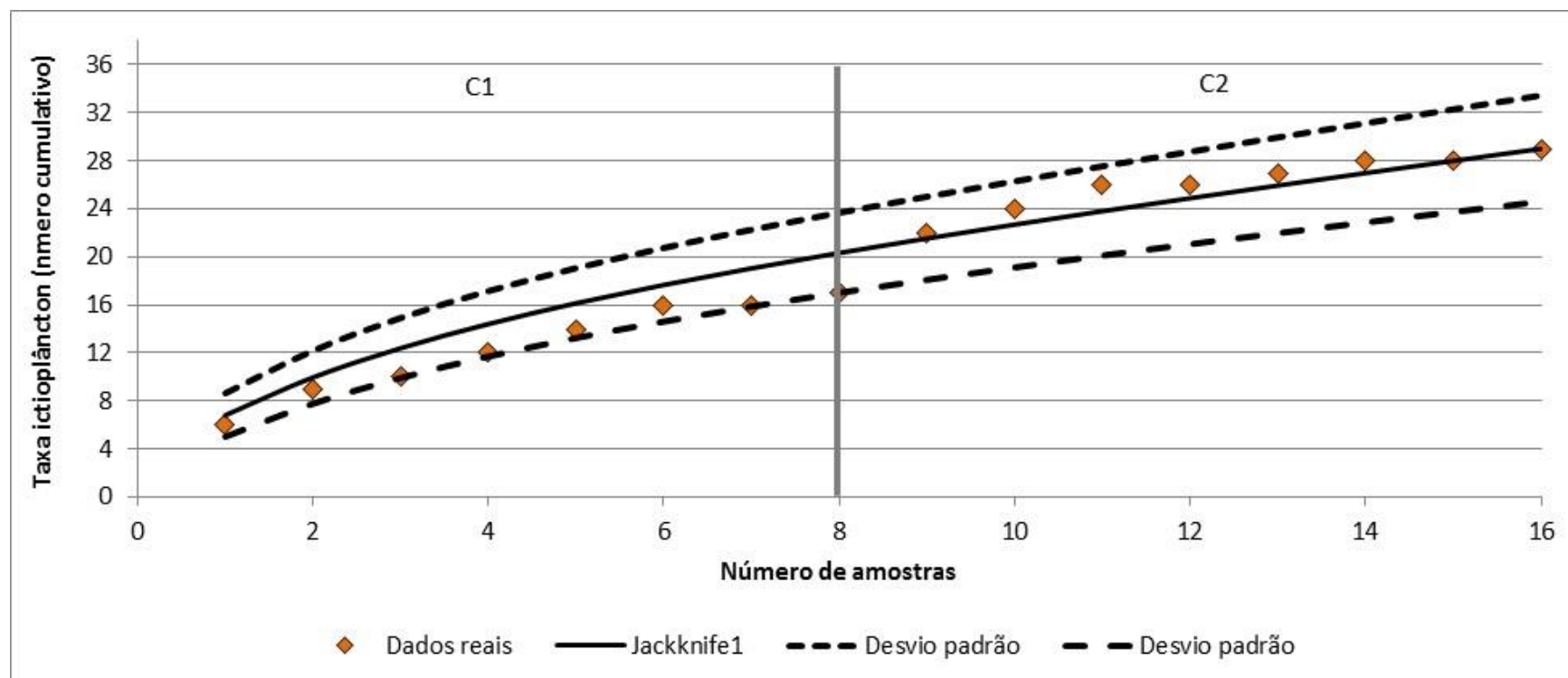
**Figura V-47** – Esquema dos primeiros estados de desenvolvimento de *Trachurus symmetricus*. Adaptado de Moser (1984).

Os estudos dos organismos desse grupo estão muito relacionados com a dinâmica das populações e recursos pesqueiros. A distribuição e ocorrência do ictioplâncton 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 duas campanhas de monitoramento, foram coletadas 16 amostras para esse grupo, contabilizando, no total, 29 taxa (Figura V-48). 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.

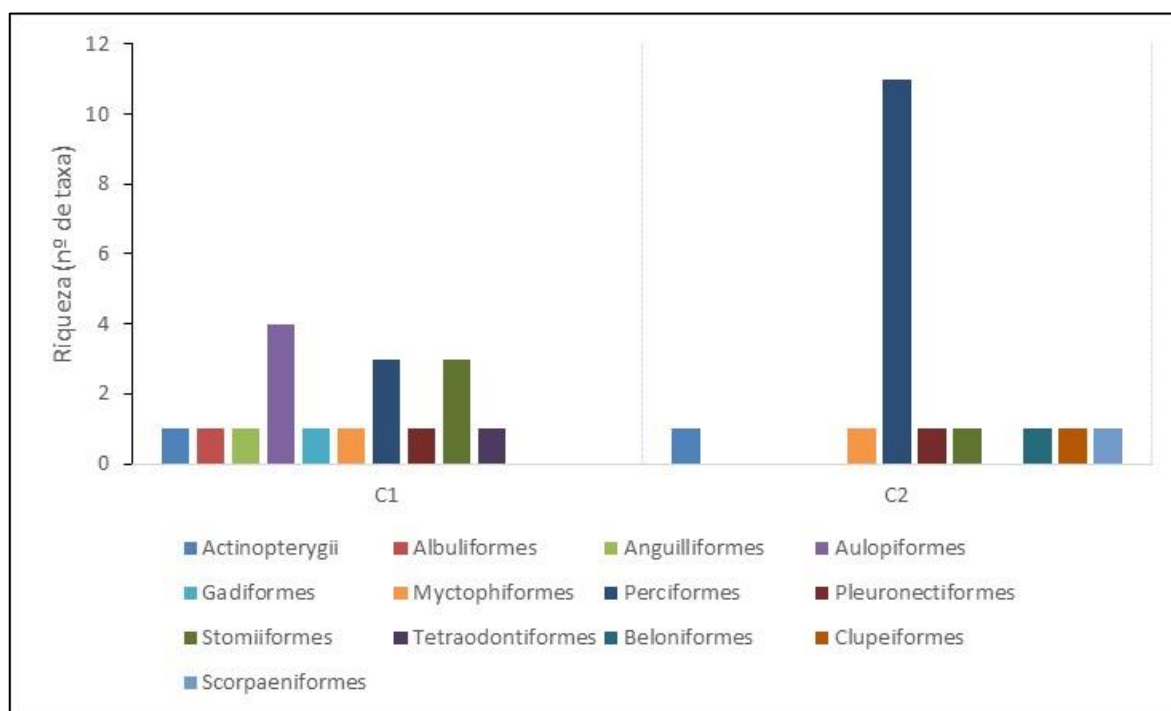
A distribuição real foi semelhante a distribuição esperada em todas as amostras, pois os pontos estiveram dentro do intervalo do desvio padrão da curva de Jackknife.



**Figura V-48** – Número cumulativo de taxa por amostra de ictioplâncton, encontrados ao longo das campanhas do 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. 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 pertenciam a uma classe e sete ordens de peixe: classe Actinopterygii (ovos e larvas) e ordens Clupeiformes (família Clupeidae), Stomiiformes (família Gonostomatoidae), Scorpaeniformes (família Dactylopteridae), Beloniformes (família Exocoetidae), Myctophiformes (família Myctophidae), Perciformes (famílias Priacanthidae, Serranidae, Carangidae, Bramidae, Labridae, Scaridae, Gobiidae, Gempylidae, Scombridae e Nomeidae), Pleuronectiformes (Família Bothidae). No presente estudo, a ordem Perciformes foi dominante, com 11 taxa (Figura V-49). Todas as demais ordens e a classe Actinopterygii apresentaram riqueza de apenas 1 taxon. Na campanha anterior, a ordem Aulopiformes foi dominante, seguida das ordens Perciformes e Stomiiformes (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2019a). As larvas coletadas na presente campanha foram identificadas ao menor grupo taxonômico possível e resultou na listagem de taxa apresentada no Anexo X-4.



**Figura V-49** – Riqueza de taxa das classes e ordens ictioplancônicas ao longo das duas campanhas 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.

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 pelo gênero *Cyclothone* (BONECKER *et al.*, 2014).

De acordo com Bazzoli (1997, apud ZACARDI, 2014), os representantes da ordem Clupeiformes desempenham papel fundamental na transferência de energia entre o ecossistema litorâneo e oceânico; é uma ordem composta por cinco famílias, das quais apenas Clupeidae foi registrada na atual campanha. A ordem Beloniformes também é composta por cinco famílias e na atual campanha foi representada pela família Exocoetidae. A principal característica que diferencia essa família das demais representantes dessa ordem é que nas larvas maiores a maxila inferior é sempre reduzida (BONECKER *et al.*, 2014).

Os indivíduos ictioplancônicos 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. 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 a classe Actinopterygii e a ordem Scorpaeniformes não são apresentadas descrições, pois não foram encontradas informações específicas sobre ictioplâncton para esses grupos.

### V.2.3.3 - Análise Quantitativa

Na Tabela V-19 são apresentados por arrasto (horizontal e oblíquo) os valores de riqueza, densidade, diversidade e equitabilidade para a comunidade ictioplânctônica encontrada na atual campanha. Já na Tabela V-20, são apresentados os resultados mínimo e máximo dos dados ecológicos obtidos para a comunidade ictioplânctônica 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 2020, 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-19** - Valores de riqueza de taxa, densidade, diversidade e equitabilidade encontrados para a comunidade ictioplânctônica da atual campanha de monitoramento de DP de Búzios – Etapa 2, Bacia de Santos.

Estação	Arrasto	Malha (mm)	Riqueza	Densidade (ind/100m <sup>3</sup> )	Diversidade e (bits/ind)	Equitabilidade
DP-BUZ-1_M1000	HOR	300 µm	9	325,77	0,87	0,40
	HOR	500 µm	6	167,68	0,95	0,53
	OBL	300 µm	11	378,65	0,94	0,39
	OBL	500 µm	10	216,08	1,16	0,50
DP-BUZ-1_J1002	HOR	300 µm	10	154,71	0,57	0,25
	HOR	500 µm	10	156,18	0,74	0,32
	OBL	300 µm	5	82,17	0,82	0,51
	OBL	500 µm	6	60,8	0,63	0,35
mínimo			5,00	60,80	0,57	0,25
máximo			11,00	378,65	1,16	0,53
média			8,38	192,76	0,83	0,41
desvio padrão			2,33	110,74	0,19	0,10

**Tabela V-20 – Resultados (mínimo e máximo) dos índices ecológicos calculados para a comunidade ictioplanctônica na primeira campanha de monitoramento ambiental do DP-BUZ-1 e nas campanhas anteriores realizadas na região.**

Empreendimento	Riqueza		Densidade (ind/m²)		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
URG_C3 <sup>2</sup>	6	8	5,39	18,93	0,42	0,60	0,50	0,69
URG_C4 <sup>3</sup>	13	15	6,45	10,35	0,83	0,99	0,73	0,89
URG_C5 <sup>4</sup>	6	9	15,00	215,00	0,42	2,50	0,14	0,87
URG_C6 <sup>5</sup>	9	12	23,00	49,00	2,03	2,40	0,88	0,97
URG_C7 <sup>6</sup>	2	7	3,00	76,00	0,33	1,67	0,43	1,00
URG_C8 <sup>7</sup>	11	21	27,02	526,39	0,84	2,42	0,28	0,66
URG_C9 <sup>8</sup>	16	27	62,00	336,45	0,92	1,93	0,32	0,64
URG_C10 <sup>9</sup>	8	14	32,34	234,96	0,59	1,83	0,27	0,76
URG_C11 <sup>10</sup>	4	12	34,40	133,80	1,12	2,02	0,66	0,84
PIL-LL-NE_C1 <sup>11</sup>	2	10	3,00	42,00	0,63	2,08	0,80	0,96
PIL-LL-NE_C2 <sup>12</sup>	3	10	8,00	66,00	1,04	2,00	0,71	0,96
PIL-LL-NE_C3 <sup>13</sup>	6	13	34,47	323,84	0,84	1,45	0,39	0,71
PIL-LL-NE_C4 <sup>14</sup>	5	13	39,36	123,86	0,99	1,44	0,43	0,64
PIL-LL-NE_C5 <sup>15</sup>	5	18	30,78	124,65	0,50	2,08	0,24	0,76
PIL-LL-NE_C6 <sup>16</sup>	1	8	9,87	84,20	0,00	1,59	0,00	1,00
PIL-LL-NE_C7 <sup>17</sup>	4	11	29,87	144,87	0,34	1,11	0,19	0,57
DP-IRA-S_C1 <sup>18</sup>	1	9	1,00	13,00	0,00	2,10	0,00	0,95
DP-IRA-S_C2 <sup>19</sup>	6	14	50,44	253,17	0,90	1,70	0,36	0,67
DP-IRA-S_C3 <sup>20</sup>	7	14	33,15	306,04	0,85	2,17	0,39	0,82
DP-IRA-S_C4 <sup>21</sup>	10	19	62,29	181,60	1,10	1,94	0,44	0,79

Empreendimento	Riqueza		Densidade (ind/m²)		Diversidade (bits/ind)		Equitabilidade	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
<b>DP-IRA-S_C5</b> <sup>22</sup>	5	10	25,72	90,85	1,03	1,75	0,64	0,91
<b>DP-IRA-S_C6</b> <sup>23</sup>	2	8	16,81	66,41	0,50	1,30	0,41	0,90

\*Somente arrastos oblíquos.

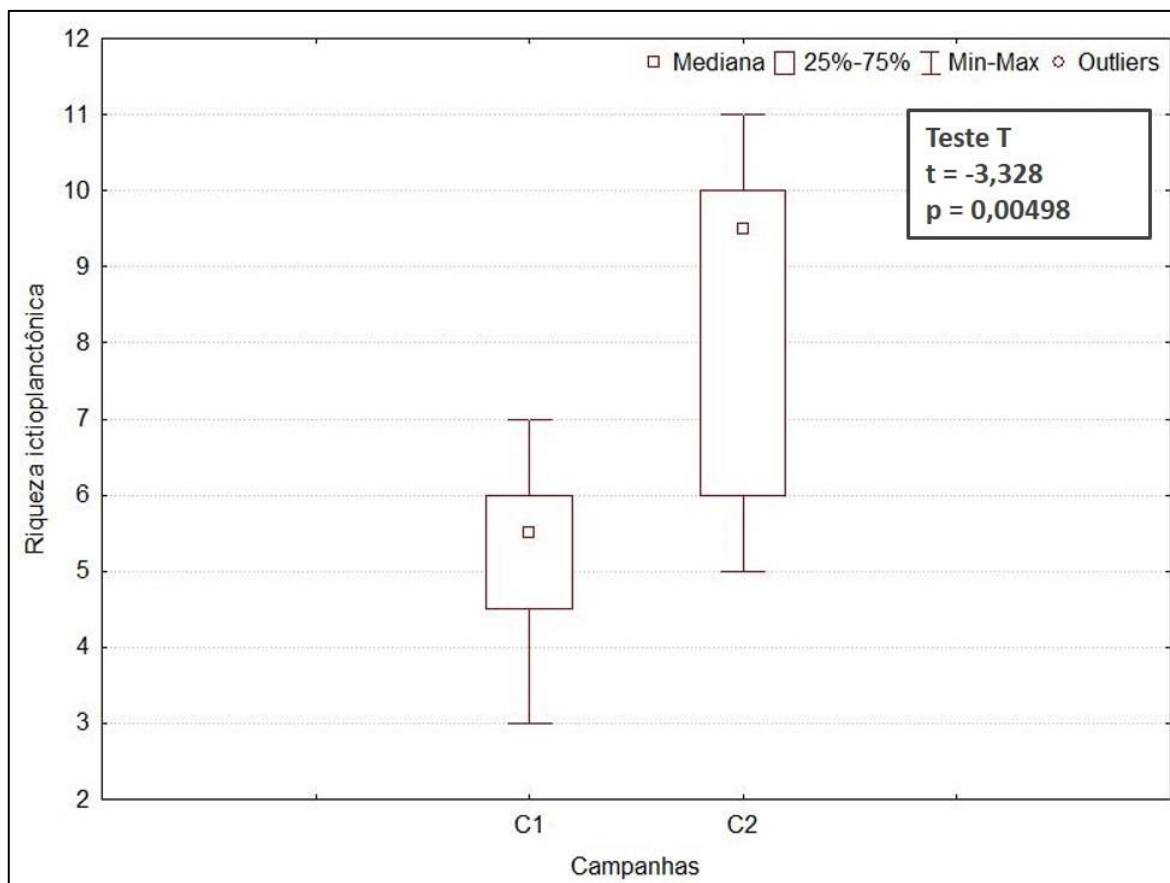
Fonte: 1 = Petrobras/Bourscheid (2019a); 2 = Petrobras/Analytical Solutions (2012); 3 = Petrobras/Analytical Solutions (2013); 4 = Petrobras/Bourscheid (2014); 5 = Petrobras/Bourscheid (2015a); 6 = Petrobras/Bourscheid (2016a); 7 = Petrobras/Bourscheid (2017a); 8 = Petrobras/Bourscheid (2018a); 9 = Petrobras/Bourscheid (2019b); 10 = Petrobras/Bourscheid (2019c); 11 = Petrobras/Bourscheid (2015b); 12 = Petrobras/Bourscheid (2015c); 13 = Petrobras/Bourscheid (2018b); 14 = Petrobras/Bourscheid (2018c); 15 = Petrobras/Bourscheid (2019d); 16 = Petrobras/Bourscheid (2019e); 17 = Petrobras/Bourscheid (2020a); 18 = Petrobras/Bourscheid (2016b); 19 = Petrobras/Bourscheid (2017b); 20 = Petrobras/Bourscheid (2018d); 21 = Petrobras/Bourscheid (2019f); 22 = Petrobras/Bourscheid (2019g); 23 = Petrobras/Bourscheid (2020b).



Um total de 18 taxa de larvas de peixes foi coletado, sendo que 1 foi identificado a nível de superclasse, 13 a nível de família, 2 a nível de gênero e 2 a nível de espécie. A riqueza variou de 5 a 11 taxa nas amostras DP-BUZ-1\_J1002\_OBL\_300 e DP-BUZ-1\_M1000\_OBL\_300, respectivamente, com média de  $8,38 \pm 2,33$  taxa.

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 (Tabela V-20).

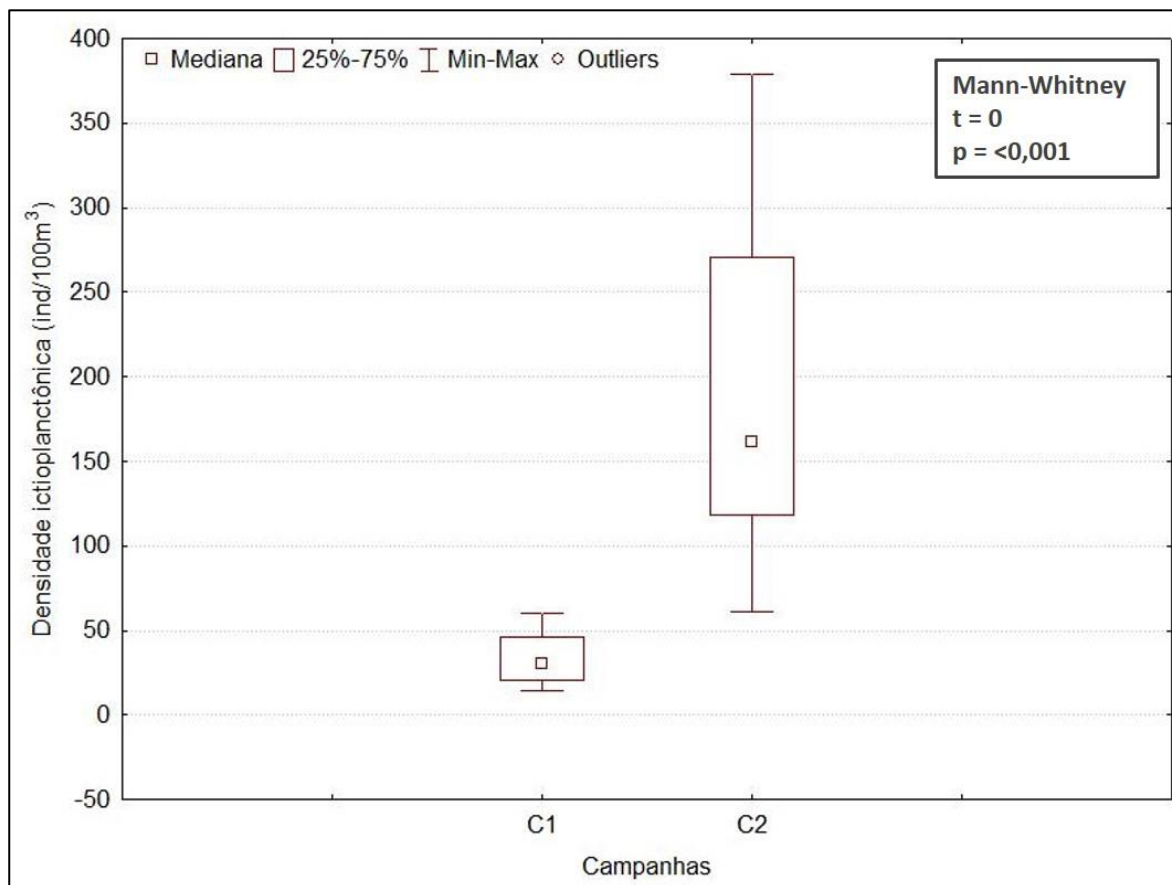
A atual campanha de monitoramento do DP-BUZ-1 apresentou maiores valores de riqueza de taxa, assim como maior amplitude de valores para esse parâmetro em relação à primeira campanha (Figura V-50), sendo encontradas diferenças significativas entre as campanhas de monitoramento (*Teste T*,  $p < 0,05$ ).



**Figura V-50** – Box plots representativos dos valores de riqueza (nº de taxa) das comunidades ictioplancônicas encontradas nas duas campanhas 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.

A densidade média de larvas presentes na atual campanha foi de  $192,76 \pm 110,74$  ind/100m<sup>3</sup>, com valores variando entre 60,80 ind/100m<sup>3</sup> e 378,65 ind/100 m<sup>3</sup> nas amostras DP-BUZ-1\_J1002\_OBL\_500 e DP-BUZ-1\_M1000\_OBL\_300, respectivamente. 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-20, que os valores da segunda campanha se encontram na faixa de variação dos valores registrados nas campanhas anteriores, com valores mínimo e máximo levemente superiores a maioria dos já registrados.

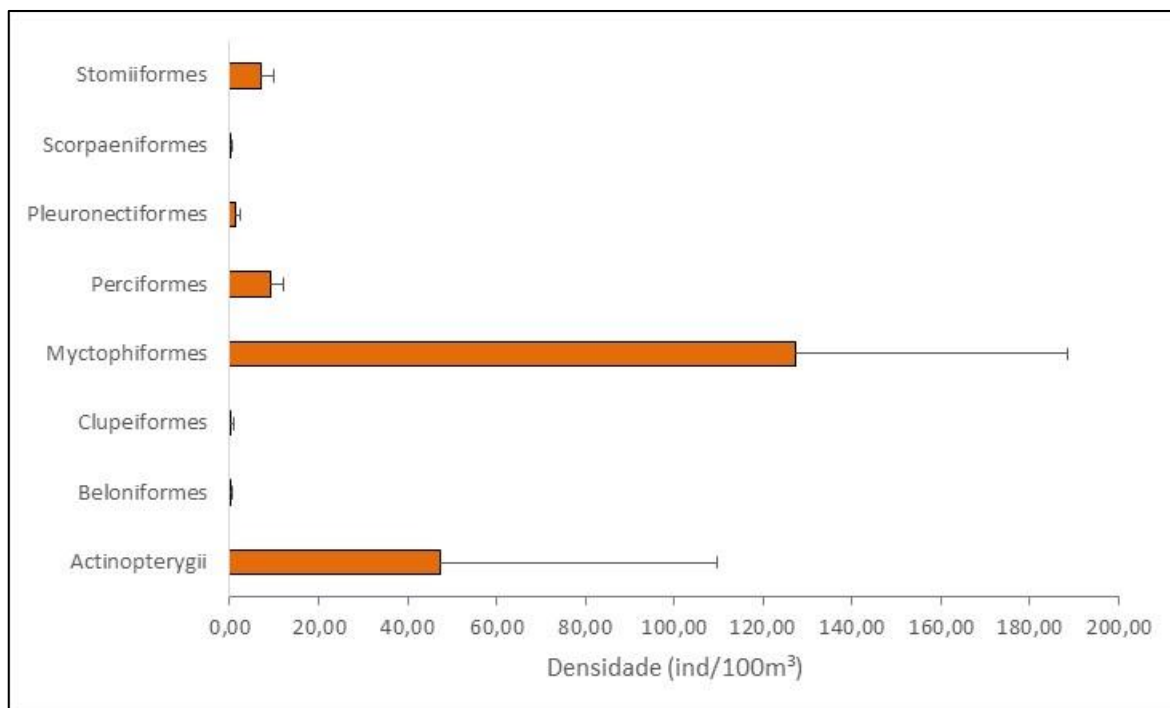
Foram encontradas diferenças significativas entre os valores de densidade entre as campanhas de monitoramento (*Mann-Whitney*,  $p < 0,05$ ). A densidade de organismos foi maior na segunda campanha (Figura V-51).



