

# **RELATÓRIO FINAL DA 10ª CAMPANHA DE MONITORAMENTO AMBIENTAL (PMA) DO PARQUE DAS CONCHAS (BACIA DE CAMPOS) – FPSO ESPÍRITO SANTO**

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>14</b>
<b>4. MÉTODOS.....</b>	<b>17</b>
<b>4.1. QUALIDADE DA ÁGUA.....</b>	<b>17</b>
4.1.1. MÉTODOS DE CAMPO.....	17
4.1.2. MÉTODOS DE ANÁLISE.....	21
<b>4.2. BIOTA.....</b>	<b>25</b>
4.2.1. MÉTODOS DE CAMPO.....	25
4.2.2. MÉTODOS DE ANÁLISE.....	26
<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.....	35
5.1.3. POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH) .....	36
<b>5.2. PARÂMETROS INORGÂNICOS.....</b>	<b>38</b>
5.2.1. NITROGÊNIO E FÓSFORO .....	38
5.2.2. CLOROFILA-A.....	42
5.2.3. METAIS .....	43
5.2.4. CIANETO LIVRE.....	48
5.2.5. FLUORETOS.....	49
5.2.6. SULFETOS.....	50
5.2.7. CLORO RESIDUAL TOTAL.....	50
5.2.8. RADIOISÓTOPOS.....	50
<b>5.3. PARÂMETROS ORGÂNICOS.....</b>	<b>52</b>
5.3.1. CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT).....	52
5.3.2. SURFACTANTES.....	53
5.3.3. BIFENILAS POLICLORADAS (PCBs) .....	54
5.3.4. TRIBUTILESTANHO .....	54
5.3.5. HIDROCARBONETOS E FENÓIS .....	55
5.3.6. ÓLEOS E GRAXAS.....	57
<b>5.4. ECOTOXICIDADE .....</b>	<b>57</b>



<b>5.5. BIOTA.....</b>	<b>58</b>
5.5.1. FITOPLÂNCTON.....	58
5.5.2. COMPOSIÇÃO ESPECÍFICA .....	59
5.5.3. RIQUEZA.....	60
5.5.4. ANÁLISE QUANTITATIVA.....	97
5.5.5. ESTRUTURA DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA .....	97
<b>5.5.6. ZOOPLÂNCTON.....</b>	<b>100</b>
5.5.7. CARACTERIZAÇÃO DA COMUNIDADE .....	100
5.5.8. ANÁLISE QUANTITATIVA.....	105
5.5.9. ESTRUTURA DA COMUNIDADE .....	108
<b>5.5.10. ICTIOPLÂNCTON .....</b>	<b>110</b>
5.5.11. CARACTERIZAÇÃO DA COMUNIDADE.....	110
5.5.12. ANÁLISE QUANTITATIVA.....	112
5.5.13. ESTRUTURA DA COMUNIDADE.....	115
<b>5.6. ANÁLISE INTEGRADA .....</b>	<b>116</b>
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>124</b>
<b>7. EQUIPE TÉCNICA.....</b>	<b>127</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>127</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 do Parque das Conchas (BC-10), Bacia de Campos (Datum SIRGAS2000).</i>	13
<i>Figura 2: FPSO Espírito Santo e bordo boreste, de descarte de água produzida durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	14
<i>Figura 3: Esquema da malha amostral do compartimento água, conforme previsto no PMA – Projeto de Monitoramento Ambiental, no Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	16
<i>Figura 4 – Embarcação Waterbuck utilizada durante a 10ª Campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. Fonte: www.nauticexpo.com</i>	17
<i>Figura 5: CTD utilizado durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	18
<i>Figura 6: Lançamento de garrafa oceanográfica (GO-FLO) durante a 10ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	18
<i>Figura 7: Equipamentos utilizados na medição dos parâmetros físico-químicos in situ e na filtração durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	19
<i>Figura 8 – Exemplo de representação de dados em um gráfico Box plot.</i>	24
<i>Figura 9 – Em sequência, rede de plâncton do tipo bongô durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	26
<i>Figura 10: Perfis de temperatura nas estações monitoradas durante a 10ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Espírito Santo, Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	31
<i>Figura 11: Perfis de salinidade nas estações monitoradas durante a 10ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Espírito Santo, Parque das Conchas, Bacia de Campos. amostradas.</i>	32
<i>Figura 12: Perfis de densidade nas estações monitoradas durante a 10ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Espírito Santo, Parque das Conchas, Bacia de Campos. – profundidades amostradas.</i>	33
<i>Figura 13: Diagrama TS dos dados amostrados nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	34
<i>Figura 14: Distribuição das concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD) nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	35
<i>Figura 15: Concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD) observadas nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	36
<i>Figura 16: Valores de pH nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	37
<i>Figura 17: Resultados de pH observados nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	38
<i>Figura 18: Distribuição das concentrações de nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	39



Figura 19: Concentrações de nitrato e nitrito observadas nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	40
Figura 20: Concentrações de nitrogênio amoniacal observadas nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	41
Figura 21: Distribuição das concentrações de fosfato nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	41
Figura 22: Concentrações de fosfato observadas nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	42
Figura 23: Distribuição das concentrações de clorofila-a nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	43
Figura 24: Distribuição das concentrações de bário nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	45
Figura 25: Distribuição das concentrações de vanádio nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	46
Figura 26: Distribuição das concentrações de boro nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	47
Figura 27: Concentrações de boro observadas nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	47
Figura 28: Distribuição das concentrações de zinco nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	48
Figura 29: Concentrações de zinco observadas nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	48
Figura 30: Distribuição das concentrações de fluoreto nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	49
Figura 31: Concentrações de fluoreto observadas nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	50
Figura 32: Concentrações de $^{226}\text{Ra}$ e $^{228}\text{Ra}$ observadas nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	52
Figura 33: Distribuição das concentrações de Carbono Orgânico Total (COT) nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	53
Figura 34: Concentrações de COT observadas nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	53
Figura 35: Distribuição das concentrações de tributilestanho nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	55
Figura 36: Distribuição das concentrações de fenóis nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	57



