



SUSTENTABILIDADE  
E RESILIÊNCIA



# RELATÓRIO FINAL DA 12ª CAMPANHA DE MONITORAMENTO AMBIENTAL (PMA)

**PARQUE DAS CONCHAS  
(BACIA DE CAMPOS) – FPSO  
ESPÍRITO SANTO**

**CAMPANHA DE 2022**

Rev. 00 – Março, 2023.

**DESENVOLVIDO PARA:**



## CONTROLE DE REVISÕES

Rev.	Data	Descrição (motivo da revisão)
0000	Março/2023	Documento original

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS E METAS.....</b>	<b>2</b>
<b>3. ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>3</b>
<b>3.1. MALHA AMOSTRAL.....</b>	<b>4</b>
<b>4. MÉTODO .....</b>	<b>8</b>
<b>4.1. QUALIDADE DA ÁGUA .....</b>	<b>8</b>
4.1.1. MÉTODOS DE CAMPO .....	8
4.1.2. MÉTODOS DE ANÁLISE.....	14
4.1.2.1. Análises Laboratoriais .....	14
<b>4.2. BIOTA .....</b>	<b>20</b>
4.2.1. MÉTODOS DE CAMPO .....	20
4.2.3. MÉTODOS DE ANÁLISE.....	21
<b>5. RESULTADOS .....</b>	<b>25</b>
<b>5.1. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.....</b>	<b>26</b>
5.1.1. TEMPERATURA, SALINIDADE E DENSIDADE.....	26
5.1.2. OXIGÊNIO DISSOLVIDO .....	31
5.1.3. POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH) .....	33
<b>5.2. PARÂMETROS INORGÂNICOS .....</b>	<b>34</b>
5.2.1. NITROGÊNIO E FÓSFORO .....	34
5.2.2. CLOROFILA-A .....	38
5.2.3. METAIS.....	38
5.2.4. CIANETO LIVRE.....	52
5.2.5. FLUORETOS .....	52
5.2.6. SULFETOS .....	53
5.2.7. CLORO RESIDUAL TOTAL .....	53
5.2.8. RADIOISÓTOPOS .....	53
<b>5.3. PARÂMETROS ORGÂNICOS.....</b>	<b>55</b>
5.3.1. CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT).....	55

5.3.2. SURFACTANTES .....	56
5.3.3. BIFENILAS POLICLORADAS (PCBs) .....	57
5.3.4. TRIBUTILESTANHO .....	57
5.3.5. HIDROCARBONETOS E FENÓIS .....	57
5.3.6. ÓLEOS E GRAXAS .....	59
<b>5.4. ECOTOXICIDADE.....</b>	<b>59</b>
<b>5.5. BIOTA .....</b>	<b>60</b>
5.5.1. FITOPLÂNCTON .....	60
5.5.1.1. Composição específica .....	60
5.5.1.2. Riqueza .....	62
5.5.1.3. Análise Quantitativa.....	98
5.5.1.4. Estrutura da Comunidade Fitoplanctônica .....	98
5.5.3. ZOOPLÂNCTON.....	101
5.5.3.1. Caracterização da comunidade .....	101
5.5.3.2. Análise Quantitativa.....	110
5.5.3.3. Estrutura da Comunidade.....	113
5.5.4. ICTIOPLÂNCTON .....	115
5.5.4.1. Caracterização da comunidade .....	115
5.5.4.2. Análise Quantitativa.....	119
5.5.4.3. Estrutura da Comunidade.....	124
<b>5.6. ANÁLISE INTEGRADA .....</b>	<b>126</b>
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>131</b>
<b>7. EQUIPE TÉCNICA.....</b>	<b>135</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>136</b>

---

## LISTA DE ANEXOS

**ANEXO A** – Acreditação de Análises e Testes Interlaboratoriais

**ANEXO B** – Laudo analítico I - química

**ANEXO C** – Laudo analítico II - toxicidade

**ANEXO D** – Laudo biológico – fitoplâncton

**ANEXO E** – Laudo biológico e Relatório de Tombo – zooplâncton

**ANEXO F** – Laudo biológico e Relatório de Tombo – ictioplâncton

**ANEXO G** – ABIO e Cartas de Aceite

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1: Localização do Parque das Conchas (BC-10), Bacia de Campos (Datum SIRGAS2000). .....</i>	<i>4</i>
<i>Figura 2: FPSO Espírito Santo e bordo boreste, de descarte de água produzida durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....</i>	<i>5</i>
<i>Figura 3: Esquema da malha amostral do compartimento água, conforme previsto no PMA – Projeto de Monitoramento Ambiental, no Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 4 – Embarcação Waterbuck utilizada durante a 12ª Campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. Fonte: <a href="http://www.nauticexpo.com">www.nauticexpo.com</a>.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 5: CTD utilizado durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 6: Lançamento de garrafa oceanográfica (GO-FLO) durante a 12ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 7: Equipamentos utilizados na medição dos parâmetros físico-químicos in situ e na filtração para o Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 8: Amostragem de parâmetros a partir do desmame de garrafa oceanográfica, para o Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 9 – Exemplo de representação de dados em um gráfico Box plot. ....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 10: Momento de validação e tratamento dos dados de CTD.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 11 – Em sequência, rede de plâncton do tipo bongô durante a 12ªcampanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 12: Perfis de temperatura nas estações monitoradas durante a 12ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Espírito Santo, Parque das Conchas, Bacia de Campos.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 13: Perfis de salinidade nas estações monitoradas durante a 12ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Espírito Santo, Parque das Conchas, Bacia de Campos.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 14: Perfis de densidade nas estações monitoradas durante a 12ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Espírito Santo, Parque das Conchas, Bacia de Campos – profundidades amostradas.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 15: Diagrama TS dos dados amostrados nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 16: Distribuição das concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD) nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.....</i>	<i>32</i>

Figura 17: Concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD) observadas nas 12 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.....	32
Figura 18: Valores de pH nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	33
Figura 19: Resultados de pH observados nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	34
Figura 20: Distribuição das concentrações de e nitrogênio amoniacal nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.....	35
Figura 21: Concentrações de nitrato e nitrito observadas nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	36
Figura 22: Concentrações de nitrogênio amoniacal observadas nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	37
Figura 23: Concentrações de fosfato observadas nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	37
Figura 24: Distribuição das concentrações de berílio nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	40
Figura 25: Distribuição das concentrações de bário nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	40
Figura 26: Distribuição das concentrações de manganês nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.....	42
Figura 27: Distribuição das concentrações de vanádio nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.....	43
Figura 28: Distribuição das concentrações de selênio nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.....	44
Figura 29: Distribuição das concentrações de boro nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	45
Figura 30: Concentrações de boro observadas nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	45
Figura 31: Concentrações de zinco observadas nas 12 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	46
Figura 32: Distribuição das concentrações de arsênio nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.....	47

<i>Figura 33: Distribuição das concentrações de urânio nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	48
<i>Figura 34: Distribuição das concentrações de cromo nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	48
<i>Figura 35: Distribuição das concentrações de chumbo nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	49
<i>Figura 36: Distribuição das concentrações de tálio dissolvido nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	50
<i>Figura 37: Distribuição das concentrações de alumínio dissolvido nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	50
<i>Figura 38: Distribuição das concentrações de ferro dissolvido nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	51
<i>Figura 39: Distribuição das concentrações de ferro total nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	51
<i>Figura 40: Distribuição das concentrações de fluoreto nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	52
<i>Figura 41: Concentrações de fluoreto observadas nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	53
<i>Figura 42: Concentrações de 226Ra e 228Ra observadas nas 12 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	55
<i>Figura 43: Distribuição das concentrações de Carbono Orgânico Total (COT) nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	56
<i>Figura 44: Concentrações de COT observadas nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	56
<i>Figura 45: Contribuição percentual das classes taxonômicas do microfitoplâncton identificadas nas estações de amostragem no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	62
<i>Figura 46: Número de táxons do nanoplâncton em cada profundidade nas cinco estações monitoradas durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	63
<i>Figura 47: Contribuição percentual da riqueza de táxons do nanoplâncton por categoria taxonômica nas cinco estações e em cada profundidade monitorada durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	63



Figura 48: Número de táxons do microfitoplâncton em cada profundidade nas cinco estações monitoradas durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.....	64
Figura 49: Contribuição percentual da riqueza de táxons por categoria taxonômica nas cinco estações e em cada profundidade monitorada durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	95
Figura 50: Densidade celular ( $\text{cel.L}^{-1}$ ) do nanofitoplâncton no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	100
Figura 51: Densidade celular do microfitoplâncton ( $\text{cel.L}^{-1}$ ) nas cinco estações monitoradas durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	101
Figura 52: Contribuição percentual das categorias taxonômicas na densidade do microfitoplâncton no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	96
Figura 53: Índice de diversidade ( $H'$ ) e de equitabilidade ( $J'$ ) da comunidade fitoplanctônica das cinco estações monitoradas na 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos., Bacia de Campos. ....	99
Figura 54: Análise de agrupamento das amostras através do índice de similaridade de Bray–Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	100
Figura 55: Contribuição média percentual das categorias taxonômicas do zooplâncton identificadas nas cinco estações monitoradas durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	102
Figura 56: Número de táxons do zooplâncton nas cinco estações monitoradas durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos ....	103
Figura 57: Densidade do zooplâncton nas cinco estações monitoradas durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	110
Figura 58: Abundância relativa (%) dos grupos dominantes coletados nas cinco estações monitoradas durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	112
Figura 59: Abundância (%) dos copépodes dominantes coletados nas cinco estações monitoradas durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	113
Figura 60: Índice de diversidade e de equitabilidade da comunidade zooplanctônica das cinco estações monitoradas na 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	114
Figura 61: Análise de agrupamento das amostras através do índice de similaridade de Bray–Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	115

<i>Figura 62: Contribuição percentual do número de táxons por grupos do ictioplâncton durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....</i>	<i>117</i>
<i>Figura 63: Número de táxons de ovos de larvas em cada estação no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....</i>	<i>118</i>
<i>Figura 64: Número de táxons de larvas de peixes em cada estação no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....</i>	<i>119</i>
<i>Figura 65: Densidade de ovos de peixes (ovos.100m<sup>-3</sup>) coletados no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....</i>	<i>120</i>
<i>Figura 66: Densidade de larvas de peixes (larvas.100m<sup>-3</sup>) coletados no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....</i>	<i>121</i>
<i>Figura 67: Percentual de larvas de peixes (%) no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....</i>	<i>123</i>
<i>Figura 68: Índice de diversidade e de equitabilidade da comunidade ictioplanctônica das cinco estações monitoradas na 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos</i>	<i>124</i>
<i>Figura 69: Análise de agrupamento das amostras de ictioplâncton através do índice de similaridade de Bray–Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....</i>	<i>125</i>
<i>Figura 70: Análise de Ordenação de Coordenadas Principais (PCO) aplicada aos dados físico-químicos com resultados representativos e acima do limite de quantificação ou detecção. ....</i>	<i>128</i>
<i>Figura 71: Análise n-MDS aplicada aos resultados de abundância da comunidade planctônica e dados físico-químicos. ....</i>	<i>129</i>
<i>Figura 72: Ordenação de Coordenadas Principais (PCO) aplicada aos dados da comunidade planctônica e físico-químicos. ....</i>	<i>130</i>

## LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1: Coordenadas geográficas, distâncias e profundidades dos pontos de amostragem durante a 12ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental do FPSO Espírito Santo no Campo Parque das Conchas, Bacia de Campos (Datum SIRGAS2000).....</i>	<i>7</i>
<i>Tabela 2: Metodologia de acondicionamento e preservação das amostras para a avaliação dos parâmetros físico-químicos durante a 12ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental no Parque das Conchas, Bacia de Campos *- Parâmetros coletados em triplicata. **-Cobre Dissolvido foi coletado em triplicata. ....</i>	<i>13</i>
<i>Tabela 3: Métodos empregados na análise dos parâmetros físico-químicos das amostras coletadas durante a 12ª Campanha de Monitoramento Ambiental no entorno do FPSO Espírito Santo.....</i>	<i>15</i>
<i>Tabela 4: Códigos utilizados na 12ª Campanha para individualizar os organismos do microfitoplâncton de acordo com a forma e maior dimensão celular. ....</i>	<i>23</i>
<i>Tabela 5: Comparação entre as campanhas dos valores de máximo, mínimo e média da clorofila-a. ....</i>	<i>38</i>
<i>Tabela 6: Metais que apresentaram concentrações abaixo do Limite de Quantificação (LQ) nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....</i>	<i>39</i>
<i>Tabela 7: Resultados do teste de ecotoxicidade crônica no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....</i>	<i>60</i>
<i>Tabela 8: Número de táxons do microfitoplâncton e estatística descritiva das cinco estações monitoradas durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabela 9: Táxons do microfitoplâncton muito frequentes durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.....</i>	<i>96</i>
<i>Tabela 10: Estatística descritiva do número de táxons das estações monitoradas durante as campanhas de Monitoramento Ambiental do entorno do FPSO Espírito Santo durante os anos de 2011 a 2021.....</i>	<i>96</i>
<i>Tabela 11: Densidade celular (cel.L<sup>-1</sup>) total, do microfitoplâncton e do nanofitoplâncton das cinco estações monitoradas durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.....</i>	<i>99</i>
<i>Tabela 12: Densidade do fitoplâncton total (10<sup>6</sup>cel.L<sup>-1</sup>) registradas nas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Espírito Santo. ....</i>	<i>99</i>
<i>Tabela 13: Densidade celular (cel.L<sup>-1</sup>) do microfitoplâncton total e das categorias taxonômicas identificadas nas cinco estações monitoradas durante 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....</i>	<i>95</i>
<i>Tabela 14: Dez táxons de maior densidade celular (cel.L<sup>-1</sup>) dentre o microfitoplâncton identificado nas cinco estações monitoradas durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia</i>	

de Campos. Os valores de densidade apresentados referem-se à soma dos resultados das amostras (estações/profundidades). .....	96
Tabela 15: Valores de diversidade e equitabilidade da comunidade fitoplanctônica nas últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Espírito Santo .....	99
Tabela 16: Táxons muito frequentes ( $FO > 70\%$ ) dos principais grupos durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos (considerados apenas os níveis família, gênero e espécie). .....	104
Tabela 17: Táxons muito frequentes ( $FO > 70\%$ ) nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Espírito Santo (considerados apenas espécies). .....	106
Tabela 18: Densidade zooplanctônica ( $\text{ind.m}^{-3}$ ) registradas nas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno da plataforma FPSO Espírito Santo. ....	110
Tabela 19: Densidade zooplanctônica total e por grupos (com participação $> 1\%$ ) ( $\text{ind.m}^{-3}$ ) durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	111
Tabela 20: Táxons de maior densidade na comunidade zooplanctônica coletada durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	113
Tabela 21: Valores de diversidade e equitabilidade da comunidade zooplanctônica nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Espírito Santo. ....	114
Tabela 22: Táxons do ictioplâncton (larvas de peixe) muito frequentes ( $FO > 70\%$ ) das amostras durante a atual campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	119
Tabela 23: Densidade das larvas e ovos do ictioplâncton encontrados ao longo das campanhas do Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas. ....	121
Tabela 24: Densidade de larvas de peixes ( $\text{larvas.100m}^{-3}$ ) por família em cada estação no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	122
Tabela 25: Táxons de maior densidade na comunidade ictioplanctônica coletada durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	124
Tabela 26: Variáveis abióticas e suas respectivas abreviaturas utilizadas na análise integrada dos dados da 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	126
Tabela 27: Resultados da análise DISTLM. Valores em negrito indicam correlações significativas ( $< 0,05$ ). .....	130
Tabela 28: Avaliação dos Objetivos, Metas, Indicadores e Resultados do PMA. ....	134
Tabela 29: Relação da equipe técnica responsável pela elaboração do presente documento. ....	135

## 1. INTRODUÇÃO

O atual relatório apresenta e discute os resultados da 12ª campanha oceanográfica de Monitoramento Ambiental realizada no entorno da unidade de produção FPSO Espírito Santo, conforme previsto pelo Projeto de Monitoramento Ambiental (PMA) do Sistema de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás no campo Parque das Conchas – Bacia de Campos, no âmbito da Renovação da Licença de Operação (RLO Nº 847/2009).

Este relatório está em conformidade com a versão consolidada do PMA apresentada em resposta ao Parecer Técnico COPROD/CGMAC/DILIC Nº 061/18 (SBEP-HSSE-2250-2018), bem como de acordo com o Parecer Técnico COPROD/CGMAC/DILIC Nº 94/2020 e Parecer Técnico Nº 375/2020 COPROD/CGMAC/DILIC, os quais solicitaram a revisão dos métodos analíticos empregados para a utilização daquele que possua limite de quantificação inferior à concentração máxima estabelecida pela legislação para o analito.

De acordo com exigências da atual Coordenação Geral de Licenciamento Ambiental de Empreendimentos Marinhos e Costeiros – CGMAC/IBAMA, no âmbito do PMA, a partir do primeiro descarte de água produzida pelo FPSO Espírito Santo, faz-se necessária a realização de campanhas de monitoramento anuais no entorno da unidade.

Em julho de 2009, a Shell iniciou a produção na área do Parque das Conchas. O descarte de água produzida pelo FPSO Espírito Santo, no entanto, iniciou-se efetivamente em março de 2010. Após o início do descarte ocorreu a primeira campanha de monitoramento, realizada em março de 2011 (SHELL/AECOM, 2011).

A análise da qualidade da água do mar no entorno do FPSO tem como objetivo identificar possíveis interferências do descarte de água produzida da unidade na área, uma vez que representa o principal efluente gerado pela produção marítima de petróleo. Tal efluente pode conter uma complexa mistura de compostos químicos, onde se incluem: minerais dissolvidos oriundos da formação produtora, hidrocarbonetos, produtos químicos empregados durante o processo de produção, amônia, sólidos, gases dissolvidos, entre outros (SEGUI, 2009; BRETAS, 2011).

No Brasil, os padrões de descarte de água produzida foram definidos pela Resolução CONAMA nº 393/07 a qual, além de estabelecer critérios de descarte, também define critérios de qualidade da água após a “zona de mistura” (i.e. área de 500m no entorno do ponto de descarte). De acordo com este último critério, as águas oceânicas no entorno do FPSO Espírito Santo devem apresentar características de enquadramento como “Águas Salinas - Classe 1”, conforme padrões

estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05. Destaca-se que a coleta das amostras ocorreu concomitantemente ao descarte de água produzida pelo FPSO.

A avaliação temporal da qualidade da água no entorno do FPSO Espírito Santo foi realizada a partir da comparação dos resultados da atual campanha com aqueles verificados na 1ª, 2ª, 3ª, 4ª, 5ª, 6ª, 7ª, 8ª, 9ª, 10ª e 11ª campanhas (SHELL/AECOM, 2011a, 2011b, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 e SHELL/WITTOBRIENS, 2019, 2020 e 2021). As referidas campanhas foram realizadas nos seguintes períodos: março de 2011, abril de 2012, janeiro de 2013, março de 2014, fevereiro de 2015, fevereiro/março de 2016, março de 2017, dezembro de 2018, março de 2019, setembro de 2020 e outubro de 2021. A atual campanha (12ª) ocorreu durante o mês de outubro de 2022, entre os dias 06 e 11.

Cabe mencionar que a empresa responsável pela implementação do PMA do FPSO Espírito Santo durante o período de abrangência desse relatório foi a EnvironPact Sustentabilidade e Resiliência, anteriormente denominada Witt O' Brien's Brasil. Ressalta-se que, em fevereiro de 2023, a Witt O' Brien's Brasil, passou a fazer parte integral do grupo OceanPact, sendo agora denominada EnvironPact Sustentabilidade e Resiliência ("EnvironPact").

Assim, tendo em vista essa alteração da marca no período de finalização da campanha de 2022, especialmente durante a elaboração do relatório, alguns documentos apresentados nos anexos ainda estão com a nomeação antiga da empresa.

## 2. OBJETIVOS E METAS

O objetivo e a meta previstos pelo Projeto de Monitoramento Ambiental do Sistema de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Campo do Parque das Conchas – Bacia de Campos são:

### Objetivo:

- Avaliar a qualidade da água do mar na área em função do descarte de água produzida pela unidade, com base nos requerimentos estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/05, além de verificar o enquadramento do corpo hídrico requerido pela Resolução CONAMA nº 393/07.

### Meta:

- Garantir que a qualidade de água no entorno do FPSO Espírito Santo, após a zona de mistura, atende ao enquadramento como Águas Salinas – Classe 1 de acordo os limites definidos pelas resoluções CONAMA 357/05 e 393/07, e que eventuais parâmetros que



excedam esses limites, não tenham origem no descarte de água produzida do FPSO Espírito Santo.

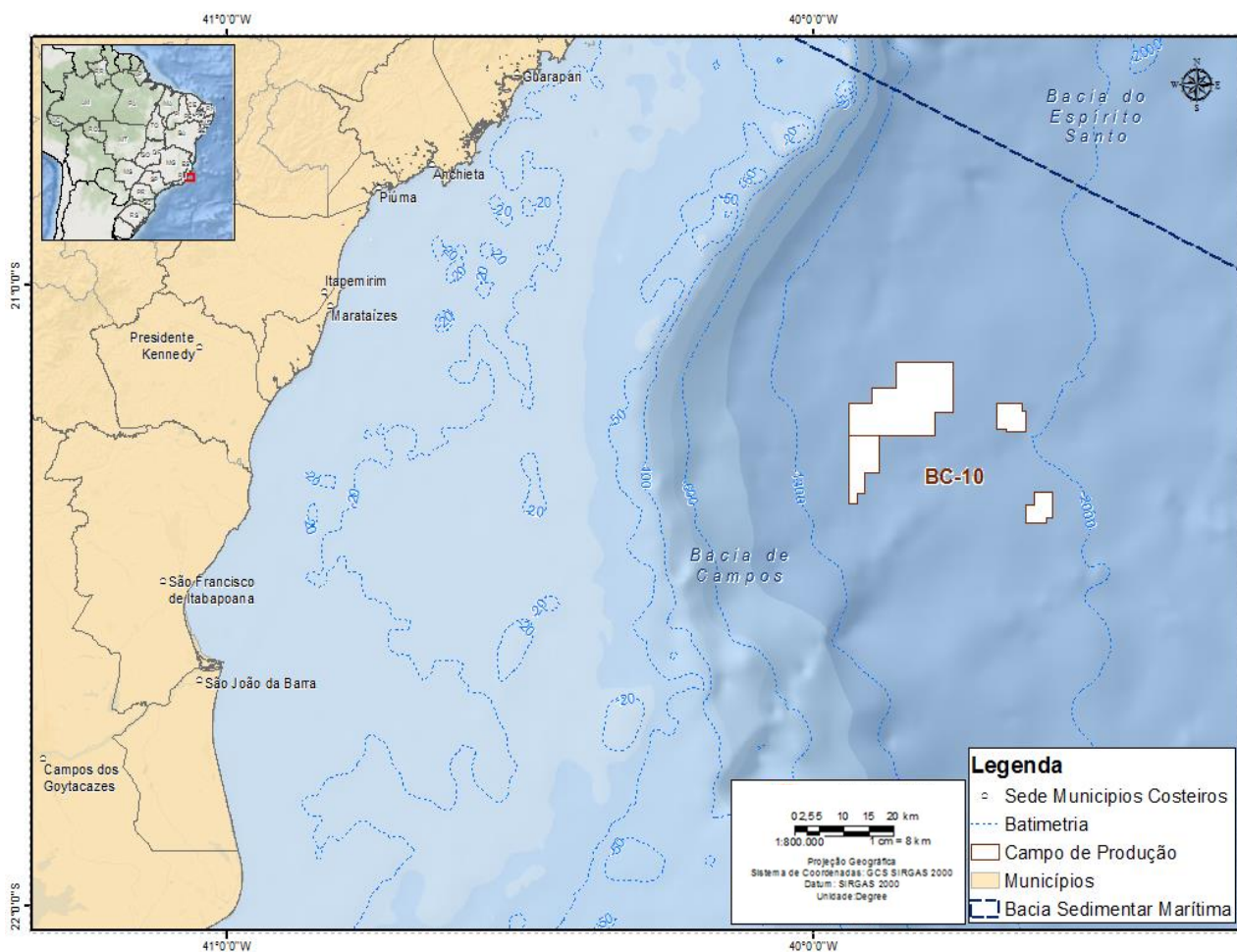
### 3. ÁREA DE ESTUDO

A Bacia de Campos, situada no litoral dos estados do Rio de Janeiro e do Espírito Santo, limita-se a sul pelo Alto de Cabo Frio, que a separa da Bacia de Santos e a norte pelo Alto de Vitória, que constitui o limite com a Bacia do Espírito Santo. Abrange uma área total em torno de 102 mil km<sup>2</sup>, sendo 6,5 mil km<sup>2</sup> em terra e 95,5 mil km<sup>2</sup> em mar até a cota batimétrica de 3.000 m. Atualmente é a segunda maior bacia produtora do país, responsável por cerca de 23% da produção nacional de óleo e 9% da produção nacional de gás (ANP, 2022).

O Parque das Conchas está localizado na Bacia de Campos a aproximadamente 120 km a SE do município de Anchieta, ES (**Figura 1**). A profundidade local varia de 1.500 a 2.000 m, com corrente predominante com sentido para SO, acompanhando a Corrente do Brasil. O bloco BC-10, chamado atualmente de Parque das Conchas, é composto por quatro campos denominados Argonauta, Ostra, Abalone e Nautilus.

A região da Bacia de Campos apresenta duas estações bem marcadas: estação chuvosa (outubro a abril) e estação seca (maio a setembro). Nessa área há uma dominância de ventos Nordeste com intensidade variada durante a estação chuvosa (velocidade média de 7 m.s<sup>-1</sup>) e a estação seca (velocidade média de 6 m.s<sup>-1</sup>) (ECOLOGUS, 2006).

A área estudada é caracterizada por águas oligotróficas, com baixa produtividade (EKAU; MATSUURA, 1996), onde as águas tropicais da corrente do Brasil prevalecem (VALENTIN *et al.*, 2007). Três massas de água são dominantes nessa região: Água de Plataforma (AP), Água Tropical (AT) e Água Central do Atlântico Sul (ACAS). Na plataforma externa predomina a mistura vertical entre a AT e a ACAS (CASTRO; MIRANDA, 2010). Além de AT e ACAS também estão presentes nessa região a Água Intermediária Antártica (AIA), Água Circumpolar Superior (ACS) e a Água Profunda do Atlântico Norte (STRAMMA; ENGLAND, 1999).



**Figura 1: Localização do Parque das Conchas (BC-10), Bacia de Campos (Datum SIRGAS2000).**

A produção de óleo é realizada pela plataforma flutuante de produção, estocagem e transferência – FPSO Espírito Santo – que possui mais de 330 m de comprimento e o *Turret* está localizado sobre as coordenadas 21°12' 31,005"S e 39°44' 33,397"W (*Datum Sirgas 2000*).

### 3.1. MALHA AMOSTRAL

Para a definição da malha amostral para avaliação da qualidade da água no entorno do FPSO Espírito Santo, tomou-se como base o ponto de descarte de água produzida. Conforme o PMA a malha amostral é móvel, na medida em que o FPSO possui giro livre ao redor do *turret*, consequentemente, o ponto de descarte também pode variar. Assim, cada estação de coleta foi realizada considerando a posição do FPSO no momento da coleta (**Figura 2**). Destaca-se que o FPSO estava realizando descarte por boreste, à meia nau. Cabe mencionar que o descarte da água de produção estava ocorrendo durante todo o período de amostragem.





**Figura 2: FPSO Espírito Santo e bordo boreste, de descarte de água produzida durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

A partir desse ponto de referência foram estabelecidas radiais a 200 m e a 500 m considerando que a pluma de descarte de água produzida tem sua dispersão influenciada pelo próprio FPSO Espírito Santo. Essa influência se dá de duas maneiras: (i) pelo alinhamento do FPSO com o vetor resultante da corrente superficial e do vento, tendo em vista sua ancoragem pelo *turret*, ou (ii) pelo fato de que a FPSO funciona como uma barreira física à dispersão da água, visto que apresenta um calado de cerca de 20 m e uma borda acima da coluna d'água de cerca de 30 m (a depender do lastro e do volume de óleo armazenado internamente). A concentração de estações à boreste do FPSO, por onde é feito o descarte, também é justificada por essa última observação.

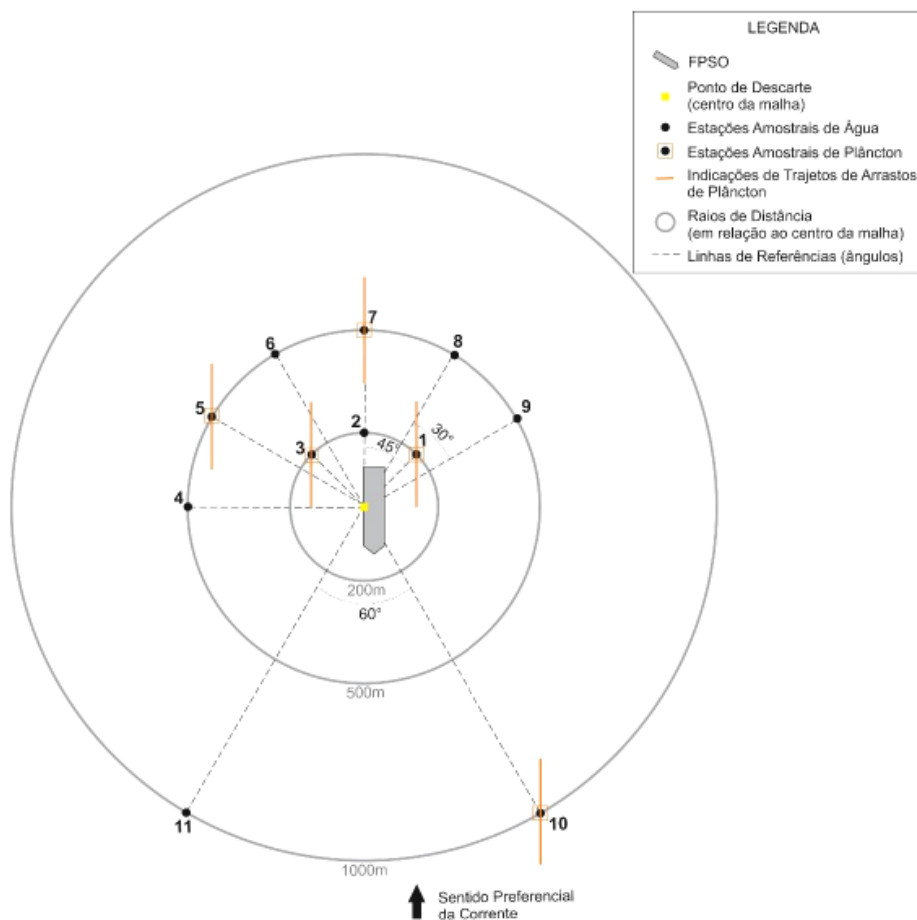
As amostragens de água, visando às análises físico-químicas, foram realizadas em 11 pontos distribuídos em três radiais (200, 500 e 1.000 m) de distância do ponto de descarte da água produzida. As duas estações a 1.000 m do ponto de descarte configuram as estações controle. As profundidades de coleta variaram entre subsuperfície, 60 metros (acima da termoclina - ACTC) e 90 metros (termoclina - TC), sendo fixas para todas as estações. A profundidade média da

termoclina se deu entre 120 e 150 m. As coletas na superfície, em conformidade com o Projeto, avaliaram a mesma camada de lançamento da água produzida; a profundidade intermediária ajuda a aferir os resultados da modelagem de dispersão da água produzida; e a profundidade na termoclina o controle a partir das condições naturais do ambiente.

Para as análises relacionadas à comunidade planctônica, no entorno do FPSO foram obtidas amostras através de arrastos nas estações numeradas como 1, 3, 5, 7 e 10 para zooplâncton e ictioplâncton. Os arrastos foram realizados no período noturno, com o objetivo de uma melhor representação da comunidade, devido à migração vertical diária que causa maior adensamento de organismos nas camadas superiores da coluna d'água durante a noite (HAYS, 2003). Para o fitoplâncton, foram amostradas as mesmas estações (1, 3, 5, 7 e 10) nas mesmas três profundidades estabelecidas para as análises físico-químicas.

É importante ressaltar que a malha amostral é móvel, ou seja, como o FPSO é passível de giro livre a partir do *turret*, o ponto de descarte também pode variar. Sendo assim, cada estação foi amostrada considerando a posição do FPSO no momento da coleta.

A **Figura 3** apresenta o esquema da malha amostral empregada nesta 12ª Campanha de Monitoramento Ambiental no entorno do FPSO Espírito Santo, conforme apresentado no PMA, enquanto as coordenadas geográficas efetivamente realizadas são apresentadas na **Tabela 1**.



**Figura 3: Esquema da malha amostral do compartimento água, conforme previsto no PMA – Projeto de Monitoramento Ambiental, no Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

**Tabela 1: Coordenadas geográficas, distâncias e profundidades dos pontos de amostragem durante a 12ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental do FPSO Espírito Santo no Campo Parque das Conchas, Bacia de Campos (Datum SIRGAS2000).**

Estação de coleta	Data	Latitude	Longitude	Distância do ponto de descarte do FPSO	Profundidade de coleta (m)		
					SUP*	ACTC**	TC***
1	09/10/2022	-21° 12,40918'	-39° 44,75362'	200m	5	70	150
2	09/10/2022	-21° 12,49016'	-39° 44,73448'	200m	5	70	150
3	09/10/2022	-21° 12,53474'	-39° 44,65987'	200m	5	70	150
4	10/10/2022	-21° 12,49999'	-39° 44,10469'	500m	5	70	150
5	10/10/2022	-21° 12,71676'	-39° 44,97299'	500m	5	70	150
6	10/10/2022	-21° 12,89074'	-39° 44,33029'	500m	5	70	150
7	09/10/2022	-21° 12,93353'	-39° 44,56700'	500m	5	70	150
8	10/10/2022	-21° 12,87544'	-39° 44,79817'	500m	5	70	150
9	10/10/2022	-21° 12,71187'	-39° 44,97299'	500m	5	70	150
10	08/10/2022	-21° 12,428'	-39° 44,6398'	1000m	5	70	150

**Tabela 1: Coordenadas geográficas, distâncias e profundidades dos pontos de amostragem durante a 12ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental do FPSO Espírito Santo no Campo Parque das Conchas, Bacia de Campos (Datum SIRGAS2000).**

Estação de coleta	Data	Latitude	Longitude	Distância do ponto de descarte do FPSO	Profundidade de coleta (m)		
					SUP*	ACTC**	TC***
11	11/10/2022	-21° 12,03069'	-39° 44,27807'	1000m	5	70	150

\* Subsuperfície \*\* Acima da Termoclina \*\*\* Termoclina

## 4. MÉTODO

A 12ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental no Campo de Parque das Conchas foi realizada entre dias 06 e 11 de outubro de 2022, utilizando-se a embarcação Waterbuck (**Figura 4**), contemplando onze (11) estações amostrais no entorno do FPSO Espírito Santo.



**Figura 4 – Embarcação Waterbuck utilizada durante a 12ª Campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**  
Fonte: [www.nauticexpo.com](http://www.nauticexpo.com)

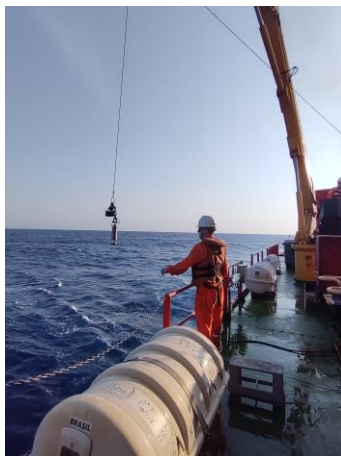
### 4.1. QUALIDADE DA ÁGUA

#### 4.1.1. Métodos de Campo

Para o monitoramento da qualidade da água foram realizadas perfilagens de temperatura e salinidade e coletadas amostras de água para análise de parâmetros físico-químicos e químicos nas onze estações representadas no item Malha Amostral (**Item 3.1**).

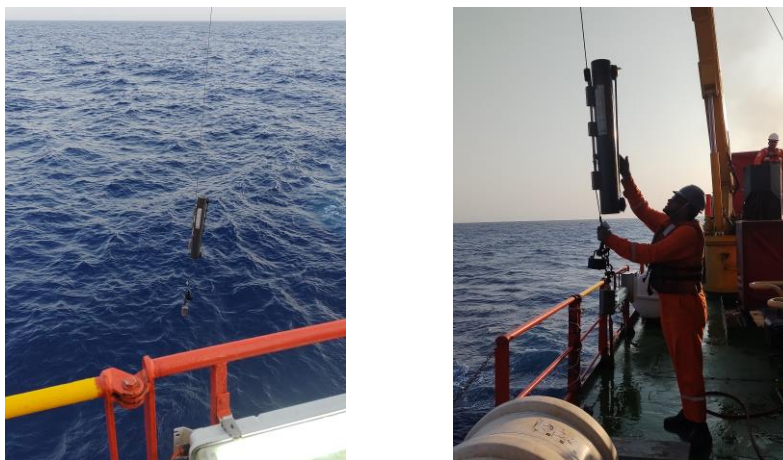
Um CTD da marca Swift Plus, foi utilizado na perfilagem de temperatura e salinidade e densidade (**Figura 5**). O equipamento foi lançado com auxílio de um guincho com cabo de aço, a uma velocidade aproximada de 0,3 m.s<sup>-1</sup>. O equipamento foi configurado, antes de cada lançamento, para amostragem contínua a uma taxa de 1 Hz. Destaca-se que a partir do primeiro lançamento de

CTD que foram definidas as profundidades de coleta a serem consideradas, a partir da análise da perfilagem da coluna d'água. As profundidades definidas foram então replicadas para todas as estações.



**Figura 5: CTD utilizado durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

As coletas de amostras de água do mar para posterior análise dos parâmetros foram realizadas por meio do lançamento de garrafas oceanográficas, tendo em cada estrato sido realizados três lançamentos (dois com garrafas GO-FLO e um com garrafa Niskin). Após a coleta de água, as garrafas foram trazidas a bordo para as subamostragens de forma a atender às necessidades de análise dos diferentes parâmetros em cada um dos estratos considerados (**Figura 6**).

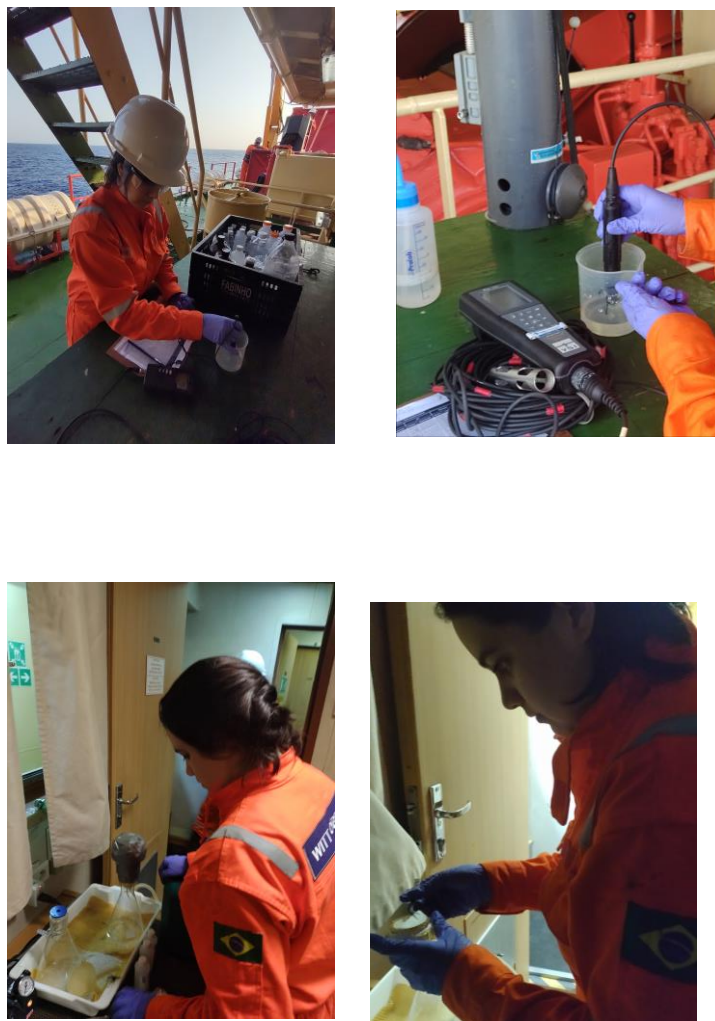


**Figura 6: Lançamento de garrafa oceanográfica (GO-FLO) durante a 12ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

A primeira alíquota da água coletada foi destinada à medição dos parâmetros oxigênio dissolvido e pH através de sensores portáteis (**Figura 7**), seguidas por amostragens de BTEX e clorofila-a. Posteriormente amostrava-se alíquotas para os parâmetros voláteis e semi-voláteis, sucedidos pelos demais parâmetros (**Figura 8**).

Em campo, uma alíquota de 2L de amostra de cada estação foi filtrada para análise de clorofila-a (análise do filtro), a água filtrada foi acondicionada em frascos para posterior análise de nutrientes e metais dissolvidos. A filtração em campo da água a ser analisada para esses parâmetros tem o objetivo de evitar alterações nas concentrações pela presença de interferentes e aumentar o tempo de preservação.





**Figura 7: Equipamentos utilizados na medição dos parâmetros físico-químicos *in situ* e na filtração para o Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**



**Figura 8: Amostragem de parâmetros a partir do desmame de garrafa oceanográfica, para o Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Para a análise dos demais parâmetros, as amostras foram transferidas para frascaria adequada e acondicionadas (refrigeradas ou congeladas) para posterior envio aos laboratórios responsáveis por cada parâmetro. A **Tabela 2** apresenta o descritivo das subamostragens realizadas para a avaliação dos parâmetros físico-químicos em laboratório.



**Tabela 2: Metodologia de acondicionamento e preservação das amostras para a avaliação dos parâmetros físico-químicos durante a 12ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental no Parque das Conchas, Bacia de Campos \*- Parâmetros coletados em triplicata. \*\*- Apenas o Cobre Dissolvido foi coletado em triplicata.**

Análises	Frasco – Volume - Preservante	Acondicionamento	Laboratório Responsável
Tributilestanho*	3 Âmbar - 1L cada - Sem preservante	Refrigeração	Hidroquímica
HPA	Âmbar - 1L - Sem preservante	Refrigeração	
HTP	Âmbar - 1L - Sem preservante	Refrigeração	
PCBs	Âmbar - 1L - Sem preservante	Refrigeração	
Fenóis	Frascos polietileno - 500 mL – H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Refrigeração	
BTEX	2 Vials – 40 mL cada - HCl	Refrigeração	
Fluoreto, Fosfato, Cloro residual* e Surfactantes (MBAS)	PET – 1 L – Sem preservante	Refrigeração	
Cloro residual*	2 Frascos plástico ou vidro – 100 mL cada – Sem preservante	Refrigeração	
Óleos e Graxas	Vidro de boca larga - 500 mL - HCl	Refrigeração	
Cianetos*	3 Frascos polietileno – 300 mL cada – NaOH	Refrigeração	
Nitrogênio	Frascos polietileno – 70 mL – H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Congelamento	
Metais Totais e Mercúrio	Frascos polietileno – 70 mL – HNO <sub>3</sub>	Refrigeração	
Metais dissolvidos**	3 Frascos polietileno – 70 mL cada – HNO <sub>3</sub>	Refrigeração	
Carbono Orgânico Total	Frascos polietileno – 70 mL – H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Refrigeração	
Nitrato e Nitrito	Frascos polietileno – 70 mL – Sem preservante	Congelamento	
Sulfeto de hidrogênio	Frascos polietileno – 70 mL – Acetato de Zinco 2N e NaOH	Refrigeração	
Clorofila a	Vidro âmbar e filtro de celulose - 2L – Sem preservante	Congelamento	
Radio-226/Radio-228	2 Polietilenos - 1 L - HNO <sub>3</sub>	Refrigerar ≤ 6°C	LabÁguas
Ecotoxicidade Aguda	Frascos polietileno – 1L – Sem preservante	Congelamento	Labtox
Ecotoxicidade Crônica	Frascos polietileno – 500mL – Sem preservante	Congelamento	

Destaca-se que a partir da análise do relatório do PMA do FPSO Espírito Santo de 2018 pelo IBAMA, o Parecer Técnico COPROD/CGMAC/DILIC Nº 94/2020 solicitou revisão dos métodos analíticos empregados para que os limites de quantificação (LQ's) fossem inferiores à concentração máxima estabelecida pela legislação ambiental para o analito.

Os parâmetros cujo parecer indicou a necessidade de redução do LQ foram cianeto, sulfetos, cloro residual total, tributilestanho e mercúrio. Assim como para a campanha de 2020, a SHELL buscou junto ao laboratório responsável pelas análises químicas (HCSOL - Hidroquímica) atender a esta solicitação, tendo alcançado este objetivo para sulfeto e mercúrio, no entanto, cianeto, cloro residual e tributilestanho permaneceram iguais aos limites da CONAMA 357/05. Além dos parâmetros citados no Parecer Técnico o método analítico utilizado pelo laboratório para o parâmetro cobre dissolvido também apresentou LQ equivalente ao máximo estabelecido pela referida Resolução.