**Figura V-51** – Box plots representativos dos valores de densidade das comunidades ictioplancônicas encontradas nas duas campanhas 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.

A Ordem Perciformes apresentou a maior riqueza de taxa, mas a Ordem Myctophiformes apresentou a maior densidade média de organismos ( $127,22 \pm 61,39$  ind/100m³), seguido pela Classe Actinopterygii ( $47,52 \pm 62,01$  ind/100m³), pela Ordem Perciformes ( $6,61 \pm 3,12$  ind/100m³) e pela Ordem Stomiiformes ( $7,08 \pm 2,74$  ind/100m³). As demais ordens obtiveram médias variando entre  $0,13 \pm 0,38$  (Scorpaeniformes) e  $1,22 \pm 1,17$  ind/100m³ (Pleuronectiformes) (Figura V-52). De maneira geral, ocorreu grande dispersão dos valores em torno das médias, com desvios variando entre 33 e 283% em relação a média das ordens e classe. Esse

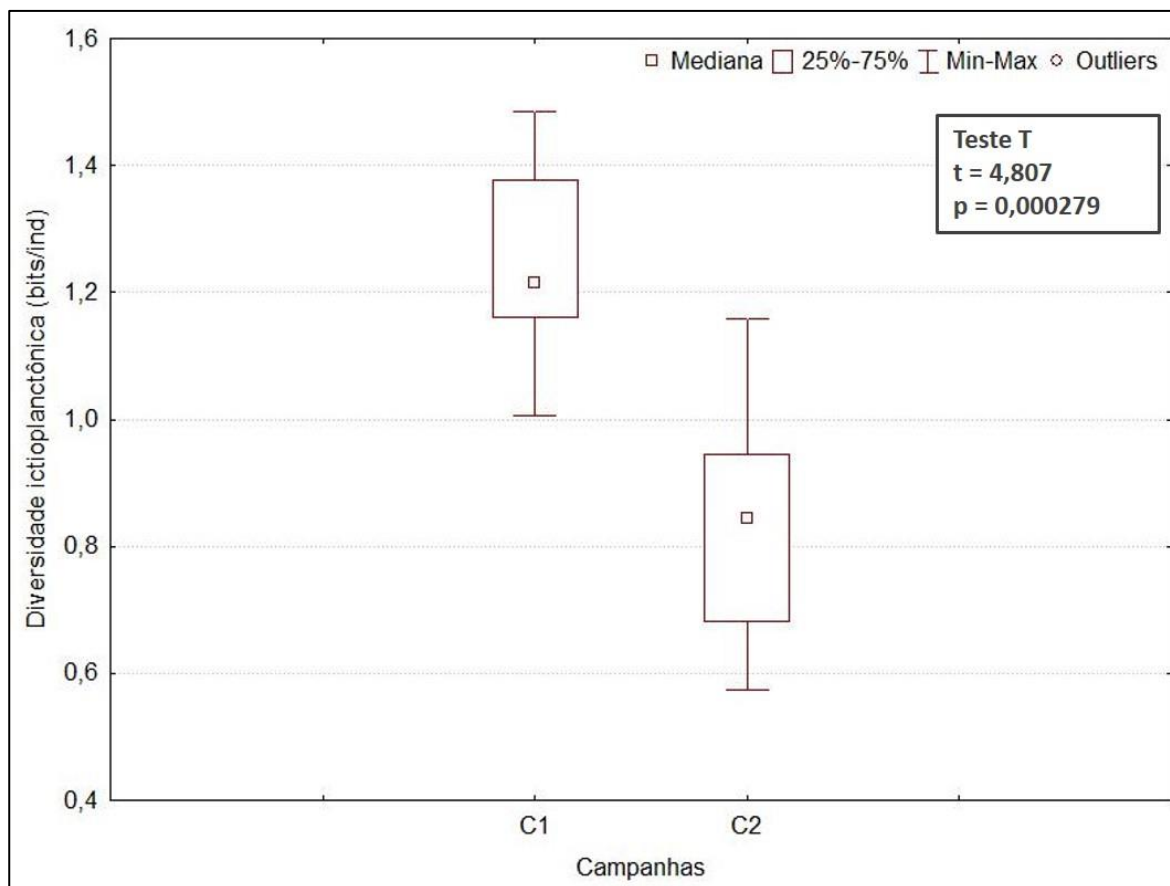
resultado fica, portanto, muito sujeito a fenômenos estocásticos (do acaso) e existe grande probabilidade de não refletirem um padrão para o local.



**Figura V-52** – Densidade de organismos (ind/100m<sup>3</sup>) das ordens ictioplanctônicas na atual campanha 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. A barra laranja representa a densidade média das ordens  $\pm$  desvio-padrão.

A diversidade média na atual campanha foi baixa, com resultado de  $0,83 \pm 0,19$  bits/ind, e valores variando entre 0,57 bits/ind no arrasto horizontal com rede de 300µm da estação DP-BUZ-1\_J1002 e 1,16 bits/ind no arrasto oblíquo com rede de 500 µm da estação DP-BUZ-1\_M1000. Esses resultados encontram-se na faixa de variação dos valores já obtidos anteriormente (Tabela V-20).

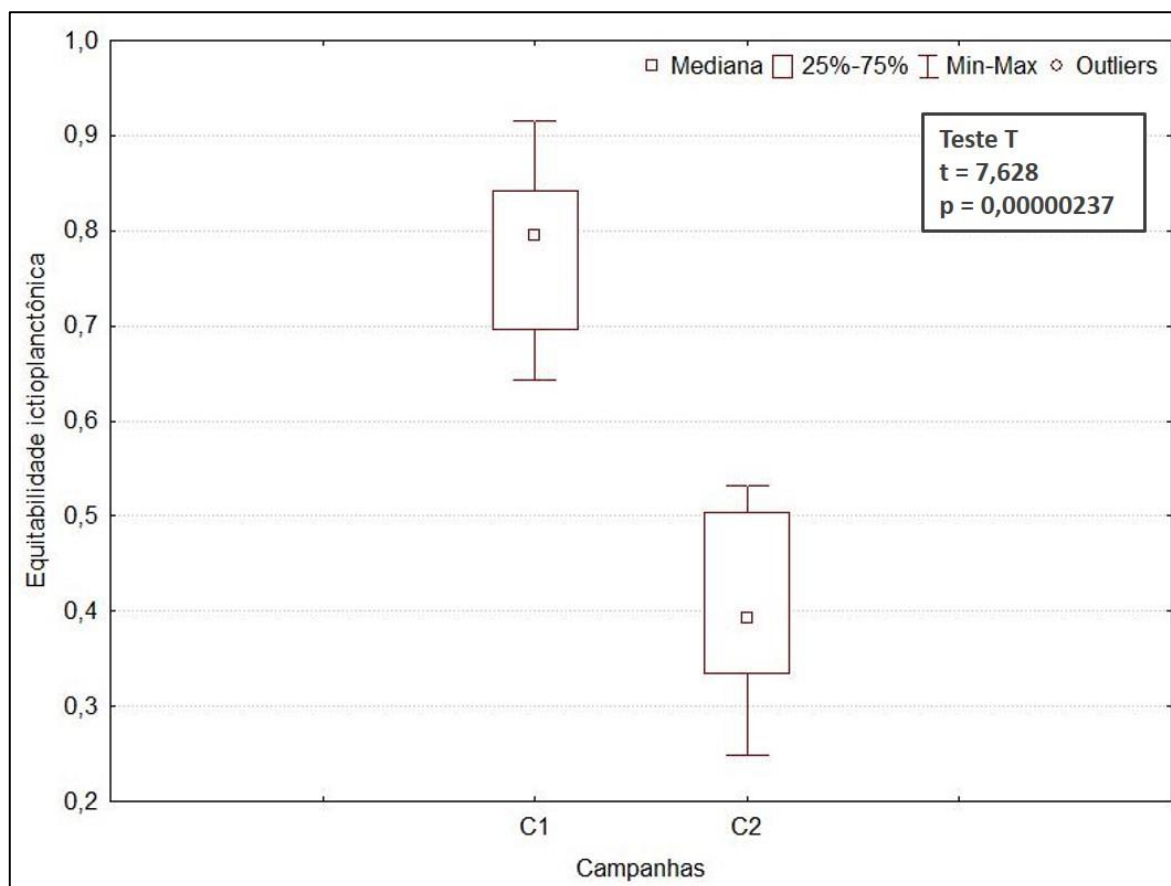
Na Figura V-53 são apresentados os valores de diversidade de ictioplâncton obtidos nas duas campanhas de monitoramento ambiental do DP-BUZ-1. A primeira campanha apresentou maiores valores de diversidade, sendo encontradas diferenças significativas entre as campanhas (*Teste T*,  $p < 0,05$ ).



**Figura V-53** – Box plots representativos dos valores de diversidade das comunidades ictioplanctônicas encontradas nas duas campanhas 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.

Assim como a diversidade, a equitabilidade média na atual campanha foi considerada baixa, com valor de  $0,41 \pm 0,10$ , variando entre 0,25 no arrasto horizontal com rede de 300µm da estação DP-BUZ-1\_J1002 e 0,53 no arrasto horizontal com rede de 500µm da estação DP-BUZ-1\_M1000. Em comparação aos dados de equitabilidade já verificados para a região (Tabela V-20), observa-se que os mesmos 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.

Na Figura V-54 são apresentados os valores de equitabilidade de ictioplâncton obtidos nas duas campanhas de monitoramento ambiental do DP-BUZ-1. A primeira campanha apresentou maiores valores para esse parâmetro, sendo observadas diferenças significativas entre as campanhas (*Teste T*,  $p < 0,05$ ).



**Figura V-54** – Box plots representativos dos valores de equitabilidade das comunidades ictioplanctônicas encontradas nas duas campanhas 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.

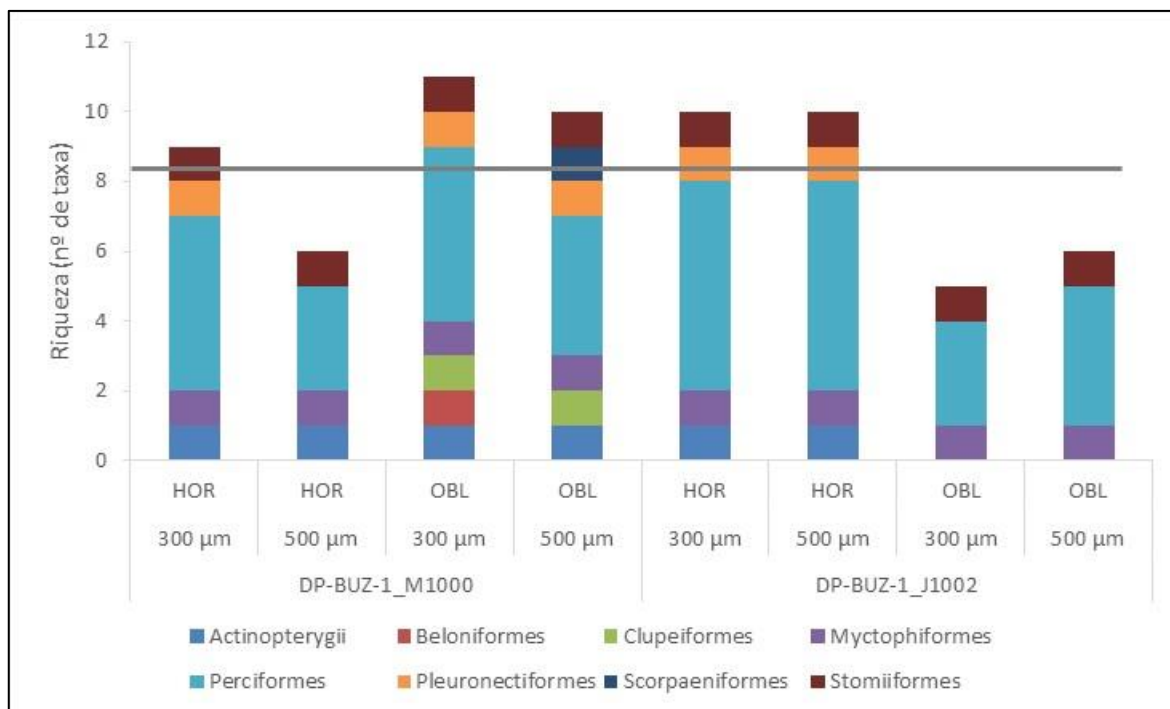
Por fim, é importante ressaltar que todas as campanhas utilizaram os mesmos critérios de identificação (até o menor nível taxonômico possível) e contabilização dos organismos, bem como as mesmas fórmulas de cálculo para os índices ecológicos, conforme explicado na metodologia deste relatório, mas é possível 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.

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

Na estação DP-BUZ-1\_M1000, pode-se observar maiores riquezas nos arrastos oblíquos em relação aos horizontais e nos arrastos com malha de 300 µm em relação a malha de 500 µm. Já na estação DP-BUZ-1\_J1002, maiores valores de riqueza foram observados nos arrastos horizontais em relação aos oblíquos, sem ser observada relação entre a riqueza e o tamanho da malha nessa estação.

A amostra com maior número de taxa foi a do arrasto oblíquo com rede de 300 µm obtida na estação DP-BUZ-1\_M1000, com 11 taxa. Destes, 5 taxa são da ordem Perciformes, enquanto os demais registros foram representados por apenas 1 taxon de cada Ordem. Perciformes, Stomiiformes e Myctophiformes ocorreram em todas as amostras da atual campanha, sendo que Perciformes foi a ordem que mais contribuiu com a riqueza de taxa nas amostras e as demais Ordens contribuíram sempre com 1 taxon. A Classe Actinopterygii e a Ordem Pleuronectiformes não ocorreram nos arrastos oblíquos da estação DP-BUZ-1\_J1002; Pleuronectiformes também não ocorreu no arrasto horizontal com malha de 500 µm da estação DP-BUZ-1\_M1000. A Ordem Clupeiformes ocorreu apenas nos arrastos oblíquos da estação DP-BUZ-1\_M1000, enquanto Beloniformes e Scorpaeniformes ocorreram no arrasto oblíquo com malha de 300 µm e 500 µm, respectivamente, da estação DP-BUZ-1\_M1000 (Figura V-55).



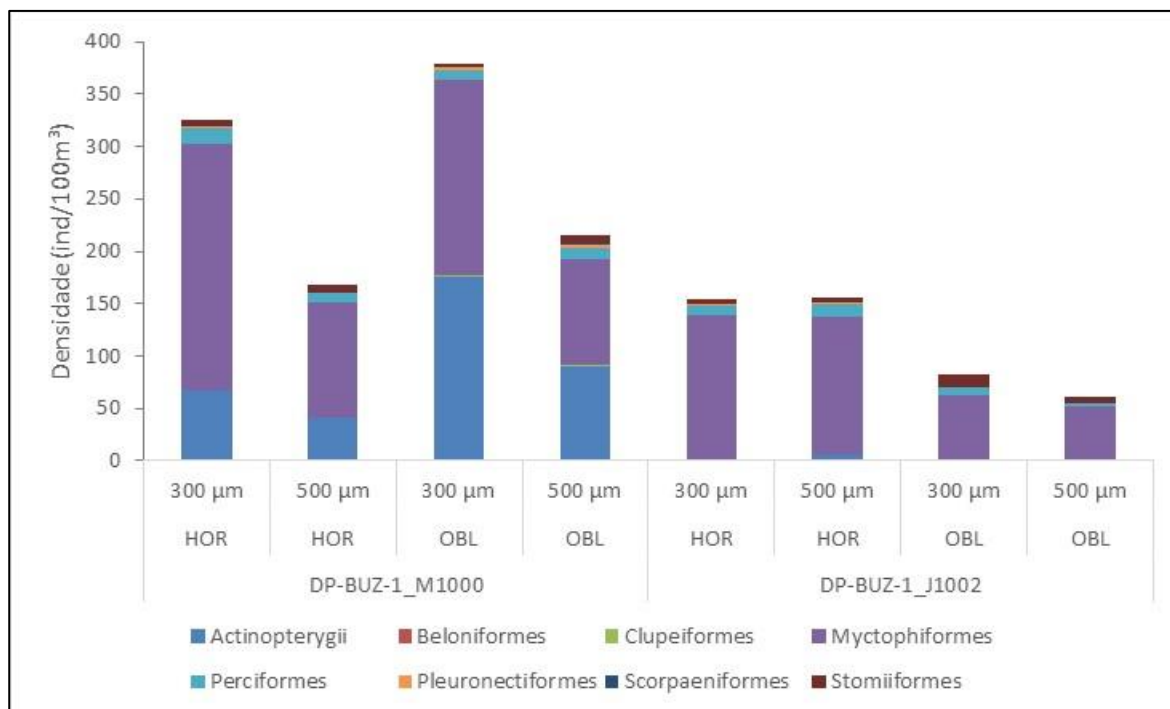


**Figura V-55** – Número de taxa das ordens ictioplanctônicas nas duas estações, nas duas malhas de redes (Rede 300 e 500 µm) e nos dois arrastos (OBL = oblíquo e HOR = horizontal) da atual campanha de monitoramento ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal, Bacia de Santos – Etapa 2 – Desenvolvimento da Produção de Búzios 1. A linha cinza representa a média de todas as amostras.

Maiores valores de densidade foram registrados na estação DP-BUZ-1\_M1000 em relação a DP-BUZ-1\_J1002. Assim como para a riqueza, na estação DP-BUZ-1\_M1000, maiores valores de densidade foram registrados nos arrastos com malha de 300 µm em relação a malha de 500 µm. Já na estação DP-BUZ-1\_J1002, maiores valores de densidade foram observados nos arrastos horizontais em relação aos oblíquos, sem ser observada relação entre a densidade e o tamanho da malha nessa estação (Figura V-56).

A Ordem Myctophiformes apresentou as maiores densidades em todas as amostras. Na estação DP-BUZ-1\_M1000, destaca-se também a Classe Actinopterygii, que teve contribuições mais expressivas em relação aos demais grupos.





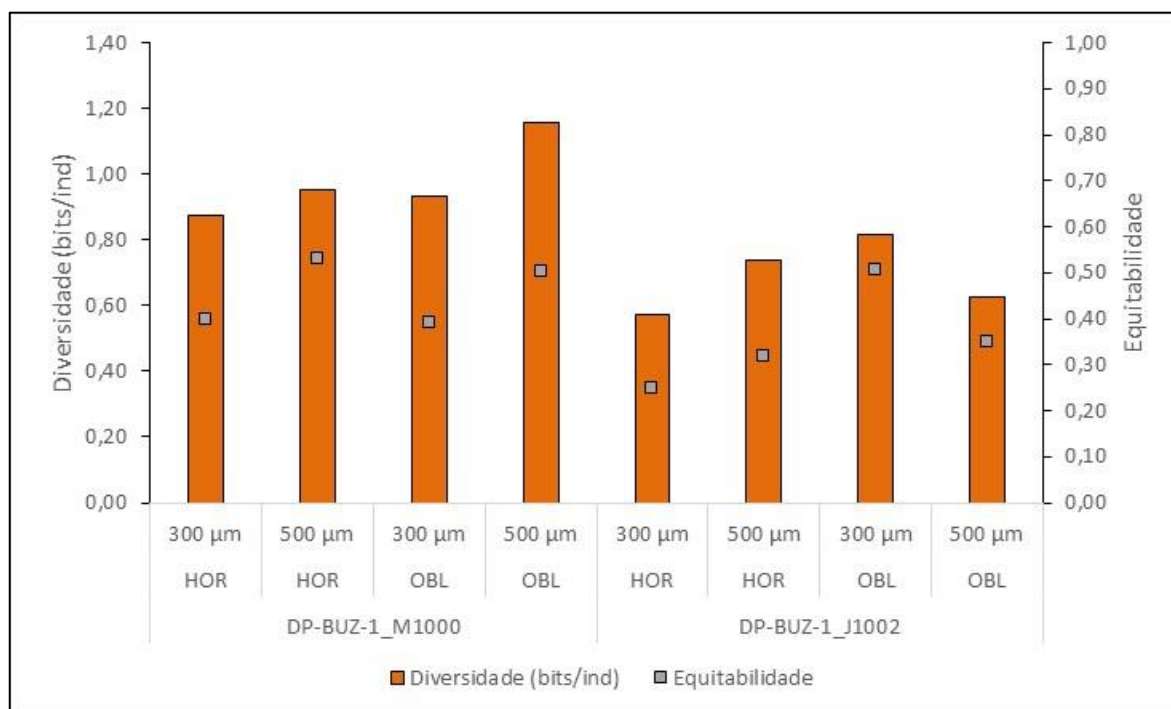
**Figura V-56** – Densidade de organismos das ordens e classes ictioplanctônicas (ind/100m³) nas duas estações, nas duas malhas de redes (Rede 300 e 500 µm) e nos dois arrastos (OBL = oblíquo e HOR = horizontal) da atual campanha de monitoramento ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal, Bacia de Santos – Etapa 2 – Desenvolvimento da Produção de Búzios 1. 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 e da equitabilidade foram baixos em todas as amostras (sempre abaixo de 1,16bits/ind e 0,53, respectivamente), apresentando valores levemente maiores na estação DP-BUZ-1\_M1000 e nestas, os maiores resultados foram observados nos arrastos com malha de 500 µm. Assim como para a riqueza e a densidade, na estação DP-BUZ-1\_J1002 não foi observada uma relação entre os resultados de diversidade e equitabilidade e o tipo de arrasto e a

malha utilizados. Nessa estação, a maior diversidade (0,82 bits/ind) e a maior equitabilidade (0,51) foram registradas no arrasto oblíquo com malha de 300  $\mu\text{m}$  (Figura V-57). Esses resultados apontam para uma composição específica pouco distribuída e com baixa diversidade de espécies.

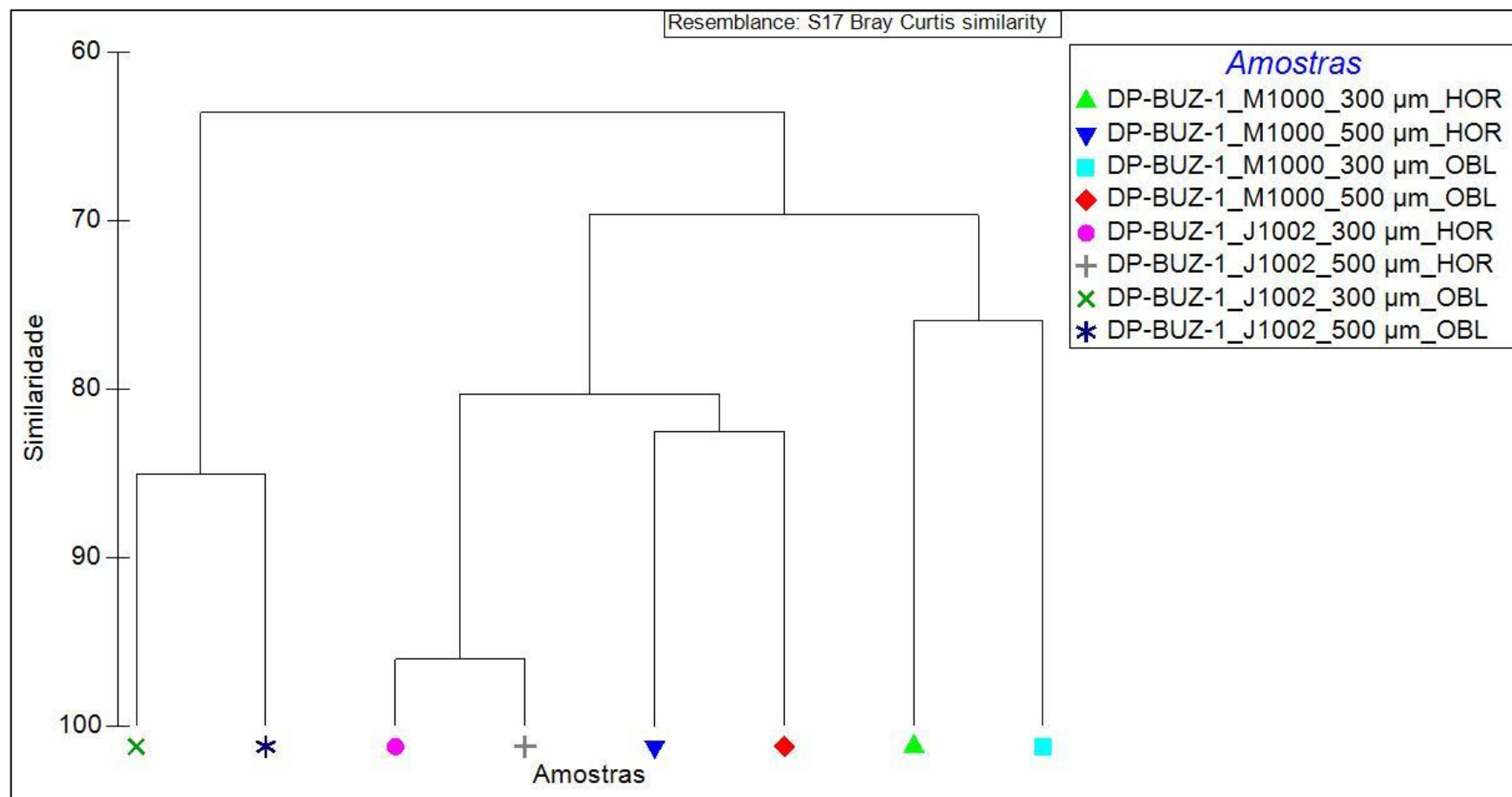


**Figura V-57** – Diversidade (bits/ind) e equitabilidade da comunidade ictioplanctônica nas duas estações nas duas malhas de redes (Rede 300 e 500  $\mu\text{m}$ ) e nos dois arrastos (OBL = oblíquo e HOR = horizontal) da atual campanha de monitoramento ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal, Bacia de Santos – Etapa 2 – Desenvolvimento da Produção de Búzios 1.