Figura 37: Contribuição percentual das classes taxonômicas do microfitoplâncton identificadas nas estações de amostragem no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	60
Figura 38: Número de táxons do nanoplâncton em cada profundidade nas cinco estações monitoradas durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos .....	61
Figura 39: Contribuição percentual da riqueza de táxons do nanoplâncton por categoria taxonômica nas cinco estações e em cada profundidade monitorada durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	61
Figura 40: Número de táxons do microfitoplâncton em cada profundidade nas cinco estações monitoradas durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	62
Figura 41: Contribuição percentual da riqueza de táxons por categoria taxonômica nas cinco estações e em cada profundidade monitorada durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	95
Figura 42: Densidade celular ( $\text{cel.L}^{-1}$ ) do nanofitoplâncton no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	100
Figura 43: Densidade celular do microfitoplâncton ( $\text{cel.L}^{-1}$ ) nas cinco estações monitoradas durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	101
Figura 44: Contribuição percentual das categorias taxonômicas na densidade do microfitoplâncton no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	96
Figura 45: Índice de diversidade ( $H'$ ) e de equitabilidade ( $J'$ ) da comunidade fitoplanctônica das cinco estações monitoradas na 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos., Bacia de Campos. ....	98
Figura 46: Análise de agrupamento das amostras através do índice de similaridade de Bray–Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	100
Figura 47: Contribuição média percentual das categorias taxonômicas do zooplâncton identificadas nas cinco estações monitoradas durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	101
Figura 48: Número de táxon do zooplâncton nas cinco estações monitoradas durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos .....	102
Figura 49: Densidade do zooplâncton nas cinco estações monitoradas durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	106
Figura 50: Abundância relativa (%) dos grupos dominantes coletados nas cinco estações monitoradas durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	107
Figura 51: Abundância (%) dos copépodes dominantes coletados nas cinco estações monitoradas durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....	108





<i>Figura 52: Índice de diversidade e de equitabilidade da comunidade zooplanctônica das cinco estações monitoradas na 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....</i>	<i>109</i>
<i>Figura 53: Análise de agrupamento das amostras através do índice de similaridade de Bray–Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....</i>	<i>110</i>
<i>Figura 54: Contribuição percentual do número de táxons por grupos do ictioplâncton durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....</i>	<i>111</i>
<i>Figura 55: Número de táxons em cada estação no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....</i>	<i>112</i>
<i>Figura 56: Densidade de ovos de peixes (ovos.100m<sup>-3</sup>) coletados no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....</i>	<i>113</i>
<i>Figura 57: Densidade de larvas de peixes (larvas.100m<sup>-3</sup>) coletados no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....</i>	<i>113</i>
<i>Figura 58: Percentual de larvas de peixes (%) no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....</i>	<i>115</i>
<i>Figura 59: Índice de diversidade e de equitabilidade da comunidade ictioplanctônica das cinco estações monitoradas na 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....</i>	<i>116</i>
<i>Figura 60: Análise de agrupamento das amostras de ictioplâncton através do índice de similaridade de Bray–Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....</i>	<i>116</i>
<i>Figura 61 : Resultado da Análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos parâmetros abióticos de qualidade da água. ....</i>	<i>120</i>
<i>Figura 62: Resultado da Análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos parâmetros abióticos de qualidade de água e fitoplanctônicos. ....</i>	<i>123</i>



## LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1: Coordenadas geográficas, distâncias e profundidades dos pontos de amostragem durante a 10ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental do FPSO Espírito Santo no Campo Parque das Conchas, 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 10ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental no Parque das Conchas, Bacia de Campos *- 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 10ª Campanha de Monitoramento Ambiental no entorno do FPSO Espírito Santo. ....</i>	<i>22</i>
<i>Tabela 4: Códigos utilizados na 10ª Campanha para individualizar os organismos do microfitoplâncton de acordo com a forma e maior dimensão celular. ....</i>	<i>27</i>
<i>Tabela 5: Comparação entre as campanhas dos valores de máximo, mínimo e média da clorofila -a. ....</i>	<i>43</i>
<i>Tabela 6: Metais que apresentaram concentrações abaixo do Limite de Quantificação (LQ) nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....</i>	<i>44</i>
<i>Tabela 7: Resultados do teste de ecotoxicidade crônica no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....</i>	<i>58</i>
<i>Tabela 8: Número de táxons do microfitoplâncton e estatística descritiva das cinco estações monitoradas durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....</i>	<i>63</i>
<i>Tabela 9: Táxons do microfitoplâncton muito frequentes durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....</i>	<i>96</i>
<i>Tabela 10: Estatística descritiva do número de táxons das estações monitoradas durante as campanhas de Monitoramento Ambiental do entorno do FPSO Espírito Santo durante os anos de 2011 a 2020. ....</i>	<i>96</i>
<i>Tabela 11: Densidade celular (cel.L<sup>-1</sup>) total, do microfitoplâncton e do nanofitoplâncton das cinco estações monitoradas durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....</i>	<i>98</i>
<i>Tabela 12: Densidade do fitoplâncton total (10<sup>6</sup>cel.L<sup>-1</sup>) registradas nas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Espírito Santo. ....</i>	<i>99</i>
<i>Tabela 13: Densidade celular (cel.L<sup>-1</sup>) do microfitoplâncton total e das categorias taxonômicas identificadas nas cinco estações monitoradas durante 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....</i>	<i>95</i>
<i>Tabela 14: Dez táxons de maior densidade celular (cel.L<sup>-1</sup>) dentre o microfitoplâncton identificado nas cinco estações monitoradas durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. Os valores de densidade apresentados referem-se à soma dos resultados das amostras (estações/profundidades). ....</i>	<i>97</i>



