

# **RELATÓRIO FINAL DA 17ª CAMPANHA DE MONITORAMENTO AMBIENTAL (PMA) DO CAMPO DE BIJUPIRÁ E SALEMA (BACIA DE CAMPOS) – FPSO FLUMINENSE**

Campanha de 2020

Desenvolvido para: Shell Brasil Petróleo Ltda.



Rev. 00 – Março, 2021.



[www.wittobriens.com.br](http://www.wittobriens.com.br) | Rua da Glória, 306 - 13º Andar | Glória - RJ

T: +55 (021) 3032-6750 / 3032-6762



## CONTROLE DE REVISÕES

Rev.	Data	Descrição (motivo da revisão)
00	Março/2021	Documento original



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2. OBJETIVOS E METAS .....</b>	<b>12</b>
<b>3. ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>12</b>
<b>3.1. MALHA AMOSTRAL.....</b>	<b>13</b>
<b>4. MÉTODOS .....</b>	<b>16</b>
<b>4.1. QUALIDADE DA ÁGUA.....</b>	<b>17</b>
4.1.1. MÉTODOS DE CAMPO.....	17
4.1.2. MÉTODOS DE ANÁLISE.....	20
4.1.2.1. ANÁLISES LABORATORIAIS.....	20
<b>4.2. BIOTA.....</b>	<b>24</b>
4.2.1. MÉTODOS DE CAMPO.....	24
4.2.2. MÉTODOS DE ANÁLISE.....	25
<b>5. RESULTADOS.....</b>	<b>29</b>
<b>5.1. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.....</b>	<b>30</b>
5.1.1. TEMPERATURA, SALINIDADE E DENSIDADE.....	30
5.1.2. OXIGÊNIO DISSOLVIDO.....	34
5.1.3. POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH).....	36
<b>5.2. PARÂMETROS INORGÂNICOS.....</b>	<b>37</b>
5.2.1. NITROGÊNIO E FÓSFORO .....	37
5.2.2. CLOROFILA-A.....	41
5.2.3. METAIS .....	43
5.2.4. CIANETO LIVRE.....	48
5.2.5. FLUORETOS.....	48
5.2.6. SULFETOS.....	49
5.2.7. CLORO RESIDUAL TOTAL.....	50
5.2.8. RADIOISÓTOPOS.....	50
<b>5.3. PARÂMETROS ORGÂNICOS.....</b>	<b>50</b>
5.3.1. CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT).....	50
5.3.2. SURFACTANTES.....	52
5.3.3. BIFENILAS POLICLORADAS (PCBs) .....	52
5.3.4. TRIBUTILESTANHO .....	52
5.3.5. HIDROCARBONETOS E FENÓIS .....	53
5.3.6. ÓLEOS E GRAXAS.....	56



<b>5.4. ECOTOXICIDADE .....</b>	<b>56</b>
<b>5.5. BIOTA.....</b>	<b>57</b>
5.5.1. FITOPLÂNCTON .....	57
5.5.1.1. COMPOSIÇÃO ESPECÍFICA.....	57
5.5.1.2. RIQUEZA .....	60
5.5.1.3. ANÁLISE QUANTITATIVA.....	65
5.5.1.4. ESTRUTURA DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA.....	71
<b>5.5.2. ZOOPLÂNCTON .....</b>	<b>74</b>
5.5.2.1. CARACTERIZAÇÃO DA COMUNIDADE.....	74
5.5.2.2. ANÁLISE QUANTITATIVA.....	78
5.5.2.3. ESTRUTURA DA COMUNIDADE.....	81
<b>5.5.3. ICTIOPLÂNCTON .....</b>	<b>83</b>
5.5.3.1. CARACTERIZAÇÃO DA COMUNIDADE.....	83
5.5.3.2. ANÁLISE QUANTITATIVA.....	85
5.5.3.3. ESTRUTURA DA COMUNIDADE.....	88
<b>5.6. ANÁLISE INTEGRADA .....</b>	<b>89</b>
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>97</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>100</b>
<b>7. EQUIPE TÉCNICA.....</b>	<b>100</b>



## LISTA DE ANEXOS

**ANEXO A** - Acreditação de Análise de Sulfeto e Teste Intralaboratorial

**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 dos Campos de Bijupirá &amp; Salema, Bacia de Campos (Datum SIRGAS 2000). .....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 2: FPSO Fluminense durante a 17ª Campanha de Monitoramento Ambiental – bordo bombordo, lado de descarte da água produzida. ....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 3: Esquema da malha amostral do compartimento água, conforme previsto no PMA - Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá &amp; Salema no entorno do FPSO Fluminense. ....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 4: Embarcação Waterbuck utilizada durante a 17ª Campanha de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá &amp; Salema, Bacia de Campos. Fonte: www.nauticexpo.com .....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 5: Lançamento de CTD durante a 17ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá &amp; Salema. ....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 6: Lançamento de garrafa oceanográfica (GO-FLO) durante a 17ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá &amp; Salema. ....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 7: Equipamentos utilizados na medição dos parâmetros físico-químicos in situ e na filtração durante a 17ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá &amp; Salema. ....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 8: Exemplo de representação de dados em um gráfico Box plot. ....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 9: Em sequência, rede de plâncton do tipo bongô durante a 17ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá &amp; Salema. ....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 10: Perfis de temperatura nas estações monitoradas durante a 17ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Fluminense, campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 11: Perfis de salinidade nas estações monitoradas durante a 17ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Fluminense, campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 12: Perfis de densidade nas estações monitoradas durante a 17ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Fluminense, campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 13: Diagrama TS dos dados amostrados nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 14: Distribuição das concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD) nas estações no entorno da FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 15: Concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD) observadas nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 16: Valores de pH nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 17: Resultados de pH observados nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 18: Distribuição das concentrações de nitrato e nitrogênio amoniacal nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de</i>	



<i>Campos. Não foi elaborada representação gráfica para nitrito devido a apenas um resultados estado acima do limite de detecção do método. ....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 19: Concentrações de nitrato e nitrito amoniacal, observadas nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 20: Concentrações de nitrogênio amoniacal, observadas nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 21: Distribuição das concentrações de fosfato nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 22: Concentrações de fosfato observadas nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 23: Distribuição das concentrações de clorofila-a nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 24: Concentrações de clorofila-a observadas nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 25: Distribuição das concentrações de bário nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 26: Distribuição das concentrações de vanádio nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 27: Distribuição das concentrações de boro nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 28: Concentrações de boro observadas nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 29: Distribuição das concentrações de zinco nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 30: Distribuição das concentrações de fluoreto nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 31: Concentrações de fluoreto observadas nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 32: Distribuição das concentrações de Carbono Orgânico Total (COT) nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 33: Concentrações de COT observadas nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 34: Distribuição das concentrações de tributilestanho nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 35: Distribuição das concentrações de fenóis nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....</i>	<i>56</i>



Figura 36: Contribuição percentual das classes taxonômicas do microfitoplâncton identificadas nas estações de amostragem no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....	59
Figura 37: Número de táxons do nanoplâncton em cada profundidade nas cinco estações monitoradas durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....	60
Figura 38: Contribuição percentual da riqueza de táxons do nanoplâncton por categoria taxonômica nas cinco estações e em cada profundidade monitorada durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....	61
Figura 39: Número de táxons do microfitoplâncton em cada profundidade nas cinco estações monitoradas durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....	61
Figura 40: Contribuição percentual da riqueza de táxons por categoria taxonômica nas cinco estações e em cada profundidade monitorada durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....	63
Figura 41: Densidade celular ( $\text{cel.L}^{-1}$ ) do nanofitoplâncton no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....	68
Figura 42: Densidade celular do microfitoplâncton ( $\text{cel.L}^{-1}$ ) nas cinco estações monitoradas durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....	69
Figura 43: Contribuição percentual das categorias taxonômicas na densidade do microfitoplâncton no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....	70
Figura 44: Índice de diversidade ( $H'$ ) e de equitabilidade ( $J'$ ) da comunidade fitoplanctônica das cinco estações monitoradas na 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....	72
Figura 45: Análise de agrupamento das amostras através do índice de similaridade de Bray–Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....	73
Figura 46: Contribuição média percentual das categorias taxonômicas do zooplâncton identificadas nas cinco estações monitoradas durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....	75
Figura 47: Número de táxon do zooplâncton nas cinco estações monitoradas durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....	75
Figura 48: Densidade do zooplâncton nas cinco estações monitoradas durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....	79
Figura 49: Abundância relativa (%) dos grupos dominantes coletados nas cinco estações monitoradas durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....	80
Figura 50: Abundância (%) dos copépodes dominantes coletados nas cinco estações monitoradas durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....	81





<i>Figura 51: Índice de diversidade e de equitabilidade da comunidade zooplanctônica das cinco estações monitoradas na 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	82
<i>Figura 52: Análise de agrupamento das amostras através do índice de similaridade de Bray–Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	83
<i>Figura 53: Contribuição percentual do número de táxons por grupos do ictioplâncton durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	84
<i>Figura 54: Número de táxons em cada estação no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	85
<i>Figura 55: Densidade de ovos de peixes (ovos.100m<sup>-3</sup>) coletados no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	86
<i>Figura 56: Densidade de larvas de peixes (larvas.100m<sup>-3</sup>) coletados no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	86
<i>Figura 57: Percentual de larvas de peixes (%) no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	88
<i>Figura 58: Índice de diversidade e de equitabilidade da comunidade ictioplanctônica das cinco estações monitoradas na 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	88
<i>Figura 59: Análise de agrupamento das amostras de ictioplâncton através do índice de similaridade de Bray–Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	89
<i>Figura 60 : Resultado da Análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos parâmetros abióticos de qualidade da água.</i>	93
<i>Figura 61: Resultado da Análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos parâmetros abióticos de qualidade de água e fitoplanctônicos.</i>	96



## LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1: Coordenadas geográficas, distâncias e profundidades dos pontos de amostragem durante a 17ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental do FPSO Fluminense nos Campos de Bijupirá &amp; Salema, Bacia de Campos (Datum SIRGAS2000). .....</i>	<i>16</i>
<i>Tabela 2: Metodologia de acondicionamento e preservação das amostras para a avaliação dos parâmetros físico-químicos durante a 17ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá &amp; Salema. *- Parâmetros coletados em triplicata.**- Prata Total e Cobre Dissolvido foram coletados em triplicata. ....</i>	<i>19</i>
<i>Tabela 3: Métodos empregados na análise dos parâmetros físico-químicos das amostras coletadas durante a 17ª Campanha de Monitoramento Ambiental no entorno do FPSO Fluminense. ....</i>	<i>21</i>
<i>Tabela 4: Códigos utilizados na 17ª Campanha para individualizar os organismos do microfitoplâncton de acordo com a forma e maior dimensão celular. ....</i>	<i>27</i>
<i>Tabela 5: Metais que apresentaram concentrações abaixo do Limite de Quantificação (LQ) nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....</i>	<i>43</i>
<i>Tabela 6: Concentrações de cobre dissolvido quantificadas nas estações e réplicas coletadas durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. SUP- superfície, ACTC – acima da termoclina, TC- termoclina. ....</i>	<i>44</i>
<i>Tabela 7: Resultados do teste de ecotoxicidade crônica no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....</i>	<i>57</i>
<i>Tabela 8: Número de táxons do microfitoplâncton e estatística descritiva das cinco estações monitoradas durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....</i>	<i>62</i>
<i>Tabela 9: Táxons do fitoplâncton muito frequentes durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....</i>	<i>64</i>
<i>Tabela 10: Estatística descritiva do número de táxons das estações monitoradas durante as campanhas de Monitoramento Ambiental do entorno do FPSO Fluminense durante os anos de 2011 a 2020. ....</i>	<i>64</i>
<i>Tabela 11: Densidade celular (cel.L<sup>-1</sup>) total, do microfitoplâncton e do nanofitoplâncton das cinco estações monitoradas durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....</i>	<i>66</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 Fluminense. ....</i>	<i>67</i>
<i>Tabela 13: Densidade celular (cel.L<sup>-1</sup>) do microfitoplâncton total e das categorias taxonômicas identificadas nas cinco estações monitoradas durante 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....</i>	<i>69</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 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....</i>	<i>69</i>



<i>Bacia de Campos. Os valores de densidade apresentados referem-se à soma dos resultados das amostras (estações/profundidades).....</i>	<i>71</i>
<i>Tabela 15: Valores de diversidade e equitabilidade da comunidade fitoplanctônica nas últimas Campanhas de Monitoramento Ambientais realizadas no entorno do FPSO Fluminense. ....</i>	<i>72</i>
<i>Tabela 16: Táxons muito frequentes (FO&gt;70%) dos principais grupos durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos (considerados apenas os níveis família, gênero e espécie). ....</i>	<i>76</i>
<i>Tabela 17: Táxons muito frequentes (FO&gt;70%) nas sete últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Fluminense (considerados apenas espécies). ....</i>	<i>77</i>
<i>Tabela 18: Densidade zooplanctônica (ind.m<sup>-3</sup>) registradas nas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno da plataforma FPSO Fluminense. ....</i>	<i>79</i>
<i>Tabela 19: Densidade zooplanctônica total e por grupos (com participação &gt;1%) (ind.m<sup>-3</sup>) durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....</i>	<i>79</i>
<i>Tabela 20: Táxons de maior densidade na comunidade zooplanctônica coletada durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....</i>	<i>81</i>
<i>Tabela 21: Valores de diversidade e equitabilidade da comunidade zooplanctônica nas sete últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Fluminense. ....</i>	<i>82</i>
<i>Tabela 22: Táxons do ictioplâncton (larvas de peixe) muito frequentes (FO&gt;70%) das amostras durante a atual campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....</i>	<i>85</i>
<i>Tabela 23: Densidade das larvas e ovos do ictioplâncton encontrados ao longo das campanhas do Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema. ....</i>	<i>87</i>
<i>Tabela 24: Densidade de larvas de peixes (larvas.100m<sup>-3</sup>) por família em cada estação no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....</i>	<i>87</i>
<i>Tabela 25: Variáveis abióticas e bióticas e respectivas abreviaturas utilizadas na análise integrada dos dados da 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ....</i>	<i>89</i>
<i>Tabela 26: Análise de Componentes Principais (ACPs) das variáveis químicas analisadas nas amostras de água da 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. Resultados em negrito foram significativos. ....</i>	<i>91</i>
<i>Tabela 27: Análise de Componentes Principais (ACPs) das variáveis químicas e biológicas analisadas nas amostras de água da 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. Resultados em negrito foram significativos.(*) Parâmetros suplementares. ....</i>	<i>94</i>
<i>Tabela 28: Avaliação dos Objetivos, Metas, Indicadores e Resultados do PMA. ....</i>	<i>99</i>
<i>Tabela 29 - Relação da equipe técnica responsável pela elaboração do presente documento. ....</i>	<i>100</i>



## 1. INTRODUÇÃO

O atual relatório apresenta e discute os resultados da 17ª campanha oceanográfica de Monitoramento Ambiental realizada no entorno da unidade de produção FPSO Fluminense, conforme previsto pelo Projeto de Monitoramento Ambiental (PMA) do Sistema de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás no campo de Bijupirá & Salema – Bacia de Campos, no âmbito da Renovação da Licença de Operação (RLO Nº 336/2003).

Este relatório está em conformidade com a versão consolidada do PMA apresentada em resposta ao Parecer Técnico COPROD/CGMAC/DILIC Nº 061/18 por meio da correspondência SBEP-SBEP-2250-2018, de 13 de abril de 2018, assim como de acordo com o Parecer Técnico COPROD/CGMAC/DILIC Nº 90/2020, que solicitou uma 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 as 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 Fluminense, faz-se necessária a realização de campanhas de monitoramento anuais no entorno da unidade. No ano de 2001 foi realizada a primeira campanha de monitoramento de Bijupirá & Salema, com o objetivo de efetuar uma caracterização ambiental da região e definir uma linha de base (PMA *Baseline*). Em agosto de 2003 a produção com o FPSO Fluminense teve início e, a partir de então, foram realizadas as campanhas de monitoramento com periodicidade anual.

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 Fluminense 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 Fluminense foi realizada a partir da comparação dos resultados da presente campanha com aqueles verificados na 7ª, 8ª, 9ª, 10ª, 11ª, 12ª, 13ª, 14ª, 15ª e 16ª campanhas (SHELL/AECOM, 2011a, 2011b, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 e SHELL/WITTOBRIENS, 2019). As referidas campanhas ocorreram em maio de 2010, maio de 2011, junho de 2012, fevereiro de 2013, março de 2014, janeiro de 2015, fevereiro/março de 2016, março de 2017, dezembro de 2018 e março/abril de 2019, respectivamente. A atual campanha ocorreu em setembro de 2020.

## 2. OBJETIVOS E METAS

Os objetivos e metas previstos pelo Projeto de Monitoramento Ambiental do Sistema de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural dos Campos de Bijupirá & Salema – 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 nº357/05, além de verificar o enquadramento do corpo hídrico requerido pela Resolução CONAMA nº393/07.

### Meta:

- Garantir que a qualidade de água no entorno do FPSO Fluminense, após a zona de mistura, atenda 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 Fluminense.

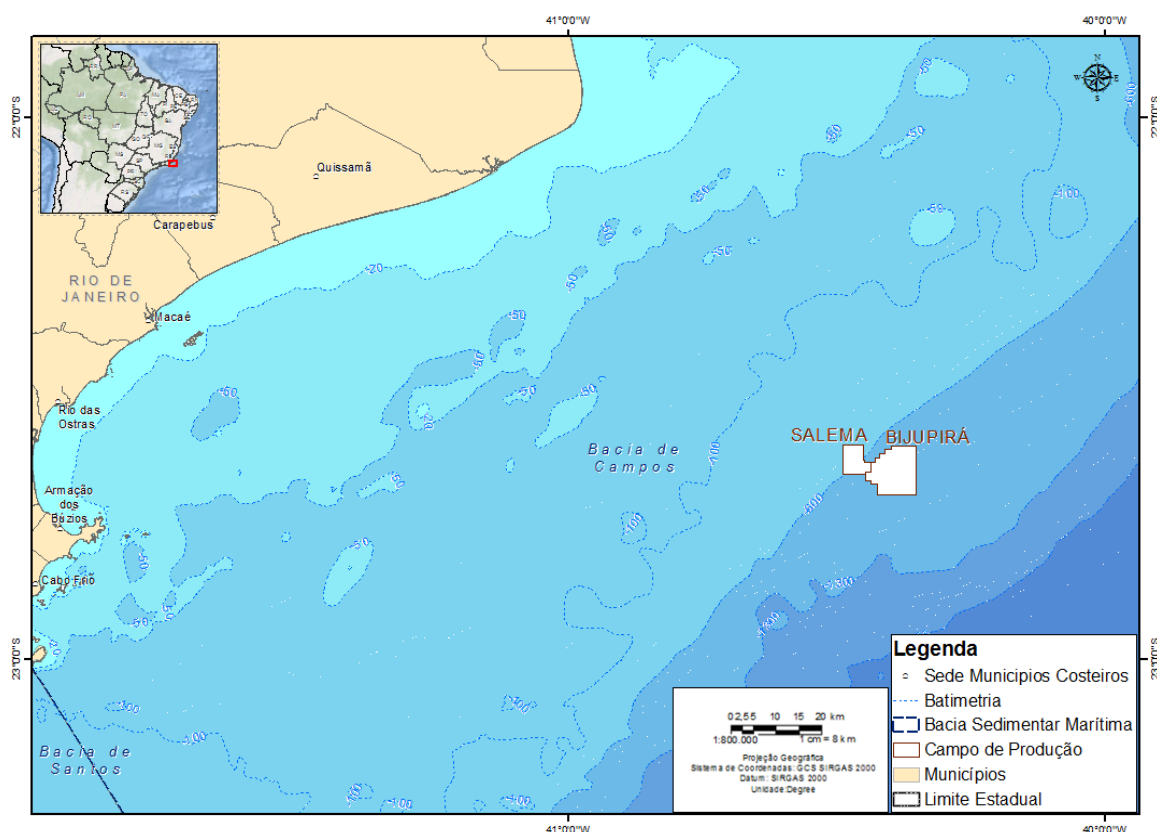
## 3. ÁREA DE ESTUDO

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 29% da produção nacional de óleo e 14% da produção nacional de gás (ANP, 2020).

Os campos de Bijupirá & Salema, onde está localizado o FPSO Fluminense (**Figura 1**), estão inseridos na Bacia de Campos. A Shell é a operadora dos campos, com 80% de participação, e tem a Petrobras

como parceira (SHELL, 2015). O Campo de Bijupirá está localizado aproximadamente a 145 km a leste do município de Macaé-RJ, abrangendo uma área de 32,3 Km<sup>2</sup>, enquanto o de Salema está a 140 km deste, com uma área de 8,4 Km<sup>2</sup> (**Figura 1**). A profundidade média local é de aproximadamente 750 m em Bijupirá e de 600 m em Salema, possuindo corrente predominante no sentido SW, que acompanha a Corrente do Brasil.

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.*, 2006). 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 dos Campos de Bijupirá & Salema, Bacia de Campos (Datum SIRGAS 2000).**

### 3.1. MALHA AMOSTRAL

Para a definição da malha amostral para avaliação da qualidade da água no entorno do FPSO Fluminense, 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. Destaca-se que o FPSO estava descartando por bombordo, à meia nau (**Figura 2**). Cabe mencionar que o descarte da água de produção estava ocorrendo durante todo o período de amostragem.



**Figura 2: FPSO Fluminense durante a 17ª Campanha de Monitoramento Ambiental – bordo bombordo, lado de descarte da água produzida.**

A partir desse ponto de referência foram estabelecidas radiais a 200m e a 500m considerando que a pluma de descarte de água produzida tem sua dispersão influenciada pelo próprio FPSO Fluminense. Essa influência se dá de duas maneiras: (i) pelo alinhamento da 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 20m e uma borda acima da coluna d'água de cerca de 30m (a depender do lastro e do volume de óleo armazenado internamente). A concentração de estações à bombordo do FPSO, por onde é feito o descarte, também é justificada por essa última observação.

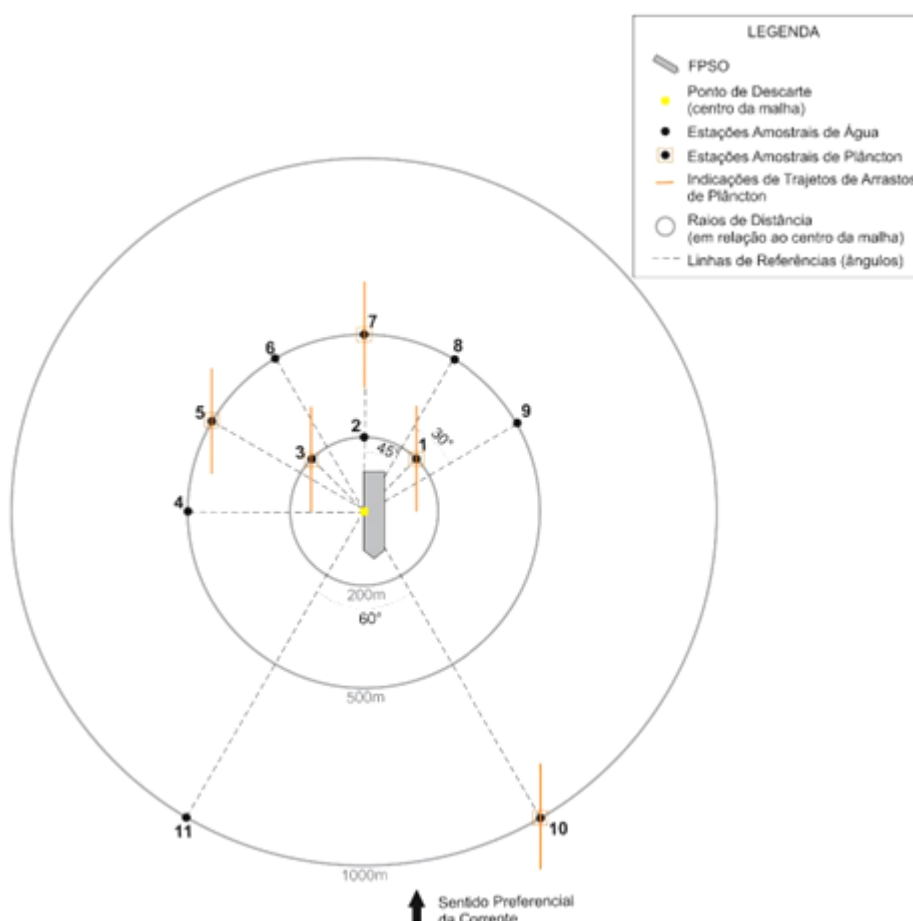
As amostragens de água, visando às análises físico-químicas, foram realizadas em 11 pontos distribuídas em três radiais (200, 500 e 1.000m) de distância do ponto de descarte da água produzida. As duas estações a 1.000m do ponto de descarte foram as estações controle. As profundidades de coleta variaram entre subsuperfície,  $\pm 15\text{m}$  (acima da termoclina) e  $\pm 30$  metros (termoclina). As coletas na superfície, em conformidade com o Projeto, avaliaram a mesma camada de lançamento da água produzida; a profundidade intermediária ajudaria 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. Ressalta-se que a profundidade chamada de acima da termoclina correspondeu a 15 m na maioria das estações, porém em algumas se utilizou 10m, por pequenas variações observadas no início da termoclina entre as estações.



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 17ª Campanha de Monitoramento Ambiental no entorno do FPSO Fluminense, conforme apresentado no PMA, enquanto que 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 nos Campos de Bijupirá & Salema no entorno do FPSO Fluminense.**



**Tabela 1: Coordenadas geográficas, distâncias e profundidades dos pontos de amostragem durante a 17ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental do FPSO Fluminense nos Campos de Bijupirá & Salema, 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	21/09/2020	22° 38' 50,770"S	40° 25' 36,868"O	200m	5	10	20
2	20/09/2020	22° 39' 01,945"S	40° 25' 52,035"O	200m	5	15	30
3	21/09/2020	22° 38' 55,292"S	40° 25' 49,050"O	200m	5	10	20
4	24/09/2020	22° 39' 06,356"S	40° 25' 56,826"O	500m	5	15	35
5	21/09/2020	22° 38' 48,039"S	40° 25' 54,644"O	500m	5	10	20
6	20/09/2020	22° 38' 57,031"S	40° 26' 01,596"O	500m	5	15	30
7	21/09/2020	22° 39' 01,785"S	40° 26' 02,511"O	500m	5	15	30
8	18/09/2020	22° 39' 10,945"S	40° 25' 58,805"O	500m	5	10	20
9	18/09/2020	22° 39' 06,895"S	40° 25' 59,009"O	500m	5	15	25
10	22/09/2020	22° 39' 11,517"S	40° 25' 10,827"O	1000m	5	10	20
11	24/09/2020	22° 39' 29,696"S	40° 25' 39,864"O	1000m	5	15	35

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

## 4. MÉTODOS

As coletas da 17ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema foi realizada entre os dias 18 e 24 de setembro de 2020, a bordo da embarcação Waterbuck (Figura 4), contemplando 11 estações amostrais.



**Figura 4: Embarcação Waterbuck utilizada durante a 17ª Campanha de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema, Bacia de Campos.**

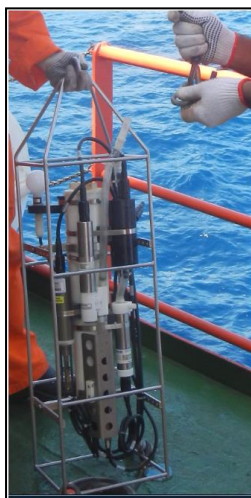
Fonte: [www.nauticexpo.com](http://www.nauticexpo.com)

## 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 SEABIRD, foi utilizado na perfilagem de temperatura e salinidade (**Figura 5**). O equipamento foi lançado com auxílio de um guincho com cabo de aço, a uma velocidade aproximada de  $0,3 \text{ m.s}^{-1}$ . O equipamento foi configurado, antes de cada lançamento, para amostragem contínua a uma taxa de 1 Hz.



**Figura 5: Lançamento de CTD durante a 17ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema.**

As coletas de amostras de água do mar para posterior análise dos parâmetros foram realizadas por meio do lançamento de garrafas oceanográficas (GO-FLO). 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 17ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema.**

A primeira alíquota da água coletada foi destinada à medição dos parâmetros oxigênio dissolvido e pH através de sensores portáteis (**Figura 7**). 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 durante a 17ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema.**

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 apresenta o descritivo das subamostragens realizadas para a avaliação dos parâmetros físico-químicos em laboratório (**Tabela 2**).



**Tabela 2: Metodologia de acondicionamento e preservação das amostras para a avaliação dos parâmetros físico-químicos durante a 17ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema. \*- Parâmetros coletados em triplicata.\*\*- Prata Total e Cobre Dissolvido foram coletados em triplicata.**

Análises	Frasco – Volume - Preservante	Acondicionamento	Laboratório Responsável
HPA	âmbar - 1L - Sem preservante	Refrigeração	Eurofins / Innolab
Fenóis	Pet -1L – H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Refrigeração	
HTP	âmbar - 1L - Sem preservante	Refrigeração	
Tributilestanho	âmbar - 1L - Sem preservante	Refrigeração	
PCBs	âmbar - 1L - Sem preservante	Refrigeração	
Cianeto*	pet - 250ml - NaOH	Refrigeração	
Fenóis Totais	pet - 250ml - H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Refrigeração	
BTEX	2 vials - 40ml cada - HCl	Refrigeração	
Óleos e Graxas	âmbar - 1L - HCl	Refrigeração	
Metais dissolvidos**	Pet - 100ml - HNO <sub>3</sub>	Refrigeração	
Metais Totais**	Pet - 100ml - HNO <sub>3</sub>	Refrigeração	
Cloro Residual Total*	Pet - 250ml - Sem preservante	Refrigeração	
Surfactantes	Pet - 250ml - Sem preservante	Refrigeraçã	
Sulfetos*	Pet - 250ml - Ac/Zn e NaOH	Refrigeração	HCSOL
COT	Vidro - 40ml – H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	Refrigeração	Unidade Multiusuário de Análises Ambientais (UMAA) Universidade Federal do Rio de Janeiro
Clorofila	Filtro GF/F 47mm – Tubo Criogênico	Congelamento	
Fluoreto	Pet - 60ml - filtração	Congelamento	
Nutrientes (Nitrato, Nitrito, Nitrogênio Amoniacal e Fosfato)			
Radioisótopos	âmbar - 1L - Sem preservante	Refrigeração	LabÁguas
Ecotoxicidade Aguda	Frascos polietileno 1L	Congelamento	Labtox
Ecotoxicidade Crônica	Frascos polietileno 500mL	Congelamento	

Destaca-se que a partir da análise do relatório do PMA do FPSO Fluminense de 2018 pelo IBAMA, o Parecer Técnico COPROD/CGMAC/DILIC Nº 90/2020 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. A SHELL buscou junto aos laboratórios atender a esta solicitação, tendo alcançado este objetivo para tributilestanho e mercúrio, no entanto, cianeto e cloro residual permaneceram iguais aos limites da CONAMA 357/05.