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

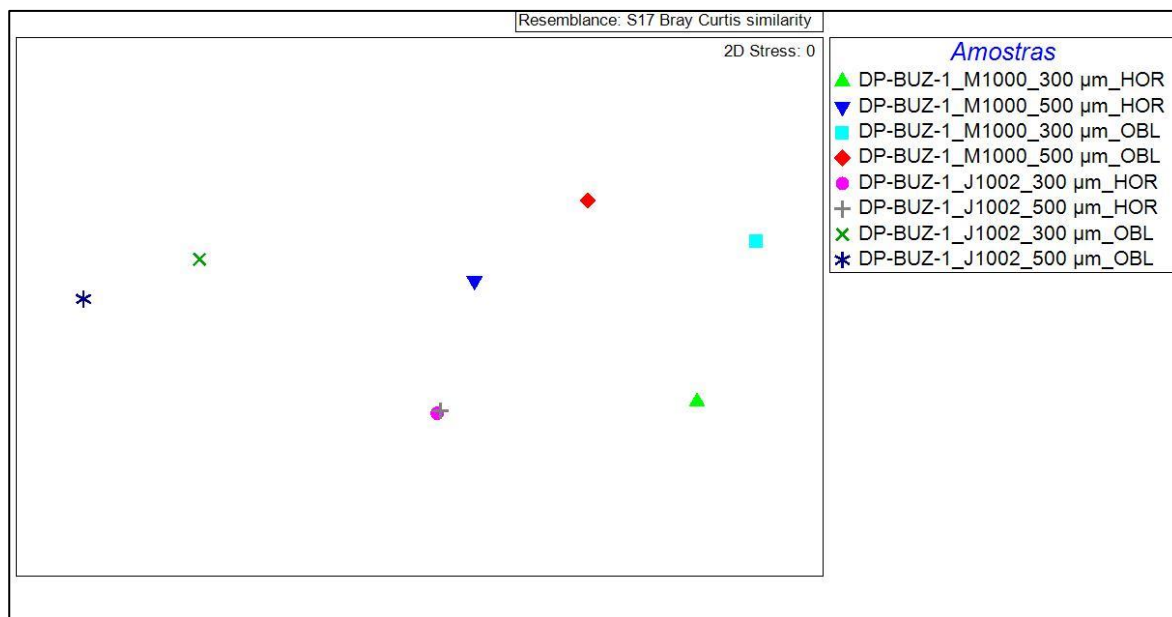
A análise *Cluster* mostrou similaridades variando entre 64 e 97%. Com 85% de similaridade, ocorreu o agrupamento das amostras do arrasto oblíquo da estação DP-BUZ-1\_J1002, provavelmente devido aos menores valores de densidade registrados nessas amostras. Essas amostras foram agrupadas às demais com a menor similaridade observada (64%). Com 70%, ocorreu a formação de dois outros grupos, um composto pelas amostras do arrasto com malha de 300  $\mu\text{m}$  da estação DP-BUZ-1\_M1000 (provavelmente devido aos valores próximos de densidade e

equitabilidade) e outro composto pelas demais amostras (Figura V-58). A maior similaridade, de 97%, agrupou as amostras do arrasto horizontal da estação DP-BUZ-1\_J1002, que registraram a mesma riqueza e valores muito próximos de densidade. Esta condição também foi observada na análise de MDS, que apresentou *stress* nulo, representando bom ordenamento dos dados (Figura V-59).



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

**Figura V-58** – Dendrograma de agrupamento (Cluster) da comunidade ictioplanctônica nas duas estações, nas duas redes (300 µm e 500 µm) e nos dois arrastos (OBL e HOR) na atual campanha 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.



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

**Figura V-59** – Escalonamento multidimensional (MDS) da comunidade ictioplanctônica nas duas estações, nas duas redes (300 µm e 500 µm) e nos dois arrastos (OBL e HOR) na atual campanha 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.

## **VI - ANÁLISE INTEGRADA**

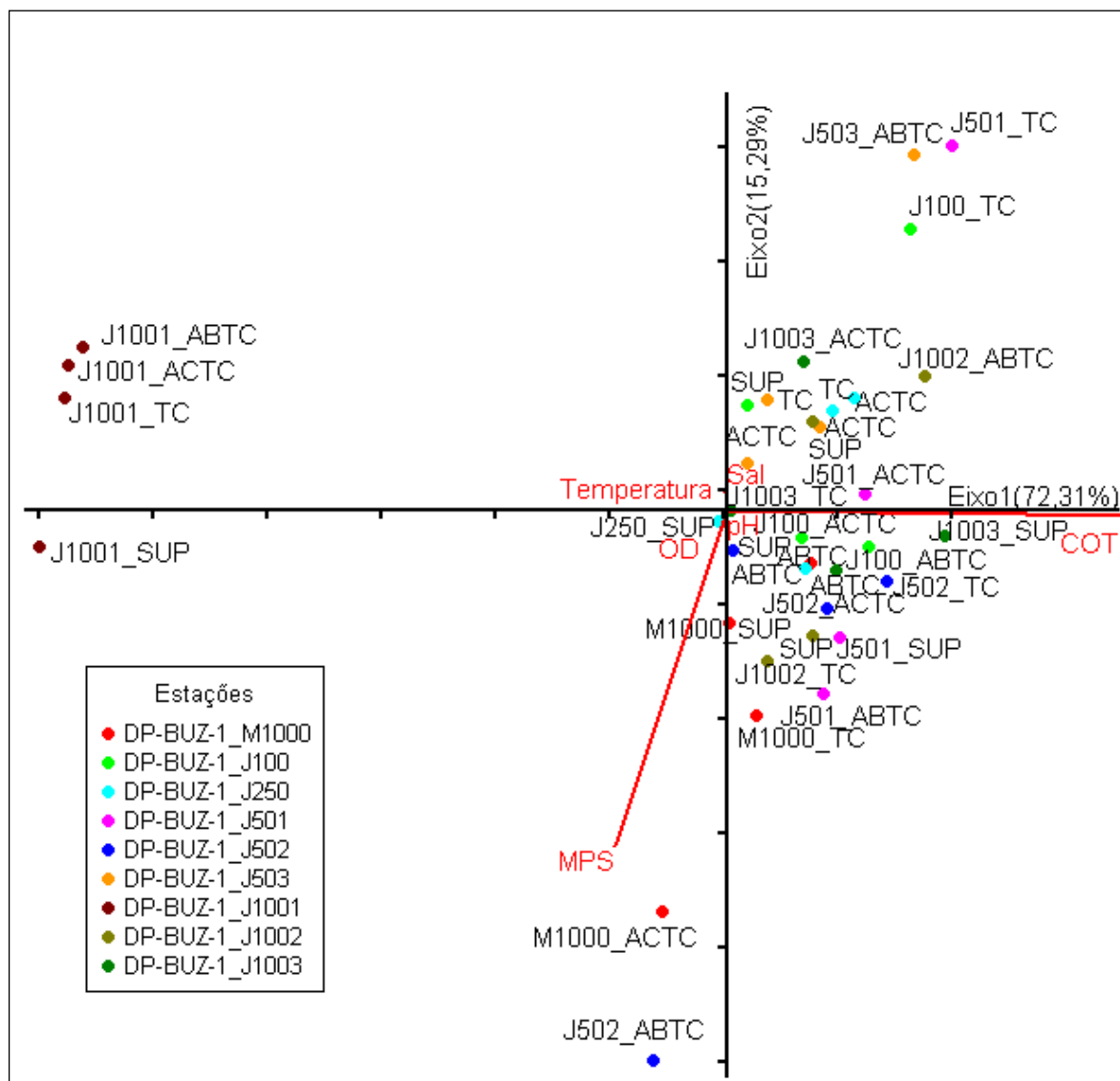
Neste capítulo é apresentada a análise integrada para o ambiente pelágico das estações de coleta amostradas na 2ª campanha de monitoramento ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos – Etapa 2 – DP de Búzios 1. Nessa análise os dados bióticos e abióticos coletados na área de estudo foram integrados e analisados estatisticamente para investigar possíveis respostas biológicas às variações ambientais.

### **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 2ª campanha de monitoramento ambiental de DP de Búzios 1, em relação às suas variáveis físico-químicas. Na Figura VI-1, observa-se a ACP, que explicou 87,60% da variação dos dados nos dois primeiros eixos, sendo o primeiro eixo com 72,31% de explicação e o segundo com 15,29%. As variáveis significativamente relacionadas aos eixos gerados na ACP foram determinadas através da distância d ao centro do plano (LEGENDRE & LEGENDRE, 1983). 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 0,58.

A distribuição das amostras foi significativa apenas para o eixo 1 ( $p = 0,044$ ) e, portanto, as variações dos dados foram interpretadas principalmente em relação a esse eixo.



Legenda: SUP = superfície; ACTC = acima da termoclina; TC = termoclina; ABTC = abaixo da termoclina; MPS = material particulado em suspensão; OD = oxigênio dissolvido; PT = fósforo total; COT = carbono orgânico dissolvido.

**Figura VI-1 - Análise de componentes principais das variáveis físico-químicas do ambiente pelágico de todas as nove estações amostrais da 2ª 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 – DP de Búzios 1.**

A distribuição das amostras ao longo do eixo 1 foi influenciada principalmente pelas relações de concentração e não quantificação de COT entre as amostras. O COT se correlacionou positivamente ( $r = 0,99$ ) com o eixo 1 separando todas as amostras da estação DP-BUZ-1\_J1001, dispostas na porção negativa do eixo e cujo parâmetro não foi quantificado, das demais amostras, dispostas na porção positiva do eixo e apresentando concentrações de COT variando entre 1,10 a 1,34

mg/L. Embora as relações ao longo do eixo 2 não tenham sido significativas, destaca-se a maior influência de MPS na distribuição das amostras nesse eixo. Nesse caso, o MPS se correlacionou negativamente ( $r = -0,85$ ) com o eixo 2, separando as amostras por um gradiente de concentração de MPS, no qual houve tendência de menor concentração de MPS entre as amostras dispostas na porção positiva do eixo e no quadrante I oposto ao quadrante III, em que o vetor de MPS ocorreu. Assim as concentrações entre essas amostras tenderam a variar entre 5,15 e 6,15 mg/L. Em relação às amostras dispostas na porção negativa do eixo 2 e, principalmente, no quadrante III, tenderam a apresentar as maiores concentrações de MPS, com valores acima de 6,18 mg/L e com máximo de 7,38 mg/L. As demais variáveis não foram significativamente correlacionadas ao eixo, pois não apresentaram distância ao centro do plano iguais ou superiores a 0,58.

### 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 correlações significativas (Tabela VI-1).

**Tabela VI-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 2ª 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 – DP de Búzios 1.

	Densidade	Riqueza	Diversidade	Equitabilidade
Temperatura	-0,17	0,14	0,02	-0,17
Salinidade	-0,28	-0,21	0,01	0,20
OD	0,33	-0,22	-0,07	0,05
pH	-0,12	-0,29	-0,06	0,22
Nitrito	-0,27	-0,34	-0,63	-0,60
MPS	-0,02	0,11	0,21	0,26
COT	-0,05	-0,17	-0,31	-0,14

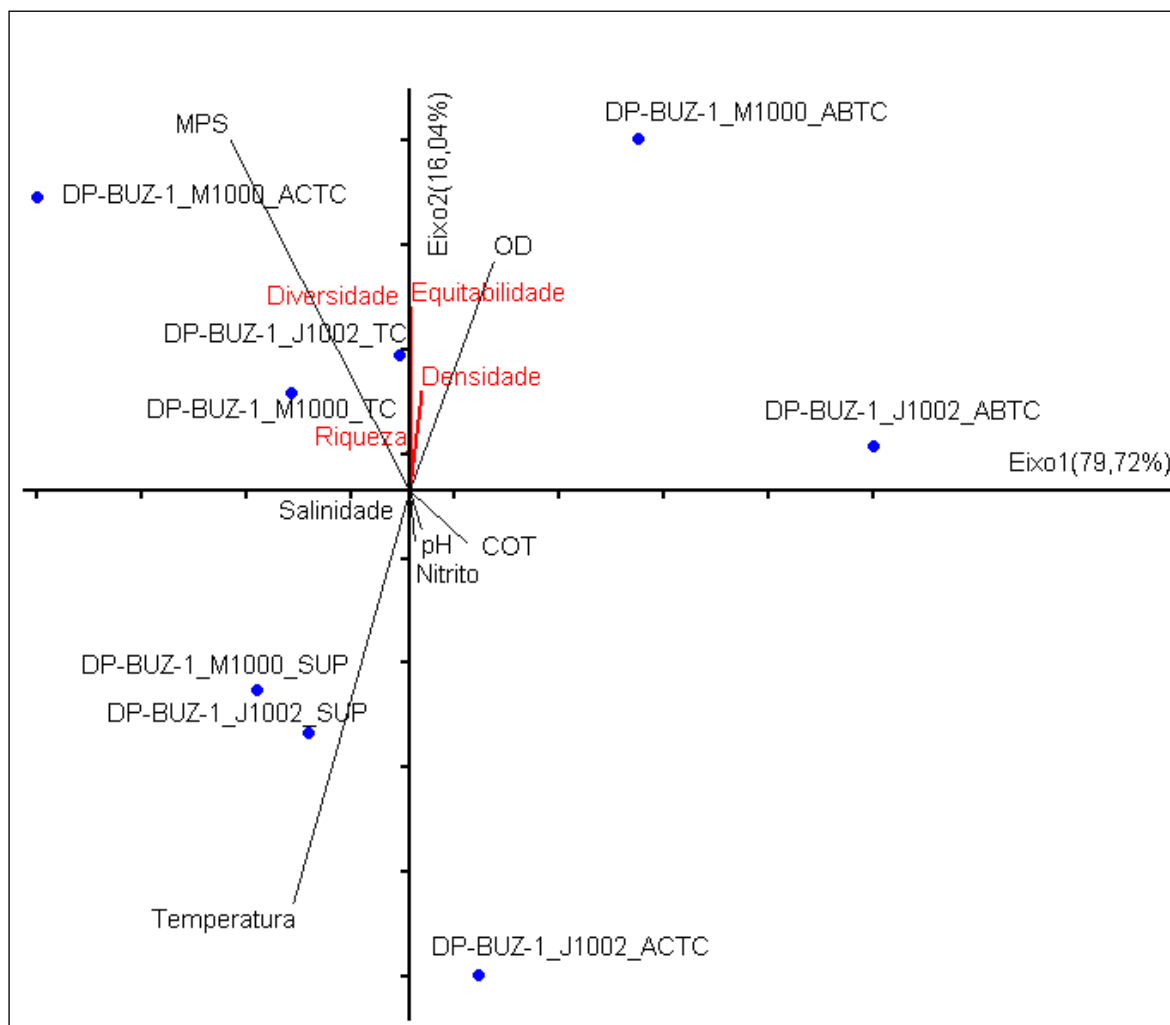
Legenda: OD, oxigênio dissolvido; MPS, material particulado em suspensão; COT, carbono orgânico total.

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-2 apresenta a ACP, que explicou 95,76% da variação dos dados nos dois primeiros eixos, sendo o primeiro eixo com 79,72% de explicação e o segundo com 16,04%. As variáveis significativamente relacionadas aos eixos gerados na ACP foram determinadas através da distância  $d$  ao centro do plano (LEGENDRE & LEGENDRE, 1983). 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; ABTC = abaixo da termoclina; MPS = material particulado em suspensão, OD = oxigênio dissolvido, COT = carbono orgânico total.

**Figura VI-2 - Análise de componentes principais das variáveis físico-químicas do ambiente pelágico das estações DP-BUZ-1\_M1000 e DP-BUZ-1\_J1002, sobreposta com os indicadores ambientais do fitoplâncton e as estações amostrais.**

A distribuição das amostras foi significativa apenas para o eixo 1 ( $p = 0,006$ ) e, portanto, as interpretações sobre as variações dos dados foram feitas, principalmente sobre esse eixo.

Ao longo do eixo 1, a distribuição das amostras foi influenciada principalmente por temperatura ( $r = -0,83$ ) e MPS ( $r = -0,94$ ) correlacionados com a porção negativa do eixo, e por OD ( $r = 0,84$ ), pH ( $r = 0,57$ ) e COT ( $r = 0,84$ ) correlacionados com a porção positiva do eixo. Com isso, as amostras DP-BUZ-1\_M1000\_ABTC, DP-BUZ-1\_J1002\_(ACTC, ABTC), dispostas na porção positiva, separaram-se das demais, dispostas na porção negativa. Isso aconteceu, principalmente, devido às

maiores concentrações de COT (entre 1,17 e 1,27 mg/L) nas amostras da porção positiva do eixo, além de maior OD, principalmente em DP-BUZ-1\_M1000\_ABTC e DP-BUZ-1\_J1002\_ABTC, assim como maior pH em DP-BUZ-1\_J1002(ACTC, ABTC). Quanto às amostras da porção negativa do eixo 1, elas tenderam a apresentar maiores concentrações de MPS, variando entre 6,38 a 7,20 mg/L e maior temperatura, entre 25,60 a 26,58 °C.

Embora a distribuição das amostras ao longo do eixo 2 não tenha sido significativa, destaca-se a correlação negativa da temperatura ( $r = -0,53$ ) e nitrito ( $r = -0,68$ ) e a correlação positiva de diversidade ( $r = 0,59$ ) e equitabilidade ( $r = 0,66$ ) com o eixo 2. Estas relações acarretaram na separação das amostras DP-BUZ-1\_M1000\_SUP, DP-BUZ-1\_J1002\_(SUP, ACTC), dispostas na porção negativa do eixo, das demais amostras, e apresentaram tendência a maiores temperaturas e concentração de nitrito, e relação inversa com a diversidade e equitabilidade fitoplanctônica (exceto DP\_BUZ-1\_M1000\_SUP). Ao passo que as demais amostras, dispostas na porção positiva do eixo, tenderem a não detecção de nitrito (exceto DP-BUZ-1\_J1002\_ABTC), a menores valores de temperatura e maiores valores de diversidade e equitabilidade.

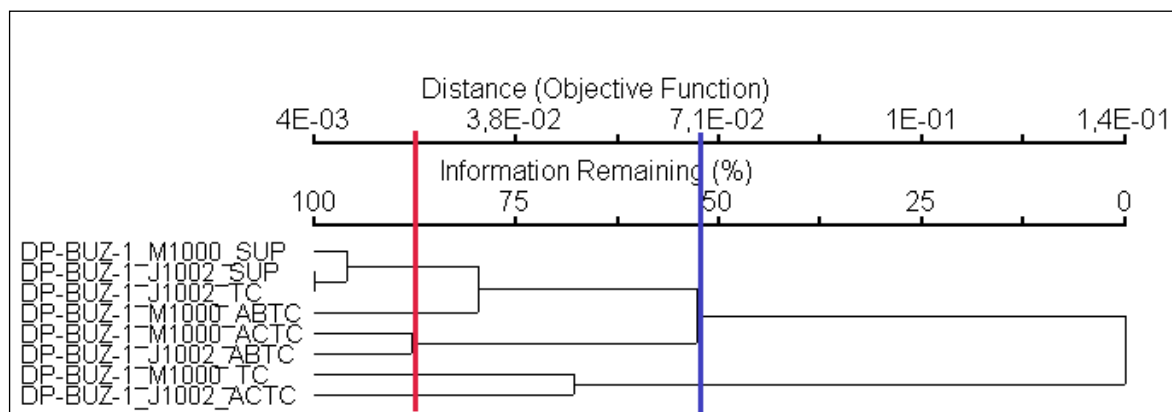
As demais variáveis não foram significativamente correlacionadas ao eixo, pois não apresentaram distância ao centro do plano iguais ou superiores a 0,53.

Outras duas análises foram realizadas, visando complementar ainda mais a análise dos dados e objetivando 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-3) mostrou a formação de dois grupos (linha azul), com 52,80% de similaridade, separando as amostras DP-BUZ-1\_M1000\_TC e DP-BUZ-1\_J1002\_ACTC das demais amostras. Essas duas amostras diferenciaram-se das demais, principalmente pelas características dos indicadores da comunidade fitoplanctônica. Ambas apresentaram as menores densidades, riqueza e diversidade fitoplanctônica.

Além desse agrupamento, destaca-se a formação de cinco grupos (linha vermelha), considerando-se uma maior similaridade (88%). Um grupo é formado

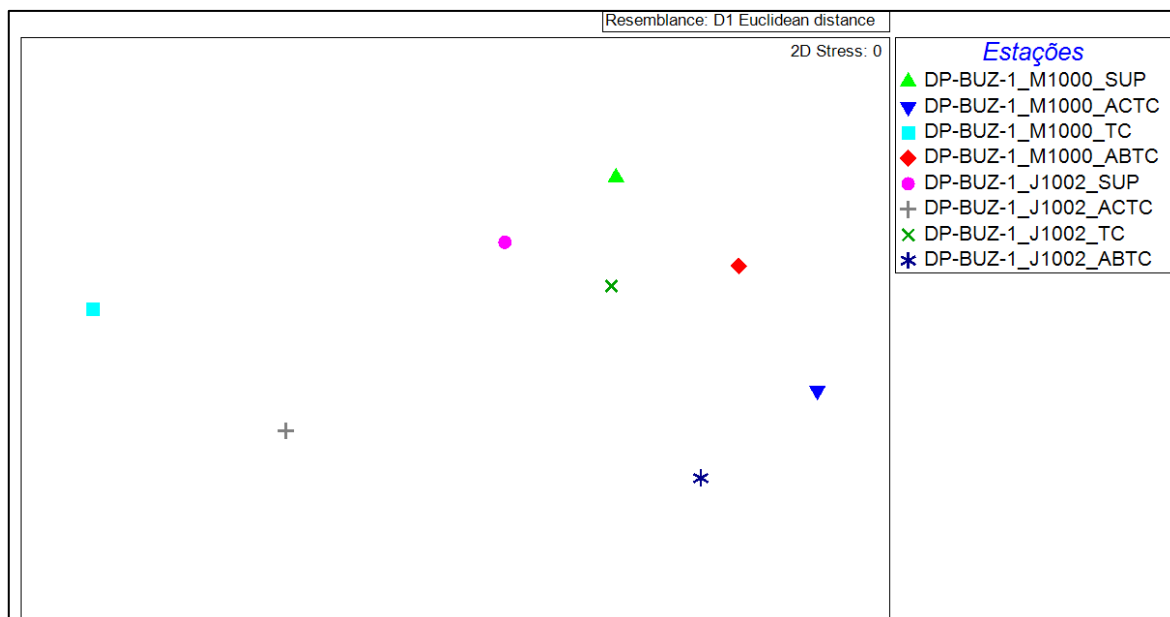
pelas amostras DP-BUZ-1\_M1000\_SUP, DP-BUZ-1\_J1002\_SUP e DP-BUZ-1\_J1002\_TC, que apresentaram valores de densidade fitoplanctônica semelhantes, variando entre 67,48 a 82,18 ind/L. A maior relação (100%) de DP-BUZ-1\_J1002\_SUP e DP-BUZ-1\_J1002\_TC nesse grupo é, ainda atribuída pela igual riqueza de taxa e similar concentração de MPS. Um segundo grupo é formado apenas por DP-BUZ-1\_M1000\_ABTC, que se destaca pelo menor valor de temperatura e salinidade, contudo não se destaca entre maiores ou menores valores dos indicadores biológicos. Um terceiro grupo é formado pelas amostras DP-BUZ-1\_M1000\_ACTC e DP-BUZ-1\_J1002\_ABTC, que têm como características em comum as maiores densidades e semelhante diversidade fitoplanctônica, não se destacando um padrão em relação às características ambientais. O quarto e quinto grupo são compostos pelas amostras individuais de DP-BUZ-1\_M1000\_TC e DP-BUZ-1\_J1002\_ACTC, respectivamente. Em relação a essas amostras, DP-BUZ-1\_M1000\_TC apresentou a menor densidade e menor riqueza fitoplanctônica, juntamente com o menor pH, menor concentração de COT e maior concentração de MPS. Já DP-BUZ-1\_J1002\_ACTC apresentou a segunda menor densidade e riqueza e a menor diversidade e equitabilidade fitoplanctônica, sendo que essa foi uma das três amostras em que nitrito foi detectado e sua concentração foi a segunda maior.