<i>Tabela 15: Valores de diversidade e equitabilidade da comunidade fitoplanctônica nas últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Espírito Santo .....</i>	<i>98</i>
<i>Tabela 16: Táxons muito frequentes (FO&gt;70%) dos principais grupos durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos (considerados apenas os níveis família, gênero e espécie).....</i>	<i>102</i>
<i>Tabela 17: Táxons muito frequentes (FO&gt;70%) nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Espírito Santo (considerados apenas espécies). ....</i>	<i>103</i>
<i>Tabela 18: Densidade zooplanctônica (ind.m<sup>-3</sup>) registradas nas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno da plataforma FPSO Espírito Santo. ....</i>	<i>106</i>
<i>Tabela 19: Densidade zooplanctônica total e por grupos (com participação &gt;1%) (ind.m<sup>-3</sup>) durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....</i>	<i>106</i>
<i>Tabela 20: Táxons de maior densidade na comunidade zooplanctônica coletada durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....</i>	<i>108</i>
<i>Tabela 21: Valores de diversidade e equitabilidade da comunidade zooplanctônica nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Espírito Santo. ....</i>	<i>109</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 Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....</i>	<i>112</i>
<i>Tabela 23: Densidade das larvas e ovos do ictioplâncton encontrados ao longo das campanhas do Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas. ....</i>	<i>114</i>
<i>Tabela 24: Densidade de larvas de peixes (larvas.100m<sup>-3</sup>) por família em cada estação no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....</i>	<i>114</i>
<i>Tabela 25: Variáveis abióticas e bióticas e respectivas abreviaturas utilizadas na análise integrada dos dados da 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. ....</i>	<i>117</i>
<i>Tabela 26: Análise de Componentes Principais (ACPs) das variáveis químicas analisadas nas amostras de água da 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. Resultados em negrito foram significativos. ....</i>	<i>118</i>
<i>Tabela 27: Análise de Componentes Principais (ACPs) das variáveis químicas e biológicas analisadas nas amostras de água da 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. Resultados em negrito foram significativos.(*) Parâmetros suplementares. ....</i>	<i>121</i>
<i>Tabela 28: Avaliação dos Objetivos, Metas, Indicadores e Resultados do PMA. ....</i>	<i>126</i>
<i>Tabela 29 - Relação da equipe técnica responsável pela elaboração do presente documento. ....</i>	<i>127</i>



## 1. INTRODUÇÃO

O atual relatório apresenta e discute os resultados da 10ª campanha oceanográfica de Monitoramento Ambiental realizada no entorno da unidade de produção FPSO Espírito Santo, conforme previsto pelo Projeto de Monitoramento Ambiental (PMA) do Sistema de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás no campo Parque das Conchas – Bacia de Campos, no âmbito da Renovação da Licença de Operação (RLO Nº 847/2009).

Este relatório está em conformidade com a versão consolidada do PMA apresentada em resposta ao Parecer Técnico COPROD/CGMAC/DILIC Nº 061/18 por meio da correspondência SHELL-HSSE-2250-2018 de 13 de Abril de 2018, assim como de acordo com o Parecer Técnico COPROD/CGMAC/DILIC Nº 94/2020, 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 exigências da atual Coordenação Geral de Licenciamento Ambiental de Empreendimentos Marinhos e Costeiros – CGMAC/IBAMA, no âmbito do PMA, a partir do primeiro descarte de água produzida pelo FPSO Espírito Santo, faz-se necessária a realização de campanhas de monitoramento anuais no entorno da unidade.

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

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

No Brasil, os padrões de descarte de água produzida foram definidos pela Resolução CONAMA nº 393/07 a qual, além de estabelecer critérios de descarte, também define critérios de qualidade da água após a “zona de mistura” (i.e. área de 500m no entorno do ponto de descarte). De acordo com este último critério, as águas oceânicas no entorno do FPSO Espírito Santo devem apresentar características de enquadramento como “Águas Salinas - Classe 1”, conforme padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05. Destaca-se que a coleta das amostras ocorreu concomitantemente ao descarte de água produzida pelo FPSO.



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

## 2. OBJETIVOS E METAS

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

### Objetivo:

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

### Meta:

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

## 3. ÁREA DE ESTUDO

A Bacia de Campos, situada no litoral dos estados do Rio de Janeiro e do Espírito Santo, limita-se a sul pelo Alto de Cabo Frio, que a separa da Bacia de Santos e a norte pelo Alto de Vitória, que constitui o limite com a Bacia do Espírito Santo. Abrange uma área total em torno de 102 mil km<sup>2</sup>, sendo 6,5 mil km<sup>2</sup> em terra e 95,5 mil km<sup>2</sup> em mar até a cota batimétrica de 3.000 m. . Atualmente é a segunda maior bacia produtora do país, responsável por cerca de 29% da produção nacional de óleo e 14% da produção nacional de gás (ANP, 2020).