Com isso, conforme feito na campanha de 2020 e visando atender o Parecer Técnico COPROD/CGMAC/DILIC Nº 375/2020, emitido pelo órgão ambiental, que estabelece que para métodos analíticos cujo LQ seja igual ao limite estabelecido pela legislação brasileira, em 2021, as análises sejam realizadas em triplicata, de forma a aumentar a confiabilidade de resposta ao cumprimento da lei, cianeto, cloro residual, tributilestanho e cobre dissolvido foram realizadas em triplicata. No **ANEXO A** é possível verificar a acreditação das análises dos parâmetros coletados.

#### **4.1.2. Métodos de Análise**

##### **4.1.2.1. Análises Laboratoriais**

Em laboratório foram realizadas as análises nas amostras de água seguindo os métodos cujas referências são representadas a seguir, os protocolos seguem majoritariamente recomendações do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (SM) (APHA, AWWA, AEF, 2005) e da *US Environmental Protection Agency* (USEPA) (**Tabela 3**).

As análises foram realizadas pelos seguintes laboratórios: Laboratório de Análise Ambiental - LABTOX (Ecotoxicologia aguda e crônica), Labáguas (Radioisótopos) e HCSOL/Oceanus (demais análises químicas).

**Tabela 3: Métodos empregados na análise dos parâmetros físico-químicos das amostras coletadas durante a 12ª Campanha de Monitoramento Ambiental no entorno do FPSO Espírito Santo.**

Parâmetro	Método Analítico	Limite de Quantificação (LQ)	Limite de Detecção (LD)	Limite Resolução CONAMA 357/05 água salina classe 1
Benzeno - BTEX (VOC)	EPA 8260 D / 5021 A	0,028 µg.L <sup>-1</sup>	0,008 µg.L <sup>-1</sup>	700 µg.L <sup>-1</sup>
Etilbenzeno - BTEX (VOC)	EPA 8260 D / 5021 A	0,028 µg.L <sup>-1</sup>	0,008 µg.L <sup>-1</sup>	25 µg.L <sup>-1</sup>
Tolueno - BTEX (VOC)	EPA 8260 D / 5021 A	0,028 µg.L <sup>-1</sup>	0,008 µg.L <sup>-1</sup>	215 µg.L <sup>-1</sup>
m,p-Xilenos	EPA 8260 D / 5021 A	0,056 µg.L <sup>-1</sup>	0,017 µg.L <sup>-1</sup>	-
o-Xileno	EPA 8260 D / 5021 A	0,028 µg.L <sup>-1</sup>	0,008 µg.L <sup>-1</sup>	-
Carbono Orgânico Total (COT)	SMWW 5310 B	0,5 mg.L <sup>-1</sup>	0,15 mg.L <sup>-1</sup>	3,0 mg.L <sup>-1</sup>
Cianeto livre	SMWW 4500-CN- I	0,001 mg.L <sup>-1</sup>	0,0003 mg.L <sup>-1</sup>	0,001 mg.L <sup>-1</sup>
Cloro residual total (combinado + livre) <sup>3</sup>	SMWW 4500-Cl G	0,01 mg.L <sup>-1</sup>	0,003 mg.L <sup>-1</sup>	0,01 mg.L <sup>-1</sup>
Clorofila-a	SMEWW 10200 H - Chlorophyll II	0,01 µg.L <sup>-1</sup>	0,003 µg.L <sup>-1</sup>	-
Fenóis Totais	SMWW 5530 C	1 µg.L <sup>-1</sup>	0,3 µg.L <sup>-1</sup>	60 µg.L <sup>-1</sup>
Fluoreto Total	SMEWW 4500-F. C - Ion Selective Electrode Method.	0,1 mg.L <sup>-1</sup>	0,03 mg.L <sup>-1</sup>	1,4 mg.L <sup>-1</sup>
Fosfato	SMWW 4500-P E	0,06 mg.L <sup>-1</sup>	0,018 mg.L <sup>-1</sup>	-
HPA (16 prioritários + HPA Total)	EPA 8270 E / 3510 C	0,005 µg.L <sup>-1</sup>	0,0015 µg.L <sup>-1</sup>	-
HTPs (C10 a C29, pristano, fitano, n-alcanos, MCNR, HRP e HTP Total)	EPA 8015 D / 3510 C	1 µg.L <sup>-1</sup>	0,3 µg.L <sup>-1</sup>	-
Metais - Arsênio (As)	ICP-MS: EPA 6020 B / 200.8	0,0001 mg.L <sup>-1</sup>	0,00003 mg.L <sup>-1</sup>	0,01 mg.L <sup>-1</sup>
Metais - Bário (Ba)	ICP-MS: EPA 6020 B / 200.8	0,0005 mg.L <sup>-1</sup>	0,00015 mg.L <sup>-1</sup>	1,0 mg.L <sup>-1</sup>
Metais - Berílio (Be)	ICP-MS: EPA 6020 B / 200.8	0,0002 mg.L <sup>-1</sup>	0,00006 mg.L <sup>-1</sup>	0,0053 mg.L <sup>-1</sup>
Metais - Boro (B)	ICP-MS: EPA 6020 B / 200.8	0,05 mg.L <sup>-1</sup>	0,015 mg.L <sup>-1</sup>	5,0 mg.L <sup>-1</sup>
Metais - Cádmio (Cd)	ICP-MS: EPA 6020 B / 200.8	0,0005 mg.L <sup>-1</sup>	0,00015 mg.L <sup>-1</sup>	0,005 mg.L <sup>-1</sup>
Metais - Chumbo (Pb)	ICP-MS: EPA 6020 B / 200.8	0,0002 mg.L <sup>-1</sup>	0,00006 mg.L <sup>-1</sup>	0,01 mg.L <sup>-1</sup>
Metais - Cobre (Cu)	ICP-MS: EPA 6020 B / 200.8	0,005 mg.L <sup>-1</sup>	0,0015 mg.L <sup>-1</sup>	-
Metais - Cromo (Cr)	ICP-MS: EPA 6020 B / 200.8	0,0005 mg.L <sup>-1</sup>	0,00015 mg.L <sup>-1</sup>	0,05 mg.L <sup>-1</sup>

**Tabela 3: Métodos empregados na análise dos parâmetros físico-químicos das amostras coletadas durante a 12ª Campanha de Monitoramento Ambiental no entorno do FPSO Espírito Santo.**

Parâmetro	Método Analítico	Limite de Quantificação (LQ)	Limite de Detecção (LD)	Limite Resolução CONAMA 357/05 água salina classe 1
Metais - Ferro (Fe)	ICP-MS: EPA 6020 B / 200.8	0,005 mg.L <sup>-1</sup>	0,0015 mg.L <sup>-1</sup>	-
Metais - Manganês (Mn)	ICP-MS: EPA 6020 B / 200.8	0,001 mg.L <sup>-1</sup>	0,0003 mg.L <sup>-1</sup>	0,1 mg.L <sup>-1</sup>
Metais - Mercúrio (Hg)	EPA 6020 B / 200.8	0,00009 mg.L <sup>-1</sup>	0,00003 mg.L <sup>-1</sup>	0,0002 mg.L <sup>-1</sup>
Metais - Níquel (Ni)	ICP-MS: EPA 6020 B / 200.8	0,001 mg.L <sup>-1</sup>	0,0003 mg.L <sup>-1</sup>	0,025 mg.L <sup>-1</sup>
Metais - Prata (Ag)	ICP-MS: EPA 6020 B / 200.8	0,0005 mg.L <sup>-1</sup>	0,00015 mg.L <sup>-1</sup>	0,005 mg.L <sup>-1</sup>
Metais - Selênio (Se)	ICP-MS: EPA 6020 B / 200.8	0,001 mg.L <sup>-1</sup>	0,0003 mg.L <sup>-1</sup>	0,01 mg.L <sup>-1</sup>
Metais - Tálho (Tl)	ICP-MS: EPA 6020 B / 200.8	0,0005 mg.L <sup>-1</sup>	0,00015 mg.L <sup>-1</sup>	0,1 mg.L <sup>-1</sup>
Metais - Urânio (U)	ICP-MS: EPA 6020 B / 200.8	0,00005 mg.L <sup>-1</sup>	0,000015 mg.L <sup>-1</sup>	0,5 mg.L <sup>-1</sup>
Metais - Vanádio (V)	ICP-MS: EPA 6020 B / 200.8	0,0005 mg.L <sup>-1</sup>	0,00015 mg.L <sup>-1</sup>	-
Metais - Zinco (Zn)	ICP-MS: EPA 6020 B / 200.8	0,05 mg.L <sup>-1</sup>	0,015 mg.L <sup>-1</sup>	0,09 mg.L <sup>-1</sup>
Metais dissolvidos - Alumínio (Al); Cobre (Cu); Ferro (Fe)	ICP-MS: EPA 6020 B / 200.8	0,005 mg.L <sup>-1</sup>	0,0015 mg.L <sup>-1</sup>	1,5 mg.L <sup>-1</sup>
Nitrato	D09727_02_Insert_Envir onmental_TON Vanadium Vanadium Chloride reduction - Part Thermo Fisher Scientific	0,05 mg.L <sup>-1</sup>	0,015 mg.L <sup>-1</sup>	0,40 mg.L <sup>-1</sup>
Nitrito	SMWW 4500 NO2 - B	0,003 mg.L <sup>-1</sup>	0,0009 mg.L <sup>-1</sup>	0,07 mg.L <sup>-1</sup>
Nitrogênio amoniacal total	SMWW 4500-NH3 F	0,01 mg.L <sup>-1</sup>	0,003 mg.L <sup>-1</sup>	0,40 mg.L <sup>-1</sup>
Óleos e Graxas	SMWW 2110	Presença/ Ausência	Presença/ Ausência	Virtualmente ausentes
PCBs (28, 52, 101, 118, 138, 153, 180)	EPA 8270 E /3510 C	0,000064 µg.L <sup>-1</sup>	0,000021 µg.L <sup>-1</sup>	0,03 µg.L <sup>-1</sup>
Radioisótopos (Ra 226 )	7500 D (adaptado) do Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 2005 - 21st Edition	0,01 Bq.L <sup>-1</sup>	0,0033 Bq.L <sup>-1</sup>	-
Radioisótopos (Ra 228 )	7501 D (adaptado) do Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 2005 - 21st Edition	0,02 Bq.L <sup>-1</sup>	0,0066 Bq.L <sup>-1</sup>	-

**Tabela 3: Métodos empregados na análise dos parâmetros físico-químicos das amostras coletadas durante a 12ª Campanha de Monitoramento Ambiental no entorno do FPSO Espírito Santo.**

Parâmetro	Método Analítico	Limite de Quantificação (LQ)	Limite de Detecção (LD)	Limite Resolução CONAMA 357/05 água salina classe 1
Sulfeto	SMWW 4500-S <sup>2-</sup> C , D e H.	0,0015 mg.L <sup>-1</sup>	0,0005 mg.L <sup>-1</sup>	0,002 mg.L <sup>-1</sup>
Surfactantes (substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno) - MBAS	SMWW 5540C	0,1 mg.L <sup>-1</sup>	0,03 mg.L <sup>-1</sup>	0,2 mg.L <sup>-1</sup>
Tributilestanho	SMWW 6720 B	0,01 µg.L <sup>-1</sup>	0,003 µg.L <sup>-1</sup>	0,01 µg.L <sup>-1</sup>

\*Parâmetros analisados em triplicata devido aos limites de quantificação serem iguais aos limites máximos estabelecidos para cada analito pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1.

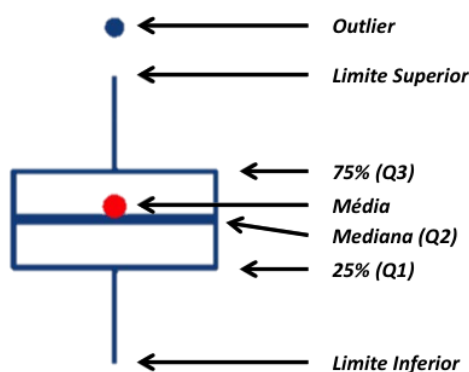
#### 4.1.2.1.1. Análises dos Dados de Qualidade da Água

Os dados foram discutidos a partir da representação em tabelas e gráficos, salienta-se que as concentrações que permaneceram abaixo do Limite de Quantificação/Detecção (LQ/LD) estão representadas nos gráficos como “0,00”, porém o valor exato do limite é sempre mencionado, seja ao longo do texto ou no **Item 4.1.2.1.**

Utilizou-se como valores de referência os limites estipulados pela Resolução CONAMA n° 357/05 para Águas Salina - Classe 1. Sempre que o n-amostral permitiu (considerando os resultados que estiveram acima do LQ das análises laboratoriais), foi testada a diferença significativa entre os resultados encontrados a 200 m, 500 m e 1000m do FPSO na atual campanha. O teste aplicado foi o de Kruskal-Wallis, para dados não paramétricos, comparando dois grupos de variáveis independentes, com nível de significância de 95%, em que  $p < 0,05$  corresponde à diferença significativa. Na comparação entre campanhas foram utilizados gráficos estilo box plot, representando os resultados de todas as campanhas em conjunto. Destaca-se que os gráficos box plot apresentam os seguintes valores, ilustrada na **Figura 9**:

- **Mediana** – medida de distribuição do centro dos dados, fazendo ou não parte destes. Metade das observações está acima desta e metade abaixo. Não é tão influenciado, como a média, por valores discrepantes.
- **Média** – medida de tendência central, resultante da divisão do somatório dos números dados pela quantidade de números somados.

- **Quartis (Q)** – três valores que dividem o conjunto de dados em quatro partes iguais, sendo o primeiro quartil compreendendo 25% dos valores, o segundo quartil corresponde a 50% destes (igual à mediana) e o terceiro quartil 75% dos dados (acima deste estão os valores mais elevados – 25% do total).
- **Limite Inferior (LI)** – haste que se estende do quartil inferior até o valor mínimo não inferior ao limite inferior, na fórmula:  $LI = Q1 - 1,5 (Q3 - Q1)$ .
- **Limite superior (LS)** - haste que se estende do quartil superior até o valor máximo não maior que o limite superior, na fórmula:  $LS = Q3 + 1,5 (Q3 - Q1)$ .
- **Outliers** – observações com valores muito altos ou muito baixos, distante do restante dos dados (acima do LS ou abaixo do LI).

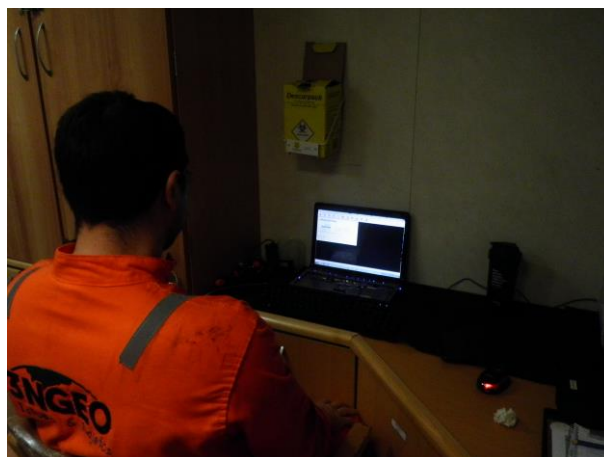


**Figura 9 – Exemplo de representação de dados em um gráfico Box plot.**

Com relação aos dados obtidos por CTD (temperatura, salinidade e densidade), os gráficos gerados apresentam os valores obtidos pelo equipamento até a profundidade de cerca de 250 m, sendo estes dados utilizados na identificação das massas d'água da região (diagrama TS). Também foi registrado os valores obtidos nas profundidades onde foi realizada a amostragem de água para a análise dos parâmetros químicos e biológicos.

Os dados de CTD foram submetidos a um tratamento preliminar (**Figura 10**), realizado com o objetivo de reduzir e eliminar dados espúrios decorrentes de falhas de amostragem, assim como a redução do ruído. Além disso, os perfis foram padronizados a um mesmo incremento vertical conforme as seguintes etapas:

- Retirada de dados espúrios.
- Utilização de média móvel em cada perfil.
- Planilha de dados (interpolador matemático – Cubic Splin).



**Figura 10: Momento de validação e tratamento dos dados de CTD.**

Ao fim do relatório, há uma avaliação integrada dos dados físico-químicos e biológicos avaliados na 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo do Parque das Conchas.

Para a realização da análise integrada, devido ao fato de cada parâmetro apresentar unidades de grandezas distintas, primeiramente os dados foram transformados ( $\log x+1$ ) e, posteriormente normalizados.

Para avaliar de forma comparativa o comportamento dos dados, considerando as diferentes profundidades a área do campo, e a espacialidade das estações, foram aplicadas análises multivariadas: Análise de Componentes Principais (PCA, em inglês), Ordenação de Coordenadas Principais (PCO, em inglês). Para determinar a significância das diferenças observadas entre as variáveis biológicas e físico-químicas, foi aplicada a análise de variância PERMANOVA. Para os dados biológicos foram construídas matrizes de similaridade utilizando o índice de *Bray-Curtis* para a observação da dissimilaridade através de nMDS.

Além disso, foram realizadas também as análises BIOENV e de relação, visando à identificação de quais dos parâmetros ambientais (físico-químicos e geoquímicos) mensurados nos diferentes compartimentos (água e sedimento) foram os mais significativos à distribuição das comunidades biológicas e, mais que isto, determinar qual o grau dessa relação.

Toda análise integrada foi realizada com o software PRIMER PERMANOVA versão 7.



## 4.2. BIOTA

### 4.2.1. Métodos de Campo

#### ***Fitoplâncton***

A coleta foi realizada com garrafa Go-Flo em cinco estações (1, 3, 5, 7 e 10), nas mesmas profundidades dos parâmetros químicos (subsuperfície, ACTC e TC), totalizando 15 amostras. Após a coleta, as amostras de 2L foram imediatamente fixadas com formaldeído neutralizado com tetraborato de sódio a uma concentração final de 2% (THRONDSSEN, 1978), buscando a preservação dos organismos.

#### ***Zooplâncton***

O zooplâncton foi coletado no período noturno através de arrastos oblíquos desde a profundidade de 200 m até a superfície em cinco estações de coleta (1, 3, 5, 7 e 10). Em cada arrasto, foi utilizada uma rede bongô composta por dois aros de 0,6 m de diâmetro e duas redes cilíndrico-cônicas de 2,50 m de comprimento, a estrutura da bongô foi utilizada para os arrastos de zooplâncton e ictioplâncton simultaneamente. A malha da rede de zooplâncton utilizada foi de 200  $\mu\text{m}$  de abertura (Figura 11). Foi acoplado um fluxômetro (General Oceanics®), previamente aferido, no centro do aro para estimar o volume de água filtrada ( $\text{m}^3$ ) e um depressor junto ao copo coletor. O tempo médio dos arrastos foi de 10 minutos.

Imediatamente após as coletas, as amostras foram fixadas com formaldeído diluído a 4% em água do mar, previamente tamponado com tetraborato de sódio à razão de 20  $\text{g.L}^{-1}$ .

#### ***Ictioplâncton***

Os ovos e as larvas de peixes foram coletados em cinco estações oceanográficas no entorno do FPSO Espírito Santo (1, 3, 5, 7 e 10). As amostragens foram realizadas durante a noite com a mesma rede bongô utilizada na coleta de zooplâncton. Nesse estudo foi utilizada apenas a malha de 500  $\mu\text{m}$  para análise do ictioplâncton. Foram feitos arrastos oblíquos desde 200 m de profundidade até a superfície com duração média de 10 minutos, com velocidade entre 1,8 e 2,0 nós. Assim como para o zooplâncton, foi utilizado um fluxômetro acoplado ao aro da rede para possibilitar as medições de volume filtrado. O ângulo do cabo da rede foi mantido entre 45° e 60°. Logo após as coletas, as amostras foram fixadas com solução de formaldeído diluído a 4% em água do mar e tamponado com tetraborato de sódio.





**Figura 11 – Em sequência, rede de plâncton do tipo bongô durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

#### **4.2.2. Métodos de Análise**

A identificação dos organismos da biota aquática foi realizada pela equipe da Thalassa Pesquisa e Consultoria Ambiental.

##### ***Fitoplâncton***

A análise do nanoplâncton foi realizada em laboratório a partir de alíquotas de 100 mL, sedimentadas segundo o método de Utermöhl (1958). As amostras foram avaliadas em microscópios invertidos Nikon TS100F e Coleman NIB-100, sob o aumento final de 400X, com contraste de fase. Os organismos presentes foram quantificados em campos aleatórios até atingir o mínimo de 400 unidades sedimentadas. A identificação em nível específico requer um tratamento diferenciado das amostras desde a coleta até a análise (SOURNIA, 1978; BERGESCH *et al.*, 2008; BICUDO & MENEZES, 2017). Dessa forma, os organismos foram categorizados em nanoplâncton não identificado ou em um nível taxonômico mais abrangente.

A análise do microfitoplâncton foi realizada em laboratório a partir de alíquotas de 100 mL, segundo o método de Utermöhl (1958). As amostras foram avaliadas em microscópios invertidos Nikon TS100F e Coleman NID-100, sob o aumento final de 200X, com contraste de fase.

O microfitoplâncton, organismos maiores de 20 µm, foi analisado quali-quantitativamente, sempre que possível em nível de espécie, a partir da contagem de um mínimo de 100 unidades sedimentadas, sob aumento final de 200X, para garantir uma margem de erro inferior a 20% (LUND *et al.*, 1958). Neste caso, uma unidade sedimentada pode corresponder a uma célula individual, uma cadeia de células ou a um filamento. A identificação das células baseou-se no conceito morfológico de espécie (MSC – Morphological Species Concept) (**Tabela 4**).

Alguns caracteres morfológicos necessários à identificação em nível específico nem sempre são evidenciados. Deste modo, visando minimizar o erro na avaliação da riqueza de espécies (expressa pelo número de táxons por amostra), para alguns organismos, utilizou-se a individualização em categorias taxonômicas mais amplas (classe, ordem e família), segundo sua forma e dimensão celular. Os valores quantitativos foram expressos em unidades de densidade (cel.L<sup>-1</sup>).

A identificação dos organismos foi realizada de acordo com os trabalhos de Cupp (1943), Wood (1968), Taylor (1976), Hasle & Syvertsen (1997), Heimdal (1997), Throndsen (1997), Steidinger & Tangen (1997), Young *et al.* (2003), Komárek & Anagnostidis (1989, 2005) e Komárek *et al.* (2014).

Os sistemas de classificação para circunscrição e arranjo taxonômico em nível de divisões, classes e famílias utilizados foram: Round *et al.* (1990) adaptado por Medlin (2016) e Medlin & Kaczmarska (2004) para as diatomáceas, Fensome *et al.* (1993) adaptado para os dinoflagelados; Komárek *et al.* (2014) para as cianobactérias, Kawai & Nakayama (2015) para os cocolitoforídeos e Throndsen (1997) para silicoflagelados.

Esses sistemas são continuamente adaptados a partir dos novos conhecimentos adquiridos através de estudos taxonômicos e genéticos (YOUNG *et al.*, 2003; JORDAN *et al.*, 2004; MEDLIN & KACZMARSKA, 2004; GÓMEZ, 2012, 2021; GÓMEZ *et al.*, 2016, KOMÁREK *et al.*, 2014; KRETSCHMANN *et al.*, 2015; MEDLIN, 2016; BOUTRUP *et al.*, 2016; MOESTRUP & CALADO, 2018; ADL *et al.*, 2018), portanto, algumas espécies foram reenquadradas em novas classes, ordens e famílias. Desta forma, quando necessário, será feita a atualização da classificação baseada em informações pertinentes adquiridas através do portal Algaebase (GUIRY & GUIRY, 2023) fundamentada com bibliografia especializada.

**Tabela 4: Códigos utilizados na 12ª Campanha para individualizar os organismos do microfitoplâncton de acordo com a forma e maior dimensão celular.**

CÓDIGOS DOS MORFOTIPOS DO MICROFITOPLÂNCTON		
Diatomáceas	FORMA	
	1	Lanceolada
	4	Linear
	5	Bicapitata
	6	Bilobada
	7	Retangular
	8	Semicircular
Dinoflagelados	1	Arredondada
	2	Bicônica
	3	Ovóide
	4	Oblonga
DIMENSÕES (µm)		
A	20 - 50	
B	50 - 100	
C	100 - 150	
D	> 150	

### **Análise dos Dados**

A diversidade específica do microfitoplâncton foi determinada a partir do índice de Shannon-Wiener, definido pela equação  $H' = - \sum p_i \log_e p_i$ , onde  $p_i = N_i/N$ , sendo  $N_i$  = número de indivíduos do táxon  $i$  e  $N$  = densidade total da amostra. O índice de Pielou, dado pela equação  $H'/\log_e S$ , onde  $H'$  é a diversidade e  $S$  o número de táxons na amostra, foi utilizado para calcular a equitabilidade das amostras. Os cálculos foram efetuados no programa PRIMER PERMANOVA versão 7.

Para verificar se houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as estações a 200, 500 e 1.000 m do FPSO utilizou-se o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis. Essas análises foram realizadas no programa Statistica. A estrutura da comunidade fitoplanctônica foi avaliada através da análise de agrupamento (cluster). A análise de agrupamento foi realizada utilizando-se o coeficiente de similaridade de Bray-Curtis no programa PRIMER PERMANOVA versão 7.

### **Zooplâncton**

Os organismos zooplânctônicos foram contados e triados sob microscópio estereoscópio Olympus SZ51. As amostras foram fracionadas com o auxílio do “Folsom Plankton Sample Splitter” (McEWEN *et al.*, 1954). Os organismos foram triados até um limite mínimo de 100 indivíduos por grupo (FRONTIER, 1981).

A identificação do zooplâncton foi realizada sob microscópio estereoscópio Zeiss Stemi SV6 e microscópio ótico Zeiss AxioStar Plus.

Os grupos zooplanctônicos Branchiopoda, Copepoda, Chaetognatha, Appendicularia, Doliolida, Salpida e Pyrosomida, importantes na caracterização da comunidade local, foram identificados a níveis taxonômicos inferiores, utilizando-se bibliografia especializada: Onbé (1999) para Branchiopoda; Dias & Araujo (2006) para Copepoda; Avila *et al.* (2006) para Chaetognatha; Bonecker & Carvalho (2006) para Appendicularia; Bonecker & Quintas (2006a) para Doliolida, Bonecker & Quintas (2006b) para Salpida, e Soest (1981) para Pyrosomida. A referência Bonecker *et al.* (2014) foi utilizada para a identificação de todos os grupos citados acima. Os demais grupos foram todos quantificados: Filo Foraminifera, Filo Cnidaria, Filo Ctenophorae, Filo Platyhelminthes, Filo Mollusca, Filo Annelida, Filo Arthropoda (Classe Malacostraca e a Classe Ostracoda), Filo Echinodermata e Subfilo Cephalochordata. Esses grupos não são tombados, uma vez que não são identificados a níveis taxonômicos inferiores. Os ovos e as larvas de peixes (Classe Osteichthyes) registrados nas amostras de zooplâncton não são identificados, pois o tamanho da malha utilizada não é o mais indicado para esses organismos e por este motivo não são tombados.

As espécies de copepoditos dos gêneros Clausocalanus e Paracalanus são referidas como P.-Calanus sp., uma vez que os estágios larvais dessas espécies não são distinguíveis (MARTENS, 1995; URIARTE & VILLATE, 2005; ALBAINA & IRIGOIEN, 2007). No entanto, a maioria delas pode ser considerada copepoditos de Clausocalanus devido à presença muito maior de adultos desse gênero.

A classificação dos táxons zooplanctônicos identificadas no presente estudo foram atualizados de acordo com WORMS (2023), que é um site fundamentado em bibliografia especializada, a partir dos novos conhecimentos adquiridos através de estudos taxonômicos e genéticos. Por isso alguns táxons foram reenquadradas em novas classes, ordens e famílias.

### **Análise dos dados**

Estudos de ecossistemas complexos envolvem normalmente uma multiplicidade de variáveis bióticas e abióticas, ligadas por uma complexa rede de inter-relações e que exigem uma prévia homogeneização dos dados (VALENTIN, 2000). A fim de destacar as semelhanças entre estações de coleta, foi realizada uma análise de agrupamento (Cluster) com base no coeficiente de similaridade de Bray-Curtis (CLARKE & WARWICK, 1994). Também foi realizado o cálculo o índice de Shannon e a equitabilidade de Pielou, conforme fórmulas já descritas no fitoplâncton, através do programa PRIMER PERMANOVA versão 7.

### **Ictioplâncton**

O ictioplâncton foi totalmente triado sob microscópio estereoscópico (Olympus SZ51). O número de organismos coletados foi extrapolado para um volume padrão de 100 m<sup>3</sup>.

O volume de água filtrada foi calculado através da fórmula: “ $V = a.n.c$ ”, onde: V = volume de água filtrada pela rede (m<sup>3</sup>), a = área da boca da rede (m<sup>2</sup>), n = número de rotações do fluxômetro (rot.) e c = fator de aferição do fluxômetro (m.rot<sup>-1</sup>).

O número de indivíduos coletados foi extrapolado para um volume padrão de 100 m<sup>3</sup> utilizando-se a fórmula:  $Y = (x.V^{-1}).100$ , onde: Y = número de ovos ou larvas de peixes por 100 m<sup>3</sup>, x = número de ovos ou larvas coletadas na amostra e V = volume de água filtrada pela rede (m<sup>3</sup>).

Os ovos e as larvas de peixes foram identificados com auxílio de microscópio estereoscópico Zeiss modelo Stemi SV6, até o menor nível taxonômico possível. Utilizou-se bibliografia especializada, tais como: Richards (2006), Bonecker & Castro (2006), Fahay (2007) e Bonecker *et al.* (2014). As larvas danificadas permaneceram como não identificadas. O inventário de larvas de peixes seguiu a classificação de Nelson *et al.* (2016). Todos os nomes de famílias e espécies de peixes identificadas foram checados e atualizados seguindo Fricke *et al.* (2022).

### **Análise dos Dados**

Foi realizada uma análise de agrupamento aglomerativo hierárquico com “group-averaging linking”, utilizando o coeficiente de similaridade de Bray-Curtis (CLARKE & WARWICK, 1994). Esse coeficiente é considerado robusto para estudos com larvas de peixes marinhos, uma vez que conferem mais peso as espécies mais abundantes em relação as mais raras (SÁNCHEZ-VELASCO *et al.*, 2004). O programa estatístico utilizado foi o PRIMER PERMANOVA versão 7. A matriz utilizada incluiu famílias e espécies, quando não havia uma sobreposição de táxons.

## **5. RESULTADOS**

Este item apresenta e discute os resultados das análises da água e da comunidade planctônica referente à 12ª Campanha de Monitoramento Ambiental no Campo Parque das Conchas, na Bacia de Campos. Destaca-se que ao longo da discussão são apresentadas comparações com os resultados das últimas campanhas deste PMA (1ª a 11ª Campanha) e com áreas similares. Os laudos analíticos são disponibilizados no **ANEXO B** (resultados químicos), **ANEXO C** (resultados de toxicidade), **ANEXO D** (resultados de fitoplâncton), **ANEXO E** (resultados de zooplâncton) e **ANEXO F** (resultados de ictioplâncton). Os **ANEXOS E** e **F** também apresentam as informações de Tombo do zooplâncton e do ictioplâncton, respectivamente. Já o **ANEXO G** apresenta a Autorização de Captura, Coleta e Transporte de Material Biológico (ABIO) concedida pela CGMAC/IBAMA para

a amostragem do material biológico, assim como a Declaração de Recebimento das Amostras pela Instituição Depositária.

## 5.1. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

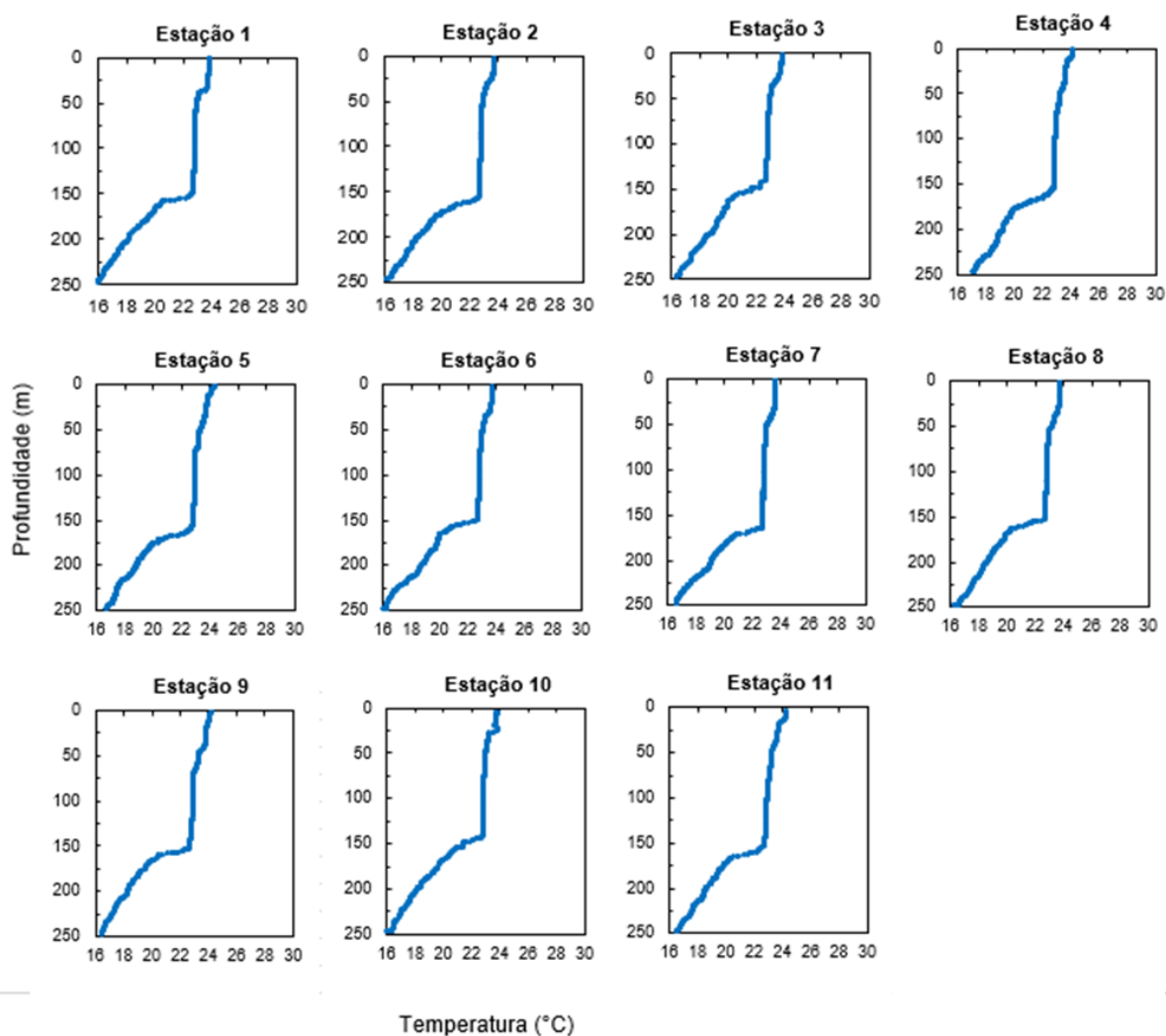
### 5.1.1. Temperatura, Salinidade e Densidade

#### *Estrutura da coluna d'água*

Os perfis verticais de temperatura e salinidade, que abrangem profundidades de até cerca de 250 m, são apresentados na **Figura 12** e na **Figura 13**, respectivamente. Nos perfis de temperatura, é possível identificar com maior clareza a presença de uma camada superficial com pouca variabilidade entre a superfície e profundidades de aproximadamente 150 m, tendo a termoclina permanente se mostrado muito bem demarcada. Esta camada se encontra na zona epipelágica do oceano e é denominada de camada de mistura, uma vez que as águas encontradas neste intervalo interagem com ventos e ondas, misturando a água e distribuindo o calor de forma homogênea.

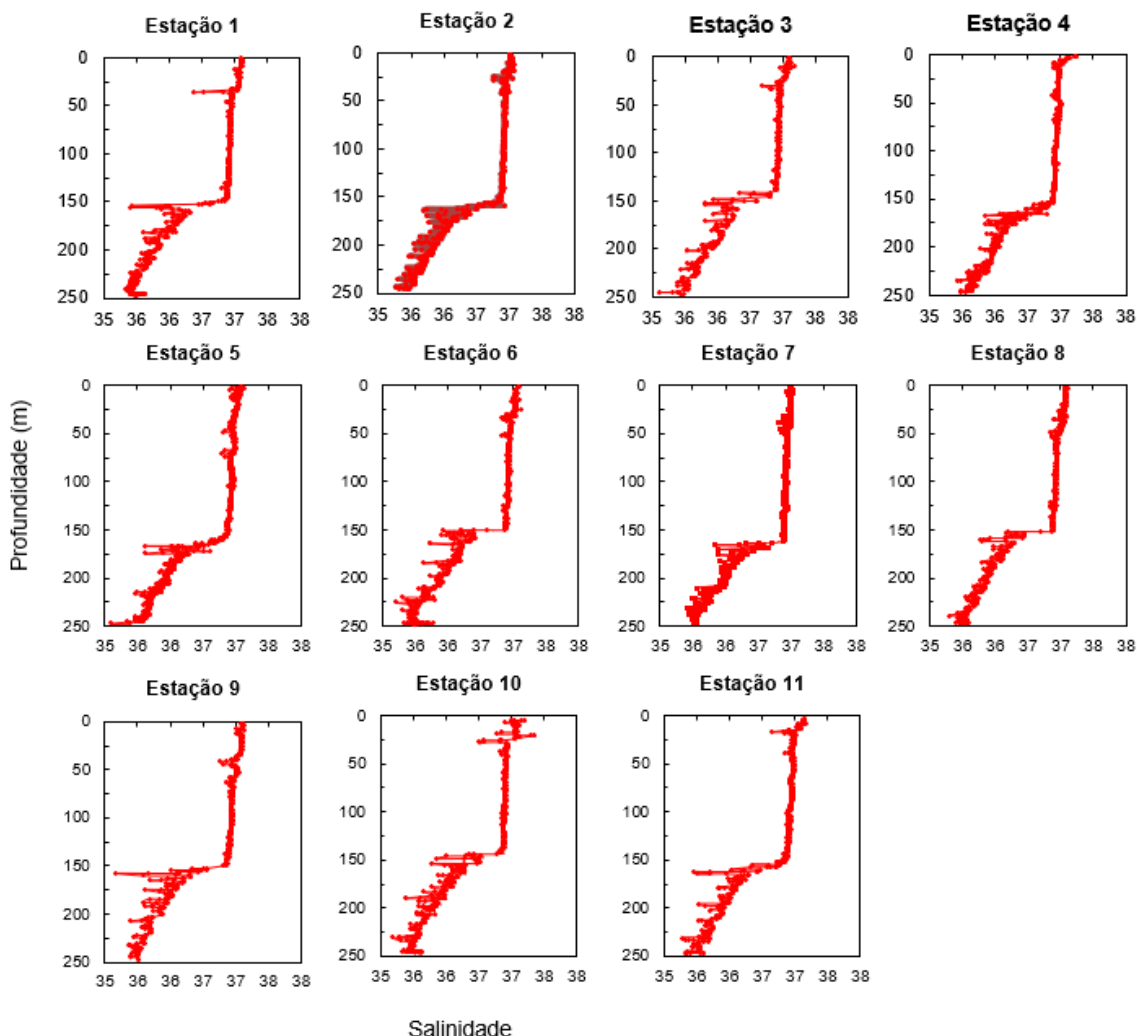
Na base desta camada tem início a termoclina, que é a camada de transição entre as águas mais quentes da superfície a temperaturas mais baixas em direção ao assoalho oceânico. O início desta camada é marcado por uma mudança abrupta dos valores de temperatura e, de forma similar ao observado para a temperatura, é possível identificar maiores valores de salinidade na camada de mistura, promovidos pela evaporação de água na interface ar-água, seguido de um decréscimo dos valores a partir do início da termoclina (ou haloclina, no caso da variação vertical de salinidade).

Considerando-se a coluna d'água como um todo, os valores de temperatura variaram desde 15,77°C (estação 1 a 246 m) a 24,30°C (estação 5 a 1,6 m), enquanto a salinidade variou entre 34,97 (estação 7 a 170,521 m) e 37,37 (estação 10 a 20 m). É possível observar um comportamento muito bem-marcado da temperatura ao longo da coluna d'água (**Figura 13**). A salinidade apresentou valores dentro do esperado, mas com oscilações mais visíveis, podendo ser um indicativo de que a variação decorrente da camada de mistura foi mais visível sobre este parâmetro.



**Figura 12: Perfis de temperatura nas estações monitoradas durante a 12ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Espírito Santo, Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

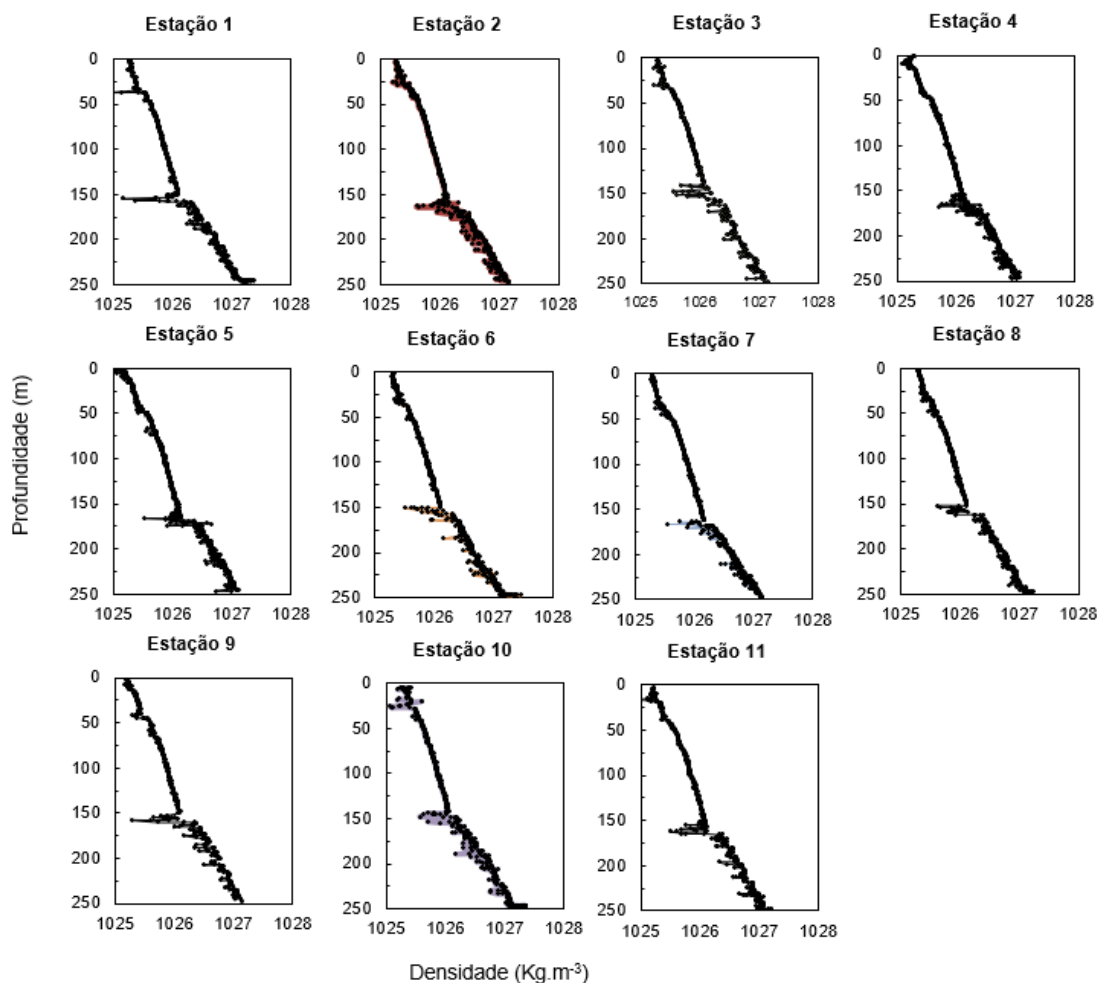




**Figura 13: Perfis de salinidade nas estações monitoradas durante a 12ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Espírito Santo, Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Apesar de maiores salinidades contribuírem para o aumento da densidade da água, este parâmetro sofre também o efeito inverso da temperatura, sendo as variações verticais de densidade em regiões quentes mais sensíveis à temperatura do que em relação à salinidade. Desta forma, observa-se na camada de mistura menores valores de densidade do que a partir da termoclina (ou picnoclina para variações de densidade), conforme a **Figura 14**. Os valores de densidade nas amostras variaram de  $1024,954 \text{ kg.m}^{-3}$  (estação 11 a 16,469 m) a  $1027,453 \text{ kg.m}^{-3}$  (estação 6 a 246,964 m).