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-3 - Análise de agrupamento dos diferentes estratos de profundidade das duas estações de amostragem de variáveis ambientais e fitoplâncton da 2ª 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 – DP de Búzios 1.**

A MDS é uma técnica de ordenação adequada a dados não normais, ou em escalas arbitrárias, descontínuas, ou de outra forma questionável (McCUNE e MEFFORD, 2011). Nessa análise (Figura VI-4), obteve-se uma boa confiabilidade, com valor de stress satisfatório (0). Verificou-se um padrão semelhante ao do cluster, destacando a separação das amostras em dois grupos, no qual DP-BUZ-1\_M1000\_TC e DP-BUZ-1\_J1002\_ACTC, se separam das demais. Além disso, também se observa a separação em três grupos, em que essas duas amostras ainda se mantêm mais próximas; as amostras DP-BUZ-1\_M1000\_ACTC e DP-BUZ-1\_J1002\_ABTC, assim como observado no cluster compartilham semelhanças e, por fim, as amostras DP-BUZ-1\_M1000\_SUP, DP-BUZ-1\_J1002\_SUP, DP-BUZ-1\_J1002\_TC e DP-BUZ-1\_M1000\_ABTC se agrupam devido, principalmente às características de semelhantes valores de densidade, riqueza, diversidade e equitabilidade.



**Figura VI-4** - Análise de escalonamento multidimensional entre as variáveis ambientais de qualidade da água e os indicadores biológicos da comunidade fitoplanctônica da 2ª 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.

Nesta segunda campanha de monitoramento ambiental observou-se, em relação às características ambientais, avaliando-se todas as estações amostradas, que a variabilidade entre as amostras foi atribuída principalmente às quantificações de concentrações de COT entre a maioria das amostras, separando-as daquelas em que esse parâmetro não foi detectado (todas as amostras da estação DP-BUZ-1\_J1001).

Em relação às variações nas estações DP-BUZ-1\_M1000 e DP-BUZ-1\_J1002, considerando-se as características dos indicadores biológicos da comunidade fitoplanctônica e as características ambientais, não foram verificadas correlações significativas entre os parâmetros bióticos e abióticos. De maneira geral, a variação das amostras foi influenciada, principalmente, pela temperatura, MPS, OD, pH e COT, separando as amostras DP-BUZ-1\_M1000\_ABTC, DP-BUZ-1\_J1002\_(ACTC, ABTC) das demais, devido relações de maiores e menores concentrações desses parâmetros. Ressalta-se que não foram observadas relações adicionais com os indicadores biológicos nessa principal variação das amostras. Contudo, quando se considerou as demais relações (não significativas) indicadas na ACP (Figura VI-2) houve tendência de relação oposta entre

temperatura e nitrito com diversidade e equitabilidade, influenciando a distribuição das amostras.

Dentre a diversidade de grupos do fitoplâncton marinho, destacam-se como mais proeminentes as diatomáceas e os dinoflagelados (GARRISON, 2011), e essa tendência, foi igualmente observada nesse monitoramento, no qual os principais *taxa* identificados nas amostras são representantes dos filos Ochrophyta (diatomáceas) e Pyrrophytophyta (dinoflagelados), mas também outros filos como, por exemplo, Cyanobacteria e Chrysophyta, com contribuições muito mais discretas.

Os organismos do fitoplâncton encontram-se à deriva na coluna d'água, distribuindo-se vertical e horizontalmente (ESTEVES, 2011), como resultado da influência da interação de diferentes fatores ambientais e biológicos, que variam em diferentes escalas, desde o nível molecular ao global (WILLIAM *et al.*, 1993), e promovem a variabilidade na distribuição e atividade fitoplanctônica. Fatores tais como a temperatura da água, intensidade luminosa, disponibilidade de nutrientes, turbidez, MPS, salinidade, concentração de nutrientes e de matéria orgânica, e interações biológicas, são fundamentais, influenciando a dinâmica dos organismos planctônicos (RAYMONT, 1983; PINTO-COELHO, 1999; FRANCO *et al.*, 2005; ESTEVES, 2011). Contudo, não foram verificadas correlações significativas entre os dados ambientais e os dados de fitoplâncton nesta campanha.

Apesar de não terem sido observadas relações significativas, foram identificados, como apontado acima, alguns parâmetros que influenciaram a variabilidade das amostras, principalmente temperatura, pH, OD, MPS, COT e nitrito. Dentre esses parâmetros, a temperatura e o nitrito apresentaram certa tendência de relação oposta com a diversidade e a equitabilidade fitoplanctônica, influenciando a variabilidade das amostras. Sobre esses dois parâmetros destaca-se que a temperatura da água é uma variável que tem grande influência sobre a distribuição vertical do fitoplâncton, pois atua diretamente sobre a atividade dos organismos, especialmente sobre a reprodução e sobre os movimentos intrínsecos e, indiretamente, através da alteração da densidade da água (ESTEVES, 2011). Os nutrientes, aqui representado pelo nitrito, são fatores relevantes para a comunidade fitoplanctônica, influenciando a produtividade, estrutura e dinâmica fitoplanctônica,

sendo as formas nitrogenadas, além de fósforo e silicato se destacam em importância (ESTEVES, 2011).

Conforme influenciam a dinâmica e estrutura fitoplanctônica, os parâmetros abióticos também influenciam, direta e indiretamente, a dinâmica de outros níveis tróficos e vice-versa. Como o zooplâncton e o ictioplâncton, que possuem um papel importante na dinâmica dos ecossistemas aquáticos, atuando principalmente na ciclagem de nutrientes e no fluxo de energia (ESTEVES, 2011).

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

Na Tabela VI-2 se verifica a variação dos dados bióticos e abióticos considerando às diferentes técnicas de coleta das comunidades zooplanctônica e ictioplanctônica aplicadas na execução da segunda campanha deste projeto.



**Tabela VI-2 – Indicadores biológicos das comunidade zooplânctônicas e ictioplânctônicas coletados através de arrastos horizontais (HOR) e oblíquos (OBL) nas estações amostrais DP-BUZ-1\_M1000 e DP-BUZ-1\_J1002 da 2ª 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 – DP de Búzios 1.**

	Zooplâncton				Ictioplâncton							
	M1000	J1002	M1000	J1002	300µm	500µm	300µm	500µm	300µm	500µm	300µm	500µm
	(HOR)	(HOR)	(OBL)	(OBL)	M1000	M1000	J1002	J1002	M1000	M1000	J1002	J1002
					(HOR)	(HOR)	(HOR)	(HOR)	(OBL)	(OBL)	(OBL)	(OBL)
<b>Zoo:ind/m³</b>												
<b>Densidade</b>	1146,63	1004,15	1473,91	921,37	325,77	167,68	154,71	156,18	378,65	216,08	82,17	60,80
<b>Ictio:ind/100m³</b>												
<b>Riqueza</b>	33	26	22	29	9	6	10	10	11	10	5	6
<b>Diversidade (bits/ind)</b>	2,98	2,69	2,49	2,93	0,87	0,95	0,57	0,74	0,94	1,16	0,82	0,63
<b>Equitabilidade</b>	0,85	0,83	0,81	0,87	0,40	0,53	0,25	0,32	0,39	0,50	0,51	0,35
<b>Temperatura °C</b>	26,58	26,54	26,28	26,22	26,58	26,58	26,54	26,54	26,28	26,28	26,22	26,22
<b>Salinidade (‰)</b>	37,03	37,01	37,05	37,04	37,03	37,03	37,01	37,01	37,05	37,05	37,04	37,04
<b>OD (mg/L)</b>	6,38	6,41	6,45	6,60	6,38	6,38	6,41	6,41	6,45	6,45	6,60	6,60
<b>pH</b>	8,20	8,15	8,15	8,20	8,20	8,20	8,15	8,15	8,15	8,15	8,20	8,20
<b>Nitrito (mg/L)</b>	<0,006	0,014	<0,006	0,010	<0,006	<0,006	0,014	0,014	<0,006	<0,006	0,010	0,010
<b>MPS (mg/L)</b>	6,43	6,38	6,74	6,22	6,43	6,43	6,38	6,38	6,74	6,74	6,22	6,22
<b>COT (mg/L)</b>	1,12	1,21	1,13	1,18	1,12	1,12	1,21	1,21	1,13	1,13	1,18	1,18

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

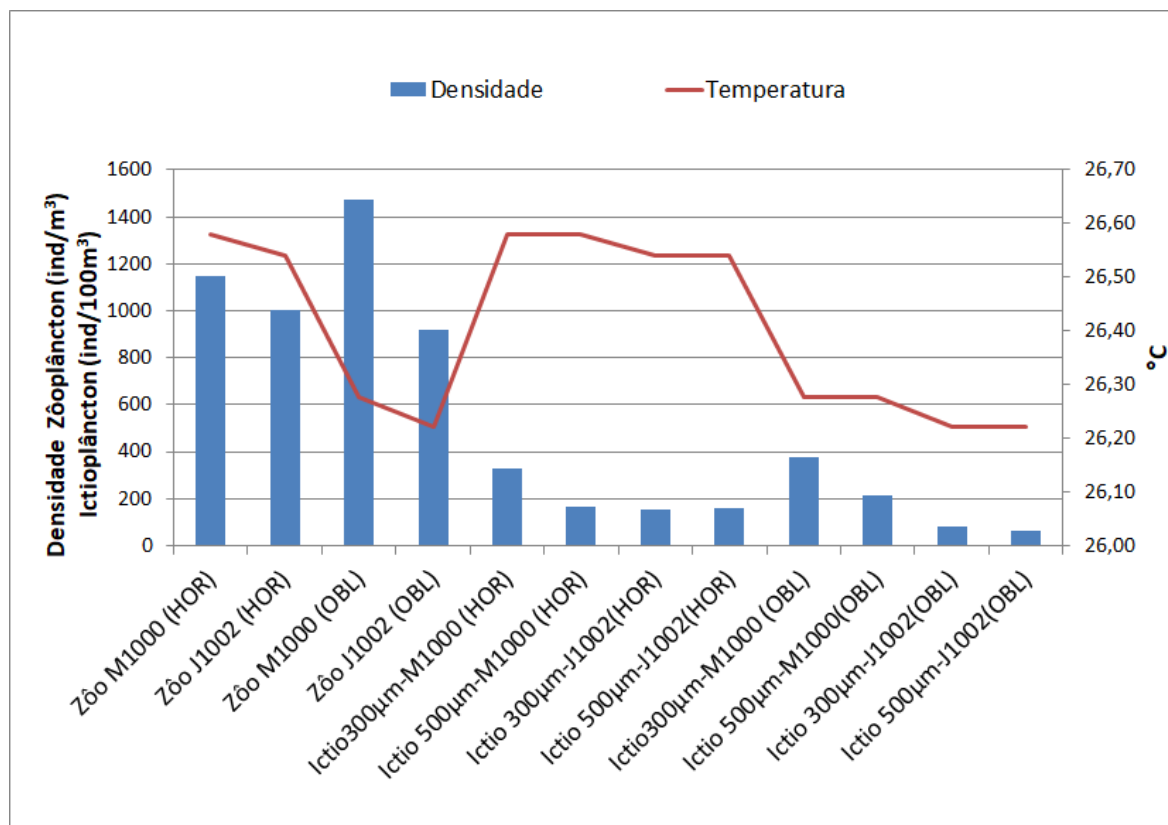
Para a comunidade zooplanctônica a maior densidade, correspondente a 1473,91 ind/m<sup>3</sup>, ocorreu em DP-BUZ-1\_M1000 no arrasto oblíquo, juntamente com os menores valores de riqueza (22 *taxa*), diversidade (2,49 bits/ind) e equitabilidade (0,81), além de menor pH e maior salinidade e concentração de MPS. Em DP-BUZ-1\_M1000 no arrasto horizontal ocorreu a maior riqueza (33) e diversidade (2,98 bits/ind), juntamente com maior temperatura e pH e menores concentrações de OD e COT. Na estação DP-BUZ-1\_M1000 em ambos os arrastos não foram detectadas concentrações de nitrito. A maior equitabilidade (0,87) foi registrada no arrasto oblíquo de DP-BUZ-1\_J1002, onde também se registrou menor temperatura e MPS e maior concentração de OD e maior pH. Por fim, no arrasto horizontal de DP-BUZ-1\_J1002, não se registrou nenhum valor máximo ou mínimo dos indicadores biológicos da comunidade, contudo nessa amostra ocorreu menor salinidade e pH, maior concentração de nitrito e COT. (Tabela VI-2; Figura VI-5 a Figura VI-20).

Com relação à comunidade ictioplanctônica, na estação DP-BUZ-1\_M1000 (OBL), com malha de 300 µm, ocorreu a maior densidade (378,65 ind/100m<sup>3</sup>) e a maior riqueza (11 *taxa*), já na malha de 500 µm ocorreu a maior diversidade (1,16 bits/ind), juntamente com maior salinidade, maior concentração de MPS, além da não detecção de nitrito. Esse último parâmetro não foi detectado em nenhuma amostra da estação DP-BUZ-1\_M1000. Já no arrasto horizontal de DP-BUZ-1\_M1000 malha 500 µm ocorreu a maior equitabilidade, onde também houve maior temperatura e pH e menor concentração de OD e COT. A menor riqueza ictioplanctônica (5 *taxa*) foi observada na coleta em malha de 300 µm em DP-BUZ-1\_J1002, juntamente com menor temperatura e maior pH. Ainda nessa estação, no arrasto OBL em malha de 500 µm ocorreu a menor densidade (60,80 ind/100m<sup>3</sup>). Por fim, a menor diversidade (0,57 bits/ind) e a menor equitabilidade (0,25) ocorreram no arrasto horizontal de DP-BUZ-1\_J1002 em malha de 300 µm, juntamente com menor salinidade e maior concentração de nitrito e COT (Tabela VI-2; Figura VI-5 a Figura VI-20).

Por fim, as amostras DP-BUZ-1\_M1000 HOR 300 µm e DP-BUZ-1\_J1002 HOR 500 µm não se destacaram, em relação às demais amostras em termos de maiores ou menores valores para os indicadores biológicos da comunidade ictioplanctônica. Contudo, densidade em DP-BUZ-1\_M1000 HOR 300 µm foi a segunda maior entre

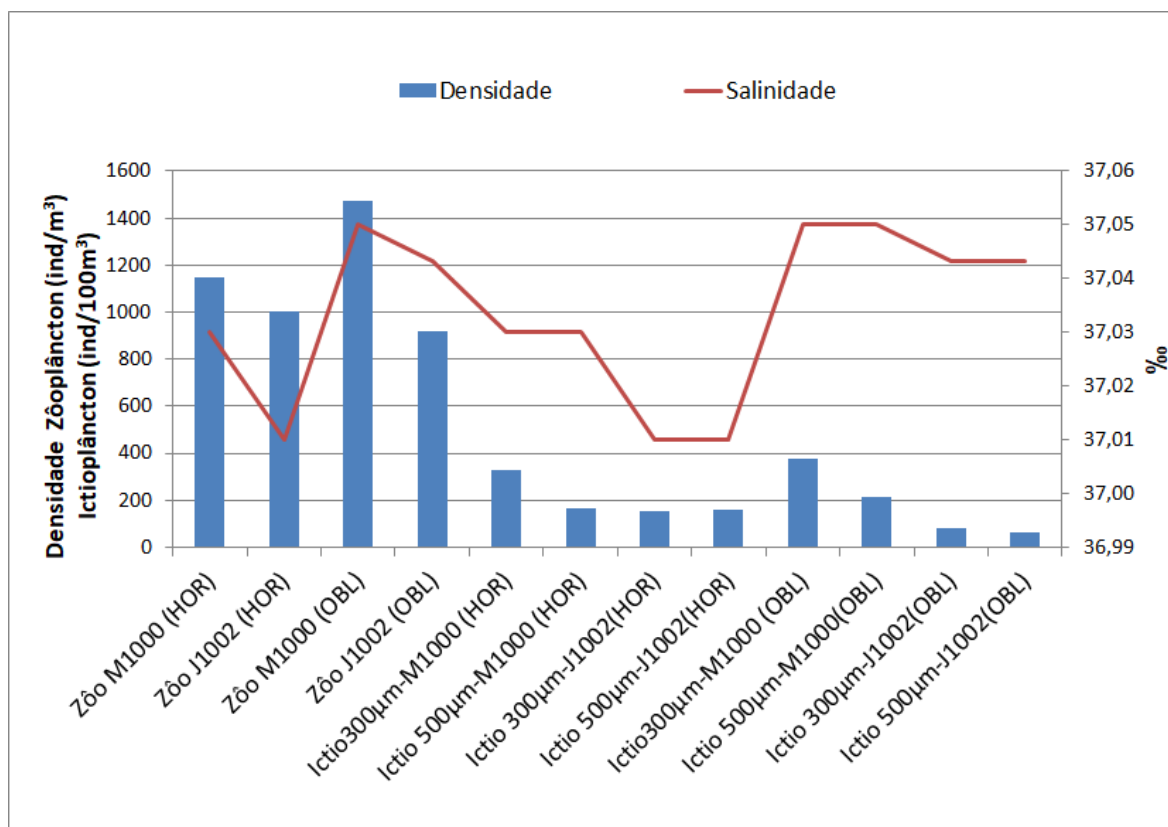
as amostras, onde também se verificou maior temperatura e pH e menor concentração de OD e COT.

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



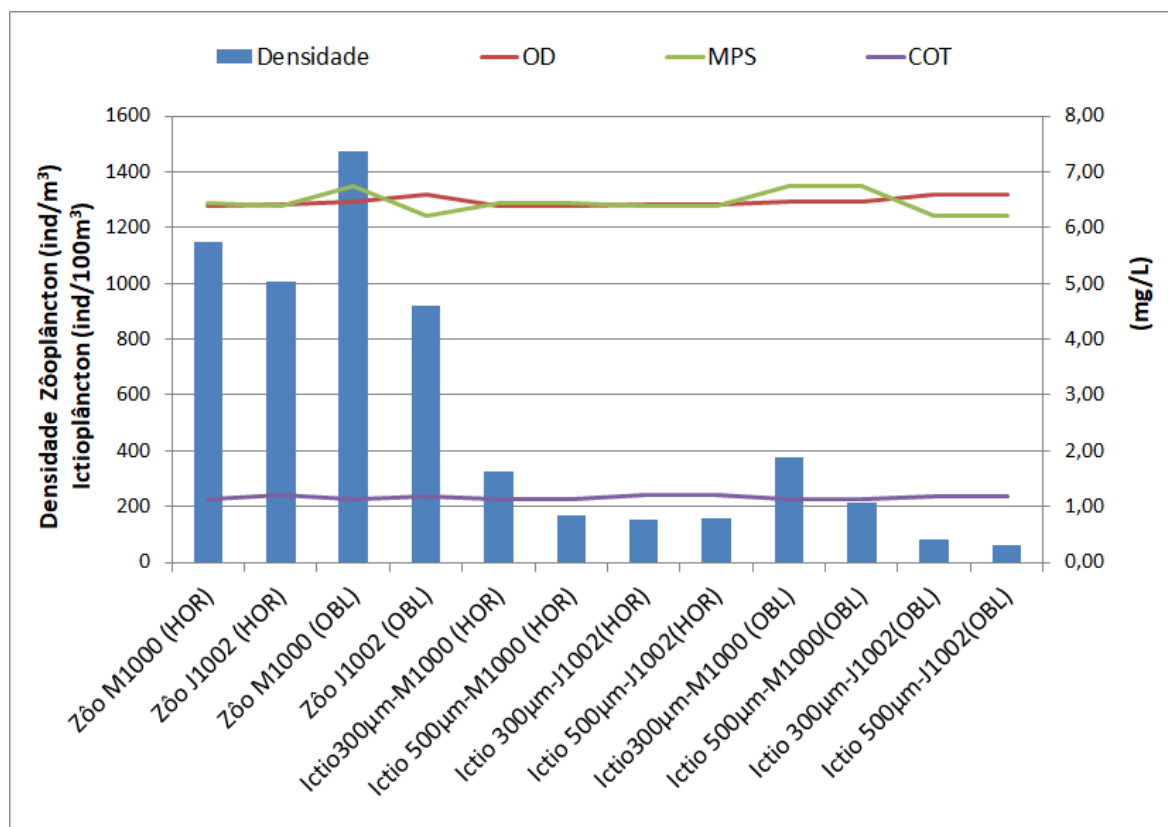
Legenda: Zôo – comunidade zooplancônica; Ictio – comunidade ictioplancônica.

**Figura VI-5 -** Relação temperatura com a densidade total zooplancônica e ictioplancônica (malha 300 µm e 500 µm) em arrastos oblíquos (OBL), e horizontais (HOR) nas estações DP-BUZ-1\_M1000 e DP-BUZ-1\_J1002 da 2ª 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.



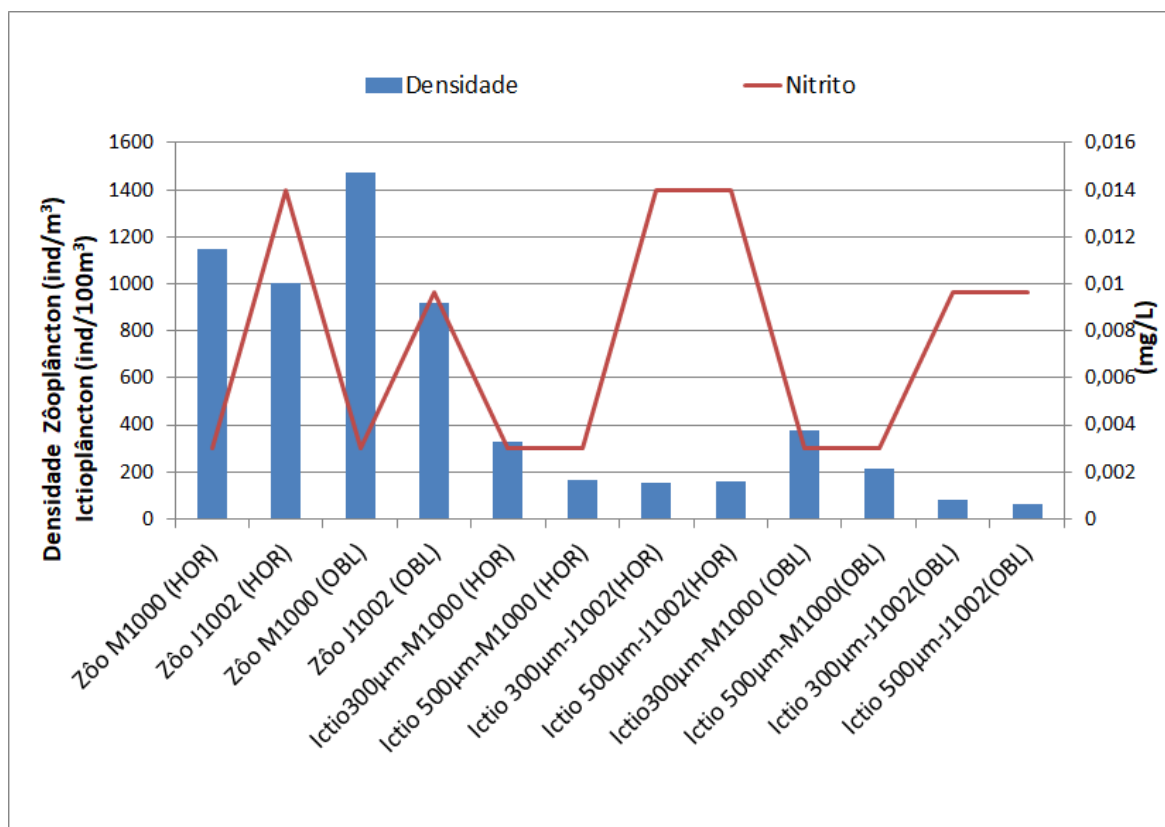
Legenda: Zôo – comunidade zooplanctônica; Ictio – comunidade ictioplanctônica.