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



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

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

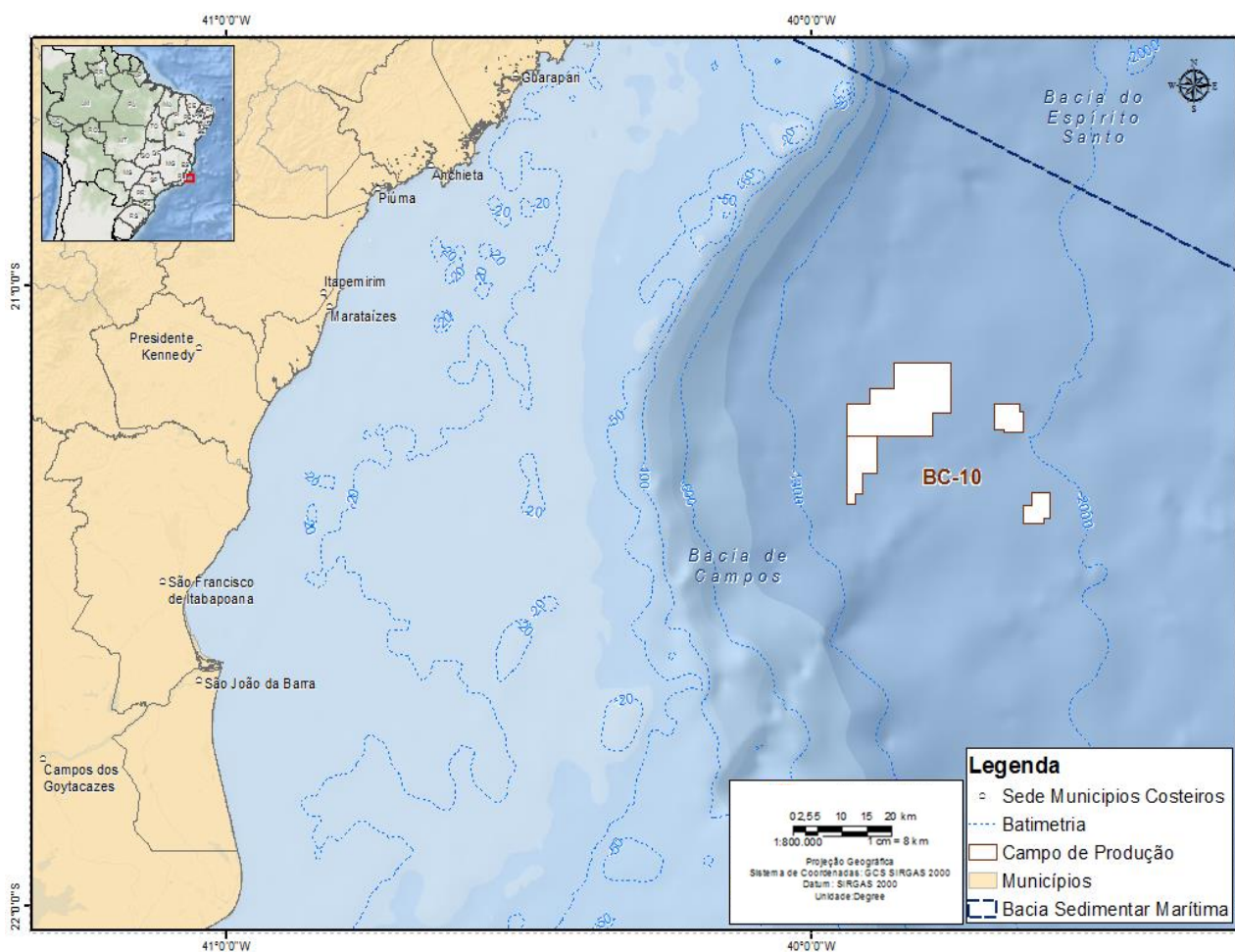


Figura 1: Localização do Parque das Conchas (BC-10), Bacia de Campos (Datum SIRGAS2000).

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





### 3.1. MALHA AMOSTRAL

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



**Figura 2: FPSO Espírito Santo e bordo boreste, de descarte de água produzida durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

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

As amostragens de água, visando às análises físico-químicas, foram realizadas em 11 pontos distribuídos em três radiais (200, 500 e 1.000 m) de distância do ponto de descarte da água produzida. As duas estações a 1.000 m do ponto de descarte configuram as estações controle. As profundidades de coleta variaram entre subsuperfície,  $\pm 30$  metros (acima da termoclina) e  $\pm 60$  metros (termoclina). É pertinente pontuar que a estação 4 fugiu a este padrão, apresentando as profundidades de 70 m (acima da termoclina) e 140 m (termoclina). As coletas na superfície, em conformidade com o Projeto, avaliaram a mesma camada de



lançamento da água produzida; a profundidade intermediária ajuda a aferir os resultados da modelagem de dispersão da água produzida; e a profundidade na termoclina o controle a partir das condições naturais do ambiente. Ressalta-se que a profundidade chamada de acima da termoclina correspondeu a 30 m, considerando-se a mediana das profundidades, destacando-se também a profundidade de 20 m. Utilizaram-se, contudo, 15, 35 ou 70 m em algumas se utilizou 15 ou 25 m, 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 10ª Campanha de Monitoramento Ambiental no entorno do FPSO Espírito Santo, conforme apresentado no PMA, enquanto que as coordenadas geográficas efetivamente realizadas são apresentadas na **Tabela 1**.



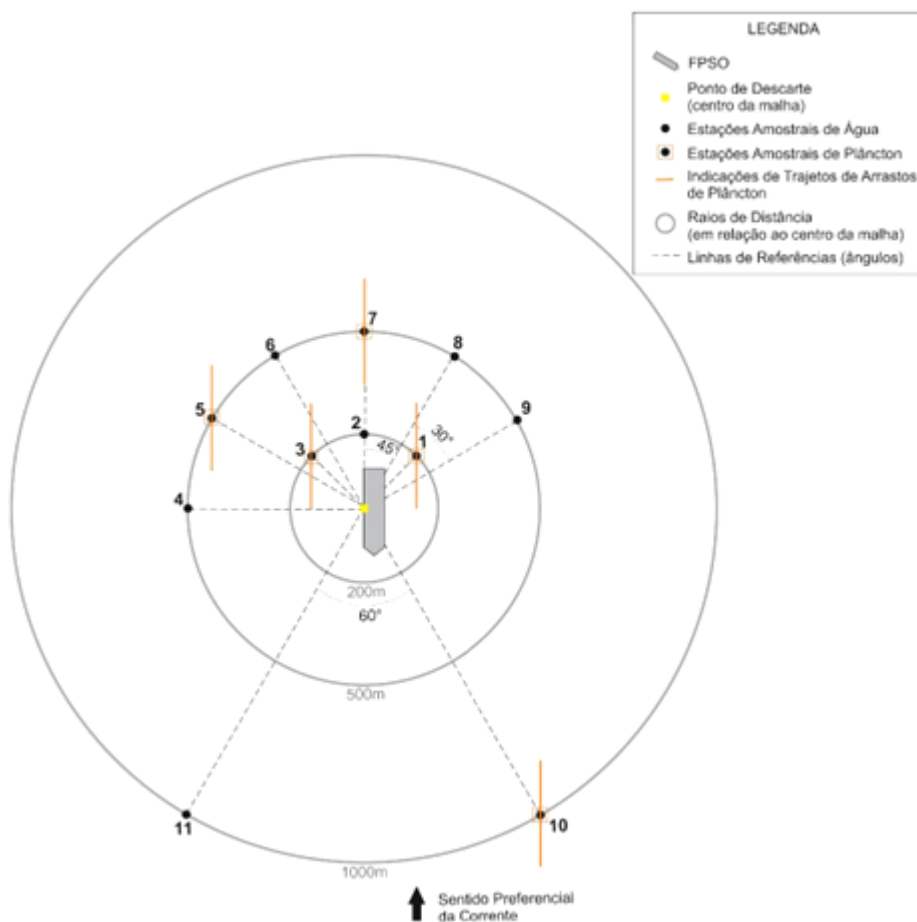


Figura 3: Esquema da malha amostral do compartimento água, conforme previsto no PMA – Projeto de Monitoramento Ambiental, no Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Tabela 1: Coordenadas geográficas, distâncias e profundidades dos pontos de amostragem durante a 10ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental do FPSO Espírito Santo no Campo Parque das Conchas, Bacia de Campos (Datum SIRGAS2000).