Já para sulfeto, caso fosse mantido o mesmo laboratório de análise das campanhas pretéritas (UMAA-UFRJ), o LQ ficaria acima do limite da legislação brasileira (0,002 mg.L<sup>-1</sup>). Assim, buscou-se outros laboratórios que pudessem fazer a análise, sendo encontrado o HCSOL (Hidroquímica), o qual



conseguiria reduzir o LQ para valor igual ao limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05, tendo, a princípio, o laboratório informado que o método não estava acreditado junto ao INMETRO para realizar a análise com o LQ igual a 0,002 mg.L<sup>-1</sup>.

Deste modo, tendo em vista a não redução dos LQ's de alguns parâmetros para abaixo dos limites máximos estabelecidos pela legislação brasileira e visando atender às expectativas do órgão ambiental, a empresa enviou a carta SHELL-HSSE-7098-2020 (SEI 7892157), de 01/07/2020, a fim de buscar um alinhamento com a COPROD acerca das questões relativas aos LQ's dos métodos a serem empregados nos PMAs.

Sendo assim, o órgão ambiental emitiu o Parecer Técnico COPROD/CGMAC/DILIC Nº 375/2020, estabelecendo que, para método analítico cujo LQ seja igual ao limite estabelecido pela legislação brasileira (cianeto e cloro residual), as análises deveriam ser realizadas em triplicata, de forma a aumentar a confiabilidade de resposta ao cumprimento da lei. Com relação ao sulfeto, além da análise em triplicata, o órgão ambiental também solicitou, de forma alternativa à acreditação INMETRO, que fosse realizada uma análise intralaboratorial, a fim de verificar a confiabilidade estatística do método.

Entretanto, em contato permanente com os laboratórios contratados, após envio da carta SHELL-HSSE-7098-2020, o HCSOL informou que se equivocou ao afirmar que o método de análise de sulfeto não era acreditado, tendo o mesmo enviado documento comprobatório, o que se encontra no **ANEXO A**. Contudo, uma vez que o órgão ambiental foi informado sobre a ausência de acreditação, mantivemos o pedido de análise intralaboratorial cujo resultado também é apresentado no anexo supracitado. Além disso, o laboratório Eurofins atualizou os métodos, tendo havido alteração nos LQ's dos parâmetros prata total e cobre dissolvido, os quais ficaram iguais aos seus respectivos limites máximos estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1, sendo decidido que para estes metais a amostragem deveria ser realizada também em triplicata.

Dado o exposto, cumprindo as solicitações dos Pareceres Técnicos COPROD/CGMAC/DILIC Nº 90/2020 e Nº 375/2020, as quais visam aumentar a confiabilidade dos resultados, os parâmetros cianeto, cloro residual total, prata total, cobre dissolvido e sulfetos foram coletados em triplicata durante a campanha do PMA 2020 do FPSO Fluminense.

#### **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 químicas foram realizadas pelo Laboratório da Unidade Multiusuário de Análises Ambientais (UMAA) Universidade Federal do Rio de Janeiro (nutrientes, fluoretos, clorofila-a e COT), LABÁGUAS – Laboratório de Caracterização de Águas PUC-Rio (análises de radioisótopos), LABTOX (Ecotoxicologia aguda e crônica), HCSOL (sulfetos) e pela Eurofins/Innolab (demais análises químicas).

**Tabela 3: Métodos empregados na análise dos parâmetros físico-químicos das amostras coletadas durante a 17ª Campanha de Monitoramento Ambiental no entorno do FPSO Fluminense.**

Parâmetro	Método Analítico	Limite de Quantificação (LQ)	Limite de Detecção (LD)
BTEX (VOC)	USEPA 5021A ver.02:2014 USEPA 8260D ver.04:2017	Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno, o-Xileno, Xileno total: 1 µg.L <sup>-1</sup> M+p Xileno: 2 µg.L <sup>-1</sup>	-
Carbono Orgânico Total (COT)	Oxidação catalítica SHIMADZU CORPORATION (2017)	0,012 mg.L <sup>-1</sup> C	0,0040 mg.L <sup>-1</sup> C
Cianeto livre*	ASTM D 7237-15a	0,001 mg.L <sup>-1</sup>	-
Cloro residual total* (combinado + livre)	SMWW, 23ª ed. Met.4500 Cl - B	0,01 mg.L <sup>-1</sup>	-
Clorofila-a	Fluorescência NEVEUX, J.; LANTOINE, F. (2015)	0,0059 µg.L <sup>-1</sup>	0,002 µg.L <sup>-1</sup>
Fenóis Totais	SMEWW 23ª Ed 2017 Método 5530 B USEPA 420.1:1978; SMEWW 23ª Ed 2017 Método 5530 C e D	1,0 µg.L <sup>-1</sup>	-
Fluoreto Total	Cromatografia de íons Metrohm (2006)	0,042 mg.L <sup>-1</sup>	0,014 mg.L <sup>-1</sup>
Ecotoxicidade Crônica e Aguda	ABNT-NBR 15.308:2017 ABNT-NBR 15.469:2015	-	-
HPA (16 prioritários + HPA Total)	USEPA 3510C ver.03:1996 USEPA 8270E ver.06:2018	0,01 µg.L <sup>-1</sup>	-
HTPs (C10 a C29, pristano, fitano, n-alcanos, MCNR, HRP e HTP Total)	USEPA 3510C ver.03:1996 USEPA 3600C ver.03:1996 USEPA 8015C ver.03:2007	5,0 µg.L <sup>-1</sup>	-
Fosfato	Colorimetria AMINOT, A.; CHAUSSEPIED, M. (1983)	0,00093 mg.L <sup>-1</sup> P	0,00031 mg.L <sup>-1</sup> P
Nitrato		0,00294 mg.L <sup>-1</sup> N	0,00098 mg.L <sup>-1</sup> N
Nitrito		0,0008 mg.L <sup>-1</sup> N	0,0003 mg.L <sup>-1</sup> N
Nitrogênio Amoniacal		0,0021 mg.L <sup>-1</sup> N	0,0007 mg.L <sup>-1</sup> N
Alumínio Dissolvido	USEPA 6010C ver. 03:2007, SMEWW 23ª Ed. 2017 Método 3030E	0,05 mg.L <sup>-1</sup>	-
Cobre Dissolvido*		0,005 mg.L <sup>-1</sup>	-
Ferro Dissolvido		0,05 mg.L <sup>-1</sup>	-
Arsênio Total	USEPA 6010C ver. 03:2007, SMEWW 23ª Ed. 2017 Método 3030E	0,005 mg.L <sup>-1</sup>	-
Bário Total		0,005 mg.L <sup>-1</sup>	-
Berílio Total		0,003 mg.L <sup>-1</sup>	-
Boro Total		0,10 mg.L <sup>-1</sup>	-
Cádmio Total		0,001 mg.L <sup>-1</sup>	-
Chumbo Total		0,005 mg.L <sup>-1</sup>	-



**Tabela 3: Métodos empregados na análise dos parâmetros físico-químicos das amostras coletadas durante a 17ª Campanha de Monitoramento Ambiental no entorno do FPSO Fluminense.**

Parâmetro	Método Analítico	Limite de Quantificação (LQ)	Limite de Detecção (LD)
Cobre Total	USEPA 6010C ver. 03:2007, SMEWW 23ª Ed. 2017 Método 3030E	0,005 mg.L <sup>-1</sup>	-
Cromo Total		0,005 mg.L <sup>-1</sup>	-
Ferro Total		0,05 mg.L <sup>-1</sup>	-
Manganês Total		0,005 mg.L <sup>-1</sup>	-
Mercurio Total	EPA 245.7: 2005	0,00008 mg.L <sup>-1</sup>	-
Níquel Total	USEPA 6010C ver. 03:2007, SMEWW 23ª Ed. 2017 Método 3030E	0,005 mg.L <sup>-1</sup>	-
Prata Total*		0,005 mg.L <sup>-1</sup>	-
Selênio Total		0,005 mg.L <sup>-1</sup>	-
Tálio Total		0,005 mg.L <sup>-1</sup>	-
Urânio Total		0,01 mg.L <sup>-1</sup>	-
Vanádio		0,005 mg.L <sup>-1</sup>	-
Zinco Total		0,005 mg.L <sup>-1</sup>	-
Óleos e Graxas	SMEWW 23ª Ed 2017 Método 5520 B	3,0 mg.L <sup>-1</sup>	-
Surfactantes (substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno)	SMEWW 23ª Ed 2017 Método 5540 C	0,03 mg.L <sup>-1</sup>	-
Sulfeto de Hidrogênio*	SMWW 4500-S <sup>2-</sup> - C e D	0,002 mg.L <sup>-1</sup>	-
Tributilestanho	DIN EN ISO 17353: 2005-11	1 ng.L <sup>-1</sup>	-
PCBs	USEPA 3510C ver.03:1996 USEPA 3600C ver.03:1996 USEPA 8270E ver.06:2018	0,001 µg.L <sup>-1</sup>	-
Radioisótopos	Ra-226 – SM 7500 D Ra 228 – SM 7501 D	Ra-226 – 0,01 Bq.L <sup>-1</sup> Ra 228 – 0,02 Bq.L <sup>-1</sup>	1/3 dos Limites de quantificação, respectivamente.

\*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.

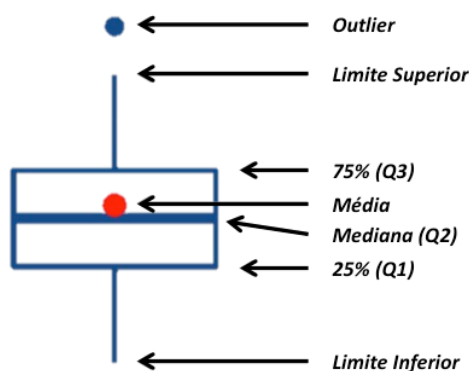
#### 4.1.2.1.1. Análises dos Dados de Qualidade da Água

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 nº 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, 500 e 1.000 m 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 8**:

- **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 8: 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 200 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, 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.
- Cálculo da densidade (UNESCO, 1991).
- Planilha de dados (interpolador matemático – Cubic Splin)

Ao fim do relatório, há uma avaliação integrada dos dados físico-químicos e biológicos avaliados na 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema. É apresentada uma análise multivariada (análise de componentes principais - ACP) realizada a partir dos resultados dos parâmetros abióticos com resultados significativos, ou seja, acima do LQ na maioria das amostras. O software utilizado para a análise estatística multivariada foi o Statistica.

## 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 (**Figura 9**). A malha da rede de zooplâncton utilizada foi de 200  $\mu\text{m}$  de abertura (Figura 9). 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 Fluminense (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 µm 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 9:** Em sequência, rede de plâncton do tipo bongô durante a 17ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema.

### **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 50 mL, sedimentadas segundo o método de Utermöhl (1958). As amostras foram avaliadas em microscópio invertido Nikon TS100F, 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; BICUDO; MENEZES, 2006; BERGESCH *et al.*, 2008). Dessa forma, os organismos foram categorizados em nanoplâncton não identificado ou em um nível taxonômico mais abrangente.



A análise do microfitoplâncton, organismos maiores de 20  $\mu\text{m}$ , foi realizada em laboratório a partir de alíquotas de 50 mL, segundo o método de Utermöhl (1958). As amostras foram avaliadas em microscópio invertido Nikon TS100F, sob o aumento final de 200X, com contraste de fase. Foi analisado quali-quantitativamente, sempre que possível em nível de espécie, a partir da contagem de um mínimo de 100 unidades sedimentadas, 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**).

Em virtude da metodologia utilizada, 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 ( $\text{cel.L}^{-1}$ ).

A identificação dos organismos foi realizada de acordo com os trabalhos de Cupp (1943), Hasle; Syvertsen (1997), Wood (1968), Taylor (1976) e Steidinger; Tangen (1997).

Os sistemas de classificação para circunscrição e arranjo taxonômico em nível de divisões, classes e famílias utilizadas foram: Round *et al.* (1990) para as diatomáceas, Fensome *et al.* (1993) para os dinoflagelados; Komárek; Anagnostidis (1989 e 2005) para as cianofíceas, Heimdahl (1997) para os cocolitoforídeos, Throndsen (1997) para as euglenofíceas.

**Tabela 4: Códigos utilizados na 17ª 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  $H' = - \sum p_i \log_2 p_i$ , 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 PCORD 5.

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 PCORD 5.

### **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 e Salpida, 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, e Bonecker; Quintas (2006b) para Salpida. 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 Ctenophora, Filo Platyhelminthes, Filo Mollusca, Filo Annelida, Filo Echinodermata, Filo Arthropoda (Infraclasse Cirripedia, Classe Malacostraca e Classe Ostracoda). Esses grupos não são tombados, uma vez que não são identificados a níveis taxonômicos inferiores. Os ovos e as larvas de peixes (Classe Actinopterygii) registrados nas amostras de zooplâncton não são identificados, e por isso 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 abundância do zooplâncton coletado foi padronizada em indivíduo por metro cúbico de água filtrada ( $\text{ind.m}^{-3}$ ). Os volumes de água filtrada na rede foram estimados através do cálculo da expressão: “ $V=a.n.c$ ”, onde:  $V$ =volume de água filtrada ( $\text{m}^3$ );  $a$ = área da boca da rede ( $\text{m}^2$ );  $n$ = número de rotações do fluxômetro (rot) e  $c$ = fator de aferição do fluxômetro após calibração do aparelho ( $\text{m.rot}^{-1}$ ).

### **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 PCORD5.

### **Ictioplâncton**

Os ovos e as larvas de peixes foram totalmente triados com auxílio de microscópio estereoscópico (Olympus SZ51). O número de organismos coletados foi extrapolado para um volume padrão de  $100 \text{ m}^3$ .



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

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

O ictioplâncton foi identificado sob microscópio estereoscópico Zeiss modelo Stemi SV6, até o menor nível taxonômico possível. Nessa etapa utilizou-se a seguinte bibliografia: Richards (2006), Bonecker; Castro (2006), Fahay (2007) e Bonecker *et al.* (2014). As larvas danificadas ficaram 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 Eschmeyer *et al.* (2020).

### **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 PCORD 5. 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 17ª Campanha de Monitoramento Ambiental no campo de Bijupirá e Salema, na Bacia de Campos. Destaca-se que ao longo da discussão são apresentadas comparações com os resultados das últimas campanhas deste PMA (7ª a 16ª 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 até a profundidade de 200 m são apresentados nas **Figura 10** e **Figura 11**, respectivamente. Nos perfis de temperatura, é possível identificar com maior clareza a presença de uma camada superficial com pouca variabilidade entre a superfície e as profundidades que oscilaram entre aproximadamente 30 a 100 m . 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, onde ocorre a 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, sendo posicionadas na profundidade do início desta variação as amostras denominadas como termoclina (TC). 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, seguidos de um decréscimo dos valores a partir do início da termoclina (ou haloclina, no caso da variação vertical de salinidade). Considerando-se as profundidades amostradas, os valores de temperatura variaram desde 22,08°C (estação 1 – TC) a 24,17°C (estação 4 – ACTC), enquanto que a salinidade variou entre 36,60 (estações 8 – TC) e 37,10 (estação 4 - ACTC).

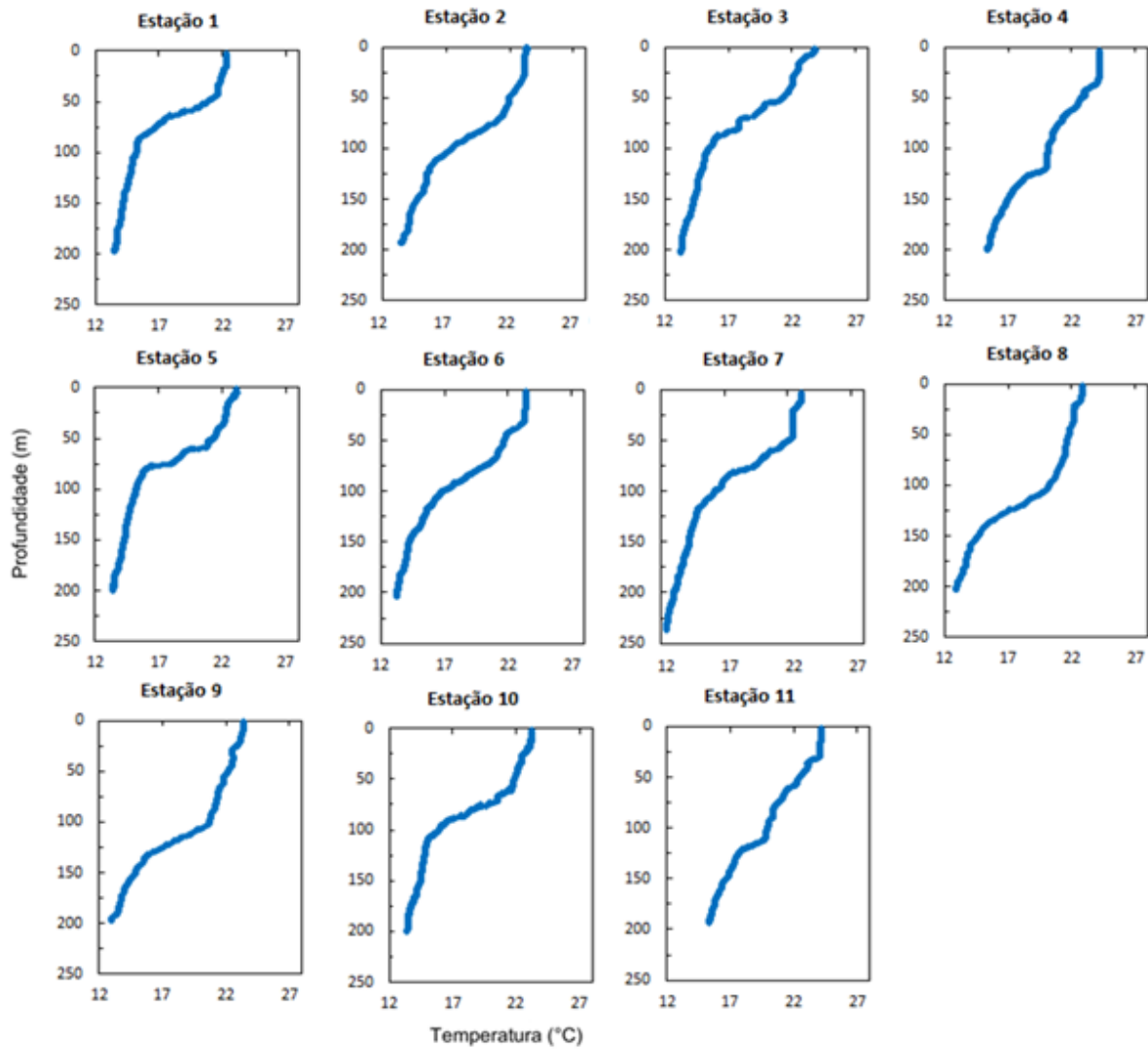
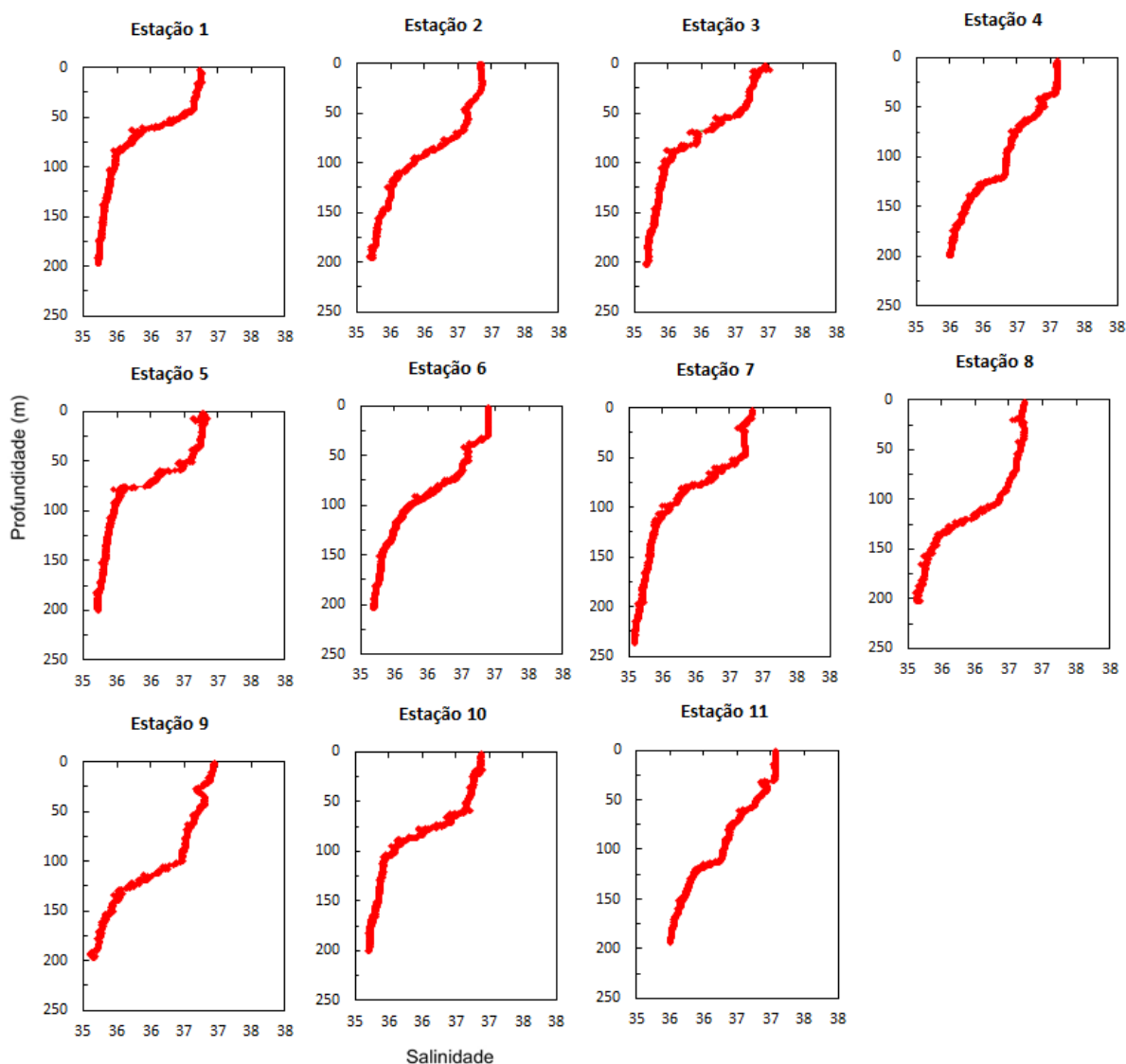


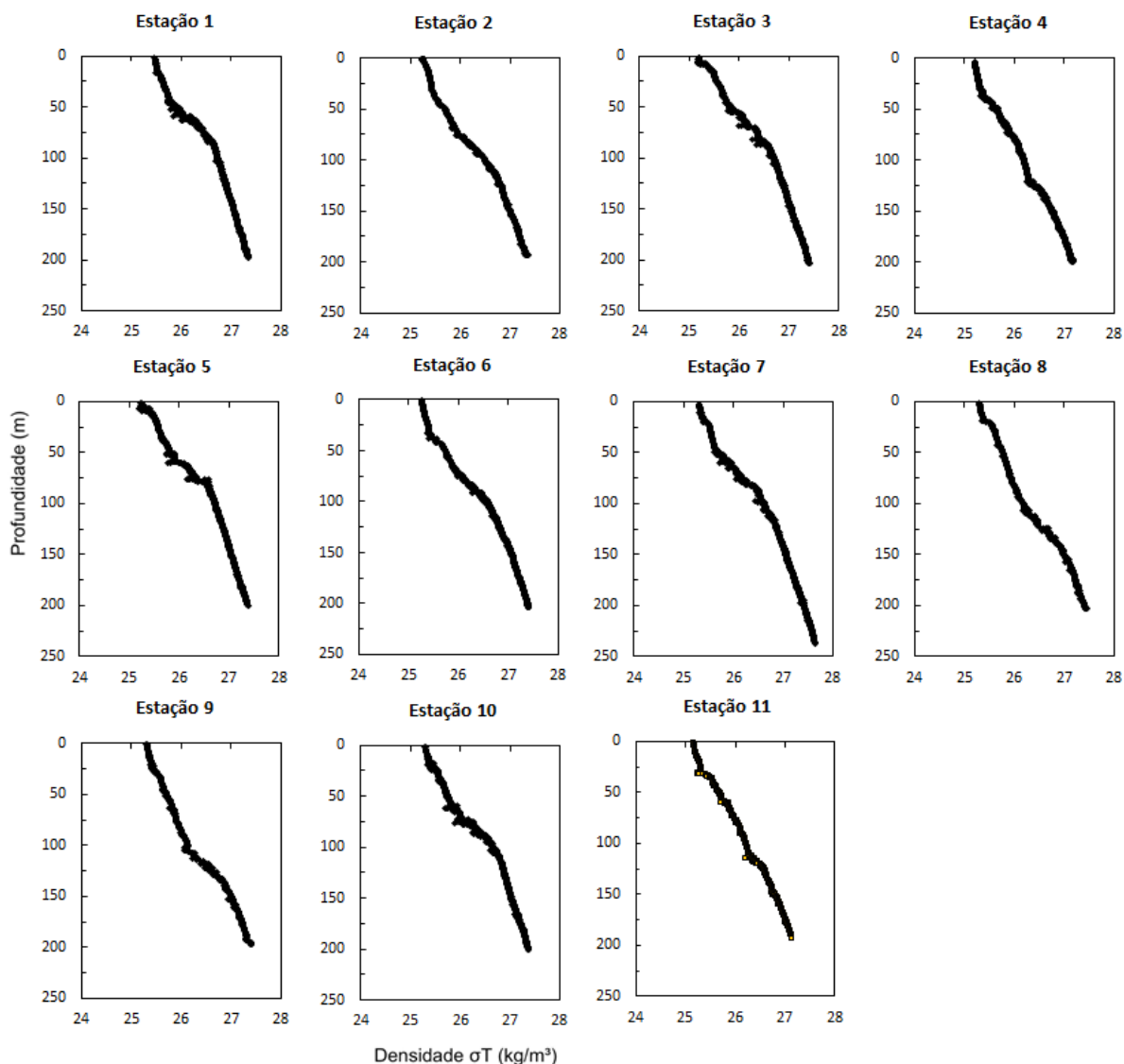
Figura 10: Perfis de temperatura nas estações monitoradas durante a 17ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Fluminense, campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.





**Figura 11: Perfis de salinidade nas estações monitoradas durante a 17ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Fluminense, campo de Bijupirá e Salema, 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 12**. Os valores de densidade em sigma-T ( $\sigma_T$ ) nas amostras variaram de 25,18 (estação 11 - SUP) a 25,60 (estação 1 - TC).



**Figura 12: Perfis de densidade nas estações monitoradas durante a 17ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Fluminense, campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.**

### **Massas d'água**

A partir dos resultados de temperatura e salinidade obtidos foi possível identificar as massas d'água que dominam a região, bem como suas características termohalinas (**Figura 13**). Na camada superficial até profundidades entre 55 e 120 m foi verificada a presença de Água Tropical (AT), definida por valores maiores de 18°C de temperatura e 36 de salinidade (CASTRO; MIRANDA, 1998; SILVEIRA *et al.*, 2000; SILVEIRA, 2007), 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, foi observado que as águas tornaram-se gradativamente mais frias e menos salinas.

A partir das profundidades supracitadas foi verificada a massa d'água 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 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).

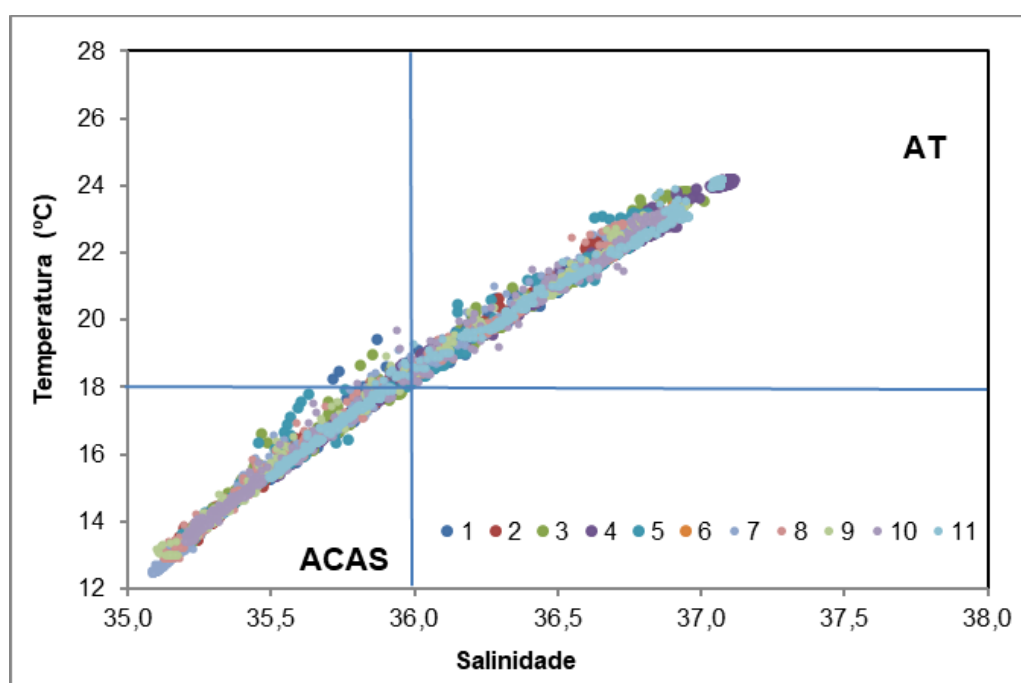


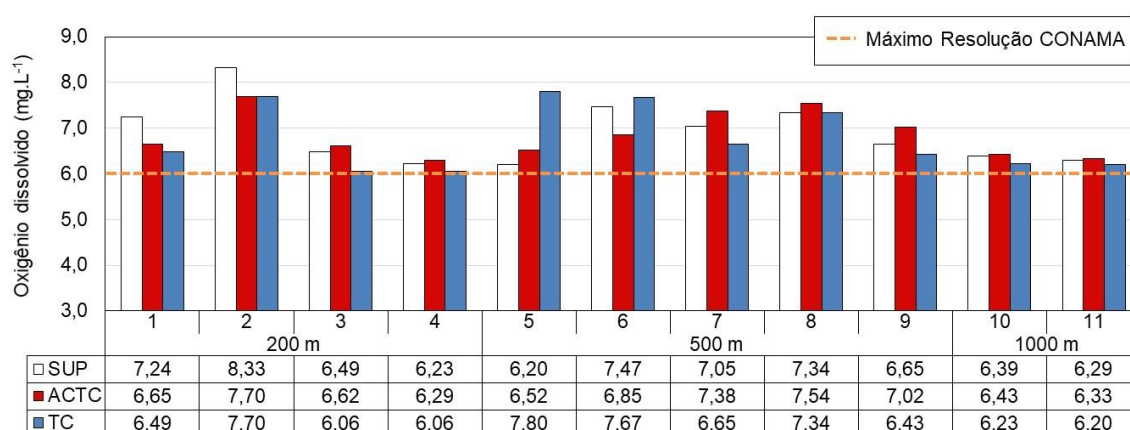
Figura 13: Diagrama TS dos dados amostrados nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

É importante ressaltar que, ao longo das campanhas, algumas diferenças de temperatura e salinidade em relação ao comportamento da termoclina (camadas bem determinadas ou não) foram verificadas e podem estar relacionadas às mudanças sazonais de aspectos meteocenográficos da região.