**Figura VI-6** - Relação da salinidade com a densidade total zooplanctônica e ictioplanctônica (malha 300 µm e 500 µm) em arrastos oblíquos (OBL), e horizontais (HOR) nas estações DP-BUZ-1\_M1000 e DP-BUZ-1\_J1002 da 2ª 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 – DP de Búzios 1.



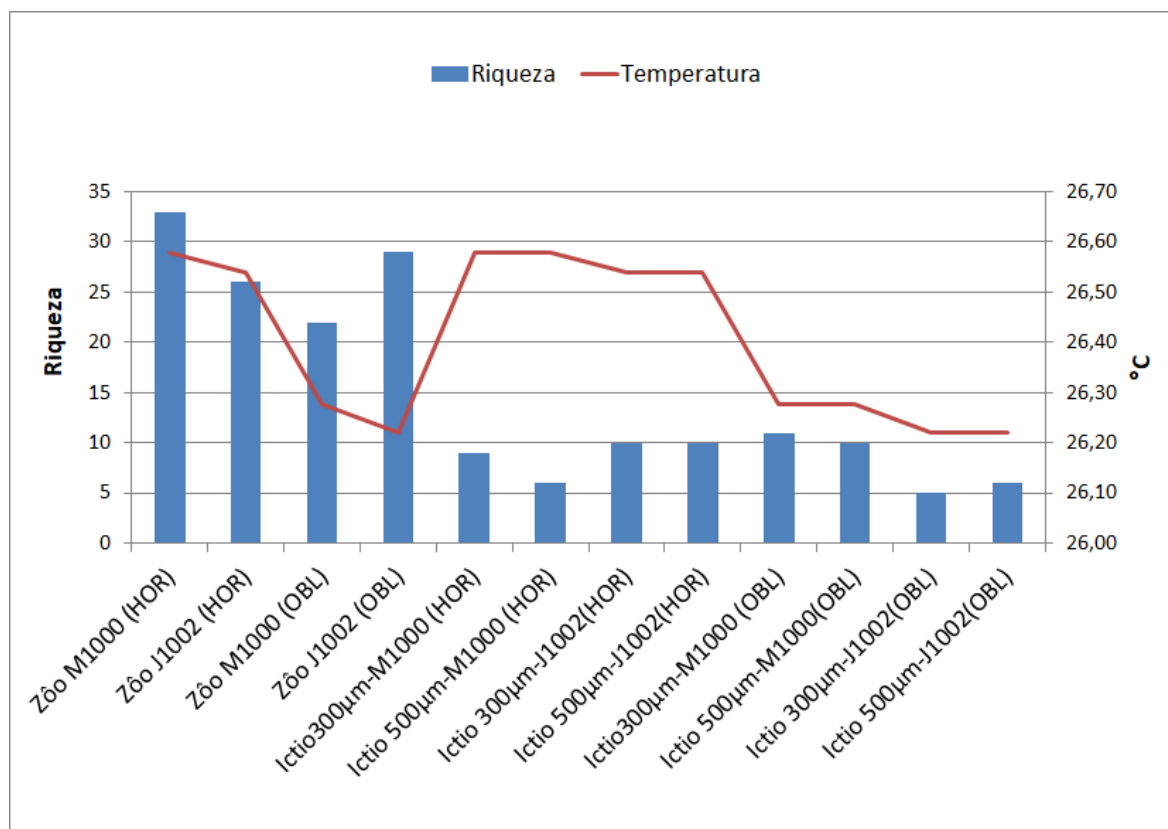
Legenda: Zôo – comunidade zooplânctônica; Ictio – comunidade ictioplânctônica.

**Figura VI-7 -** Relação do OD, MPS e COT com a densidade total zooplânctônica e ictioplânctônica (malha 300 µm e 500 µm) em arrastos oblíquos (OBL), e horizontais (HOR) nas estações DP-BUZ-1\_M1000 e DP-BUZ-1\_J1002 da 2ª 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 – DP de Búzios 1.



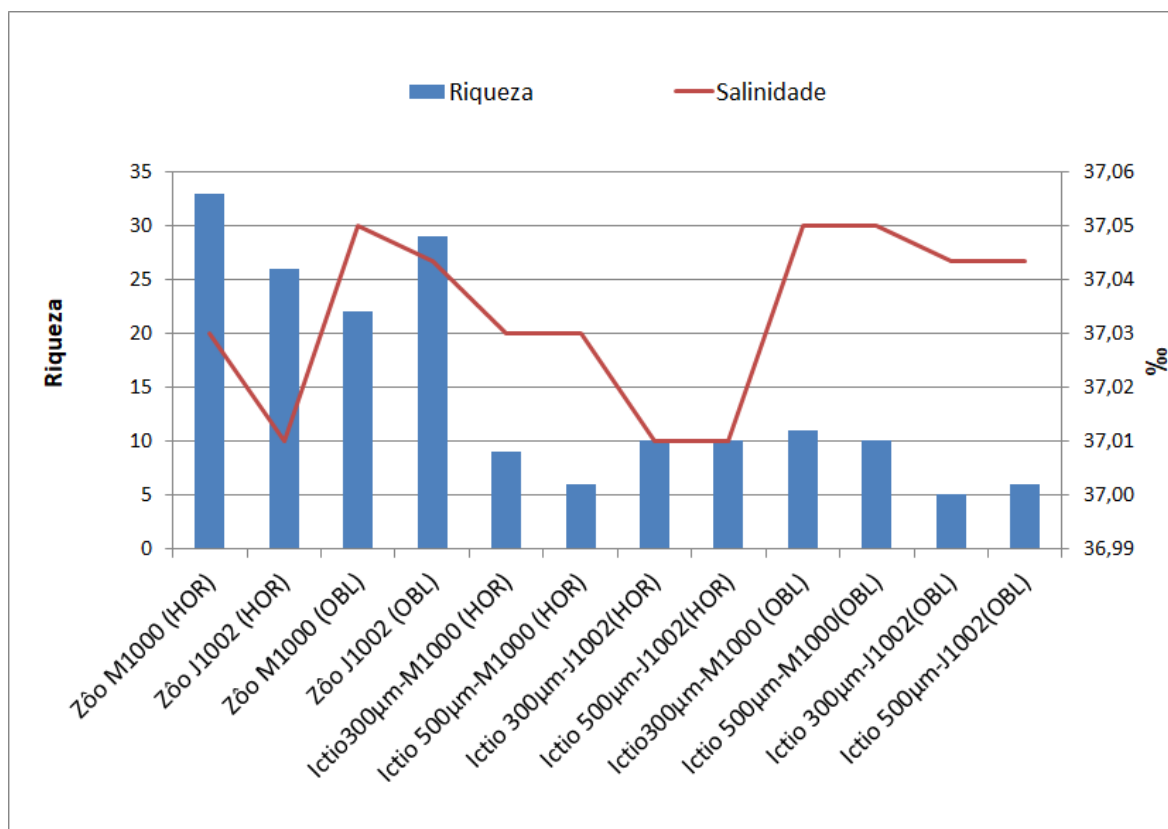
Legenda: Zôo – comunidade zooplancônica; Ictio – comunidade ictioplancônica.

**Figura VI-8 -** Relação de nitrito com a densidade total zooplancônica e ictioplancônica (malha 300 µm e 500 µm) em arrastos oblíquos (OBL), e horizontais (HOR) nas estações DP-BUZ-1\_M1000 e DP-BUZ-1\_J1002 da 2ª 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 – DP de Búzios 1.



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

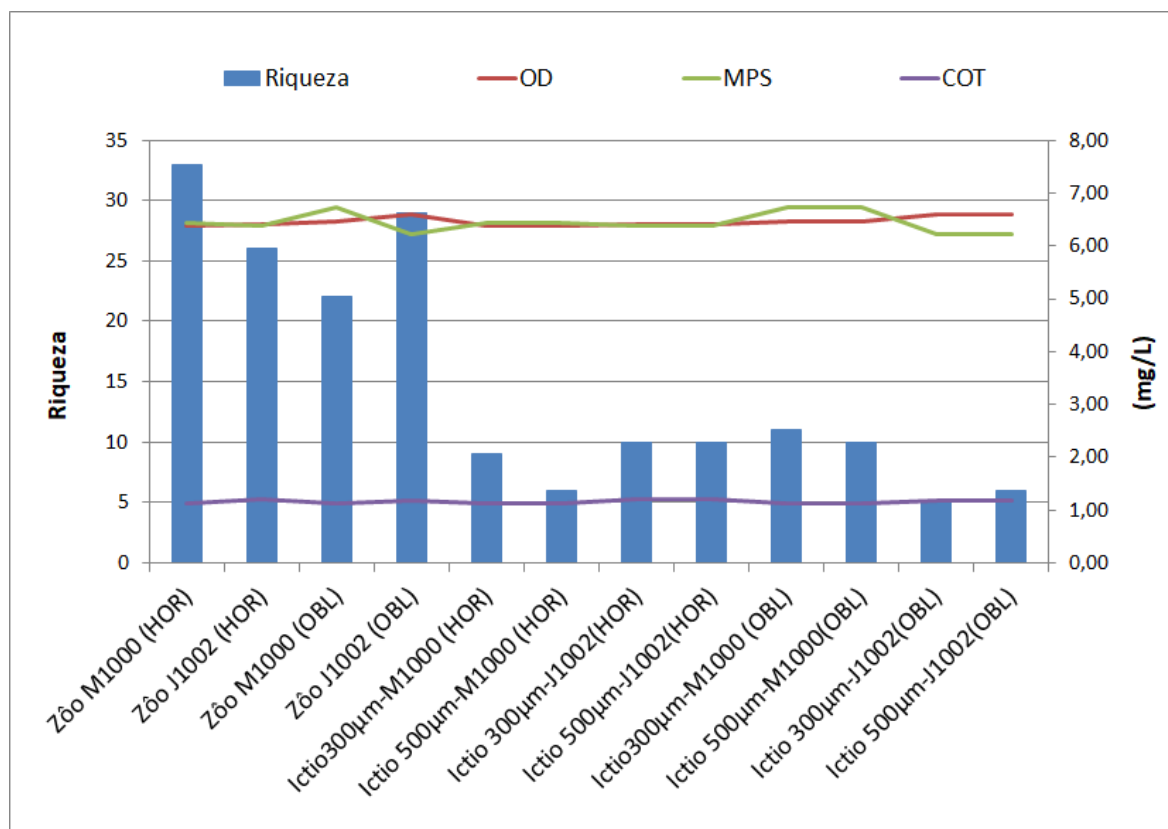
**Figura VI-9 - Relação da temperatura com a riqueza zooplancônica e ictioplancônica (malha 300 µm e 500 µm) em arrastos oblíquos (OBL), e horizontais (HOR) nas estações DP-BUZ-1\_M1000 e DP-BUZ-1\_J1002 da 2ª campanha de monitoramento ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Pólo Pré-Sal da Bacia de Santos – Etapa 2 – DP de Búzios 1.**



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

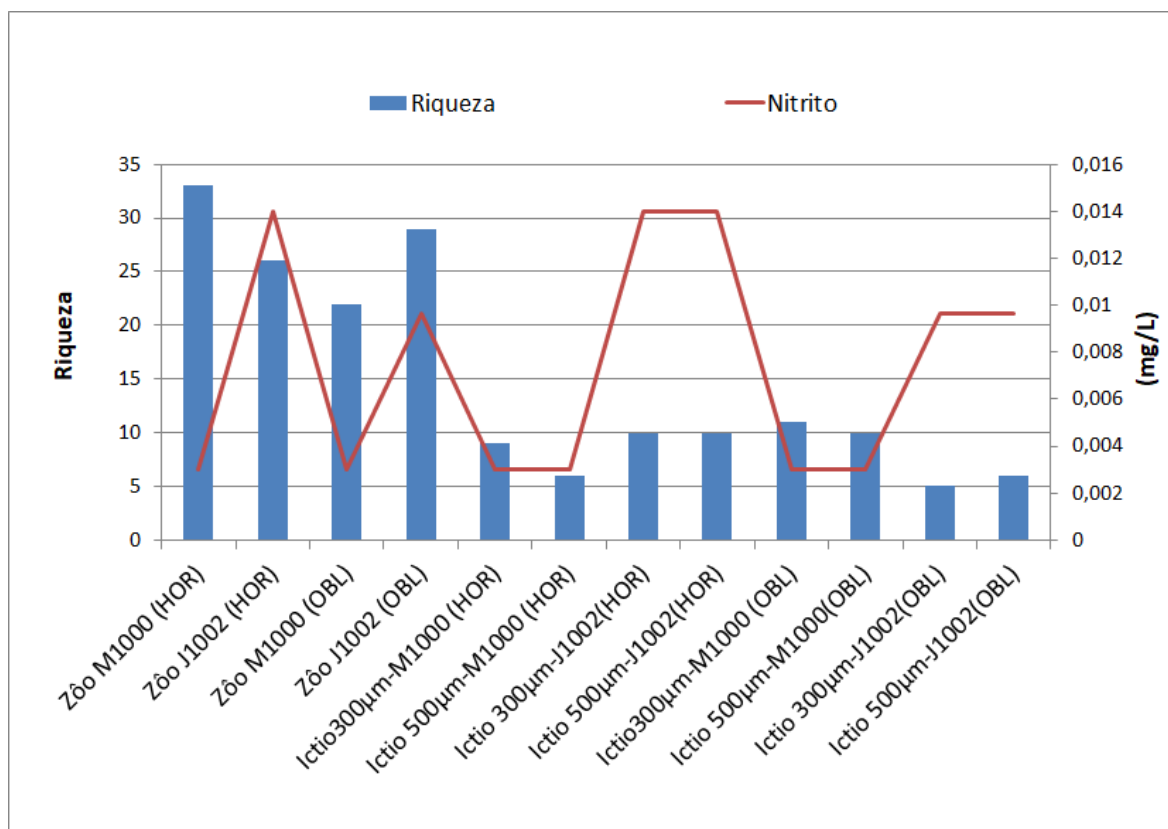
**Figura VI-10 - Relação da salinidade com a riqueza zooplancônica e ictioplancônica (malha 300 µm e 500 µm) em arrastos oblíquos (OBL), e horizontais (HOR) nas estações DP-BUZ-1\_M1000 e DP-BUZ-1\_J1002 da 2ª campanha de monitoramento ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos – Etapa 2 – DP de Búzios 1.**





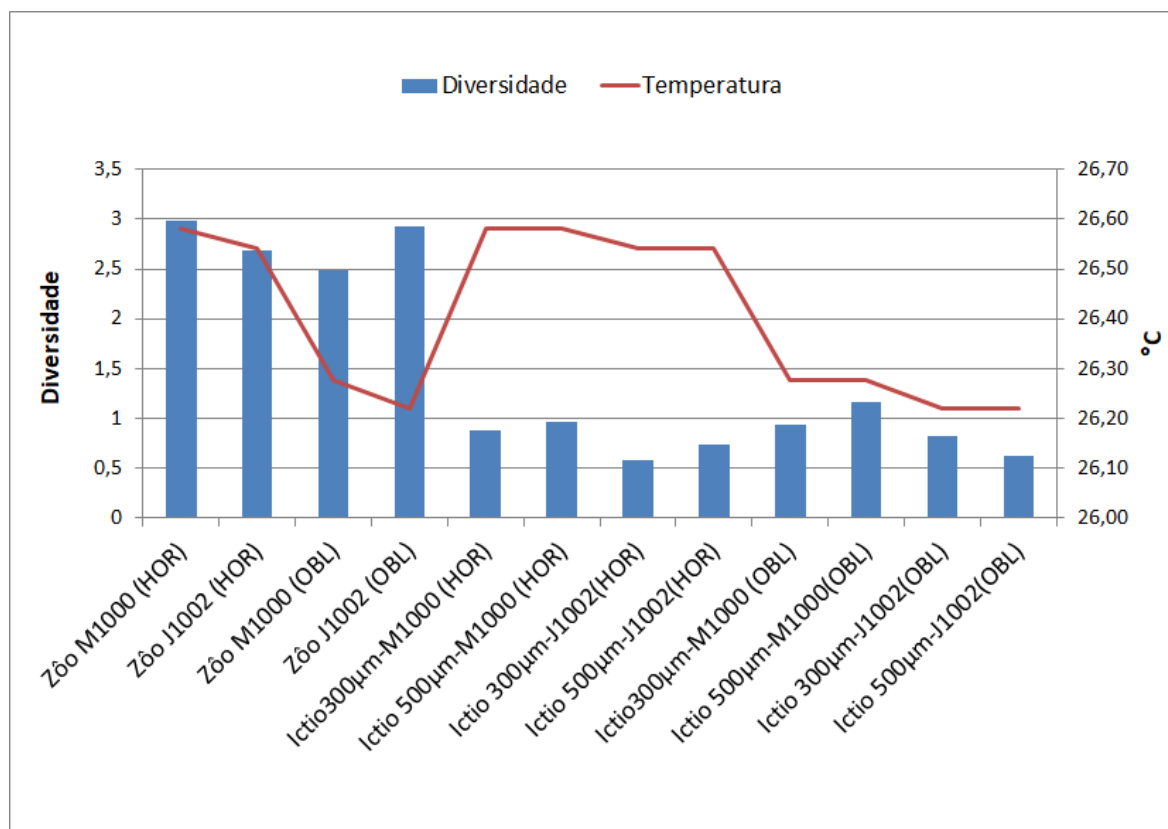
Legenda: Zôo – comunidade zooplanctônica; Ictio – comunidade ictioplanctônica.

**Figura VI-11 -** Relação do OD, MPS e COT com a riqueza zooplanctônica e ictioplanctônica (malha 300 µm e 500 µm) em arrastos oblíquos (OBL), e horizontais (HOR) nas estações DP-BUZ-1\_M1000 e DP-BUZ-1\_J1002 da 2ª 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 – DP de Búzios 1.



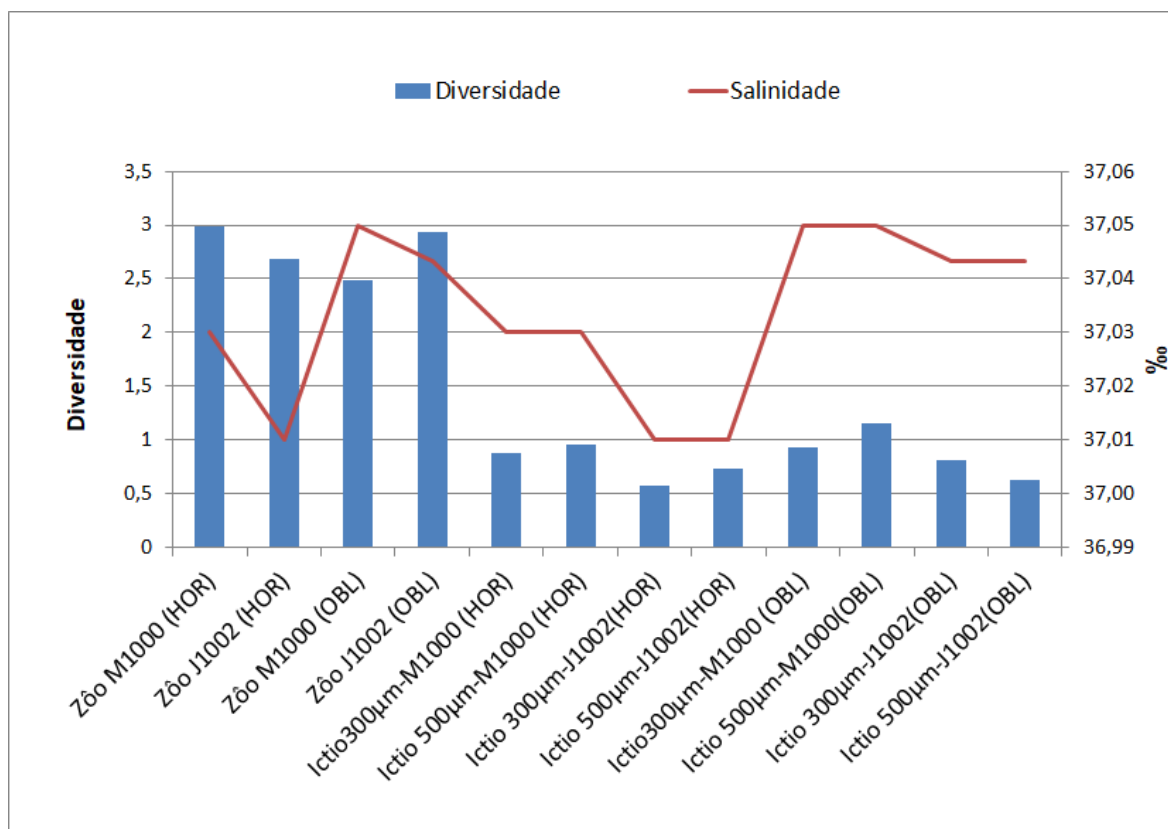
Legenda: Zôo – comunidade zooplancônica; Ictio – comunidade ictioplanctônica.

**Figura VI-12 -** Relação de nitrito com a riqueza zooplancônica e ictioplanctônica (malha 300 µm e 500 µm) em arrastos oblíquos (OBL) e horizontais (HOR) nas estações DP-BUZ-1\_M1000 e DP-BUZ-1\_J1002 da 2ª 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 – DP de Búzios 1.



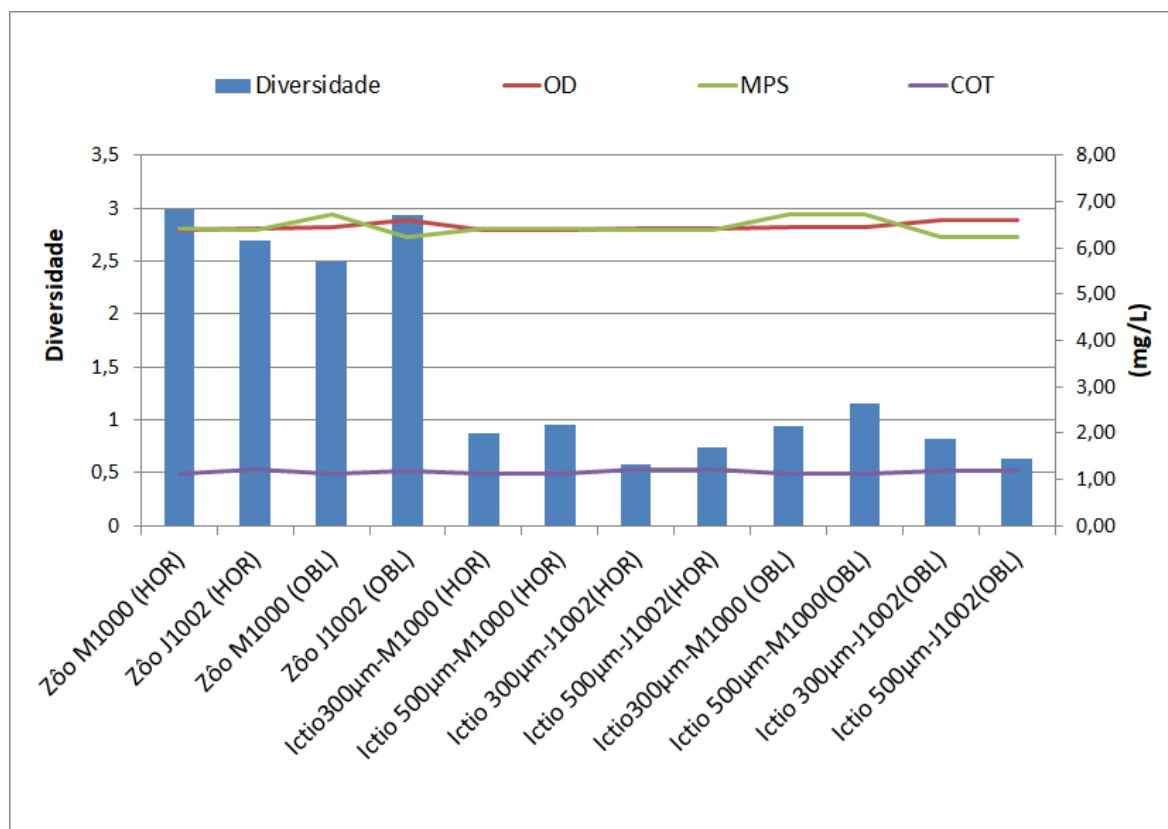
Legenda: Zôo – comunidade zooplancônica; Ictio – comunidade ictioplancônica.

**Figura VI-13 -** Relação da temperatura com a diversidade (bits/ind) zooplancônica e ictioplancônica (malha 300 µm e 500 µm) em arrastos oblíquos (OBL), e horizontais (HOR) nas estações DP-BUZ-1\_M1000 e DP-BUZ-1\_J1002 da 2ª 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 – DP de Búzios 1.