Estação de coleta	Data	Latitude	Longitude	Distância do ponto de descarte do FPSO	Profundidade de coleta (m)		
					SUP*	ACTC**	TC***
1	28/09/2020	21º 12' 30,922"S	39º 44' 46,171"O	200m	5	20	40
2	27/09/2020	21º 12' 34,871"S	39º 44' 42,760"O	200m	5	20	40
3	27/09/2020	21º 12' 35,411"S	39º 44' 37,710"O	200m	5	30	60
4	26/09/2020	21º 12' 38,989"S	39º 44' 27,060"O	500m	5	70	140
5	26/09/2020	21º 12' 43,064"S	39º 44' 30,575"O	500m	5	35	75
6	26/09/2020	21º 12' 45,384"S	39º 44' 39,202"O	500m	5	30	65
7	27/09/2020	21º 12' 43,484"S	39º 44' 47,644"O	500m	5	30	60
8	27/09/2020 28/09/2020	21º 12' 37,502"S	39º 44' 54,365"O	500m	5	15	30
9	28/09/2020	21º 12' 32,363"S	39º 44' 55,686"O	500m	5	20	40
10	25/09/2020	21º 12' 13,947"S	39º 44' 10,519"O	1000m	5	30	60
11	25/09/2020	21º 12' 31,934"S	39º 44' 7,829"O	1000m	5	25	50

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



## 4. MÉTODOS

A 10ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental no Campo de Parque das Conchas foi realizada entre dias 25 e 28 de setembro de 2020, utilizando-se a embarcação Waterbuck (**Figura 4**), contemplando onze (11) estações amostrais no entorno do FPSO Espírito Santo.



**Figura 4 – Embarcação Waterbuck utilizada durante a 10ª Campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

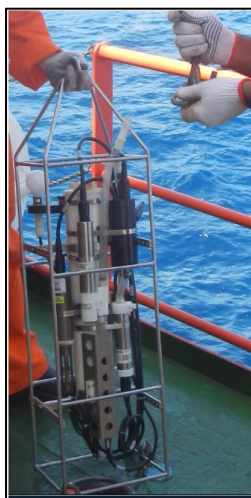
Fonte: [www.nauticexpo.com](http://www.nauticexpo.com)

### 4.1. QUALIDADE DA ÁGUA

#### 4.1.1. Métodos de Campo

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

Um CTD da marca 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: CTD utilizado durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

As coletas de amostras de água do mar para posterior análise dos parâmetros foram realizadas por meio do lançamento de garrafas oceanográficas (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 10ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

A primeira alíquota da água coletada foi destinada à medição dos parâmetros oxigênio dissolvido e pH através de sensores portáteis (**Figura 7**). 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 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

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

**Tabela 2: Metodologia de acondicionamento e preservação das amostras para a avaliação dos parâmetros físico-químicos durante a 10ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental no Parque das Conchas, Bacia de Campos \*- 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	Refrigeração	
Sulfetos*	Pet - 250ml - Ac/Zn e NaOH	Refrigeração	HCSOL



**Tabela 2: Metodologia de acondicionamento e preservação das amostras para a avaliação dos parâmetros físico-químicos durante a 10ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental no Parque das Conchas, Bacia de Campos \*- Parâmetros coletados em triplicata.\*\*- Prata Total e Cobre Dissolvido foram coletados em triplicata.**

Análises	Frasco – Volume - Preservante	Acondicionamento	Laboratório Responsável
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 Espírito Santo de 2018 pelo IBAMA, o Parecer Técnico COPROD/CGMAC/DILIC Nº 94/2020 solicitou revisão dos métodos analíticos empregados para que os limites de quantificação (LQ's) fossem inferiores à concentração máxima estabelecida pela legislação ambiental para o analito.

Os parâmetros cujo parecer indicou a necessidade de redução do LQ foram cianeto, sulfetos, cloro residual total, tributilestanho e mercúrio. 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 94/2020 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 Espírito Santo.

#### **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 10ª Campanha de Monitoramento Ambiental no entorno do FPSO Espírito Santo.**

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>	-
Cobre Total		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>	-



**Tabela 3: Métodos empregados na análise dos parâmetros físico-químicos das amostras coletadas durante a 10ª Campanha de Monitoramento Ambiental no entorno do FPSO Espírito Santo.**

Parâmetro	Método Analítico	Limite de Quantificação (LQ)	Limite de Detecção (LD)
Urânio Total	SMEWW 23ª Ed 2017 Método 5520 B	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		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 m, 500 m e 1000m do FPSO na atual campanha. O teste aplicado foi o de Kruskal-Wallis, para dados não paramétricos, comparando dois grupos de variáveis independentes, com nível de significância de 95%, em que  $p < 0,05$  corresponde à diferença significativa. Na comparação entre campanhas foram utilizados gráficos estilo box plot, representando os resultados de todas as campanhas em conjunto. Destaca-se que os gráficos box plot apresentam os seguintes valores, ilustrada na **Figura 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).

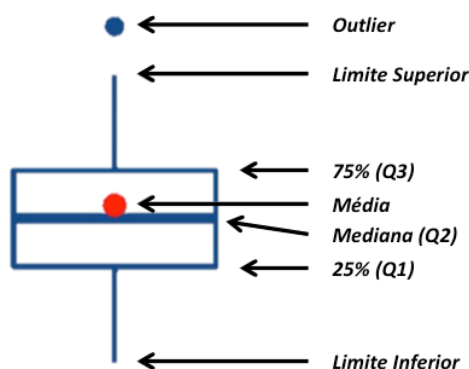


Figura 8 – Exemplo de representação de dados em um gráfico *Box plot*.

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 Spline).

Ao fim do relatório, há uma avaliação integrada dos dados físico-químicos e biológicos avaliados na 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo do Parque das Conchas. 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. 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. 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 Espírito Santo (1, 3, 5, 7 e 10). As amostragens foram realizadas durante a noite com a mesma rede bongô utilizada na coleta de zooplâncton. Nesse estudo foi utilizada apenas a malha de 500  $\mu\text{m}$  para análise do ictioplâncton. Foram feitos arrastos oblíquos desde 200 m de profundidade até a superfície com duração média de 10 minutos, com velocidade entre 1,8 e 2,0 nós. Assim como para o zooplâncton, foi utilizado um fluxômetro acoplado ao aro da rede para possibilitar as medições de volume filtrado. O ângulo do cabo da rede foi

mantido entre 45° e 60°. Logo após as coletas, as amostras foram fixadas com solução de formaldeído diluído a 4% em água do mar e tamponado com tetraborato de sódio.