### 5.1.2. Oxigênio Dissolvido

As concentrações de OD no entorno do FPSO Fluminense nesta 17ª campanha variaram entre 6,06 (estações 3 e 4 - TC) e 8,33 mg.L<sup>-1</sup> (estação 2 - SUP), estando todos os valores detectados acima do limite mínimo estipulado pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 (6 mg.L<sup>-1</sup>), como

pode ser verificado na **Figura 14**. As concentrações de oxigênio dissolvidos detectadas na presente 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 ( $p < 0,05$ ), foram verificadas diferenças significativas entre os resultados obtidos apenas entre os raios de 500 e 1000 m ( $p = 0,0142$ ), onde foram observadas, em geral, as maiores e menores concentrações respectivamente. Não observou-se diferenças entre estes raios e o de 200 m, considerado como estações que estão exatamente dentro da zona de mistura.



**Figura 14: Distribuição das concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD) nas estações no entorno da FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.**

Em comparação com as campanhas anteriores, os resultados de OD da presente campanha apresentaram resultados dentro do intervalo apresentado nas campanhas anteriores (**Figura 15**). Por outro lado, quando realizou-se o teste de variância Kruskal-Wallis para verificar se houve diferença significativa entre a presente campanha e as demais, o mesmo indicou tais diferenças ( $p < 0,05$ ) entre os resultados da campanha de 2019 em relação às campanhas de 2011 ( $p = 0,0192$ ), 2012 ( $p < 0,0001$ ), 2013 ( $p < 0,0001$ ), 2014 ( $p < 0,0001$ ), 2015 ( $p < 0,0001$ ) e 2019 ( $p < 0,0001$ ), possivelmente, porque de 2011 a 2015, as campanhas apresentaram maiores valores medianos. Já com relação à 2019, tal diferença pode ter estado associada a menores concentrações e amplitude de valores verificados neste ano.

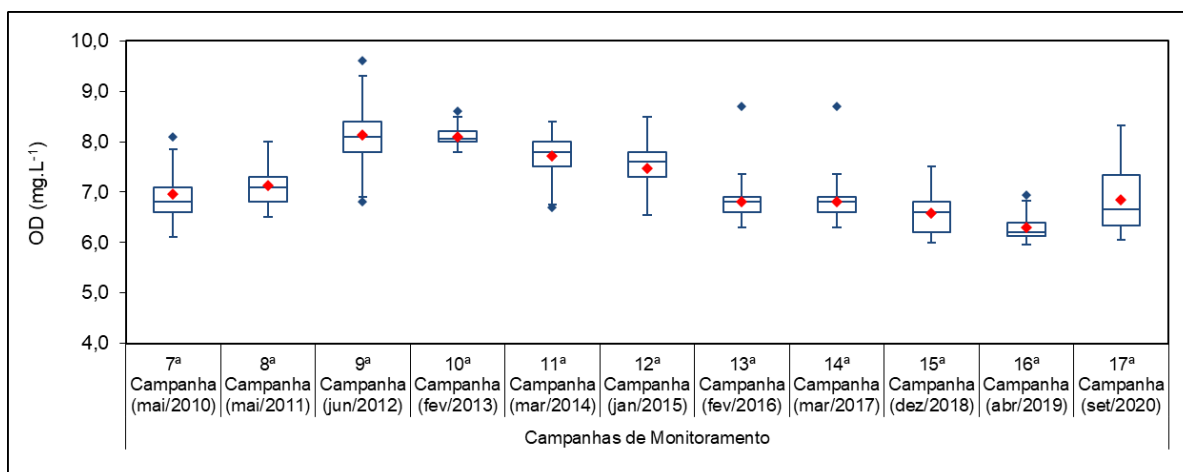


Figura 15: Concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD) observadas nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

### 5.1.3. Potencial Hidrogeniônico (pH)

Os valores de pH obtidos no entorno do FPSO Fluminense na campanha de 2020 variaram de 8,17 (estação 6 – ACTC) a 8,63 (estação 6 - SUP). 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, de forma que apenas o valor obtido na estação 6 – S ultrapassou este intervalo (**Figura 16**). No entanto, este resultado levemente superior ao limite da legislação ambiental não se mostram como indicativo de impacto decorrente da atividade de produção, ressaltando-se que os resultados das estações localizadas no raio de 200 m, mais próximas do FPSO, apresentaram valores inferiores a 8,5. Rezende *et al.* (2006) identificou na região central da Zona Econômica Exclusiva (entre Salvador, BA, e Cabo de São Tomé, RJ) valores de pH de até 8,52, tendo sido considerado este como típico de 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 em alterações nos níveis desse parâmetro abiótico (REZENDE *et al.*, 2006; NIENCHESKI *et al.*, 1999). Os resultados obtidos no entorno do FPSO Fluminense não mostraram diferenças significativas (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ) entre os três raios amostrados ( $p = 0,0631$ ).

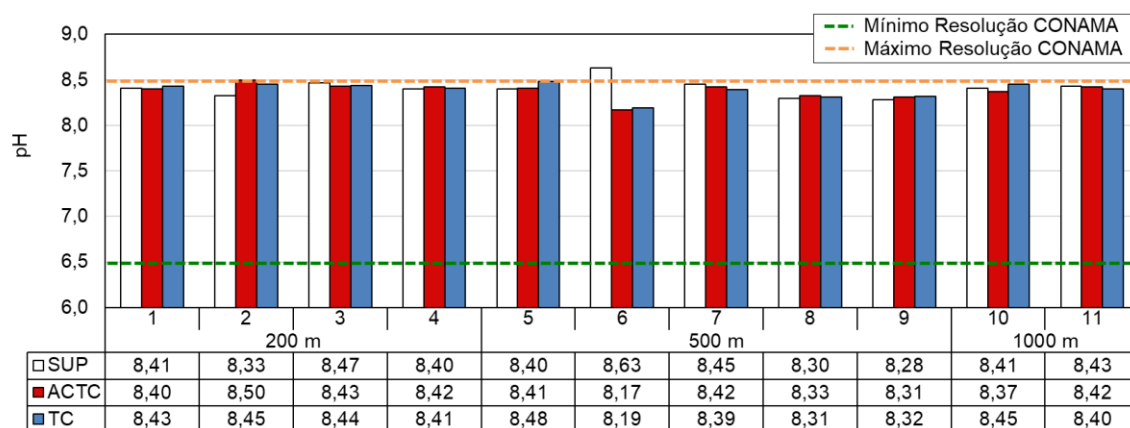


Figura 16: Valores de pH nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Os resultados obtidos na presente campanha mostraram-se dentro do intervalo observado nas campanhas anteriores (Figura 17). Quando os atuais valores foram comparados com obtidos nas campanhas anteriores, foram identificadas diferenças significativas (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ) entre 2019 e a maioria das campanhas anteriores, a exceção foi em relação à campanha de 2011, isso porque foi a campanha que apresentou mediana mais próxima.

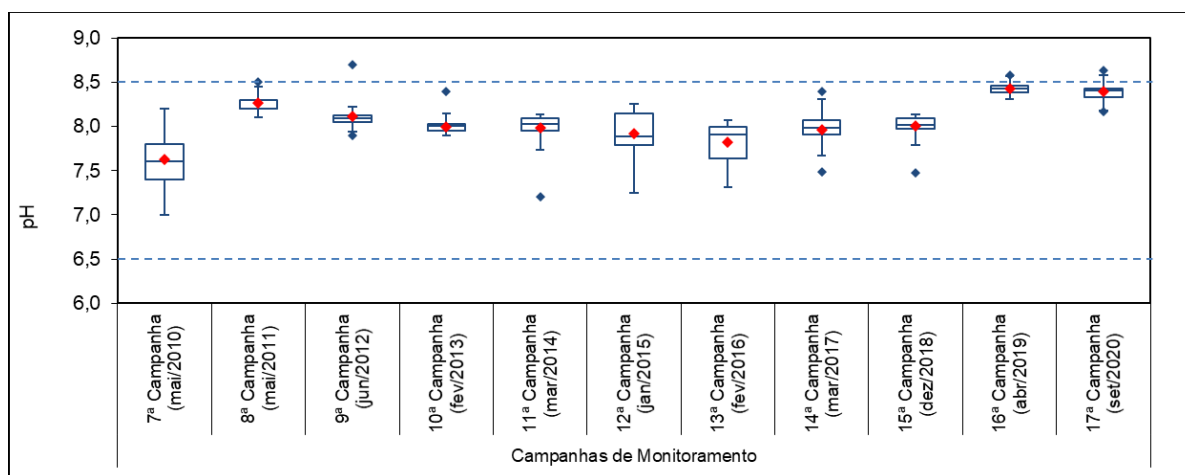


Figura 17: Resultados de pH observados nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

## 5.2. PARÂMETROS INORGÂNICOS

### 5.2.1. Nitrogênio e Fósforo

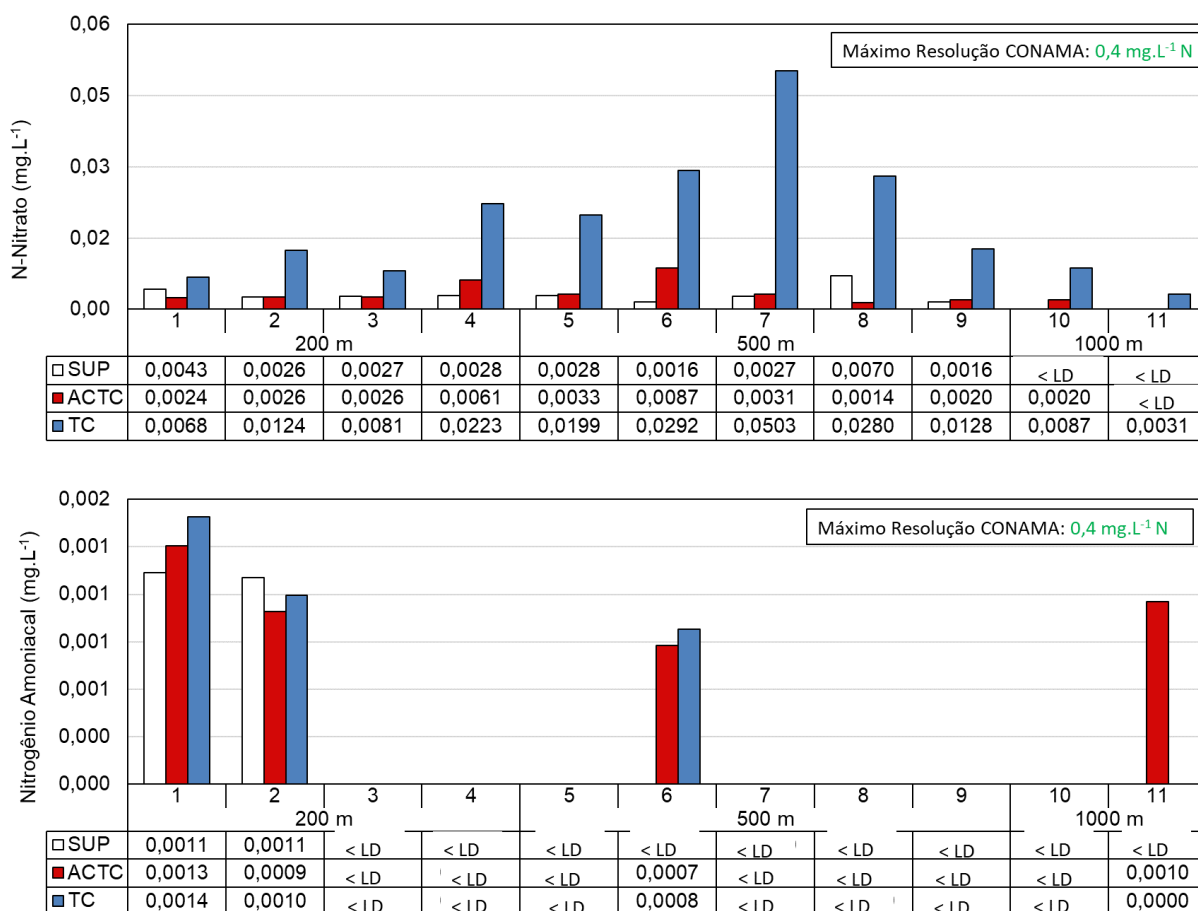
As concentrações de nitrato no entorno do FPSO Fluminense variaram desde concentrações menor que o limite de detecção ( $< 0,00098 \text{ mg.L}^{-1}$ ) (estações 10 – SUP, 11 – SUP e 11 – ACTC) a  $0,0503 \text{ mg.L}^{-1}$  (estações 7 – TC), enquanto que os resultados de nitrito apresentaram apenas um valor acima do limite de detecção ( $\text{LD} = 0,00028 \text{ mg.L}^{-1}$ ) de  $0,00053$  na estação 8 – SUP. Já a maioria das concentrações de



nitrogênio amoniacal estiveram abaixo do limite de detecção ( $< 0,0007 \text{ mg.L}^{-1}$ ), com apenas dois resultados acima, que oscilaram entre  $0,0007 \text{ mg.L}^{-1}$  (estação 6 – ACTC) e  $0,0014 \text{ mg.L}^{-1}$  (estação 1 – TC) (**Figura 18**).

Todos os resultados obtidos na presente campanha mantiveram-se de acordo com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 (até  $0,4 \text{ mg.L}^{-1}$  para nitrogênio amoniacal e nitrato e até  $0,07 \text{ mg.L}^{-1}$  para nitrito). Apenas os resultados de nitrogênio amoniacal apresentaram diferenças significativas entre os três raios de amostragem (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ), porém o teste *a posteriori* não indicou entre quais raios ( $p = 0,0399$ ).

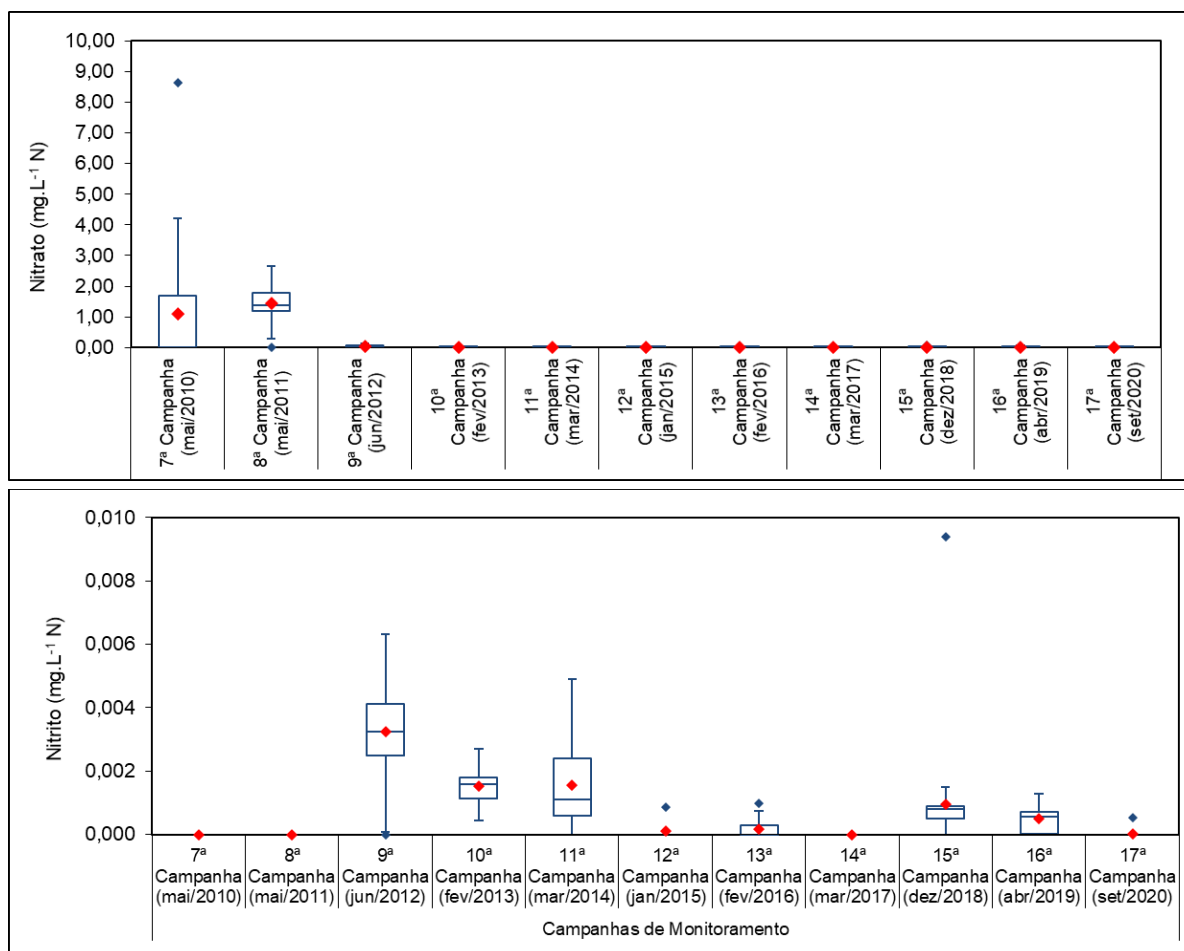
As concentrações de nitrogênio amoniacal e de nitrito são em geral muito baixas em regiões oceânicas, caracterizando o aspecto oligotrófico dessas regiões. O nitrato é regenerado pelas bactérias a partir da oxidação de formas orgânicas nitrogenadas e participa como principal elemento nutriente para o 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).



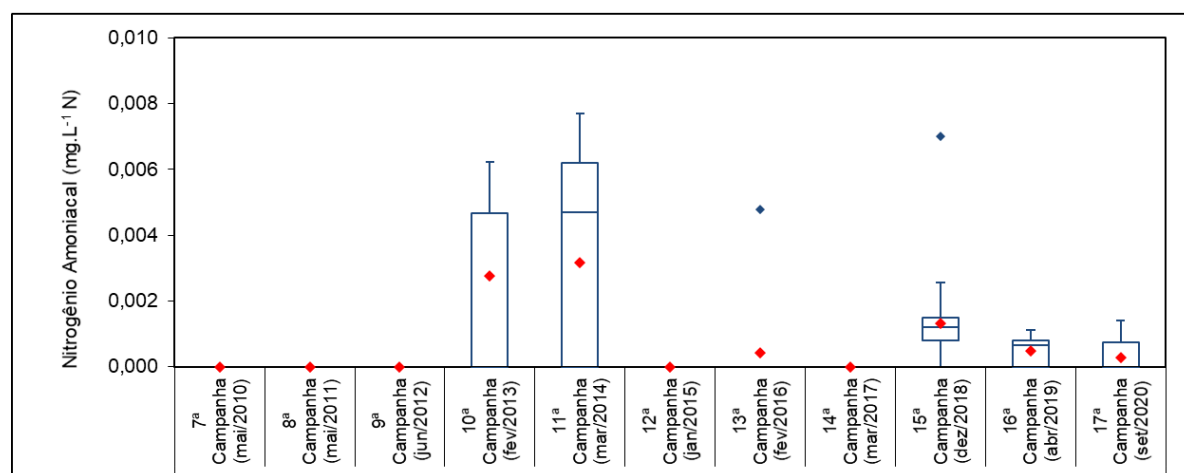
**Figura 18: Distribuição das concentrações de nitrato e nitrogênio amoniacal nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. Não foi elaborada representação gráfica para nitrito devido a apenas um resultados estado acima do limite de detecção do método.**

Com exceção das concentrações de nitrato das campanhas de 2010 e 2011, que apresentaram valores atipicamente elevados e interpretados como imprecisões analíticas, provavelmente relacionados com a influência salina no cromatograma, todos os demais resultados se mostraram de acordo com os limites estabelecidos pela legislação ambiental (**Figura 19**). Os resultados de nitrogênio amoniacal (**Figura 20**) obtidos na presente campanha (2020) apenas não foi diferente significativamente (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ) em relação ao resultados de 2019 ( $p = 0,215$ ), enquanto que para nitrito não se observou diferenças significativas em relação às campanhas de 2010 ( $p = 0,3173$ ) e 2011 ( $p = 0,3173$ ). Com relação a nitrato, foram verificadas diferenças significativas entre os resultados da presente campanha e os das campanhas de 2010 ( $p = 0,0014$ ), 2011 ( $p < 0,0001$ ), 2012 ( $p < 0,0001$ ), 2015 ( $p = 0,0024$ ) e 2019 ( $p < 0,0001$ )





**Figura 19: Concentrações de nitrato e nitrito amoniacal, observadas nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.**



**Figura 20: Concentrações de nitrogênio amoniacal, observadas nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.**

Para fosfato, fração correspondente ao fósforo inorgânico dissolvido na água (ortofosfatos e polifosfatos, formas predominantes nas águas oceânicas), as concentrações verificadas na presente campanha variaram desde 0,00049 mg.L<sup>-1</sup> (estação 10 – SUP) a 0,0054 mg.L<sup>-1</sup> (estação 10 – TC), não sendo observado um padrão comum de distribuição das concentrações entre as estações de coleta

(Figura 21), nem identificadas diferenças significativas (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ) entre os resultados obtidos nos raios de 200, 500 e 1.000 m do FPSO. A Resolução CONAMA 357/05 estipula máximo apenas para polifosfatos, correspondente a  $0,031 \text{ mg.L}^{-1}$ , o que demonstra que as concentrações estão condizentes com o estipulado pela Resolução.

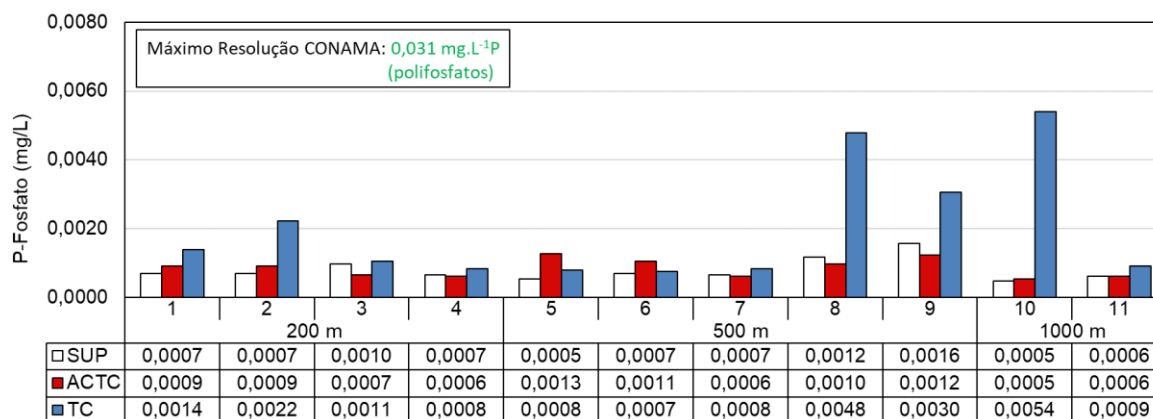


Figura 21: Distribuição das concentrações de fosfato nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Os resultados obtidos na presente campanha estão de acordo com a variabilidade observada nas campanhas anteriores (Figura 22). Diferenças significativas (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ) foram verificadas entre a atual campanha (2020) e as de 2010 ( $p < 0,0001$ ), 2011 ( $p = 0,0182$ ), 2013 ( $p < 0,0001$ ), 2015 ( $p = 0,0027$ ), 2016 ( $p = 0,0084$ ), 2017, 2018 e 2019 ( $p < 0,0001$ ).

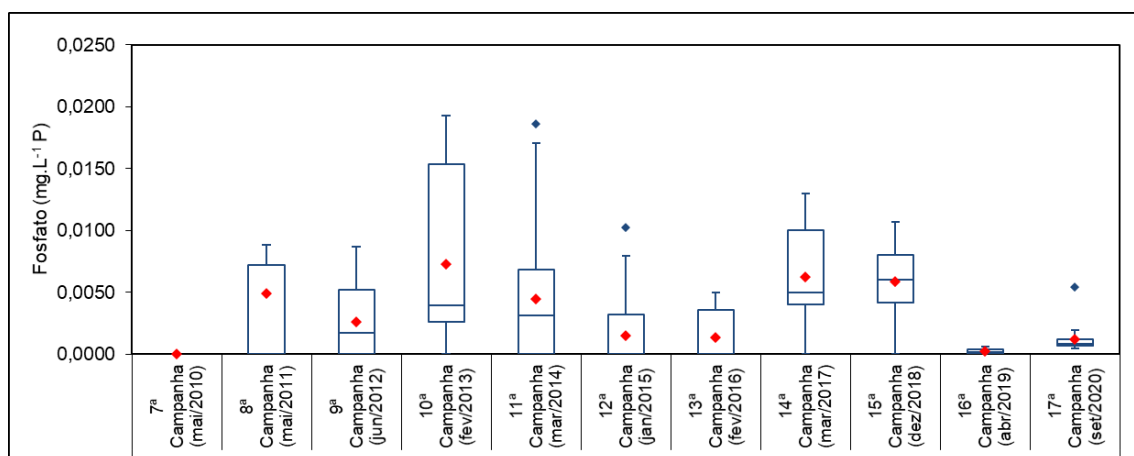


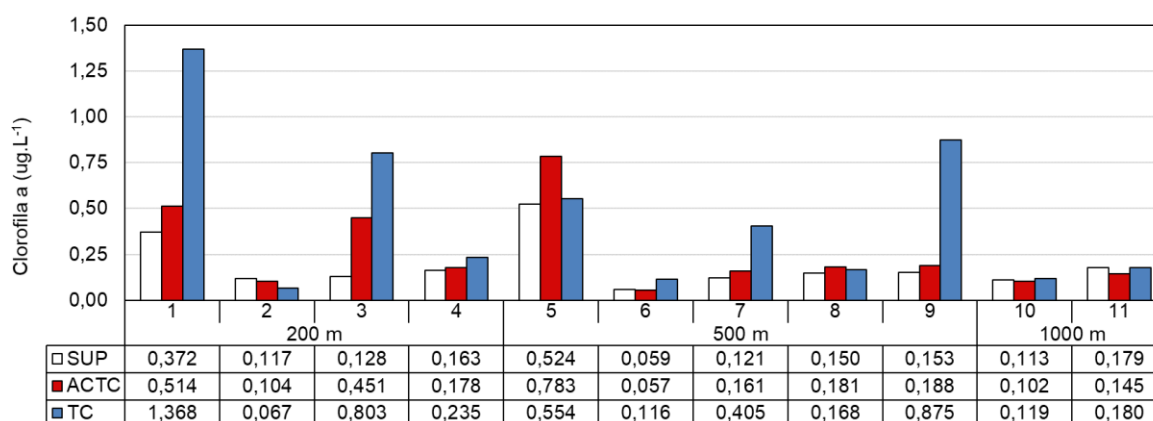
Figura 22: Concentrações de fosfato observadas nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

### 5.2.2. Clorofila-a

Os resultados de clorofila-a obtidos na 17ª campanha de monitoramento do FPSO Fluminense variaram de  $0,057 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$  (estação 6 – AC/TC) a  $1,368 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$  (estação 1 – TC). Não foi observado um padrão comum entre todas as estações, no entanto, verificou-se a ocorrência de maiores

concentrações de clorofila-a, principalmente na camada TC (**Figura 23**). 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 foram identificadas diferenças significativas (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ) entre as concentrações de clorofila-a observadas nos raios de 200, 500 e 1.000 m ( $p = 0,3159$ ).

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).



**Figura 23: Distribuição das concentrações de clorofila-a nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Baía de Campos.**

A média dos resultados obtidos na presente campanha se mostrou acima das observadas nas campanhas anteriores, muito influenciada pelo valor máximo (**Figura 24**). Quando os atuais valores foram comparados com obtidos nas campanhas anteriores, foram identificadas diferenças significativas (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ) entre 2019 e a maioria das campanhas anteriores, a exceção foi em relação à campanha de 2011 e 2014, isso porque foram as campanhas que apresentaram mediana mais próxima.

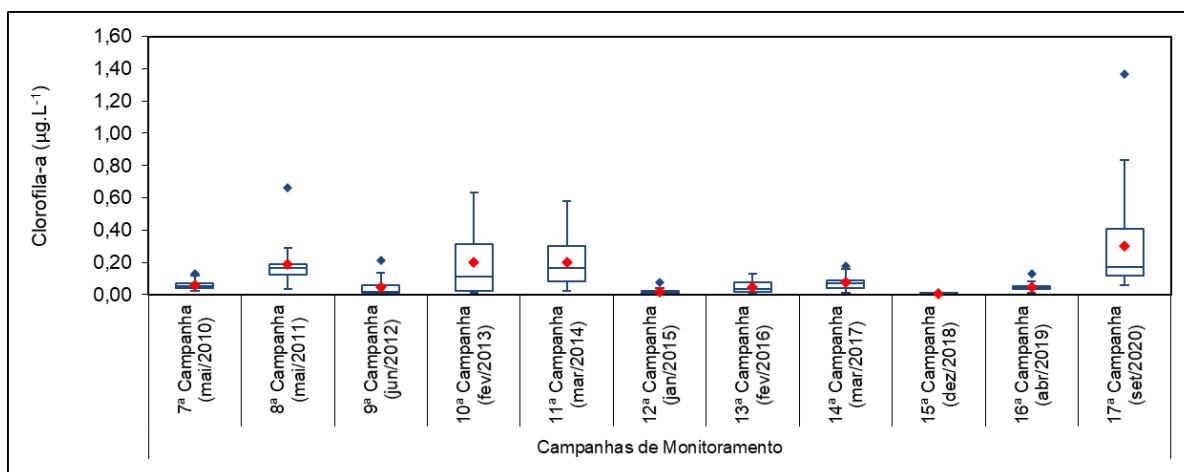


Figura 24: Concentrações de clorofila-a observadas nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

### 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 (Zi). A maioria dos metais analisados não foi encontrado em concentrações quantificáveis (**Tabela 5**), sendo referidos em sua maioria como elementos traços, com exceção dos elementos alumínio dissolvido, boro, bário, cobre dissolvido e total, manganês, vanádio e zinco, que apresentaram valores quantificáveis na presente campanha.