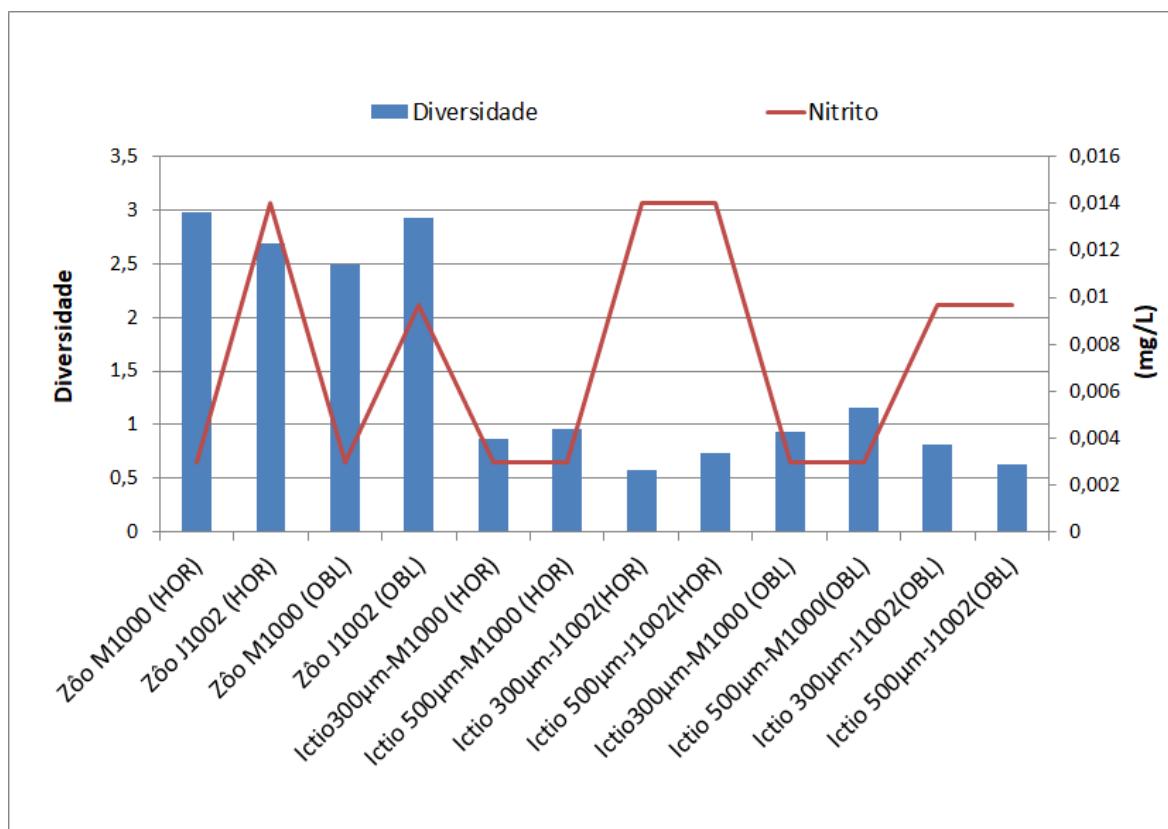
Legenda: Zôo – comunidade zooplânctônica; Ictio – comunidade ictioplânctônica.

**Figura VI-14 -** Relação da salinidade com a diversidade (bits/ind) zooplânctônica e ictioplânctônica (malha 300 µm e 500 µm) em arrastos oblíquos (OBL), e horizontais (HOR) nas estações DP-BUZ-1\_M1000 e DP-BUZ-1\_J1002 da 2ª 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 – DP de Búzios 1.



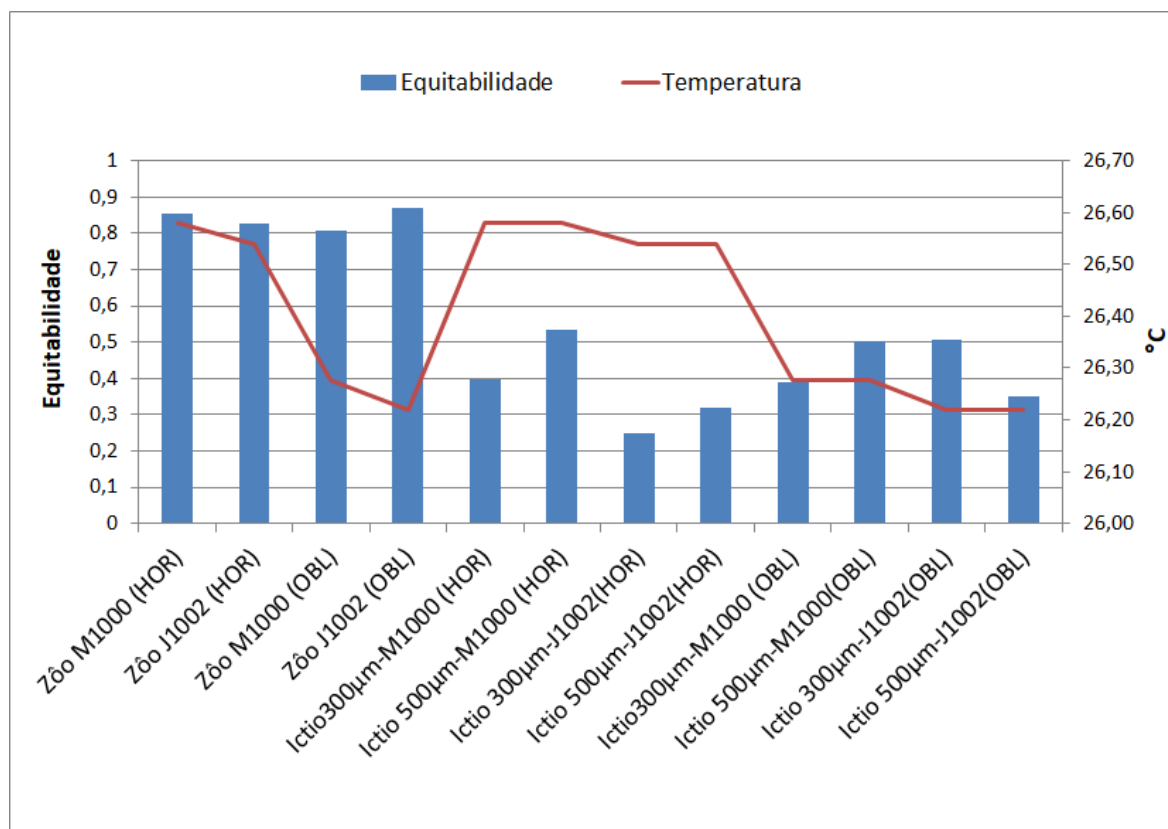
Legenda: Zôo – comunidade zooplânctônica; Ictio – comunidade ictioplânctônica

**Figura VI-15 -** Relação do OD, MPS e COT com a diversidade (bits/ind) zooplânctônica e ictioplânctônica (malha 300 µm e 500 µm) em arrastos oblíquos (OBL), e horizontais (HOR) nas estações DP-BUZ-1\_M1000 e DP-BUZ-1\_J1002 da 2ª 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 – DP de Búzios 1.



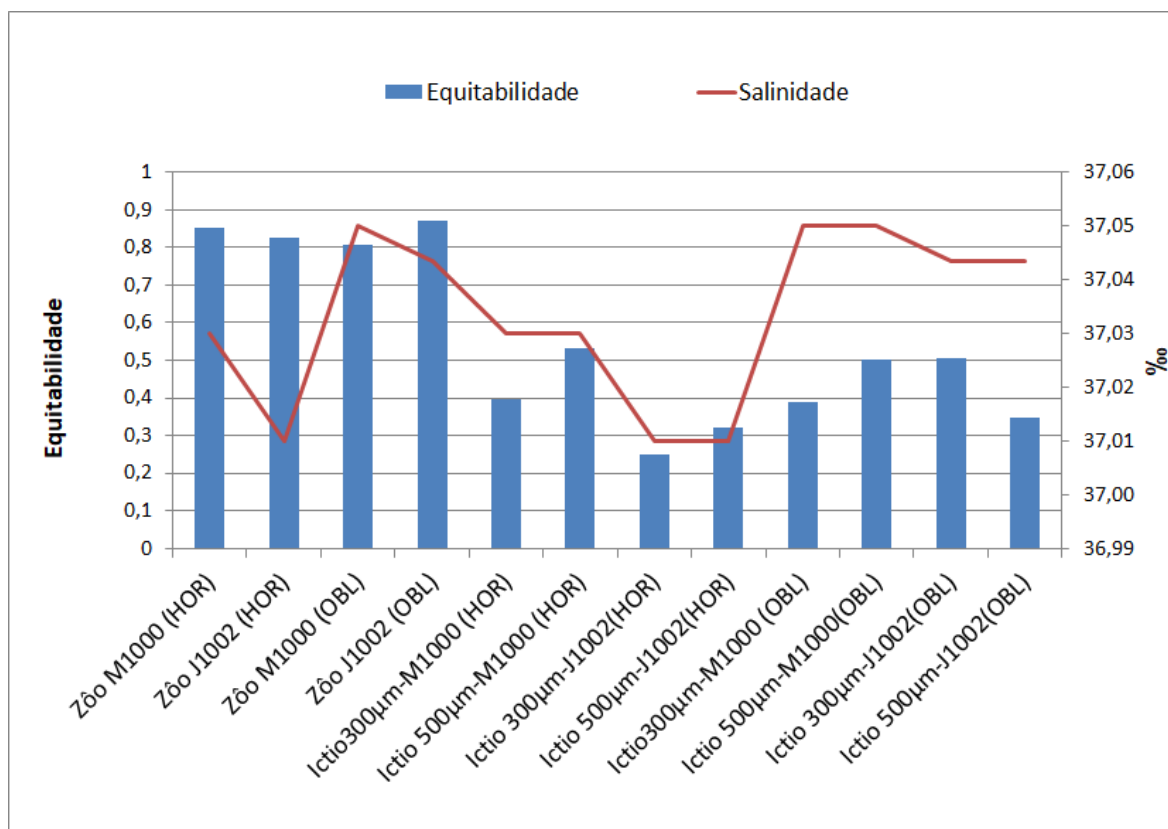
Legenda: Zôo – comunidade zooplancônica; Ictio – comunidade ictioplancônica.

**Figura VI-16** - Relação de nitrito com a diversidade (bits/ind) zooplancônica e ictioplancônica (malha 300 µm e 500 µm) em arrastos oblíquos (OBL) e horizontais (HOR) nas estações DP-BUZ-1\_M1000 e DP-BUZ-1\_J1002 da 2ª 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 – DP de Búzios 1.



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

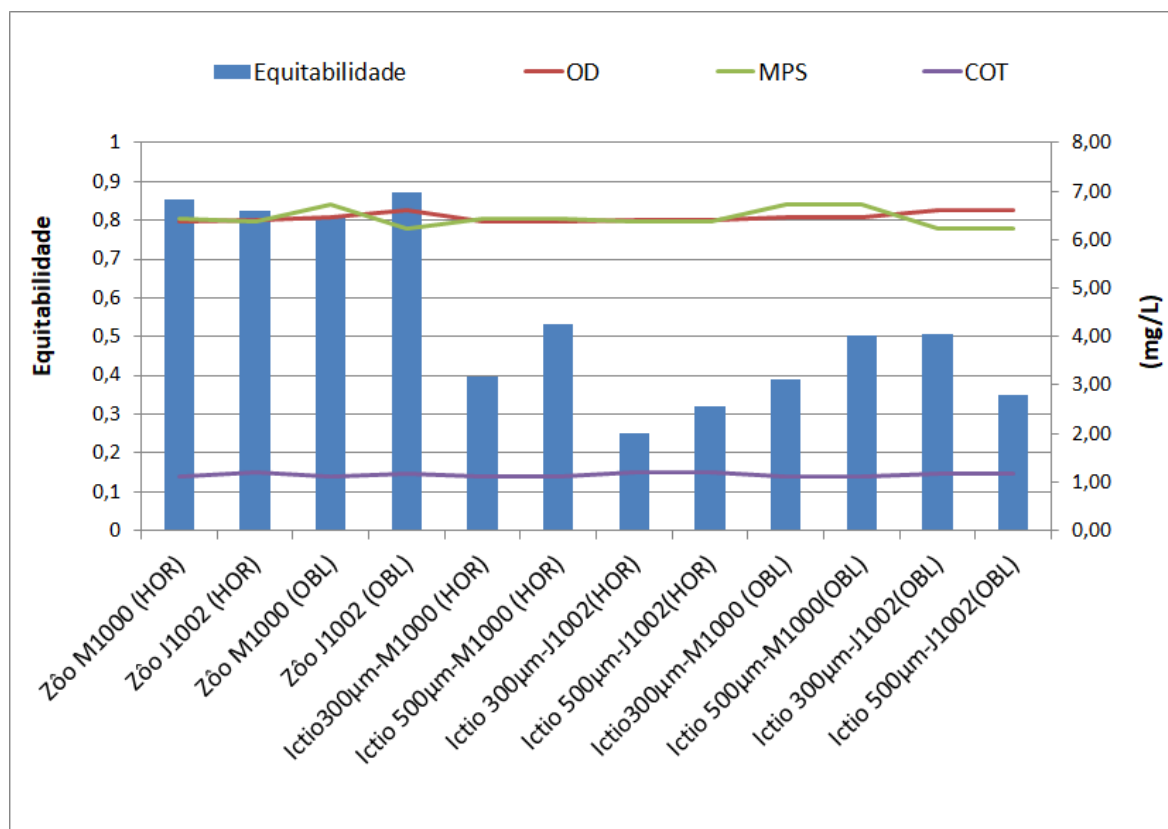
**Figura VI-17** - Relação da temperatura com a equitabilidade zooplancônica e ictioplancônica (malha 300 µm e 500 µm) em arrastos oblíquos (OBL), e horizontais (HOR) nas estações DP-BUZ-1\_M1000 e DP-BUZ-1\_J1002 da 2ª campanha de monitoramento ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Pólo Pré-Sal da Bacia de Santos – Etapa 2 – DP de Búzios 1.



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

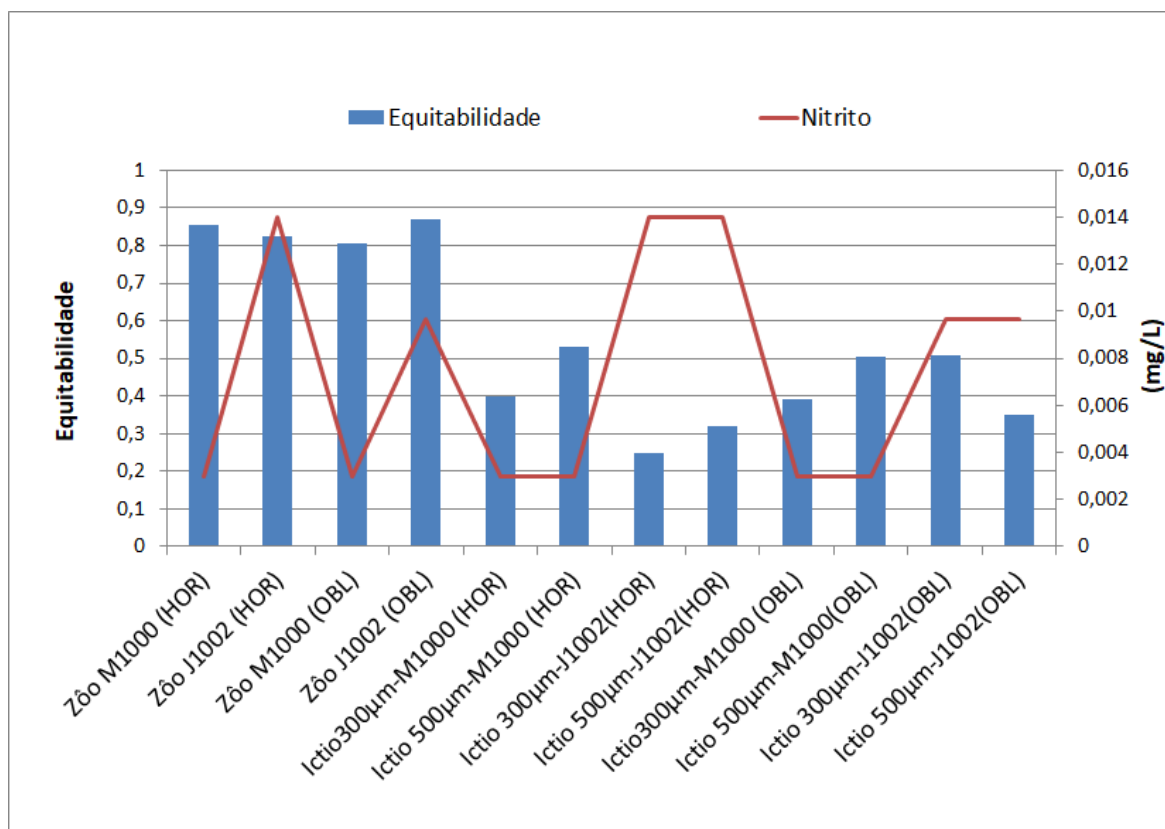
**Figura VI-18** - Relação da salinidade com a equitabilidade zooplancônica e ictioplancônica (malha 300 µm e 500 µm) em arrastos oblíquos (OBL), e horizontais (HOR) nas estações DP-BUZ-1\_M1000 e DP-BUZ-1\_J1002 da 2ª campanha de monitoramento ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos – Etapa 2 – DP de Búzios 1.





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

**Figura VI-19 -** Relação do OD, MPS e COT com a equitabilidade zooplanctônica e ictioplanctônica (malha 300 µm e 500 µm) em arrastos oblíquos (OBL), e horizontais (HOR) nas estações DP-BUZ-1\_M1000 e DP-BUZ-1\_J1002 da 2ª 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.



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

**Figura VI-20 - Relação de nitrito com a equitabilidade zooplanctônica e ictioplanctônica (malha 300 µm e 500 µm) em arrastos oblíquos (OBL), e horizontais (HOR) nas estações DP-BUZ-1\_M1000 e DP-BUZ-1\_J1002 da 2ª 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 – DP de Búzios 1.**

De maneira geral, observa-se variação dos indicadores biológicos entre as comunidades zooplanctônica e ictioplanctônica, juntamente com os parâmetros abióticos entre as estações, entre os arrastos e entre o tamanho da malha de coleta (no caso do ictioplâncton). No caso do zooplâncton foi registrado que nas amostras da estação montante ocorreram maiores densidades, no arrasto oblíquo, enquanto que no arrasto horizontal maior riqueza e diversidade. Esses indicadores variaram em função de maior concentração de MPS e salinidade e menor pH no arrasto oblíquo e maior temperatura e pH e menor concentração de OD e COT no arrasto horizontal. Na estação jusante, foi registrada a maior equitabilidade no arrasto oblíquo, juntamente com menor temperatura e MPS e maior OD e pH.

Em relação à variação na comunidade ictioplanctônica também ocorreram maiores densidades nas amostras da estação montante, destacando-se a de

arrasto oblíquo e malha de 300 µm, onde também ocorreu a maior riqueza de taxa. Tais variações estiveram relacionadas, principalmente, à maior salinidade, MPS e não detecção de nitrito. As amostras da estação montante também tiveram tendência à maiores diversidades e equitabilidade, principalmente, nas amostras de arrasto oblíquo e horizontal em malha de 500 µm, respectivamente. No caso da maior equitabilidade, ela relacionou-se com a maior temperatura e pH e menor concentração de OD, COT e não detecção de nitrito.

Em relação à diversidade de ambas as comunidades, destaca-se que a diversidade zooplanctônica variou entre 2,49 a 2,98 bits/ind e, portanto, a comunidade pode ser considerada em equilíbrio com boa 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 0,81 a 0,87, ficando mais próxima a 1, e indicando uniformidade na distribuição das abundâncias de espécies na comunidade (MAGURRAN, 2003). Já em relação à comunidade ictioplanctônica, a diversidade foi baixa, variando de 0,57 a 1,16 bits/ind, assim como a equitabilidade, que variou entre 0,25 a 0,53.

A comunidade zooplanctônica inclui uma grande variedade de representantes nos oceanos, refletindo importantes consumidores primários estreitamente ligados ao consumo de cianobactérias, diatomáceas, dinoflagelados entre tantos outros organismos do fitoplâncton. Essa comunidade, juntamente com a comunidade ictioplanctônica, apresenta fundamental papel na dinâmica dos ecossistemas, constituindo elos estruturadores das cadeias alimentares (TUNDISI E MATSUMURA-TUNDISI, 2008), atuando principalmente na ciclagem de nutrientes e no fluxo de energia (ESTEVES, 2011).

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, 1999). Segundo Threlkeld (1987), fatores ambientais como a temperatura e luminosidade são importantes parâmetros na relação com o metabolismo dos organismos zooplanctônicos e suas relações com a comunidade

fitoplanctônica. Além disso, os teores de nutrientes também são importantes, alterando a estrutura e dinâmica dos consumidores (WOLFINGBARGER, 1999).

De maneira geral, as características ambientais do ecossistema aquático influenciam a distribuição das comunidades planctônicas (RAYMONT, 1983; PINTO-COELHO, 1999; FRANCO *et al.*, 2005; PEREIRA E SOARES-GOMES, 2009; ESTEVES, 2011), 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. Portanto, as variações espaciais e temporais das condições ambientais têm a propriedade de promover mudanças cíclicas ou erráticas na atividade planctônica, além de flutuações de curta ou longa duração na abundância das populações (DANTAS *et al.*, 2009). Finalmente, a compreensão das relações entre organismos e o ambiente é de extrema importância e questão central para a ecologia (WILLIAM *et al.*, 1993) e para o monitoramento ambiental.

## **VII - CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O presente relatório apresentou os resultados referentes à 2ª 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, COT e nutrientes durante a atual campanha de monitoramento são característicos de áreas oligotróficas (EKAU & KNOPPERS, 1999) e 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), embora para o nitrato, silicato e COT, as concentrações verificadas na maioria das estações tenham sido menores em relação a maioria das demais campanhas realizadas na região, enquanto para MPS, as concentrações foram superiores, mas dentro da faixa de valores encontrados anteriormente. Os dados de temperatura e salinidade obtidos evidenciaram que todas as amostras foram coletadas em Águas Tropicais (AT), sem a presença de Águas Costeiras 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 detecção das análises, evidenciando, assim, que não há indícios de contaminação por essas substâncias no entorno do do empreendimento.

Na comunidade fitoplanctônica, não foram encontradas diferenças significativas entre a primeira e a segunda campanha para os índices ecológicos. As amostras da atual campanha não apresentaram um padrão claro de distribuição

vertical e horizontal para nenhum dos índices ecológicos. Estes organismos são diretamente influenciados pela incidência luminosa na coluna d'água e, portanto, maior riqueza e densidade são esperados nas profundidades mais superficiais. A análise de *Cluster* mostrou similaridade de 95% entre as amostras DP-BUZ-1\_M1000\_ABTC e DP-BUZ-1\_J1002\_ABTC, provavelmente devido aos valores muito próximos de densidade e equitabilidade.

Na comparação dos dados de zooplâncton, foram encontradas diferenças significativas para a riqueza e densidade. Os dados obtidos de diversidade e equitabilidade apontam para uma composição específica bem distribuída e com média a alta diversidade de taxa. As análises multivariadas apresentaram alta similaridade entre os grupos formados, com maior similaridade entre as amostras dos arrastos horizontais de ambas as estações. Já 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 pouco distribuída e com baixa diversidade de taxa. Para esse grupo, observou-se de média a alta similaridade entre os grupos formados nas análises multivariadas, com a maior similaridade entre os arrastos horizontais da estação DP-BUZ-1\_J1002.

A análise integrada realizada para os dados coletados da 2ª 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 – DP de Búzios 1, registrou, em termos ambientais, variação espacial entre as estações amostrais, influenciada, principalmente pelas concentrações de COT detectadas e não quantificadas entre as amostras. Na relação entre as variáveis abióticas e bióticas, não foram registradas correlações significativas. Além disso a variação da distribuição espacial das amostras das estações DP-BUZ-1\_M1000 e DP-BUZ-1\_J1002, foi influenciada principalmente pela temperatura, OD, pH, MPS, e COT, separando as amostras DP-BUZ-1\_M1000\_ABTC, DP-BUZ-1\_J1002\_(ACTC, ABTC) das demais. Nessas relações, não houve contribuição significativa dos indicadores biológicos da comunidade fitoplanctônica para a distribuição espacial das amostras.

Com relação à comunidade zooplanctônica e ictioplanctônica destaca-se que os maiores valores dos índices ecológicos dessas comunidades ocorreram entre

as amostras da estação montante, em relação à jusante. Tais características foram principalmente influenciadas pela maior concentração de MPS e salinidade e menor pH no arrasto oblíquo e maior temperatura e pH e menor concentração de OD e COT no arrasto horizontal e não detecção de nitrito em ambos os arrastos.