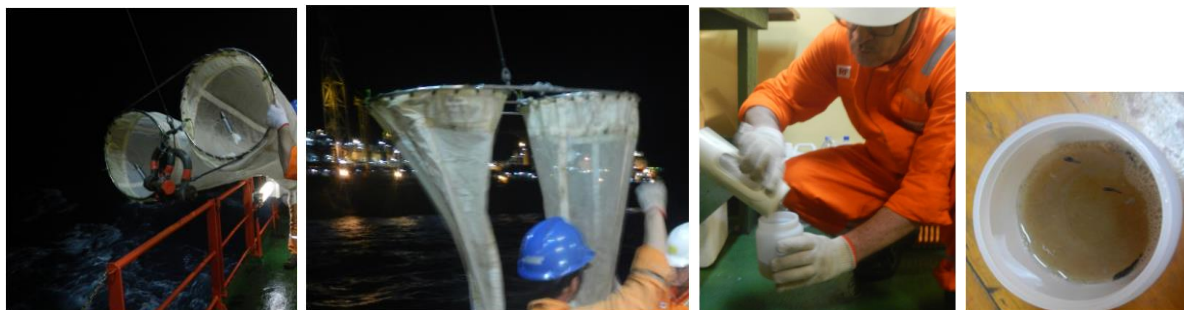


Figura 9 – Em sequência, rede de plâncton do tipo bongô durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

#### 4.2.2. Métodos de Análise

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

##### ***Fitoplâncton***

A análise do nanoplâncton foi realizada em laboratório a partir de alíquotas de 100 mL, sedimentadas segundo o método de Utermöhl (1958). As amostras foram avaliadas em 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 foi realizada em laboratório a partir de alíquotas de 100 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.

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



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, Heimdal (1997) para os cocolitoforídeos, Throndsen (1997) para silicoflagelados, euglenofíceas e eubrídeos.

**Tabela 4: Códigos utilizados na 10ª Campanha para individualizar os organismos do microfitoplâncton de acordo com a forma e maior dimensão celular.**

CÓDIGOS DOS MORFOTIPOS DO MICROFITOPLÂNTON		
Diatomáceas	FORMA	
	1	Lanceolada
	4	Linear
	5	Bicapitata
	6	Bilobada
	8	Semicircular
Dinoflagelados	1	Arredondada
	2	Bicônica
	3	Ovóide
	4	Oblonga
DIMENSÕES ( $\mu\text{m}$ )		
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 zooplanctônicos foram contados e triados sob microscópio estereoscópio Olympus SZ51. As amostras foram fracionadas com o auxílio do “Folsom Plankton Sample Splitter” (McEwen et al., 1954). Os organismos foram triados até um limite mínimo de 100 indivíduos por grupo (Frontier, 1981).

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

Os grupos zooplanctônicos Branchiopoda, Copepoda, Chaetognatha, Appendicularia, Doliolida, Salpida e Pyrosomida, importantes na caracterização da comunidade local, foram identificados a níveis taxonômicos inferiores, utilizando-se bibliografia especializada: Onbé (1999) para Branchiopoda; Dias & Araujo (2006) para Copepoda; Avila et al. (2006) para Chaetognatha; Bonecker & Carvalho (2006) para Appendicularia; Bonecker & Quintas (2006a) para Doliolida, Bonecker & Quintas (2006b) para Salpida, e Soest (1981) para Pyrosomida. A referência Bonecker et al. (2014) foi utilizada para a identificação de todos os grupos citados acima. Os demais grupos foram todos quantificados: Filo Foraminifera, Filo Cnidaria, Filo Ctenophora, Filo Platyhelminthes, Filo Mollusca, Filo Annelida, Filo Echinodermata, Filo Arthropoda (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.

### **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 PCORD 5.

### ***Ictioplâncton***

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

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

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

Os ovos e as larvas de peixes foram identificados com auxílio de microscópio estereoscópico Zeiss modelo Stemi SV6, até o menor nível taxonômico possível. Foi utilizada bibliografia especializada: Richards (2006), Bonecker & Castro (2006), Fahay (2007) e Bonecker et al. (2014). As larvas danificadas permaneceram como não identificadas. O inventário de larvas de peixes seguiu a classificação de Nelson et al. (2016). Todos os nomes de famílias e espécies de peixes identificadas foram checados e atualizados seguindo 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 10ª Campanha de Monitoramento Ambiental no Campo Parque das Conchas, na Bacia de Campos. Destaca-se que ao longo da discussão são apresentadas comparações com os resultados das últimas campanhas deste