Tabela 5: Metais que apresentaram concentrações abaixo do Limite de Quantificação (LQ) nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, 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> )
Arsênio Total	0,005	0,01
Berílio Total	0,003	0,0053
Cádmio Total	0,001	0,005
Chumbo Total	0,005	0,01
Cromo Total	0,005	0,05
Ferro Total	0,05	-
Ferro Dissolvido	0,05	0,3
Mercúrio Total	0,00008	0,0002
Níquel Total	0,005	0,025
Prata Total	0,005	0,005
Selênio Total	0,005	0,01
Tálio Total	0,005	0,10
Urânio Total	0,01	0,5

LQ = Limite de Quantificação

Os metais cobre dissolvido e prata total foram analisados em triplicata, pois seus respectivos métodos de análise apresentaram LQ's iguais aos limites máximos estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05, no entanto, apenas cobre dissolvido apresentou concentrações acima do LQ ( $0,005 \text{ mg.L}^{-1}$ ) em algumas estações e réplica, tendo os valores oscilado entre  $0,0052 \text{ mg.L}^{-1}$  (estação 11 – S\_R1) a  $0,0071 \text{ mg.L}^{-1}$  (estação 5 – SUP\_R2) (**Tabela 6**). Além disso, foram verificadas concentrações de cobre total com valores de  $0,0055$ ,  $0,0082$  e  $0,0069 \text{ mg.L}^{-1}$  nas estações 7 – TC, 9 – SUP e 9 – TC, respectivamente.

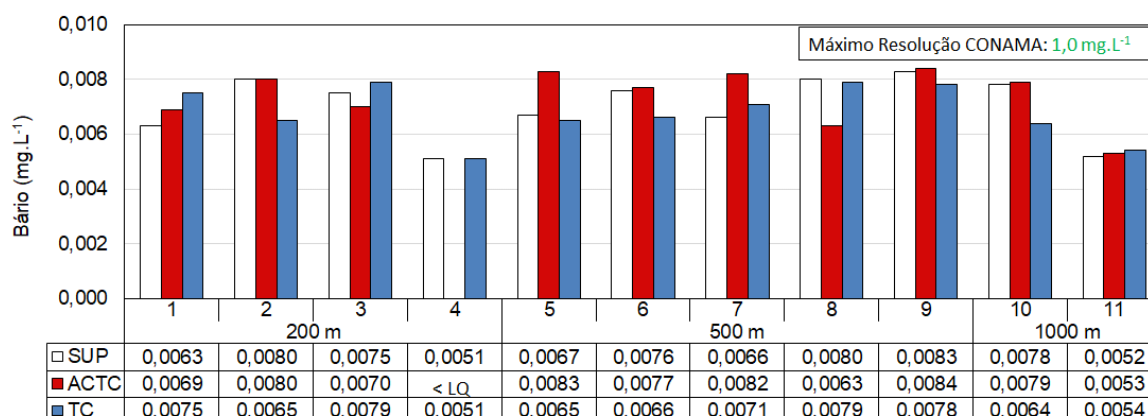
**Tabela 6: Concentrações de cobre dissolvido quantificadas nas estações e réplicas coletadas durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. SUP- superfície, ACTC – acima da termoclina, TC- termoclina.**

Estação	Profundidade	Réplica	Concentração ( $\text{mg.L}^{-1}$ )
2	ACTC	R2	0,0059
3	TC	R1	0,0063
	TC	R2	0,0067
	TC	R3	0,0062
5	SUP	R2	0,0071
11	SUP	R1	0,0052

As campanhas anteriores não haviam apresentado valores quantificáveis de cobre dissolvido nem cobre total, o que pode indicar influência das atividades da FPSO Fluminense, contudo, tendo em vista que também foram observadas concentrações em um réplica da estação controle (estação 11) de cobre dissolvido, esta detecção na atual campanha pode estar associada a outros fatores externos de fontes difusas, uma vez que a Bacia de Campos apresenta diversos empreendimentos atuando em sua área.

Para o metal bário, foram identificadas concentrações que oscilaram entre menor que LQ ( $<0,005 \text{ mg.L}^{-1}$ ) (estação 4– ACTC) e  $0,0084 \text{ mg.L}^{-1}$  (estação 9 – ACTC), não sendo observado um padrão entre as estações (**Figura 25**). Todos os resultados obtidos estiveram abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1.

Ao longo do monitoramento, apenas na campanha de 2010 foi identificada concentração deste metal em uma amostra com valor de  $0,03 \text{ mg.L}^{-1}$ , estando os atuais resultados abaixo deste valor. Assim como cobre dissolvido, as concentrações de bário também foram detectadas na estação controle, não podendo associar diretamente sua presença ao lançamento de água produzida.

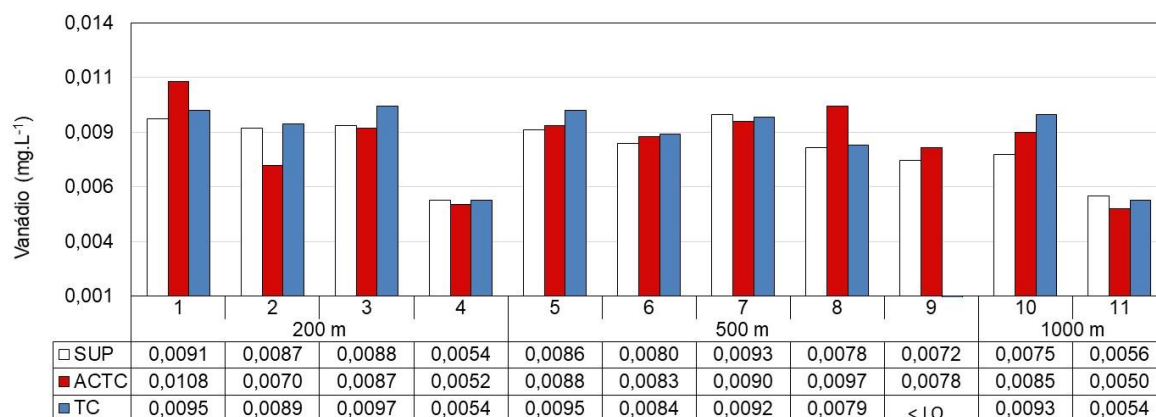


**Figura 25: Distribuição das concentrações de bário nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.**

Concentrações de manganês foram verificadas em duas amostras com valores de 0,0476 e 0,0087 mg.L<sup>-1</sup> (estações 1 – ACTC e 6 – TC) e de alumínio dissolvido em uma amostra com valor de 0,1337 mg.L<sup>-1</sup> (estação 9 – TC). A presença de manganês e alumínio dissolvido foi registrada em algumas amostras coletadas a jusante do FPSO Fluminense pode ser indicativo de interferência do lançamento de água de produção na região.

Por outro lado, os resultados estiveram abaixo dos limites de 0,1 mg.L<sup>-1</sup> e 1,5 mg.L<sup>-1</sup> estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para manganês e alumínio, respectivamente, demonstrando um efeito de diluição e dispersão que o efluente sofre no ambiente marinho.

O vanádio apresentou concentrações acima do limite de quantificação do método apenas na presente campanha, tendo os valores oscilado entre menor que o LQ (<0,005 mg.L<sup>-1</sup>) (estação 9 – TC) a 0,0108 mg.L<sup>-1</sup> (estação 1 – ACTC) (**Figura 26**), no entanto, os valores foram observados tanto nas estações a jusante quanto a montante (estações 10 e 11, consideradas controle), não podendo estas concentrações ser associadas ao descarte do efluente do FPSO Fluminense. A Resolução CONAMA 357/05 não estabelece limite máximo para este metal para águas salinas classe 1.

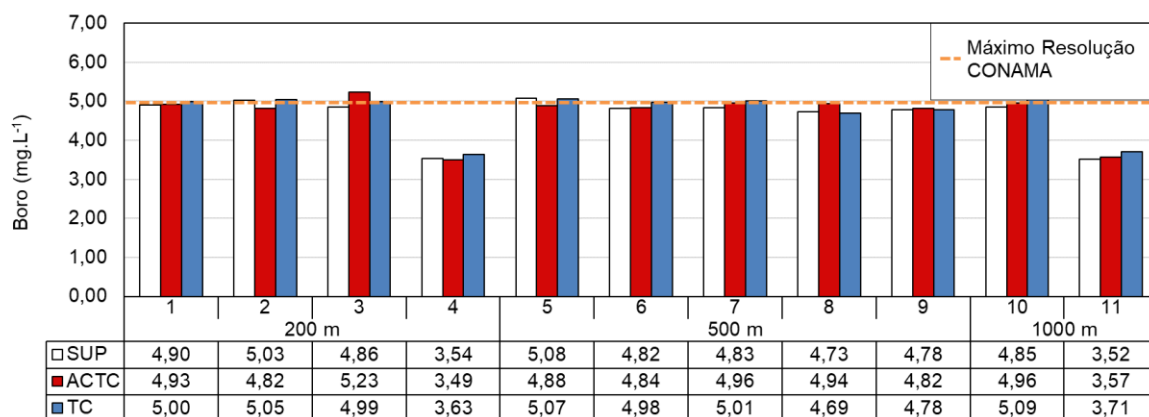


**Figura 26: Distribuição das concentrações de vanádio nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.**

Para o elemento boro, as concentrações variaram entre 3,49 mg.L<sup>-1</sup> (estações 4 - ACTC) e 5,23 mg.L<sup>-1</sup> (estação 3 – ACTC), conforme **Figura 27**. O semimetal boro apresentou concentrações ligeiramente superiores ao nível estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 (5 mg.L<sup>-1</sup>) em algumas estações, incluindo a estação 10 (estação controle, a montante da plataforma), fator que impede que os resultados obtidos possam ser relacionados diretamente com a atividade de produção da referida plataforma.

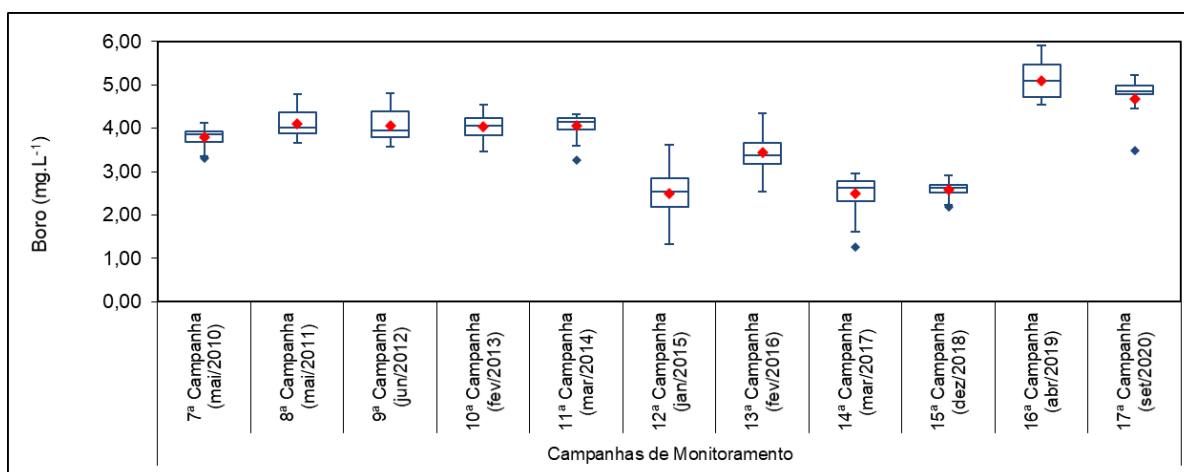
Os resultados não apresentaram diferenças significativas (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ) entre os raios, corroborando o fato de que não foi possível afirmar que as maiores concentrações de Boro encontradas nesta campanha estiveram relacionadas ao descarte da água produzida.

Concentrações de boro superiores a 5 mg.L<sup>-1</sup> já haviam sido reportadas por Petrobras (2013) nos resultados do Projeto de Caracterização Regional da Bacia de Campos (PCR-BC), no qual os dados oscilaram entre 0,4-10,9 mg.L<sup>-1</sup>, sendo indicado que concentrações deste parâmetro em águas costeiras brasileiras podem ultrapassar este limite estabelecido pela legislação. Além disso, a campanha de 2019 do presente PMA também detectou concentrações de até 5,90 mg.L<sup>-1</sup>.



**Figura 27: Distribuição das concentrações de boro nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.**

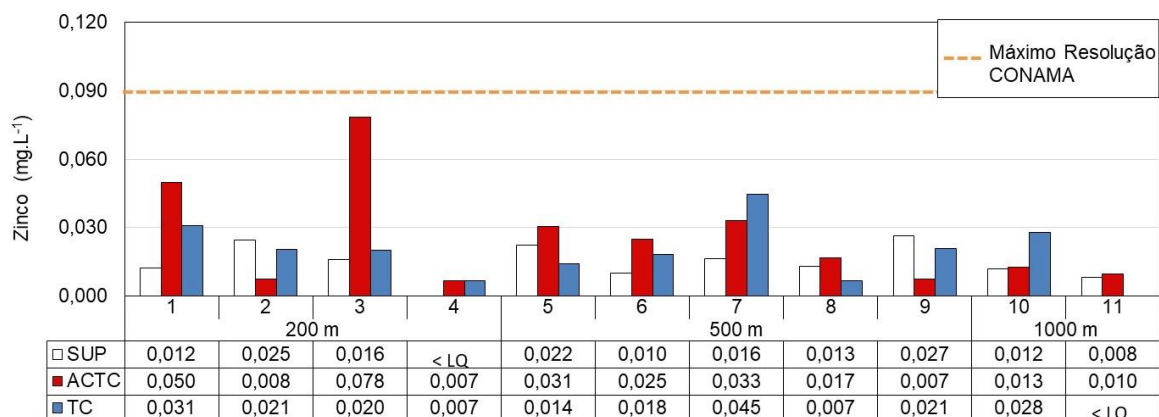
Os resultados referentes a boro obtidos na presente campanha (2020) foram diferentes significativamente de todas as campanhas anteriores (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ), tendo os valores médios e medianos sido inferiores apenas aos observados na campanha de 2019 (**Figura 28**).



**Figura 28: Concentrações de boro observadas nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.**

Com relação ao elemento zinco, este apresentou concentrações desde valores menores que o LQ ( $< 0,005 \text{ mg.L}^{-1}$ ) (estações 4 – S e 11 – TC) até  $0,078 \text{ mg.L}^{-1}$  (estação 3 – ACTC), conforme a **Figura 29**. Todos os resultados obtidos mantiveram-se inferiores ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 ( $0,09 \text{ mg.L}^{-1}$ ) e não foram identificadas diferenças significativas (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ) entre os resultados obtidos nos três raios amostrados ( $p = 0,2643$ ). Apenas foram detectadas concentrações de zinco na campanha anterior (2019) quando os valores oscilaram entre  $< 0,006$  a  $0,041 \text{ mg.L}^{-1}$ , tendo o valor máximo ultrapassado esta variação.





**Figura 29: Distribuição das concentrações de zinco nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.**

#### 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 é equivalente ao valor máximo estipulado para águas salinas classe 1 pela Resolução CONAMA 357/05 – 0,001 mg.L<sup>-1</sup>.

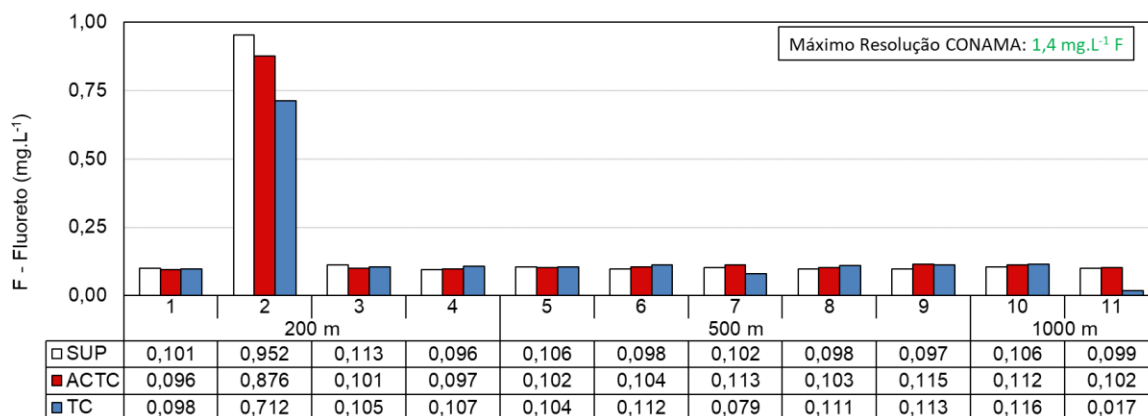
Os resultados das análises mostraram que as concentrações de cianeto estiveram abaixo do limite de quantificação (<0,001 mg.L<sup>-1</sup>) em todas as amostras. Nas campanhas anteriores também não foram quantificadas concentrações de cianeto no entorno do FPSO Fluminense.

#### 5.2.5. Fluoretos

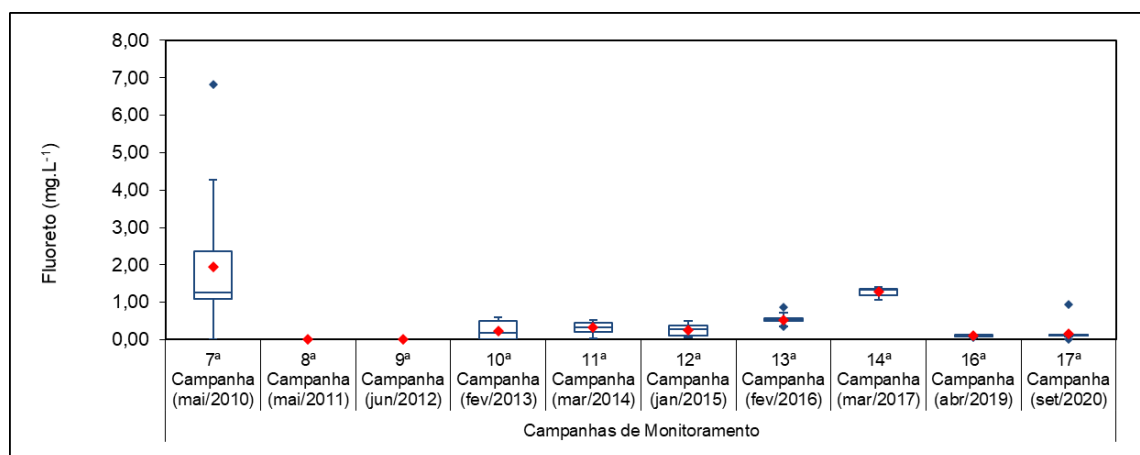
Nas estações distribuídas no entorno da FPSO Fluminense foram observadas concentrações variando desde 0,017 mg.L<sup>-1</sup> (estação 11 – TC) a 0,952 mg.L<sup>-1</sup> (estação 2 – SUP), sem padrão espacial claro em relação a coluna d'água, por outro lado, foi observado um pico de concentração na estação 2 para as três profundidades amostradas (**Figura 30**). Contudo, não foi observada diferença significativa (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ) entre os raios de amostragem ( $p = 0,9853$ ).

Verificou-se que todas as amostras analisadas estiveram de acordo com o limite máximo requerido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 (1,4 mg.L<sup>-1</sup>). Os resultados de fluoretos obtidos na presente campanha (2020) mostram-se dentro da variabilidade observada nas campanhas anteriores (**Figura 31**). 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. Diferenças significativas (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ) em relação à atual campanha foram identificadas em relação aos resultados obtidos em 2010 ( $p < 0,0001$ ), 2011 ( $p < 0,0001$ ), 2012 ( $p < 0,0001$ ), 2014 ( $p < 0,0001$ ), 2015 ( $p = 0,0011$ ), 2016 ( $p < 0,0001$ ) e 2017 ( $p < 0,0001$ ).



**Figura 30: Distribuição das concentrações de fluoreto nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.**



**Figura 31: Concentrações de fluoreto observadas nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.**

## 5.2.6. Sulfetos

No presente monitoramento, as amostras para análise de sulfetos foram coletadas em triplicata, tendo em vista que o LQ do método foi igual ao limite máximo estabelecido pela legislação ambiental. A partir dos resultados, não foram encontradas concentrações de sulfetos acima do limite de quantificação em nenhuma amostra analisada ( $LQ = 0,002 \text{ mg.L}^{-1}$ ), como já ocorrido nas campanhas anteriores no entorno do FPSO Fluminense, 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

Na atual campanha foi mensurado o cloro residual total (combinado + livre), sendo o livre correspondente ao cloro na água em forma de ácido hipocloroso e do íon hipoclorito e o combinado correspondente às formas combinadas com amônia. O elemento tem utilização recorrente por sua propriedade bactericida. Assim como para sulfetos, a análise de cloro residual no entorno do FPSO Fluminense foi realizada em triplicata, não sendo verificada concentração quantificável em nenhuma das estações amostradas ( $LQ=0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ ), resultados condizentes ao máximo requerido para águas salinas classe 1 pela Resolução CONAMA 357/05 ( $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ ). Nas campanhas anteriores também 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 Fluminense, concentrações quantificáveis ( $LQ=0,01 \text{ Bq.L}^{-1}$ ) de  $^{226}\text{Ra}$  foram verificadas em apenas duas amostras com valores de  $0,0115 \text{ Bq.L}^{-1}$  (estação 9 – S) e  $0,0132 \text{ Bq.L}^{-1}$  (estação 4 – TC). Com relação a  $^{228}\text{Ra}$ , foi quantificada apenas uma concentração com valor de  $0,0254 \text{ Bq.L}^{-1}$  em estação 8 – ACTC.

A Resolução CONAMA 357/05 não preconiza limites para os radioisótopos. Contudo, destaca-se que Vegueria *et al.* (2002) mencionaram radioisótopos para água do mar da Bacia de Campos de cerca de  $0,015 \text{ Bq.L}^{-1}$  e, analisando amostras de água produzida, citaram concentrações entre  $0,012$  e  $6,0 \text{ Bq.L}^{-1}$  para  $^{226}\text{Ra}$  e entre  $0,05$  e  $12,0 \text{ Bq.L}^{-1}$  para  $^{228}\text{Ra}$ . Nas campanhas realizadas anteriormente no entorno do FPSO Fluminense, foram obtidos resultados apenas de  $^{226}\text{Ra}$  em 2019 em seis amostras com valores que oscilaram entre  $0,010$  e  $0,020 \text{ Bq.L}^{-1}$ , estando os dois valores detectados dentro desta variação.

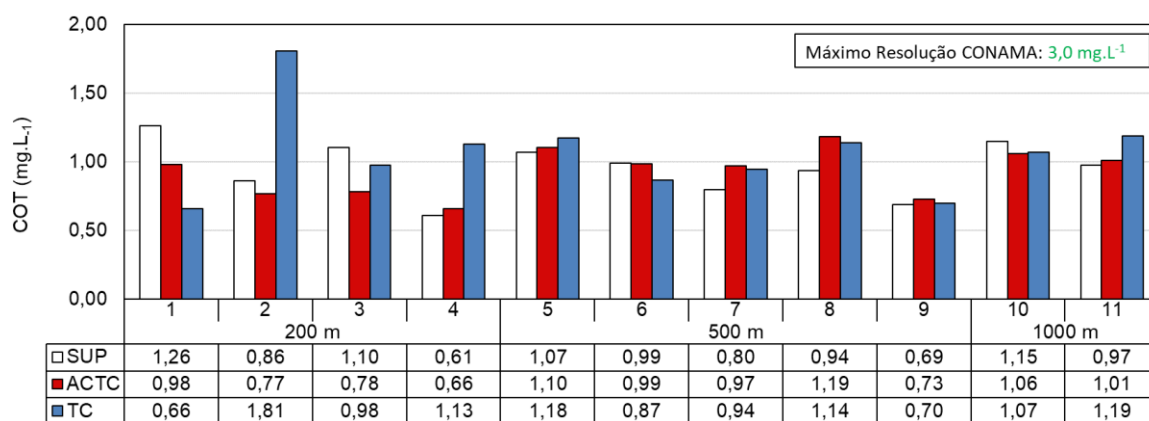
## 5.3. PARÂMETROS ORGÂNICOS

### 5.3.1. Carbono Orgânico Total (COT)

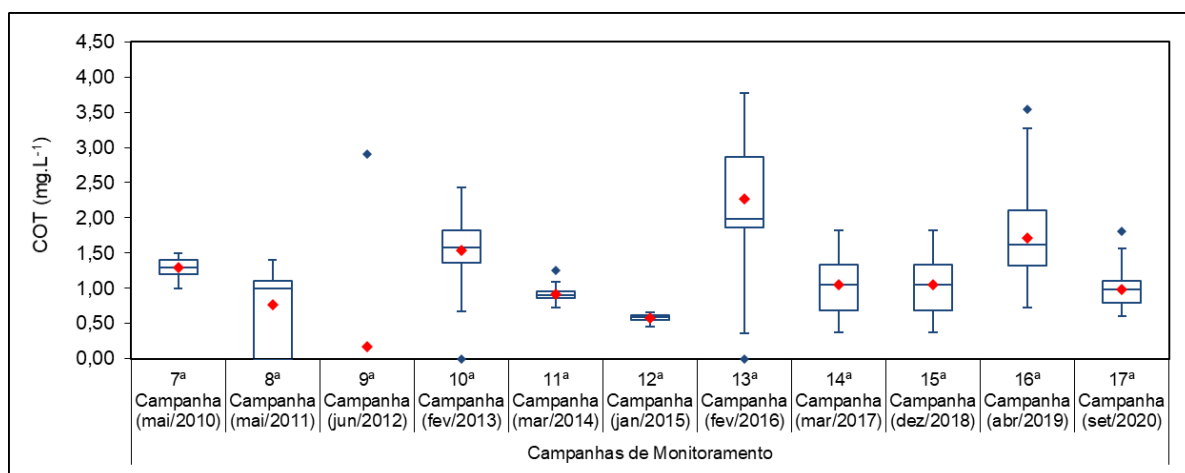
As concentrações de carbono orgânico total (COT) observadas no entorno do FPSO Fluminense na presente campanha apresentaram valores que variaram de  $0,61 \text{ mg.L}^{-1}$  (estação 4 – SUP) a  $1,81 \text{ mg.L}^{-1}$  (estação 2 – TC), como pode ser observado na **Figura 32**. Diferenças significativas (Kruskal-Wallis,

$p < 0,05$ ) entre os raios de amostragem não foram verificadas ( $p = 0,2487$ ). A Resolução CONAMA 357/05 estabelece o limite de  $3 \text{ mg.L}^{-1}$  de COT para águas salinas classe 1, não tendo nenhum resultado ultrapassado este limiar (**Figura 32**).

As concentrações de COT observadas na presente campanha se mantiveram dentro do intervalo de dados observado ao longo do Projeto Monitoramento do FPSO Fluminense. Por outro lado, quando foi aplicado o teste de variabilidade, foram identificadas diferenças significativas (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ) em relação aos resultados obtidos nas campanhas de 2010, 2012, 2013, 2015, 2016 e 2019 ( $p < 0,0001$  para estes quatro anos), isso porque em 2010, 2013, 2016 e 2019, os valores medianos foram superiores aos da presente campanha. Já 2012 foi diferente por apresentar poucas amostras com concentrações quantificáveis. Por fim 2015 foi diferente possivelmente pela baixa variabilidade dos dados (**Figura 33**).



**Figura 32: Distribuição das concentrações de Carbono Orgânico Total (COT) nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.**



**Figura 33: Concentrações de COT observadas nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.**



### 5.3.2. Surfactantes

Na presente campanha, nenhuma amostra apresentou concentrações quantificáveis ( $LQ=0,03 \text{ mg.L}^{-1}$ ) de surfactantes, assim como nas campanhas realizadas desde 2010, onde não se obteve concentrações de surfactantes acima do limite de quantificação. A Resolução CONAMA 357/05 estabelece o valor máximo de  $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$  para águas salinas classe 1.

### 5.3.3. Bifenilas policloradas (PCBs)

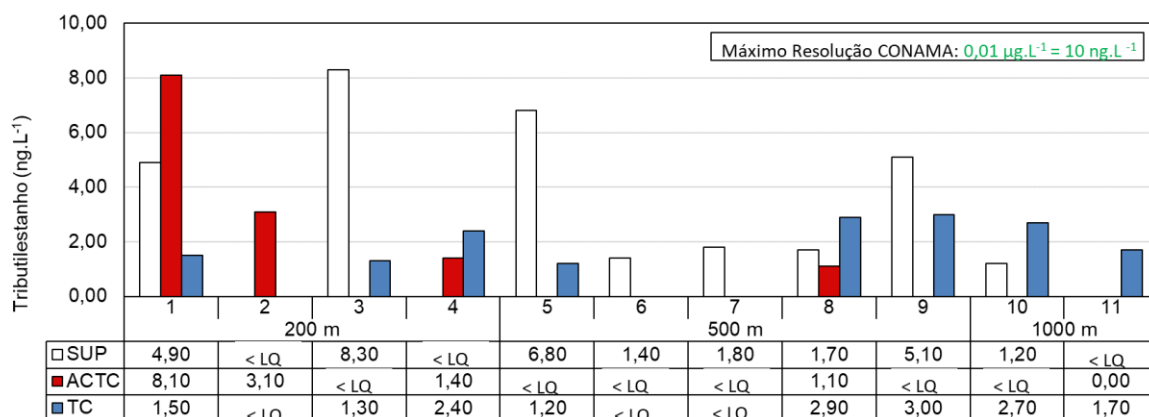
As bifenilas policloradas (PCBs) são compostos orgânicos persistentes, pouco solúveis, com potencial de bioacumulação e bioconcentração, representando, com isso, uma ameaça à biota (Penteado & Vaz, 2001). Não foram quantificadas concentrações de PCBs ( $LQ<0,001 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$ ) no presente estudo. Os PCBs também não foram quantificados nas campanhas anteriores, realizadas anualmente desde 2010. Salienta-se que o máximo para PCBs em águas salinas classe 1 segundo a Resolução CONAMA 357/05 é de  $0,03 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$ .

### 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.

Concentrações quantificáveis de tributilestanho ( $LQ=1 \text{ ng.L}^{-1}$ ) foram verificadas em 20 das 33 amostras coletadas no entorno do FPSO Fluminense, com valores que variaram de  $1,10$  (estação 8 - ACTC) a  $8,30 \text{ ng.L}^{-1}$  (estação 3 - SUP), conforme **Figura 34**. Diferenças significativas (Kruskal-Wallis,  $p<0,05$ ) entre os raios de amostragem não foram verificadas ( $p=0,5337$ ).