Também observa-se que em termos de diversidade e equitabilidade, a comunidade zooplânctônica pode ser considerada em equilíbrio com boa diversidade e uniformidade na distribuição das abundâncias de espécies. Em contrapartida a comunidade ictioplânctônica apresentou baixa diversidade e baixa uniformidade na distribuição de abundâncias de espécies.

Com base nos resultados nesta 2ª 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, atualmente 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. et al. **Ecossistema 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, v. 10, p. 9-13, 1993.

AMINOT, A. & CHAUSSEPIED, M. **Manuel des analyses chimiques en milieu Marin.** 1<sup>ère</sup> Ed. Brest Cedex, Centre National pour l'Exploitation des Océans (CNEXO), 1983, 395p.

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

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

BALECH, E. **Los dinoflagelados del Atlántico sudoccidental.** Madrid: Ministerio de Agricultura pesca y alimentación, 1988.

BARBOSA, J. E. L. **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.** 2002. Universidade Federal de São Carlos, 2002.

BASSANI, C. et al. **Plâncton do litoral norte do Estado do Rio de Janeiro (21°00' a 23°30'S): análise e síntese do conhecimento,** p.99-120. 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, 1999.

BJÖRNBERG, T. K. S. **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, 1981. p. 587-679.

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

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

BONECKER, A. C. T. et al. In **Catalogo dos estágios iniciais de desenvolvimento dos peixes da bacia de Campos** [online]. Curitiba: Sociedade Brasileira de Zoologia, 2014, pp. 140-147. Zoologia: guias e manuais de identificação series. ISBN 978-85-98203-10-2. Available from SciELO Books.

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

BOULOUBASSI, I. **Aspects de la biogéochimie des hydrocarbures non aromatiques et aromatiques dans la colonne d'eau et les sediments Du 42 milieu côtier: cas du delta du Rhône**. Thèse de Doctorat, Université Paris 6, France. 1990, 344 p.

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

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

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

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

BRAGA, E. S. & NIENCHESKI, L. F. H. **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, 2006, p. 161-218.

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

BRANDINI, F. P. et al. **Planctonologia na plataforma continental do Brasil: diagnose e revisão bibliográfica**. MMA, CIRM, FEMAR. 1997, 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. 2005. p. 58-63.

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

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

CASTRO, B. M.; MIRANDA, L. B. **Physical oceanography of the West-ern atlantic continental shelf located between 4° N and 34° 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, 1998.

CASTRO, B. M.; LORENZZETTI, J. A.; SILVEIRA, I. C. A.; MIRANDA, L. B. **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., 2006.

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

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

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

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

CLARKE, K.R.K 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. Australian Journal of Ecology 18:117-143.

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

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

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

DANTAS, E. W. et al. **Efeito das variáveis abióticas e do fitoplâncton sobre a comunidade zooplanctônica em um reservatório do Nordeste brasileiro**. Iheringia, Sér. Zool., Porto Alegre, 99(2):132-141. 2009.

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

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

EKAU, W.; KNOPPERS, B. **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, 1999.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

FRASER, J. H. ed. **Standardization of Zooplankton sampling methods at sea**. Larger mesozooplankton. Report of ICES/SCOR/UNESCO, Working Party nº 3. Monogr. oceanogr. Methodology, (2):160-163, 1968.

FRONTIER, S. **Diseño de muestreos**. In: Boltovskoy, D. ed. **Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino**. Mar del Plata, INIDEP. p.103-108, 1981.

GAETA, S. A. & BRANDINI F. P. **Produção primária de fitoplâncton entre o Cabo 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, 2006, pp. 265,358.

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

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

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

HALLEGRAEFF, G. M.; ANDERSON, D. M. & CEMBELLA, A. D. 2003. **Manual on harmful marine microalgae UNESCO, 1995**. 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, p.77-97.

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

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

HEMPEL, G. **Early life history of marine fish**. The eggs stage. Seattle. University Washington Press. 1979, 70p.

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

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

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.

INTEGRATED TAXONOMIC INFORMATION SYSTEM (ITIS). **Chromista**. 2018. Disponível em:  
<[https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search\\_topic=TSN&search\\_value=590735#null](https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=590735#null)>. Acesso em: 13 nov. 2018.

JANG, M.-C.; SHIN, K.; HYUN, B.; LEE, T. & CHOI, K.-H. **Temperature-regulated egg production rate, and seasonal and interannual variations in Paracalanus parvus**. Journal of Plankton Research, 2013.

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

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

KOLESNIKOVAS, C.; OLIVEIRA, de E. & DUARTE, U. **Águas Subterrâneas**, v. 23, n. 0,1, p. 31-44, 2009.



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

LALLI, C. M.; PARSONS, T. R.. **Biological Oceanography: Na Introductions**. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann Ltd., 1995, pp. 220-233.

LEGENDRE, L.; P. LEGENDRE. **Numerical ecology**. Developments in environmental modelling, 3. Elsevier Scientific Publ. Co., Amsterdam, The Netherlands. xvi + 419 pp. [xii, xiv, 239], 1983.

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

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

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

MAFALDA JR., P. O.; SINQUE, C.; MUELBERT, J. H. & SOUZA, C. S. **Distribuição e abundância do ictioplâncton na costa norte da Bahia, Brasil**. *Tropical Oceanography*, v. 32, n. 1, p. 69-88, 2004.

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

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

MAIER, M. H. **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, 1987.



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

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

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

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

MEDEIROS, C. et al. **Hydrography and phytoplankton biomass and abundance of North-East Brazilian waters**. Arch. Fish. Mar. Res., 47 (2/3): 133-151, 1999.

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

MILOSLAVIĆ, M. et al. **Zooplankton composition and distribution across coastal and offshore waters off Albania (Southern Adriatic) in late spring**. ACTA ADRIAT., v. 53, n. 2, p. 163-178, 2012.

MOITA, M. T. C. J. **Estrutura, variabilidade e dinâmica do fitoplâncton na costa de Portugal continental**. Faculdade de ciências da Universidade de Lisboa, 2001.

MOREIRA, C. G; SCHOENLEIN-CRUSIUS, I. H. **Fungos em ambientes aquáticos continentais**. Instituto de Botânica – Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente – Programa de capacitação de monitores e educadores. 2010.

MOSER, G.; GALVÃO, G. S. Biological and oceanographic upwelling indicators at Cabo Frio (RJ). **Revista Brasileira de Oceanografia**, 45 (1/2):11-23, 1997.

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

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

NASCIMENTO, K. B.; OLIVEIRA, O. M. P. **Padrões de distribuição de Aglaura hemistoma e Liriope tetraphylla (Hydrozoa, Trachymedusae) na costa sudeste do Brasil**. Centro de Biologia Marinha da Universidade de São Paulo, São Sebastião, SP, Brasil. 2010.

NEVEUX, J.; VAULOT, D.; COURTIES, C. & FUKAI, E. **Green**, 1989.

NIENCHESKI, L. F. H., BAUMGARTEN, M. G., FILLMANN, G., WINDOM, H. L. **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, 1999, p. 67-81.

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

NUNES, R. C. **Posicionamento filogenético de Chaetognatha baseado em dados morfológicos**. Curso de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal da Paraíba, 2012

NYBAKKEN, J. W., & BERTNESS, M. D. **Marine Biology: An Ecological Approach** (6 ed.). San Francisco: Pearson, Benjamin Cummings, 2005.

OLIVEIRA, O. M. P., MIANZAN, H., MIGOTTO, A. E. & MARQUES, A.C. Chave de identificação dos Ctenophora da costa brasileira. **Biota Neotrop**. Sep/Dez 2007 vol.

7, nº3 <http://www.biotaneotropica.org.br/v7n3/pt/abstract?identification-key+bn03507032007>. ISSN 1676-0603.

PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A. **Biologia Marinha**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2009.

PETROBRAS/ANALYTICAL SOLUTIONS. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental**. Projeto de monitoramento ambiental do teste de longa duração (TLD) na área de Tiro & Sidon, Bloco BM-S-40, Bacia de Santos. 3ª campanha - Janeiro de 2012. [S.l: s.n.], 2013.

PETROBRAS/ANALYTICAL SOLUTIONS. **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. 2012.

PETROBRAS/ANALYTICAL SOLUTIONS. **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. 2013.

PETROBRAS/BOURSCHEID. **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. 2014.

PETROBRAS/BOURSCHEID. **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. 2015a.

PETROBRAS/BOURSCHEID. **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. 2016a.

PETROBRAS/BOURSCHEID. **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. 2017a.

PETROBRAS/BOURSCHEID. **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. 2018a.

PETROBRAS/BOURSCHEID. **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. 2019b.

PETROBRAS/BOURSCHEID. **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. 2019c.

PETROBRAS/BOURSCHEID. **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), 2015b.

PETROBRAS/BOURSCHEID. **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), 2015c.

PETROBRAS/BOURSCHEID. **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), 2018b.

PETROBRAS/BOURSCHEID. **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), 2018c.

PETROBRAS/BOURSCHEID. **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), 2019d.

PETROBRAS/BOURSCHEID. **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), 2019e.

PETROBRAS/BOURSCHEID. **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), 2020a.

PETROBRAS/BOURSCHEID. **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), 2016b.

PETROBRAS/BOURSCHEID. **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. 2017b.

PETROBRAS/BOURSCHEID. **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), 2018d.

PETROBRAS/BOURSCHEID. **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), 2019f.

PETROBRAS/BOURSCHEID. **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), 2019g.

PETROBRAS/BOURSCHEID. **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), 2020b.

PETROBRAS/BOURSCHEID. **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), 2019a.

PETROBRAS/MINERAL. **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. 2013.

PHILIPPI, JR. A. et al. **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, 2004.

PIELOU, E. C. **Mathematical Ecology.** New York: John Wiley & Sons, 1977. p. 385

PINTO-COELHO, R. M.; COELHO, M. M.; ESPÍRITO-SANTO, M. M. & CORNELISSEN, T. G. **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. 1999. p. 553-572.

PIR2/TRANSPETRO. **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.], 2009.

PORTILHO-RAMOS, R. C.; RIO-NETTO A. M.; BARBOSA C. F. Caracterização bioestratigráfica do Neógeno superior da Bacia de Santos com base em foraminíferos planctônicos. **Rev. Bras. Paleont.**, 9(3):349-354, 2006.

POSTEL, L.; FOCK, H. e HAGEN, W. **Biomass and Abundance.** In: HARRIS, R.P.; WIEBE, P.H.; LENZ, J.; SKJOLDAL, H.R. e HUNTLEY, M. Zooplankton Methodology Manual. Academic Press. 2000, 684p.

PRAHL, F. G.; ERTEL, J. R.; GONI, M. A.; SPARROW, M. A. AND EVERSMEYER, B. **Terrestrial organic carbon contributions to sediments on the Washington margin.** Geochim. Cosmochim. Acta 58, 3035–3048, 1994.



RAND, G. M. & PETROCELLI, S. R. **Fundamentals of Aquatic Toxicology: Methods and Applications**. New York: Hemisphere Publishing Corporation, 1985.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. E. & EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. p. 906.

RAYMONT, J. E. G. **Plankton and Productivity in the Oceans**. 2 ed., v. 1, Pergamon Press, Oxford, 1983, 489p.

RÉ, P. **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, v. 23, p. 5-81, 1986.

RÉ, P. **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)**. 1984. Universidade de Lisboa, 1984.

REBELLO, A. L.; PONCIANO, C. R. & MELGES, L. H. **Avaliação da produtividade primária e da disponibilidade de nutrientes na Baía de Guanabara**. 1988, [S.l: s.n.], 1988. p. 419-430.

RUPPERT, E. E.; FOX, R. S. & BARNES, R. D. **Zoologia dos invertebrados**. 7. ed. São Paulo: Roca, 2005. p. 1145.

RYTHER, J. H.; DUNSTAN, W. M. **Nitrogen, phosphorus and eutrophication in the coastal marine environment**. Science, 171, p.1008-1013, 1971.

SANTOS, H. F. dos et al. 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. 2016.



SHANNON, C. E. A **Mathematical Theory of Communication**. Bell System Technical Journal, v. 27, p. 44, 1948.

SHELL/ANALYTICAL SOLUTIONS. **On analytical solutions for liquid-filled non-shallow conical shell assemblies**. Journal of the South African Institution of Civil Engineering, 46(3) 2004, Pages 10–15, Paper 575.

SILVEIRA, I. C. A. DA et al. A Corrente do Brasil ao largo da Costa leste Brasileira. **Rev. Bras. Oceanogr.**, v. 48, n. 2. p. 171-183, 2000.

SIMBIOTICA. **Filo Chrisophyta**. Disponível em:  
<<http://www.simbiotica.org/crisofita.htm>>. Acesso em 2017.

SIMONEIT, B. R. T. & MAZURIK, M. A. **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, 1982.

SIMONEIT, B. R. T. **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. SIMONEIT, B.R.T. 1984.

SIMPSON, E. H. **Measurement of diversity**. Nature, v. 163, p. 688, 1949.

SOURNIA, A.; CHRÉTIENNOT-DINET, M. J.; RICARD, M. Marine phytoplankton: how many species in the world ocean? **Journal of Plankton Research**. n.13, p.1093-99, 1991.

SOUZA, B. D. **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. 2008, 141p.

SOUZA, M. C. A. **A corrente do Brasil ao largo de Santos:** medições diretas. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, 2000, 178 p.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER - SMEWW. **22ª Ed. Centennial Edition**, 2005.

THOMAS, J. E. et al. **Fundamentos de Engenharia de Petróleo**, Interciência, Rio de Janeiro, Brasil, 2001.

THRELKELD, S. T. **Daphnia population fluctuations: patterns and mechanisms**. In: PETERS, R. H. & DE BERNARDI, R. eds. *Daphnia*. Memorie dell Istituto Italiano di Idrobiologia dott Marco de Marchi. v. 45. p. 367-388, 1987.

THURMAN, H. V., & BURTON, E. A. **Introductory oceanography**. 9th Ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 2001, 544p.

TOMMASI, L. R. Programa de monitoramento ambiental oceânico da Bacia de Campos, RJ (Relatório Final). **Fundespa, Geomap, Cenpes-Petrobras, São Paulo**, 1994, 169pp.

TUNDISI, J. G. E MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

UNITED STATE ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Physical and Chemical Properties Models**. Pollution Prevention Framework, 2005. 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 3510C**. Separatory funnel liquid-liquid extraction.

\_\_\_\_\_ **Method 5021A.** Volatile organic compounds in various sample matrices using equilibrium headspace analysis.

\_\_\_\_\_ **Method 8015D.** Nonhalogenated organics using GC/FID.

\_\_\_\_\_ **Method 8260C.** Volatile organic compounds by gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS).

\_\_\_\_\_ **Method 8270D.** Semivolatile organic compounds by gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS).

UTERMÖHL, H. **Zur vervollkommer der quantitativen phytoplankton methodik.** Mitteilungen Internationale Vereinigung für Theorestiche und Angewandte Limnologie 10:109-122, 1958.

VALE, P. Biotoxinas Marinhas. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinária**, p. 3-18, 2004.

VALENTIN, J. L. **Ecologia Numérica** - Uma introdução a Análise Multivariada de dados Ecológicos. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2012. p. 168

VALENTIN, J. L.; ANDRÉ, D. L. & JACOB, S. **Hydrobiology in the Cabo Frio (Brazil) upwelling:** two-dimensional structure and variability during a wind cycle. Continental Shelf Research, v. 7, n. 1, p. 77-88, 1987.

VEGA-PÈRES, L. A. **Estudo do zooplâncton da região de Ubatuba, Estado de São Paulo.** Publicação esp. Inst. Oceanogr. S Paulo. 10:65-84, 1993.

VEGA-PÉREZ, L. M., CAMPOS, M. A. G. & SCHINKE, K. P. Checklist of class appendicularia (Chordata: Tunicata) from São Paulo State, Brazil. **Biota Neotrop.** 11(1a):<http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1a/en/abstract?inventory+bn0401101a2011>. 2011.

VENKATESAN, M. I.; KAPLAN, I. R. **Distribution and transport of hydrocarbons in surface sediments of the Alaskan outer continental shelf**. Geochimica et Cosmochimica Acta, 46: 2135-2149, 1982.

VIEIRA, S. **Introdução à bioestatística**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

VILLAC, M. C. **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, 1990.

VILLATE, F.; MORAL, M. & V., V. **Mesozooplankton community indicates climate change in a shelf area of the inner bay of Biscay throughout 1988 to 1990**. J. Plank. Res., v. 19, p. 1617-1636, 1997.

WILLIAM, K.W., MAESTRINI, L. & MAESTRINI, S.. **Measurement of Primary Production from the Molecular to the Global Scale**. ICES. Mar. Sci. Symp., Bergen, 197:1-2. 1993.


WOLFINGBARGER, W. C.. **Influences of biotic and abiotic factors on seasonal succession of zooplankton in Hugo reservoir, Oklahoma, U.S.A**. Hydrobiologia. 400:13-31. 1999.


WOOTTON, R. J. **Ecology of Teleost Fishes**. [S.l.]: Chapman and Hall, 1990. p. 404


YODER, J. A., McCLAIN, C. R., FELDMAN, G. C. y ESAIAS, W. E. **Anual cycles of phytoplankton chlorophyll concentrations in the global oceans: A satellite view**. Global Biogeochem. Cycles 5: 119-134, 1993.


ZACARDI, D. M., BITTENCOURT, S. C. S., NAKAYAMA, L.. **O ictioplâncton e sua relação com a variação diária e os ciclos de marés no estuário amazônico**. Biota Amazônia, 2014.


## IX - EQUIPE TÉCNICA

<b>Profissional</b>	Ana Carolina dos Passos
<b>Empresa</b>	Bourscheid Engenharia e Meio Ambiente
<b>Formação Profisisonal</b>	Oceanografia
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	AOCEANO 2149
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental</b>	5517676
<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, Considerações Finais
<b>Assinatura</b>	

<b>Profissional</b>	Viviane Krüger
<b>Empresa</b>	Bourscheid Engenharia e Meio Ambiente
<b>Formação Profisisonal</b>	Gestão Ambiental
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	CREA/RS 195090
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental</b>	5564682
<b>Responsável pelas Seções</b>	Atividades de laboratório e Aprovação do relatório
<b>Assinatura</b>	

<b>Profissional</b>	Diego Nunes Engelke
<b>Empresa</b>	Bourscheid Engenharia e Meio Ambiente
<b>Formação Profisisonal</b>	Engenharia Ambiental e Sanitária
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	-
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental</b>	6128839
<b>Responsável pelas Seções</b>	Anexos e Formatação
<b>Assinatura</b>	

<b>Profissional</b>	Juliana Allebrand Becker
<b>Empresa</b>	Bourscheid Engenharia e Meio Ambiente
<b>Formação Profisisonal</b>	Bióloga
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	CRBio 81333-3
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental</b>	5336986
<b>Responsável pelas Seções</b>	Plâncton e Considerações Finais
<b>Assinatura</b>	

<b>Profissional</b>	Marla Sonaira Lima
<b>Empresa</b>	-
<b>Formação Profisisonal</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>	Análise integrada, Considerações finais
<b>Assinatura</b>	



## **X - ANEXOS**





### ***Anexo X-1 – Carta de Aceite de Material Biológico***





## CARTA DE ACEITE DE MATERIAL BIOLÓGICO

Declaro que o Museu Oceanográfico Univali (MOVI), situado na Avenida do Sambaqui, nº 318, Bairro Santo Antônio, Balneário Piçarras (SC), Fone 47 3261-1287, sob responsabilidade do Curador Geral Professor Jules Marcelo Rosa Soto, tem interesse e aceita receber para tombamento o material proveniente do projeto de "Monitoramento Ambiental das Unidades de Produção da Petrobrás na Bacia de Santos".

O grupo a ser coletado e tombado no museu inclui os organismos pertencentes a macrofauna bentônica (possivelmente exemplares de Annelida, Crustacea, Mollusca, Echinodermata, Sipuncula, Nemertea e Cnidaria), zooplâncton (possivelmente exemplares de Annelida, Crustacea, Mollusca, Echinodermata, Chordata, Chaetognatha, Cnidaria, Bryozoa e Protozoa), ictioplâncton e fitoplâncton.

O material será coletado pela equipe da empresa Gardline Marine Sciences do Brasil S.A., sediada na cidade do Rio de Janeiro no endereço Rua da Glória 306/12º andar, CEP 20241-180, e as amostras de plâncton (fito, zoo e icto) provenientes das coletas será processado na empresa Ecotec Bioanálises e Ecotecnologia Ltda. sob número de registro no CRBio 3ª Região nº 5.220.837, sediada na cidade de Balneário Camboriú no endereço Rua 2550, 921, sob responsabilidade técnica do Oceanógrafo Rodrigo Soares Macedo, inscrito no AOCCEANO nº 1824. As amostras de bentos, por sua vez, serão processadas e entregues sob a responsabilidade da Astromar Assessoria Ambiental, CNPJ 13.005.984/0001-45 sediada à rua José Henrique Flores, 93, Ressacada, Itajaí - SC, CEP 88307-640.

O recebimento do material pressupõe que todos os organismos tenham sido coletados de acordo com a legislação brasileira em vigor.

Balneário Piçarras, 17 de janeiro de 2018.