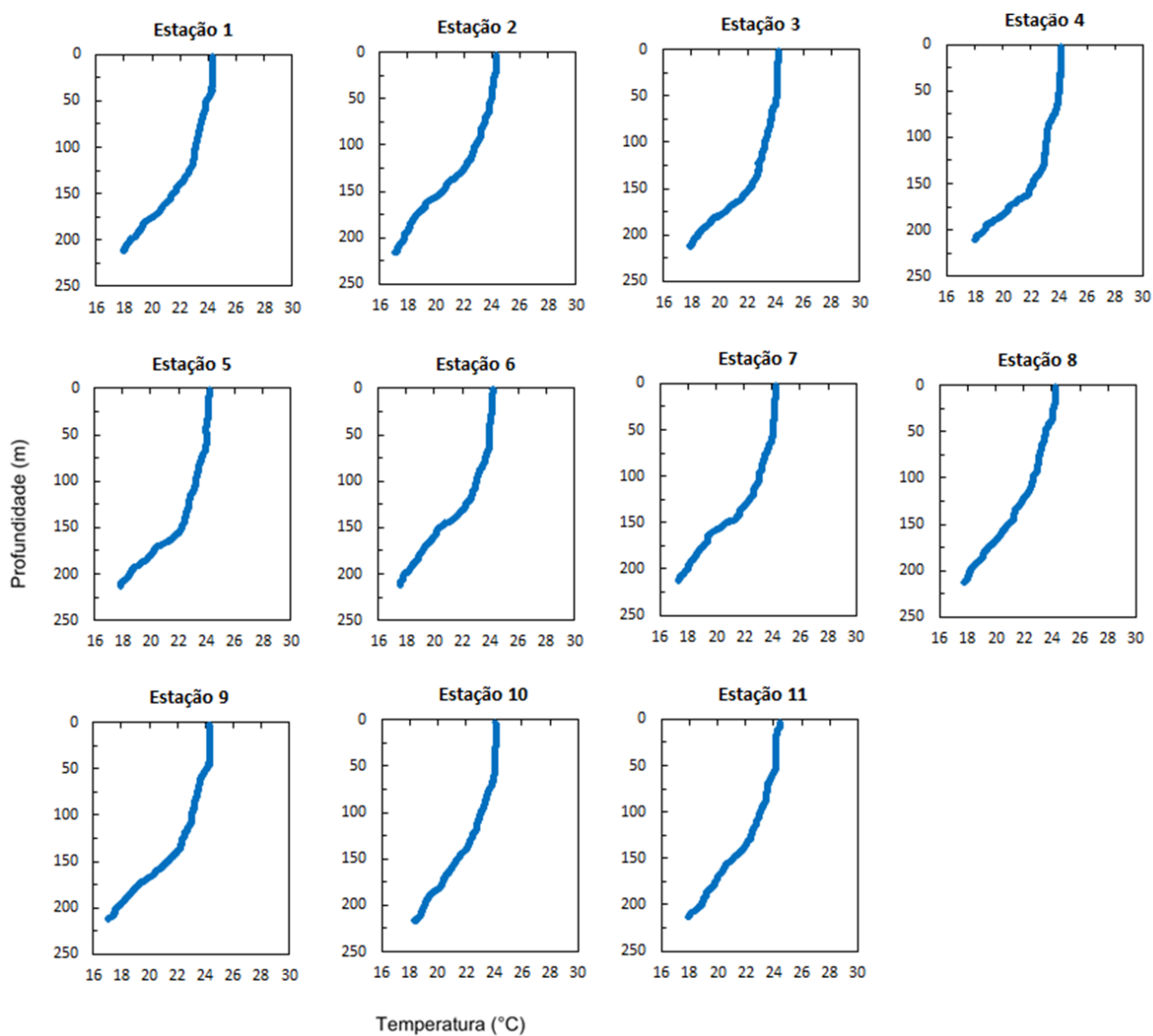
PMA (1ª a 9ª Campanha) e com áreas similares. Os laudos analíticos são disponibilizados no **ANEXO B** (resultados químicos), **ANEXO C** (resultados de toxicidade), **ANEXO D** (resultados de fitoplâncton), **ANEXO E** (resultados de zooplâncton) e **ANEXO F** (resultados de ictioplâncton). Os **ANEXOS 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

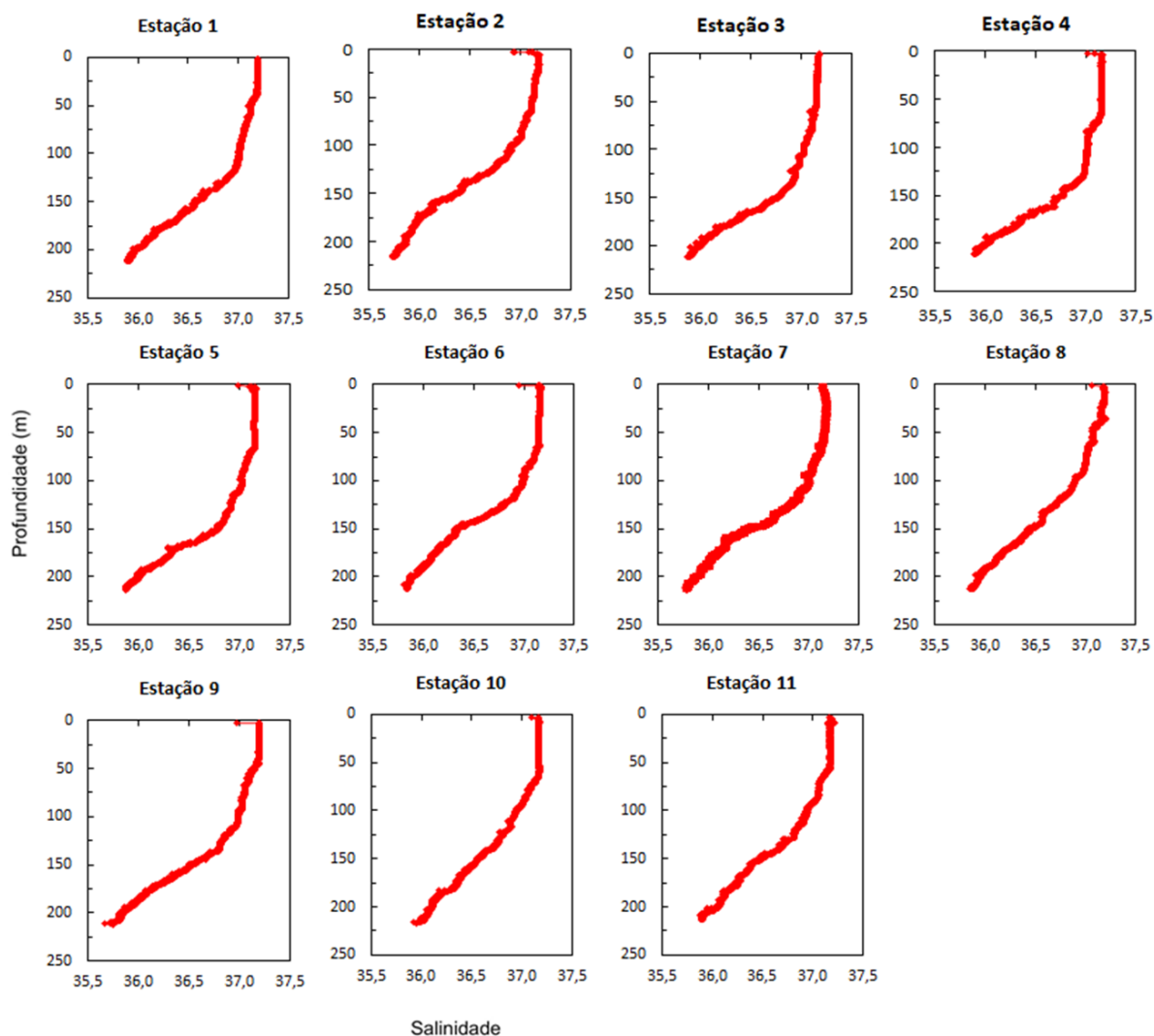
#### *Estrutura da coluna d'água*

Os perfis verticais de temperatura e salinidade até a profundidade de 200 m são apresentados na **Figura 10** e na **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 profundidades que oscilaram entre 120 e 150, tendo a termoclina não se mostrando marcante. Esta camada se encontra na zona epipelágica do oceano e é denominada de camada de mistura, uma vez que as águas encontradas neste intervalo interagem com ventos e ondas, misturando a água e distribuindo o calor de forma homogênea. Na base desta camada tem início a termoclina, que é a camada de transição entre as águas mais quentes da superfície a temperaturas mais baixas em direção ao assoalho oceânico. O início desta camada é marcado por uma mudança abrupta dos valores de temperatura, 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, seguido 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 22,6°C (estação 4 – TC) a 24,5°C (estação 11 – SUP), enquanto que a salinidade variou entre 36,9 (estação 4 – TC) e 37,2 (estação 9 – SUP e ACTC).