A Resolução CONAMA estabelece o limite de  $0,01 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$  ( $= 10 \text{ ng.L}^{-1}$ ) de tributilestanho para águas salinas classe 1, não tendo nenhum resultado ultrapassado o limite da referida resolução.



**Figura 34: Distribuição das concentrações de tributilestanho nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.**

Este parâmetro não apresentou resultados detectáveis até a campanha de 2018 ( $LD=0,010 \mu\text{g.L}^{-1}$ ), isso porque o limite de detecção das campanhas anteriores era superior ao limite de quantificação da presente campanha, o que permitiu que algumas concentrações fossem quantificadas. Por outro lado, em 2019, concentrações quantificáveis foram observadas em quatro amostras com variação de 1,1 a  $1,5 \text{ ng.L}^{-1}$ , tendo o valor máximo ultrapassado o limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05. Deste modo, os dados observados na presente campanha está de acordo com o observado nas campanhas anteriores.

### 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 LQ ( $<0,010 \mu\text{g.L}^{-1}$ ). 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 que concentrações de n-alcenos de até  $16 \mu\text{g.L}^{-1}$  são reportadas na literatura como indicativas de uma contribuição antropogênica baixa ou ausente (PETROBRAS, 2013).

O parâmetro MCNR geralmente considerado 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, 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). Resultados da razão MCNR/HRP superiores a 4 indicam um processo de intemperização de hidrocarbonetos, enquanto que valores inferiores a 4 são indicativos de uma introdução recente de óleo (READMAN *et al.*, 2002).

Na presente campanha, apenas a amostra da estação 9 – ACTC apresentou concentração de  $407,2 \mu\text{g.L}^{-1}$  de MCNR, os demais hidrocarbonetos apresentaram concentrações abaixo do LQ ( $<5 \mu\text{g.L}^{-1}$ ). O HTP também apresentou concentração de  $407,2 \mu\text{g.L}^{-1}$ , sendo composto totalmente pela MCNR.

O projeto de Caracterização Regional da Bacia de Campos (PCR-BC), realizado por Petrobras (2013), indicou na Bacia de Campos a presença de série homóloga de n-alcenos e de MCNR, sugestiva de contaminação por óleo, em mais de 80% das amostras do período seco, com concentrações de até  $464,8 \mu\text{g.L}^{-1}$  na isóbata de 1.000 m, embora poucas no período chuvoso também tenham apresentado esta feição.

Tendo em vista a ampla dimensão da malha amostral utilizada durante o PCR-BC, os resultados obtidos indicam para origens difusas da contaminação por óleo na Bacia de Campos. Desta forma, os resultados indicativos de contribuição petrogênica identificados na estação 9 (raio de 500 m) podem não estar relacionados diretamente com a atividade de produção do FPSO Fluminense, uma vez que amostras mais próximas desta unidade (raio de 200 m), mais expostas à pluma de água produzida, não apresentaram resultados quantificáveis.

A possibilidade de uma origem diversa do FPSO Fluminense é reforçada pela ausência de resultados similares em campanhas anteriores, realizadas entre 2011 e 2018. Em 2019 apenas uma amostra da estação 7 apresentou concentrações de hidrocarbonetos. Além disso, em 2014, foram observadas concentrações de HTP em três estações (8, 9 e 11), com valores de concentração para C12 e C13 (que



somados corresponderam aos n-alcenos totais), além de outros picos não identificados de compostos resolvidos e não resolvidos (HRP e MCNR, respectivamente).

Para a presente campanha foram também analisados os compostos BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos), sendo apenas verificados valores quantificáveis para xilenos de  $2,8 \mu\text{g.L}^{-1}$  e etilbenzeno de  $4,8 \mu\text{g.L}^{-1}$  na estação 5 – TC, para as demais amostras os valores estiveram abaixo do LQ ( $<1 \mu\text{g.L}^{-1}$  para benzeno, tolueno, etilbenzeno e  $2 \mu\text{g.L}^{-1}$  para xilenos). Para fins de comparação, a Resolução CONAMA 357 estabelece para os compostos benzeno, tolueno e etilbenzeno os limites de até 700, 215 e  $25 \mu\text{g.L}^{-1}$ , respectivamente, estando os valores detectados abaixo do preconizado pela legislação.

Concentrações de BTEX, especificamente de tolueno, foram observadas na campanha de 2013, em três amostras da estação 5 com valores de 3,69, 4,86 e  $4,07 \mu\text{g.L}^{-1}$ , tendo os presentes valores sido similares ao reportado no ano citado. Contudo, assim como na atual campanha, estes valores estiveram abaixo do estabelecido pela legislação ambiental brasileira.

Com relação aos fenóis, foram detectadas concentrações em todas as amostras, tanto das estações controle quanto aquelas situadas a jusante, tendo os valores oscilado de  $0,06 \mu\text{g.L}^{-1}$  (estação 3 – TC) a  $60 \mu\text{g.L}^{-1}$  (estações 4, 6 e – S; estação 11 -ACTC; estações 1 e 8 – TC). Seus valores não ultrapassaram o limite estabelecido pela legislação brasileira para este parâmetro ( $60 \mu\text{g.L}^{-1}$ ) (**Figura 35**). Nas campanhas anteriores, não foram verificadas concentrações de fenóis.

Diferenças significativas (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ) entre os raios de amostragem não foram verificadas ( $p = 0,2602$ ), demonstrando que as concentrações verificadas, a montante da plataforma (estações 10 e 11, a 1000 m do ponto de descarte), na zona de mistura (estações a 200 m) e após zona de mistura do efluente (a 500 m) foram semelhantes estatisticamente, reforçando que a presença de fenóis pode estar associada à outros fatores externos à atividade da plataforma.

Desta forma, apesar da presença de alguns compostos orgânicos no entorno do FPSO Fluminense, todos os resultados obtidos estiveram em conformidade com o preconizado pela Resolução CONAMA 357/05, bem como de acordo com o histórico do monitoramento.



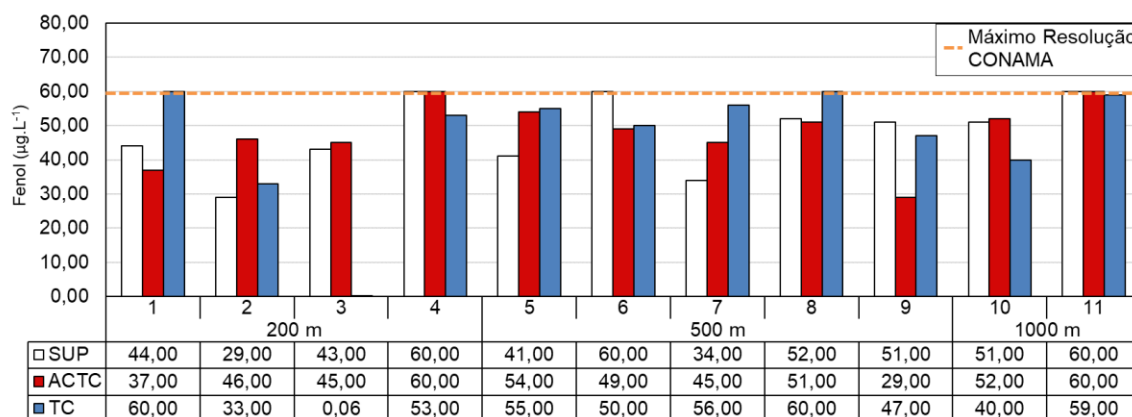


Figura 35: Distribuição das concentrações de fenóis nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

### 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 mg.L<sup>-1</sup>, com máximo diário de 42,0 mg.L<sup>-1</sup>. No presente estudo (LQ = 3 mg.L<sup>-1</sup>), assim como nas campanhas anteriores não foram verificados óleos e graxas em nenhuma estação, mesmo nas localizadas a 200 m da FPSO Fluminense, fato que reforça a hipótese de ausência de influência das atividades do FPSO nas águas de entorno.

## 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 Fluminense, por um período de 96 horas em um sistema estático com efeitos sobre a sobrevivência e observada a cada 24 horas. Não foi observada mortalidade em nenhuma amostra, não indicando toxicidade.

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. Os menores percentuais de larvas *pluteus* normais foram verificados na amostra da estação 6 – SUP (93,0%). Ressalta-se, no entanto 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 pelos dois controles empregados, quando o percentual de *pluteus* normais foi de 95,0 e de 95,2%. Assim o resultado está em acordo com o preconizado pela Resolução CONAMA 357/05.

**Tabela 7: Resultados do teste de ecotoxicidade crônica no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.**

<i>Echinometra lucunter</i> - Pluteus normais (%)				
Raio / Estação		Sup	ACTC	TC
200 m	1	98,8	95,5	95,2
	2	96,8	94,8	98,0
	3	93,5	97,8	96,0
	4	97,2	97,0	96,0
500 m	5	94,0	96,2	96,8
	6	93,0	97,5	97,5
	7	97,2	97,5	96,2
	8	97,2	95,0	96,5
	9	95,2	96,0	93,8
1.000 m	10	97,2	95,2	94,8
1.000 m	11	96,0	96,8	94,0

## 5.5. BIOTA

### 5.5.1. Fitoplâncton

As amostras de fitoplâncton foram coletadas juntamente com as amostras para análises químicas nas mesmas profundidades, porém em cinco estações (estações 1, 3, 5, 7 e 10), distribuídas na malha amostral da 17ª campanha realizada no entorno do FPSO Fluminense. 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

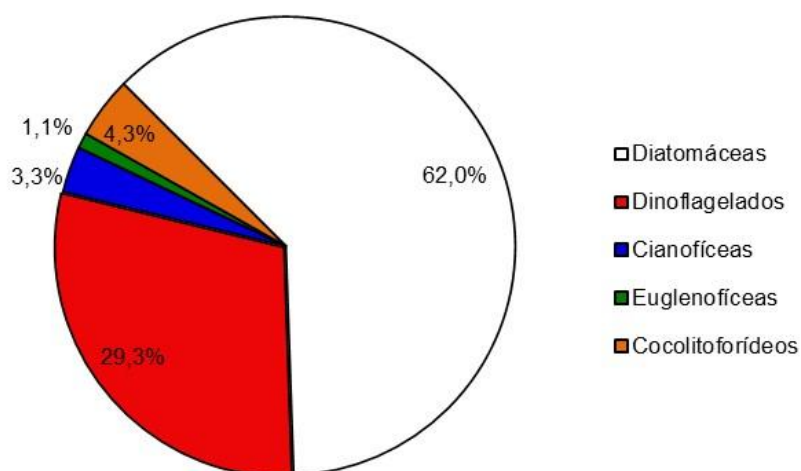


a identificação das espécies em análises de rotina, conforme detalhado na metodologia. Na atual campanha foram identificados 4 táxons, sendo eles o nanoplâncton não identificado (1 táxon), Diatomácea (1 táxon), Dinoflagelado (1 táxon) e Cianofíceas (1 táxon).

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 (Bacillariophyta), dinoflagelados (Dinophyta), cianofíceas (Cyanophyta), euglenofíceas (Chlorophyta) e cocolitoforídeos (Chromophyta - Classe Prymnesiophyceae), 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 Fluminense, o microfitoplâncton foi composto por 92 táxons distintos, pertencentes a diferentes grupos do fitoplâncton, sendo a maioria dinoflagelados (57 táxons), seguido pelas diatomáceas (27 táxons), cocolitoforídeos (4 táxons), cianofíceas (3 táxons) e euglenofíceas (1 táxon), conforme a **Figura 36**. A predominância de diatomáceas e de dinoflagelados na comunidade microfitoplanctônica, totalizando 91% 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 a sua grande participação na produção primária marinha e sua biodiversidade. Já os dinoflagelados formam parte da alimentação de vários organismos planctônicos e consequentemente, 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 sob os demais grupos, seguidos de cocolitoforídeos (contribuição sempre superior a 32%). As cianofíceas contribuíram, em geral, com menos de 4%, assim como nas campanhas pretéritas.

### Contribuição por Grupos



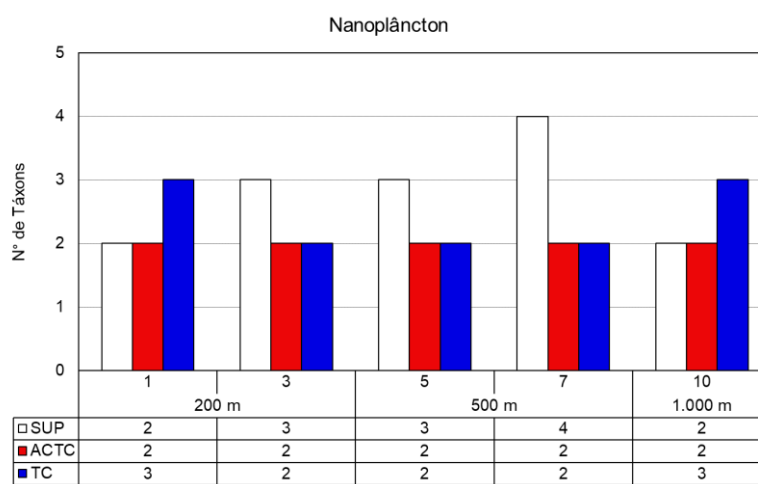
**Figura 36: Contribuição percentual das classes taxonômicas do microfitoplâncton identificadas nas estações de amostragem no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.**

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*; o dinoflagelado *Pronoctiluca pelagica*; os cocolitoforídeos *Calcosolenia murrayi* e *Ophiaster hydroideus*; e a cianofícea *Trichodesmium thiebautii* (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

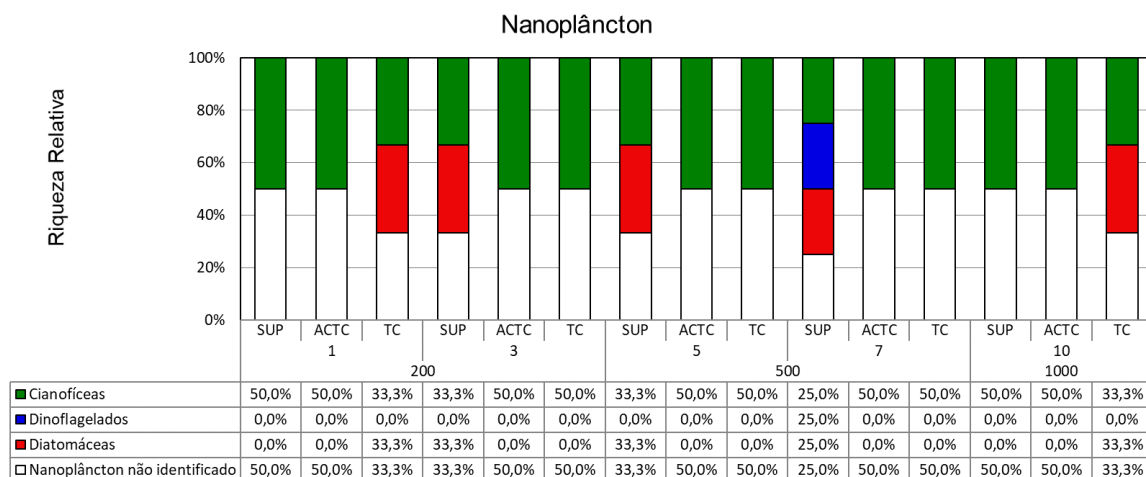
#### Nanoplâncton

Com relação ao nanoplâncton, a riqueza oscilou entre 2 e 4 táxons, tendo o valor máximo sido observado apenas na estação 7 – SUP. Não foi observado um padrão comum de distribuição da riqueza entre as estações (**Figura 37**), além disso, não foi identificada diferença significativa entre os três raios de amostragem 200, 500 e 1.000 m (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ), com  $p = 0,9982$ , bem como entre os estrato ( $p = 0,1310$ ).



**Figura 37: Número de táxons do nanoplâncton em cada profundidade nas cinco estações monitoradas durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.**

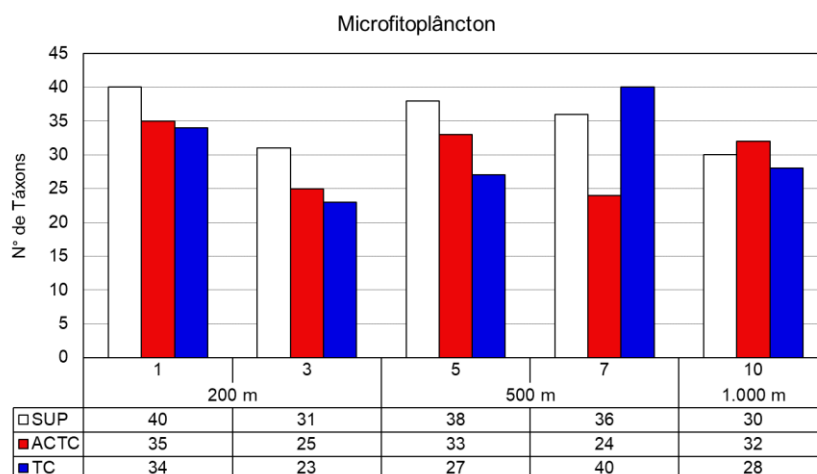
O nanoplâncton não identificado e as cianofíceas estiveram presentes em 100% das amostras, enquanto os dinoflagelados e as diatomáceas estiveram em uma e cinco amostras, respectivamente, como pode ser visto na Figura 38. Não ocorreu um padrão claro de distribuição desses grupos entre as estações ou profundidades.



**Figura 38: Contribuição percentual da riqueza de táxons do nanoplâncton por categoria taxonômica nas cinco estações e em cada profundidade monitorada durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.**

### Microfitoplâncton

A **Figura 39** mostra o número de táxons do microfitoplâncton ao longo das estações e profundidades, variando entre 23 táxons na estação 3 - TC e 40 táxons nas estações 1 – SUP e 7 – TC. Exceto para a estação 7, de um modo geral, foi observada uma tendência de redução da riqueza com a profundidade. No entanto, quando aplicado o teste estatístico Kruskal-Wallis ( $p < 0,05$ ), não foi identificada diferença significativa entre os resultados de cada estrato ( $p = 0,3074$ ). Além disso, o teste não indicou diferença entre os raios de amostragem ( $p = 0,2105$ ), não sendo, portanto, identificada uma relação entre o número de táxons e a proximidade do FPSO.



**Figura 39: Número de táxons do microfitoplâncton em cada profundidade nas cinco estações monitoradas durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.**

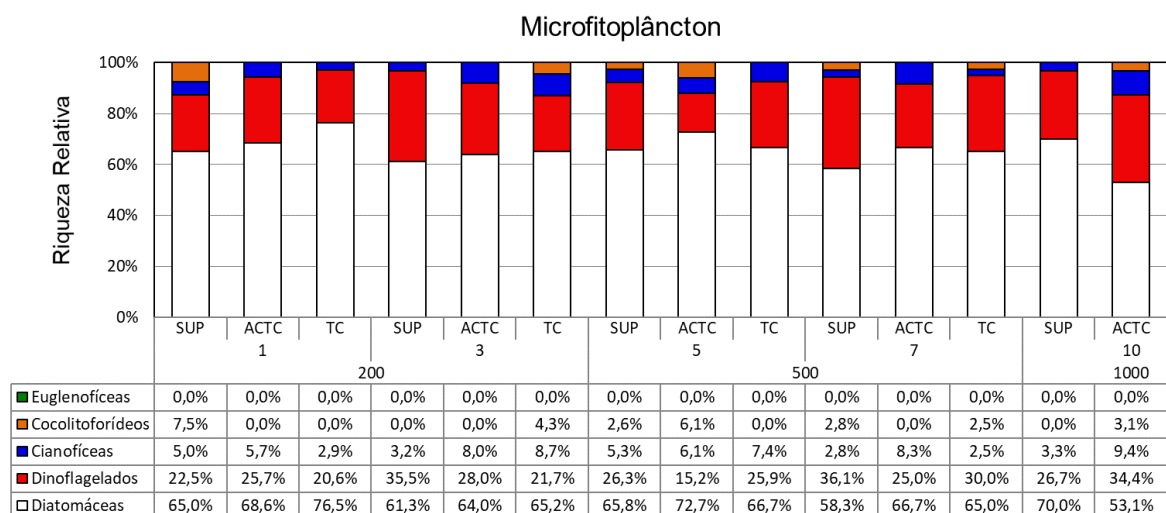


Na **Tabela 8** observa-se o número de táxons distribuídos pelos grandes grupos, onde se verifica que as diatomáceas e os dinoflagelados apresentaram valores médios representativos para o total de táxons na campanha.

**Tabela 8: Número de táxons do microfitoplâncton e estatística descritiva das cinco estações monitoradas durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.**

Distância	Estação	Código	Diatomáceas	Dinoflagelados	Cianofíceas	Cocolitoforídeos	Euglenofíceas	Nº de táxons
200 m	1	SUP	26	9	2	3	0	40
		ACTC	24	9	2	0	0	35
		TC	26	7	1	0	0	34
	3	SUP	19	11	1	0	0	31
		ACTC	16	7	2	0	0	25
		TC	15	5	2	1	0	23
500 m	5	SUP	25	10	2	1	0	38
		ACTC	24	5	2	2	0	33
		TC	18	7	2	0	0	27
	7	SUP	21	13	1	1	0	36
		ACTC	16	6	2	0	0	24
		TC	26	12	1	1	0	40
1.000 m	10	SUP	21	8	1	0	0	30
		ACTC	17	11	3	1	0	32
		TC	16	9	1	1	1	28
TOTAL			57	27	3	4	1	92
Mínimo			15	5	1	0	0	23
Máximo			26	13	3	3	1	40
Média			20,67	8,60	1,67	0,73	0,07	31,73
Desvio Padrão			4,20	2,47	0,62	0,88	0,26	5,56
CV%			20,34%	28,75%	37,03%	120,51%	387,30%	17,52%

A **Figura 40** mostra a distribuição por grupos ao longo das estações. Percebe-se que as maiores contribuições de dinoflagelados e de diatomáceas ao longo de todas as estações/profundidades, com menor contribuição de cocolitoforídeos, cianofíceas e euglenofíceas. Em todas as amostras as diatomáceas foram predominantes, representando mais de 50% dos táxons.



**Figura 40: Contribuição percentual da riqueza de táxons por categoria taxonômica nas cinco estações e em cada profundidade monitorada durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.**

Dentre os 92 táxons observados na campanha atual, a maioria (62 táxons, 67,4% do total) ocorreu em no máximo 5 amostras, indicando uma frequência de ocorrência esporádica ou pouco frequente. Do total, 29 táxons (31,5% do total) foram exclusivos em apenas uma amostra, distribuídos em diferentes grupos, a saber: as diatomáceas *Coscinodiscophyceae* C, *Skeletonema costatum*, Família Hemiaulaceae, *Hemiaulus membranaceus*, *Dactyliosolen* spp., *Proboscia alata*, *Rhizosolenia acuminata*, *Rhizosolenia* cf. *styliformis*, *Chaetoceros danicus*, *Chaetoceros decipiens*, *Chaetoceros socialis*, *Chaetoceros tetrastichon*, Família Fragilariaceae, os dinoflagelados *Cochlodinium* spp., *Tripes* cf. *azoricus*, *Tripes candelabrum*, *Podolampas palmipes*, *Podolampas spinifera*, *Oxytoxum crassum*, *Oxytoxum gladiolus*, *Oxytoxum* spp., *Prorocentrum balticum*, *Prorocentrum gracile*, *Pronoctiluca pelágica*, Dinoflagelado tecido NI 1B, Dinoflagelado tecido NI 2A, *Trichodesmium thiebautii*, coccolitoforídeo *Calciosolenia murrayi* e a classe Euglenophyceae.

Um total de 17 táxons (18,5% 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.

Dentre as diatomáceas mais frequentes, observa-se a espécie *Cylindrotheca closterium* que representa um sinônimo taxonômico da espécie *Ceratoneis closterium*, nomenclatura citada nas campanhas anteriores. Estudos como de Jahn & Kusber (2005) demonstraram que a espécie *Ceratoneis closterium*, identificado em 1839, correspondia a *Cylindrotheca closterium*, identificada em 1964. Por sua vez, Li et al. (2007) apud Merino-Virgilio et al. (2014) sugeriu que trata-se de um complexo de espécies





crípticas<sup>1</sup>. Autores ainda discutem se trata ou não da mesma espécie, sendo que no presente documento é adotada a recomendação mais recente, de utilizar o nome *Ceratoneis*, destacando que representa a mesma espécie citada nas campanhas anteriores. A *C. closterium* é uma espécie de águas neríticas, com hábitos ticopelágicos e meroplantônicos (Round, 1981 apud Kingston, 2009).

**Tabela 9: Táxons do fitoplâncton muito frequentes durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.**

Grupo	Táxons mais frequentes (>70%)	Frequência
Diatomáceas	Coscinodiscophyceae A	100,00%
	<i>Corethron pennatum</i> (Grunow) Ostenfeld	100,00%
	<i>Chaetoceros</i> spp.	100,00%
	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & J.C.Lewin	100,00%
	<i>Pseudo-nitzschia</i> complexo " <i>delicatissima</i> "	100,00%
	<i>Pseudo-nitzschia</i> complexo " <i>seriata</i> "	100,00%
	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs	93,33%
	Diatomácea penata 1A	93,33%
	Thalassionemataceae D	86,67%
	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve	73,33%
Dinoflagelados	Gymnodiniales 1A	100,00%
	Gymnodiniales 3A	100,00%
	Gymnodiniales 4A	100,00%
	Gymnodiniales 2A	86,67%
	<i>Heterocapsa</i> spp.	73,33%
	Dinoflagelado tecado NI 4A	73,33%
Cianofíceas	Ordem Nostocales	100,00%

A **Tabela 10** sintetiza os resultados obtidos em números de táxons identificados ao longo das nove campanhas de monitoramento. A média da campanha variou bastante, de 21 (2015) a 36 (2012), com os resultados obtidos na presente campanha (média de 31,7 táxons) similares aos observados nos últimos anos. O padrão de predominância do número de táxons de diatomáceas sob os de dinoflagelados foi 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 Fluminense durante os anos de 2011 a 2020.**

NÚMERO DE TÁXONS								
Campanhas	Dado	Total	Diát	Dino	Ciano	Cocol	Silico	Eugl
2010	Mínimo	21	7	2	1	1	1	1
	Máximo	33	18	18	3	5	1	1
	Média	26	10	12	2	2	0,1	-
	Desvio-padrão	4	3	4	1	1	0,4	-

<sup>1</sup> Espécies crípticas - são espécies que, apesar de serem morfologicamente idênticas ou muito parecidas, constituem unidades evolutivas independentes, com isolamento reprodutivo total ou parcial (GALETTI *et al.*, 2008). A distinção dessas espécies necessita de análises mais complexas, como análises genéticas.



**Tabela 10: Estatística descritiva do número de táxons das estações monitoradas durante as campanhas de Monitoramento Ambiental do entorno do FPSO Fluminense durante os anos de 2011 a 2020.**

NÚMERO DE TÁXONS								
Campanhas	Dado	Total	Diat	Dino	Ciano	Cocol	Silico	Eugl
2011	Mínimo	23	11	7	1	2	1	1
	Máximo	44	23	14	3	9	2	1
	Média	34	15	10	2	5	1	-
	Desvio-padrão	6	4	2	1	2	1	-
2012	Mínimo	21	11	6	1	2	1	1
	Máximo	56	30	16	4	8	1	1
	Média	36	18	10	2	5	0,6	0,2
	Desvio-padrão	10	5	4	1	2	0,5	0,4
2013	Mínimo	18	9	7	1	1	-	-
	Máximo	51	24	23	3	7	1	1
	Média	35	15	14	2	3	-	-
	Desvio-padrão	9	4	4	0,7	2	-	-
2014	Mínimo	17	7	5	0	1	-	-
	Máximo	25	15	8	3	6	-	-
	Média	22	10,2	6,7	2,1	3	-	-
	Desvio-padrão	2	2	1	1	1	-	-
2015	Mínimo	17	4	5	1	2	-	-
	Máximo	26	11	11	2	7	-	-
	Média	21	8	8	1	4	-	-
	Desvio-padrão	3	2	2	0,5	1	-	-
2016	Mínimo	20	10	6	1	-	-	-
	Máximo	37	22	16	2	1	5	1
	Média	28,9	15,0	9,0	1,0	0,1	2,8	0,4
	Desvio-padrão	4,30	3,56	2,92	0,41	0,26	1,37	0,51
2017	Mínimo	20	10	6	1	-	-	-
	Máximo	37	22	16	2	1	5	1
	Média	28,9	15,0	9,0	1,0	0,1	208,0	0,4
	Desvio-padrão	4,30	3,56	2,92	0,41	0,26	1,37	0,51
2018	Mínimo	15	2	9	1	1	-	-
	Máximo	26	10	16	2	5	1	-
	Média	22,0	6,0	12,0	1,0	3,0	-	-
	Desvio-padrão	3,00	2,00	2,00	-	1,00	-	-
2019	Mínimo	23	5	9	2	1		0
	Máximo	34	12	17	4	6		1
	Média	29,8	9,2	14,3	3,2	2,8		0,3
	Desvio-padrão	3,32	2,04	2,29	0,77	1,32		0,46
2020	Mínimo	23	15	5	1	1	-	1
	Máximo	40	26	13	3	3	-	1
	Média	31,7	20,67	8,60	1,67	1,38	-	1
	Desvio-padrão	5,56	4,20	2,47	0,62	0,74	-	1

### 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 entre  $7,5.10^6$  (estação 10 - TC) a  $13,4.10^6$  cel.L<sup>-1</sup> (estação 7 - ACTC), com média de  $10,1.10^6$  cel.L<sup>-1</sup> (DP –  $1,7.10^6$  cel.L<sup>-1</sup>). 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 ( $p = 0,2346$ ).