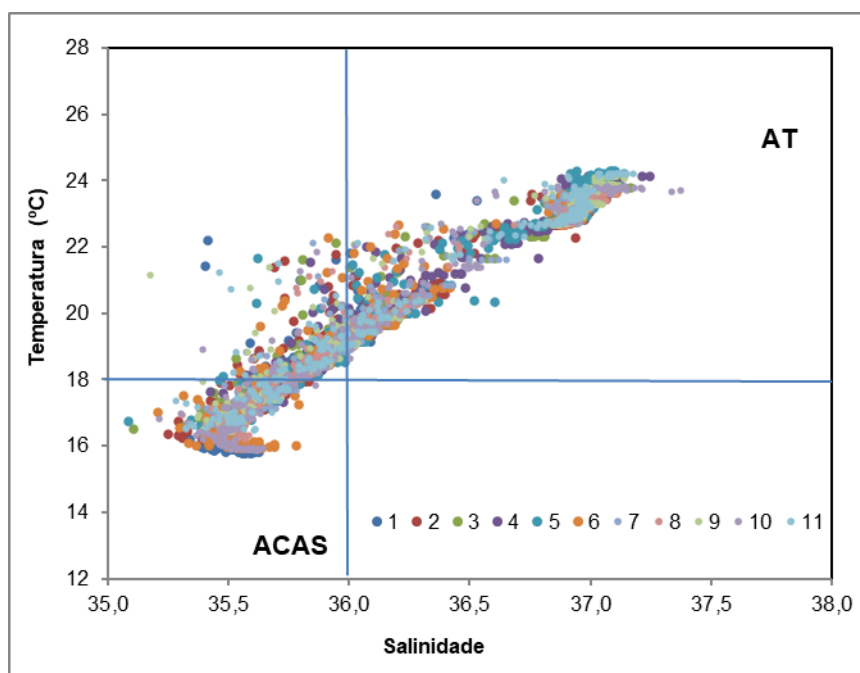
**Figura 14: Perfis de densidade nas estações monitoradas durante a 12ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Espírito Santo, Parque das Conchas, Bacia de Campos – profundidades amostradas.**

É pertinente pontuar que nos meses de setembro/outubro é comum a ocorrência de frentes frias e durante o período da campanha isso ocorreu. (CPTEC/INPE, 2020). A passagem dessas frentes pode ocasionar alterações na estrutura termal e mistura parcial e/ou completa da coluna d'água, em decorrência da homogeneização da coluna d'água (ALCÂNTARA *et al.*, 2010; PEZZUTO, *et al.*, 1998). Acredita-se que este panorama tenha contribuído para que a coluna d'água no período da coleta estivesse mais homogeneizada, estando o início da termocline em profundidades maiores, conforme é possível observar e na **Figura 12** e na **Figura 13**.

### **Massas d'água**

A partir dos resultados de temperatura e salinidade obtidos é possível identificar as massas d'água que dominaram a região, bem como suas características termohalinas (**Figura 15**). Na camada superficial até profundidades de aproximadamente 200 m foi verificada a presença e predominância de Água Tropical (AT), definida por valores maiores de 18°C e 36 de salinidade, nas camadas superficiais. A Água Tropical (AT) corresponde a uma massa d'água típica na região em consequência da intensa radiação e do excesso de evaporação em relação à precipitação, condição típica do Atlântico Tropical (EMILSON, 1961, SILVEIRA *et al.*, 2000). Com o aumento da profundidade, é possível observar que as águas se tornaram gradativamente mais frias e menos salinas.

A partir de aproximadamente 200 m verificou-se a presença da Água Central do Atlântico Sul (ACAS), caracterizada por Sverdrup (1942) como uma massa de água com uma relação T-S (temperatura-salinidade) quase linear, desde os valores de temperatura e salinidade de 6°C e 34,5 até os valores 18°C e 36, respectivamente. A ACAS é formada na convergência subtropical (entre 30° e 40° S), se deslocando em direção a baixas latitudes e se posicionando em uma camada logo abaixo da AT. Em termos gerais, os resultados obtidos de temperatura e salinidade espelham as características termohalinas das massas d'água da região e estão de acordo com os resultados descritos em estudos anteriores para a Bacia de Campos (PEDROSA *et al.*, 2006; VALENTIN *et al.*, 2006).

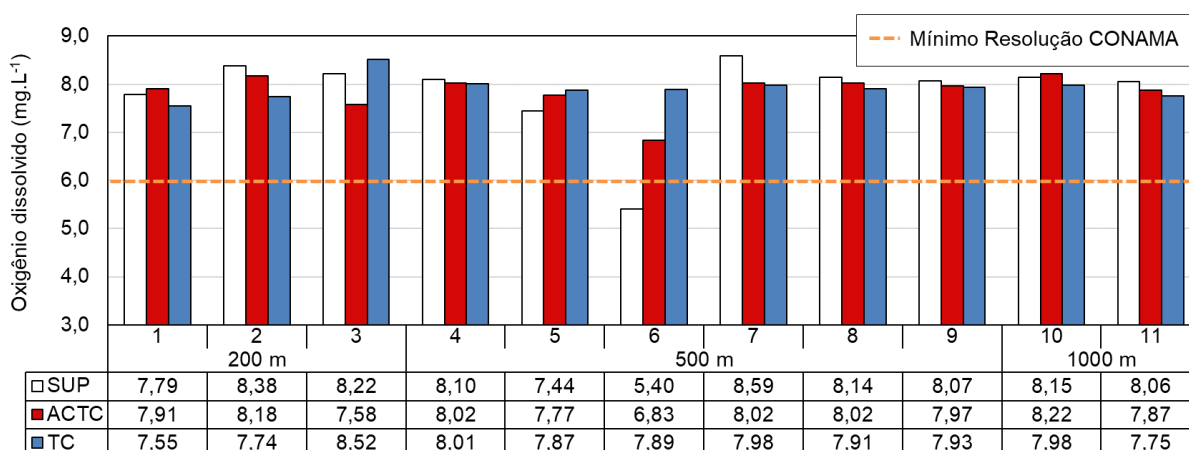


**Figura 15: Diagrama TS dos dados amostrados nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

É interessante destacar a predominância de AT ao longo da coluna d'água amostrada, em decorrência de sua maior homogeneidade. Além disso, é pertinente ressaltar que ao longo das campanhas, os valores de temperatura e salinidade, com algumas diferenças em relação ao comportamento da termoclina (camadas bem determinadas ou não), podem estar relacionadas às mudanças sazonais de aspectos meteocenográficos da região.

### 5.1.2. Oxigênio Dissolvido

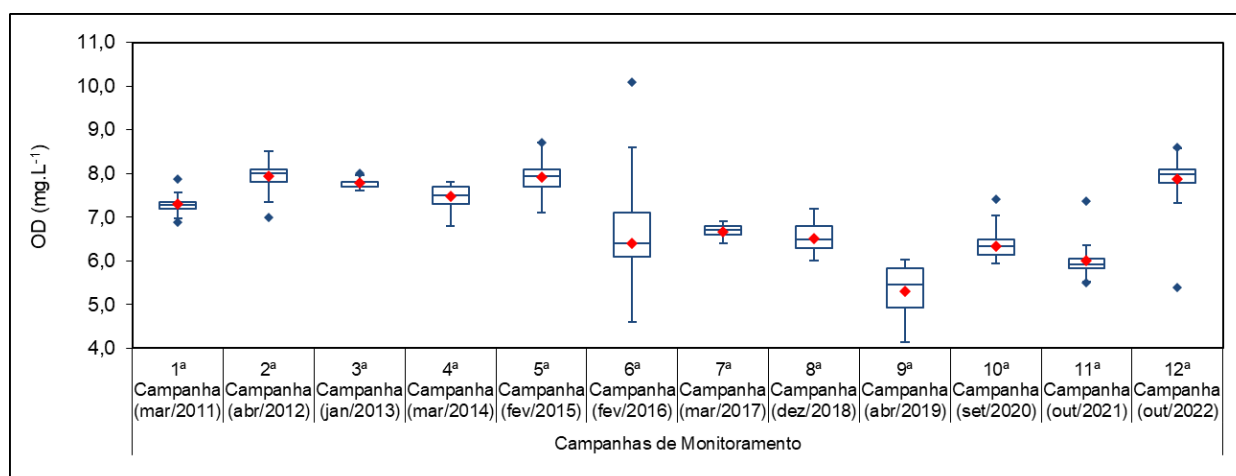
As concentrações de OD no entorno do FPSO Espírito Santo nesta 12ª campanha variaram entre 5,40 (estação 6 - SUP) e 8,59 mg.L<sup>-1</sup> (estação 7 - SUP), com apenas o valor de mínimo inferior ao limite preconizado pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 (6 mg.L<sup>-1</sup>), como pode ser verificado na **Figura 16**. As concentrações de oxigênio dissolvidos detectadas na atual campanha são consideradas pela literatura como típicos de regiões oceânicas e estão de acordo com os resultados obtidos por Niencheski *et al* (1999), cujos valores são descritos entre 4 e 9,15 mg.L<sup>-1</sup>, e por Valentin *et al.* (2006), com intervalo entre 4,71 e 8,92 mg.L<sup>-1</sup>. De acordo com o teste de Kruskal-Wallis, não foram verificadas diferenças significativas entre os raios ( $p = 0,7824$ ).



**Figura 16: Distribuição das concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD) nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Em comparação com as campanhas anteriores, pode-se observar os resultados de OD da presente campanha ficaram dentro do intervalo verificado previamente (**Figura 17**). Pode-se observar que a presente campanha apresentou comportamento similar ao encontrado nas 2ª (2012) e 5ª (2015) campanhas. Os valores de média e mediana foram mais elevados, ao considerar o histórico dos anos 2015 a 2021, tendo apresentado pequena variabilidade entre os resultados. Aponta-se o comportamento conforme com o histórico das avaliações.

Este cenário foi comprovado pelos resultados do teste de Kruskal-Wallis, que indicaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre a presente campanha (2022) e a maioria das campanhas pretéritas, à exceção de 2012 ( $p = 0,8023$ ) e 2015 ( $p = 0,6258$ ).

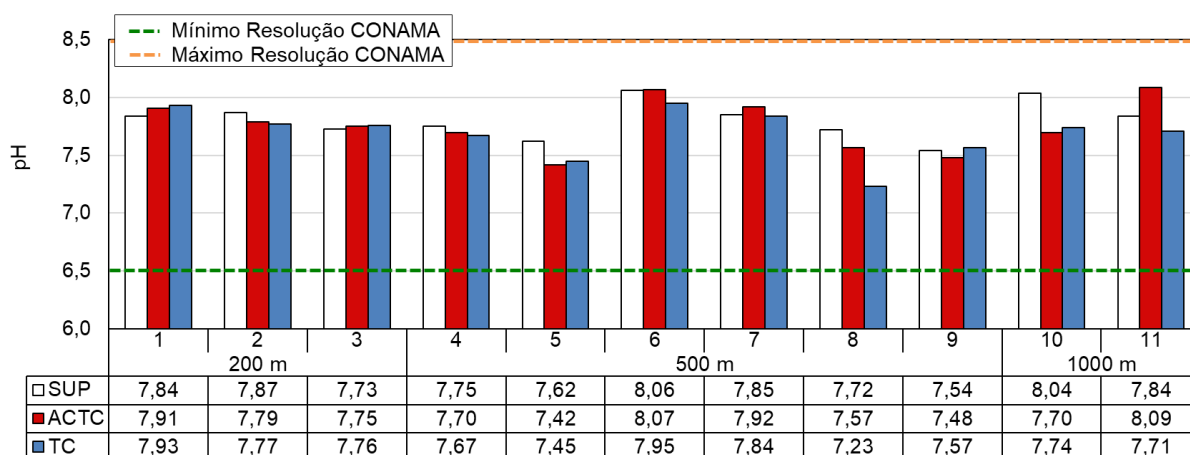


**Figura 17: Concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD) observadas nas 12 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

### 5.1.3. Potencial Hidrogeniônico (pH)

Os valores de pH obtidos no entorno do FPSO Espírito Santo na campanha de 2022 (**Figura 18**) variaram de 7,23 (estação 8 – TC) a 8,09 (estação 11 - TC). De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/05, os valores de pH em águas salinas devem se manter entre 6,5 e 8,5, tendo todos os valores estado contidos nesse intervalo. Rezende *et al.* (2006) identificou que, na região central da Zona Econômica Exclusiva (entre Salvador, BA, e Cabo de São Tomé, RJ) os valores de pH de até 8,52 são considerados típicos para regiões oceânicas. O pH da água do mar é principalmente estabelecido pela presença do sistema carbônico, de forma que modificações nas concentrações de gás carbônico e carbonatos através da fotossíntese, respiração, trocas oceano-atmosfera e precipitação podem acarretar alterações nos níveis desse parâmetro abiótico (REZENDE *et al.*, 2006; NIENCHESKI *et al.*, 1999).

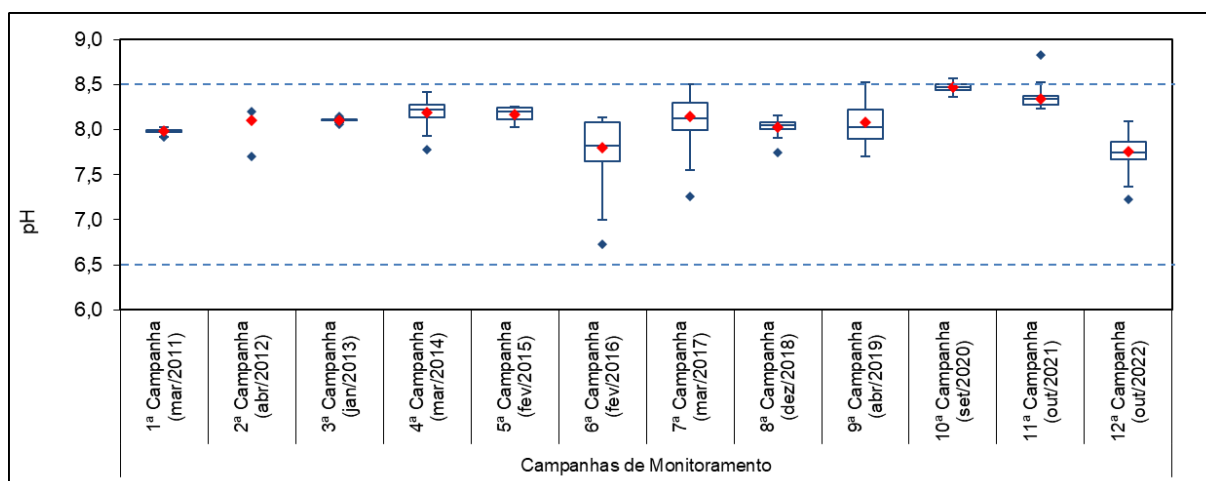
O teste estatístico Kruskal-Wallis não indicou diferença significativa ( $p = 0,1278$ ) na série de dados, indicando que houve uma semelhança entre as estações.



**Figura 18: Valores de pH nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Os resultados obtidos na presente campanha estiveram dentro do intervalo de valores observado ao longo do monitoramento (**Figura 19**). Com a realização da análise de variância para observar se houve diferença significativa entre os resultados da presente campanha com os das demais, o teste estatístico identificou que a presente campanha é significativamente diferente da maioria das outras campanhas (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ), à exceção de 2016 ( $p = 0,2616$ ).

Os valores estiveram dentro do observado nas campanhas anteriores. As diferenças estatísticas, ambientalmente, podem não ser consideradas relevantes, uma vez que os valores observados são encontrados naturalmente em ambientes marinhos (GARRISON, 2010).



**Figura 19: Resultados de pH observados nas 12 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

## 5.2. PARÂMETROS INORGÂNICOS

### 5.2.1. Nitrogênio e Fósforo

No entorno do FPSO Espírito Santo, o nitrato apresentou apenas uma amostra com concentração quantificável  $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$  (estação 2 - ACTC) estando as demais abaixo do limite de quantificação ( $< 0,05 \text{ mg.L}^{-1}$ ) ou tendo sido não detectadas ( $\text{LD} = 0,015 \text{ mg.L}^{-1}$ ). O nitrito também apresentou apenas uma amostra com concentração quantificável, correspondendo a  $0,005 \text{ mg.L}^{-1}$  (estação 5 - TC), tendo a maioria sido não detectada ( $\text{LD} = 0,0009 \text{ mg.L}^{-1}$ ). Destaca-se que em decorrência da quantificação de apenas uma amostra para cada um destes parâmetros, não será apresentada representação gráfica.

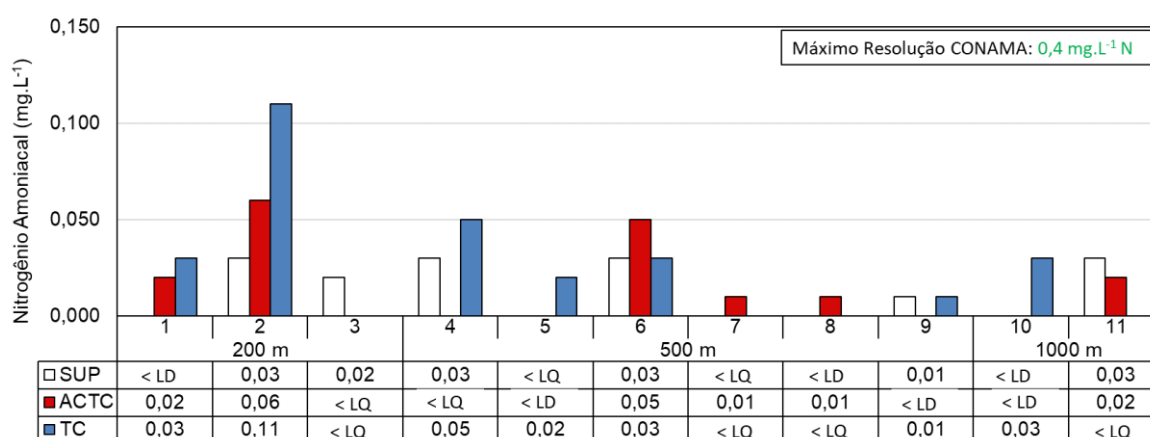
Já as concentrações de nitrogênio amoniacal variaram entre não detectado ( $\text{LD} = < 0,003 \text{ mg.L}^{-1}$ ) (estações 1 – SUP; 5 – ACTC; 8 – SUP; 9 – ACTC e 10 – SUP e ACTC) e  $0,11 \text{ mg.L}^{-1}$  (estação 2 - TC) (**Figura 20**). Aponta-se que esta concentração máxima pode ser considerada como uma ocorrência isolada, uma vez que o segundo maior valor correspondeu a  $0,06 \text{ mg.L}^{-1}$ .

A presença deste composto na água é derivada da decomposição da matéria orgânica nitrogenada, podendo ser oxidado a nitrito, em um processo que culmina no consumo de OD do meio. A forma de nitrogênio amoniacal que predomina no ambiente marinho é o íon amônio, que é menos tóxico do que a amônia. Ele é considerado uma substância não persistente e não cumulativa, que não causa danos fisiológicos a animais (BAUMGARTEN; BAPTISTA; NIENCHESKI, 1996; CETESB, 2023; PROGRAMA ÁGUA AZUL, 2015).

Todos os resultados obtidos no atual estudo mantiveram-se de acordo com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 (até 0,4 mg.L<sup>-1</sup> para nitrogênio amoniacal e nitrato, e até 0,07 mg.L<sup>-1</sup> para nitrito).

Considerando o cenário de quantidade de resultados quantificáveis, foi realizada análise estatística apenas para o parâmetro nitrogênio amoniacal, não tendo sido observada diferença significativa entre as estações dos raios de amostragem ( $p = 0,5076$ ).

As concentrações de nitrogênio amoniacal e de nitrito são em geral muito baixas em regiões oceânicas, caracterizando o aspecto oligotrófico dessas regiões. O nitrato é regenerado pelas bactérias a partir da oxidação de formas orgânicas nitrogenadas e participa como principal elemento nutriente para o fitoplâncton, sendo a velocidade de sua disponibilização menor que a de consumo, tornando-o dessa forma um elemento limitante ao desenvolvimento das algas (Rezende *et al.* 2006; Niencheski *et al.*, 1999).



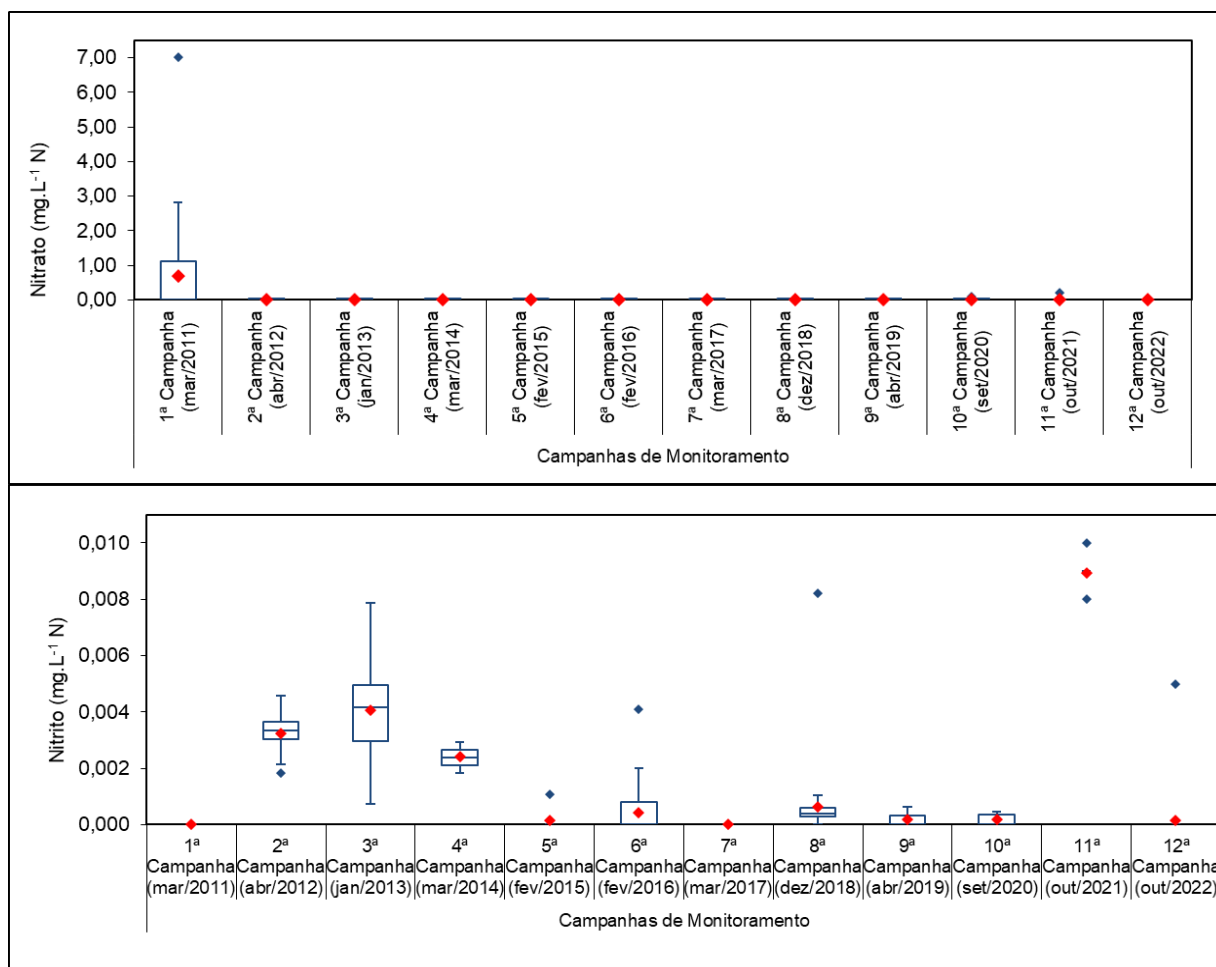
**Figura 20: Distribuição das concentrações de e nitrogênio amoniacal nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

As concentrações de nitrato da campanha de 2011 apresentaram valores atipicamente elevados e interpretados como imprecisões analíticas, provavelmente relacionadas com a influência salina no cromatograma. Na presente campanha os resultados de nitrogênio amoniacal apresentaram alto desvio padrão, além de resultados um tanto superiores aos das outras campanhas, mas destaca-se que todos estiveram bem abaixo do proposto pela Resolução CONAMA. Os demais resultados se mostraram de acordo com os limites estabelecidos pela legislação ambiental. (**Figura 21 e Figura 22**).

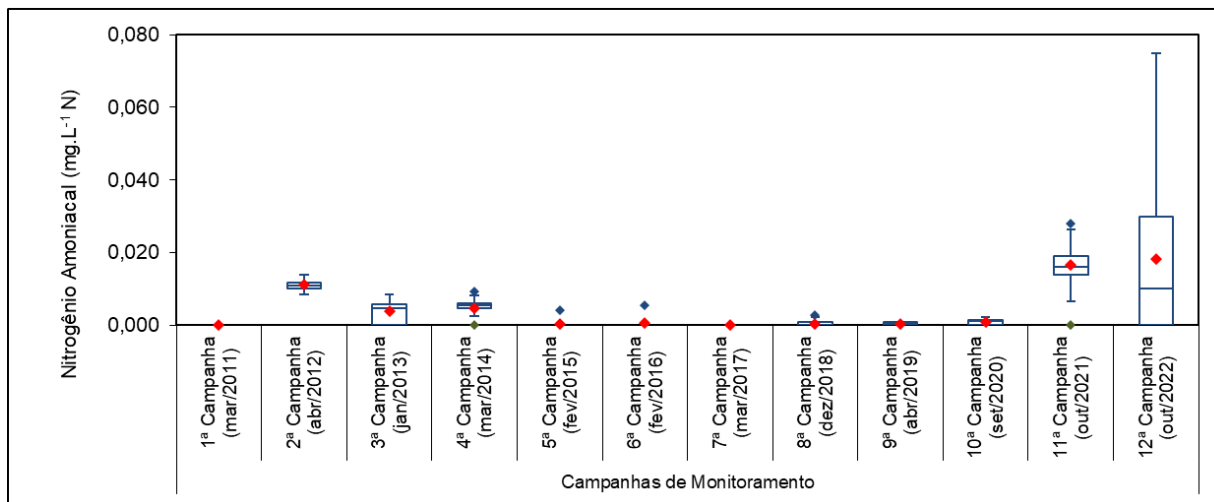
Os testes de variância não foram realizados para os parâmetros nitrato e nitrito, por terem apresentado apenas um resultado quantificável cada. Para nitrogênio amoniacal, os resultados da



presente campanha não foram diferentes estatisticamente apenas dos observados nas 2ª ( $p = 0,665$ ) e 11ª ( $p = 0,3902$ ) campanhas. Esse acréscimo de concentração de 2020 para 2021, que se manteve na campanha de 2022 pode estar associado à mudança de metodologia empregada para a análise deste parâmetro, sendo primeiramente utilizado o método de AMINOT, A.; CHAUSSEPIED, M. (1983) e atualmente o método SMWW 4500-NH<sub>3</sub> F.



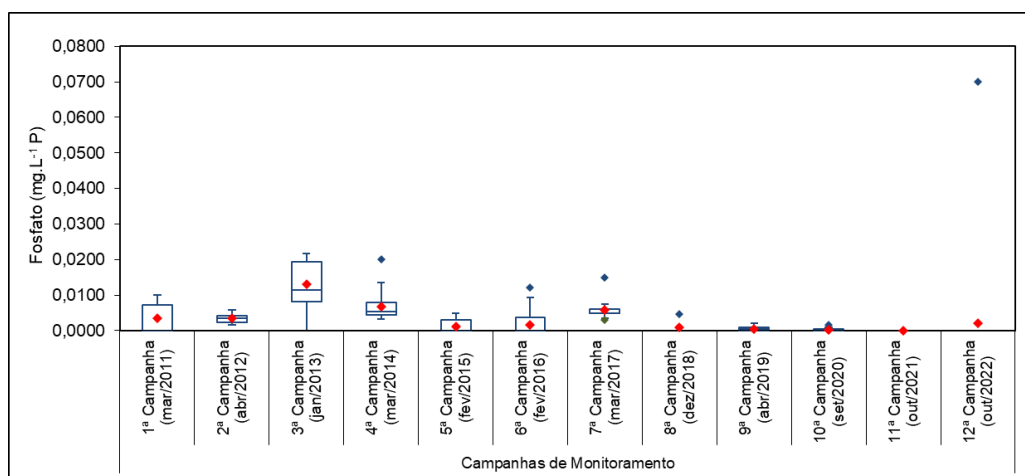
**Figura 21: Concentrações de nitrato e nitrito observadas nas 12 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.**



**Figura 22: Concentrações de nitrogênio amoniacal observadas nas 12 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Para fosfato, fração correspondente ao fósforo inorgânico dissolvido na água (ortofosfatos e polifosfatos, formas predominantes nas águas oceânicas), apenas uma amostra foi quantificada, correspondendo a 0,07 mg.L<sup>-1</sup> (estação 5 – SUP), resultado este acima do preconizado pela Resolução CONAMA 357/05 (0,031 mg.L<sup>-1</sup>). Para as demais amostras, todos os resultados foram não detectados (LD = 0,018 mg.L<sup>-1</sup>).

A não quantificação/detecção de fosfato foi observada em campanhas anteriores, estando os resultados obtidos na presente campanha de acordo com a variabilidade observada nas campanhas anteriores (**Figura 23**). Sendo assim, a única concentração detectada pode ser considerada espúria, uma vez que divergiu de todas as demais amostras, incluindo as de outras profundidades da mesma estação, bem como de intervalos de concentrações observados em campanhas anteriores.



**Figura 23: Concentrações de fosfato observadas nas 12 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

### 5.2.2. Clorofila-a

Para a 12ª campanha de monitoramento do FPSO Espírito Santo apenas uma amostra obteve resultado quantificável, equivalendo a  $0,13 \mu\text{g.L}^{-1}$  (estação 9 – SUP). Nas demais estações todos os resultados foram não detectados ( $\text{LD} = 0,003 \mu\text{g.L}^{-1}$ ). Este padrão já era esperado, uma vez que a biomassa fitoplanctônica tende a acompanhar as maiores concentrações de nutrientes e radiações solares de menores intensidades, evitando desta forma a camada superficial (CIOTTI *et al*, 2006).

Não foi realizado teste estatístico para a clorofila-a, pois na presente campanha obteve-se apenas uma concentração quantificável. As concentrações observadas na presente campanha foram inferiores às obtidas nos anos de 2018, 2019, 2020 e 2021, a partir de quando tal parâmetro começou a ser identificado (**Tabela 5**).

**Tabela 5: Comparação entre as campanhas dos valores de máximo, mínimo e média da clorofila-a.**

Clorofila-a ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )				
Nº da campanha	Ano	Média	Mínimo	Máximo
8ª	2018	0,005	0,002	0,013
9ª	2019	0,043	0,003	0,130
10ª	2020	0,083	0,043	0,191
11ª	2021	0,188	N.D	2,670
12ª	2022	0,004	N.D	0,130

Entre os pigmentos responsáveis pela captura da energia luminosa para a fotossíntese, a clorofila-a é o único que se encontra na maioria das células vegetais. Embora não seja um perfeito descritor da biomassa fitoplanctônica a clorofila-a é amplamente utilizada, sendo inclusive avaliada atualmente por imagens de satélite. Concentrações inferiores a  $2,8 \mu\text{g.L}^{-1}$ , como as observadas nesta campanha, são consideradas típicas de regiões oceânicas oligotróficas (CIOTTI *et al*, 2006). Devido às características oligotróficas das águas oceânicas, não são comuns altas concentrações do pigmento nesse ambiente, onde elevações nas concentrações se relacionam comumente a *blooms* algais (LONGHURST, 1993).

### 5.2.3. Metais

No presente estudo foram analisados os seguintes metais e semimetais: alumínio dissolvido (Al), cobre dissolvido (Cu), ferro dissolvido (Fe), arsênio (As), bário (Ba), berílio (Be), boro (B), cádmio (Cd), chumbo (Pb), cobre total (Cu), cromo (Cr), ferro total (Fe), manganês (Mn), mercúrio (Hg), níquel (Ni), prata (Ag), selênio (Se), tálio (Tl), urânio (U), vanádio total (V) e zinco (Zn). Os metais

que não apresentaram concentrações quantificáveis são listados na **Tabela 6**, sendo referidos em sua maioria como elementos traços.

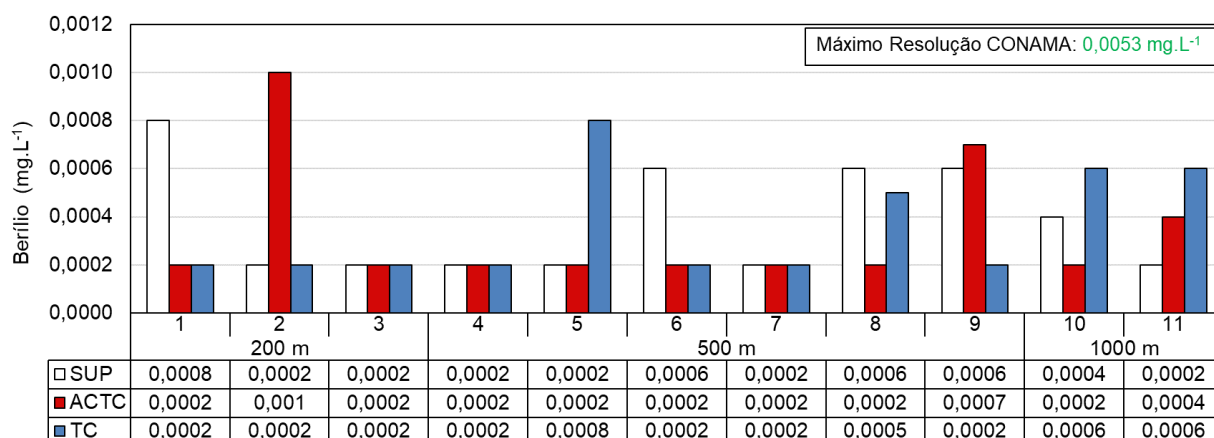
**Tabela 6: Metais que apresentaram concentrações abaixo do Limite de Quantificação (LQ) nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Metais	LQ (mg.L <sup>-1</sup> )	Limite máximo Resolução CONAMA nº 357/05 Águas Salinas Classe 1 (mg.L <sup>-1</sup> )
Cobre Dissolvido	0,005	0,005
Mercúrio Total	0,00009	0,0002
Prata Total	0,0005	0,005
Zinco Total	0,05	0,09

LQ = Limite de Quantificação

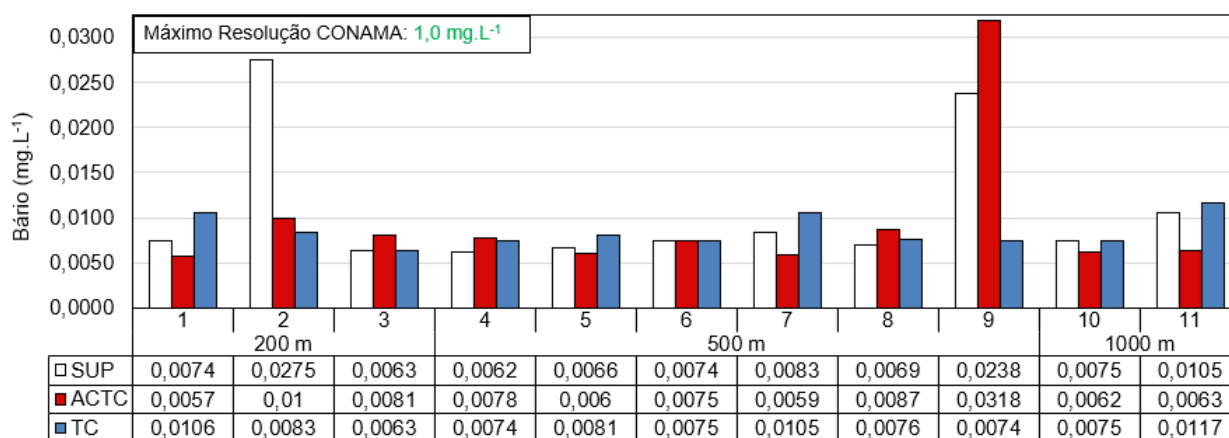
O metal cobre dissolvido foi analisado em triplicata, pois seu método de análise apresentou LQ igual ao limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05. Nenhuma das amostras apresentou concentrações quantificáveis. A maioria permaneceu como não detectada (LD = 0,0015 mg.L<sup>-1</sup>), tendo apenas uma sido “< LQ” (0,005 mg.L<sup>-1</sup>).

Para a atual campanha foram quantificadas concentrações para o metal Berílio em todas as estações, com um mínimo de 0,0002 mg.L<sup>-1</sup> (estações 1 – ACTC e TC; 2 – SUP e TC; 3; 4; 5 – SUP e ACTC; 6 – ACTC e TC; 7; 8 – ACTC; 9 – TC; 10 – ACTC e 11 SUP) e máximo 0,001 mg.L<sup>-1</sup> (estação 2 – ACTC) (Figura 24). Todos os resultados obtidos estiveram abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 (0,0053 mg.L<sup>-1</sup>), tendo esta sido a primeira campanha a encontrar resultados deste parâmetro. Não foi verificada diferença significativa entre os raios amostrados ( $p = 0,5687$ ), indicando semelhança entre os grupos de estações, especialmente entre aquelas localizadas a 1000 m da plataforma (controle) e as demais.



**Figura 24: Distribuição das concentrações de berílio nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Para o metal Bário, foram identificadas concentrações em todas as amostras, tendo os resultados variado entre 0,0057 mg.L<sup>-1</sup> (estação 1 – ACTC) e 0,0318 mg.L<sup>-1</sup> (estação 9 – ACTC), não sendo observado um padrão de ocorrência (**Figura 25**). Todos os resultados obtidos estiveram abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 (1,0 mg.L<sup>-1</sup>), além disso, não foi verificada diferença significativa entre os raios amostrados ( $p = 0,9629$ ), indicando semelhança entre os grupos de estações, especialmente entre aquelas localizadas a 1000 m da plataforma (controle) e as demais.



**Figura 25: Distribuição das concentrações de bário nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Para o elemento bário, historicamente, concentrações foram quantificadas em 2020, quando as concentrações oscilaram entre menor <0,005 mg.L<sup>-1</sup> e 0,022 mg.L<sup>-1</sup>, e em 2021, com a oscilação entre 0,002 mg.L<sup>-1</sup> e 0,0241 mg.L<sup>-1</sup>. Cabe ressaltar que o limite de quantificação do método

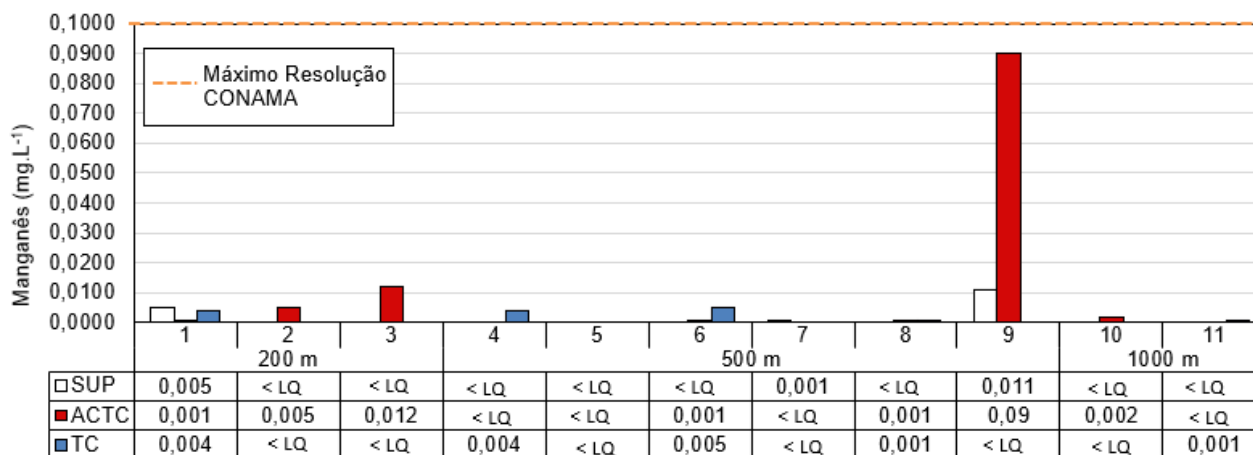
considerado para os anos de 2022 e 2021 para este metal, é menor quando comparado a campanhas anteriores, o que permitiu a detecção de concentrações mais baixas.

Deste modo, considerando a detecção de baixas concentrações de bário em todas as amostras, incluindo aquelas coletadas na estação controle, é possível que o bário detectado seja originado por outras fontes externas ao FPSO Espírito Santo.

O campo de BC-10 está inserido na Bacia de Campos, onde estão presentes diversas atividades antrópicas, incluindo, atividade de exploração e produção de óleo e gás, o que podem estar contribuindo para a presença e detecção deste metal nas amostras coletadas na área de estudo. PETROBRAS (2013), caracterizando amplamente esta bacia, detectou concentrações de bário que oscilaram entre 0,003 e 0,009 mg.L<sup>-1</sup>, estando a maioria dos valores detectados na presente campanha dentro desta faixa de variação. Neste estudo, a detecção deste metal, bem como a de demais metais, esteve associada a diversos fatores relacionados a atividades antrópicas na Bacia de Campos, bem como à foz do Rio Paraíba do Sul.

O manganês apresentou concentrações quantificáveis (LQ = 0,001 mg.L<sup>-1</sup>) em apenas 15 das 33 amostras, com valores de 0,001 mg.L<sup>-1</sup> (estações 1 – ACTC; 6 – ACTC; 7 – SUP; 8 – ACTC e TC; 11 - TC) e 0,090 mg.L<sup>-1</sup> (estação 9 – ACTC) (Figura 26), tendo os demais resultados estado abaixo do limite de quantificação do método (< 0,001 mg.L<sup>-1</sup>). O valor máximo obtido se destaca frente aos demais resultados, porém nenhum dos valores obtidos esteve acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05, que é de 0,1 mg.L<sup>-1</sup>.

A partir da análise de Kruskal-Wallis, não foi verificada diferença significativa entre os raios amostrados ( $p = 0,4881$ ), indicando semelhança entre os grupos de estações, especialmente entre aquelas localizadas a 1000 m da plataforma (controle) e as demais.

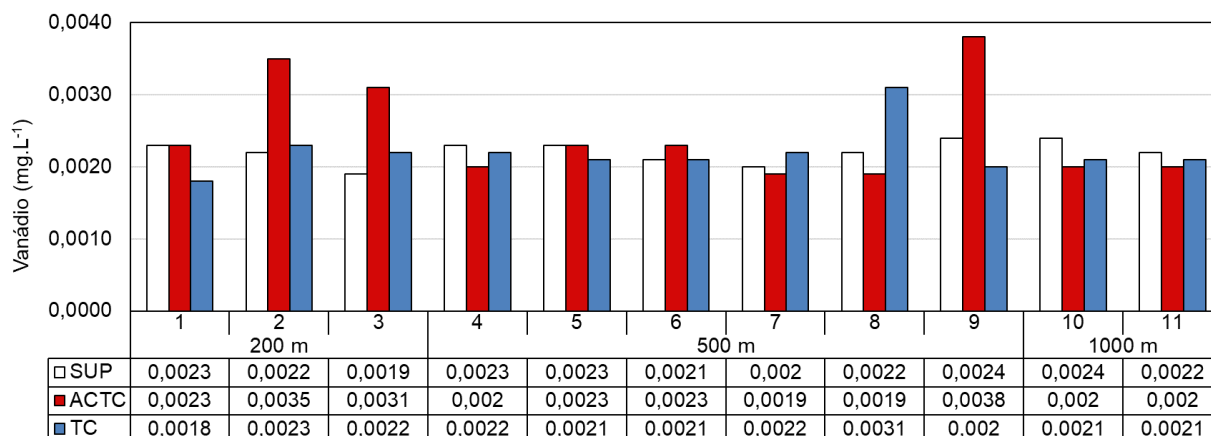


**Figura 26: Distribuição das concentrações de manganês nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Este metal também foi detectado na campanha de 2020, em uma amostra com concentração de 0,01 mg.L<sup>-1</sup>, e na campanha de 2021, com dois valores quantificados: 0,002 mg.L<sup>-1</sup> e 0,007 mg.L<sup>-1</sup>. À exceção do resultado da estação 9 – ACTC, os atuais valores estão próximos ao obtido no passado. A presença deste metal, em baixas concentrações e em algumas amostras, pode ser indicativo de interferência do lançamento de água de produção na região, contudo acredita-se que esta afirmativa não se enquadre ao cenário da atividade, devido às baixas concentrações nas estações diretamente sob a influência da água de descarte (200 m). Além disso, os pontos na área de controle também apresentaram valores quantificados (estação 10 – ACTC; 11 – TC). Ressalta-se que este valor está abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05, que é de 0,1 mg.L<sup>-1</sup>.

O vanádio apresentou concentrações quantificáveis em todas as amostras variando entre 0,0018 mg.L<sup>-1</sup> (estação 1 – TC) e 0,0038 mg.L<sup>-1</sup> (estação 9 – ACTC), sendo observada baixa variabilidade entre as estações e profundidades de coleta (**Figura 27**). Não foi identificada diferença significativa entre os raios amostrados ( $p = 0,5752$ ). A Resolução CONAMA 357/05 não estabelece limite máximo para este metal para águas salinas classe 1.



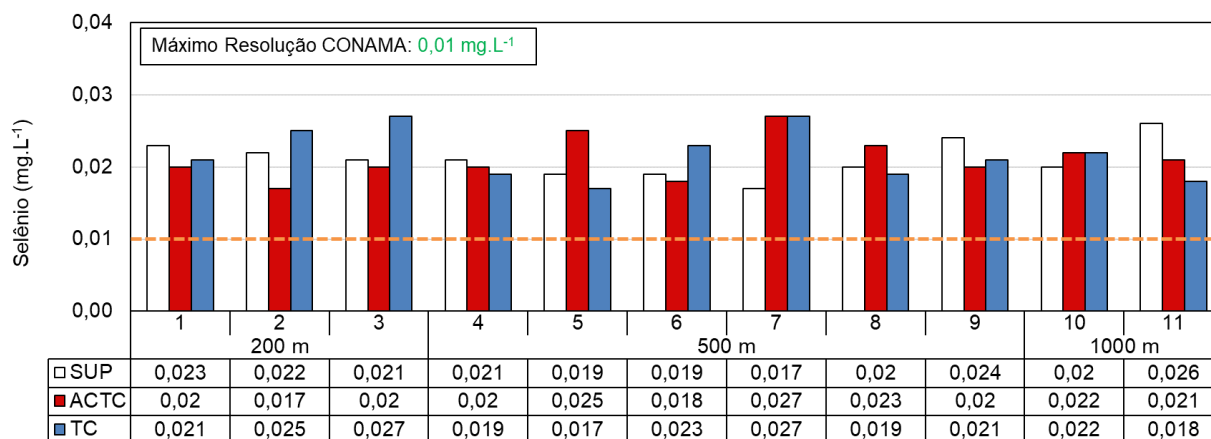


**Figura 27: Distribuição das concentrações de vanádio nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Ao longo do monitoramento, a campanha de 2020 apresentou concentrações quantificáveis de vanádio que variaram entre  $<0,005$  e  $0,0102 \text{ mg.L}^{-1}$ . Para 2021 a oscilação foi entre  $0,0014 \text{ mg.L}^{-1}$  e  $0,0019 \text{ mg.L}^{-1}$ . A presente campanha apresentou alguns valores superiores a estes resultados, mas de maneira geral encontra-se em conformidade ao panorama pretérito.