  
Jules Marcelo Rosa Soto  
Curador Geral

Prof. Jules M. R. Soto  
Curador Geral  
Museu Oceanográfico do Vale do Itajaí  
Universidade do Vale do Itajaí

MUSEU OCEANOGRÁFICO UNIVALI | Rua: Sambaqui, nº 318 - Santo Antônio | Baln. PIÇARRAS-SC



## ***Anexo X-2 – Inventário taxonômico do fitoplâncton***



Táxon	Resultados (cél.)
Reino Chromista	
	Fitoflagelado N. Det. 7
Divisão Ochrophyta	
Classe Bacillariophyceae	
Subclasse Bacillariophycidae	
Ordem Naviculales	
Família Naviculaceae	
Gênero Navicula	
<i>Navicula</i> sp.	1
Ordem Bacillariales	
Família Bacillariaceae	
Gênero Nitzschia	
<i>Nitzschia closterium</i>	3



## Táxon

## Resultados (cél.)

### Subclasse Coscinodiscophycidae

#### Ordem Rhizosoleniales

#### Família Rhizosoleniaceae

#### Gênero Rhizosolenia

<i>Rhizosolenia setigera</i>	4
<i>Rhizosolenia hebetata</i>	11

#### Ordem Thalassiosirales

#### Família Thalassiosiraceae

#### Gênero Thalassiosira

<i>Thalassiosira</i> sp.1	47
<i>Thalassiosira</i> sp.2	4

#### Ordem Hemiaulales

#### Família Hemiaulaceae

#### Gênero Hemiaulus

Táxon	Resultados (cél.)
<i>Hemiaulus sinensis</i>	27
<i>Hemiaulus hauckii</i>	10
Subclasse Fragilariophycidae	
Ordem Fragilariales	
Família Fragilariaceae	
Fragilariaceae N. Det.	1
Divisão Pyrrophycomphyta	
Classe Dinophyceae	
Ordem Prorocentrales	
Família Prorocentraceae	
Gênero Prorocentrum	
<i>Prorocentrum</i> sp.	11
Ordem Peridinales	

Táxon	Resultados (cél.)
Peridinales N. Det.	33
Família Protoperidinaceae	
Gênero Protoperidinium	
<i>Protoperidinium</i> sp.	3
Família Peridiniaceae	
Gênero Peridinium	
<i>Peridinium</i> sp.	4
Família Podolampaceae	
Gênero Podolampas	
<i>Podolampas</i> sp.	7
Ordem Gonyaulacales	
Família Gonyaulacaceae	
Gênero Gonyaulax	

Táxon	Resultados (cél.)
<i>Gonyaulax spinifera</i>	1
Família Calciodinellaceae	
Gênero Scrippsiella	
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	14
Família Oxytoxaceae	
Gênero Oxytoxum	
<i>Oxytoxum</i> sp.	4
Gênero Corythodinium	
<i>Corythodinium</i> sp.1	7
<i>Corythodinium</i> sp.2	2
Família Ceratiaceae	
Gênero Ceratium	
<i>Ceratium fusus</i>	2
<i>Ceratium trichoceros</i>	1
<i>Ceratium pentagonum</i>	6

Táxon	Resultados (cél.)
Divisão Chrysophyta	
Classe Chrysophyceae	
Chrysophyceae N. Det.	2
Ordem Ochromonadales	
Família Dinobryaceae	
Gênero Dinobryon	
<i>Dinobryon</i> sp.	11
Reino Bacteria	
Filo Cyanobacteria	
Classe Cyanophyceae	
Ordem Nostocales	
Família Oscillatoriaceae	
Gênero Oscillatoria	

---

**Táxon****Resultados (cél.)***Oscillatoria erythraea*

9



### ***Anexo X-3 – Inventário taxonômico do zooplâncton***





Táxon	Resultado (Ind.)
Filo Arthropoda	
Subfilo Crustacea	
Classe Malacostraca	
Ordem Decapoda	
Decapoda N. Det.	12
Larva Zoea	1
Classe Maxillopoda	
Subclasse Copepoda	
Nauplio	1
Ordem Poecilostomatoida	
Família Corycaeidae	
Gênero Corycaeus	
<i>Corycaeus giesbrechti</i>	48

Táxon	Resultado (Ind.)
Gênero Farranula	
<i>Farranula gracilis</i>	11
Família Oncaeidae	
Gênero Oncaea	
<i>Oncaea venusta</i>	30
Família Sapphirinidae	
Gênero Sapphirina	
<i>Sapphirina nigromaculata</i>	14
Gênero Copilia	
<i>Copilia mirabilis</i>	4
Ordem Harpacticoida	
Harpacticoida N. Det.	3
Família Miraciidae	

Táxon	Resultado (Ind.)
Gênero Macrosetella	
<i>Macrosetella gracilis</i>	7
Ordem Cyclopoida	
Família Oithonidae	
Gênero Oithona	
<i>Oithona plumifera</i>	7
Ordem Calanoida	
Família Clausocalanidae	
Gênero Clausocalanus	
<i>Clausocalanus furcatus</i>	14
Família Eucalanidae	
Gênero Eucalanus	
<i>Eucalanus longiceps</i>	2

Táxon	Resultado (Ind.)
Gênero Subeucalanus	
<i>Subeucalanus pileatus</i>	6
Família Pseudodiaptomidae	
Gênero Pseudodiaptomus	
<i>Pseudodiaptomus acutus</i>	11
Família Paracalanidae	
Gênero Paracalanus	
<i>Paracalanus parvus</i>	85
<i>Paracalanus quasimodo</i>	14
Gênero Calocalanus	
<i>Calocalanus pavoninus</i>	7
<i>Calocalanus pavo</i>	8
Família Temoridae	
Gênero Temora	

Táxon	Resultado (Ind.)
<i>Temora stylifera</i>	1
Família Euchaetidae	
Gênero Euchaeta	
<i>Euchaeta marina</i>	5
Classe Branchiopoda	
Ordem Diplostraca	
Família Podonidae	
Gênero Evadne	
<i>Evadne spinifera</i>	4
Filo Chordata	
Classe Thaliacea	
Ordem Doliolida	
Família Doliolidae	

Táxon	Resultado (Ind.)
Gênero Doliolum	
<i>Doliolum denticulatum</i>	2
Classe Appendicularia	
Ordem Copelata	
Família Oikopleuridae	
Gênero Oikopleura	
<i>Oikopleura dioica</i>	38
<i>Oikopleura longicauda</i>	2
Família Fritillariidae	
Gênero Fritillaria	
<i>Fritillaria</i> sp.	5
Filo Chaetognatha	
Classe Sagittoidea	
Ordem Aphragmophora	

---

**Táxon****Resultado (Ind.)**

---

## Família Krohnittidae

## Gênero Krohnitta

*Krohnitta pacifica* 1

## Família Sagittidae

## Gênero Flaccisagitta

*Flaccisagitta hexaptera* 1

## Gênero Parasagitta

*Parasagitta elegans* 10

## Filo Cnidaria

## Classe Hydrozoa

## Ordem Siphonophorae

## Subordem Calycophorae

## Família Diphyidae



Táxon	Resultado (Ind.)
Diphyidae N. Det.	7
Gênero Eudoxoides	
<i>Eudoxoides spiralis</i>	13
Classe Cubozoa	
Cubozoa N. Det.	1
Filo Mollusca	
Classe Gastropoda	
Gastropoda N. Det.	9
Filo Annelida	
Classe Polychaeta	
Subclasse Sedentaria	
Ordem Terebellida	
Família Cirratulidae	

Táxon		Resultado (Ind.)
Filo Bryozoa	Larva Cirratulidae	4
	Bryozoa N. Det.	5
Filo Ctenophora		
Classe Nuda		
	Ordem Beroida	
	Beroida N. Det.	3
Filo Protozoa		
Classe Acantharia		
	Acantharia N. Det.	3



#### ***Anexo X-4 – Inventário taxonômico do ictioplâncton***



Táxon	Resultados (Ind.)
Filo Chordata	
Superclasse Actinopterygii	
	Ovos de peixe N. Det. 300
	Larva Vitelínica N. Det. 7
	Larva Danificada N. Det. 15
Ordem Clupeiformes	
Subordem Clupeoidei	
Família Clupeidae	
Gênero Sardinella	
	Ovos de <i>Sardinella janeiro</i> 2
Ordem Stomiiformes	
Subordem Gonostomatoidei	
Família Gonostomatidae	
Gênero Cyclothone	

Táxon	Resultados (Ind.)
<i>Cyclothone</i> sp.	49
Ordem Myctophiformes	
Família Myctophidae	
Myctophidae N. Det.	817
Ordem Scorpaeniformes	
Subordem Dactylopteroidei	
Família Dactylopteridae	
Dactylopteridae N. Det.	1
Ordem Beloniformes	
Subordem Belonoidei	
Família Exocoetidae	
Exocoetidae N. Det.	1
Ordem Perciformes	

Táxon	Resultados (Ind.)
Subordem Percoidei	
Família Priacanthidae	
Priacanthidae N. Det.	2
Família Serranidae	
Serranidae N. Det.	2
Família Carangidae	
Carangidae N. Det.	7
Família Bramidae	
Bramidae N. Det.	1
Subordem Labroidei	
Família Labridae	
Labridae N. Det.	1
Família Scaridae	



Táxon	Resultados (Ind.)
Scaridae N. Det.	10
Subordem Gobioidi	
Família Gobiidae	
Gobiidae N. Det.	3
Subordem Scombroidei	
Família Gempylidae	
Gempylidae N. Det.	5
Gênero Gempylus	
<i>Gempylus serpens</i>	1
Família Scombridae	
Scombridae N. Det.	23
Subordem Stromateoidei	
Família Nomeidae	

Táxon	Resultados (Ind.)
Gênero Cubiceps	
<i>Cubiceps</i> sp.	5
Ordem Pleuronectiformes	
Subordem Pleuronectoidei	
Família Bothidae	
Bothidae N. Det.	8



## **Anexo X-5 – Laudos Físico-químicos**



## ***Anexo X-6 – Laudos Biológicos***






***Anexo X-7 – Anotações de Responsabilidade Técnica (ARTs) e Cadastro Técnico  
Federal da equipe técnica***







 Ministério do Meio Ambiente Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis <b>CADASTRO TÉCNICO FEDERAL</b> <b>CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR</b> 			
Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
5517676	03/08/2020	03/08/2020	03/11/2020
<b>Dados básicos:</b>			
CPF: 010.242.099-89			
Nome: ANA CAROLINA DOS PASSOS			
<b>Endereço:</b>			
Logradouro: RUA DONA EUGÊNIA			
N.º: 319		Complemento: APTO 21	
Bairro: SANTA CECÍLIA		Município: PORTO ALEGRE	
CEP: 90630-150		UF: RS	
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA</b>			
Código CBO	Ocupação	Área de Atividade	
2134-05	Geólogo	Estudar ambientes terrestres e aquáticos	
2134-05	Geólogo	Pesquisar natureza geológica, geofísica e oceanográfica	
2134-05	Geólogo	Gerir atividades de proteção, conservação e reabilitação ambiental	
2134-05	Geólogo	Controlar serviços de geologia, geofísica e oceanografia	
2134-05	Geólogo	Prestar assessoria e consultoria	
Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.			
A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.			
O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.			
O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.			
<b>Chave de autenticação</b>		<b>R4H8T8VTTMERKWLR</b>	

 Ministério do Meio Ambiente Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis <b>CADASTRO TÉCNICO FEDERAL</b> <b>CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR</b> 			
<b>Registro n.º</b>	<b>Data da consulta:</b>	<b>CR emitido em:</b>	<b>CR válido até:</b>
6128839	02/09/2020	02/09/2020	02/12/2020
<b>Dados básicos:</b>			
CPF: 009.533.490-47			
Nome: DIEGO NUNES ENGELKE			
<b>Endereço:</b>			
Logradouro: RUA JOÃO MAIA			
N.º: 251		Complemento:	
Bairro: NONOAI		Município: PORTO ALEGRE	
CEP: 90830-310		UF: RS	
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA</b>			
<b>Código CBO</b>	<b>Ocupação</b>	<b>Área de Atividade</b>	
2140-05	Engenheiro Ambiental	Prestar consultoria, assistência e assessoria	
Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.			
A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.			
O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.			
O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.			
<b>Chave de autenticação</b>		<b>9FAQQWTL2VRSHHQH</b>	

 Ministério do Meio Ambiente Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis CADASTRO TÉCNICO FEDERAL CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR			
Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
5564682	14/08/2020	14/08/2020	14/11/2020
<b>Dados básicos:</b>			
CPF: 016.630.980-00			
Nome: VIVIANE KRUGER			
Endereço:			
Logradouro: RUA HUMAITA			
N.º: 207		Complemento: APTO 404	
Bairro: HUMAITA		Município: RIO DE JANEIRO	
CEP: 22261-005		UF: RJ	
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA			
Código CBO	Ocupação	Área de Atividade	
2140-10	Tecnólogo em Meio Ambiente	Prestar consultoria, assistência e assessoria	
Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.			
A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.			
O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.			
O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.			
Chave de autenticação		EANPNBFGBBAIAN46	

 Ministério do Meio Ambiente Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis <b>CADASTRO TÉCNICO FEDERAL</b> <b>CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR</b> 			
Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
5336986	16/09/2020	16/09/2020	16/12/2020
<b>Dados básicos:</b>			
CPF: 007.699.350-79			
Nome: JULIANA ALLEBRAND BECKER			
<b>Endereço:</b>			
Logradouro: RUA FERNANDES VIEIRA			
N.º:	449	Complemento:	301
Bairro:	BOM FIM	Município:	PORTO ALEGRE
CEP:	90035-091	UF:	RS
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA</b>			
Código CBO	Ocupação	Área de Atividade	
2211-05	Biólogo	Inventariar biodiversidade	
2211-05	Biólogo	Inventariar biodiversidade	
2211-05	Biólogo	Realizar consultoria e assessoria na área biológica e ambiental	
2211-05	Biólogo	Realizar consultoria e assessoria na área biológica e ambiental	
Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.			
A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.			
O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.			
O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.			
Chave de autenticação		VWJL9C84GN85YLVN	

 Ministério do Meio Ambiente Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis <b>CADASTRO TÉCNICO FEDERAL</b> <b>CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR</b> 			
<b>Registro n.º</b>	<b>Data da consulta:</b>	<b>CR emitido em:</b>	<b>CR válido até:</b>
3307746	16/09/2020	16/09/2020	16/12/2020
<b>Dados básicos:</b>			
CPF: 006.568.150-94			
Nome: MARLA SONAIRA LIMA			
<b>Endereço:</b>			
Logradouro: AV. CAÇAPAVA			
N.º: 210		Complemento: 201	
Bairro: PETRÓPOLIS		Município: PORTO ALEGRE	
CEP: 90460-130		UF: RS	
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA</b>			
<b>Código CBO</b>	<b>Ocupação</b>	<b>Área de Atividade</b>	
2211-05	Biólogo	Realizar consultoria e assessoria na área biológica e ambiental	
Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.			
A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.			
O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.			
O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.			
<b>Chave de autenticação</b>		WQ7QVB9MSNDLH194	





A Associação Brasileira de Oceanografia - **AOCEANO**, pessoa jurídica de direito privado, inscrita no CNPJ sob nº 90.221.151/0001-62, com sede à Avenida Rui Barbosa, 372, Sala 04, Bairro Praia dos Amores, Balneário Camboriú/SC, no uso de suas atribuições legais, especialmente conforme estabelece o artigo 2º, letra h do seu Estatuto Social, e ainda, com fundamento na Lei nº 11.760 de 31 de julho de 2008, que dispõe sobre a regulamentação da profissão de Oceanógrafo, assim como as Diretrizes Curriculares estabelecidas pela Comissão de Especialistas do MEC, através da Portaria No 146 SESu/MEC, que relaciona as habilidades e competências do profissional Oceanógrafo, bem como no art. 5º, XIII, da Constituição da República de 1988, que garante o livre exercício de qualquer trabalho, ofício ou profissão, uma vez atendida as qualificações profissionais que a lei estabelecer, e, mesmo sendo dispensável qualquer exigência além do dispositivo constitucional em apreço.

#### DECLARA QUE:

**Ana Carolina dos Passos**, inscrita na Associação Brasileira de Oceanografia - **AOCEANO**, sob o nº 2149, portadora do diploma de graduação de Oceanografia expedido pela UFPR, concluído no ano de 2010, está devidamente habilitada para o exercício regular da Oceanografia, nos termos da Lei nº 11.760, de 31 de julho de 2008.

Declara também que a profissional acima qualificada é a responsável técnica do serviço de monitoramento e Avaliação Ambiental das Atividades de Exploração & Produção de Petróleo e Gás Natural na Bacia de Santos, trabalho previsto para ser realizado no período entre 05/05/2020 e 31/12/2020, tendo como contratante a empresa **BOURScheid ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE** inscrita no CNPJ sob o nº 88.928.163/0001-80.

DHT : 8346

Balneário Camboriú (SC), 08 de Maio de 2020.


  
Associação Brasileira de Oceanografia  
João Thadeu de Menezes  
Presidente

  
Contratante  
BOURScheid ENGENHARIA E MEIO  
AMBIENTE  
88.928.163/0001-80

  
Profissional  
Ana Carolina dos Passos  
010.242.099-89

31/07/2017

ART - Anotação de Responsabilidade Técnica

Serviço Público Federal			
CONSELHO FEDERAL/CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA 3ª REGIÃO			
ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART			1-ART Nº: 2017/12242
<b>CONTRATADO</b>			
2. Nome: JULIANA ALLEBRAND BECKER		3. Registro no CRBio: 081333/03-D	
4. CPF: 007.699.350-79	5. E-mail: juliana.becker@hotmail.com		6. Tel: (51)9308-1437
7. End.: MIGUEL TOSTES 962		8. Compl.:	
9. Bairro: RIO BRANCO	10. Cidade: PORTO ALEGRE	11. UF: RS	12. CEP: 90430-060
<b>CONTRATANTE</b>			
13. Nome: BOURSCHIED ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE			
14. Registro Profissional:		15. CPF / CGC / CNPJ: 88.928.163/0001-80	
16. End.: RUA MIGUEL TOSTES 962			
17. Compl.:		18. Bairro: RIO BRANCO	19. Cidade: PORTO ALEGRE
20. UF: RS	21. CEP: 90430-060	22. E-mail/Site:	
<b>DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL</b>			
23. Natureza: 1. Prestação de serviço Atividade(s) Realizada(s): Execução de estudos, projetos de pesquisa e/ou serviços;			
24. Identificação: PROJETO DE MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO AMBIENTAL DAS ATIVIDADES DE EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL DA BACIA DE SANTOS			
25. Município de Realização do Trabalho: PORTO ALEGRE			26. UF: RS
27. Forma de participação: EQUIPE		28. Perfil da equipe: BIÓLOGOS, OCEANÓGRAFOS	
29. Área do Conhecimento: Ecologia; Oceanografia;		30. Campo de Atuação: Meio Ambiente	
31. Descrição sumária: ANÁLISE DE DADOS BIÓTICOS (PLÂNCTON E BENTOS) REFERENTES AOS AMBIENTES AQUÁTICOS (PELÁGICO E BENTÔNICO) AVALIADOS NO MONITORAMENTO AMBIENTAL DAS ATIVIDADES DE EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL DA BACIA DE SANTOS.			
32. Valor: R\$ 4.500,00	33. Total de horas: 3000	34. Início: JUL/2017	35. Término:
<b>36. ASSINATURAS</b>			<b>37. LOGO DO CRBio</b>
Declaro serem verdadeiras as informações acima			
Data: 31/07/2017 Assinatura do Profissional 		Data: 31/07/2017 Assinatura do Contratante Engenharia e Meio Ambiente Ltda. Carlos Roberto Müller Eng. Civil - CREA/RS 7.616 - Resp. Técnico Diretor Adjunto	
<b>38. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR CONCLUSÃO</b>		<b>39. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR DISTRATO</b>	
Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.			
Data: / /	Assinatura do Profissional	Data: / /	Assinatura do Profissional
Data: / /	Assinatura e Carimbo do Contratante	Data: / /	Assinatura e Carimbo do Contratante

**CERTIFICAÇÃO DIGITAL DE DOCUMENTOS**  
**NÚMERO DE CONTROLE: 5823.7392.8019.8647**

OBS: A autenticidade deste documento deverá ser verificada no endereço eletrônico [www.crbio03.gov.br](http://www.crbio03.gov.br)

<http://crbio2cloud.com.br/scripts/art.dll/login>

1/5



K1 - Anotação de Responsabilidade Técnica

<http://crbio.2cloud.com.br/scripts/art.dll/login>

Serviço Público Federal			
CONSELHO FEDERAL/CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA 3ª REGIÃO			
ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART			1-ART Nº: 2017/10320
<b>CONTRATADO</b>			
2.Nome: MARLA SONAIRA LIMA		3.Registro no CRBio: 058878/03-D	
4.CPF: 006.568.150-94	5.E-mail: marlalimas@gmail.com		6.Tel: (51)3737-8182
7.End.: CACAPAVA 210	8.Compl.: 201		
9.Bairro: PETROPOLIS	10.Cidade: PORTO ALEGRE	11.UF: RS	12.CEP: 90460-130
<b>CONTRATANTE</b>			
13.Nome: BOURSCHIED ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE			
14.Registro Profissional:		15.CPF / CGC / CNPJ: 88.928.163/0001-80	
16.End.: RUA MIGUEL TOSTES 962			
17.Compl.:	18.Bairro: RIO BRANCO	19.Cidade: PORTO ALEGRE	
20.UF: RS	21.CEP: 90430-060	22.E-mail/Site: diretoria@bourscheid.com.br / www.bourscheid.com.br	
<b>DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL</b>			
23.Natureza : 1. Prestação de serviço Atividade(s) Realizada(s) : Execução de estudos, projetos de pesquisa e/ou serviços;			
24.Identificação : PROJETO DE MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO AMBIENTAL DAS ATIVIDADES DE EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL DA BACIA DE SANTOS			
25.Município de Realização do Trabalho: PORTO ALEGRE			26.UF: RS
27.Forma de participação: EQUIPE		28.Perfil da equipe: BIÓLOGOS, OCEANÓGRAFOS, ENGENHEIROS, GEÓLOGOS	
29.Área do Conhecimento: Ecologia; Oceanografia;		30.Campo de Atuação: Meio Ambiente	
31.Descrição sumária : REALIZAÇÃO DA ANÁLISE INTEGRADA DOS DADOS BIÓTICOS E ABIÓTICOS, REFERENTES AOS AMBIENTES AQUÁTICOS (PELÁGICO E BENTÔNICO) AVALIADOS NO MONITORAMENTO AMBIENTAL DAS ATIVIDADES DE EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL DA BACIA DE SANTOS			
32.Valor: R\$ 4.000,00	33.Total de horas: 2500	34.Início: JUN/2017	35.Término: MAR/2020
<b>36. ASSINATURAS</b>		<b>37. LOGO DO CRBio</b>	
Declaro serem verdadeiras as informações acima			
Data: 03/06/2017		Data:	
Assinatura do Profissional		Assinatura e Carimbo do Contratante	
		BOURSCHIED Engenharia e Meio Ambiente Ltda. Nelson Jorge Esquivel Silveira Eng. Agrônomo - CREA 07.895 Resp. Técnico	
<b>38. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR CONCLUSÃO</b>		<b>39. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR DISTRATO</b>	
Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.			
Data: / /	Assinatura do Profissional	Data: / /	Assinatura do Profissional
Data: / /	Assinatura e Carimbo do Contratante	Data: / /	Assinatura e Carimbo do Contratante

**CERTIFICAÇÃO DIGITAL DE DOCUMENTOS**  
**NÚMERO DE CONTROLE: 1197.1452.2079.2707**

OBS: A autenticidade deste documento deverá ser verificada no endereço eletrônico [www.crbio03.gov.br](http://www.crbio03.gov.br)

: 5

03/07/2017 14:46



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART  
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977  
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul



CREA-RS  
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul

ART Número  
10682322

Tipo: PRESTAÇÃO DE SERVIÇO	Participação Técnica: INDIVIDUAL/PRINCIPAL	ART Vínculo: 9392737
Convênio: NÃO É CONVÊNIO	Motivo: COMPLEMENTAR ADITIVO	

#### Contratado

Carteira: RS195090	Profissional: VIVIANE KRUGER	E-mail: vivisls@msn.com
RNP: 2211681972	Título: Tecnóloga em Saneamento Ambiental	
Empresa: NENHUMA EMPRESA	Nr.Reg.:	

#### Contratante

Nome: BOURSCHEID ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE LTDA	E-mail: comercial@bourscheid.com.br
Endereço: RUA MANOELITO DE ORNELAS 55 SALA 1101	Telefone: 51 3012-9991
Cidade: PORTO ALEGRE	CPF/CNPJ: 88928163000180
Bairro: PRAIA DE BELAS	CEP: 90110230 UF: RS

#### Identificação da Obra/Serviço

Proprietário: PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. - PETROBRAS	CPF/CNPJ: 33000167000101
Endereço da Obra/Serviço: OCEANO ATLÂNTICO - BACIA DE SANTOS	CEP: UF: SP
Cidade: SANTOS	Bairro:
Finalidade: AMBIENTAL	Vlr Contrato(R\$): 3.200,00
Data Início: 09/09/2015	Prev Fim: 05/09/2020
	Honorários(R\$): 3.200,00
	Ent.Classe: SENGE/RS

Atividade Técnica	Descrição da Obra/Serviço	Quantidade	Unid.
Coordenação Técnica	Meio Ambiente - Monitoramento Ambiental	352.000,00	KM²
Coordenação Técnica	Meio Ambiente - Controle de Poluição Ambiental	352.000,00	KM²
Coordenação Técnica	Recursos Hídricos	352.000,00	KM²
Coordenação Técnica	MONIT. AVALIAÇÃO AMBIENTAL E&P GÁS NATURAL BACIA DE SANTOS	352.000,00	KM²
Elaboração de Relatório	RELATÓRIOS TÉCNICOS DE ANÁLISE	352.000,00	KM²

ART registrada (paga) no CREA-RS em 18/03/2020

Local e Data	Declaro serem verdadeiras as informações acima  VIVIANE KRUGER Profissional	De acordo  BOURSCHEID ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE LTDA Contratante
--------------	--	--

A AUTENTICIDADE DESTA ART PODERÁ SER CONFIRMADA NO SITE DO CREA-RS, LINK CIDADÃO - ART CONSULTA



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART  
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977  
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul



ART Número  
**10682322**

**Contratado**

Nr.Carteira: RS195090 Profissional: VIVIANE KRUGER E-mail: vivisls@msn.com  
Nr.RNP: 2211681972 Título: Tecnóloga em Saneamento Ambiental  
Empresa: NENHUMA EMPRESA Nr.Reg.:

**Contratante**

Nome: BOURSCHIED ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE LTDA E-mail: comercial@bourscheid.com.br  
Endereço: RUA MANOELITO DE ORNELLAS 55 SALA 1101 Telefone: 51 3012-9991 CPF/CNPJ: 88928163000180  
Cidade: PORTO ALEGRE Bairro: PRAIA DE BELAS CEP: 90110230 UF: RS

**RESUMO DO(S) CONTRATO(S)**

CONTRATO nº 2400.0098421.15.2 + aditivo 1, 2, 3 e 4 de contrato  
Objeto: Serviços de Monitoramento e Avaliação Ambiental das Atividades de Exploração e Produção (E&P) de Petróleo e Gás Natural, no âmbito da Unidade de Operações da Bacia de Santos (UO-BE).  
Escopo do Serviço:  
- Controle de qualidade da coleta de amostras e dados ambientais;  
- Realização de análises físico-químicas, ecotoxicológicas e biológicas;  
- Tratamento, processamento e análise de dados ambientais e de serviços especializados de análise ambiental integrada e interpretação dos resultados.  
Área de estudo: Região marítima (Oceano Atlântico) encontra-se localizada em áreas entre 160 a 2.500 metros de profundidade nos blocos exploratórios e campos de produção petrolífera da Bacia de Santos, abrangendo uma área de 352.000 km².

Local e Data	Declaro serem verdadeiras as informações acima  _____ Profissional	De acordo  _____ Contratante
--------------	---	---------------------------------------