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 (cel.L<sup>-1</sup>) total, do microfitoplâncton e do nanofitoplâncton das cinco estações monitoradas durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.**

Distância	Amostra	Camada	DENSIDADE		
			Total	Nanoplâncton	Microfitoplâncton
200 m	1	SUP	9.555.749	9.343.761	211.988
		ACTC	10.254.016	10.060.788	193.228
		TC	9.124.386	8.918.026	206.360
	3	SUP	9.537.590	9.455.796	81.794
		ACTC	7.493.911	7.364.467	129.444
		TC	9.453.965	9.366.168	87.797
500	5	SUP	9.274.517	9.067.406	207.110
		ACTC	9.308.206	9.164.504	143.702
		TC	11.765.002	11.651.692	113.310
	7	SUP	12.524.278	12.480.755	43.523
		ACTC	13.373.977	13.309.817	64.159
		TC	11.260.625	11.113.922	146.703
1.000 m	10	SUP	11.289.073	11.248.364	40.709
		ACTC	9.562.601	9.523.018	39.584
		TC	7.464.483	7.439.157	25.326
Mínimo			7.464.483	7.364.467	25.326
Máximo			13.373.977	13.309.817	211.988
Média			10.082.825	9.967.176	115.649
Desvio Padrão			1.678.967	1.695.000	67.176

As densidades do fitoplâncton na atual campanha estiveram acima dos intervalos observados nas campanhas pretéritas, sendo identificado nesta campanha o valor mínimo e máximo de densidade mais elevados, ultrapassando inclusive os valores máximos das campanhas de 2013 e 2016 (Tabela 12). Deste modo, apesar de se observar maiores densidades na estação 1 (dentro do raio de 200 m), a presente campanha apresentou maiores resultados em todas as estações quando comparada aos resultados das campanhas anteriores.

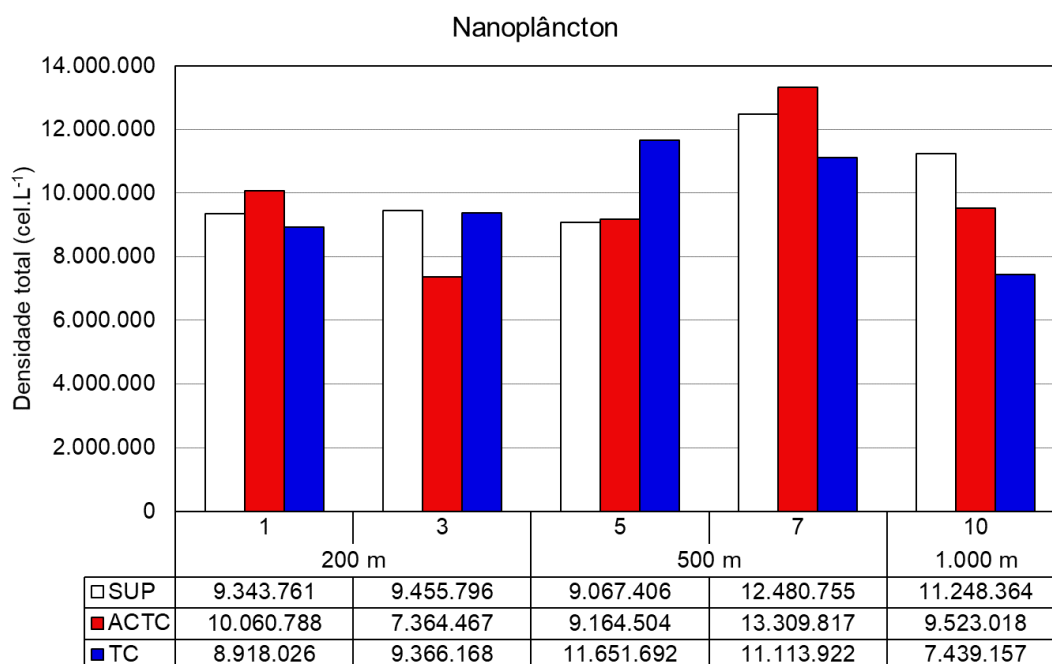


Os principais fatores que afetam a abundância de organismos pelágicos são a predação e a limitação de recursos, variando em função de fatores como sazonalidade, proximidade da costa e até a mistura vertical e horizontal das massas de água provocadas por vórtices de mesoescala (BERGLUND *et al.*, 2005; CALBET *et al.*, 2001; HUANG *et al.*, 2008). Na Baía de Campos é comum a ocorrência de vórtices e meandros, que alteram localmente o deslocamento das correntes (e.g., SIGNORINI, 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 Fluminense.**

Campanhas	Mínimo	Máximo
2010	0,20	1,40
2011	0,19	1,60
2012	1,20	2,80
2013	1,10	8,40
2014	1,00	4,50
2015	1,50	4,90
2016	1,50	10,40
2017	2,00	4,00
2018	2,00	3,68
2019	3,59	5,71
2020	7,46	13,37

Os valores de densidade do nanofitoplâncton variaram entre  $7,36.10^6$  (estação 10 – TC) e  $13,31.10^6 \text{ cel.L}^{-1}$  (estação 7 – ACTC), conforme a **Figura 41**. Não foram identificadas diferenças significativas (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ) na densidade do nanoplâncton entre as amostras a 200, 500 e 1.000 m do FPSO ( $p = 0,2167$ ).



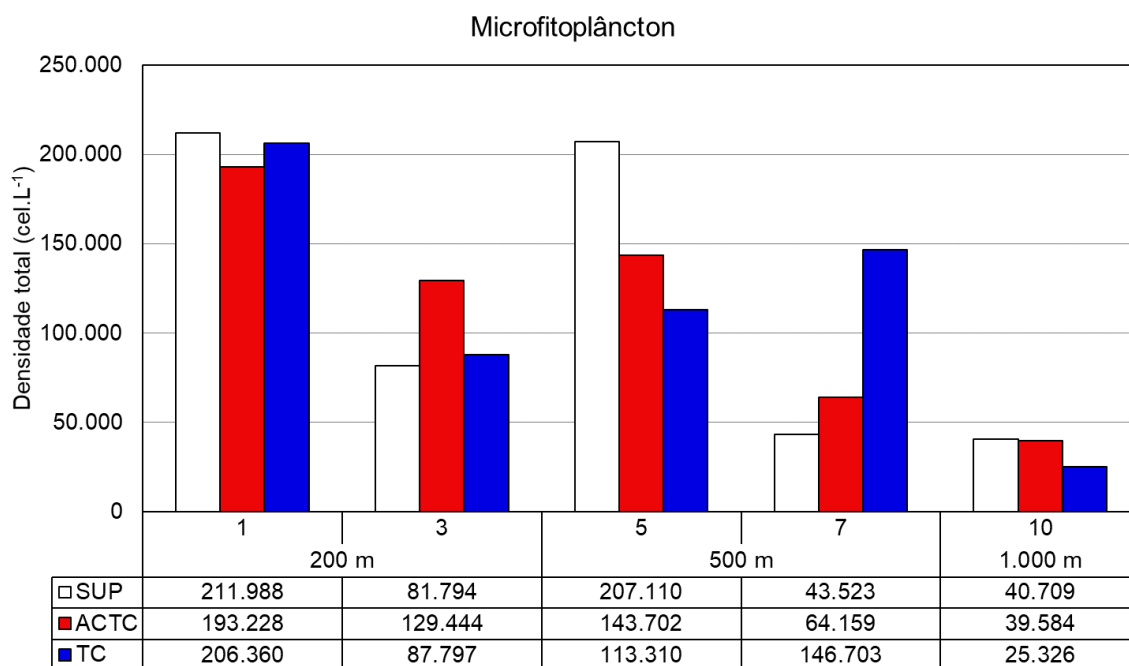
**Figura 41: Densidade celular (cel.L<sup>-1</sup>) do nanofitoplâncton no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.**

A distribuição da densidade total do microfitoplâncton (> 20 µm) variou de  $2,53 \cdot 10^4$  (estação 10 - TC) a  $2,12 \cdot 10^5$  cel.L<sup>-1</sup> (estação 1 - SUP), conforme a **Figura 42**. Foi observada diferença significativa (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ) entre as amostras localizadas a 200 e 1.000 m do ponto de descarte do FPSO para o microfitoplâncton ( $p = 0,0278$ ), o que pode estar associado aos maiores e menores valores de densidade verificados nas estações 1 e 10, respectivamente.

Os resultados foram maiores que o observado em regiões oceânicas, onde, de um modo geral, são encontradas variações de densidade na ordem de  $10^2$  a  $10^4$  cel.L<sup>-1</sup> no Atlântico Sul (BRANDINI *et al.*, 1997; EYNAUD *et al.*, 1999; CUPELO, 2000), estando os maiores valores identificados, principalmente nas estações a jusante do descarte (a 200 e 500 m).

Contudo, como foi apresentado na **Tabela 12**, a densidade de fitoplâncton foi superior ao observado ao longo do monitoramento. Portanto, este aumento nos valores de densidade podem estar associadas a fatores ambientais externos, como afloração de massas d'água mais ricas em nutrientes (FRAGOSO *et al.*, 2008).

TENEMBAUM *et al.* (2017), estudando a comunidade microfitoplanctônica da Bacia de Campos, identificou valores de densidade na plataforma continental oscilando entre as ordens de grandeza de  $10^1$  a  $10^6$  cel.L<sup>-1</sup> na plataforma continental reduzindo em direção ao talude, estando os atuais valores dentro desta variação.



**Figura 42: Densidade celular do microfitoplâncton (cel.L<sup>-1</sup>) nas cinco estações monitoradas durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.**

No que diz respeito à densidade celular, as diatomáceas foram o grupo que apresentou as maiores contribuições para a densidade total (média de 102.680 cel.L<sup>-1</sup>) seguidos dos dinoflagelados (média de 9.180 cel.L<sup>-1</sup>), e das algas cianofíceas (média de 3.514 cel.L<sup>-1</sup>) e dos cocolitoforídeos (média de 492 cel.L<sup>-1</sup>), com as euglenofíceas, presentes em apenas uma amostras, apresentando valor de 187,6 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 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.**

Distância	Amostra	Camada	MICROFITOPLÂNCTON					
			Diatomáceas	Dinoflagelados	Cianobactérias	Cocolitoforídeos	Euglenofíceas	TOTAL
200 m	1	SUP	192.853	14.633	3.002	1.501	0	211.988
		ACTC	183.098	8.254	1.876	0	0	193.228
		TC	200.357	4.502	1.501	0	0	206.360
	3	SUP	66.786	12.382	2.626	0	0	81.794
		ACTC	118.188	9.755	1.501	0	0	129.444
		TC	77.291	6.003	4.127	375,2	0	87.797
500	5	SUP	189.101	11.631	6.003	375	0	207.110
		ACTC	128.694	9.755	4.502	750,4	0	143.702
		TC	102.805	6.378	4.127	0	0	113.310
	7	SUP	33.956	8.254	1.126	187,6	0	43.523
		ACTC	45.399	10.881	7.879	0	0	64.159
		TC	128.694	14.258	3.377	375	0	146.703
1.000 m	10	SUP	31.704	7.129	1.876	0	0	40.709
1.000 m	10	ACTC	27.765	5.253	6.378	187,6	0	39.584
		TC	13.507	8.630	2.814	187,6	187,6	25.326
Mínimo			13.507	4.502	1.126	0	0	25.326
Máximo			200.357	14.633	7.879	1.501	187,6	211.988



Assim, apesar do Campo de Bijupirá e Salema estar localizado na plataforma continental externa, mais próxima ao talude, a maior contribuição de diatomáceas em todas as estações indicou um ambiente com maior presença de nutrientes, característica de águas mais rasas.

Além disso, cabe ressaltar a ordem Nostocales do grupo das cianofíceas, único táxon não pertencente às diatomáceas entre os dez mais abundantes. 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 *et al.*, 1987; CAPONE *et al.*, 1997.; VILLAREAL; CARPENTER, 1990). A predominância de cianofíceas nessa região corrobora com a presença da ACAS, de maneira sazonal (verão), enriquecendo nutricionalmente a zona eufótica (YONEDA, 1999).

**Tabela 14: Dez táxons de maior densidade celular ( $\text{cel.L}^{-1}$ ) dentre o microfitoplâncton identificado nas cinco estações monitoradas durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. Os valores de densidade apresentados referem-se à soma dos resultados das amostras (estações/profundidades).**

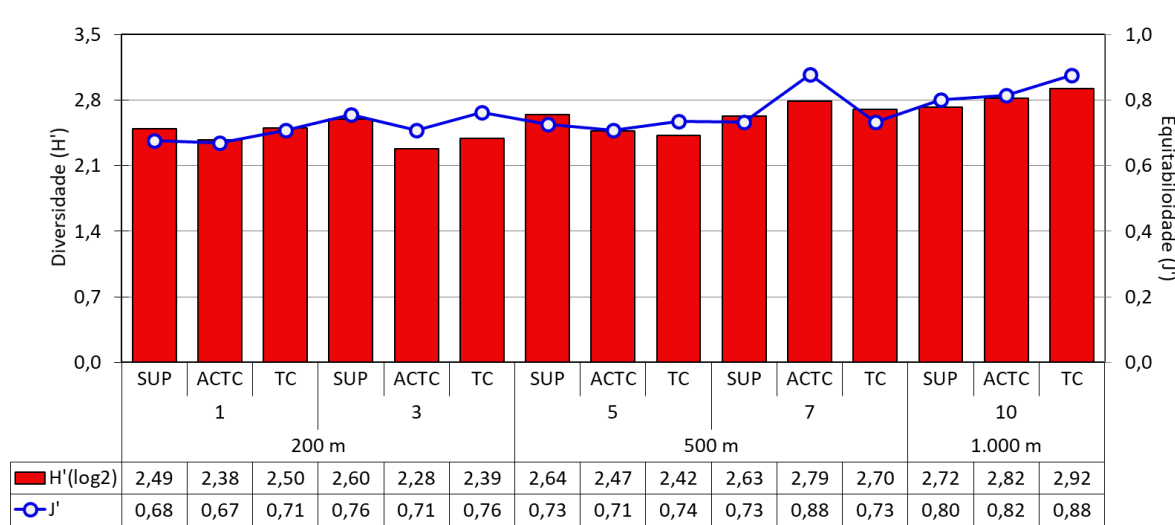
Grupo	Táxon	Densidade ( $\text{cel.L}^{-1}$ )	Contribuição
Diatomáceas	<i>Chaetoceros</i> spp.	502.018	28,94%
Diatomáceas	<i>Pseudo-nitzschia</i> complexo " <i>delicatissima</i> "	247.820	14,29%
Diatomáceas	<i>Pseudo-nitzschia</i> complexo " <i>seriata</i> "	150.268	8,66%
Diatomáceas	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs	79.918	4,61%
Diatomáceas	Coscinodiscophyceae A	68.849	3,97%
Diatomáceas	<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve	66.223	3,82%
Diatomáceas	<i>Thalassiosira subtilis</i> (Ostenfeld) Gran	62.658	3,61%
Diatomáceas	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve	41.084	2,37%
Cianofíceas	Ordem Nostocales	39.584	2,28%
Diatomáceas	<i>Eucampia cornuta</i> (Cleve) Grunow	39.208	2,26%

#### 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 próxima de 1, maior a homogeneidade / uniformidade da comunidade, com isso mais resistente a distúrbios ambientais. O índice de diversidade de Shannon ( $H'$ ) já considera também a abundância relativa de cada táxon dentre da comunidade fitoplanctônica, expressando riqueza (nº de táxons) e uniformidade.



Na **Figura 44** é possível observar que os valores dos índices de equitabilidade e de diversidade variaram pouco ao longo das estações e profundidades e também que a 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 2,28 a 2,92 bits.ind<sup>-1</sup> (estações 3 – ACTC e estação e 10 – TC, respectivamente), com média de 2,59 e desvio-padrão de 0,19 bits.ind<sup>-1</sup>. O índice de equitabilidade variou de 0,67a 0,88 (estações 1 - ACTC e estações 7 – ACTC e 10 – TC, respectivamente), com média de 0,75 e desvio-padrão de 0,06.



**Figura 44: Índice de diversidade (H') e de equitabilidade (J') da comunidade fitoplancônica das cinco estações monitoradas na 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.**

Nas campanhas anteriores, os índices de diversidade e equitabilidade demonstraram faixas relativamente amplas de variação, o que deve refletir em diferentes ordens de grandeza da densidade dos táxons dominantes em cada campanha, com os resultados da presente campanha se apresentando de acordo com a variabilidade observada nas campanhas anteriores (**Tabela 15**).

**Tabela 15: Valores de diversidade e equitabilidade da comunidade fitoplancônica nas últimas Campanhas de Monitoramento Ambientais realizadas no entorno do FPSO Fluminense.**

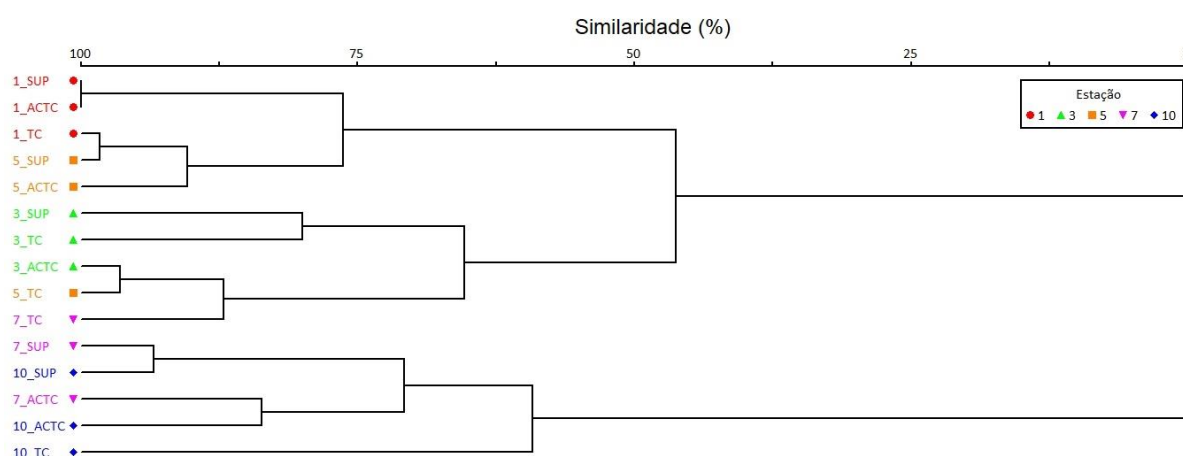
Campanha	Diversidade (bits.ind <sup>-1</sup> )		Equitabilidade	
	Mín	Máx	Mín	Máx
2010	2,1	4,1	0,6	0,9
2011	0,4	2,4	0,1	0,5
2012	2,3	3,8	0,5	0,9
2013	0,7	3,6	0,2	0,7
2014	2	2,7	0,6	0,8
2015	2,1	2,7	0,7	0,9

**Tabela 15: Valores de diversidade e equitabilidade da comunidade fitoplanctônica nas últimas Campanhas de Monitoramento Ambientais realizadas no entorno do FPSO Fluminense.**

Campanha	Diversidade (bits.ind <sup>-1</sup> )		Equitabilidade	
	Mín	Máx	Mín	Máx
2016	1,79	2,94	0,6	0,9
2017	1,73	2,7	0,56	0,85
2018	1,7	2,52	0,55	0,8
2019	2,51	4,1	0,52	0,83
2020	2,28	2,92	0,67	0,88

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 45**. O resultado demonstrou maior similaridade entre as amostras de uma mesma estação com formação de clados próximos e baixa similaridade entre as estações. A estação 10 (controle) apresentou nenhuma similaridade com a maioria das estações, exceto com estação 7 – SUP e ACTC, o que pode ser um indicativo de interferência de fator externo, como a atividade da FPSO Fluminense, na comunidade.

Por outro lado, é importante avaliar que os índices biológicos se demonstraram, de um modo geral, semelhantes ao observado em campanhas anteriores. A exceção foi a densidade que esteve superior ao verificado ao longo do monitoramento, principalmente, na estação 1, contudo, dentro do observado na literatura (TENEMBAUM *et al.*, 2017). Além disso, a estação 10 apresentou menor contribuição de diatomáceas e maior contribuição de dinoflagelados, o que pode ter contribuído para esta distinção entre as estações verificada na análise de agrupamento.



**Figura 45: Análise de agrupamento das amostras através do índice de similaridade de Bray–Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.**



## 5.5.2. Zooplâncton

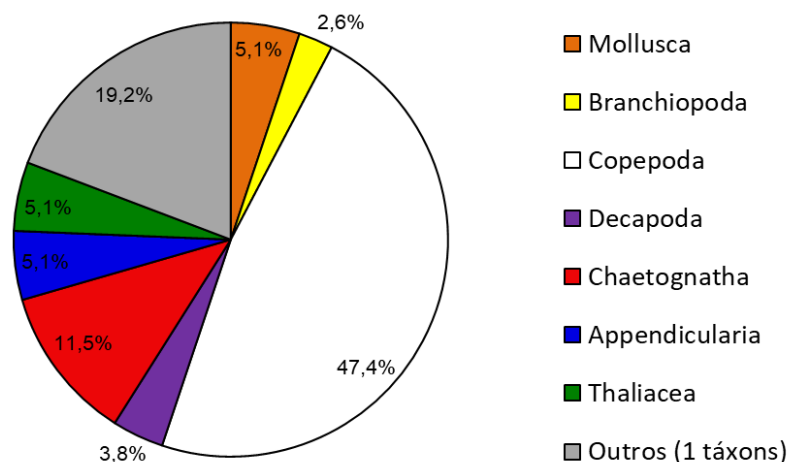
### 5.5.2.1. Caracterização da comunidade

Na atual campanha de monitoramento foram identificados 78 táxons distintos do zooplâncton, dos quais 7 atingiram o nível de gênero e 44 o nível de espécie. Os táxons observados se distribuíram em diferentes grupos: Filo Foraminifera; do filo Cnidaria – a classe Hydrozoa e a ordem Siphonophorae; Filo Ctenophora; do filo Platyhelminthes – a classe Turbellaria; filo Mollusca; do filo Annelida – a classe Polychaeta; do filo Arthropoda – a classe Ostracoda, a infra-classe Cirripedia, a subclasse Copepoda, as ordens Stomatopoda, Mysida, Amphipoda, Euphausiacea e Decapoda; filo Chaetognatha; filo Echinodermata; filo Chordata – as classes Appendicularia, Thaliacea e subfilo Vertebrata - os Ovos e Larvas de Peixe.

O número de táxons observado na atual campanha esteve abaixo do identificado nas campanhas anteriores, que em 2010 registrou 115 táxons, em 2011, 123 táxons, em 2012, 141 táxons, em 2013, 115 táxons, em 2014, 101 táxons, 2015, 94 táxons, em 2016, 107 táxons, em 2017, 99 táxons e em 2019, 101 táxons. Não foram realizados os arrastos de plâncton na campanha de 2018 devido a fortes correntes que impediram a operação.

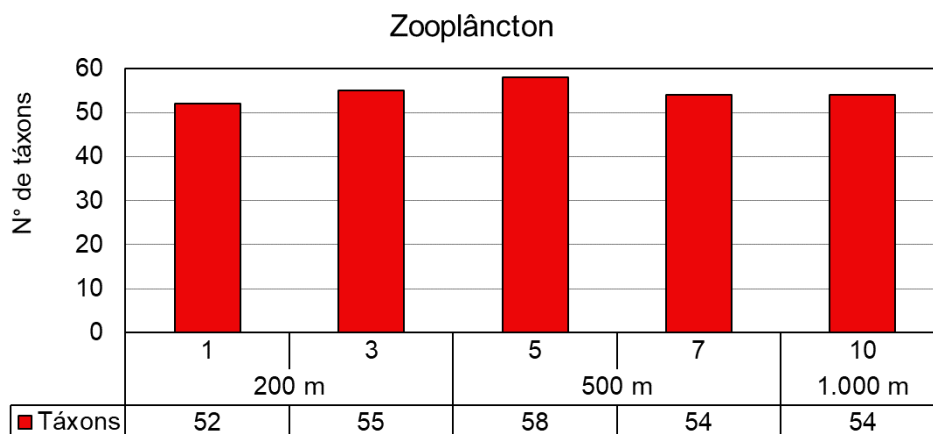
Os grupos que se destacaram na atual campanha são os grupos Copepoda (37 táxons), Chaetognatha (9 táxons), Appendicularia (4 táxons), Thaliacea (4 táxons), Mollusca (4 táxons), Decapoda (3 táxons) e Branchiopoda (2 táxons), como pode ser visualizado na **Figura 46**, onde os demais grupos foram constituídos por apenas um táxon, sendo agrupados em “Outros”. 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, Chaetognathas, Appendicularia, e Thaliacea, enquanto que os Mollusca e Decapoda representam os organismos do meroplâncton.

### Contribuição por grupos (riqueza taxonômica)



**Figura 46: Contribuição média percentual das categorias taxonômicas do zooplâncton identificadas nas cinco estações monitoradas durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.**

Quanto à variação espacial do número de táxons identificados, observa-se na **Figura 47** uma pequena variabilidade entre as estações, variando de 52 (estação 1) a 58 táxons distintos (estação 5), sem padrão espacial definido que possa ser relacionado à distância do FPSO.



**Figura 47: Número de táxon do zooplâncton nas cinco estações monitoradas durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.**

Dentre os táxons identificados, a maioria foi recorrente, onde 32 foram consideradas muito frequentes, dos quais seis ocorreram em quatro estações e 26 em todas as estações. Entre os táxons muito frequentes identificados em níveis superiores, cita-se com 100% de Frequência de Ocorrência (FO) o filo Chaetognata, as classes Gastropoda, Bivalvia e a ordem Brachyura. 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 também nas campanhas passadas deste PMA. Na **Tabela 17** estão listados os táxons com frequência de ocorrência superior a 70% (muito frequentes) nas últimas campanhas e também na atual, sendo verificado na campanha atual a ocorrência de três novos táxons classificados como frequentes: os Copepodas *Oncaea venusta venella* e *Oncaea* sp.1, bem como o Branchiopoda *Penilia avirostris*.

**Tabela 16: Táxons muito frequentes (FO>70%) dos principais grupos durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos (considerados apenas os níveis família, gênero e espécie).**

	Táxon	FO
Mollusca	Bivalvia (larvas)	100%
	Gastropoda	100%
	Thecosomata (Pterópodes)	100%
Branchiopoda	<i>Penilia avirostris</i>	100%
Copepoda	Calanidae	100%
	<i>Calanoides carinatus</i>	100%
	Clausocalanidae	100%
	<i>Clausocalanus furcatus</i>	100%
	<i>Paracalanus</i> spp.	100%
	<i>Temora stylifera</i>	100%
	<i>Temora turbinata</i>	100%
	<i>P.-Calanus</i> sp.	100%
	<i>Oithona similis</i>	100%
	<i>Farranulla gracilis</i>	100%
	<i>Oncaea venusta</i>	100%
	<i>Oncaea</i> spp.	100%
	<i>Triconia</i> cf. <i>conifera</i>	100%
	<i>Undinula vulgaris</i>	80%
	<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	80%
	<i>Oncaea venusta venella</i>	80%
	<i>Oncaea</i> sp.1	80%
Decapoda	Brachyura	100%
Chaetognatha	<i>Flaccisagitta enflata</i>	100%
	<i>Flaccisagitta hexaptera</i>	100%
	<i>Parasagitta friderici</i>	100%
	<i>Serratosagitta serratodentata</i>	100%
	Chaetognatha não identificados	100%
	<i>Decipisagitta decipiens</i>	80%
	<i>Ferosagitta hispida</i>	80%
Appendicularia	<i>Oikopleura longicauda</i>	100%
Thaliacea	<i>Doliolum nationalis</i>	100%
	<i>Dolioletta gegenbauri</i>	80%



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

Táxon/Campanha	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2019	2020
<i>Acrocalanus longicornis</i>		X	X		X	X				
<i>Calanoides carinatus</i>				X			X	X		X
<i>Calocalanus pavoninus</i>		X				X				
<i>Candacia pachydactyla</i>			X							
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>									X	X
<i>Clausocalanus furcatus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Corycaeus giesbrechti</i>				X						
<i>Corycaeus speciosus</i>			X							
<i>Ctenocalanus citer</i>				X			X	X		
<i>Decipisagitta decipiens</i>									X	X
<i>Decipisagitta sibogae</i>									X	
<i>Decipisagitta spp.</i>									X	
<i>Doliioleta gegenbauri</i>	X	X	X	X		X				X
<i>Doliolina mülleri</i>	X		X			X				
<i>Doliolum nationalis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Farranulla gracilis</i>	X	X		X	X			X	X	X
<i>Ferosagitta hispida</i>	X					X		X		X
<i>Flaccisagitta enflata</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Flaccisagitta hexaptera</i>	X	X	X				X	X	X	X
<i>Fritillaria formica</i>		X	X	X	X	X				
<i>Fritillaria pellucida</i>			X	X						
<i>Fritillaria sargassi</i>								X		
<i>Krohnitta mutabbii</i>							X	X		
<i>Krohnitta pacifica</i>		X	X	X	X					
<i>Krohnitta subtilis</i>	X			X						
<i>Lucicutia flavicornis</i>	X	X	X			X				
<i>Lucifer faxoni</i>					X					
<i>Lucifer typus</i>		X	X			X				
<i>Macrosetella gracilis</i>		X		X		X				
<i>Mecynocera clausi</i>		X								
<i>Mesosagitta minima</i>	X									
<i>Nannocalanus minor</i>	X		X		X	X	X			
<i>Oikopleura cophocerca</i>	X	X	X			X	X			
<i>Oikopleura fusiformis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Oikopleura intermedia</i>				X	X		X	X	X	
<i>Oikopleura longicauda</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Oikopleura rufescens</i>	X	X	X	X	X	X	X		X	
<i>Oithona plumifera</i>		X		X						
<i>Oithona similis</i>		X	X							X
<i>Oncaea media</i>	X									
<i>Oncaea sp.1</i>										X

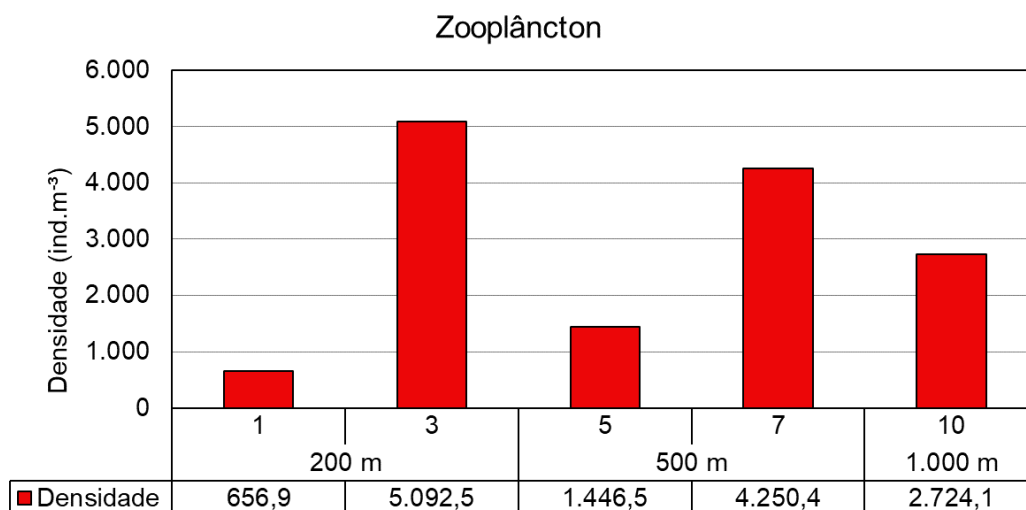
**Tabela 17: Táxons muito frequentes (FO>70%) nas sete últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Fluminense (considerados apenas espécies).**

Táxon/Campanha	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2019	2020
<i>Oncaea spp.</i>									X	X
<i>Oncaea venusta</i>	X	X	X	X	X		X	X	X	X
<i>Oncaea venusta venella</i>										X
<i>Paracalanus aculeatus</i>				X						
<i>Paracalanus spp.</i>									X	X
<i>Parasagitta friderici</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Parasagitta tenuis</i>							X	X		
<i>Penilia avirostris</i>										X
<i>Pleuromamma abdominalis</i>		X				X				
<i>Pseudevadne tergestina</i>						X			X	
<i>Pseudosagitta lyra</i>	X									
<i>Pterosagitta draco</i>	X	X	X			X	X			
<i>Sagitta helenae</i>									X	
<i>Salpa fusiformis</i>							X			
<i>Serratosagitta serratodentata</i>	X			X	X	X	X		X	X
<i>Solenocera sp.</i>					X					
<i>Temora stylifera</i>	X		X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Temora turbinata</i>					X			X		X
<i>Triconia conifera</i>	X	X	X	X	X	X		X	X	
<i>Triconia conifera</i>		X		X					X	
<i>Undinula vulgaris</i>	X	X	X	X	X	X	X	X		X

### 5.5.2.2. Análise Quantitativa

A densidade do zooplâncton oscilou entre 656,9 ind.m<sup>-3</sup> (estação 1) e 5092,5 ind.m<sup>-3</sup> (estação 3), com densidade média e desvio padrão iguais a 2.834,1 ind.m<sup>-3</sup> e 1.856,3 ind.m<sup>-3</sup> respectivamente. O elevado desvio padrão demonstrou a grande amplitude dos resultados de densidade (**Figura 48**). A presente campanha apresentou os maiores resultados observados ao longo do monitoramento do FPSO Fluminense (**Tabela 18**).