Cabe destacar que a detecção deste metal em todas as amostras, para a atual campanha e no ano de 2021 pode estar associada à redução do limite de quantificação do método, que em 2020 equivaleu a  $0,005 \text{ mg.L}^{-1}$  e o corrente é de  $0,0005 \text{ mg.L}^{-1}$ . Deste modo, a presença deste metal pode estar relacionada a algum fator externo a atividade do FPSO Espírito Santo.

Na presente campanha de monitoramento, pela primeira vez foram quantificadas concentrações de selênio, o que se aplicou para todas as estações. Todas as concentrações estiveram acima do preconizado para a Resolução CONAMA 357/05 ( $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ ) (Figura 28). Não foram identificadas diferenças significativas entre os raios amostrados ( $p = 0,6639$ ).



**Figura 28: Distribuição das concentrações de selênio nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

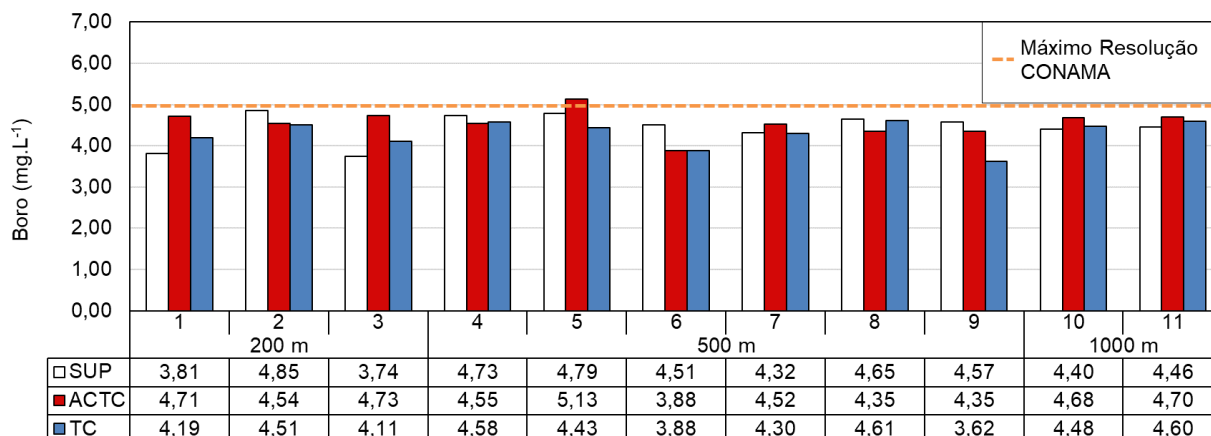
Segundo Schmiegelow (2004) *apud* Alves (2021) o selênio é considerado um elemento traço na água do mar, sendo encontrado em concentrações que variam de 0,004 a 0,006 mg.L<sup>-1</sup>.

Cetesb (2020) pontua que níveis elevados de selênio observados no ambiente podem decorrer de fatores naturais, como derivado do intemperismo de rochas e solos, bem como ser liberado para o meio ambiente através de atividades antropogênicas, tais como mineração, processos metalúrgicos, queima de carvão e de petróleo e processos de combustão em grande escala.

Assim, a detecção de concentrações de selênio poderia ser um indicativo de interferência do lançamento de água de produção na região, contudo, as concentrações identificadas nas estações 10 e 11 (controle), posicionadas à montante do lançamento do efluente e, portanto, ausente da influência do descarte, foram semelhantes às demais. Deste modo, a presença deste metal pode estar relacionada a algum fator externo à atividade do FPSO Espírito Santo.

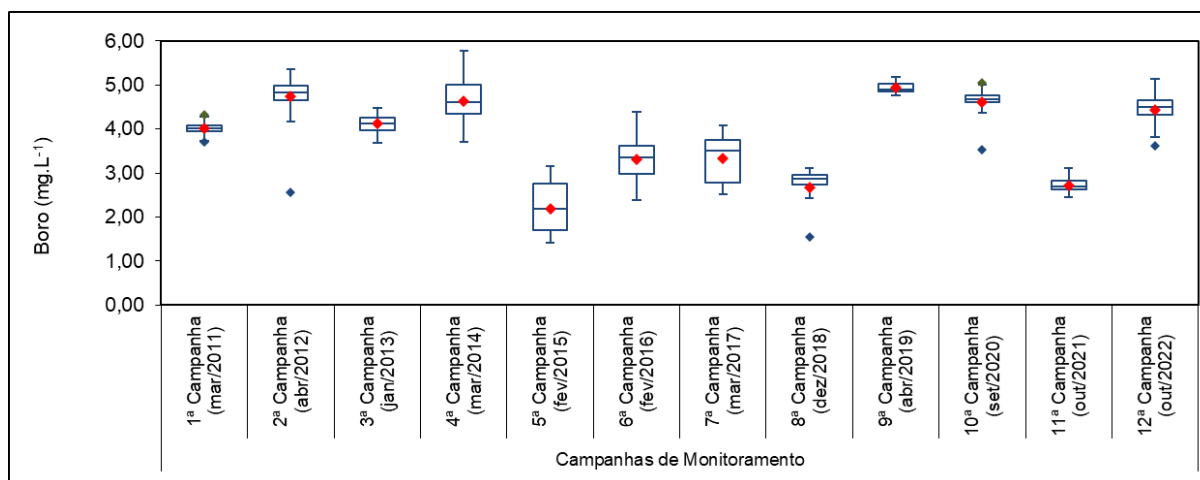
Destaca-se que perante o cenário de quantificação foi solicitada uma revisão dos valores pelo laboratório responsável e os resultados foram confirmados. Portanto, torna-se importante a avaliação deste parâmetro nas próximas campanhas para observar se este cenário permanece.

Para o elemento boro, as concentrações variaram entre 3,62 mg.L<sup>-1</sup> (estação 9 –TC) a 5,13 mg.L<sup>-1</sup> (estação 5 – ACTC), conforme apresentado na **Figura 29**, tendo apenas um valor verificado sido superior ao nível estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 (5 mg.L<sup>-1</sup>). Os resultados obtidos nos três raios não foram significativamente diferentes (Kruskal-Wallis, p= 0,7652).



**Figura 29: Distribuição das concentrações de boro nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Os resultados referentes a boro obtidos na presente campanha (2022) mantiveram-se dentro da variabilidade observada nas campanhas anteriores (**Figura 30**). A única campanha que não apresentou diferenças significativas (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ) quando confrontada com os resultados obtidos nesta campanha foi a de 2014 ( $p = 0,1564$ ).



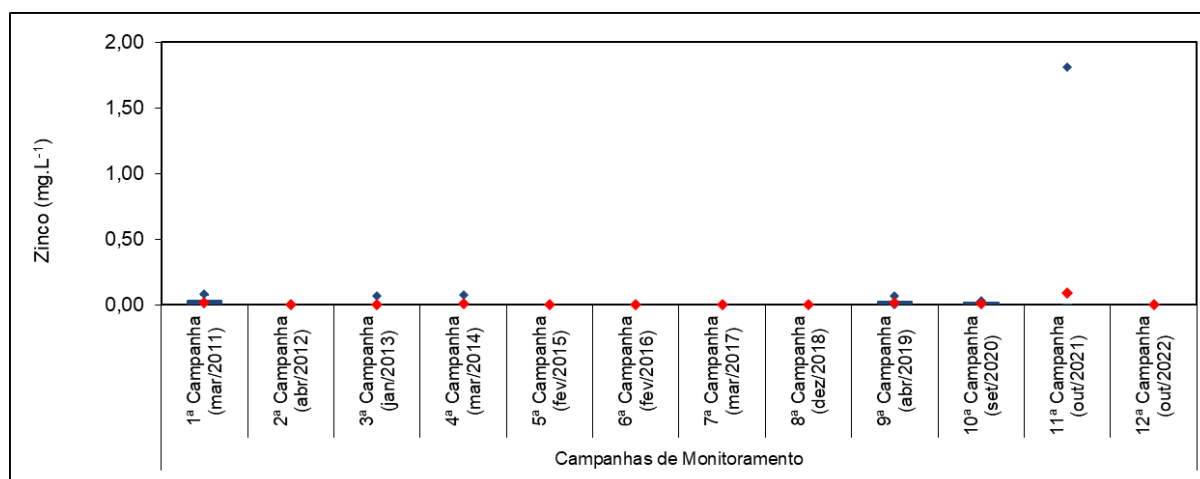
**Figura 30: Concentrações de boro observadas nas 12 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

O cádmio apresentou concentrações quantificáveis em apenas quatro amostras, variando entre 0,0009 mg.L<sup>-1</sup> (estação 1 – TC) e 0,0031 mg.L<sup>-1</sup> (estação 9 – ACTC), estando todos os valores abaixo do limite da legislação vigente de 0,005 mg.L<sup>-1</sup>. Não foi obtida diferença significativa entre os raios amostrados, em relação a este parâmetro ( $p = 0,0943$ ).

Com relação ao elemento zinco, este apresentou todas as concentrações abaixo do limite de quantificação ( $< 0,05 \text{ mg.L}^{-1}$ ). Sendo assim, nenhum resultado esteve acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 ( $0,09 \text{ mg.L}^{-1}$ ).

Destaca-se que na campanha anterior (11ª campanha) foram obtidos dois resultados de zinco acima do preconizado pela legislação, panorama que não havia se apresentado até o momento (2021) ao longo do monitoramento. Ambos ocorreram no limite da zona de mistura (a 500 m do ponto de descarte do efluente). Foi levantado como ponto de atenção verificar o comportamento deste metal nas próximas campanhas, posto isso, destaca-se no presente documento que não foi verificado comportamento semelhante na atual campanha, podendo então ser considerado como um cenário pontual as ocorrências de 2021.

A **Figura 31** demonstra que o comportamento do zinco para a presente campanha esteve de acordo com o observado em campanhas pretéritas, à exceção da 11ª campanha (2021). Para 2021 a concentração máxima verificada foi considerada um *outlier* na análise de *boxplot*, ou seja, um valor muito diferente do observado na série de dados. Ressalta-se a necessidade da continuidade do monitoramento para observar o comportamento deste metal nas próximas campanhas, mesmo com os resultados aqui apresentados.

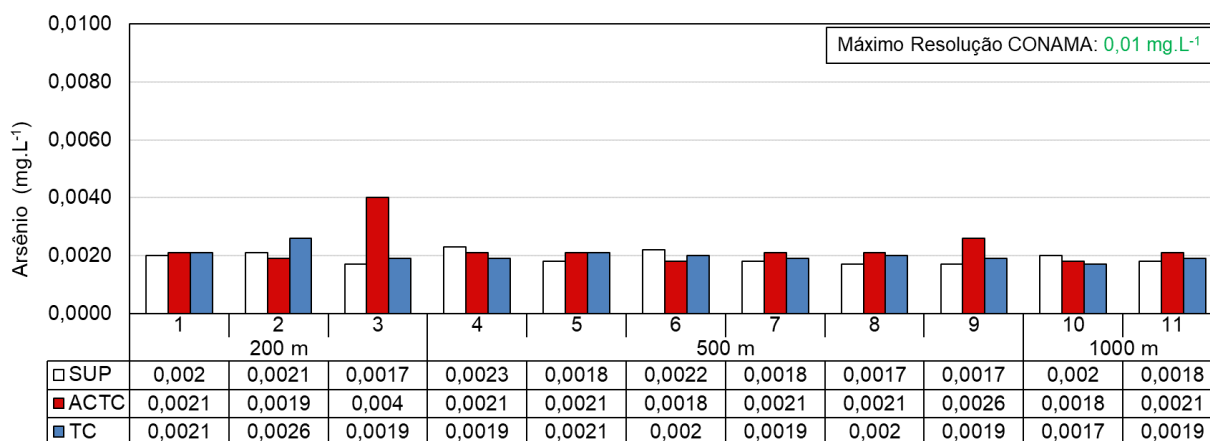


**Figura 31: Concentrações de zinco observadas nas 12 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Com relação ao arsênio, suas concentrações oscilaram de  $0,0017 \text{ mg.L}^{-1}$  (estações 3 – SUP; 8 – SUP; 9 – SUP e 10 - TC) a  $0,004 \text{ mg.L}^{-1}$  (estação 3 – ACTC), não sendo verificado um padrão entre as estações e profundidades de coleta (**Figura 32**). Todos os valores encontrados estiveram abaixo do limite máximo estabelecido de  $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$  pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas

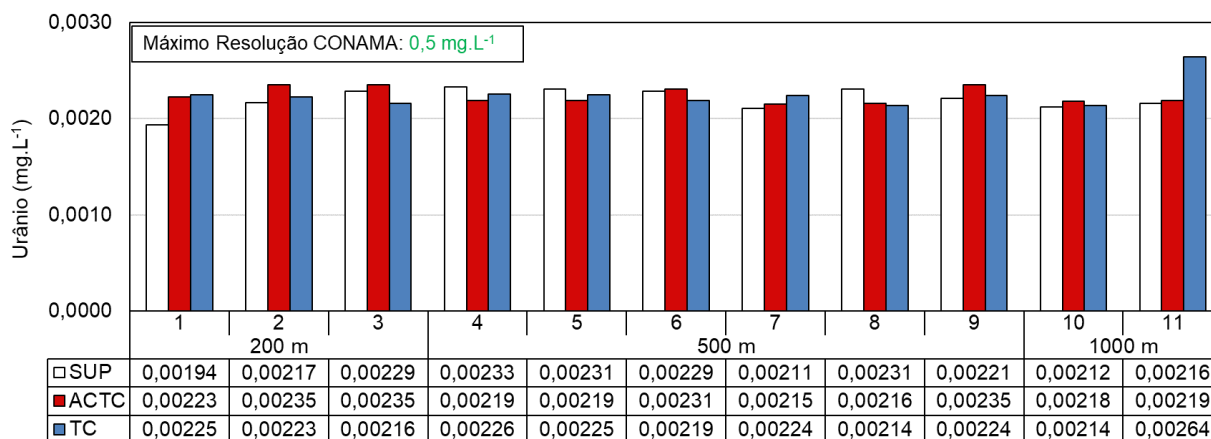
classe 1. Os resultados obtidos nos três raios não foram significativamente diferentes (Kruskal-Wallis,  $p = 0,2427$ ).

A primeira campanha a quantificar estes valores foi a do ano passado (2021) e crê-se que este panorama esteja associado ao menor limite de quantificação do método ( $LQ = 0,0001 \text{ mg.L}^{-1}$ ) em comparação aos monitoramentos prévios.



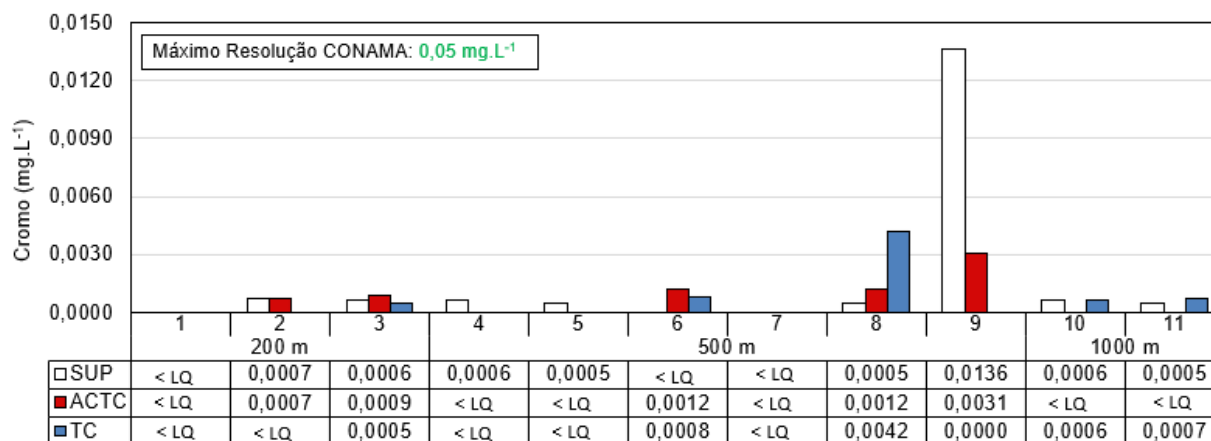
**Figura 32: Distribuição das concentrações de arsênio nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Para o metal urânio as concentrações variaram de  $0,00194 \text{ mg.L}^{-1}$  (estação 1 – SUP) a  $0,00264 \text{ mg.L}^{-1}$  (estação 11 – TC), sendo possível observar que não houve um padrão ao longo das estações (**Figura 33**). Destaca-se inclusive os valores próximos tanto entre as estações como entre estratos. O teste estatístico não indicou diferença significativa entre os raios amostrais (Kruskal-Wallis,  $p = 0,3983$ ). Todas as amostras estiveram abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1.



**Figura 33: Distribuição das concentrações de urânio nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

O metal cromo apresentou concentração quantificável ( $LQ = 0,0005 \text{ mg.L}^{-1}$ ) para 18 das 33 estações, com valores indo de  $0,0005 \text{ mg.L}^{-1}$  (estações 3- TC; 5 – SUP; 8 – SUP; 11 - SUP) a  $0,0136 \text{ mg.L}^{-1}$  (estação 9 – SUP) (Figura 34). Todos os resultados quantificados mantiveram-se abaixo do limite máximo de  $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$  estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1.

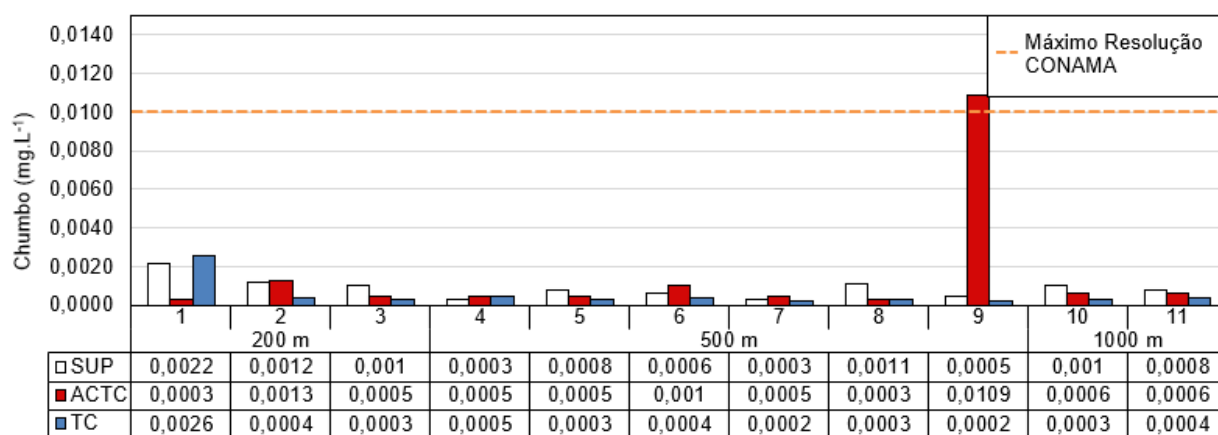


**Figura 34: Distribuição das concentrações de cromo nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

O níquel apresentou concentrações acima do limite de quantificação do método ( $LQ = 0,001 \text{ mg.L}^{-1}$ ) em quatro amostras indo de  $0,001 \text{ mg.L}^{-1}$  (estação 7 – SUP) a  $0,043 \text{ mg.L}^{-1}$  (estação 9 – SUP), estando apenas o valor máximo acima do limite máximo de  $0,025 \text{ mg.L}^{-1}$  preconizado pela legislação ambiental vigente. A partir da análise de Kruskal-Wallis não foram observadas diferenças significativas entre os raios amostrados ( $p = 0,5556$ ).

O metal chumbo foi quantificado para todas as estações, com concentrações variando entre 0,0002 mg.L<sup>-1</sup> (estação 7 – TC) e 0,0109 mg.L<sup>-1</sup> (estação 9 – ACTC) (Figura 35). O resultado apresentado para a estação 9 – ACTC fugiu à variação de valores apresentadas nas outras amostras, destacando-se por ser o resultado mais elevado e o único acima do preconizado pela legislação vigente (0,01 mg.L<sup>-1</sup>).

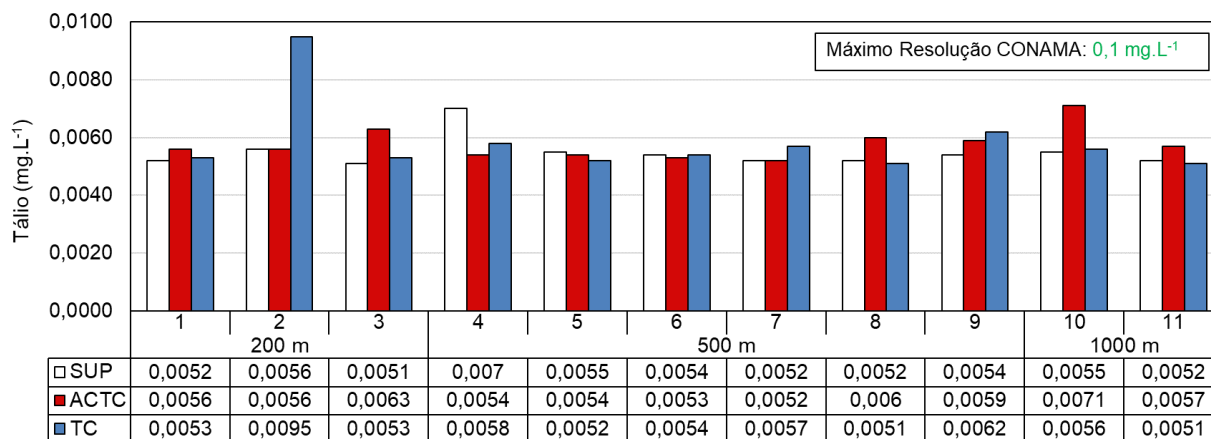
A presente campanha foi a primeira a apresentar resultados para este parâmetro. Destaca-se, entretanto que as estações de controle, no raio de 1000 m também apresentaram resultados quantificáveis e que apenas uma amostra excedeu o limite da Resolução CONAMA 357/05. Não foi identificada diferença significativa entre os raios amostrados ( $p = 0,23$ ). É recomendado que este parâmetro seja acompanhado com maior atenção nas próximas campanhas de monitoramento.



**Figura 35: Distribuição das concentrações de chumbo nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

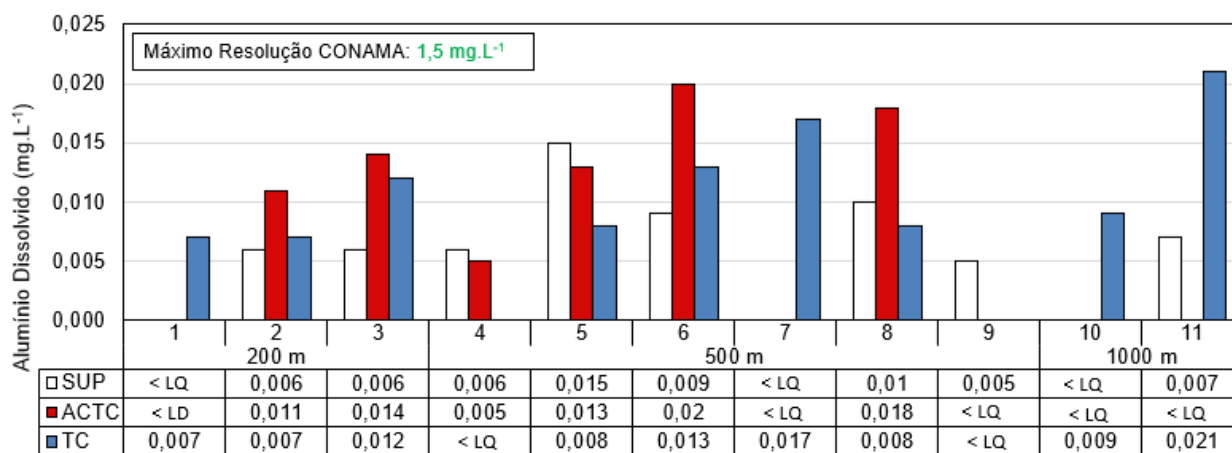
O metal tálio foi quantificado para todas as amostras ( $LQ = 0,0005 \text{ mg.L}^{-1}$ ) com concentrações variando entre 0,0051 mg.L<sup>-1</sup> (estação 3 – SUP) e 0,0095 mg.L<sup>-1</sup> (estação 2 – TC), estando todos os resultados abaixo do limiar (0,1 mg.L<sup>-1</sup>) preconizado pela Resolução supracitada (Figura 36). A análise estatística de Kruskal-Wallis permitiu a identificação de que não houve diferença significativa entre os raios ( $p = 0,9585$ ).



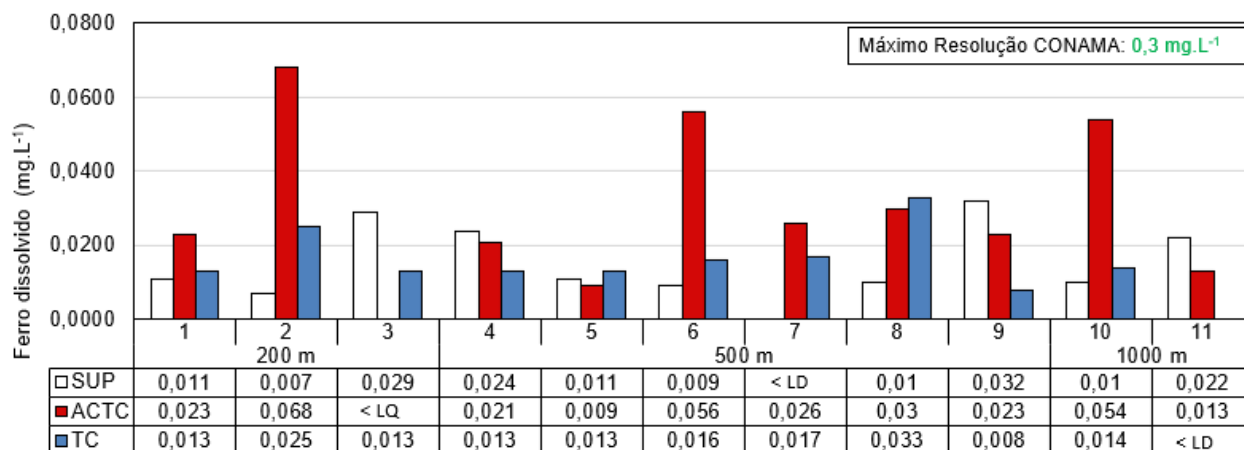


**Figura 36: Distribuição das concentrações de tálio dissolvido nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Alumínio dissolvido obteve concentrações quantificadas para a maioria das estações, variando entre 0,005 mg.L<sup>-1</sup> (estações 4 – ACTC e 9 – SUP) e 0,021 mg.L<sup>-1</sup> (estação 11 – TC) (**Figura 37**). O parâmetro ferro dissolvido foi quantificado para a maioria das amostras, indo de 0,007 mg.L<sup>-1</sup> (estação 2 – SUP), a 0,068 mg.L<sup>-1</sup> (estação 2 – ACTC) (Figura 38). Para ambos os elementos, os resultados estiveram em conformidade com o estabelecido pela legislação ambiental brasileira, na qual, para alumínio dissolvido o limite é de 1,5 mg.L<sup>-1</sup> e para ferro dissolvido de 0,3 mg.L<sup>-1</sup>, não tendo sido observada diferença significativa entre os raios para alumínio dissolvido ( $p = 0,7603$ ) e nem para ferro dissolvido ( $p = 0,9119$ ).

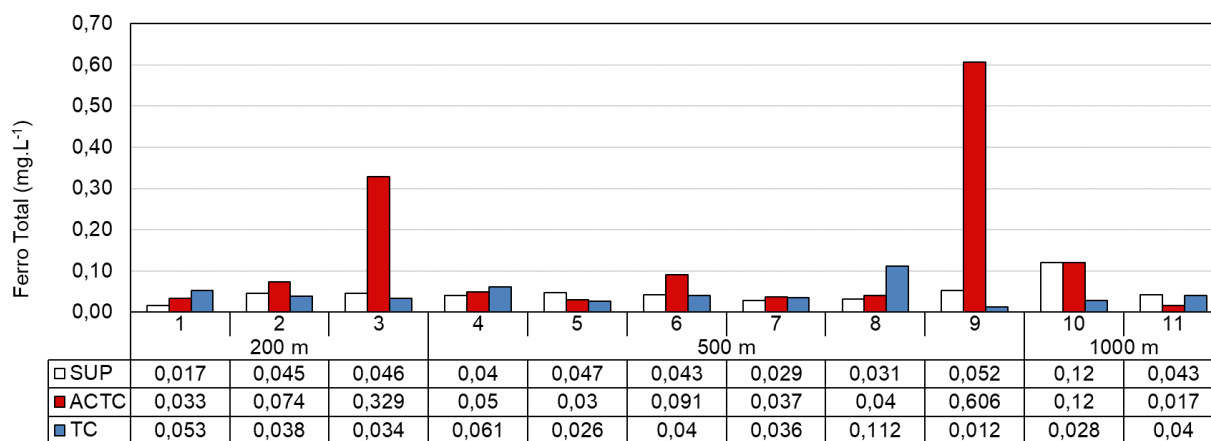


**Figura 37: Distribuição das concentrações de alumínio dissolvido nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**



**Figura 38: Distribuição das concentrações de ferro dissolvido nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

O ferro total foi quantificado em todas as estações, variando de 0,017 mg.L<sup>-1</sup> (estações 1 – SUP e 11 – ACTC) e 0,606 mg.L<sup>-1</sup> (estação 9 – ACTC) (Figura 39). Destaca-se que a Resolução CONAMA 357/05 não apresenta um valor de referência para este parâmetro. Ao realizar a análise estatística observou-se que não houve diferença significativa entre as estações ( $p = 0,9608$ ).



**Figura 39: Distribuição das concentrações de ferro total nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Por fim, cobre total foi detectado somente nas amostras das estações 7 – ACTC (0,031 mg.L<sup>-1</sup>) e 9 – ACTC (0,022 mg.L<sup>-1</sup>). A Resolução CONAMA 357/05 não estabelece limite máximo para este elemento.

Ressalta-se que berílio, cádmio, chumbo e selênio não foram quantificados nas campanhas anteriores. À exceção do selênio, os parâmetros apresentaram um panorama geral em conformidade com a legislação ambiental brasileira.

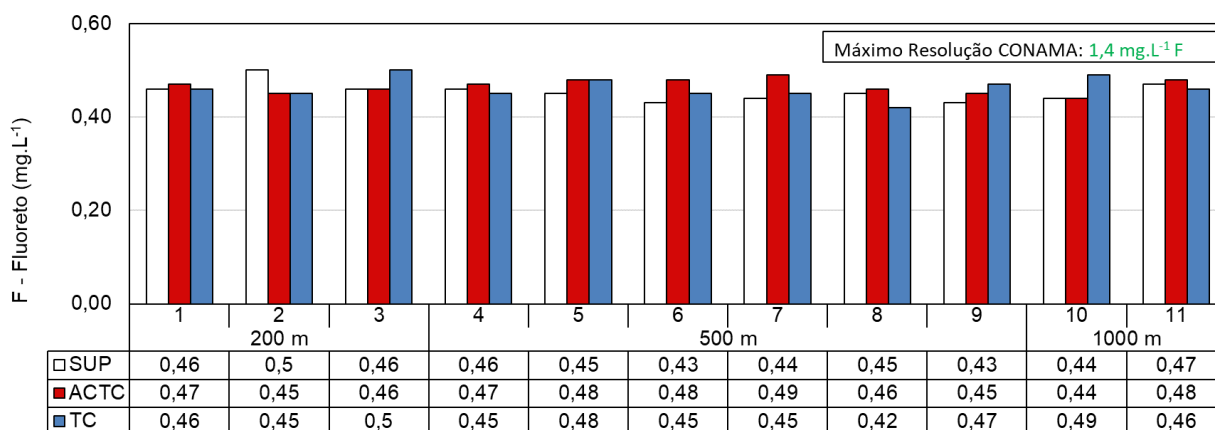
#### 5.2.4. Cianeto livre

Os cianetos são compostos que contêm o radical CN, sendo que a preocupação em relação ao elemento no meio ambiente é devida a sua alta toxicidade, principalmente quando associado ao zinco e cádmio. Na atual campanha, as amostras foram coletadas em triplicata para este parâmetro, pois o valor do limite de quantificação (LQ) do método analítico utilizado é equivalente ao valor máximo estipulado para águas salinas classe 1 pela Resolução CONAMA 357/05 – 0,001 mg.L<sup>-1</sup>.

Os resultados das análises mostraram que as concentrações de cianeto não foram detectadas (LD = 0,0003 mg.L<sup>-1</sup>) em todas as amostras. Nas campanhas anteriores também não foram quantificadas concentrações de cianeto no entorno do FPSO Espírito Santo.

#### 5.2.5. Fluoretos

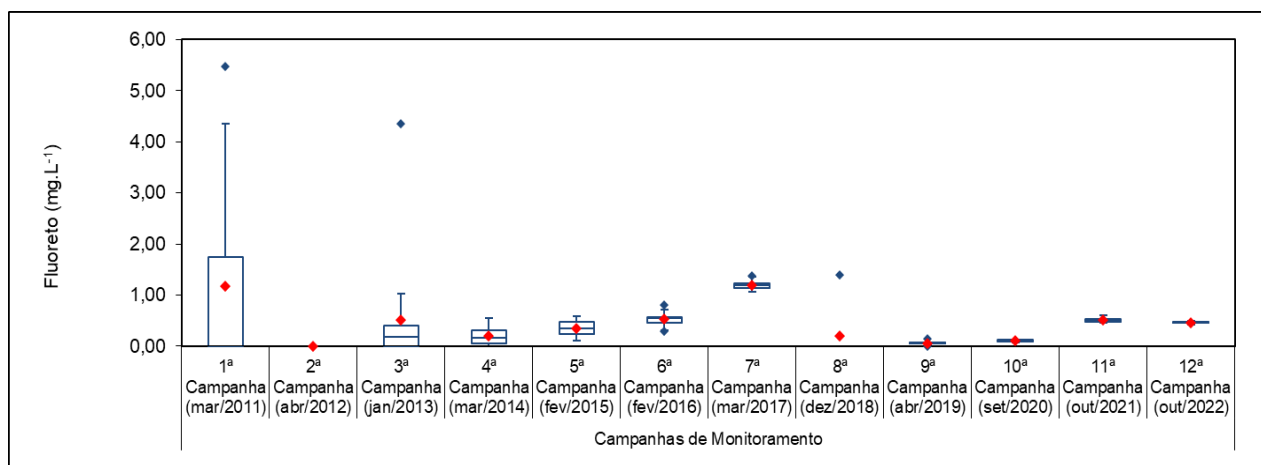
Nas estações distribuídas no entorno do FPSO Espírito Santo foram observadas concentrações variando desde concentrações de 0,42 mg.L<sup>-1</sup> (estação 8 – TC) a 0,50 mg.L<sup>-1</sup> (estações 2 – SUP e 3 - TC), sem padrão espacial claro, tanto em relação a coluna d'água quanto em relação à distância da unidade (**Figura 40**). A partir da análise de Kruskal-Wallis não foi verificada diferença significativa entre os três raios (p= 0,389). Verificou-se que todas as amostras analisadas estiveram inferiores ao limite máximo requerido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 (1,4 mg.L<sup>-1</sup>).



**Figura 40: Distribuição das concentrações de fluoreto nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Os resultados de fluoretos obtidos na atual campanha (2022) mostram-se dentro da variabilidade observada nas campanhas anteriores (**Figura 41**). Apenas alguns resultados obtidos em 2011 e 2013 apresentaram valores que ultrapassaram os limites estabelecidos pela Resolução 357/05 do

CONAMA para águas salinas classe 1, resultados estes que provavelmente refletem problemas analíticos. É corriqueiro, em estudos ambientais que utilizam a matriz analítica “água marinha hipersalina”, a ocorrência de interferência do cloreto na identificação e quantificação dos picos aniônicos. Foram observadas diferenças significativas (com  $p < 0,05$ ) entre a atual campanha e a maioria das campanhas pretéritas, à exceção do ano de 2011.



**Figura 41: Concentrações de fluoreto observadas nas 12 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

### 5.2.6. Sulfetos

A partir dos resultados das análises de sulfeto, não foram encontradas concentrações de sulfetos acima do limite de detecção em nenhuma amostra analisada ( $LD = 0,0005 \text{ mg.L}^{-1}$ ), como já ocorrido nas campanhas anteriores no entorno do FPSO Espírito Santo, mantendo as características da água condizentes com o estipulado pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 (até  $0,002 \text{ mg.L}^{-1}$ ).

### 5.2.7. Cloro Residual Total

A análise de cloro residual total no entorno do FPSO Espírito Santo foi realizada em triplicata, não sendo verificada concentração quantificável em nenhuma das estações amostradas ( $LQ = 0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ ), resultados inferiores ao máximo requerido para águas salinas classe 1 pela Resolução CONAMA 357/05 ( $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ ). Nas campanhas anteriores não foram quantificadas concentrações de cloro residual em nenhuma estação/profundidade.

### 5.2.8. Radioisótopos

Os radioisótopos Rádio-226 ( $^{226}\text{Ra}$ ) e Rádio-228 ( $^{228}\text{Ra}$ ) são encontrados nas águas produzidas associados a ocorrências naturais nas rochas de formação. Pikaev (1995) destacou que a

radioatividade dessas águas se deve a presença dos dois íons supracitados, além de  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$  e  $^{232}\text{Th}$ . OGP (2005) menciona que a influência do Ra no meio ambiente marinho é minimizada por sua co-precipitação com bário na forma de sulfatos e/ou carbonatos. Nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo,  $^{228}\text{Ra}$  não foram quantificados, tendo ficado abaixo do limite de quantificação em todas as estações (LQ =  $0,020 \text{ Bq.L}^{-1}$ , respectivamente).  $^{226}\text{Ra}$  apresentou apenas duas concentrações quantificáveis  $0,012 \text{ Bq.L}^{-1}$  (estação 5 – ACTC) e  $0,015 \text{ Bq.L}^{-1}$  (estação 11 – SUP). Os demais resultados estiveram abaixo do limite de quantificação ( $0,010 \text{ Bq.L}^{-1}$ ). A Resolução CONAMA 357/05 não preconiza limites para os radioisótopos.

Nas campanhas realizadas anteriormente no entorno do FPSO Espírito Santo, as concentrações de radioisótopos tenderam a uma distribuição aleatória, com maioria de amostras abaixo do limite de quantificação e picos em diferentes estações. Os picos observados na campanha de 2012 chegaram a concentrações anômalas para água do mar, na concentração de  $6,04 \text{ Bq.L}^{-1}$  para  $^{226}\text{Ra}$  e de  $22,5 \text{ Bq.L}^{-1}$  para  $^{228}\text{Ra}$  (resultados omitidos na **Figura 42** para não comprometer a visualização dos demais dados), enquanto nas demais campanhas o comportamento foi mais similar, em geral com concentrações similares com maioria das amostras com concentrações abaixo do limite de detecção, especialmente, para  $^{228}\text{Ra}$ .

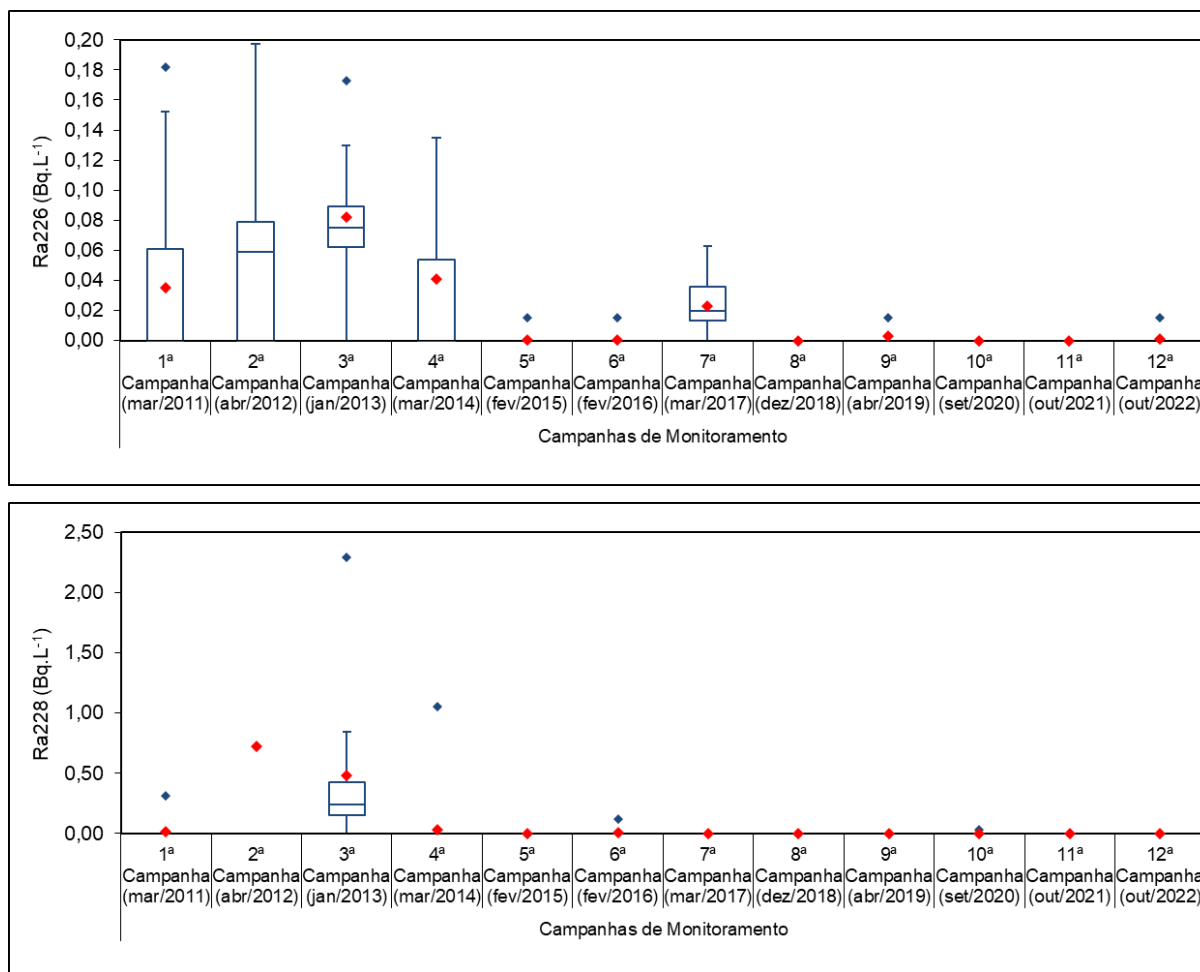


Figura 42: Concentrações de 226Ra e 228Ra observadas nas 12 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.

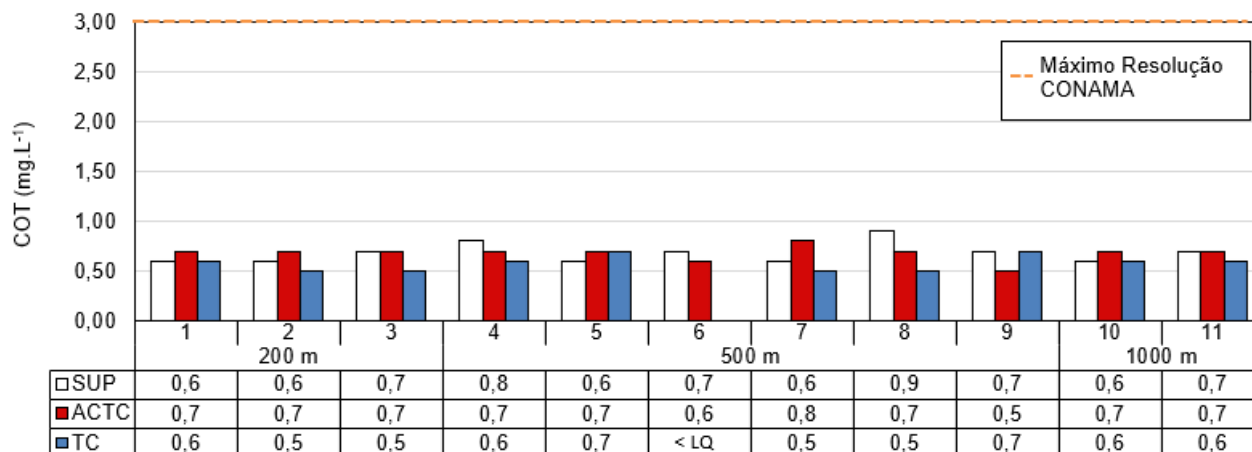
## 5.3. PARÂMETROS ORGÂNICOS

### 5.3.1. Carbono Orgânico Total (COT)

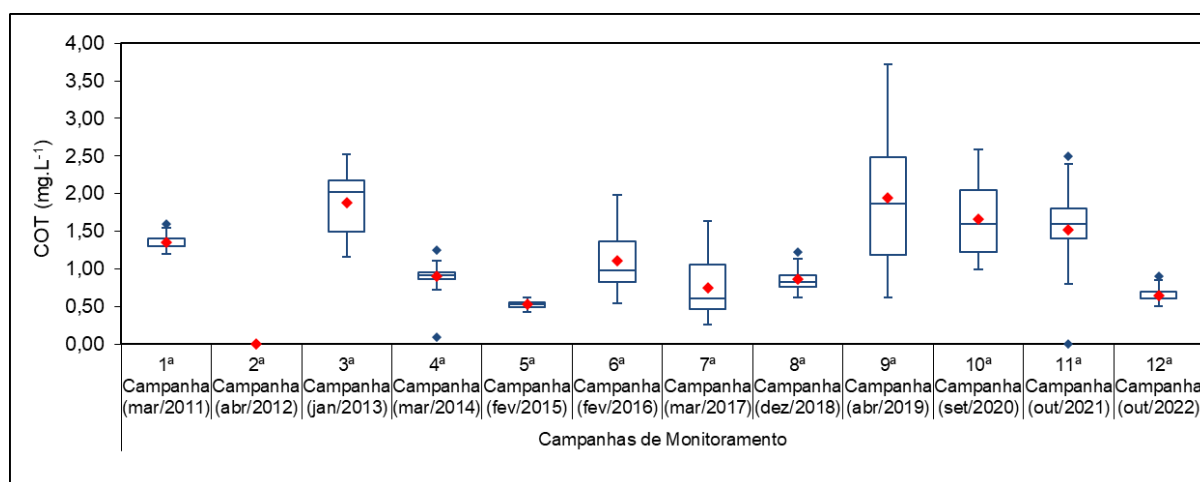
As concentrações de carbono orgânico total (COT) observadas no entorno do FPSO Espírito Santo no atual estudo apresentaram valores que variaram de  $< 0,5 \text{ mg.L}^{-1}$  (estação 6 – TC) a  $0,9 \text{ mg.L}^{-1}$  (estação 8 - SUP), como pode ser observado na **Figura 43**. A Resolução CONAMA 357/05 estabelece o limite de  $3 \text{ mg.L}^{-1}$  de COT para águas marinhas classe 1, limite este que não foi ultrapassado por quaisquer das estações. Diferenças significativas (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ) entre os raios de amostragem não foram verificadas ( $p = 0,7782$ ).

Além disso, comparando com os resultados obtidos ao longo do monitoramento no entorno do FPSO Espírito Santo, as concentrações de COT observadas na atual campanha apresentaram-se de modo mais similar aos resultados de 2015, estando com menores valores comparados ao

histórico observado a partir de 2019. Foram obtidas diferenças significativas (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ) para a maioria das campanhas, à exceção do ano de 2017 ( $p = 0,6693$ ) (**Figura 44**).



**Figura 43: Distribuição das concentrações de Carbono Orgânico Total (COT) nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**



**Figura 44: Concentrações de COT observadas nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

### 5.3.2. Surfactantes

Na presente campanha, nenhuma amostra apresentou concentrações quantificáveis ( $LQ = 0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ ) de surfactantes, assim como na maioria das campanhas realizadas desde 2011, quando não se obteve concentrações de surfactantes acima do limite de quantificação. A maioria dos resultados esteve, inclusive, abaixo do limite de detecção ( $LD = 0,03 \text{ mg.L}^{-1}$ ). A Resolução CONAMA 357/05 estabelece o valor máximo de  $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$  para águas salinas classe 1.



A exceção foi a campanha de 2019, quando foram verificadas concentrações quantificáveis que variaram desde 0,13 mg.L<sup>-1</sup> a 0,27 mg.L<sup>-1</sup>. Sendo assim, apesar de nesta campanha não terem sido quantificados surfactantes, sua aparição na 9ª campanha denota a necessidade da continuidade do acompanhamento deste parâmetro nos próximos monitoramentos.

### 5.3.3. Bifenilas policloradas (PCBs)

As bifenilas policloradas (PCBs) são compostos orgânicos persistentes, pouco solúveis, com potencial de bioacumulação e bioconcentração, representando, com isso, uma ameaça à biota (PENTEADO; VAZ, 2001). Não foram detectadas concentrações de PCBs (LD= 0,000021µg.L<sup>-1</sup>) no presente estudo. Os PCBs também não apresentaram concentrações quantificáveis/detectáveis nas campanhas anteriores, realizadas anualmente desde 2011. Salienta-se que o máximo para PCBs em águas salinas classe 1 segundo a Resolução CONAMA 357/05 é de 0,03 µg.L<sup>-1</sup>.

### 5.3.4. Tributilestanho

Champ (2000) destacou que embora nos últimos anos tenham surgido medidas impeditivas/restritivas em diversos países, as tintas anti-incrustantes a base de tributilestanho (TBT) já foram intensamente utilizadas em estruturas submetidas ao contato direto e prolongado com água do mar, como cascos de embarcações, instalações oceânicas e dutos submarinos.

Assim como para o cloro residual e cobre dissolvido, o Tributilestanho também foi analisado em triplicata, não sendo verificada concentração detectável em nenhuma das estações amostradas (LD= 0,003 µg.L<sup>-1</sup>), resultados inferiores ao máximo requerido para águas salinas classe 1 pela Resolução CONAMA 357/05 (0,01 µg.L<sup>-1</sup>).

Em 2020 foram encontradas concentrações quantificáveis de Tributilestanho em oito amostras oscilando entre 0,0011 e 0,0052 µg.L<sup>-1</sup>. Já em 2019 foram quantificadas concentrações em seis amostras, tendo os valores variado entre 0,0014 e 0,0034 µg.L<sup>-1</sup>. Todas as concentrações estiveram de acordo com a legislação ambiental vigente. Em relação às campanhas pretéritas, o comportamento de tributilestanho não foi diferente significativamente apenas da 11ª campanha ( $p = 1,0$ ), tendo sido observada diferença entre os anos de 2019 ( $p = 0,0109$ ) e 2020 (0,0028).

### 5.3.5. Hidrocarbonetos e Fenóis

No presente trabalho foram avaliados os 16 hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) considerados como prioritários segundo a USEPA em função de suas comprovadas características mutagênicas e carcinogênicas: naftaleno, acenaftileno, acenafteno, fluoreno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, benzo(a)antraceno, criseno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno,

benzo(a)pireno, indeno(1,2,3-c,d)pireno, dibenzo(a,h)antraceno, benzo(ghi)perileno. Também foram avaliados os hidrocarbonetos alifáticos (C10 a C40), incluindo-se os n-alcanos, pristano, fitano, hidrocarbonetos resolvidos de petróleo (HRP), mistura complexa não resolvida (MCNR) e hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP), além de fenóis totais.

Concentrações de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) não foram verificadas, estando abaixo do LD ( $<0,0015 \mu\text{g.L}^{-1}$ ). A Resolução CONAMA 357/05 estabelece limite de até  $0,018 \mu\text{g.L}^{-1}$  em águas salinas classe 1 para corpos de água onde haja pesca ou cultivo de organismos para fins de consumo intensivo (mais restritivo), sendo este limite aplicável apenas para os compostos benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, criseno, dibenzo(a,h)antraceno e indeno(1,2,3-cd)pireno, estando assim os resultados em conformidade com a legislação.

Os hidrocarbonetos alifáticos ocorrem naturalmente na água do mar em concentrações que variam entre  $<1$  e  $10 \mu\text{g.L}^{-1}$ , em função da significativa produção biogênica, enquanto concentrações de n-alcanos de até  $16 \mu\text{g.L}^{-1}$  são reportadas na literatura como indicativas de uma contribuição antropogênica baixa ou ausente (PETROBRAS, 2013). Na presente campanha não foram detectadas concentrações ( $\text{LD} = 0,30 \mu\text{g.L}^{-1}$ ) em quaisquer amostras, o que está em conformidade com o histórico, à exceção do ano de 2019, que apresentou concentrações para n-alcanos de 27,2 e  $33,4 \mu\text{g.L}^{-1}$ .

Considerando o parâmetro MCNR, este geralmente é considerado como uma mistura de muitos isômeros e homólogos estruturalmente complexos de hidrocarbonetos ramificados e cíclicos que não podem ser discriminados, no entanto, usando técnicas de degradação química, foi demonstrado que a MCNR consiste principalmente de cadeias de carbono lineares conectadas em pontos de ramificação, que resultam em moléculas em forma de "T", sendo resistentes à degradação (BOULOBASSI; SALIOT, 1993). A razão entre MCNR e os hidrocarbonetos resolvidos (HRP) é utilizada para indicar o grau de degradação dos compostos orgânicos. Na atual campanha não houve detecção para quaisquer das amostras (MCNR:  $\text{LD} = 30,3 \mu\text{g.L}^{-1}$ ; HRP:  $\text{LD} = 30,3 \mu\text{g.L}^{-1}$ ).

Para a presente campanha foram também analisados os compostos BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos) e fenóis. Para ambos os compostos, em nenhuma amostra houve detecção (BTEX:  $\text{LD} = 0,008 \mu\text{g.L}^{-1}$ ; Fenóis:  $0,3 \mu\text{g.L}^{-1}$ ).

Ao longo do monitoramento do FPSO Espírito Santo, apenas em 2020, foram identificados índices de fenóis cuja variação foi de  $41 \mu\text{g.L}^{-1}$  a  $60 \mu\text{g.L}^{-1}$ .

A Resolução CONAMA 357/05 estabelece para os compostos benzeno, tolueno e etilbenzeno os limites de até 700, 215 e  $25 \mu\text{g.L}^{-1}$ , respectivamente, enquanto para os fenóis totais o limite superior

estabelecido por esta legislação é de 60  $\mu\text{g.L}^{-1}$ . Deste modo, os atuais resultados estiveram em conformidade com a legislação brasileira para estes parâmetros.

Desta forma, com relação aos compostos orgânicos analisados no entorno do FPSO Espírito Santo, todos os resultados obtidos estiveram em conformidade com o preconizado pela Resolução CONAMA 357/05, bem como de acordo com o histórico do monitoramento.

### 5.3.6. Óleos e Graxas

Além dos hidrocarbonetos, um parâmetro que demanda preocupação em relação às atividades petrolíferas e, em especial, ao descarte de água produzida, é o teor de óleos e graxas ou TOG. O parâmetro é o único para o qual são estipuladas concentrações máximas na água produzida pela Resolução CONAMA 393/07, correspondentes a média aritmética simples mensal de até 29,0  $\text{mg.L}^{-1}$ , com máximo diário de 42,0  $\text{mg.L}^{-1}$ . No presente estudo, assim como nas campanhas anteriores não foram verificados óleos e graxas em nenhuma estação, mesmo nas localizadas a 200 m da FPSO Espírito Santo, fato que reforça a hipótese de ausência de influência das atividades do FPSO nas águas de entorno. Foi realizada uma avaliação qualitativa para todas as estações e obteve-se como resultado que o parâmetro foi “virtualmente ausente”.

## 5.4. ECOTOXICIDADE

Os testes de toxicidade auxiliam a observar possíveis efeitos da qualidade da água na biota aquática, posto que o efeito sinérgico de poluentes possa representar uma ameaça não detectada na análise individual de determinados indicadores. No presente monitoramento foram realizados testes de efeito agudo, através da exposição do microcrustáceo *Mysidopsis juniae*, e crônico, avaliados efeitos nocivos aos embriões do ouriço *Echinometra lucunter* (retardamento e/ou ocorrência de anomalias no desenvolvimento até larva pluteus – representado em percentual de embriões afetados).

Os testes de toxicidade aguda foram realizados nas amostras de água do mar das onze estações monitoradas no entorno do FPSO Espírito Santo, por um período de 96 horas em um sistema estático com efeitos sobre a sobrevivência, observado a cada 24 horas. A sobrevivência no controle foi de 100% e constatou-se que as amostras não apresentaram efeito agudo para *M. Juniae*, sendo consideradas não tóxicas.

Os testes de toxicidade crônica corroboraram a ausência de toxicidade sobre a biota, como pode ser observado na **Tabela 7**. Nestes ensaios, foram avaliados efeitos nocivos aos embriões do ouriço *Echinometra lucunter* após exposição de ovos do organismo às amostras de água do mar por um período entre 24 e 28h. Os resultados em cada estação/profundidade foram representados em

percentual (%) de pluteus normais. As amostras foram consideradas não tóxicas – sem efeito crônico para *E. lucunter*.

Os menores percentuais de larvas pluteus normais foram verificados na amostra da estação 7 – SUP (85,8%). É pertinente ressaltar que todos os resultados obtidos foram indicativos de ausência de toxicidade, uma vez que não apresentaram diferenças significativas (Teste de “Dunnett”) em relação aos resultados obtidos por ambos os controles empregados, onde o percentual de pluteus normais foi de 87%. Portanto, os resultados estiveram em acordo com o preconizado pela Resolução CONAMA 357/05.

**Tabela 7: Resultados do teste de ecotoxicidade crônica no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

<i>Echinometra lucunter</i> - Pluteus normais (%)				
Raio / Estação		Sup	ACTC	TC
200 m	1	88,8	93,5	91,8
	2	92,0	93,5	88,8
	3	91,0	86,5	88,8
500 m	4	90,2	86,2	89,0
	5	87,2	87,8	90,2
	6	91,5	95,5	91,0
	7	85,8	86,0	89,0
	8	90,8	89,5	88,8
	9	89,0	93,0	88,8
1.000 m	10	91,2	89,0	89,2
	11	91,2	91,2	90,5

## 5.5. BIOTA

### 5.5.1. Fitoplâncton

As amostras de fitoplâncton foram coletadas juntamente com as amostras para análises químicas nas mesmas profundidades, em cinco estações (estações 1, 3, 5, 7 e 10), distribuídas na malha amostral da 12ª campanha realizada no entorno do FPSO Espírito Santo. Destaca-se que o inventário florístico com o enquadramento taxonômico e densidade celular de cada organismo é apresentado no **ANEXO D**.

#### 5.5.1.1. Composição específica

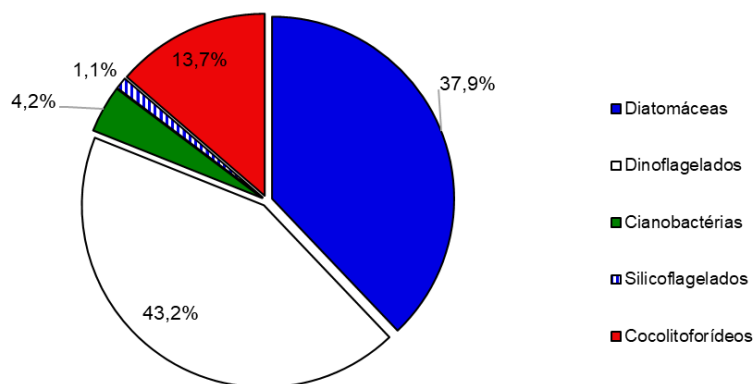
O fitoplâncton estudado pode ser dividido em função do tamanho dos organismos: nanoplâncton e microfitoplâncton. Os organismos do nanoplâncton tem reduzido tamanho (2 a 20 µm), o que

dificulta a identificação das espécies em análises de rotina, conforme detalhado na metodologia. Para o nanoplâncton, na atual campanha foram identificados 5 táxons, sendo eles o nanoplâncton não identificado (1 táxon), Diatomácea (1 táxon), Dinoflagelado (1 táxon), Cianobactéria (1 táxon) e Cocolitoforídeo (1 táxon).

Por outro lado, a comunidade microfitoplanctônica ( $> 20 \mu\text{m}$ ) permitiu uma análise mais profunda e foi dividida em grandes grupos (categorias taxonômicas como classes e até mesmo grupos artificiais): diatomáceas (divisão Bacillariophyta), dinoflagelados (divisão Dinoflagellata), cianobactérias (divisão Cyanobacteria), silicoflagelados (divisão Chromophyta – Classe Dictyochophyceae), e cocolitoforídeos (divisão Haptophyta – Classe Coccolithophyceae) de forma que a composição da comunidade do microfitoplâncton pode ser analisada mais profundamente, conforme será abordado adiante.

Na atual campanha no entorno do FPSO Espírito Santo, o microfitoplâncton foi composto por 95 táxons distintos, pertencentes a diferentes grupos do fitoplâncton, sendo a maioria dinoflagelados (41 táxons), seguido pelas diatomáceas (36 táxons), cocolitoforídeos com 13 táxons, cianobactérias com 4 táxons e silicoflagelados com apenas 1 táxon, conforme mostra a **Figura 45**. A predominância de diatomáceas e de dinoflagelados na comunidade microfitoplanctônica, totalizando 80,6% do total de número de táxons, é comum nos ambientes oceânicos, conforme reportado por diversos autores para regiões no Atlântico Sul (TENENBAUM *et al.*, 2007; OLGUÍN *et al.*, 2006). Segundo Hallegraeff (1984) a importância das diatomáceas está associada à sua grande participação na produção primária marinha e sua biodiversidade. Já os dinoflagelados formam parte da alimentação de vários organismos planctônicos e conseqüentemente, são muito importantes na transferência de energia na rede trófica, sendo comum a dominância de dinoflagelados sob diatomáceas em águas oceânicas (TENENBAUM *et al.*, 2006; PASSAVANTE *et al.*, 1982; MARGALEF, 1972). A campanha atual demonstra seguir o padrão de contribuição observado nas campanhas pretéritas, com a composição do microfitoplâncton apresentando também a predominância de diatomáceas e de dinoflagelados frente aos demais grupos, seguidos de cocolitoforídeos (contribuição sempre superior a 12%). As cianobactérias contribuíram com menos de 7%, assim como nas campanhas pretéritas.

### Contribuição por grupo



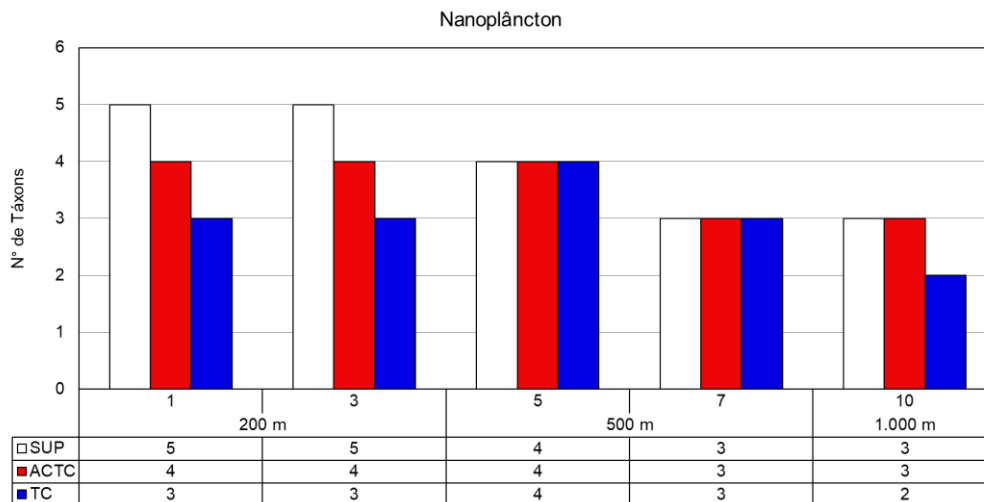
**Figura 45: Contribuição percentual das classes taxonômicas do microfitoplâncton identificadas nas estações de amostragem no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

A comunidade microfitoplanctônica refletiu as condições de um sistema oceânico tropical caracterizado por espécies termófilas indicadoras da Corrente do Brasil, como a diatomácea *Leptocylindrus mediterraneus*; os dinoflagelados *Pronoctiluca pelagica* e *Oxytoxum gracile*; os cocolitoforídeos *Discosphaera tubifera*, *Calciosolenia murrayi* e *Ophiaster hydroideus* (WOOD, 1968; CHRÉTIENNOT-DINET, 1990; HASLE; SYVERSTSEN, 1997; STEIDINGER; TANGEN, 1997; HEIMDAL, 1997; CAPONE *et al.*, 1997; LUNDGREN *et al.*, 2001; TENEMBAUM *et al.*, 2006).

#### 5.5.1.2. Riqueza

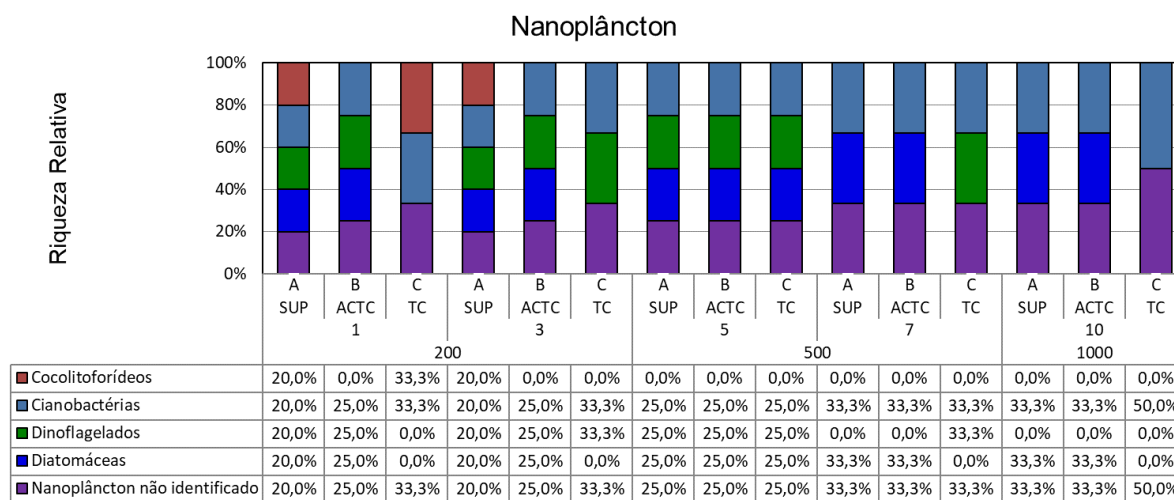
##### **Nanoplâncton**

Com relação ao nanoplâncton, a riqueza oscilou entre 2 e 5 táxons, tendo o valor máximo sido observado nas estações 1- SUP e 3 – SUP, e o menor na estação 10 TC. Não foi observado um padrão comum de distribuição da riqueza entre as estações (**Figura 46**), apenas que, à exceção da estação 3, os estratos SUP e ACTC apresentaram as maiores riquezas. Não foi identificada diferença significativa entre os três raios de amostragem 200, 500 e 1.000 m (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ), com  $p = 0,0864$ , bem como entre os estratos ( $p = 0,1996$ ).



**Figura 46: Número de táxons do nanoplâncton em cada profundidade nas cinco estações monitoradas durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos**

O nanoplâncton não identificado e as cianobactérias estiveram presentes em 100% das amostras, enquanto as diatomáceas estiveram em 11 amostras, os dinoflagelados em nove e os cocolitoforídeos em apenas três, como pode ser visto na **Figura 47**. Não ocorreu um padrão claro de distribuição desses grupos entre as estações ou profundidades.



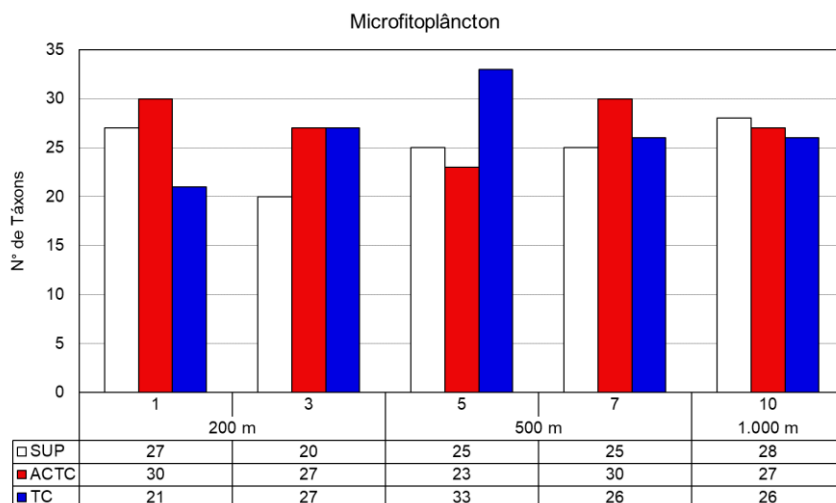
**Figura 47: Contribuição percentual da riqueza de táxons do nanoplâncton por categoria taxonômica nas cinco estações e em cada profundidade monitorada durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

### Microfitoplâncton

A **Figura 48** mostra o número de táxons do microfitoplâncton ao longo das estações e profundidades, variando entre 20 táxons na estação 3 - SUP e 33 táxons na estação 5 – TC. Não



ocorreu um padrão claro de distribuição desses grupos entre as estações ou profundidades, não tendo sido identificada diferença significativa entre os resultados de cada estrato ( $p= 0,4558$ ) e entre os raios de amostragem ( $p= 0,836$ ) ao aplicar o teste estatístico Kruskal-Wallis ( $p<0,05$ ), não sendo, portanto, identificada uma relação entre o número de táxons e a proximidade do FPSO.



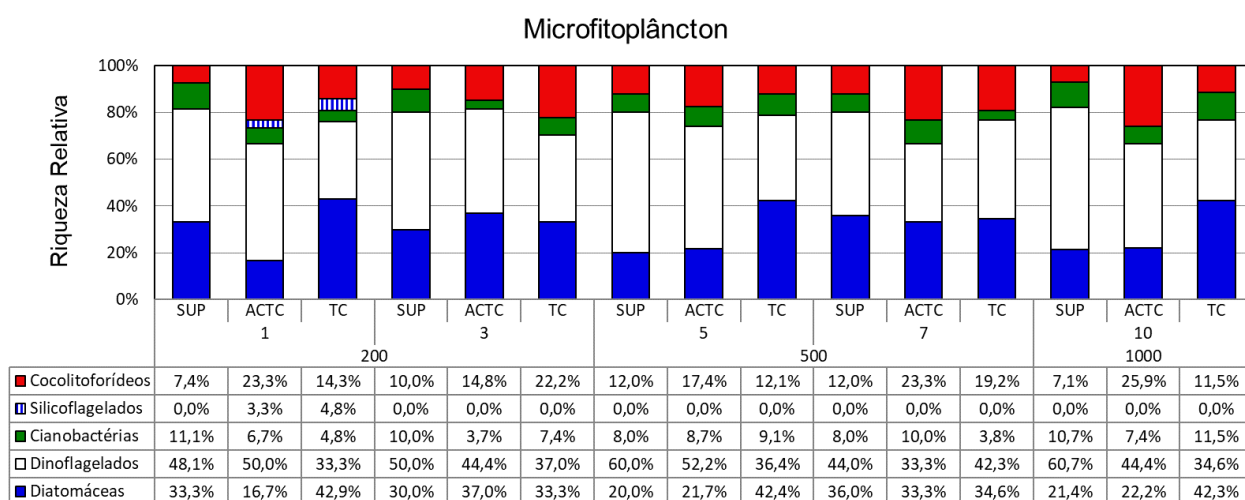
**Figura 48: Número de táxons do microfitoplâncton em cada profundidade nas cinco estações monitoradas durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Na **Tabela 8** observa-se o número de táxons distribuídos pelos grandes grupos, onde se verifica que as diatomáceas e os dinoflagelados apresentaram valores médios representativos para o total de táxons na campanha.

**Tabela 8: Número de táxons do microfitoplâncton e estatística descritiva das cinco estações monitoradas durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Distância	Estação	Código	Diatomáceas	Dinoflagelados	Cianobactérias	Silicoflagelados	Cocolitoforídeos	Nº de táxons
200 m	1	SUP	9	13	3	-	2	27
		ACTC	5	15	2	1	7	30
		TC	9	7	1	1	3	21
	3	SUP	6	10	2	-	2	20
		ACTC	10	12	1	-	4	27
		TC	9	10	2	-	6	27
500 m	5	SUP	5	15	2	-	3	25
		ACTC	5	12	2	-	4	23
		TC	14	12	3	-	4	33
	7	SUP	9	11	2	-	3	25
		ACTC	10	10	3	-	7	30
		TC	9	11	1	-	5	26
1.000 m	10	SUP	6	17	3	-	2	28
		ACTC	6	12	2	-	7	27
		TC	11	9	3	-	3	26
Total			123	176	32	2	62	395
Mínimo			5	7	1	1	2	20
Máximo			14	17	3	1	7	33
Média			8,20	11,73	2,13	1,00	4,13	26,33
Desvio Padrão			2,62	2,55	0,74	-	1,85	3,37
CV%			32,00%	21,72%	34,84%	-	44,67%	12,81%

A **Figura 49** mostra a distribuição por grupos ao longo das estações. Percebe-se que as maiores contribuições são de dinoflagelados ao longo da maioria das estações/profundidades, à exceção de 1 – TC, 5 – TC, onde predominaram as diatomáceas, e 7 – ACTC onde dinoflagelados e diatomáceas apresentaram o mesmo percentual. Destacam-se também as diatomáceas. Cianobactérias e cocolitoforídeos apresentaram contribuições relevantes, com leve alternância entre si, a depender da estação. As menores contribuições se deram por parte das silicoflagelados.



**Figura 49: Contribuição percentual da riqueza de táxons por categoria taxonômica nas cinco estações e em cada profundidade monitorada durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Dentre os 95 táxons observados na campanha atual, a maioria (78 táxons 82,11% do total) ocorreu em no máximo sete amostras. Ao considerar os 72 táxons que ocorreram em até 5 amostras tem-se 75,79% do total, associados à uma frequência de ocorrência esporádica ou pouco frequente. Ao levar-se em conta a ocorrência em apenas uma amostra, tem-se 31 táxons (32,63%), a citar:

*Dactyliosolen phuketensis* (Sunström) Hasle; *Pseudosolenia calcar-avis* (Schultze) Sundström; *Proboscia alata* (Brightwell) Sundström; *Rhizosolenia setigera* Brightwell; *Leptocylindrus danicus* Cleve; *Chaetoceros pendulus* Karsten; *Chaetoceros tetrastichon* Cleve; *Cerataulina* spp.; *Licmophora* spp.; *Thalassionemataceae* C; *Naviculaceae* 1A; *Naviculaceae* 1C; *Diatomácea* penata 4D; *Diatomácea* penata 8A; *Gymnodiniales* 4B; *Torodinium robustum* Kofoed & Swezy; *Tripos furca* (Ehrenberg) Gómez; *Tripos* cf. *massiliensis* (Gourret) Gómez; *Tripos setaceus* (Jørgensen) Gómez (= *Ceratium kofoedii* Jørgensen); *Tripos teres* (Kofoed) Gómez; *Protoperidinium* spp.; *Podolampas palmipes* Stein; *Podolampas spinifera* Okamura; *Oxytoxum* cf. *mitra* (F.Stein) Schröder; *Histioneis* cf. *hyalina* Kofoed & J.R.Michener; *Dinophysis acuminata* Claparède & Lachmann; *Amphisolenia globifera* Stein; *Prorocentrum* cf. *compressum* (Bailey) Abé ex Dodge; *Prorocentrum* cf. *micans* Ehrenberg; *Dinoflagelado* tecido NI 2A; *Rhabdosphaera clavigera* Murray & Blackman;

Um total de 10 táxons (10,53% do total de táxons) foi classificado como muito frequentes na área, por terem sido registrados em mais de 70% das amostras (11 a 15 amostras). A **Tabela 9** lista estes táxons, onde se verifica que uma parcela importante é identificada pelo morfotipo, caso de dinoflagelados e de diatomáceas.

**Tabela 9: Táxons do microfitoplâncton muito frequentes durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Grupo	Táxons mais frequentes (>70%)	Frequência
Diatomácea	Diatomácea penata 1A	100,00%
Dinoflagelado	Gymnodiniales 1A	100,00%
Dinoflagelado	Gymnodiniales 2A	100,00%
Dinoflagelado	Gymnodiniales 3A	100,00%
Dinoflagelado	Gymnodiniales 4A	100,00%
Cianobactéria	Ordem Nostocales	93,33%
Cianobactéria	Cianobactéria colonial NI	86,67%
Cocolitofórideo	<i>Discosphaera tubifera</i> (Murray & Blackman) Ostensfeld	86,67%
Dinoflagelado	Heterocapsa spp.	80,00%
Dinoflagelado	<i>Oxytoxum</i> cf. <i>gracile</i> Schiller	80,00%

A **Tabela 10** sintetiza os resultados obtidos em números de táxons identificados ao longo das 12 campanhas de monitoramento. A média entre as campanhas apresentou variação expressiva, indo de 20 (2015) a 44 (2013), com os resultados obtidos na presente campanha (média de 26,3 táxons) similares aos observados nos últimos anos. O padrão de predominância do número de táxons de dinoflagelados sobre o de diatomáceas tem sido observado ao longo de todas as campanhas de monitoramento.

**Tabela 10: Estatística descritiva do número de táxons das estações monitoradas durante as campanhas de Monitoramento Ambiental do entorno do FPSO Espírito Santo durante os anos de 2011 a 2021.**

NÚMERO DE TÁXONS								
Campanha	Estatística	Total	Diat	Dino	Ciano	Silico	Cocol	Eugl
2011	Mínimo	19	5	7	2	1	1	1
	Máximo	40	13	21	6	1	7	1
	Média	32	9	15	4	1	3	1
	Desvio-padrão	5	2	4	1	-	2	-
2012	Mínimo	24	9	9	2	-	3	1
	Máximo	52	18	24	5	-	8	1
	Média	39	13	16	3	-	6	-
	Desvio-padrão	8	3	4	1	-	1	-
2013	Mínimo	33	10	14	2	1	3	1
	Máximo	55	23	23	5	1	9	1

**Tabela 10: Estatística descritiva do número de táxons das estações monitoradas durante as campanhas de Monitoramento Ambiental do entorno do FPSO Espírito Santo durante os anos de 2011 a 2021.**

NÚMERO DE TÁXONS								
Campanha	Estatística	Total	Diat	Dino	Ciano	Silico	Cocol	Eugl
	Média	44	16	19	3	-	6	-
	Desvio-padrão	6	3	3	1	-	2	-
2014	Mínimo	17	4	7	-	-	2	-
	Máximo	26	11	12	3	-	6	-
	Média	21	6	9	1	-	4	-
	Desvio-padrão	2	2	1	1	-	1	-
2015	Mínimo	16	2	6	1	-	-	-
	Máximo	27	11	12	3	-	4	-
	Média	20	6	9	2	-	2	-
	Desvio-padrão	3	2	2	1	-	1	-
2016	Mínimo	19	1	10	1	-	4	-
	Máximo	34	33	31	4	1	14	-
	Média	26	8	13	2	-	6	-
	Desvio-padrão	4	7	5	1	-	3	-
2017	Mínimo	18	2	9	1	-	2	-
	Máximo	28	9	12	4	1	6	1
	Média	24	6	10	2	-	4	-
	Desvio-padrão	3	2	1	1	-	1	-
2018	Mínimo	17	3	9	1	-	-	-
	Máximo	29	9	17	3	1	5	-
	Média	21	6	12	1	-	2	-
	Desvio-padrão	12	5	6	1	-	2	-
2019	Mínimo	16	4	10	1	0	1	-
	Máximo	32	13	16	4	1	7	-
	Média	25	6	13	2	0	3	-
	Desvio-padrão	5	2	2	1	0	2	-
2020	Mínimo	14	3	9	1	0	1	0
	Máximo	29	10	17	1	1	7	1
	Média	23,4	7	13	1	0	3	0
	Desvio-padrão	5	2	2	0	0	2	0
2021	Mínimo	21	2	9	1	1	2	-
	Máximo	33	12	18	4	1	6	-
	Média	26,1	6	13	2	1	4	-
	Desvio-padrão	4	3	3	1	-	2	-

**Tabela 10: Estatística descritiva do número de táxons das estações monitoradas durante as campanhas de Monitoramento Ambiental do entorno do FPSO Espírito Santo durante os anos de 2011 a 2021.**

NÚMERO DE TÁXONS								
Campanha	Estatística	Total	Diat	Dino	Ciano	Silico	Cocol	Eugl
2022	Mínimo	20	5	7	1	1	2	-
	Máximo	33	14	17	3	1	7	-
	Média	26,3	8	12	2	1	4	-
	Desvio-padrão	3	3	3	1	-	2	-

### 5.5.1.3. Análise Quantitativa

A densidade celular do fitoplâncton total, nanoplâncton e microfitoplâncton por profundidade de cada estação é apresentada na **Tabela 11**. Como mencionado anteriormente, a avaliação do nanoplâncton permite a discussão em termos quantitativos, em detrimento à abordagens qualitativas, visto que os organismos são identificados somente em grandes grupos, sendo possível identificar uma parcela muito pequena do total de organismos. O fitoplâncton total apresentou densidade celular com mínimo de  $3,24.10^6 \text{ cel.L}^{-1}$  (estação 10 - TC) e máximo de  $11,68 \text{ cel.L}^{-1}$  (estação 7 - ACTC), com média de  $6,86.10^6 \text{ cel.L}^{-1}$  (DP –  $2,8.10^6 \text{ cel.L}^{-1}$ ).

Ao realizar análise estatística verificou-se que não foi observada diferença significativa (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ) entre a densidade das estações nos raios de 200 e 1.000 m do FPSO para o microfitoplâncton ( $p = 0,6959$ ) e nem para o nanoplâncton ( $p = 0,9713$ ).

Destacam-se os maiores valores de nanoplâncton em relação ao microfitoplâncton. Nybakken; Bertness (2005) citaram que a dominância numérica do nanoplâncton é uma característica associada a águas oligotróficas, pois células maiores do microplâncton prevalecem em águas mais ricas em nutrientes, onde a produção primária é mais intensa. O tamanho reduzido das células do nanoplâncton proporciona uma alta relação superfície/volume, aumentando a eficiência na assimilação de nutrientes, que é uma condição favorável em regiões oceânicas (DUGDALE; GOERING, 1967; EPPLEY *et al.*, 1969, MALONE, 1971).

**Tabela 11: Densidade celular ( $\text{cel.L}^{-1}$ ) total, do microfitoplâncton e do nanofitoplâncton das cinco estações monitoradas durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Distância	Amostra	Camada	Densidade (cel.L <sup>-1</sup> )		
			Total	Nanoplâncton	Microfitoplâncton
200 m	1	SUP	8.175.392	8.167.387,95	8.004,27
		ACTC	6.642.882	6.632.501,60	10.380,53
		TC	3.843.704	3.838.015,50	5.688,20
	3	SUP	6.888.422	6.878.979,70	9.442,53
		ACTC	9.674.854	9.668.663,65	6.190,80
		TC	4.070.262	4.062.868,93	7.393,07
500	5	SUP	5.755.175	5.747.421,15	7.754,13
		ACTC	5.474.414	5.467.332,40	7.081,90
		TC	4.302.120	4.295.475,93	6.644,20
	7	SUP	10.157.967	10.150.416,30	7.550,90
		ACTC	11.683.854	11.674.099,10	9.755,20
		TC	3.966.996	3.962.072,57	4.923,40
1.000 m	10	SUP	11.355.237	11.349.196,15	6.040,72
		ACTC	7.683.687	7.674.431,75	9.254,93
		TC	3.240.711	3.227.422,13	13.288,40
Mínimo			3.240.711	3.227.422	4.923
Máximo			11.683.854	11.674.099	13.288
Média			6.861.045	6.853.086	7.960
Desvio Padrão			2.838.083	2.838.157	2.164

As densidades do fitoplâncton na atual campanha estiveram dentro dos intervalos observados nas campanhas pretéritas, com predominância de valores na ordem de grandeza  $10^6$  (**Tabela 12**). Os principais fatores que afetam a abundância de organismos pelágicos são a predação e a limitação de recursos, variando em função de fatores como sazonalidade, proximidade da costa e até a mistura vertical e horizontal das massas de água provocadas por vórtices de mesoescala (BERGLUND *et al.*, 2005; CALBET *et al.*, 2001; HUANG *et al.*, 2008). Na Bacia de Campos é comum a ocorrência de vórtices e meandros, que alteram localmente o deslocamento das correntes (e. g., SIGNIORINI, 1974; GABIOUX, 2008; FRAGOSO *et al.*, 2008), o que pode estimular o crescimento do fitoplâncton, resultando em oscilações nas densidades.

**Tabela 12: Densidade do fitoplâncton total ( $10^6\text{cel.L}^{-1}$ ) registradas nas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Espírito Santo.**

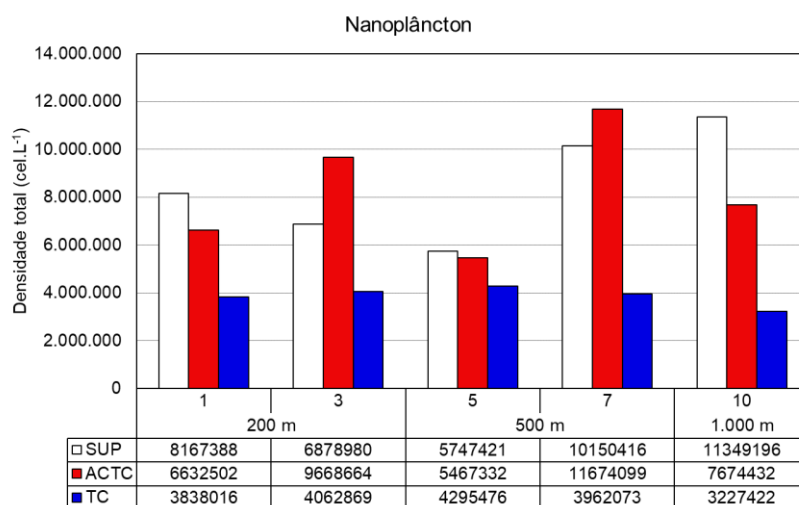
Campanhas	Mínimo	Máximo
2011	0,4	0,9
2012	0,7	2,4
2013	2,6	5



**Tabela 12: Densidade do fitoplâncton total ( $10^6 \text{ cel.L}^{-1}$ ) registradas nas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Espírito Santo.**

Campanhas	Mínimo	Máximo
2014	0,8	2,7
2015	1,6	4,9
2016	2,8	6,8
2017	1,74	8,97
2018	1,31	5,15
2019	3,02	7,99
2020	2,28	10,52
2021	1,74	7,21
2022	3,24	11,68

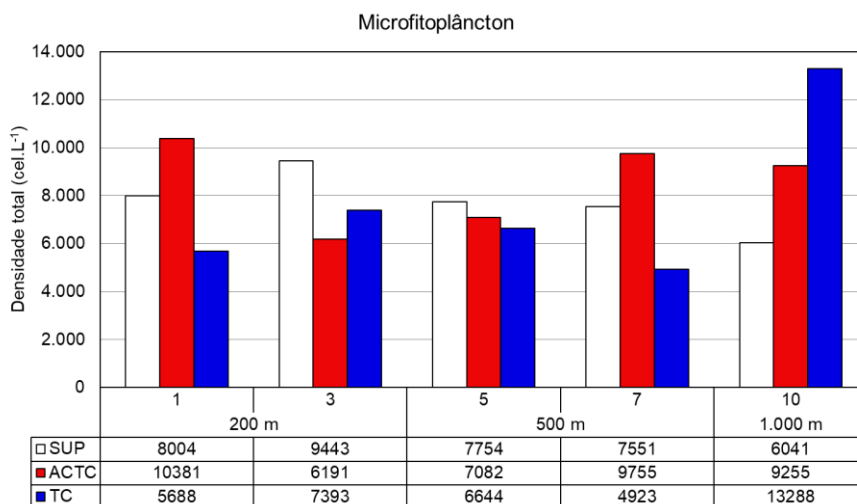
Os valores de densidade do nanofitoplâncton variaram entre  $3,2 \cdot 10^6$  (estação 10 – TC) e  $11,6 \cdot 10^6 \text{ cel.L}^{-1}$  (estação 7 – ACTC), conforme mostra a **Figura 50**. Foi identificada diferença significativa da densidade entre os estratos ( $p = 0,009$ ). O teste *a posteriori* detectou dos estratos SUP e ACTC frente ao estrato TC, que foi o que apresentou as menores densidades de nanoplâncton.



**Figura 50: Densidade celular ( $\text{cel.L}^{-1}$ ) do nanofitoplâncton no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

A distribuição da densidade total do microfitoplâncton ( $> 20 \mu\text{m}$ ) variou de  $4,9 \cdot 10^3$  (estação 7 - TC) a  $1,3 \cdot 10^4 \text{ cel.L}^{-1}$  (estação 10 - TC), conforme mostra a **Figura 51**. Não foi observada diferença significativa (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ) entre as amostras localizadas nos raios de 200, 500 e 1.000 m do ponto de descarte do FPSO para o microfitoplâncton ( $p = 0,6959$ ) e nem entre os estratos ( $p = 0,4317$ ). De modo geral, os resultados foram similares ao observado em regiões oceânicas, com

variações na ordem de  $10^2$  a  $10^4$  cel.L<sup>-1</sup> já registradas em regiões oceânicas do Atlântico Sul (BRANDINI *et al.*, 1997; EYNAUD *et al.*, 1999; CUPELO, 2000).