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), bem como pode estar associada ao aumento da densidade de fitoplâncton observado na presente campanha.



**Figura 48:** Densidade do zooplâncton nas cinco estações monitoradas durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

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

Campanha	Densidade (ind/m <sup>3</sup> )	
	Mín	Máx
2010	210,9	779,8
2011	119,2	400,0
2012	68,0	119,4
2013	245,5	1407,1
2014	251,3	1263,4
2015	534,3	1028,6
2016	256,8	7579,8
2017	675,5	947,8
2019	236,1	821,3
2020	656,9	5.092,5

Em relação à distribuição taxonômica, o grupo dos Copepoda foi o mais abundante, contribuindo com 96,0% da abundância observada em toda a campanha. Os outros grupos que contribuíram com mais de 0,2% de toda a campanha foram do maior para o menor, Appendicularia (2,55%), Branchiopoda (0,54%) e Chaetognatha. A distribuição dos táxons apresentou baixa variabilidade entre as estações, com a grande contribuição de Copepoda em todas as estações amostradas (**Tabela 19** e **Figura 49**).

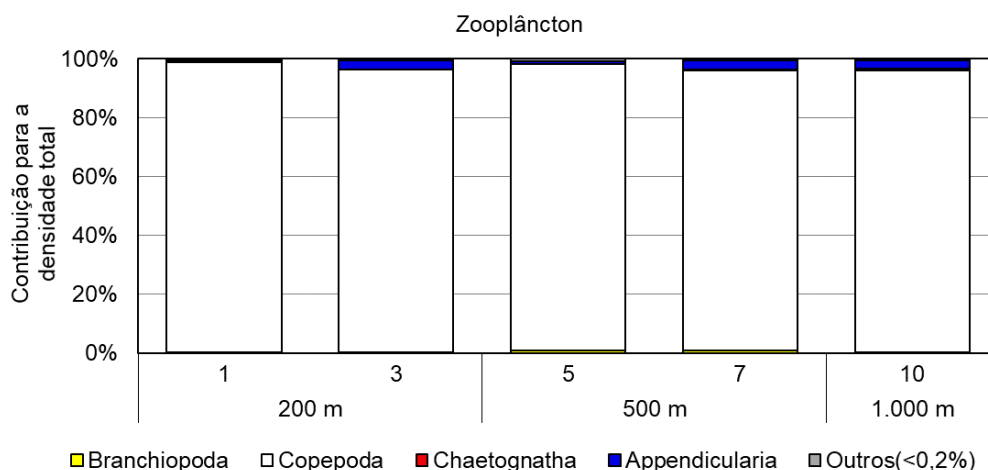
**Tabela 19:** Densidade zooplancônica total e por grupos (com participação >1%) (ind.m<sup>-3</sup>) durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Distância	Estação	Branchiopoda	Copepoda	Chaetognatha	Appendicularia	Outros(<0,2%)	Total
200 m	1	2,07	647,99	0,26	2,31	4,30	656,93
	3	18,16	4885,37	9,63	148,22	31,13	5092,51
500 m	5	12,34	1410,10	0,47	10,61	12,95	1446,47
	7	34,57	4049,38	16,96	127,85	21,68	4250,44



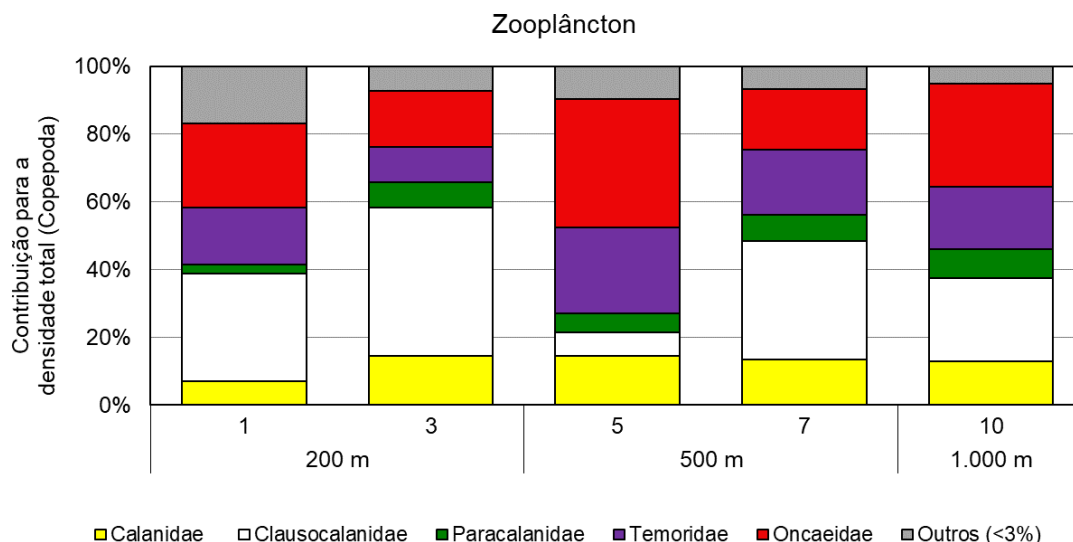
**Tabela 19: Densidade zooplanctônica total e por grupos (com participação >1%) (ind.m<sup>-3</sup>) durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.**

Distância	Estação	Branchiopoda	Copepoda	Chaetognatha	Appendicularia	Outros(<0,2%)	Total
1.000 m	10	8,84	2610,05	18,52	72,73	13,92	2724,06
Mínimo		2,07	647,99	0,26	2,31	4,30	656,93
Máximo		34,57	4885,37	18,52	148,22	31,13	5092,51
Média		15,20	2720,58	9,17	72,34	16,80	2834,08
Desvio Padrão		12,30	1766,16	8,71	66,25	10,10	1856,35



**Figura 49: Abundância relativa (%) dos grupos dominantes coletados nas cinco estações monitoradas durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.**

Os copépodes identificados na atual campanha estiveram distribuídos em 11 famílias, das quais as mais abundantes foram Clausocalanidae, Oncaeidae, Paracalanidae, Temoridae, Calanidae. Ocorreram ainda as famílias Candaciidae, Fossahageniidae, Lucicutiidae, Metridinidae, Scolecitrichidae, Oithonidae, Corycaidae, Miraciidae, porém com contribuições inferiores a 3%, de forma que foram agrupadas como “outros” na **Figura 50**. As espécies com maiores densidades foram *Clausocalanus furcatus*, *Temora stylifera*, *P.-Calanus* sp., *Oncaea venusta* e *Calanoides carinatus* (**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).



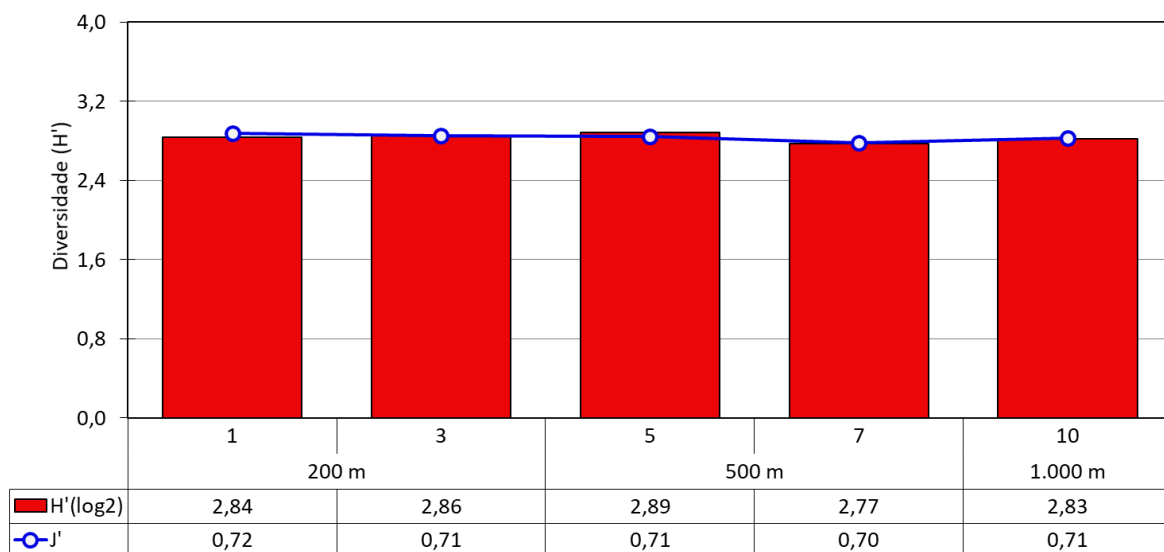
**Figura 50: Abundância (%) dos copépodes dominantes coletados nas cinco estações monitoradas durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.**

**Tabela 20: Táxons de maior densidade na comunidade zooplânctônica coletada durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.**

Táxon		Densidade (ind/m <sup>3</sup> )
Copepoda	<i>Clausocalanus furcatus</i>	1860,71
	Clausocalanidae	1750,71
	<i>Temora stylifera</i>	1637,95
	Triconia cf. conifera	1140,04
	P.-Calanus sp.	856,78
	Paracalanus spp.	784,17
	<i>Oncaea venusta</i>	727,71
	<i>Calanoides carinatus</i>	628,42
	Calanidae	532,99
	<i>Oncaea</i> spp.	474,09

### 5.5.2.3. Estrutura da Comunidade

Os valores do índice de diversidade nas estações da atual campanha variaram entre 2,77 (estação 7) e 2,89 bits.ind<sup>-1</sup> (estação 5), com média de 2,84 bits.ind<sup>-1</sup> (DP = 0,04 bits.ind<sup>-1</sup>). Os valores de equitabilidade variaram de 0,70 a 0,72 (também nas estações 7 e 1, respectivamente), com média e desvio-padrão iguais a 0,71 e 0,01, respectivamente (**Figura 51**).



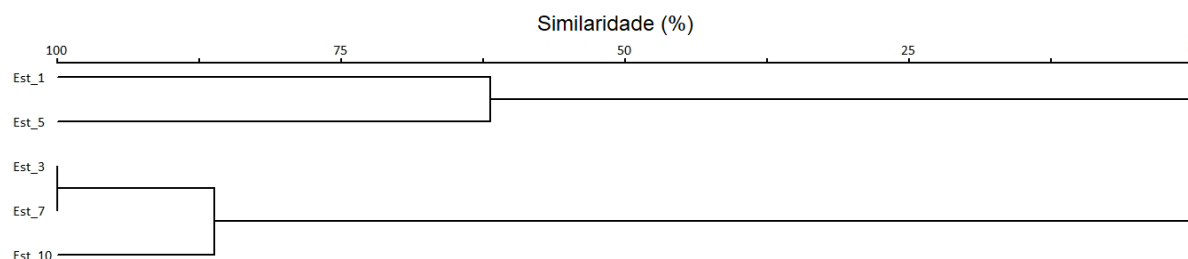
**Figura 51:** Índice de diversidade e de equitabilidade da comunidade zooplancônica das cinco estações monitoradas na 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

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.

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

Índice / Campanhas	Diversidade (bits.ind <sup>-1</sup> )		Equitabilidade	
	Mín	Máx	Mín	Máx
2010	3,75	4	0,73	0,77
2011	4,04	4,72	0,78	0,85
2012	3,78	4,88	0,74	0,86
2013	3,61	4,33	0,75	0,81
2014	2,55	3	0,62	0,69
2015	1,24	2,57	0,29	0,62
2016	1,98	2,71	0,52	0,68
2017	2,93	3,11	0,57	0,72
2019	3,54	4,53	0,61	0,75
2020	2,77	2,89	0,70	0,72

A análise de agrupamento mostrou a formação de dois clados, sendo um formado pelas estações 3, 7 e 10 e o outro pelas estações 1 e 5. Comparando estes dois grupos, o primeiro apresentou as maiores densidades e suas amostras apresentaram maiores contribuições de Appendicularia. Tendo em vista que os grupos foram compostos por estações de diferentes raios de distância, essa heterogeneidade reflete a ausência de interferência das atividades do FPSO nos resultados (**Figura 52**).



**Figura 52:** Análise de agrupamento das amostras através do índice de similaridade de Bray–Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

### 5.5.3. Ictioplâncton

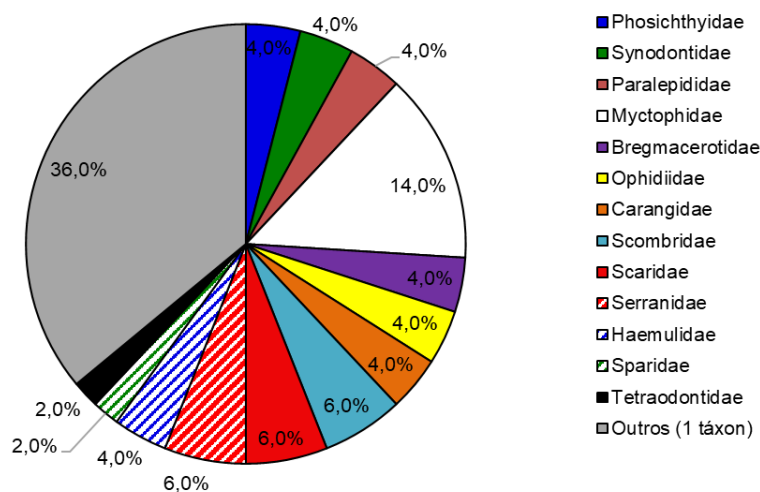
#### 5.5.3.1. Caracterização da comunidade

Na atual campanha de monitoramento realizada no campo de Bijupirá e Salema a identificação taxonômica compreendeu 30 famílias, 33 gêneros e 21 espécies de larvas de peixes. As larvas de peixe encontradas se distribuíram em 17 ordens distintas, são elas: Clupeiformes, Stomiiformes, Aulopiformes, Myctophiformes, Gadiformes, Beryciformes, Ophidiiformes, Gobiiformes, Carangiformes, Pleuronectiformes, Callionymiformes, Scombriformes, Labriformes, Perciformes, Scorpaeniformes, Spariformes e Tetraodontiformes.

Na campanha realizada em 2018 (8ª campanha) não foi realizado o arrasto de ictioplâncton, devido a condições meteoceanográficas adversas. Entre 2010 e 2019 foram observadas, respectivamente 25, 12, 21, 26, 36, 10, 20, 30 e 31 famílias. A diferença observada no número de famílias de larvas de peixes pode estar relacionada a fatores sazonais.

A **Figura 53** mostra as famílias de larvas identificadas que mais contribuíram para a campanha como um todo, onde a categoria “outros” engloba as famílias com contribuição de apenas um táxon. A família Myctophidae esteve entre o maior número de táxons, seguido das famílias Scaridae, Serranidae e Scombridae, tendo a primeira contribuído com 7 táxons e as demais com 3 táxons cada. As demais famílias que apresentaram dois táxons foram Phosichthyidae, Synodontidae, Paralepididae, Bregmacerotidae, Ophidiidae, Carangidae e Haemulidae. 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 53: Contribuição percentual do número de táxons por grupos do ictioplâncton durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos..**

Os ovos de peixe observados foram identificados no nível de família (Synodontidae) e de espécie (Sternoptychidae – *Maurolicus stehmanni*). 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 Fluminense já foram registrados ovos de Anguilliformes, Clupeidae, *Maurolicus stehmanni*, Synodontidae, Trichiuridae e Beloniformes.

Em relação à distribuição espacial dos táxons de larvas identificados, foram identificados entre 9 táxons (estação 10) e 25 táxons (estação 5). É possível notar que há diferenças entre o número de táxons de larvas identificados em cada estação não sendo possível estabelecer qualquer tipo de relação entre as distâncias ou influência do FPSO sobre a distribuição do número de táxons (**Figura 54**).

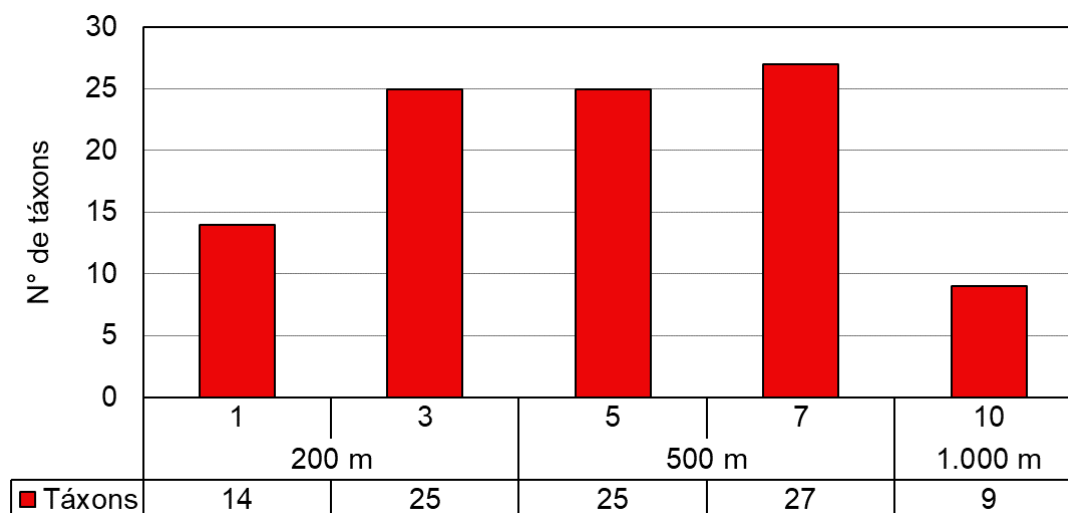


Figura 54: Número de táxons em cada estação no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

A análise da frequência de ocorrência mostra que entre os 50 táxons identificados, 19 (38%) foram considerados frequentes (de 2 a 3 amostras FO entre 40 e 70%) e 24 (48%) como pouco frequentes (apenas uma amostra, FO abaixo de 40%). Na **Tabela 22** são apresentados os seis táxons que foram classificados como muito frequentes (4 a 5 amostras, FO acima de 70%). Dentre as espécies muito frequentes, destaca-se *Mauroliscus stehmanni* (Sternoptychidae), encontrada em todas as amostras, sendo esta espécie recorrente entre as campanhas de monitoramento.

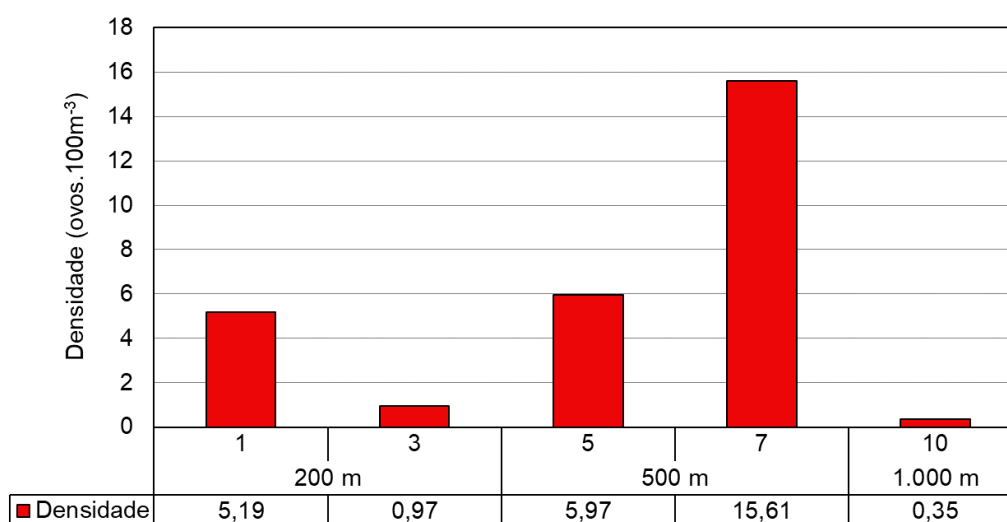
Tabela 22: Táxons do ictioplâncton (larvas de peixe) muito frequentes (FO>70%) das amostras durante a atual campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Família	Táxons/Estação	FO
Myctophidae	Myctophidae	100%
Sternoptychidae	<i>Mauroliscus stehmanni</i>	80%
Phosichthyidae	<i>Pollichthys mauli</i>	80%
Myctophidae	<i>Myctophum affine</i>	80%
Paralichthyidae	<i>Syacium papillosum</i>	80%
Serranidae	<i>Dules auriga</i>	80%

### 5.5.3.2. Análise Quantitativa

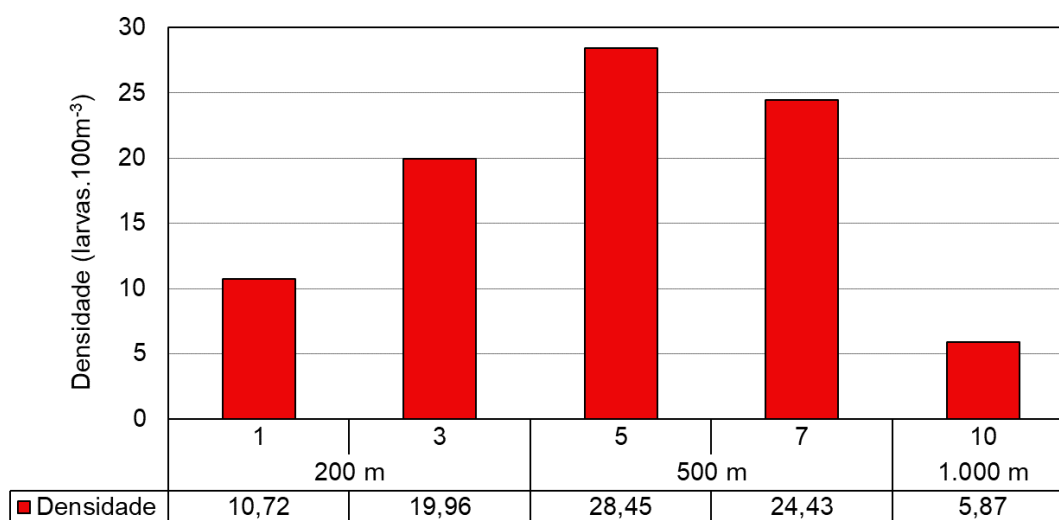
Ovos de peixe foram encontrados nas cinco estações amostradas, oscilando a densidade entre 0,97 (estação 3) a 15,61 ovos.100m<sup>-3</sup> (estação 7). Em campanhas oceanográficas de verão e inverno na região de Cabo Frio (isóbata entre 100 e >2.000 m), Lopes (2006) encontrou valores médios iguais a 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 Fluminense (**Figura 55**) .



**Figura 55: Densidade de ovos de peixes (ovos.100m<sup>-3</sup>) coletados no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.**

As densidades de larvas de peixes variaram de 5,87 larvas.100m<sup>-3</sup> (estação 10) a 28,45 larvas.100m<sup>-3</sup> (estação 5), conforme a **Figura 56**. Não é possível observar um padrão de distribuição em relação ao ponto de descarte do FPSO, visto que as estações localizadas no raio de 200 m apresentaram valores acima e abaixo do verificado na estação 10, considerada controle.



**Figura 56: Densidade de larvas de peixes (larvas.100m<sup>-3</sup>) coletados no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, 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 campo de Bijupirá e Salema. 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> (2011, 2012, 2014 e 2016) até valores máximos de 700,88 ovos.m<sup>-3</sup> (2017). 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, com os resultados da presente campanha próximos aos obtidos em 2011, 2016 e 2019.

**Tabela 23: Densidade das larvas e ovos do ictioplâncton encontrados ao longo das campanhas do Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema.**

Campanha	Densidade de Larvas (larvas.m <sup>-3</sup> )		Densidade de Ovos (larvas.m <sup>-3</sup> )	
	Mín	Máx	Mín	Máx
2010	10,85	33,55	2,19	22,86
2011	7,46	21,13	0	6,67
2012	8,83	46,7	0	4,03
2013	46,94	204,59	23,83	106,88
2014	24,84	65,15	0	1,47
2015	20,82	32,38	5,61	44,91
2016	6,25	16,56	0	4,16
2017	57,82	81,77	307,44	700,88
2019	10,4	21	0	47,91
2020	5,87	28,45	0,35	15,61

A **Tabela 24** e **Figura 57** mostram a distribuição espacial das famílias mais abundantes, onde a categoria “outros” engloba as famílias que apresentaram contribuição para a campanha inferior à 3%. As famílias de destaque foram Serranidae e Myctophidae, responsáveis por 43,56% da densidade de larvas, sendo verificado nas estações 5 e 7 um predomínio de Serranidae e nas demais estações maiores proporções de Myctophidae.

**Tabela 24: Densidade de larvas de peixes (larvas.100m<sup>-3</sup>) por família em cada estação no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.**

Família	Distância					Mín.	Máx.	Média	Desvio Padrão
	200 m		500 m		1.000 m				
	1	3	5	7	10				
Phosichthyidae	1,04	2,58	2,81	0,68	0,00	0,00	2,81	1,42	1,22
Paralepididae	0,00	1,29	1,05	0,68	0,35	0,00	1,29	0,67	0,52
Myctophidae	3,80	3,22	3,51	5,09	3,11	3,11	5,09	3,75	0,80
Paralichthyidae	1,38	2,58	2,81	1,70	0,00	0,00	2,81	1,69	1,12
Scombridae	0,00	0,32	0,35	2,04	0,00	0,00	2,04	0,54	0,85
Serranidae	0,69	2,90	10,19	6,45	0,00	0,00	10,19	4,04	4,25
Outros (<3%)	3,80	7,08	7,73	7,80	2,42	2,42	7,80	5,77	2,49



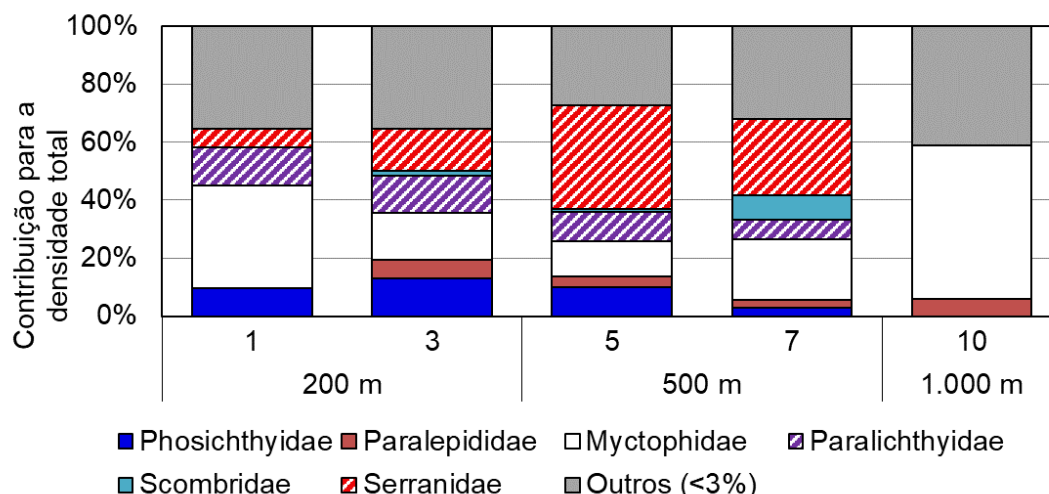


Figura 57: Percentual de larvas de peixes (%) no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

### 5.5.3.3. Estrutura da Comunidade

Os valores de diversidade e equitabilidade variaram entre 1,87 (estação 10) e 3,00 bits.ind<sup>-1</sup> (estação 7) e entre 0,81 (estação 5) e 0,93 (estação 3), respectivamente (Figura 58). A média para a diversidade foi de 2,55 bits.ind<sup>-1</sup> (DP = 0,48) e para equitabilidade foi de 0,87 (DP = 0,05). Os valores de diversidade e equitabilidade se mantiveram similares ao longo das estações, demonstrando que os organismos encontram-se bem distribuídos.