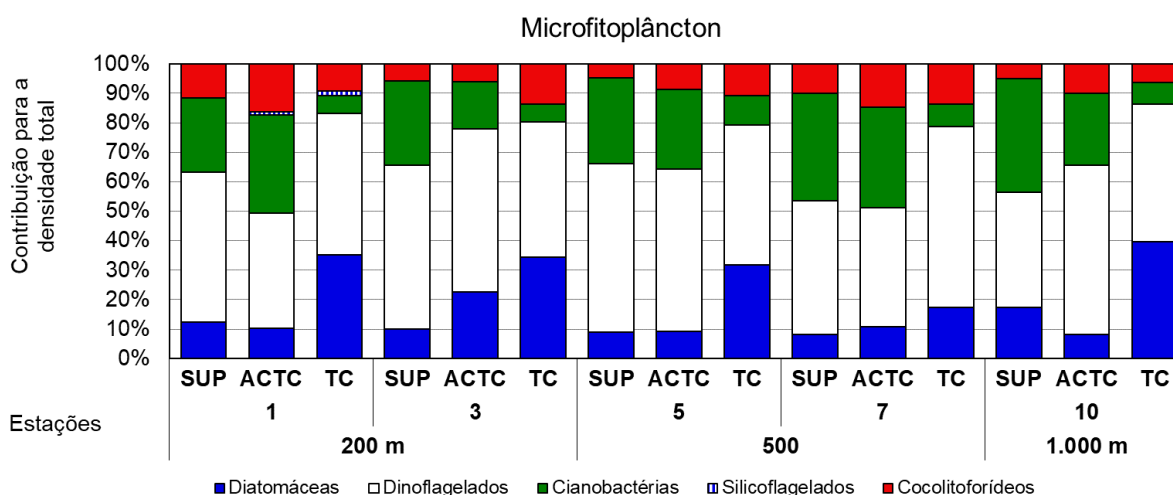
**Figura 51: Densidade celular do microfitoplâncton (cel.L<sup>-1</sup>) nas cinco estações monitoradas durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

No que diz respeito à densidade celular, o grupo dos dinoflagelados foi o que apresentou a maior contribuição para a densidade total (média de 3.911 cel.L<sup>-1</sup>) seguido das cianobactérias (média 1072 cel.L<sup>-1</sup>), diatomáceas (média de 1.467 cel.L<sup>-1</sup>), dos coccolitoforídeos (média de 785 cel.L<sup>-1</sup>), e por fim os silicoflagelados (média de 15 cel.L<sup>-1</sup>) (**Tabela 13**).

**Tabela 13: Densidade celular (cel.L<sup>-1</sup>) do microfitoplâncton total e das categorias taxonômicas identificadas nas cinco estações monitoradas durante 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Distân-cia	Amos-tra	Camada	Microfitoplâncton					
			Diatomáceas	Dinoflagelados	Cianobactérias	Silicoflagela-dos	Cocolitoforí-deos	TOTAL
200 m	1	SUP	1.001	4.065	2.001	0	938	8.004
		ACTC	1.063	4.065	3.439	125	1.688	10.381
		TC	2.008	2.725	335	96	526	5.688
	3	SUP	938	5.253	2.689	0	563	9.443
		ACTC	1.407	3.424	985	0	375	6.191
		TC	2.549	3.378	446	0	1.020	7.393
500	5	SUP	688	4.440	2.251	0	375	7.754
		ACTC	657	3.893	1.923	0	610	7.082
		TC	2.103	3.155	669	0	717	6.644
	7	SUP	610	3.424	2.767	0	750	7.551
		ACTC	1.063	3.940	3.314	0	1.438	9.755
		TC	860	3.011	382	0	669	4.923
1.000 m	10	SUP	1.051	2.364	2.326	0	300	6.041
		ACTC	750	5.315	2.251	0	938	9.255
		TC	5.258	6.214	956	0	860	13.288
Mínimo			610	2.364	335	0	300	4.923
Máximo			5.258	6.214	3.439	125	1.688	13.288
Média			1.467	3.911	1.782	15	785	7.960
Desvio Padrão			1.199	1.047	1.072	39	386	2.164

A predominância das dinoflagelados foi observada em todas as estações, com mínimo de 39,13% (estação 10 – SUP) e máximo de 61,17% (estação 7 – TC). As diatomáceas se destacaram em algumas amostras, tendo apresentado contribuições acima de 30% para 1 – TC (35,29%); 3 – TC (34,48%); 5 – TC (31,65%) e 10 – TC (39,57%). O grupo das cianobactérias também se mostrou com uma contribuição relevante, tendo sido maiores que 30% para as amostras 1 – ACTC (33,13%); 7 – SUP e ACTC (36,65% e 33,97%, respectivamente) e 10 – SUP (38,51%) (**Figura 52**).



**Figura 52: Contribuição percentual das categorias taxonômicas na densidade do microfitoplâncton no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

A **Tabela 14** lista os dez táxons mais abundantes encontrados na atual campanha por grandes grupos, sendo possível observar que os grupos dos dinoflagelados e diatomáceas foram os que mais contribuíram, tendo apresentado quatro táxons cada.

**Tabela 14: Dez táxons de maior densidade celular (cel.L<sup>-1</sup>) dentre o microfitoplâncton identificado nas cinco estações monitoradas durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. Os valores de densidade apresentados referem-se à soma dos resultados das amostras (estações/profundidades).**

Grupo	Táxon	Densidade (cel.L <sup>-1</sup> )	Contribuição
Cianobactéria	Cianobactéria colonial NI	21.748	18,22%
Dinoflagelado	Gymnodiniales 2A	16.160	13,54%
Dinoflagelado	Gymnodiniales 3A	12.556	10,52%
Dinoflagelado	Gymnodiniales 4A	11.049	9,25%
Dinoflagelado	Gymnodiniales 1A	8.743	7,32%

**Tabela 14: Dez táxons de maior densidade celular (cel.L<sup>-1</sup>) dentre o microfitoplâncton identificado nas cinco estações monitoradas durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. Os valores de densidade apresentados referem-se à soma dos resultados das amostras (estações/profundidades).**

Grupo	Táxon	Densidade (cel.L <sup>-1</sup> )	Contribuição
Cocolitoforídeo	<i>Discosphaera tubifera</i> (Murray & Blackman) Ostenfeld	4.958	4,15%
Diatomácea	Diatomácea penata 1A	4.550	3,81%
Cianobactéria	Ordem Nostocales	4.310	3,61%
Diatomácea	<i>Pseudo-nitzschia</i> complexo " <i>delicatissima</i> "	3.743	3,14%
Diatomácea	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Lewin & Reimann	2.822	2,36%
Diatomácea	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (H. Peragallo) Hasle	1.827	1,53%

Para os dinoflagelados, o morfotipo Gymnodiniales 2A foi o que mais contribuiu com a densidade. Acredita-se que a maior parte dos dinoflagelados da ordem Gymnodiniales, observados em regiões oceânicas, sejam heterotróficos (Gómez, 2007), já que sob condições de limitações de nutrientes eles prevalecem sob os dinoflagelados tipicamente autotróficos (Chang *et al.*, 2003). Dentre as estratégias adaptativas que faz com que os dinoflagelados sejam bem-sucedidos em regiões oligotróficas, como a do atual estudo, pode-se citar a capacidade das células assimilarem os nutrientes em camadas mais profundas e se deslocarem para a superfície para a captação da luz e realização da fotossíntese (Margalef, 1978). Há ainda a capacidade de realizar mixotrofia ou heterotrofia para superar condições de limitação de nutrientes e a presença de flagelos que contribui para um deslocamento, mesmo que restrito, na coluna de água (Smayda & Reynolds, 2003).

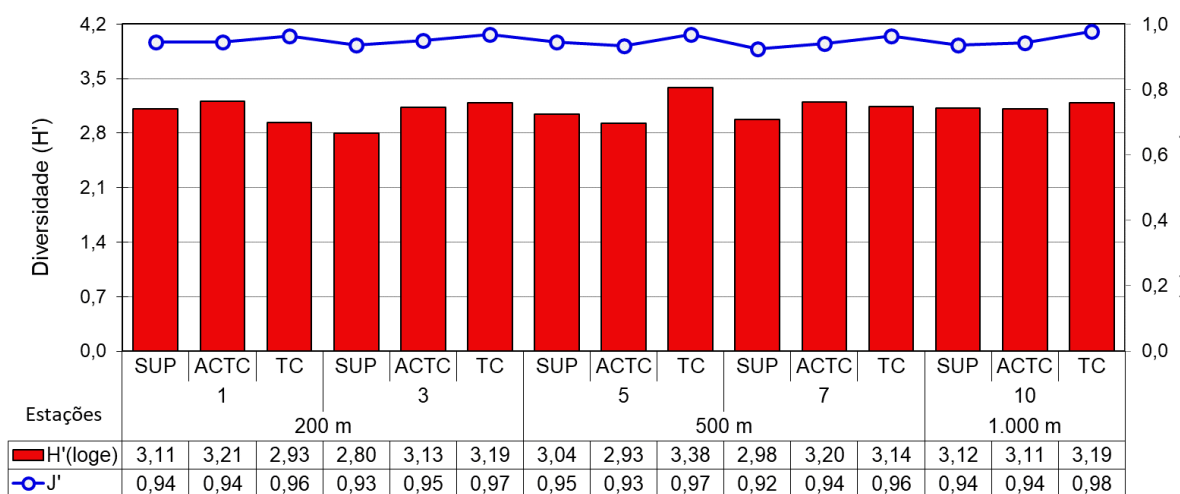
No que tange às cianobactérias, destacaram-se dois grupos: Cianobactéria colonial NI – tendo este sido o mais representativo - e a Ordem Nostocales. Alguns autores destacam que as cianobactérias poderiam dominar o plâncton marinho tropical e subtropical, pois possuem grande capacidade de fixar nitrogênio, além de possuírem vacúolos de gás (aerótopos) para regular sua flutuabilidade na coluna de água e assim manter seus filamentos na zona eufótica. O fato de se apresentarem como florações em alguns momentos ou apenas como uma fração do microfitoplâncton em alguns momentos em outros, sugere que a população sofre algum tipo de limitação, provavelmente relacionada com o hidrodinamismo local das áreas oceânicas e/ou pressão de pastagem (CARPENTER, 1983; CARPENTER *et al.*, 1987; CAPONE *et al.*, 1997.; VILLAREAL; CARPENTER, 1990, 2003). A predominância de cianofíceas nessa região corrobora com a presença da ACAS, de maneira sazonal (verão), enriquecendo nutricionalmente a zona eufótica (YONEDA *et al.*, 1999).

No caso das diatomáceas, o táxon que mais se destacou foi a Diatomácea penata 1A, acompanhada por *Pseudo-nitzschia* complexo "*delicatissima*", *Cylindrotheca closterium* e *Leptocylindrus mediterraneus*. Todos estes táxons já se mostraram como frequentes no decorrer de campanhas pretéritas, sendo importante ressaltar que nem sempre assumiram tal comportamento em todas as campanhas, tendo em vista que há uma variabilidade natural do fator biológico. A diatomácea *C. closterium* habita águas neríticas e possui hábitos ticopelágicos e meroplânctônicos (ROUND, 1981 apud KINGSTON, 2009). Assim como nas campanhas passadas (2020 e 2019), o único coccolitoforídeo que se destacou foi o *Discosphaera tubifer* (Murray & Blackman) Ostefeld.

#### 5.5.1.4. Estrutura da Comunidade Fitoplanctônica

Índices calculados para comunidades bióticas auxiliam na interpretação da distribuição de espécies, quanto à composição e abundância. O índice de equitabilidade de Pielou ( $J'$ ) pode variar entre 0 e 1, onde quanto mais próximo de 1, maior a homogeneidade / uniformidade da comunidade, com isso há maior resistência a distúrbios ambientais. O índice de diversidade de Shannon ( $H'$ ) considera também a abundância relativa de cada táxon dentre da comunidade fitoplanctônica, expressando riqueza ( $n^0$  de táxons) e uniformidade.

Na **Figura 53**, é possível observar que os valores dos índices de equitabilidade e de diversidade variaram pouco ao longo das estações e profundidades. Além disso, percebe-se que o comportamento da equitabilidade acompanhou, de um modo geral, as oscilações da diversidade, o que confere maior confiabilidade aos resultados obtidos. Altos valores no índice de equitabilidade em amostras com baixa diversidade específica indicam anomalias no índice de diversidade (VALENTIN *et al.*, 1991), o que não foi observado neste estudo. O índice de diversidade de Shannon variou entre 2,80 a 3,38 bits.ind<sup>-1</sup> (estação 3 – SUP e estação 5 – TC, respectivamente), com média de 3,10 e desvio-padrão de 0,14 bits.ind<sup>-1</sup>. O índice de equitabilidade variou de 0,92 a 0,98 (estação 7 - SUP e estação 10 – TC, respectivamente), com média de 0,95 e desvio-padrão de 0,02.



**Figura 53: Índice de diversidade (H') e de equitabilidade (J') da comunidade fitoplanctônica das cinco estações monitoradas na 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos, Bacia de Campos.**

Nas campanhas anteriores os índices de diversidade e equitabilidade demonstraram faixas relativamente amplas de variação, o que deve refletir as diferentes ordens de grandeza da densidade dos táxons dominantes em cada campanha. Valendo ressaltar que os resultados dos índices da presente campanha apresentaram faixas de variação menores, ao comparar com a campanha anterior (**Tabela 15**).

**Tabela 15: Valores de diversidade e equitabilidade da comunidade fitoplanctônica nas últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Espírito Santo**

Campanha	Diversidade (bits.ind <sup>-1</sup> )		Equitabilidade	
	Mín	Máx	Mín	Máx
2011	1,9	3,6	0,6	0,9
2012	1,7	3	0	0,87
2013	2,4	4,1	0,4	0,7
2014	1,9	2,7	0,5	0,9
2015	2	2,5	0,6	0,9
2016	0,12	0,53	0,04	0,17
2017	1,6	2,82	0,5	0,87
2018	1,76	2,37	0,55	0,7
2019	2,15	3,95	0,43	0,8
2020	2,04	2,80	0,76	0,84
2021	2,24	2,93	0,73	0,85
2022	2,80	3,38	0,92	0,98

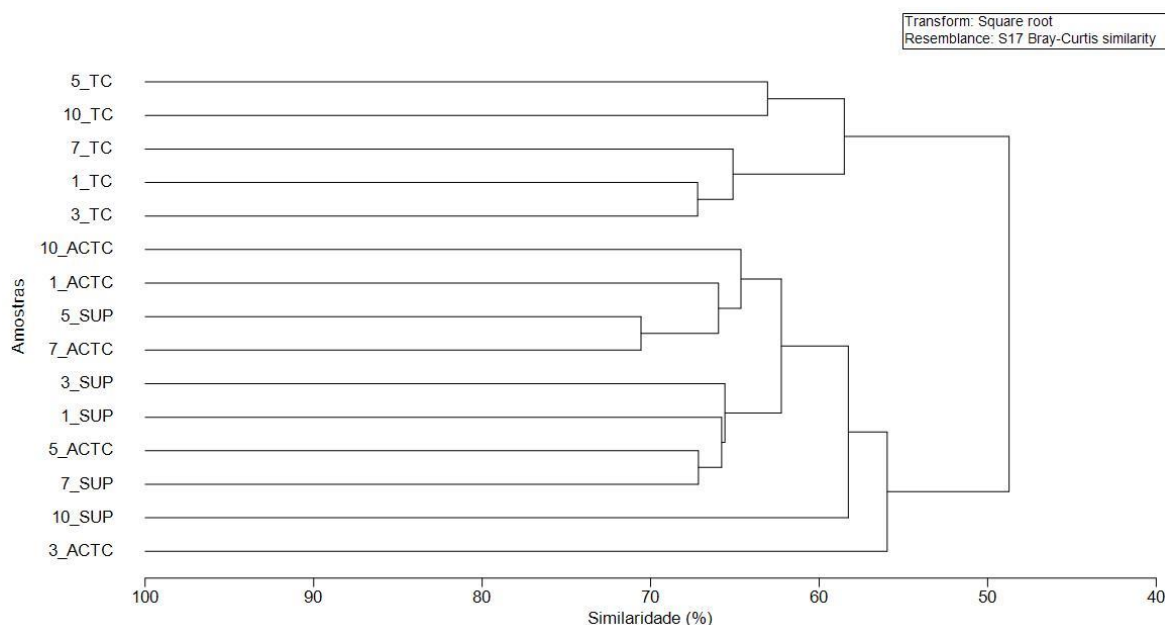
Para auxiliar a interpretação da estrutura da comunidade fitoplanctônica, foi realizada uma análise de agrupamento através do índice de similaridade de Bray–Curtis, que é apresentada



na **Figura 54**. O resultado dessa análise demonstrou a formação de dois clados principais com cerca de 50% de similaridade, o primeiro agrupando as estações 5 – TC, 10 – TC, 7 – TC, 1 – TC e 3 – TC e o segundo as demais estações. Destaca-se o fato de todas as amostras do estrato TC estarem agrupadas. Acredita-se que isto possa estar associado ao fato de este estrato ter apresentado as maiores contribuições para densidade de diatomáceas, bem como as menores para cianobactérias, frente às demais.

Destaca-se ainda a formação de dois clados com quase 70% de similaridade, entre os pares de estações 1 – TC e 3 – TC; e 5 – ACTC e 7 – SUP. Além disso com um pouco mais de 70% tem-se as estações 5 – SUP e 7 – ACTC. No que tange às estações 5 e 7 é interessante pontuar não parecer haver uma diferenciação por estrato, mas não foi possível identificar os fatores para tal panorama.

Ao analisar o panorama geral, observa-se uma certa similaridade na composição do fitoplâncton, mas foi observada a formação de um grupo do estrato TC frente às demais estações. Destaca-se, entretanto, que os testes estatísticos, apontaram não haver diferenças significativas entre os resultados de fitoplâncton, tanto para densidade como riqueza, ao considerar os raios amostrais e os diferentes estratos, por outro lado, a avaliação pela similaridade de Bray-Curtis analisa os dados também considerando a abundância das espécies, o que fez diferenciar as amostras TC das demais.



**Figura 54: Análise de agrupamento das amostras através do índice de similaridade de Bray-Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

### 5.5.3. Zooplâncton

#### 5.5.3.1. Caracterização da comunidade

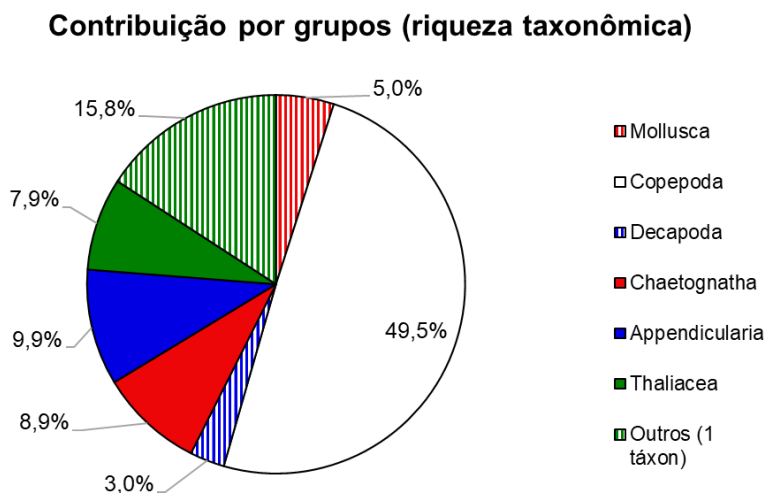
Na atual campanha de monitoramento foram identificados 101 táxons distintos do zooplâncton, dos quais 12 atingiram o nível de gênero e 57 o nível de espécie. Os táxons observados estão distribuídos em diferentes grupos: Filo Foraminifera; do filo Cnidaria – a classe Hydrozoa e a ordem Siphonophorae; Filo Ctenophorae; do Filo Platyhelminthes - o Subfilo Rhabditophora; do filo Mollusca – a classe Bivalvia, classe Gastropoda e a classe Cephalopoda; do filo Annelida – a classe Polychaeta; do filo Arthropoda – a classe Branchiopoda, a classe Copepoda, a classe Thecostraca – subclasse Cirripedia, a classe Malacostraca – ordens Stomatopoda, Amphipoda, Isopoda, Euphasiacea, Decapoda, classe Ostracoda; do filo Chaetognatha – a classe Sagittoidea; filo Echinodermata; do filo Chordata – as classes Appendicularia, Thaliacea, e subfilo Craniata,- Classe Osteichthyes (Ovos e Larvas de Peixe).

Ressalta-se que dentre as espécies encontradas no presente monitoramento, não foram observados organismos considerados ameaçados de extinção a níveis nacional e internacional, de acordo com a PORTARIA GM/MMA Nº 300 (2022), anexos CITES, ou de acordo com IUCN (2023).

Destaca-se que o número de táxons encontrado nas campanhas de monitoramento no Parque das Conchas oscilou entre 77 táxons (5ª campanha) e 119 táxons (na 1ª campanha). Nas 2ª e 4ª campanhas, foi identificado o mesmo número de táxons, 89, na 3ª campanha foram encontrados 106 táxons, na 6ª campanha 108 táxons, na 7ª campanha, 102 táxons, na 8ª campanha, 79 táxons, na 9ª campanha 103 táxons, na 10ª 86 táxons e na 11ª 90 táxons, de maneira que a presente campanha apresentou riqueza em acordância com o panorama do monitoramento.

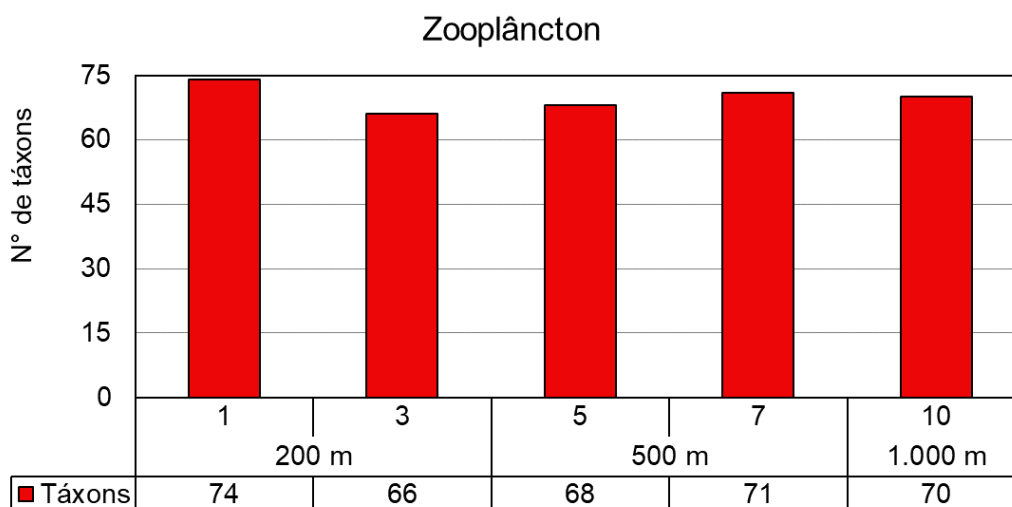
Os grupos que se destacaram na atual campanha foram Copepoda (50 táxons), Appendicularia (10 táxons), Chaetognatha (9 táxons), Thaliacea (8 táxons), Mollusca (5 táxons), Decapoda (3 táxons). Os demais grupos, constituídos por apenas um táxon, estão englobados na categoria “Outros” (contemplando 16 táxons) (**Figura 55**). Os organismos do zooplâncton podem ser divididos em holoplâncton, que são aqueles que possuem seu ciclo de vida completo no plâncton, e em meroplâncton, que passam somente uma parte da vida no plâncton (MORRISSEY; SUMICH, 2012). Dentre os organismos do holoplâncton (maioria) identificados na atual campanha com maior número de táxons incluem-se os táxons

Copepoda, Chaetognaths, Appendicularia, e Thaliacea, enquanto os Mollusca e Decapoda representam os organismos do meroplâncton.



**Figura 55: Contribuição média percentual das categorias taxonômicas do zooplâncton identificadas nas cinco estações monitoradas durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

A **Figura 56** apresenta o número de táxons encontrados por estação, permitindo uma análise sob a perspectiva de variação espacial. É possível observar uma pequena variabilidade entre as estações, com riqueza mínima de 66 (estação 3) e máxima de 74 táxons distintos (estação 1), sem padrão espacial definido que possa ser relacionado à distância do FPSO.



**Figura 56: Número de táxons do zooplâncton nas cinco estações monitoradas durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos**

Dentre os táxons identificados, a maioria foi recorrente, onde 57 foram considerados muito frequentes (frequência de ocorrência superior a 70%). Destes, 44 táxons ocorreram em todas as estações e 13 em quatro estações. Entre os táxons muito frequentes identificados em níveis superiores., cita-se com 100% de Frequência de Ocorrência (FO): o filo Foraminifera; infraclasses Hydroidomedusae, filo Cnidaria – ordem Siphonophorae; o filo Mollusca – classe Bivalvia (larvas), classe Gastropoda, ordem Thecosomata (Pterópodes), superfamília Pterotracheoidea (Heterópodes); filo Annelida – classe Polychaeta (larvas); classe Copepoda – ordens Calanoida e Cyclopoida; Ordem Amphipoda; Ordem Euphasiacea; Ordem Decapoda; Classe Ostracoda; filo Echinodermata; Classe Appendicularia; Classe Thaliacea, além de larvas e ovos de peixes. Salienta-se que os níveis superiores podem englobar vários táxons distintos, o que influi diretamente na frequência.

A **Tabela 16** lista os táxons com frequência de ocorrências superior a 70% (muito frequentes) considerando os níveis de família, gênero e espécie. Estas espécies são comumente observadas em águas da plataforma continental e oceânicas tropicais e algumas vezes até em ambientes estuarinos. Já foram citadas em outros estudos na Bacia de Campos (ex. PETROBRAS/TERRABYTE, 2011; BONECKER et. al., 2014) e nas campanhas passadas deste PMA. Na **Tabela 17** estão listados os táxons com frequência de ocorrência superior a 70% (muito frequentes) nas últimas campanhas bem como na atual. Nesta 12ª campanha os seguintes táxons foram muito frequentes, panorama não observado previamente: *Acartia* (*Acartia*) *danae*; Calanidae; *Candacia* sp.; Clausocalanidae; *Lucicutia* spp.; *P.-Calanus* sp.;

Luciferidae; *Fritillaria borealis sargassi*; *Calocalanus pavoninus*; Corycaeidae; *Lubbockia squillimana*; *Doliolina* (*Doliolina*) *muelleri*;

**Tabela 16: Táxons muito frequentes (FO>70%) dos principais grupos durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos (considerados apenas os níveis família, gênero e espécie).**

Grupos	Táxon	FO(%)
Copepoda	<i>Acartia</i> ( <i>Acartia</i> ) <i>danae</i>	100%
Copepoda	Calanidae	100%
Copepoda	<i>Candacia</i> sp.	100%
Copepoda	Clausocalanidae	100%
Copepoda	<i>Clausocalanus furcatus</i>	100%
Copepoda	<i>Euchaeta</i> spp.	100%
Copepoda	<i>Lucicutia flavicornis</i>	100%
Copepoda	<i>Lucicutia</i> spp.	100%
Copepoda	<i>Calocalanus styliremis</i>	100%
Copepoda	<i>Mecynocera clausi</i>	100%
Copepoda	P.-Calanus sp.	100%
Copepoda	<i>Oithona similis</i>	100%
Copepoda	<i>Oithona</i> spp.	100%
Copepoda	<i>Farranulla gracilis</i>	100%
Copepoda	<i>Oncaea venusta venella</i>	100%
Copepoda	<i>Oncaea</i> spp.	100%
Decapoda	Luciferidae	100%
Chaetognatha	<i>Decipisagitta decipiens</i>	100%
Chaetognatha	<i>Flaccisagitta hexaptera</i>	100%
Chaetognatha	<i>Parasagitta friderici</i>	100%
Appendicularia	<i>Fritillaria borealis sargassi</i>	100%
Appendicularia	<i>Oikopleura</i> ( <i>Coecaria</i> ) <i>fusiformis</i>	100%
Appendicularia	<i>Oikopleura</i> ( <i>Coecaria</i> ) <i>longicauda</i>	100%
Appendicularia	<i>Oikopleura</i> ( <i>Vexillaria</i> ) <i>cophocerca</i>	100%
Thaliacea	<i>Dolioletta gegenbauri</i>	100%
Thaliacea	<i>Doliolum nationalis</i>	100%
Thaliacea	<i>Salpa fusiformis</i>	100%
Thaliacea	<i>Thalia democratica</i>	100%
Copepoda	<i>Pleuromamma</i> spp.	80%
Copepoda	<i>Calocalanus pavoninus</i>	80%
Copepoda	Corycaeidae	80%
Copepoda	<i>Agetus flaccus</i>	80%
Copepoda	<i>Corycaeus speciosus</i>	80%
Copepoda	<i>Lubbockia squillimana</i>	80%
Copepoda	<i>Triconia</i> cf. <i>conifera</i>	80%
Chaetognatha	<i>Pterosagitta draco</i>	80%
Chaetognatha	<i>Flaccisagitta enflata</i>	80%

**Tabela 16: Táxons muito frequentes (FO>70%) dos principais grupos durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos (considerados apenas os níveis família, gênero e espécie).**

Grupos	Táxon	FO(%)
Appendicularia	<i>Fritillaria formica</i>	80%
Appendicularia	<i>Fritillaria pellucida</i>	80%
Thaliacea	<i>Doliolina (Doliolina) muelleri</i>	80%

**Tabela 17: Táxons muito frequentes (FO>70%) nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Espírito Santo (considerados apenas espécies).**

Táxon/Campanha	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
<i>Clausocalanus furcatus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Flaccisagitta enflata</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Oikopleura fusiformis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Oikopleura longicauda</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Oikopleura rufescens</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	
<i>Oncaea venusta</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Doliolum nationalis</i>	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
<i>Parasagitta friderici</i>	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
<i>Pterosagitta draco</i>	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
<i>Farranulla gracilis</i>	X		X	X		X	X	X	X	X	X	X
<i>Macrosetella gracilis</i>	X	X	X			X	X	X	X		X	
<i>Serratosagitta serratodentata</i>	X	X	X	X		X	X		X	X		
<i>Temora stylifera</i>	X		X	X	X	X		X	X			
<i>Undinula vulgaris</i>	X			X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Acrocalanus longicornis</i>			X	X	X	X	X	X				
<i>Fritillaria formica</i>	X	X	X	X	X			X				X
<i>Flaccisagitta hexaptera</i>		X	X			X	X		X	X	X	X
<i>Nannocalanus minor</i>				X	X		X	X	X	X	X	
<i>Oikopleura cophocerca</i>	X			X		X	X		X	X	X	X
<i>Oithona similis</i>	X	X	X					X	X	X	X	X
<i>Thalia democratica</i>					X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Calocalanus pavo</i>	X	X		X				X				
<i>Dolioletta gegenbauri</i>	X	X				X		X		X	X	X
<i>Ferosagitta hispida</i>		X		X		X			X	X		
<i>Lucicutia flavicornis</i>				X		X	X		X		X	X



**Tabela 17: Táxons muito frequentes (FO>70%) nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Espírito Santo (considerados apenas espécies).**

Táxon/Campanha	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
<i>Parasagitta tenuis</i>					X	X	X	X		X		
<i>Fritillaria pellucida</i>	X	X					X					X
<i>Oikopleura intermedia</i>					X		X		X			
<i>Oithona plumifera</i>	X	X						X				
<i>Oithona tenuis</i>	X	X	X									
<i>Oncaea venusta venella</i>							X	X	X	X	X	X
<i>Triconia conifera</i>	X	X							X			X
<i>Calocalanus</i> spp.						X			X			
<i>Calocalanus styliremis</i>							X	X				X
<i>Corycaeus speciosus</i>				X			X					X
<i>Decipisagitta decipiens</i>								X	X	X	X	X
<i>Krohnitta mutabii</i>						X			X		X	
<i>Krohnitta pacifica</i>	X			X								
<i>Krohnitta subtilis</i>			X						X			
<i>Lucifer typus</i>				X		X						
<i>Mecynocera clausi</i>	X	X										X
<i>Pleuromamma abdominalis</i>	X								X		X	
<i>Pleuromamma</i> spp.						X			X		X	X
<i>Sagitta helenae</i>								X	X			
<i>Scolecithrix danae</i>					X				X			
<i>Caecosagitta macrocephala</i>									X			
<i>Clausocalanus brevipes</i>						X						
<i>Decipisagitta</i> spp.									X			
<i>Doliolina mülleri</i>						X						
<i>Fritillaria tenella</i>			X									

**Tabela 17: Táxons muito frequentes (FO>70%) nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Espírito Santo (considerados apenas espécies).**

Táxon/Campanha	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
<i>Mesosagitta minima</i>	X											
<i>Neocalanus gracilis</i>						X					X	
<i>Oithona setigera</i>	X									X	X	
<i>Oithona</i> spp.									X	X		X
<i>Oncaea</i> spp.									X	X		X
<i>Pseudevadne tergestina</i>								X				
<i>Pyrosoma atlanticum</i>									X	X	X	
<i>Sagitta bipunctata</i>									X			
<i>Salpa fusiformis</i>	X											X
<i>Euchaeta</i> spp.										X		X
<i>Clausocalanus mastigophorus</i>										X		
<i>Pleuromamma gracilis</i>										X		
<i>Agetus flaccus</i>										X		X
<i>Triconia</i> cf. <i>conifera</i>										X		
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>											X	
<i>Acartia (Acartia) danae</i>												X
Calanidae												X
<i>Candacia</i> sp.												X
Clausocalanidae												X
<i>Lucicutia</i> spp.												X
P.-Calanus sp.												X
Luciferidae												X
<i>Fritillaria borealis sargassi</i>												X
<i>Calocalanus pavoninus</i>												X
Corycaeidae												X

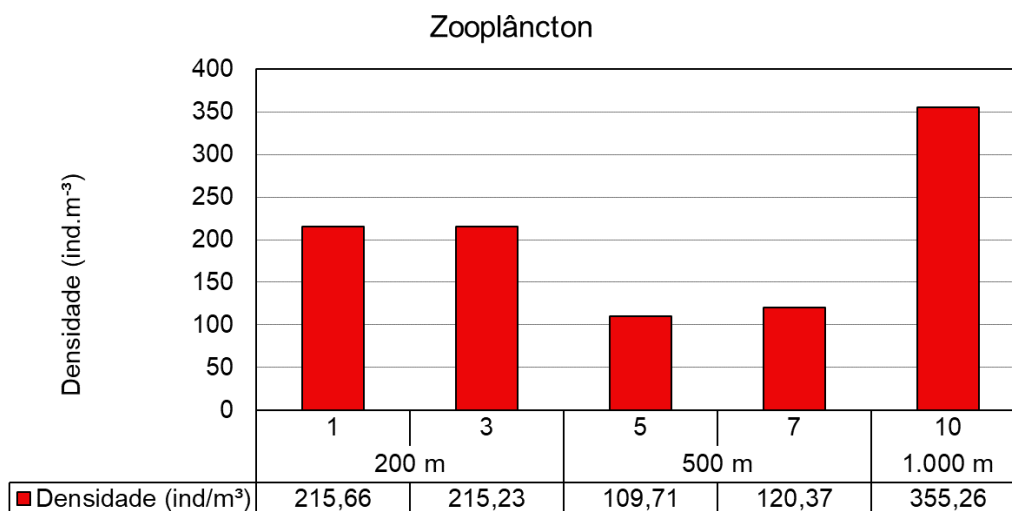
**Tabela 17: Táxons muito frequentes (FO>70%) nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Espírito Santo (considerados apenas espécies).**

Táxon/Campanha	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
<i>Lubbockia squillimana</i>												X
<i>Doliolina (Doliolina) muelleri</i>												X

### 5.5.3.2. Análise Quantitativa

A densidade do zooplâncton oscilou entre 109,71 ind.m<sup>-3</sup> (estação 5) e 355,26 ind.m<sup>-3</sup> (estação 10), com densidade média e desvio padrão iguais a 203,25,27 ind.m<sup>-3</sup> e 98,77 ind.m<sup>-3</sup> respectivamente. O menor valor de densidade foi 109,71 – estação 5- e o máximo foi de 355,26 – estação 10. As menores densidades observadas se deram nas estações do raio de 500 m. A estação controle apresentou a maior densidade, enquanto as estações no raio de 200 m mostraram valores “intermediários”, considerando o panorama da presente campanha (**Figura 57**). De maneira geral, o zooplâncton apresentou uma menor variabilidade na densidade quando comparado às campanhas anteriores (**Tabela 18**), mas tendo estado de acordo com dados passados.

Ressalta-se que oscilações verificadas, tanto entre estações de uma mesma campanha quanto entre campanhas, podem ser explicadas pela distribuição em manchas do zooplâncton, comumente reportada pela literatura (COYLE; HUNT, 2000; FOLT; BURNS JR, 1999). Deve-se considerar também a variabilidade inerente às amostras biológicas, que podem oscilar ano a ano.



**Figura 57: Densidade do zooplâncton nas cinco estações monitoradas durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

**Tabela 18: Densidade zooplanctônica (ind.m<sup>-3</sup>) registradas nas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno da plataforma FPSO Espírito Santo.**

Campanha	Densidade (ind.m <sup>-3</sup> )	
	Mín	Máx
2011	184,32	408,1
2012	108,49	298,79

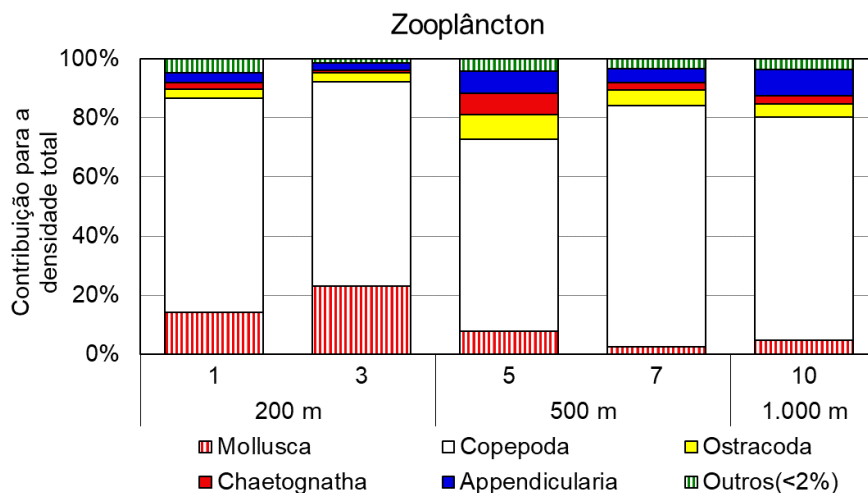
**Tabela 18: Densidade zooplanctônica (ind.m<sup>-3</sup>) registradas nas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno da plataforma FPSO Espírito Santo.**

Campanha	Densidade (ind.m <sup>-3</sup> )	
	Mín	Máx
2013	237,38	302,02
2014	68,04	283,41
2015	232,02	622,19
2016	76,46	169,46
2017	220,82	458,97
2018	191,87	581,12
2019	88,68	697,56
2020	225,38	393,76
2021	345,32	780,95
2022	109,71	355,26

Em relação à distribuição taxonômica, o grupo dos Copepoda foi o mais abundante, contribuindo com 73,03% da abundância observada em toda a campanha, seguido por Mollusca (10,73%). Os outros grupos que contribuíram com mais de 2% de toda a campanha foram do maior para o menor, Appendicularia (5,67%); Ostracoda (4,38%); Chaetognatha (2,67%); a categoria “Outros” (3,53%) e Chaetognatha (2,67%). A distribuição dos táxons apresentou baixa variabilidade entre as estações, com a grande contribuição de Copepoda em todos os pontos amostrados. Destaca-se também a contribuição dos Mollusca nas estações 1, e 3 (**Tabela 19 e Figura 58**).

**Tabela 19: Densidade zooplanctônica total e por grupos (com participação >1%) (ind.m<sup>-3</sup>) durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

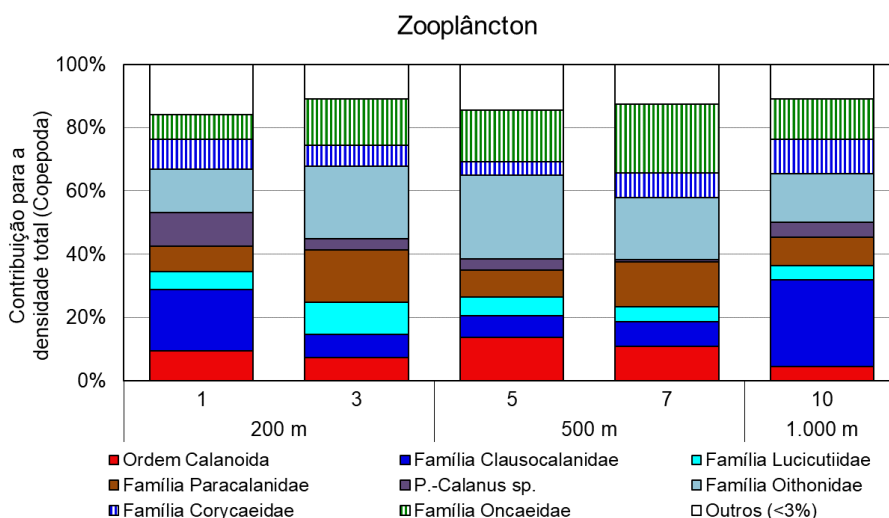
Distância	Estação	Mollus- ca	Cope- poda	Ostra- coda	Chaetog- natha	Appendi- cularia	Outros (<1%)	Total
200 m	1	30,45	156,09	6,74	4,88	7,16	10,36	215,66
	3	49,68	148,49	6,64	2,06	5,07	3,28	215,23
500 m	5	8,59	71,19	9,13	7,91	8,14	4,74	109,71
	7	3,13	98,13	6,42	3,04	5,51	4,14	120,37
1.000 m	10	17,15	268,26	15,55	9,22	31,70	13,38	355,26
Mínimo		3,13	71,19	6,42	2,06	5,07	3,28	109,71
Máximo		49,68	268,26	15,55	9,22	31,70	13,38	355,26
Média		21,80	148,43	8,89	5,42	11,52	7,18	203,25
Desvio Padrão		18,69	75,69	3,88	3,08	11,35	4,44	98,77



**Figura 58: Abundância relativa (%) dos grupos dominantes coletados nas cinco estações monitoradas durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Os copépodes identificados na atual campanha estiveram distribuídos em 19 famílias. As famílias mais abundantes são Clausocalanidae, Lucicutiidae, Paracalanidae, Oithonidae, Corycaidae e Oncaidae, que apresentaram contribuições acima de 3%. As demais famílias foram agrupadas na categoria “outros”, que engloba os táxons com menos de 3% de contribuição. A **Figura 59** apresenta este panorama, contemplando as famílias de copepodas e suas contribuições por estação. É importante destacar que, apesar de Ordem Calanoida engloba mais de uma família, sua presença na **Figura 59** engloba os táxons em que ordem foi o maior nível taxonômico passível de identificação. Além disso, é passível de observação que o táxon *P-Calanus* sp. encontra-se apresentado sem estar vinculado a uma família específica. Isto se deu por conta de uma observação presente no laudo de zooplâncton (**ANEXO E**): “As espécies de copepoditos dos gêneros Clausocalanus e Paracalanus são referidas como *P.-Calanus* sp...”. Apesar da afirmação de que a maioria poderia ser considerada como pertencendo ao gênero Calusocalanus, optou-se por considerá-la como uma categoria à parte, uma vez que tais gêneros pertencem à famílias distintas.

As espécies com maiores densidades foram *Oithona similis*, *Mecynocera clausi*, *Oikopleura* (Coecaria) *longicauda*, *Clausocalanus furcatus*, (**Tabela 20**). Tais espécies são comuns na área de estudo, sendo associadas a águas quentes e amplamente distribuídas em todos os oceanos com elevada abundância em regiões oceânicas (ESNAL, 1999; CAMPOS, 2000; BONECKER; CARVALHO, 2006; BONECKER *et al.*, 2006).



**Figura 59: Abundância (%) dos copépodes dominantes coletados nas cinco estações monitoradas durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

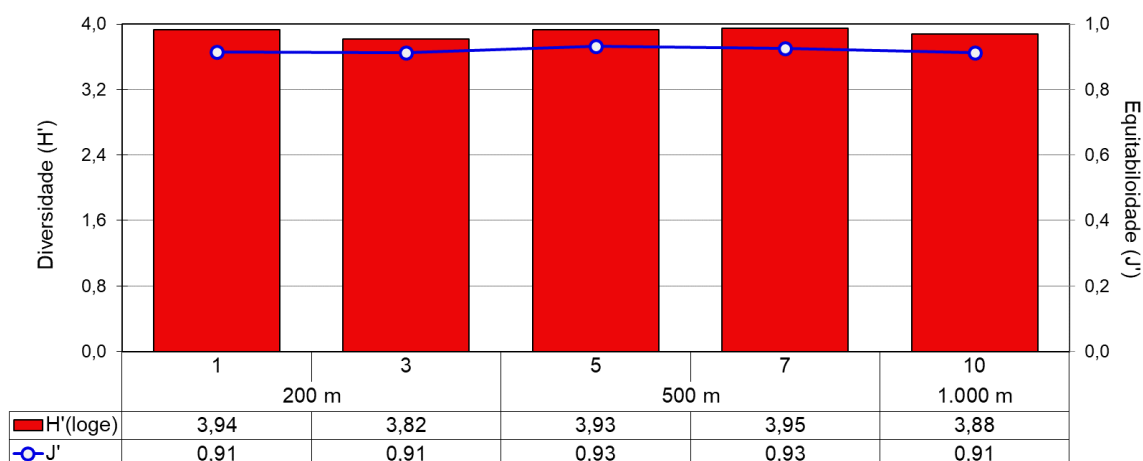
**Tabela 20: Táxons de maior densidade na comunidade zooplanctônica coletada durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Táxon		Densidade total (ind.m <sup>-3</sup> )
Mollusca	Gastropoda	106,15
Copepoda	<i>Oithona similis</i>	85,63
Copepoda	Clausocalanidae	80,90
Copepoda	<i>Oncaea spp.</i>	59,74
Copepoda	Calanoida	58,16
Copepoda	<i>Mecynocera clausi</i>	50,09
Ostracoda	Ostracoda	44,47
Appendicularia	<i>Oikopleura (Coecaria) longicauda</i>	44,31
Copepoda	<i>Clausocalanus furcatus</i>	40,37
Copepoda	P.-Calanus sp.	37,69

### 5.5.3.3. Estrutura da Comunidade

Os valores do índice de diversidade nas estações da atual campanha variaram entre 3,82 e 3,95 (estações 3 e 7, respectivamente), com média de 3,90 bits.ind<sup>-1</sup> (DP ± 0,05 bits.ind<sup>-1</sup>). Os valores de equitabilidade variaram de 0,91 (estações 1, 3 e 10) a 0,93 (estação 7), com média e desvio-padrão iguais a 0,92 e 0,01, respectivamente (**Figura 60**).





**Figura 60: Índice de diversidade e de equitabilidade da comunidade zooplancônica das cinco estações monitoradas na 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Na **Tabela 21**, observam-se os valores dos índices referentes à atual e às campanhas pretéritas deste PMA. Os valores de diversidades e equitabilidade da atual campanha alcançaram níveis similares aos observados durante o monitoramento e apresentaram menor variabilidade em relação à campanha passada.

**Tabela 21: Valores de diversidade e equitabilidade da comunidade zooplancônica nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Espírito Santo.**

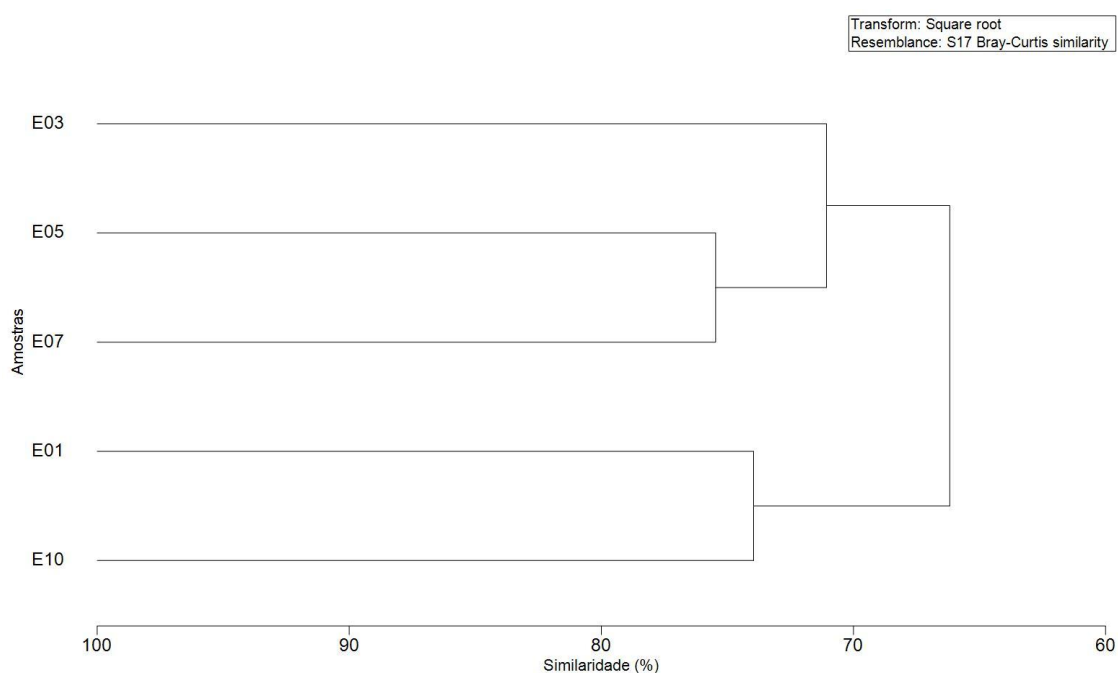
Índice / Campanhas	Diversidade (bits.ind <sup>-1</sup> )		Equitabilidade	
	Mín	Máx	Mín	Máx
2011	4,1	4,21	0,91	0,93
2012	4,13	4,59	0,81	0,87
2013	4,08	4,5	0,77	0,84
2014	2,88	3,38	0,92	0,95
2015	2,32	3,01	0,59	0,74
2016	3,16	3,64	0,76	0,84
2017	2,93	3,34	0,7	0,79
2018	2,76	2,98	0,68	0,72
2019	3,99	4,79	0,67	0,77
2020	2,85	3,16	0,70	0,76
2021	2,71	3,25	0,66	0,78
2022	3,82	3,95	0,91	0,93

A análise de agrupamento mostrou a formação de dois clados principais com cerca de 65% de similaridade (percentual mínimo obtido), sendo um formado pelas estações 3, 5 e 7 e o

outro pelas estações 1 e 10. É interessante pontuar o comportamento mais similar entre a estação controle e uma estação no raio de 200 m (1).

Especificamente entre as estações 1 e 10, com mais de 70% de similaridade, acredita-se que um potencial fator é a maior densidade de copépodos, frente às demais estações. As estações 5 e 7 apresentaram aproximadamente 75% de similaridade e ambas foram as que apresentaram as menores densidades totais, com os menores valores de densidade para os grupos Mollusca e Copepoda (**Figura 61**).

É interessante explorar a baixa similaridade entre as estações 1 e 3, ambas as estações no raio de 200 m. Apesar de terem apresentado densidades muito semelhantes, este comportamento não foi replicado para a riqueza, tendo a estação 1 tido o maior valor, e a estação 3 o menor.



**Figura 61: Análise de agrupamento das amostras através do índice de similaridade de Bray-Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

#### 5.5.4. Ictioplâncton

##### 5.5.4.1. Caracterização da comunidade

Na atual campanha de monitoramento realizada no Parque das Conchas foram identificados 39 táxons, tendo a identificação taxonômica compreendido 13 ordens, 21 famílias, 8 gêneros, 19 espécies de larvas de peixes e larvas não identificadas. As 13 ordens encontradas são:

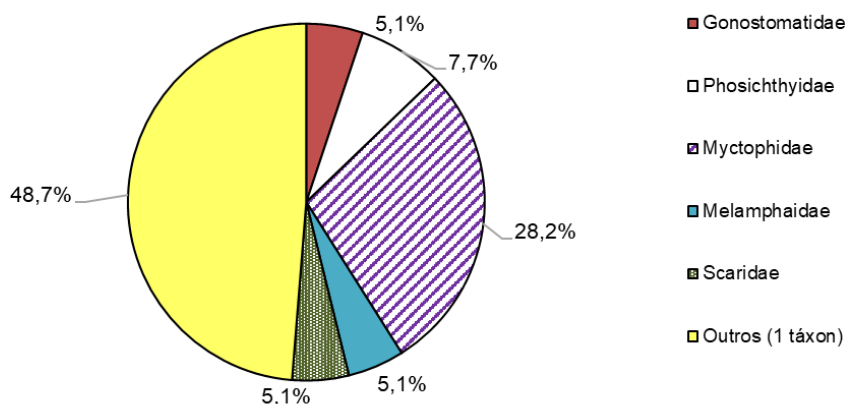
Anguilliformes, Stomiiformes, Aulopiformes, Myctophiformes, Gadiformes, Holocentriformes, Beryciformes, Scombriformes, Trachiniformes, Labriformes, Perciformes, Scorpaeniformes, Tetraodontiformes.

Ressalta-se que dentre as espécies encontradas no presente monitoramento, não foram observados organismos considerados ameaçados de extinção a níveis nacional e internacional, de acordo com a PORTARIA GM/MMA Nº 300 (2022), anexos CITES. As espécies ictioplancônicas foram todas consideradas como *Least Concern* (Pouco preocupante, em tradução literal), segundo IUCN (2023).

Na campanha passada (2021) foram obtidos 31 táxons, abrangendo oito famílias, 6 gêneros e 14 espécies referentes ao ictioplâncton. Na campanha de 2020 (10ª campanha) também foram identificados 31 táxons, abrangendo 11 famílias, 7 gêneros e 12 espécies de larvas de peixes. Na campanha realizada em 2019 (9ª campanha) foram identificados 73 táxons compreendendo, 28 famílias, 21 gêneros e 24 espécies de larvas de peixes, em 2018 (8ª campanha) foram identificados 33 táxons compreendendo, 20 famílias e 13 espécies de larvas de peixes, seguido de 23 famílias e 23 espécies (7ª campanha), 23 famílias e 37 espécies (6ª campanha), 28 famílias e 24 espécies (5ª campanha), 20 famílias e 27 espécies (na 4ª campanha), 25 famílias e 32 espécies (na 3ª campanha), 31 famílias e 51 espécies (na 2ª campanha) e 30 famílias e 39 espécies (na 1ª campanha), de forma que os resultados obtidos nesta 12ª campanha, encontram-se em acórdância com o panorama observado ao longo das campanhas de monitoramento ambiental realizadas no entorno do FPSO Espírito Santo.

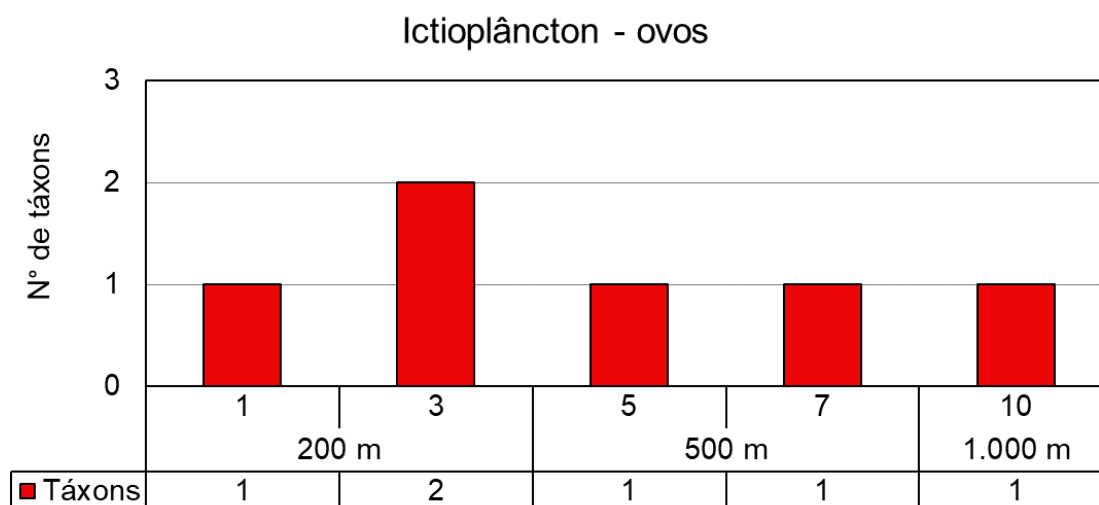
A **Figura 62** mostra as famílias de larvas identificadas que mais contribuíram para a campanha como um todo. Pode-se observar que a categoria “Outros” – que engloba as famílias com apenas um táxon - apresentou o maior compilado de táxons (19), seguido pela família Myctophidae (11). As demais famílias apresentaram menores parcelas, com Phosichthyidae tendo 3 táxons, e as famílias Gonostomatidae, Melamphaidae e Scaridae 2 táxons cada. As larvas da família Myctophidae também se destacaram em termos de diversidade taxonômica em outros trabalhos desenvolvidos nas costas sudeste e sul brasileira (KATSURAGAWA *et al.*, 1993; NONAKA *et al.*, 2000), com destaque para a associação realizada à presença da massa d’água AT realizada por Lopes (2006), igualmente ao ocorrido no presente estudo.

### Contribuição por grupos (riqueza taxonômica)



**Figura 62: Contribuição percentual do número de táxons por grupos do ictioplâncton durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

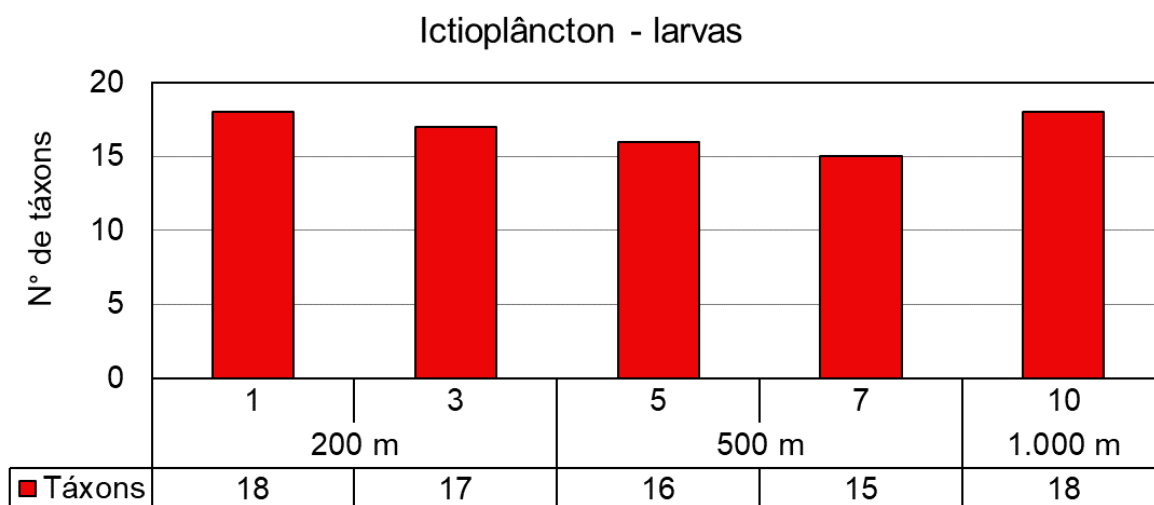
Considerando a ocorrência de ovos, a maioria permaneceu como não identificados, à exceção de um ovo da Ordem Beloniformes (0,50 ovo.100 m<sup>-3</sup>), na estação 3. É importante salientar que a identificação de ovos é dificultada pela pouca literatura de referência, no entanto, alguns ovos possuem características muito particulares possibilitando a identificação. Nas campanhas anteriores no entorno do FPSO Espírito Santo já foram registrados ovos de Anguilliformes, Clupeidae, Maurolicus stehmanni, Synodontidae, Trichiuridae e Beloniformes. Em todas as estações foi obtida a presença dos ovos de larvas (**Figura 63**).



**Figura 63: Número de táxons de ovos de larvas em cada estação no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos**

No que tange à distribuição espacial dos táxons de larvas identificados, os valores obtidos oscilaram entre 15 táxons (estação 7) e 18 táxons (estações 1 e 10). Não foi possível identificar um padrão evidente de distribuição do número de táxons, no entanto, aponta-se que as estações do raio de 500 m apresentaram as menores riquezas, mas sem comportamento discrepante do cenário geral (**Figura 64**).

Destaca-se que na campanha de 2020 (10ª) foram detectadas menores riquezas nas estações a 200m do FPSO, tendo um leve acréscimo nas estações a 500 m e o maior número de táxons na estação 10, a 1000 m do FPSO. Este panorama, contudo, não se repetiu para o ano de 2021, uma vez que a maior riqueza se deu no raio de 500 m e a da estação 1 (raio de 200m) foi maior que a riqueza da estação de controle e nem para a atual campanha (2022).



**Figura 64: Número de táxons de larvas de peixes em cada estação no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

A análise da frequência de ocorrência mostra que entre os 39 táxons identificados, 19 (48,72%) foram considerados frequentes (de 2 a 3 amostras FO entre 40 e 70%) e 14 (35,90%) como pouco frequentes (apenas uma amostra, FO ≤ 20%). Na **Tabela 22** são apresentados os seis táxons (15,38%) que foram classificados como muito frequentes (4 a 5 amostras, FO acima de 70%). Dentre as espécies muito frequentes, destacaram-se os táxons *Cyclothone* spp.; *Myctophidae* e *Myctophum* sp., pois foram encontrados em todas as amostras.

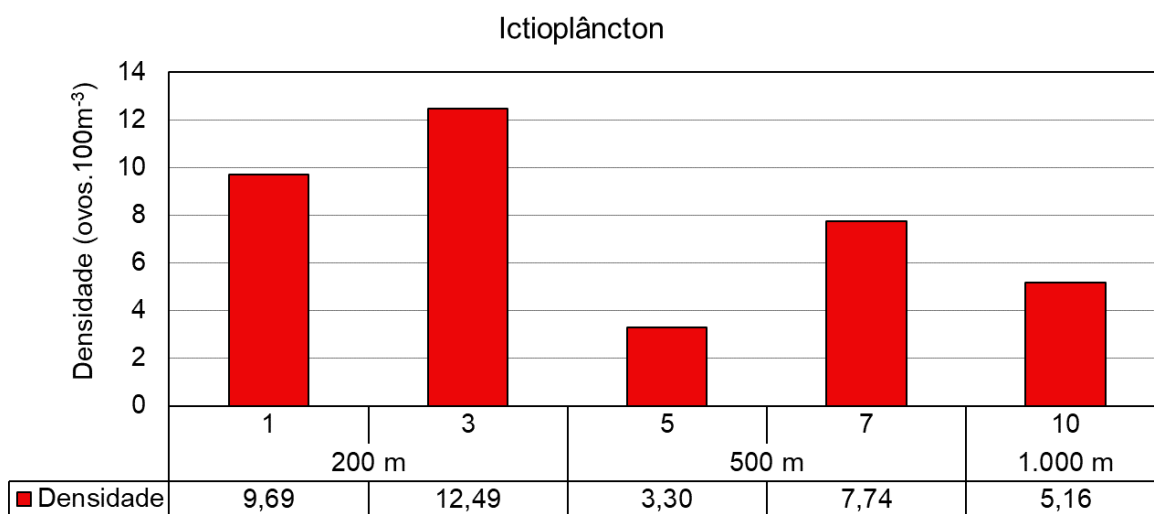
**Tabela 22: Táxons do ichtioplâncton (larvas de peixe) muito frequentes (FO>70%) das amostras durante a atual campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Família	Táxons/Estação	FO
Gonostomatidae	<i>Cyclothone</i> spp.	100%
Myctophidae	Myctophidae	100%
Myctophidae	<i>Myctophum</i> sp.	100%
Phosichthyidae	Phosichthyidae	80%
Phosichthyidae	<i>Pollichthys mauli</i>	80%
Scaridae	<i>Sparisoma</i> sp.	80%

#### 5.5.4.2. Análise Quantitativa

Ovos de peixe foram encontrados em todas as estações amostradas, tendo a densidade oscilado entre 3,30 (estação 5) a 12,49 ovos.100m<sup>-3</sup> (estação 3). Em campanhas oceanográficas de verão e inverno na região de Cabo Frio (isóbata entre 100 e >2.000 m),

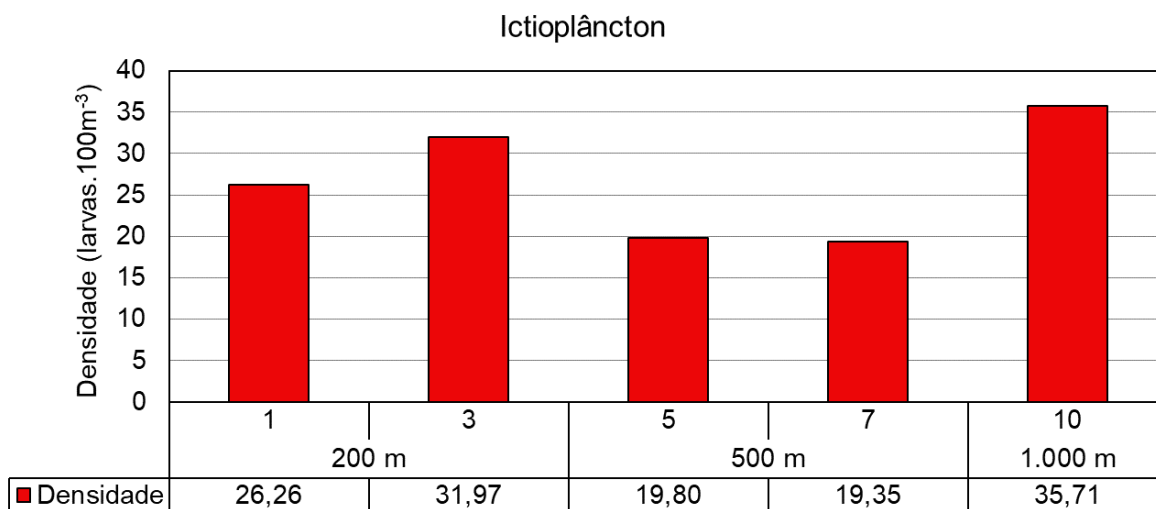
Lopes (2006) encontrou valores médios iguais a 12,43 e 0,35 ovos.100m<sup>-3</sup>, respectivamente, incluindo valor mínimo igual a zero ovos.100m<sup>-3</sup> nas duas estações do ano. Já Franco; Muelbert (2003) encontraram abundância de ovos variando entre 0,08 e 0,71 ovos.100m<sup>-3</sup> na quebra da plataforma do Sul do Brasil, com valor médio igual a 0,16 ovos.100m<sup>-3</sup>. Logo, as variações na abundância de ovos de ictioplâncton observadas na atual campanha revelam um padrão natural, não podendo estar associada a possíveis mudanças provenientes do descarte de água produzida pelo FPSO Espírito Santo (**Figura 65**).



**Figura 65: Densidade de ovos de peixes (ovos.100m<sup>-3</sup>) coletados no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

As densidades de larvas de peixes variaram de 19,35 larvas.100m<sup>-3</sup> (estação 7) a 35,71 larvas.100m<sup>-3</sup> (estação 10), conforme mostra a Figura 66. É possível observar as estações do raio de 500 m (5 e 7) apresentaram as menores densidades, e a maior densidade se deu na estação 10 (controle). Pontua-se que a estação 3 (raio de 200 m) apresentou um valor próximo ao da estação na área de controle.





**Figura 66: Densidade de larvas de peixes (larvas.100m<sup>-3</sup>) coletados no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

A **Tabela 23** resume a abundância de ovos e larvas do ictioplâncton observadas nas campanhas realizadas ao longo do Monitoramento Ambiental no Parque das Conchas. Os valores de densidades de ovos de peixe oscilaram bastante ao longo das campanhas de monitoramento, indo desde valores mínimos de zero ovos.m<sup>-3</sup> (2014, 2015, 2016, 2017, 2019 e 2020) até a ordem de 1.800 ovos.m<sup>-3</sup> (3ª campanha). Estas oscilações são comuns na comunidade planctônica, que pode ser influenciada por diversos fatores, como hidrodinâmica, sazonalidade e períodos reprodutivos específicos (LOPES, 2006). Quanto às densidades de larvas de peixe, os resultados ao longo das campanhas oscilaram menos que a densidade de ovos, apresentando ordens de grandeza similares. A presente campanha apresentou valores mais altos que os da campanha passada, e uma amplitude similar – um pouco mais elevada.

**Tabela 23: Densidade das larvas e ovos do ictioplâncton encontrados ao longo das campanhas do Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas.**

Campanha	Densidade de Larvas (larvas.100m <sup>-3</sup> )		Densidade de Ovos (ovos.100m <sup>-3</sup> )	
	Mín	Máx	Mín	Máx
2011	7,07	17,37	0,89	222,69
2012	24,25	66,56	0,56	15,55
2013	15,88	42,25	5,3	1.840,53
2014	5,32	27,62	0	9,88
2015	30,52	68,94	0	22,62
2016	21,99	54,89	0	2
2017	6,32	66,14	0	1,7
2018	23,13	42,05	4	29
2019	8,69	38,97	0	0,19

**Tabela 23: Densidade das larvas e ovos do ictioplâncton encontrados ao longo das campanhas do Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas.**

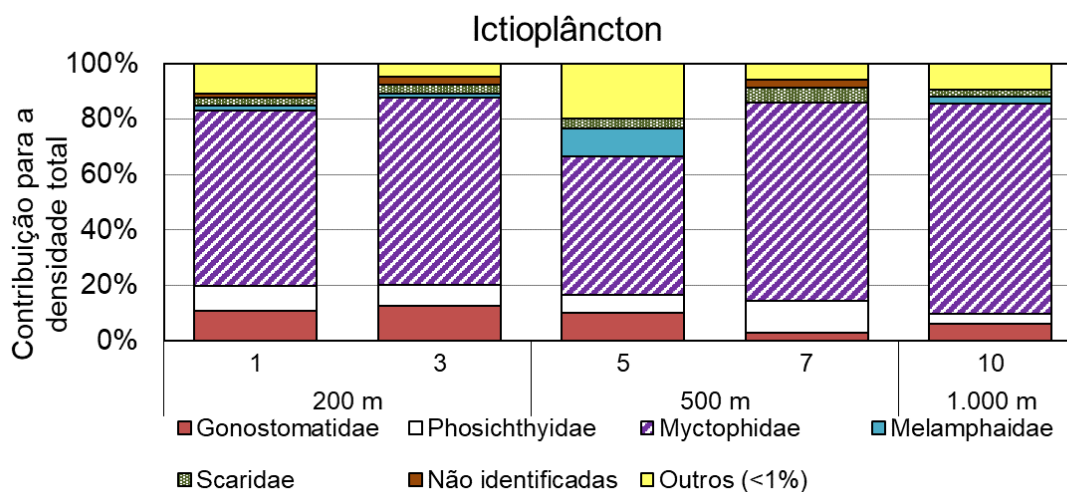
Campanha	Densidade de Larvas (larvas.100m <sup>-3</sup> )		Densidade de Ovos (ovos.100m <sup>-3</sup> )	
	Mín	Máx	Mín	Máx
2020	5,85	18,00	0	22,95
2021	14,12	27,94	1,51	7,67
2022	19,35	35,71	3,30	12,49

A **Tabela 24** e **Figura 67** mostram a distribuição espacial das famílias mais abundantes, onde a categoria “outros” engloba as famílias que apresentaram contribuição para a campanha inferior à 1%. A família de maior destaque foi Myctophidae, com contribuição relativa, para a campanha, de 66,77%. “Outros” apresentou CR de 9,64%, seguido pelas famílias Gonostomatidae (8,65%) e Phosichthyidae (7,32%).

Ao observar o comportamento por estação (**Figura 67**) é notório o predomínio da família Myctophidae. Na estação 3 apresentou o mínimo de contribuição, com 50%, mas nas demais estações correspondeu a mais de 60% (estação 1 – 63,08%; estação 3 – 67,19%; estação 7 – 71,43% e estação 10 – 75,90%). Destaca-se ainda, mesmo que em menor escala, as contribuições de “Outros”, Gonostomatidae e Phosichthyidae ao longo das estações.

**Tabela 24: Densidade de larvas de peixes (larvas.100m<sup>-3</sup>) por família em cada estação no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Família	Distância					Mín.	Máx.	Média	Desvio Padrão
	200 m		500 m		1.000 m				
	1	3	5	7	10				
Gonostomatidae	2,83	4,00	1,98	0,55	2,15	0,55	4,00	2,30	1,26
Phosichthyidae	2,42	2,50	1,32	2,21	1,29	1,29	2,50	1,95	0,60
Myctophidae	16,56	21,48	9,90	13,82	27,11	9,90	27,11	17,77	6,71
Melamphidae	0,40	0,50	1,98	0,00	0,86	0,00	1,98	0,75	0,75
Scaridae	0,81	1,00	0,66	1,11	0,86	0,66	1,11	0,89	0,17
Não identificadas	0,40	1,00	0,00	0,55	0,00	0,00	1,00	0,39	0,42
Outros (<3%)	2,83	1,50	3,96	1,11	3,44	1,11	3,96	2,57	1,23



**Figura 67: Percentual de larvas de peixes (%) no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

A dominância da família Myctophidae vem sendo recorrente entre as campanhas. As larvas de mictofídeos são as mais abundantes em vários estudos desenvolvidos na costa brasileira e também em outras regiões oceânicas ao redor do mundo (HULLEY, 1981; RICHARDS, 1984; OLIVAR, 1988; FLORES-COTO; ORDOÑEZ-LÓPEZ, 1991; DOYLE *et al.*, 1993; OLIVAR; SHELTON, 1993; RICHARDS *et al.*, 1993; NONAKA *et al.*, 2000; NEIRA, 2005; BONECKER *et al.*, 2006; CASTRO *et al.*, 2010). A presença da família Myctophidae em campanhas oceanográficas é comum em amostras de ambiente oceânico *offshore* (CASTRO *et al.*, 2010). Os mesmos autores destacaram que os mictofídeos servem como alimento para algumas espécies com importância comercial como os atuns e os bonitos (CASTRO *et al.*, *op. cit.*). Destaca-se que foram encontradas na atual campanha larvas os seguintes mictofídeos *Benthosema suborbitale*, *Hygophum* sp., *Hygophum reinhardtii*, *Myctophum* sp., *Myctophum obtusirostre*, *Symbolophorus rufinus*, *Diaphus* sp, *Lepidophanes* sp *Lepidophanes guentheri* e *Notoscopelus* sp. Com destaque em densidade para as larvas de *Myctophum* sp., *Hygophum* sp e *Lepidophanes* sp (Tabela 25)

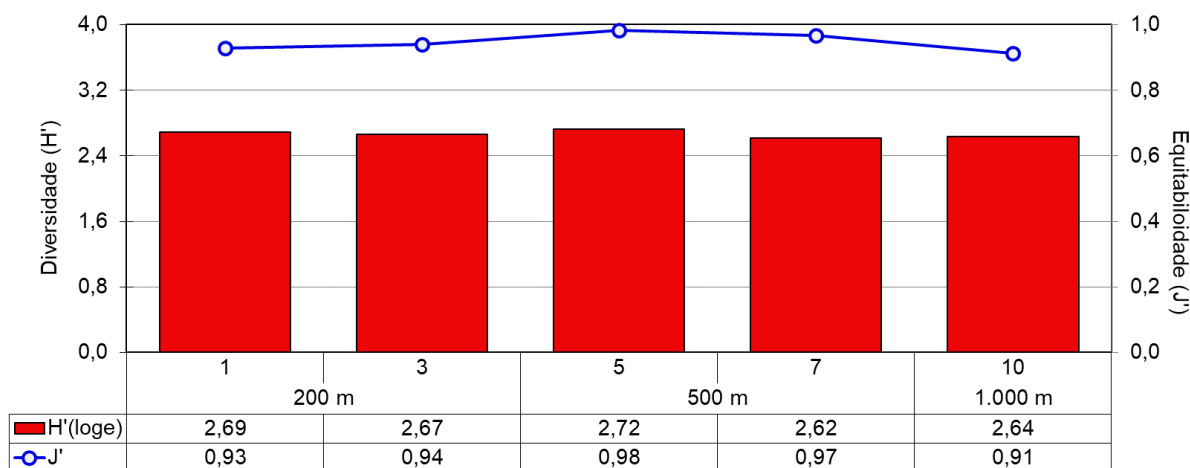
A Tabela 25 apresenta os dez táxons que apresentaram as maiores densidades totais para a campanha. Destaca-se que quatro destes táxons são da família Myctophidae. Como já mencionado, as densidades de Myctophidae são abundantes em outros estudos ao longo da costa (BONECKER *et al.*, 2017; COSTA, 2017).

**Tabela 25: Táxons de maior densidade na comunidade ictioplanctônica coletada durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Táxon		Densidade total (ind.m <sup>-3</sup> )
Myctophidae	Myctophidae	66,26
Myctophidae	<i>Myctophum</i> sp.	8,01
Gonostomatidae	<i>Cyclothone</i> spp.	7,79
Phosichthyidae	Phosichthyidae	4,29
Phosichthyidae	<i>Pollichthys mauli</i>	3,95
Gonostomatidae	Gonostomatidae	3,72
Myctophidae	<i>Lepidophanes</i> sp.	3,33
Myctophidae	<i>Hygophum</i> sp.	3,09
Scaridae	<i>Sparisoma</i> sp.	2,90
Melamphidae	<i>Melamphaes simus</i>	2,48

### 5.5.4.3. Estrutura da Comunidade

Os valores de diversidade variaram entre 2,62 (estação 7) e 2,72 bits.ind<sup>-1</sup> (estação 5). A equitabilidade oscilou entre 0,91 (estação 10) e 0,98 (estação 5) (**Figura 68**). A média para a diversidade foi de 2,67 bits.ind<sup>-1</sup>  $\pm$  0,04 e para equitabilidade foi de 0,95  $\pm$  0,03. Os valores de diversidade e equitabilidade variaram pouco ao longo das estações.



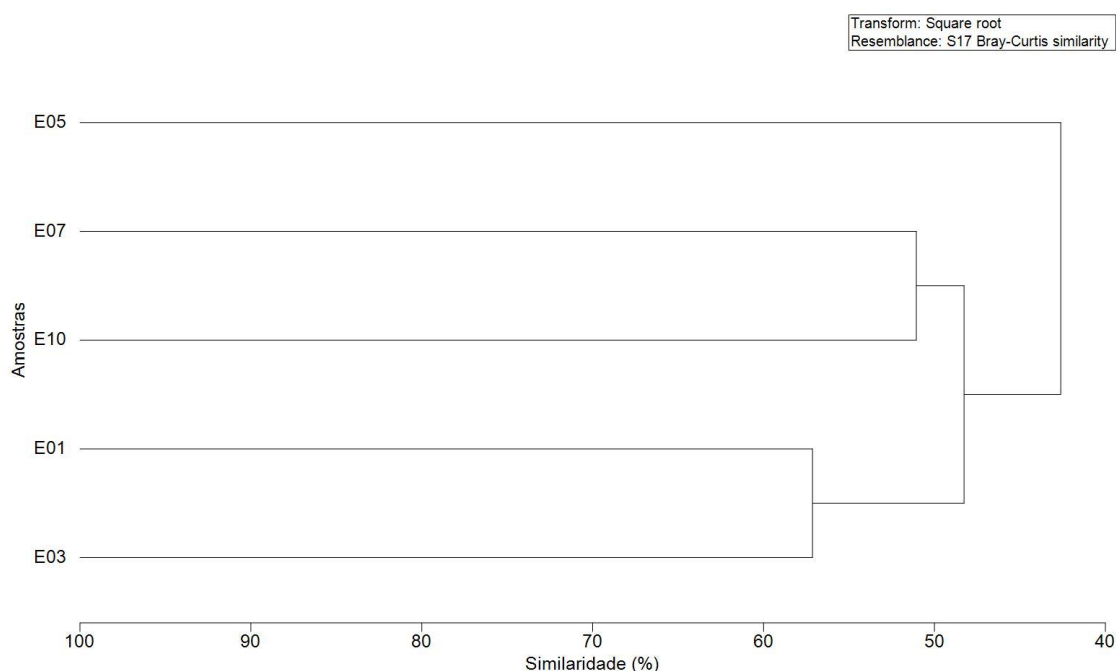
**Figura 68: Índice de diversidade e de equitabilidade da comunidade ictioplanctônica das cinco estações monitoradas na 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos**

Para enriquecer a interpretação referente à estrutura da comunidade ictioplanctônica, foi realizada uma análise de agrupamento através do índice de similaridade de Bray–Curtis (**Figura 69**). A análise de agrupamento mostrou a formação de dois clados principais com cerca de 45% de similaridade, um abrangendo apenas a estação 5, e o outro as demais

estações. O fato de a estação 5 ter ficado isolada, pode estar associado à menor contribuição da família Myctophidae para a densidade, frente às demais estações (tendo correspondido a 50%).

As estações 1 e 3 apresentaram cerca de 60% de similaridade, podendo este panorama estar associado a contribuições parecidas das famílias Myctophidae, Gonostomatidae e Phosichthyidae. As estações 7 e 10, apesar de densidades totais em extremos – mínimo da campanha para 7 e máximo para 10 – apresentaram similaridade de cerca de 55%. Crê-se que isto esteja ligado à contribuição para densidade da família Myctophidae, que representou mais de 70% em ambas.

Destaca-se que as estações apresentaram certa similaridade, destacando-se o agrupamento das estações a 200 m. Com relação aos outros clados formados há representantes de diversas distâncias da FPSO Espírito Santo, indicativo de certa homogeneidade da comunidade, especialmente levando-se em consideração a participação da estação controle nesse cenário.



**Figura 69: Análise de agrupamento das amostras de ictioplâncton através do índice de similaridade de Bray–Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

## 5.6. ANÁLISE INTEGRADA

Para a análise integrada do compartimento água, os dados de zoo e ictioplâncton não foram inseridos na análise, uma vez que foram amostrados em arrasto oblíquo, não podendo ser relacionados a uma profundidade específica.

Ressalta-se que somente os descritores químicos com resultados representativos e acima do limite de quantificação ou detecção foram utilizados nas análises estatísticas subsequentes (**Tabela 26**). Dentre as variáveis biológicas, foram utilizados os resultados de abundância dos organismos identificados.

**Tabela 26: Variáveis abióticas e suas respectivas abreviaturas utilizadas na análise integrada dos dados da 12ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Variáveis	Códigos
Oxigênio Dissolvido	OD
pH	pH
Ferro total	Fe total
Vanádio	V
Arsênio	As
Boro	B
Bário	Ba
Berílio	Be
Cádmio	Cd
Chumbo	Pb
Selênio	Se
Cromo	Cr
Manganês	Mn
Níquel	Ni
Tálio	Tl
Urânio	U
Nitrogênio amoniacal	NH3
Carbono Orgânico Total	COT
Fluoreto	F
Alumínio dissolvido	Al dissolvido
Ferro dissolvido	Fe dissolvido

Para a análise integrada, foram realizadas duas análises, uma considerando apenas os parâmetros físico-químicos, e a outra considerando estes parâmetros e os dados biológicos.

Assim, quando se integrou estes resultados, apenas foram considerados os valores das estações 1, 3, 5, 7 e 10. Além disso, foram avaliados os grupos de estações por raio e por profundidade.

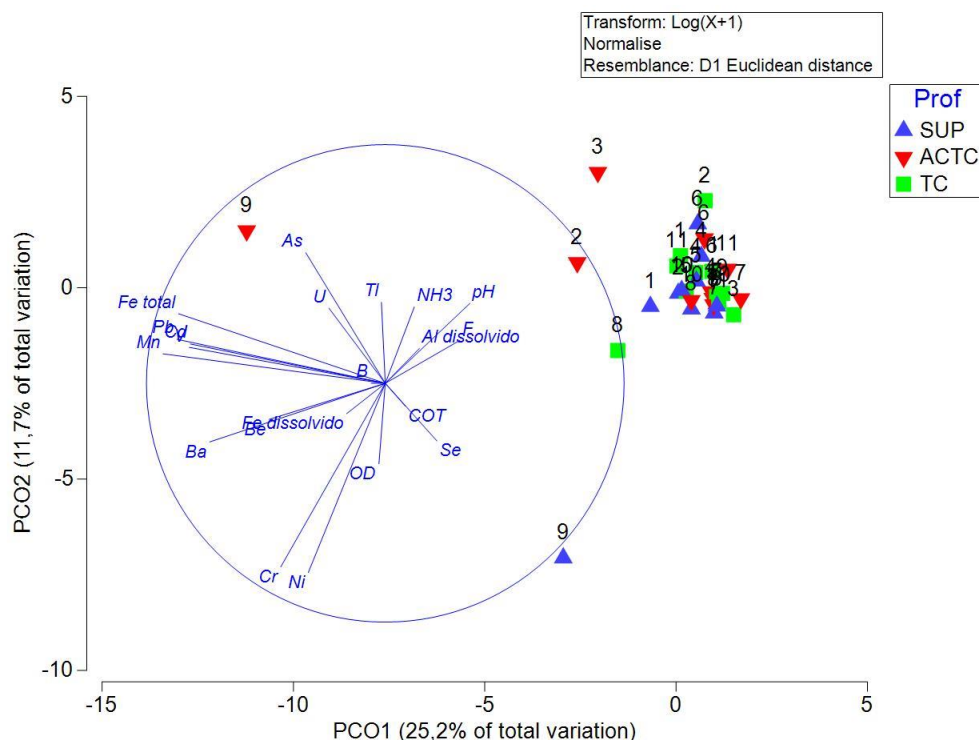
Deste modo, considerando os parâmetros abióticos, a análise integrada foi realizada através de análise multivariada. Assim foi aplicada a Análise de Ordenação de Coordenadas Principais (sigla em inglês – PCO), para qual os dois principais eixos representaram apenas 36,99%, das diferenças observadas entre as estações e profundidades (**Figura 70**).

Foi observada baixa representatividade nesta análise (<50%), não sendo identificada, de forma clara, uma separação das amostras nos dois planos relacionadas às profundidades de coleta (SUP, ACTC e TC), bem como relacionadas às estações e raios, havendo uma concentração de grande parte das amostras no canto superior direito no plano das análises. Esta concentração reflete o observado nos **itens 5.1, 5.2 e 5.3**, onde não foram observadas diferenças entre as estações de coleta para os parâmetros analisados.

Além disso, quando se aplicou o teste PERMANOVA para identificar se a profundidade, a espacialidade das estações e/ou ambos influenciaram na distribuição das amostras, esses fatores não apresentaram diferença significativa (profundidade:  $p = 0,594$ ; espacialidade:  $p = 0,959$ ; profundidade *versus* espacialidade:  $p = 0,849$ ), indicando assim que do ponto de vista físico-químico tanto a coluna d'água quanto as estações apresentaram características semelhantes.

Assim, considerando os raios de estações, os quais 200 e 500 m representam a zona de mistura e 1.000 m a montante do ponto de lançamento do efluente a área controle, a não identificação de diferença significativa considerando a espacialidade das estações indica que do ponto de vista estatístico o ambiente é semelhante e o descarte não tem influenciado nas características do ambiente, revelando assim, que a água de produção ao atingir o ambiente marinho, imediatamente, sofre um processo de diluição e dispersão, não alterando de modo significativo as características da água no entorno do FPSO Espírito Santo.





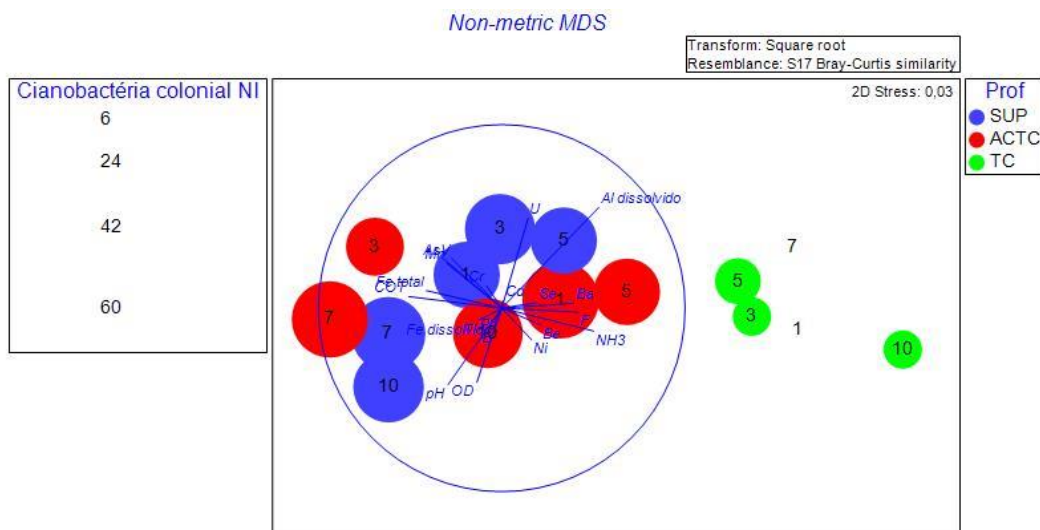
**Figura 70: Análise de Ordenação de Coordenadas Principais (PCO) aplicada aos dados físico-químicos com resultados representativos e acima do limite de quantificação ou detecção.**

As amostras referentes a superfície (SUP) e acima da termoclina (ACTC) da estação 9 apresentaram um pico na concentração de alguns parâmetros inorgânicos, conforme apresentado no **item 5.2**. Esta característica justifica o isolamento destas amostras em relação as demais na Análise de Ordenação de Coordenadas Principais (PCO). Este comportamento foi observado somente para alguns compostos inorgânicos, não sendo verificado para os compostos orgânicos, nem mesmo nas análises de ecotoxicidade, não refletindo em alterações na comunidade biológica local.

Realizando a análise integrada a partir dos resultados de abundância da comunidade planctônica, primeiramente foi feita a análise de nMDS (**Figura 71**). O stress de 0,03 indicou uma distribuição dos dados em duas dimensões não tão representativa. Não sendo possível observar dois grupos distintos em relação as profundidades SUP e ACTC, com as amostras se misturando entre os grupos, apenas as amostras da profundidade TC se destacaram. Além disso, não foi possível verificar uma discriminação entre os raios de estação.