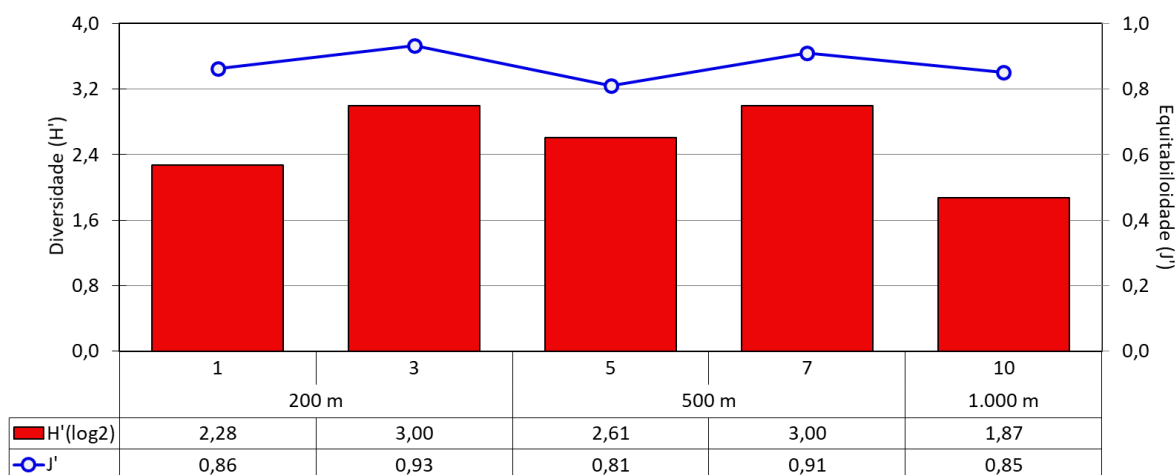
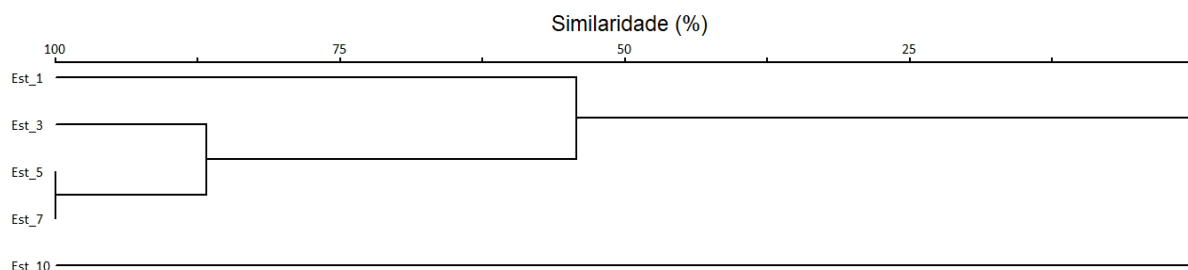


Figura 58: Índice de diversidade e de equitabilidade da comunidade ictioplanctônica das cinco estações monitoradas na 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Para auxiliar a interpretação da estrutura da comunidade ictioplanctônica, foi realizada uma análise de agrupamento através do índice de similaridade de Bray–Curtis, que é apresentada na Figura 52. A análise de agrupamento mostrou que a estação 10 se distanciou das demais por ter apresentado uma

menor diversidade de espécies, já as demais estações apresentando similaridade acima de 50% (**Figura 52**). Cabe destacar a similaridade de 100% entre as estações 5 e 7 localizadas a 500 m da plataforma.



**Figura 59: Análise de agrupamento das amostras de ictioplâncton através do índice de similaridade de Bray-Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.**

## 5.6. ANÁLISE INTEGRADA

A análise conjunta dos dados aqui apresentados permite uma melhor observação do ambiente, posto que o mesmo responde de forma sinérgica aos fatores de alteração, sejam naturais ou antrópicos, e apresenta relações estreitas entre seus compartimentos (água e biota) e constituintes (elementos químicos e bióticos). Para isso, são apresentadas análises de componentes principais (ACPs) que resumizam e facilitam a visualização da variação dos dados obtidos na atual campanha.

A **Tabela 25** apresenta as variáveis abióticas e bióticas utilizadas nas análises integradas. Ressalta-se que somente os descritores químicos com resultados acima do Limite de Quantificação (>LQ) foram utilizados nas análises estatísticas subsequentes. Dentre as variáveis biológicas, foram utilizados os valores de riqueza do nano e do microfitoplâncton, as densidades totais destes dois grupos e as densidades dos grandes grupos taxonômicos do microfitoplâncton.

Optou-se pela integração com os dados de fitoplâncton em função da estratégia amostral (amostras coletadas nas mesmas profundidades que as amostras para qualidade da água) e pelas respostas mais imediatas deste grupo a sutis alterações físico-químicas da água (em relação aos organismos do zooplâncton e ictioplâncton).

**Tabela 25: Variáveis abióticas e bióticas e respectivas abreviaturas utilizadas na análise integrada dos dados da 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.**

Variáveis	Códigos
Abióticas	
Temperatura	Temp
Salinidade	Sal
Densidade	Dens
Oxigênio Dissolvido	OD
Potencial Hidrogeniônico	pH



**Tabela 25: Variáveis abióticas e bióticas e respectivas abreviaturas utilizadas na análise integrada dos dados da 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.**

Variáveis	Códigos
Nitrato	Nitra
Nitrito	Nitri
Nitrogênio Amoniacal	Namon
Fosfato	Fosfa
Fluoreto	Fluor
Carbono Orgânico Total	COT
Cobre	Cu
Vanádio	V
Bário	Ba
Manganês	Mn
Boro	Boro
Zinco	Zn
Alumínio dissolvido	Al_diss
Cobre dissolvido	Cu_diss
Clorofila-a	Cl-a
BTEX	BTEX
Fenol	Fen
Hidrocarboneto Total de Petróleo	HTP
<sup>226</sup> Ra	Ra_226
<sup>228</sup> Ra	Ra_228
Tributilestanho	Tribut
Bióticas (fitoplâncton) – parâmetros suplementares	
Densidade Diatomáceas (Microfitoplâncton)	Diat
Densidade Dinoflagelados (Microfitoplâncton)	Dino
Densidade Cianobactérias (Microfitoplâncton)	Ciano
Densidade Cocolitoforídeos (Microfitoplâncton)	Cocol
Densidade Microfitoplâncton Total	Micro_Dens
Riqueza de Microfitoplâncton	Micro_Riq
Densidade Nanoplâncton Total	Nano_Dens
Riqueza Nanoplâncton Total	Nano_Riq

Para definir quais variáveis foram significativas na ACP, foi utilizado o cálculo proposto por Legendre; Legendre (1983) *apud* VALENTIN (1995), sendo consideradas aquelas variáveis que apresentaram valores das distâncias em relação ao centro (autovalores) iguais ou superiores a  $(2/n)^{0,5}$ , onde n representa o número de variáveis ativas.

Assim, a primeira análise levou em consideração os resultados de 26 parâmetros físico-químicos. Desta forma, foram considerados significativamente correlacionados aos eixos da ACP os parâmetros cujas distâncias em relação ao centro do plano foram superiores a 0,277.



As componentes da ACP (Fator 1 e 2) representaram 32,44% da variabilidade dos dados. O Fator 1 correspondeu a 19,71% e o Fator 2 a 12,73%. Os parâmetros temperatura, salinidade, densidade, OD, pH, fenol, clorofila-a, nitrato, nitrogênio amoniacal, fosfato, vanádio, boro, bário e zinco estiveram significativamente correlacionados ao Fator 1. Já ao Fator 2, os parâmetros correlacionados foram OD, clorofila-a, fluoreto, COT, cobre, vanádio, alumínio dissolvido, cobre dissolvido e  $^{226}\text{Ra}$  (**Tabela 26**).

**Tabela 26: Análise de Componentes Principais (ACPs) das variáveis químicas analisadas nas amostras de água da 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. Resultados em negrito foram significativos.**

Parâmetro	Fator 1 (19,71%)	Fator 2 (12,73%)
Temp	<b>-0,941</b>	0,077
Sal	<b>-0,912</b>	-0,013
Dens	<b>0,734</b>	-0,221
OD	<b>0,358</b>	<b>0,524</b>
pH	-0,130	0,216
BTEX	0,134	0,008
Fen	<b>-0,412</b>	-0,135
Clf-a	<b>0,503</b>	<b>-0,426</b>
Nitri	0,036	0,075
Nitra	<b>0,305</b>	-0,203
Namon	<b>0,280</b>	0,097
Fosfa	<b>0,321</b>	-0,250
Fluor	0,124	<b>0,361</b>
COT	0,185	<b>0,444</b>
HTP	-0,019	0,059
Cu	0,190	<b>-0,780</b>
V	<b>0,508</b>	<b>0,668</b>
B	<b>0,855</b>	0,212
Ba	<b>0,649</b>	0,021
Mn	0,274	0,074
Zn	<b>0,541</b>	-0,036
Al_diss	0,190	<b>-0,722</b>
Cu_diss	0,164	<b>-0,657</b>
Ra_226	-0,212	<b>-0,398</b>
Ra_228	0,060	0,194
Tribut	0,177	-0,173

Com relação à disposição dos parâmetros abióticos no plano da ACP, pode-se observar que a temperatura e salinidade se posicionaram negativamente ao eixo horizontal em contraponto a densidade, seguindo o observado na discussão destes parâmetros, na qual se identificou um decréscimo dos dois primeiros parâmetros e um aumento do terceiro com a profundidade.



Os metais bário, boro e zinco se posionaram na mesma direção da densidade, o que indicou, de um modo geral, maiores concentrações destes metais nas maiores profundidades de coleta, tendo as amostras de TC em geral, se posicionado positivamente em relação ao Fator 1 e as de (SUP), mais a esquerda. Mais ao centro, em geral, estiveram as amostras de ACTC, as quais apresentaram valores transicionais de temperatura, salinidade e densidade.

Considerando o Fator 2, os parâmetros mais significativos positivamente foram OD, vanádio, fluoreto, por outro lado, de modo negativo, os metais cobre total, cobre e alumínio dissolvidos e clorofila-a foram os mais significativos. Contudo, este Fator, em geral, não foi importante para a separação em grupos (**Figura 60**).

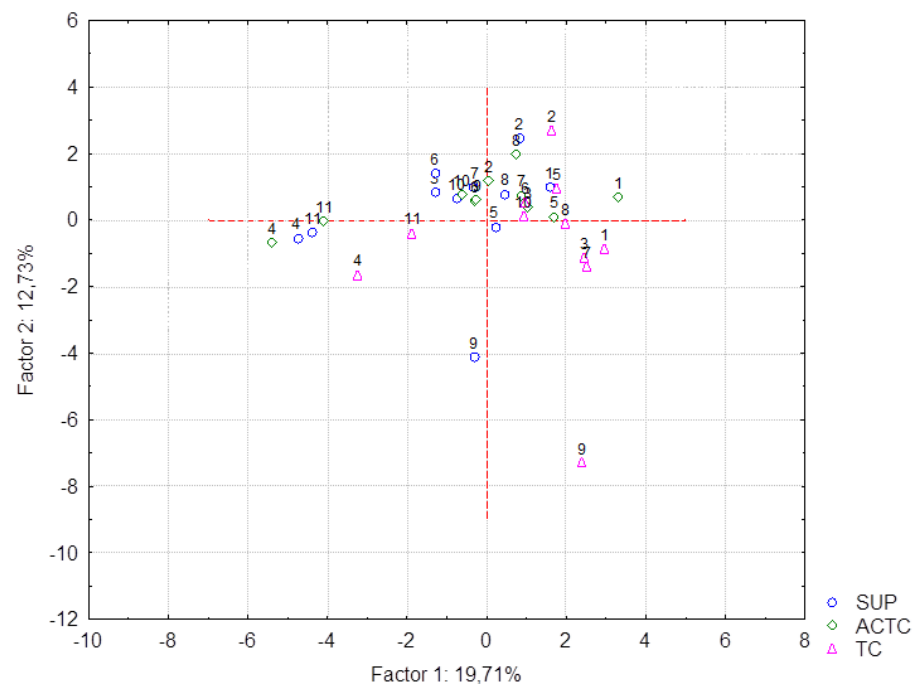
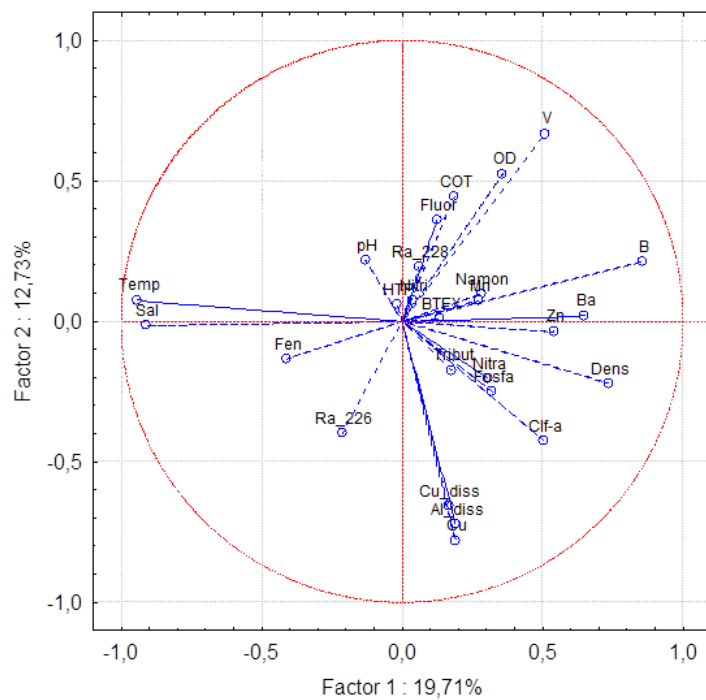


Figura 60 : Resultado da Análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos parâmetros abióticos de qualidade da água.



De forma a identificar possíveis influências dos parâmetros ambientais sobre a comunidade fitoplanctônica, foi realizada uma segunda ACPs, utilizando-se os parâmetros fitoplanctônicos como suplementares, ou seja, não participam da construção da análise mas auxiliam na interpretação dos resultados. Esta análise considerou apenas as estações onde foram realizadas amostragens de fitoplâncton (1, 3, 5, 7 e 10).

Para sua elaboração, considerou-se os resultados de 20 parâmetros físico-químicos. Alguns parâmetros não estiveram presentes nesta segunda ACP, pois não foram detectados nas amostras das estações supracitadas. Desta forma, foram significativamente correlacionados aos eixos da ACP os parâmetros cujas distâncias em relação ao centro do plano foram superiores a 0,316, uma vez que para o cálculo da significância apenas os parâmetros ativos foram considerados.

As componentes da ACP (Fator 1 e 2) representaram 41,61% da variabilidade dos dados. O Fator 1 correspondeu a 27,03% e o Fator 2 a 14,58%. Os parâmetros temperatura, salinidade, densidade, clorofila-a, nitrato, nitrogênio amoniacal, fluoreto, COT, cobre, vanádio, manganês e zinco estiveram significativamente correlacionados ao Fator 1. Já ao Fator 2, os parâmetros que estiveram correlacionados foram fenol, nitrato, nitrogênio amoniacal, cobre, vanádio, bário, manganês e tributilestano (**Tabela 27**).

**Tabela 27: Análise de Componentes Principais (ACPs) das variáveis químicas e biológicas analisadas nas amostras de água da 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. Resultados em negrito foram significativos. (\*) Parâmetros suplementares.**

Parâmetro	Fator 1 (27,03)	Fator 2 (14,58%)
Temp	<b>0,906</b>	0,096
Sal	<b>0,891</b>	0,016
Dens	<b>-0,875</b>	0,001
OD	-0,183	-0,004
pH	0,190	-0,290
BTEX	-0,009	0,242
Fen	-0,141	<b>0,413</b>
Clf-a	<b>-0,658</b>	-0,115
Nitra	<b>-0,567</b>	<b>0,550</b>
Namon	<b>-0,579</b>	<b>-0,578</b>
Fosfa	0,036	-0,186
Fluor	<b>0,795</b>	-0,308
COT	<b>0,369</b>	-0,045
Cu	<b>-0,487</b>	<b>0,618</b>
V	<b>-0,629</b>	<b>-0,599</b>



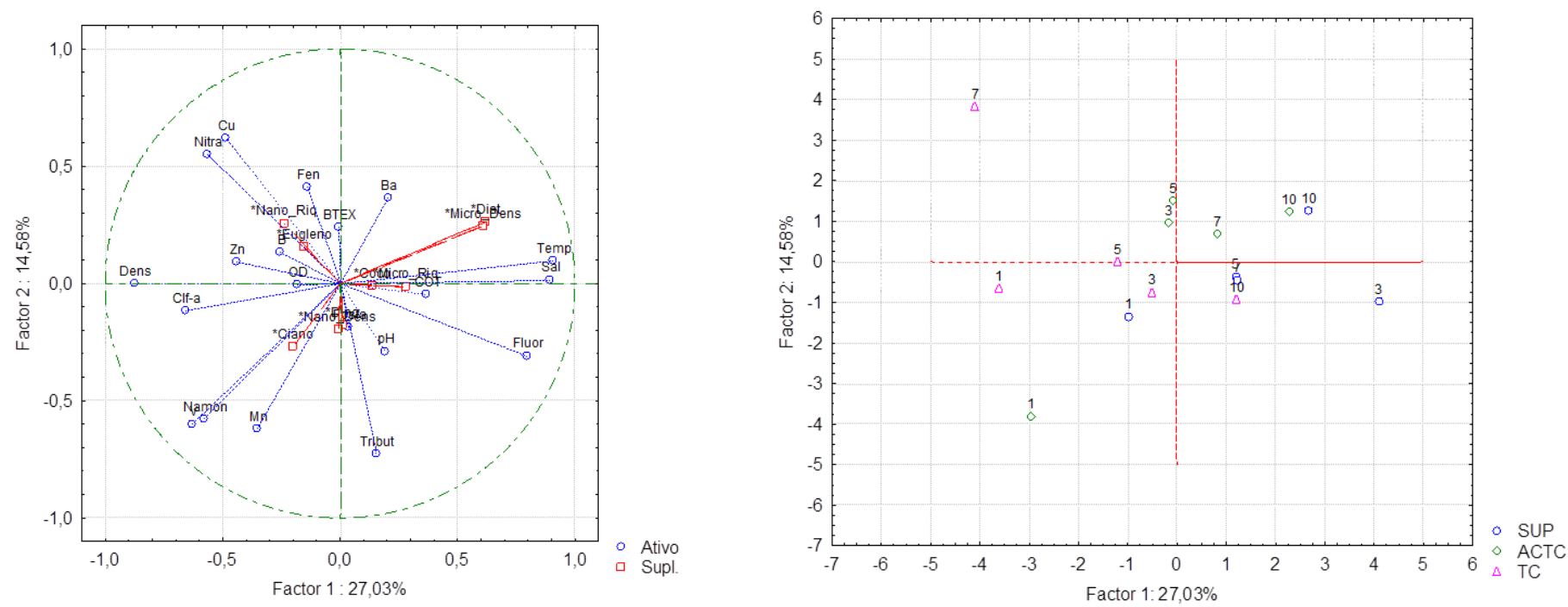
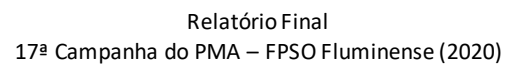
**Tabela 27: Análise de Componentes Principais (ACPs) das variáveis químicas e biológicas analisadas nas amostras de água da 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. Resultados em negrito foram significativos. (\*) Parâmetros suplementares.**

Parâmetro	Fator 1 (27,03)	Fator 2 (14,58%)
B	-0,254	0,133
Ba	0,203	<b>0,366</b>
Mn	<b>-0,352</b>	<b>-0,619</b>
Zn	<b>-0,440</b>	0,093
Tribut	0,152	<b>-0,726</b>
Diat*	0,621	0,262
Dino*	0,010	-0,176
Ciano*	-0,201	-0,270
Coco*	0,138	-0,008
Eugleno*	-0,152	0,156
Micro_Dens*	0,612	0,245
Micro_Riq*	0,278	-0,011
Nano_Dens*	-0,009	-0,194
Nano_Riq*	-0,238	0,257

Com relação à disposição dos parâmetros no plano da ACP, pode-se perceber que, de maneira complementar, a riqueza de microfitoplâncton, sua densidade total e a densidade de diatomáceas se posicionaram na mesma direção de temperatura, salinidade e COT (positivamente ao Fator 1), indicando que, assim como estes parâmetros físico-químicos, seus valores, de um modo geral, também foram maiores nas menores profundidade de coleta. Considerando o COT, com o resultado da ACP, é possível que parte de sua contribuição seja feita por organismos do microfitoplâncton. Os demais índices biológicos se distribuíram de forma aleatória no plano, não indicando uma relação direta com os parâmetros físico-químicos.

Considerando a disposição das estações, assim como na primeira análise apresentada, as amostras se distribuíram de acordo com o comportamento dos índices de temperatura, salinidade e densidade, tendo, em geral, as amostras TC se posicionado negativamente ao Fator 1, as SUP positivamente a este Fator e ACTC, mais ao centro, pois apresentaram valores intermediários deste parâmetro (**Figura 61**).





**Figura 61: Resultado da Análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos parâmetros abióticos de qualidade de água e fitoplanctônicos.**



## 6. CONCLUSÃO

A análise de amostras de água e plâncton no campo de Bijupirá e Salema, no entorno do FPSO Fluminense, 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 ao requerido pela Resolução CONAMA 357/05.

As perfilagens de salinidade e temperatura demonstraram, até a profundidade máxima monitorada (aproximadamente 200m), a presença da Água Tropical (AT) e da Água Central do Atlântico Sul (ACAS), massas d'água típicas da bacia de Campos. A assinatura dessas massas d'água refletiram nos dados de nutrientes, que apareceram em baixas concentrações, reforçando o padrão oligotrófico da área. Através das concentrações obtidas, não foi possível verificar aumentos de salinidade nas camadas superficiais que pudessem ser associadas ao descarte de água produzida pelo FPSO.

Os valores de pH, oxigênio dissolvido, nutrientes e COT foram comuns a área estudada e estiveram de acordo com o observado ao longo do monitoramento e, em geral, com o estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1. A exceção foi apenas o valor máximo de pH que esteve ligeiramente acima do limite máximo estabelecido por esta legislação.

Como indicativo da boa qualidade da água na área estudada, cita-se a não verificação na maioria das estações de diversos contaminantes com potencial nocivo à biota, como o cianetos, PCB's, HPA, óleos e graxas, além da maioria dos metais analisados, com exceção do alumínio dissolvido, boro, bário, cobre dissolvido e total, manganês, vanádio e zinco, tendo apenas o boro ultrapassado ligeiramente, em algumas estações, incluindo a controle, o limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05, demonstrando assim, uma ocorrência natural na região.

Com relação aos hidrocarbonetos, foram detectadas concentrações de MCNR, que correspondeu à toda concentração de HTP total, xilenos e etilbenzeno, em apenas uma amostra (estação 9 – ACTC e estação 5 – TC, respectivamente), com valor quantificado dentro do observado em estudo de caracterização da Bacia de Campos (PETROBRAS, 2013) e legislação brasileira.

Já as concentrações de fenóis foram quantificadas em todas as estações, o que não havia sido observado em campanhas anteriores, porém os resultados, em geral, estiveram enquadrados na Resolução CONAMA 357/05, tendo apenas as concentrações máximas sido iguais ao limiar estabelecido. Considerando a detecção de fenóis também nas estações controle, a presença destes compostos podem estar associadas a fatores externos não ligados às atividades da FPSO Fluminense.



Surfactantes e PCB's não apresentaram concentrações detectáveis, como nas campanhas anteriores. Por outro lado, concentrações de tributilestanho foram identificadas em algumas amostras, assim como em 2019, estando todas abaixo do limite preconizado pela legislação ambiental. Cabe destacar que o limite de quantificação do método de  $1 \text{ ng.L}^{-1}$  das duas últimas campanhas de FPSO Fluminense foi mais acurado, que o limite de detecção de  $0,010 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$  empregado nas campanhas pretéritas a 2019, motivo este que pôde ter resultado na detecção de concentrações de tributilestanho.

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 quantificáveis em algumas amostras de  $^{226}\text{Ra}$  e em uma amostra de  $^{228}\text{Ra}$ , mas ambos com valores semelhantes aos já verificados nas campanhas anteriores. As baixas concentrações reportadas para a atual campanha são similares aos valores mencionados como naturais para água do mar da região, com valores máximos inferiores aos reportados em campanhas anteriores.

Quanto à análise da comunidade planctônica no entorno do FPSO, observou-se resultados condizentes para a área de estudo, indicando não estar sofrendo nenhuma alteração/impacto relacionada com o descarte de água produzida. Para o fitoplâncton observou-se dominância de diatomáceas, dinoflagelados, e as cianofíceas, destacando a maior presença de diatomáceas na atual campanha, condizentes com regiões mais ricas em nutrientes da Baía de Campos. 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 esta 17ª Campanha de Monitoramento do campo de Bijupirá e Salema indicou que a qualidade da água no entorno do FPSO Fluminense não demonstra alteração (variação) diretamente associada às atividades da unidade. Os resultados discutidos foram condizentes ao ambiente oceânico e, em geral, similares às campanhas anteriores e também aos obtidos em outros estudos da baía de Campos.



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

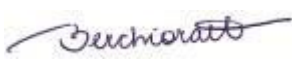
Objetivo	Meta	Indicadores	Resultados
<p>- Verificar <i>in situ</i> o impacto do descarte de água produzida, considerando o prognóstico de modelagem matemática e a avaliação de impactos ambientais do EIA;</p> <p>- Verificar o atendimento à CONAMA nº393/07 no que se refere ao enquadramento como “Águas Salinas Classe 1” da água do mar no entorno do FPSO Fluminense.</p>	<p>Garantir a qualidade de água no entorno do FPSO Fluminense, 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 Fluminense.</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>	<p>- 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.</p> <p>- A análise de nutrientes demonstrou características de regiões oligotróficas, como esperado para áreas oceânicas;</p> <p>- Não foram detectadas concentrações da maioria dos metais, exceto alumínio dissolvido, boro, bário, cobre dissolvido e total, manganês, vanádio e zinco. Apenas boro apresentou algumas concentrações acima do limite estabelecido pela CONAMA 357/05, porém dentro do observado para a região;</p> <p>- Não foram detectadas concentrações efetivas dos compostos orgânicos surfactantes, HPA, PCB's e óleos e graxas. Os fenóis apresentaram concentrações em todas as estações. Já MCNR e os BTEX xilenos e etilbenzeno foram detectados apenas em uma amostra, dentro do estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05;</p> <p>- Não foram evidenciados efeitos agudos e crônicos nos testes de toxicidade;</p> <p>- De um modo geral, não foi evidenciado alteração ambiental no entorno do FPSO em função das atividades de descarte de água produzida.</p>
		<p>Alterações na estrutura e composição planctônica, através de parâmetros como composição, riqueza, densidade e índices de diversidade dos táxons da comunidade.</p>	<p>- A composição planctônica encontrada foi típica da região oceânica monitorada;</p> <p>- A riqueza taxonômica e os índices de diversidade e equitabilidade apresentaram valores condizentes com os dados pretéritos do monitoramento.</p>



## 7. EQUIPE

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

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

Nome	Cadastro Técnico Federal (CTF/IBAMA)	Registro	Assinatura
Luisa Santos Machado Oceanógrafa	7526192	Não aplicável	
Luiz Carlos Ramos da Silva Filho Oceanógrafo Msc. Planejamento Ambiental	5006019	Não aplicável	
Flavia Merchioratto Química/USP Esp. Gestão Ambiental/FGV	209905	CRQ-RJ 03.212.720	

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Boletim da Produção de Petróleo e Gás Natural, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins-anp/bmp/2020/2020-06-boletim.pdf>

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

ASIS, J. J. C; CAMPOS, W. L.; NABUAB, F. M. Abundance, composition and distribution of phytoplankton in Calamianes, Palawan. *Science Diliman*. V. 18:2. 1-9p. 2006.

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.

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., 2006. *Gêneros de algas Continentais do Brasil - chave para identificação e descrições*. Editora RIMA. 502 p.

BOLTOVSKOY, D., 1981. *Atlas de zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino*. INIDEP, Mar del Plata, 936p.

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.; 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.
- 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 Ceciliana* 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 4ºN AND 34ºS COSTAL 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.



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, Prymnesiophycees, 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. 2007. 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).

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.

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.

ESCHMEYER, W.N. (ed.): Catalog of Fishes: genera, species, references. (<http://research.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>). Acessado em maio de 2014.

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.
- 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.
- 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.
- JAHN, R & KUSBER, W. H. (2005): Reinstatement of the genus *Ceratoneis Ehrenberg* and lectotypification of its type specimen: c. *Closterium Ehrenberg*, *Diatom Research*, 20:2, 295-304
- 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.
- 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. The inverted microscope method of estimating algal number and statistical basis of estimations by counting. *Hydrobiologia*, n.11, p. 143-170, 1958.
- 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 nannoplankton 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*. Investigación 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.
- MERINO-VIRGILIO, F. de I.; OKOLODKOV, Y. B. ; AGUILAR TRUJILLO, A. C.; OSORIO-MORENO, I.; ECTOR, L.; HERRERA-SILVEIRA, J. A. 2014. Florecimientos de *Cylindrotheca closterium* (Bacillariophyceae) en el norte de Yucatán (2001-2014). XXI Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar, Isla Cozumel, Quintana Roo, México, 2014
- MORRISSEY, J.F.; SUMICH, J. L. 2012. *Introduction To The Biology Of Marine Life*, 10th Edition. Jones And Bartlett, Massachusetts.
- NELSON, J.S. 1976. *Fishes of the World*. Wiley-Interscience, New York 416 pp.
- 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 Ceará. *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.

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

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: MMA31-60 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 Fluminense*. Relatório Técnico. 107 p.

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

SHELL/AECOM. 2013. *Relatório da 9ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Bijupirá e Salema – FPSO Fluminense*. Relatório Técnico. 91p.

SHELL/AECOM. 2014. *Relatório da 10ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Bijupirá e Salema – FPSO Fluminense*. Relatório Técnico. 116p.

SHELL/AECOM. 2015. *Relatório da 11ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Bijupirá e Salema – FPSO Fluminense*. Relatório Técnico. 108p.

SHELL/AECOM. 2016. *Relatório da 12ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Bijupirá e Salema – FPSO Fluminense*. Relatório Técnico. 106p.

SHELL/AECOM. 2017. *Relatório da 13ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Bijupirá e Salema – FPSO Fluminense*. Relatório Técnico. 99p.

SHELL/AECOM. 2018. *Relatório da 15ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Bijupirá e Salema – FPSO Fluminense*. Relatório Técnico. 98p.

SHELL/WITTOBRIENS. 2019. *Relatório da 14ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Bijupirá e Salema – FPSO Fluminense*. Relatório Técnico. 95p.

SILVEIRA, I.C.A. O SISTEMA CORRENTE DO BRASIL NABACIA 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.

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 form 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., 1978. Preservation and storage. In: SOURNIA, A. (Ed.) *Phytoplankton Manual*. Monogr. Oceanogr. Methodol, 6: 69-74.



- 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.
- 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.
- VEGUERIA, S.F.J., GODOY, J.M., MIEKELEY, N., 2002. *Environmental impact studies of barium and radium discharges by produced waters from the "Bacia de Campos" oil-field offshore platforms, Brazil*. *Journal of Environmental Radioactivity*, 62, p. 29-38.
- 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.
- YONEDA, N.T. 1999. Área temática: Plâncton. Centro de estudos do Mar, UFPR.
- WOOD, E. J. F., 1968. *Dinoflagellates of the Caribbean Sea and adjacent areas*. Miami, University of Miami Press. Coral Gables. 143 p