Adicionalmente, a “análise de bolhas” incluída ao nMDS, considerando o táxon do microfitoplâncton mais abundante observada nesta campanha (Cianobactéria colonial NI), mostrou uma diferença no comportamento das amostras relacionadas a profundidade TC. As

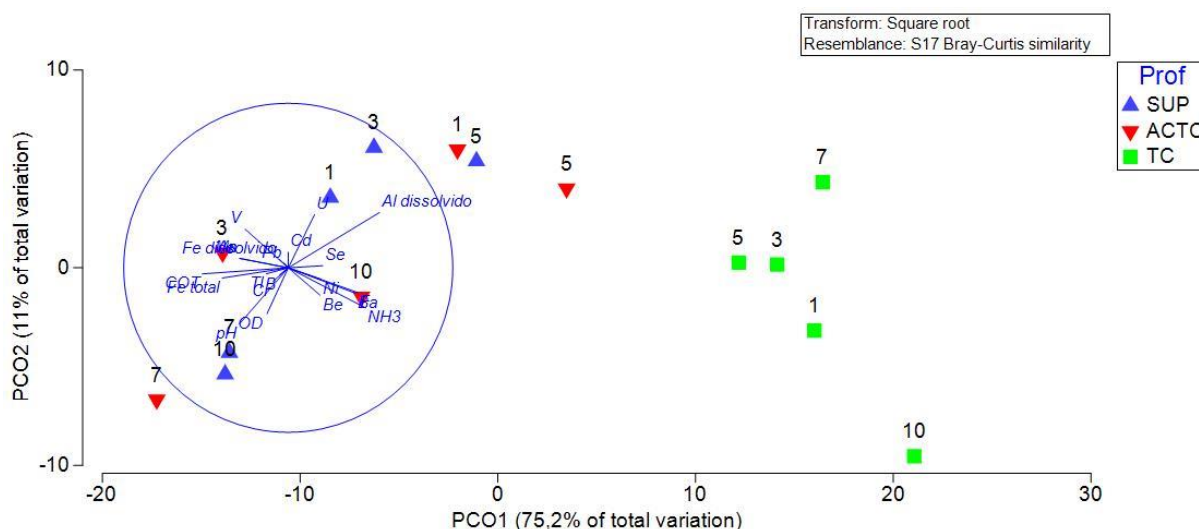
amostras ficaram posicionadas mais à direita em relação as demais e apresentaram as menores densidades de Cianobactéria colonial NI. Este comportamento está provavelmente associado à menor incidência de luz nesse estrado, sendo este um fator limitante ao crescimento destes organismos.



**Figura 71: Análise n-MDS aplicada aos resultados de abundância da comunidade planctônica e dados físico-químicos.**

Aplicando a análise de PCO para os dados biológicos, os dois principais eixos representaram 86,14%, sendo possível observar um espalhamento das amostras relacionadas às profundidades SUP e ACTC e a formação de um grupo das amostras da TC mais na porção à direita do plano (**Figura 72**). Quando se aplicou o teste PERMANOVA para identificar se os fatores profundidade, espacialidade das estações e/ou ambos influenciaram na distribuição das amostras, assim como verificado para os dados abióticos, apenas para o fator profundidade o teste apresentou diferença significativa (profundidade:  $p = 0,006$ ; espacialidade:  $p = 0,63$ ; profundidade *versus* espacialidade:  $p = 0,905$ ), indicando assim que do ponto de vista biótico foi observada diferença significativa entre os estratos.

A análise de BIOENV, que objetiva indicar quais parâmetros melhor contribuíram no comportamento dos dados biológicos, indicou que os metais Arsênio e Alumínio tenderam a influenciar na comunidade biológica.



**Figura 72: Ordenação de Coordenadas Principais (PCO) aplicada aos dados da comunidade planctônica e físico-químicos.**

Por outro lado, realizando as análises de relação (disLM, **Tabela 27**) dentre um total de 21 parâmetros, apenas o Alumínio dissolvido apresentou relação no comportamento dos resultados da abundância da comunidade planctônica, especialmente nas amostras que este parâmetro foi quantificado (estação 1 – TC, estação 3 – SUP, ACTC e TC, estação 5 – SUP, ACTC e TC, estação 7 - TC e estação 10 – TC). Deste modo, os resultados estatísticos observados não indicaram, de um modo geral, que os fatores físico-químicos, especialmente aqueles que podem ser considerados poluentes, têm influenciado a comunidade fitoplanctônica da região no entorno do FPSO Espírito Santo.

**Tabela 27: Resultados da análise DISTLM. Valores em negrito indicam correlações significativas (<0,05).**

Variáveis	Pseudo-F	p
pH	1,3641	0,242
OD	0,2803	0,821
Fe total	1,9111	0,171
V	0,9665	0,364
As	1,2269	0,313
B	0,2733	0,837
Ba	2,0978	0,14
Be	0,4671	0,654
Cd	0,3173	0,881
Pb	0,3970	0,714
Se	0,4806	0,626

**Tabela 27: Resultados da análise DISTLM. Valores em negrito indicam correlações significativas (<0,05).**

Variáveis	Pseudo-F	p
Cr	0,1856	0,907
Mn	1,1153	0,356
Ni	0,5016	0,673
TI	0,2889	0,828
U	0,5563	0,58
Al dissolvido	4,5199	<b>0,032</b>
Fe dissolvido	0,1400	0,97
NH3	2,8477	0,088
COT	3,5703	0,058
F	2,2513	0,124

## 6. CONCLUSÃO

A análise de amostras de água e plâncton no campo Parque das Conchas, no entorno do FPSO Espírito Santo, permitiu avaliar a qualidade da água e caracterizar a comunidade planctônica na área com a finalidade de verificar a possibilidade de influência do descarte de água produzida pela unidade e o enquadramento das águas quanto águas quanto ao requerido pela Resolução CONAMA 357/05.

As perfilagens de salinidade e temperatura demonstraram, até a profundidade máxima monitorada, presença da Água Tropical (AT) e da Água Central do Atlântico Sul (ACAS), massas d'água típicas da bacia de Campos. Foi observada uma camada de mistura profunda que chegou a aproximadamente 150 m, onde teve início uma termoclina permanente muito bem demarcada. Este panorama se refletiu nos dados de nutrientes, que apareceram em baixas concentrações, reforçando o padrão oligotrófico da área, tendo nitrato, nitrito e fosfato obtido apenas uma amostra com concentração quantificável cada. A partir da análise dos resultados de salinidade, não foram verificados aumentos de salinidade nas camadas superficiais que pudessem ser associadas ao descarte de água produzida pelo FPSO.

Todos os valores de pH estiveram contidos no intervalo estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1.

Com relação às concentrações de oxigênio dissolvido, apenas um resultado esteve abaixo do limite máximo estabelecido pela legislação ambiental supracitada para águas salinas classe 1.

Entretanto, este valor esteve de acordo com o considerado típico de ambiente marinho tropical, segundo o reportado por Niencheski *et al.* (1999) e Valentin *et al.* (2006).

As concentrações de COT foram comuns a área estudada e estiveram de acordo com o observado ao longo do monitoramento e com o estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1.

Como indicativo da boa qualidade da água na área estudada, cita-se a não verificação de diversos contaminantes com potencial nocivo à biota, como o cianeto, HPA, HTP, BTEX, índice de fenóis, óleos e graxas, surfactantes, PCB's, tributilestanho, além dos metais cobre dissolvido, mercúrio, prata.

Aponta-se, entretanto, a detecção dos metais berílio, cádmio, chumbo e selênio – tendo este estado acima do preconizado pela legislação em todas as estações, uma vez que não foram observadas previamente. A presença do metal selênio em todas as estações, inclusive naquelas à montante 1000 m do ponto de descarte, pode ser indicativo de influência externa à atividade, sendo necessário observar seu comportamento nas próximas campanhas.

Dos demais metais analisados, de um modo geral, estes estiveram abaixo dos limites máximos estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1, assim como com o observado nas campanhas anteriores. Pontua-se que o chumbo, o boro e o níquel apresentaram uma amostra cada (nas estações 5 ou 9) que ultrapassou o limite máximo estabelecido por esta resolução.

Ressalta-se que a ausência de efeito nocivo à biota foi ratificada pelos resultados dos testes de ecotoxicidade, que não demonstraram efeito crônico ou agudo. Os resultados de radioisótopos demonstraram concentrações abaixo do limite de quantificação do método para todas as amostras de  $^{228}\text{Ra}$ ; no que tange ao  $^{226}\text{Ra}$  apenas duas concentrações quantificáveis. Este cenário de não quantificação comumente verificado ao longo do monitoramento.

Quanto à análise da comunidade planctônica no entorno do FPSO, observou-se resultados condizentes para a área de estudo, indicando que não há indícios de alteração/impacto relacionada com o descarte de água produzida. Para o nanoplâncton foram detectados cinco táxons: nanoplâncton não identificado, Diatomácea, Dinoflagelado, Cianobactéria e Cocolitoforídeo. Já para o microfitoplâncton observou-se dominância de dinoflagelados, diatomáceas, e as cianobactérias, destacando a maior presença de dinoflagelados, como nas campanhas anteriores. Para o zooplâncton, o grupo dos copépodes (organismos holoplanctônicos) se destacou. Na análise do ictioplâncton foi observada uma composição

comum para área, considerando as campanhas anteriores e registros pretéritos dos táxons nas águas brasileiras.

É possível concluir que a 12ª Campanha de Monitoramento do campo Parque das Conchas indicou que a qualidade da água no entorno do FPSO Espírito Santo não demonstrou alteração (variação) diretamente associada às atividades desta instalação *offshore*, sendo necessário atentar futuramente para o selênio (**Tabela 28**). Os resultados discutidos foram condizentes ao ambiente oceânico e, em geral, similares às campanhas anteriores bem como aos obtidos em outros estudos da Bacia de Campos.

**Tabela 28: Avaliação dos Objetivos, Metas, Indicadores e Resultados do PMA.**




Objetivo	Meta	Indicadores	Resultados
<p>- Verificar <i>in situ</i> o impacto do descarte de água produzida, considerando o prognóstico de modelagem matemática e a avaliação de impactos ambientais do EIA;</p> <p>- Verificar o atendimento à CONAMA nº393/07 no que se refere ao enquadramento como “Águas Salinas Classe 1” da água do mar no entorno do FPSO Espírito Santo.</p>	<p>Garantir a qualidade de água no entorno do FPSO Espírito Santo, após a zona de mistura, atende ao enquadramento como Águas Salinas – Classe 1 de acordo com os limites definidos pelas resoluções CONAMA 357/05 e 393/07, e que eventuais parâmetros que excedam esses limites, não tenham origem no descarte de água produzida do FPSO Espírito Santo.</p>	<p>Alterações na qualidade da água, apresentadas pelos parâmetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Físico-químicos (temperatura, salinidade, pH e oxigênio dissolvido);</li> <li>- Inorgânicos (nutrientes, cloro residual, sulfetos, cianetos, fluoretos, radioisótopos e metais);</li> <li>- Orgânicos (COT, surfactantes, PCB's, TBT, óleos e graxas, fenóis, HPA's e HTP's);</li> <li>- Testes de Toxicidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Os parâmetros físico-químicos apresentaram valores, em geral, compatíveis para as regiões oceânicas e as perfilagens de salinidade e temperatura indicaram massas d'água típicas da plataforma brasileira (AT e ACAS). Os perfis de salinidade não demonstraram incrementos associados à água produzida.</li> <li>- A análise de nutrientes demonstrou características de regiões oligotróficas, como esperado para áreas oceânicas;</li> <li>- Dos metais analisados, uma amostra cada de chumbo, boro e níquel apresentaram concentrações acima do limite estabelecido pela CONAMA 357/05. Ressalta-se o selênio, em que todas as estações foram quantificados e estiveram acima do limite preconizado. Juntamente com este metal, berílio, cádmio e chumbo não haviam sido encontrados previamente;</li> <li>- Não foram detectadas concentrações efetivas dos compostos orgânicos surfactantes, HPA, HTP, PCB's, BTEX, índices de fenóis, óleos e graxas.</li> <li>- Não foram evidenciados efeitos agudos e crônicos nos testes de toxicidade;</li> <li>- Considerando que ocorreram poucas alterações na qualidade da água, de forma pontual e sem padrão associada a distância em relação ao FPSO, é possível inferir que os presentes resultados não evidenciaram alterações ambientais locais em função das atividades de descarte de água produzida.</li> </ul>
		<p>Alterações na estrutura e composição planctônica, através de parâmetros como composição, riqueza, densidade e índices de diversidade dos táxons da comunidade.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A composição planctônica encontrada foi típica da região oceânica monitorada;</li> <li>- A riqueza taxonômica e os índices de diversidade e equitabilidade apresentaram valores condizentes com os dados pretéritos do monitoramento.</li> </ul>



## 7. EQUIPE TÉCNICA

A equipe técnica responsável pela elaboração deste Relatório é apresentada na **Tabela 29**.

**Tabela 29: Relação da equipe técnica responsável pela elaboração do presente documento.**

Nome	Cadastro Técnico Federal (CTF/IBAMA)	Registro	Assinatura
Larissa Corso Velloso Oceanógrafa	8112778	Não aplicável	
Luisa Santos Machado Oceanógrafa	7526192	Não aplicável	
Luiz Carlos Ramos da Silva Filho Oceanógrafo Msc. Planejamento Ambiental	5006019	Não aplicável	

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADL, S., BASS, D., LANE, C., LUKEŠ, J., SCHOCH, C., ALEXEY, S., AGATHA, S., BERNEY, C., BROWN, M., BURKI, F., CÁRDENAS, P., CEPICKA, I., CHISTYAKOVA, L., DEL CAMPO, J., DUNTHORN, M., EDVARDSEN, B., EGLIT, Y., GUILLOU, L., HAMPL, V. & ZHANG, Q., 2018. Revisions to the Classification, Nomenclature, and Diversity of Eukaryotes. **Journal of Eukaryotic Microbiology**, 66: 1-119.

ALBAINA, A; IRIGOIEN, X. Fine scale zooplankton distribution in the Bay of Biscay in spring 2004. **Journal of Plankton Research**, v. 29, p.851-870, 2007

ALVES, R.S. **Efeito da Engorda Artificial das Praias do Meireles e Iracema sobre os Parâmetros Inorgânicos De Qualidade De Água**. 2021. Monografia – Ciências Ambientais – Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará. 96p.

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Boletim da Produção de Petróleo e Gás Natural, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins-anp/boletins/arquivos-bmppgn/2022/boletim-novembro.pdf>

APHA, AWWA, AEF, 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st ed. Washington, DC.

AVILA, L. R. M.; ARRUDA, M. R. & BONECKER, S. L. C., 2006. Chaetognatha In: Bonecker, S. L. C. (Ed.). Atlas da Região Central da Zona Econômica Exclusiva brasileira. Museu Nacional Série de livros n. 21, Rio de Janeiro, p. 165-185.

BAUMGARTEN, M.G.Z; BAPTISTA, J.R; NIENCHESKI, L.F.Hax. **Manual de análises em oceanografia química**. Rio Grande do Sul: UFRGS, 1996. 132 p.

BERGESCH, M.; ODEBRECHT, C. & MOESTRUP, O. 2008. Nanoflagellates form coastal waters of southern Brazil (32°S). *Botanica Marina*, 51: 35-50.

BERGLUND, J.; SAMUELSSON, K.; KULL, T.; MUREN, U. & ANDERSSON, A., 2005. Relative strength of resource and predation limitation of heterotrophic nanoflagellates in a low-productive sea area. *Journal of Plankton Research*, 27: 923-935.

BICUDO, C.E. & MENEZES, M., 2017. **Gêneros de algas continentais do Brasil - chave para identificação e descrições**. 3ª edição. Editora RIMA, 554 p.

BONECKER, A.C.T; ARAÚJO, A.V; DIAS, C.O; CASTRO, M.S; CARVALHO, P.F; LOPES, R.M; BONECKER, S.L.C. Comunidades Zooplânctônicas e Ictioplânctônicas: Variações Verticais e Nictemerais ao Longo de Oito Dias. In: **Ambiente Pelágico**. Campus, 2017. p. 247-281.

BONECKER, A.C.T. & CASTRO, M.S. 2006. **Atlas de larvas de peixes da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira**. Museu Nacional Série Livros n. 19. Rio de Janeiro. 216 p.

BONECKER, S. L. C.; QUINTAS, M. C. C., 2006a. **Doliolidae** In: Bonecker, S. L. C. (Ed.). Atlas da Região Central da Zona Econômica Exclusiva brasileira. Museu Nacional Série de livros n. 21, Rio de Janeiro, p. 215-221.

BONECKER, S. L. C.; QUINTAS, M. C. C., 2006b. **Salpidae**. In: Bonecker, S. L. C. (Ed.). Atlas da Região Central da Zona Econômica Exclusiva brasileira. Museu Nacional Série de livros n. 21, Rio de Janeiro, p. 203-213.

BONECKER, S. L. C.; CARVALHO, P. F., 2006. **Appendicularia** In: Bonecker, S. L. C. (Ed.). Atlas da Região Central da Zona Econômica Exclusiva brasileira. Museu Nacional Série de livros n. 21, Rio de Janeiro, p. 185-203.

BONECKER, S. L. C.; VALENTE, A.; DIAS, C. O.; FERNANDES, L. D. A.; ARRUDA, M.; ALPINO, P.; COSTA, R. F. C. & CARVALHO, P. F., 2014a. **Catálogo digital de zooplâncton da região da Bacia de Campos**. Disponível em: <http://www.biologia.ufrj.br/LIZI/>. Acessado em: junho de 2014.

BONECKER, A.C.T.; NAMIKI, C.A.P.; CASTRO, M.S. & CAMPOS, P.N., 2014b. **Catálogo digital de larvas de peixes da região da Bacia de Campos**. Disponível em: <http://www.biologia.ufrj.br/LIZI/>. Acessado em: junho de 2014.

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

BONECKER, A.C.T.; CASTRO, M.S.; NAMIKI, C.; BONECKER, F.T.; BARROS, F.B.A.G.; MONTEIRO-RIBAS, W.M., 2006. Ictioplâncton. In: VALENTIN, J.L. (Ed.). Características da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira (Salvador, BA, ao Cabo de São Tomé, RJ). Brasília: Ideal Gráfica e Editora (Série Documentos REVIZEE/SCORE Central), p. 141-159.

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

BOUTRUP, P.V.; MOESTRUP, Ø.; TILLMANN, U. & DAUGBJERG, N., 2016. *Katodinium glaucum* (Dinophyceae) revisited: proposal of new genus, family and order based on ultrastructure and phylogeny. **Phycologia**, 55: 147-164.

BRANDINI, F.P.; LOPES, R.M.; GUTSEIT, K. S.; SPACH, H.L & SASSI, R. 1997. Planctonologia na Plataforma Continental do Brasil - Diagnose e Revisão Bibliográfica. Publicação do Ministério do Meio Ambiente, CIRM e Fundação de Estudos do Mar. 196 p.

BRETAS, E., 2011. Avaliação toxicológica da água produzida de uma plataforma off shore de gás natural. **Revista Cecília** Jun 3(1): 50-53,

CALBET, A.; LAndRY, M. R. & NUNNERY, S., 2001. Bacteria-Flagellate Interactions in the Microbial Food Web of the Oligotrophic Subtropical North Pacific. **Aquatic Microbial Ecology**, 23: 283-292.

CAMPOS, M.A.G. 2000. **As apendiculárias da região compreendida entre Cabo Frio (RJ) e Cabo de Santa Marta Grande (SC)**. USP. São Paulo. Tese de Mestrado.

CAPONE, D. G.; ZEHR, J. P.; PAERL, H. W.; BERGMAN, B. & CARPENTER, E. J. 1997. *Trichodesmium*, A Globally Significant Marine Cyanobacterium. *Science*, 276: 1221-1229.

CARPENTER, E.J.; SCRANTON, M. I.; NOVELLI, P.C. & MICHAELS, A. 1987. Validity Of N<sub>2</sub> Fixation Rate Measurements In Marine Oscillatoria (Trichodesmium) **J. Plank. Res.**, 9: 1047-1056

CASTRO, B. M., MIRANDA, L. B. Physical Oceanography of the Western Atlantic Continental Shelf Located between 4°N and 34°S Coastal Segment (4,W). Chapter 8. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. The Sea, V. 11, N.1, P. 209-251, 1998.

CASTRO, M. S.; RICHARDS, W. J. & BONECKER, A. C. T., 2010. Occurrence and Distribution of Larval Lanternfish (Myctophidae) from the Southwest Atlantic Ocean (12°S-22°S). **Revista Brasileira de Zoologia**, 27(4): 541–553.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. 2023. **Amônia**. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisicas-e-quimicas/contaminantes/amonia/>>. Acesso em: Janeiro, 2023.

CHAMP, M. A., 2000. A review of organotin regulatory strategies, pending actions, related costs and benefits. **Science of the Total Environment** 2581, 21-71.

CHRÉTIENNOT-DINET, M. J., 1990. Atlas du phytoplancton Marin. Chlorarachnoiphycees, Chlorophycees, Chrysophycees, Cryptophycees, Euglenophycees, Eustigmatophycees, Prasinophycees, Prymnésiophycees, Rhodophycees et Tribophycees. Paris, Centre National de la Recherche Scientifique, v. 3.

CIOTTI, A. M.; GONZALEZ-RODRIGUES, E.; ANDRADE, L.; PARANHOS, R.; CARVALHO, W. F. 2006. Clorofila-a, Medidas Bio-ópticas e Produtividade Primária. In: Características hidrológicas da região central da Zona Econômica Exclusiva Brasileira (Salvador, BA, ao Cabo de São Tomé, RJ) / Jean Louis Valentin, organizador. Brasília: MMA 61-72 pp (Série Documentos REVIZEE –SCORE Central, 2).

CITES – **Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora**. Disponível em: <http://checklist.cites.org/#/en>. Acesso em: Março, 2023.

CLARKE, K. R. & WARWICK, R. M., 1994. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. **Plymouth Marine Laboratory**, Plymouth, 144 p.

COYLE, K.O.; HUNT JR, G.L. Seasonal differences in the distribution, density and scale of zooplankton patches in the upper mixed layer near the western Aleutian Islands. **Plankton Biol. Ecol.** 47 (1): 31-42, 2000.

COSTA, A.C.P. 2017. **Variação Do Ictioplâncton Entre As Feições Talude Continental e Bacia Oceânica em um Trecho do Atlântico Equatorial (Ceará - Brasil)**. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Universidade Federal do Ceará.66p.

CUPELO, A. C. G., 2000. **As frações do pico-, nano- e microplâncton na profundidade do máximo de clorofila na costa central do Brasil (13,5° - 23° S)**. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. 131 p.

CUPP, E. E., 1943. Marine plankton diatom of the West coast of North America. **Bull. Scripps Inst. Oceanogr. Berkeley**, CA: Univ. Calif. techn. ser., v. 6, no. 1, 238 p.

DIAS, C. O. & ARAUJO, A. V., 2006. Copepoda. In: Bonecker, S. L. C. (Ed.). **Atlas da Região Central da Zona Econômica Exclusiva brasileira**. Museu Nacional Série de livros n. 21, Rio de Janeiro, p. 23-101.

DUGDALE, R. C. & GOERING, J. J., 1967. Uptake of new and regenerated forms of nitrogen in primary productivity. **Limnology and Oceanography**, 12: 196-206

EKAU, W. & Y. MATSUURA. 1996. Diversity and distribution of ichthyoplankton in the continental shelf waters of East Brazil, p. 135-147. In: W. EKAU & B. KNOPPERS (Eds). Sedimentation process and productivity in the continental shelf waters off East and Northeast Brazil. Joint Oceanographic Projects. JOPS II, Cruise Report and First Results. Bremen, Center for Tropical Marine Ecology, 151p.

EMILSON, I. 1961. The Shelf and Coastal Waters Off Southern Brazil. **Bolm. Inst. Oceanogr.**, XI(2), 101-112.

EPPLEY, R.W.; ROGERS, J.N. & MACCARTHY., 1969. Half-saturation constants for uptake of nitrate and ammonium by marine phytoplankton. **Limnology and Oceanography**, 14: 912-920.

ESNAL, G.B. 1999. Appendicularia. In: BOLTOVSKOY, D. (Ed.) South Atlantic zooplankton. Leiden, Backhuys Publishers, p. 1375-1398.

EYNAUD, F.; GIRAudeau, J.; PICHON, J. J. & PUDSEY, C. J., 1999. Sea-surface distribution of coccolithophores, diatoms, silicoflagellates and dinoflagellates in the South Atlantic Ocean during the late austral summer 1995. *Deep-Sea Research I*, 46: 451-482.

FAHAY, M.P., 2007. **Early Stages of Fishes in the Western North Atlantic Ocean (Davis Strait, Southern Greenland and Flemish Cap to Cape Hatteras)**. Northwest Atlantic Fisheries Organization. Nova Scotia, Canada. 1696 p.

FENSOME, R. A.; TAYLOR, F. J. R.; NORRIS, G.; SARJEANT, W. A. S.; WHARTON, D. I. & WILLIAMS, G. L., 1993. **A classification of living and fossil dinoflagellates**. Sheridan Press, Hanover. 350 p.

FOLT, C.L.; BURNS, C.W. Biological drivers of zooplankton patchiness. *Trends in Ecology & Evolution*, Volume 14, Issue 8, 1 August 1999, Pages 300–305.

FRAGOSO, M. R.; PELLEGRINI, J. A. C.; ASSIREU, A. T.; DOS SANTOS, F. A.; MARQUES DA CRUZ, L. M. 2008. Caracterização cinemática e estatística dos vórtices na Bacia Oceânica SE/S do Brasil obtidos por derivadores rastreados por satélite durante a primavera de 2007. *Anais do III Congresso de Oceanografia*. Fortaleza.

FRANCO, B.F.; MUELBERT, J.H. 2003. Distribuição e composição do ictioplâncton na quebra da Plataforma do Sul do Brasil. *Atlântica*, 25(1): 75-86.

FRICKE, R., ESCHMEYER, W.N. & VAN DER LAAN, R. (Eds.), 2022. **Eschmeyer's Catalog of Fishes: Genera, species, references**. (<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>). Electronic version accessed 02/01/2023.

FRONTIER, S., 1981. Cálculo del error en el recuento de organismos zooplanctónicos. In: Boltovskoy, D. (ed.). **Atlas del Zooplankton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplankton marino**. INIDEP, Mar del Plata, Argentina, p. 163-167.

GABIOUX, M 2008. Estudo numérico dos meandros e vórtices da corrente do Brasil entre 22°s e 30°s. Tese (Doutorado em Engenharia Naval e Oceânica). Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Rio de Janeiro, RJ.

GARRISON, T. 2010. **Fundamentos de Oceanografia**. São Paulo. Cengage Learning. 4ª ed. pp. 136.

GÓMEZ, F., TAKAYAMA, H., MOREIRA, D. & LÓPEZ-GARCIA, P., 2016. Unarmoured dinoflagellates with a small hyposome: *Torodinium* and *Lebouridinium* gen. nov. for *Katodinium glaucum* (Gymnodiniales, Dinophyceae). **European Journal of Phycology**, 51(2): 226-241.

GUIRY, M.D. & GUIRY, G.M., 2023. **Algaebase**. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <https://www.algaebase.org>; acesso em 02 de janeiro de 2023.

HALLEGRAEFF, G. M. 1984. Coccolithophorids (calcareous nanoplankton) from Australian waters. *Botanica mar.* 27: 229-249. HOPKINS, T. L. and BAIRD, R. C. (1973): Diet of the hatchetfish *Sternoptyx diaphana*. *Mar. Biol.*, 21, 34-46.

HASLE, G. A. & SYVERTSEN, E. E., 1997. Marine diatoms. In TOMAS, C. R. (Ed.). **Identifying Marine Phytoplankton**. U.S.A., Academic Press, 583 p.

HAYS, G. C. 2003. A review of the adaptive significance and ecosystem consequences of zooplankton diel vertical migrations. *Hydrobiologia*. 503:163- 170.

HEIMDAL, B. R., 1997. Modern Coccolithoforids. In: TOMAS, C. R. (Ed.) **Identifying Marine Phytoplankton**. U.S.A.: Academic Press, 583 p.

HUANG, B.; LAN, W.; CAO, Z.; DAI, M.; HUANG, L.; JIAO, N. & HONG, H., 2008. Spatial and temporal distribution of nanoflagellates in the northern South China Sea. *Hydrobiologia*, 605: 143-157.

Hulley, P.A. 1981. Results of the research cruises of FRV “Walter Herwig” to South America LVIII. Family Myctophidae (Osteichthyes, Myctophiformes). *Archiv fur Fishereiwissenschaft*. 31: 1-300

IUCN. **International Union for Conservation of Nature**. 2023 Disponível em: <http://www.iucnredlist.org/>. Acessado em Março, 2023

JORDAN, R. W., CROS, L. & YOUNG, J. R., 2004. A Revised Classification Scheme for Living Haptophytes. **Micropaleontology**, 50: 55-79.

KAWAI, H. & NAKAYAMA, T., 2015. Introduction (Heterokontobionta p.p.), Cryptophyta, Dinophyta, Haptophyta, Heterokontophyta (except Coscinodiscophyceae, Mediophyceae, Fragilariophyceae, Bacillariophyceae, Phaeophyceae, Eustigmatophyceae), Chlorarachniophyta, Euglenophyta. In: FREY, W. (Ed.). **Syllabus of plant families**. *Adolf Engler's Syllabus der Pflanzenfamilien*. Ed. 13. *Phototrophic eukaryotic Algae*. *Glaucocystophyta, Cryptophyta, Dinophyta/Dinozoa, Haptophyta, Heterokontophyta/Ochromyxa, Chlorarachniophyta/Cercozoa, Chlorophyta, Streptophyta* p.p. Stuttgart: Borntraeger Science Publishers. 324 p.

KATSURAGAWA, M.; MATSUURA, Y.; SUZUKI, K.; DIAS, J. F. & SPACH, H. L., 1993. O ictioplâncton ao largo de Ubatuba, SP: composição, distribuição, e ocorrência sazonal (1985-1988). *Publicação especial do Instituto Oceanográfico*, 10: 85-121.

KINGSTON, M. B. 2009. Growth and motility of the diatom *Cylindrotheca closterium*: Implications for commercial applications. **Journal of the North Carolina Academy of Science** 124(4):138-142.



KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K., 1989. Modern approach to the classification system of cyanophytes (Nostocales). **Arch. Hydrobiol. Suppl.**, v. 82, n. 3, p. 247-345.

KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K., 2005. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 19. 2. Oscillatoriales. München, **Elsevier**, 759 p.

KOMÁREK, J., KAŠTOVSKÝ, J., MAREŠ, J. & JOHANSEN, J.R. 2014. Taxonomic classification of cyanoprokaryotes (cyanobacterial genera) 2014, using a polyphasic approach. **Preslia** 86: 295- 335.

KRETSCHMANN, J., ELBRÄCHTER, M., ZINSSMEISTER, C., SOEHNER, S., KIRSCH, M., KUSBER, W. H. & GOTTSCHLING, M., 2015. Taxonomic clarification of the dinophyte *Peridinium acuminatum* Ehrenb., *Scrippsiella acuminata*, comb. nov. (Thoracosphaeraceae, Peridinales), **Phytotaxa**, 220(3): 239-256.

LONGHURST, A. Seasonal cooling and blooming in tropical oceans. Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research, v. 40, p. 2145–2165, 1993.

LOPES, C. L. 2006. Variação espaço-temporal do ictioplâncton e condições oceanográficas na região de Cabo Frio (RJ). Tese (doutorado) Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, USP. São Paulo – SP. 226p.

LUND, J.W.G.; KIPLING, C. & LEGREN, E.D., 1958. The inverted microscope method of estimating algal number and statistical basis of estimations by counting. **Hydrobiologia**, 11: 143- 170.

LUNDGREN, P.; SÖDERBACK, E.; SINGER, A.; CARPENTER, E.J. & BERGMAN, B. 2001. Katagnymene: a novel marine diazotroph. **J. Phycol.**, 37: 1052–1062.

MALONE, T. C., 1971. The relative importance of nanoplankton and netplankton as primary producers in tropical oceanic and neritic phytoplankton communities. **Limnology and Oceanography**, 16(4): 633-639.

MARGALEF, R. 1972. Regularidades en la distribución de la diversidad del fitoplancton en un área del mar Caribe. Investigacion Pesquera, v. 36, n. 2, p. 241-264.

MARTENS, P. Mesozooplankton in the northern Wadden Sea of Sylt: Seasonal distribution and environmental parameters. **Helgoländer Meeresunters**, v. 49, p. 553-562, 1995.

MCEWEN, G. F.; JOHNSON, M. W. & FOLSOM, T. R., 1954. A statistical analysis of the performance of the Folsom plankton sample splitter, based upon test observations. **Archives of Metereology, Geophys and Bioklimatology**, (Ser. A), 7: 502-527.

MEDLIN, L. K. & KACZMARSKA, I., 2004. Evolution of the diatoms: V. Morphological and cytological support for the major clades and a taxonomic revision. **Phycologia**, 43: 245-270.

MEDLIN, L. K., 2016. Evolution of the diatoms: major steps in their evolution and a review of the supporting molecular and morphological evidence. **Phycologia**, 55(1): 79-103.

MOESTRUP, Ø. & CALADO, A.J., 2018. Süßwasserflora von Mitteleuropa. **Freshwater Flora of Central Europe**, Volume 6: Dinophyceae. pp. [i]-xii, [1]-560, 421 figs. Berlin: Springer Spektrum.

MORRISSEY, J.F.; SUMICH, J. L. 2012. Introduction To The Biology Of Marine Life, 10th Edition. Jones And Bartlett, Massachusetts.

MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE). 2022. Portaria GM/MMA Nº 300, de 13 de dezembro de 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/mma-n-300-de-13-de-dezembro-de-2022-450425464>. Acesso em: Março. 2023.

NELSON, J.S.; GRANDE, T.C.; WILSON, M.V.H., 2016. **Fishes of the world**. 5a edição. John Wiley & Sons. New Jersey. 752 p.

NONAKA, R. H.; MATSUURA, Y. & SUZUKI, K., 2000. Seasonal variation in larval fish assemblages in relation to oceanographic conditions in the Abrolhos Bank region off eastern Brazil. **Fisheries Bulletin**, 9: 767-784.

NIENCHESKI, L.F.; BAUMGARTEN, M.G.Z.; ROSO, R.H.; BASTOS, L.A.P., 1999. Oceanografia química – levantamento bibliográfico e identificação do estado atual do conhecimento. MMA, CIRM, FEMAR, Rio de Janeiro, 171p.

NYBAKKEN, J.W. & BERTNESS, M. D. 2005. Marine Biology. An ecological approach. 6th ed. Pearson Education, San Francisco, CA, USA, 579 pp.

OGP, 2005. Fate and effects of naturally occurring substances in produced water on the marine environment. Report No. 364, pp42.

OLGUÍN, H. F.; BOLTOVSKOY, D.; LANGE, C. B. & BRANDINI, F. 2006. Distribution of spring phytoplankton (mainly diatoms) in the upper 50 m of the Southwestern Atlantic Ocean (30° to 61°S). **Journal of Plankton Research**, 13. 45 p.

ONBÉ, T., 1999. Ctenopoda and Onychopoda (=Cladocera). In: Boltovskoy, D. (ed.). **South Atlantic Zooplankton**. Leiden, Backhuys Publishers. p. 797-814.

PASSAVANTE, J.Z.O.; KOENING, M.L.; ESKINAZI-LEÇA, E. 1982. Dinoflagelados da plataforma continental do Ceara. *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco* 17: 47-66.

PEDROSA, P.; PARANHOS, R.; SUZUKI, M.S.; ANDRADE, L.; SILVEIRA, I.C.A.; SCHMIDT, A.C., K.; FALCÃO, A.P., LAVRADO, H.P.; REZENDE, C.E. 2006. Hidroquímica de massas d'água oceânicas em regiões da margem continental brasileira, Bacia de Campos, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Geochemica Brasiliensis**, 20(1):104-122.

PENTEADO, J.C.P.; VAZ, J.M. O legado das bifenilas policloradas (PCBs). *Química Nova*, v.24, n.3, p.390-398, 2001.

PETROBRAS, 2013. **Projeto de Caracterização Regional da Bacia de Campos (PCR – BC/Habitats)**. Química Ambiental. Relatório Final. Volume 3. 326p.

PETROBRAS/TERRABYTE, 2011. **Estudo de Impacto Ambiental (EIA) - Ampliação dos Projetos de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás na Área Denominada Parque das Baleias, Bacia de Campos - EIA Complementar**. Relatório Técnico. 1847p.

PEZZUTO, P.R.; BORZONE, C.A.; ABRAHÃO, R.L.B.E; BRANDINI, F; MACHADO, E.C, 1998. Relatório Técnico Dos Cruzeiros Do Projeto Vieira. III. Cruzeiros IV (Maio de 1996) a XIV (Maio De 1997). 21p.

PIKAEV, A. K., 1995. Current state of radiation processing. *Russian Chemical Reviews*, v.64, n. 6, p. 569-598.



PROGRAMA ÁGUA AZUL. 2015. **Nitrogênio Amoniacal Total**. Disponível em: <[http://programaaguaazul.ct.ufrn.br/indicadores/indicadores\\_ambientais/?id=12](http://programaaguaazul.ct.ufrn.br/indicadores/indicadores_ambientais/?id=12)>. Acesso em: Janeiro, 2023.

READMAN, J.W.; FILLMANN, G.; TOLOSA, I.; BARTOCCI, J.; VILLENEUVE, J.P.; CATINNI, C.; MEE, L.D. 2002. Petroleum And Pah Contamination Of The Black Sea. **Marine Pollution Bulletin** 44: 48–62.

REZENDE, C. E.; ANDRADE, L.; SUZUKI, M. S.; TOVAR-FARO, B.; GONZALEZ, A. S. M. & PARANHOS, R. 2006. Hidroquímica. In: Características hidrológicas da região central da Zona Econômica Exclusiva Brasileira (Salvador, BA, ao Cabo de São Tomé, RJ) / Jean Louis Valentin, organizador. Brasília: MMA 31-60 pp (Série Documentos REVIZEE – SCORE Central, 2).

RICHARDS, W. J., 2006. **Early stages of Atlantic fishes: an identification guide for the Western North Atlantic**. Volume I and Volume II. CRC Press, Boca Raton, Florida, 2640 p.

ROUND, F. E.; CRAWFORD, R. M. & MANN, D. G. 1990. **The diatoms: biology and morphology of the genera**. The Bath Press, Reino Unido. 747 p.

SÁNCHEZ-VELASCO, L.; AVALOS-GARCIA, C.; RENTERÍA-CANO, M. & SHIRASAGO, B., 2004. Fish larvae abundance and distribution in the central Gulf of California during strong environmental changes (1997-1998 El Niño and 1998-1999 La Niña). **Deep-Sea Research II**, v. 51, p. 711-722.

SEGUI, P. N., 2009. **Bioatenuação da geração de sulfeto, por meio da utilização de nitrato, em água produzida proveniente da extração de petróleo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Vitória. 101 f.

SIGNORINI, S. R. 1978. On the circulation and volume transport of the Brazil Current between the Cape of São Tomé and Guanabara Bay. **Deep Sea Res.**, Vol. 25(5). 481-490p.

SHELL, 2015. SHELL BRASIL. Disponível em: <http://www.shell.com.br/sobre-a-shell/nossos-negocios/parque-das-conchas.html>. Acessado em outubro de 2015.

SHELL/AECOM. 2011a. Relatório Final da 7ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo De Parque Das Conchas – FPSO Espírito Santo. Relatório Técnico. 107 p.

SHELL/AECOM. 2011b. Relatório Final da 8ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo De Parque Das Conchas – FPSO Espírito Santo. Relatório Técnico. 107 p.

SHELL/AECOM. 2013. Relatório da 3ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Parque Das Conchas – FPSO Espírito Santo. Relatório Técnico. 91p.

SHELL/AECOM. 2014. Relatório da 4ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Parque Das Conchas – FPSO Espírito Santo. Relatório Técnico. 116p.

SHELL/AECOM. 2015. Relatório da 5ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Parque Das Conchas – FPSO Espírito Santo. Relatório Técnico. 108p.

SHELL/AECOM. 2016. Relatório da 6ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Parque Das Conchas – FPSO Espírito Santo. Relatório Técnico. 106p.

SHELL/AECOM. 2017. Relatório da 7ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Parque Das Conchas – FPSO Espírito Santo. Relatório Técnico. 99p.

SHELL/AECOM. 2018. Relatório da 8ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Parque Das Conchas – FPSO Espírito Santo. Relatório Técnico. 98p.

SHELL/WITTOBRIENS. 2019. Relatório da 9ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Parque Das Conchas – FPSO Espírito Santo. Relatório Técnico. 95p.

SHELL/WITTOBRIENS. 2020. Relatório da 10ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Parque Das Conchas – FPSO Espírito Santo. Relatório Técnico. 111p.

SHELL/WITTOBRIENS. 2021. Relatório da 11ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Parque Das Conchas – FPSO Espírito Santo. Relatório Técnico. 117 p.

SILVEIRA, I.C.A. O sistema corrente do Brasil na Bacia de Campos, RJ [Tese de Livre Docência]. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2007.

SILVEIRA, I.C.A; SCHMIDT, A.C.K; CAMPOS, E.J.D.; GODOI, S.S. & IKEDA, Y. 2000. A Corrente Do Brasil Ao Largo Da Costa Leste Brasileira. Rev. Bras. Oceanogr., 48(2): 171–183.

SOEST, R.W.M. 1981. A monograph of the order Pyrosomatida (Tunicata, Thaliacea). **Journal of Plankton Research**, 3(4): 603-631.

SOURNIA, A., 1978. Phytoplankton Manual. Monography **Oceanographical Methodology**, v. 6, p. 69-74.

STEIDINGER, K. A. & TANGEN, K., 1997. Dinoflagellates. In: **Identifying Marine Phytoplankton**. Tomas, C.R. (ed.). U.S.A., Academic Press, 583 p.

STRAMMA L & ENGLAND M. 1999. On the water masses and mean circulation of the South Atlantic Ocean. J. Geophys. Res., 104(C9): 20863-20883.

SVERDRUP, H.U., JOHNSON, M.W. & FLEMING, R.H. 1942. The Oceans: their physics, chemistry and general biology. Englewood Cliffs, Prentice- Hall Inc. 1087 p.

TAYLOR, F. J. R., 1976. Dinoflagellates from the International Indian Ocean Expedition. A report on material collected by the R. V. "Anton Bruun" 1963-1954. **Bibliotheca Botanica**, Stuttgart, 132: 1-234.

TENENBAUM, D. R.; GOMES, E. A. T. & GUIMARÃES, G. P. 2007. Microorganismos planctônicos: pico, nano e micro. In: VALENTIN, J. L. (Org.). Características hidrobiológicas da região central da zona econômica exclusiva brasileira (Salvador, BA ao Cabo de São Tome, RJ). Brasília, MMA. 168 p.

THRONDSSEN, J., 1997. The Planktonic Marine Flagellates. In: TOMAS, C.R. (Ed.). **Identifying Marine Phytoplankton**. U.S.A.: Academic Press, 583 p.

URIARTE, I; VILLATE, F. Differences in the abundance and distribution of copepods in two estuaries of the Basque coast (Bay of Biscay) in relation to pollution. **Journal of Plankton Research**, 27: 863-874. 2005

UTERMÖHL, H., 1958. Perfeccionamento del metodo cuantitativo de fitoplancton. **Comun. Assoc. Int. Limnol.** Teor. Apl., v. 9, p. 1-89.

UTVIK, T. I. R. (1999). Chemical characterisation of produced water from four offshore oil production platforms in the North Sea. **Chemosphere**, 39(15), 2593–2606.

VALENTIN, J.L. 1995. Agrupamento e ordenação, In: Oecologia Brasiliensis: Tópicos em tratamento de dados biológicos (P.R. Peres-Neto, J.L. Valentin & F.A.S. Fernandez Eds.) Vol. II: 27-55.

VALENTIN, J.L.; MACEDO-SAIDAH, F.E.; TENENBAUM, D. R. & SILVA, N.M.L. 1991z. A diversidade específica para a análise das sucessões fitoplanctônicas. Aplicação ao Ecossistema da Ressurgência de Cabo Frio (RJ). **Neritica**, v. 6, n. 1-2, p. 7-26.

Valentin, J.L.; Paranhos, R.P.R.; Faro, B.C.M.T. & Gonzalez, A.S.M. 2006. **Massas D'água**. In: Valentin, J.L. (Ed.) Características Hidrobiológicas Da Região Central Da Zona Econômica Exclusiva Brasileira. Ideal Gráfica E Editora, Brasília, Série Documentos REVIZEE – Score Central, p. 21-29.

VALENTINI, J.L. 2000. Ecologia numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos. **Rio de Janeiro: Interciência**. 117 p.

VILLAREAL, T.A. & CARPENTER, E.J. 1990. Diel buoyancy regulation in the marine diazotrophic cyanobacterium *Trichodesmium thiebautii*. **Limnology and Oceanography**, v. 35, n. 8, p. 1832-1837.

VILLAREAL, T. A.; CARPENTER, E. J. Buoyancy regulation and the potential for vertical migration in the oceanic cyanobacterium *Trichodesmium*. **Microbial ecology**, v. 45, p. 1-10, 2003.

YONEDA, N.T. 1999. Área temática: Plâncton. Centro de estudos do Mar, UFPR.

YOUNG, J.R., GEISEN, M., CROS, L., KLEIJNE, A., SPRENGEL, C., PROBERT, I. & OSTERGAARD, J.B., 2003. A guide to extant calcareous nannoplankton taxonomy. **Journal of Nannoplankton Research Special Issue**, 1: 1-125.

WOOD, E. J. F., 1968. **Dinoflagellates of the Caribbean Sea and adjacent areas**. Miami, University of Miami Press. Coral Gables. 143 p.

WORMS., 2022. **World Register of Marine Species**. Disponível em: <https://www.marinespecies.org/index.php>. Acesso em: 02 de janeiro de 2023.



# EnvironPact

SUSTENTABILIDADE  
E RESILIÊNCIA

Rua da Glória, 122 | 10º Andar | Glória  
Rio de Janeiro | RJ | Brasil | CEP 20.241-180  
Tel.: +55 [21] 3032-6750 | 3032-6762  
[comercial@environpact.com](mailto:comercial@environpact.com)  
[environpact.com](http://environpact.com)

**EMERGÊNCIA: 0800 627 4367**