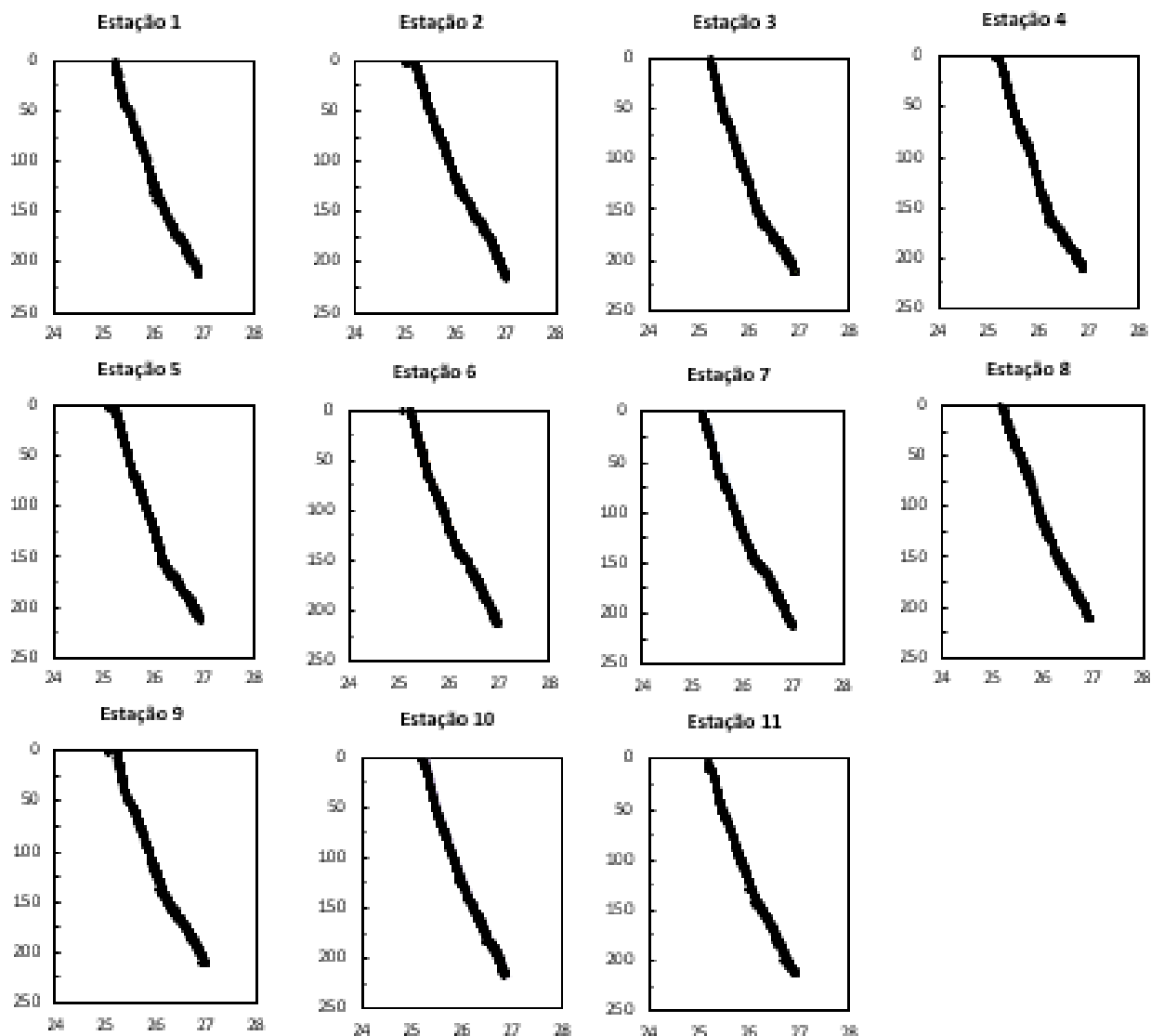
**Figura 10: Perfis de temperatura nas estações monitoradas durante a 10ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Espírito Santo, Parque das Conchas, Bacia de Campos.**





**Figura 11: Perfis de salinidade nas estações monitoradas durante a 10ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Espírito Santo, Parque das Conchas, Bacia de Campos amostradas.**

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 25,2 (estação 11 - SUP) a 26,1 (estação 4 - TC).



**Figura 12:** Perfis de densidade nas estações monitoradas durante a 10ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Espírito Santo, Parque das Conchas, Bacia de Campos. – profundidades amostradas.

É pertinente pontuar que no mês de setembro é comum a ocorrência de frentes frias e durante o período da campanha isso ocorreu. (CPTEC/INPE, 2020). A passagem dessas frentes pode ocasionar alterações na estrutura termal e mistura parcial e/ou completa da coluna d'água (ALCÂNTARA *et al.*, 2010). Acredita-se que este panorama tenha contribuído para que a coluna d'água no período da coleta estivesse mais homogeneizada, não estando a termoclina tão acentuada, conforme é possível observar na **Figura 10** e na **Figura 11**.



## Massas d'água

A partir dos resultados de temperatura e salinidade obtidos é possível identificar as massas d'água que dominam a região, bem como suas características termohalinas (**Figura 13**). Na camada superficial até profundidades de aproximadamente 200 m foi verificada a presença e predominância de Água Tropical (AT), definida por valores maiores de 20°C e 36 de salinidade, nas camadas superficiais. A Água Tropical (AT) corresponde a uma massa d'água típica na região em consequência da intensa radiação e do excesso de evaporação em relação à precipitação, condição típica do Atlântico Tropical (EMILSON, 1961, SILVEIRA *et al.*, 2000). Com o aumento da profundidade, é possível observar que as águas tornaram-se gradativamente mais frias e menos salinas.

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

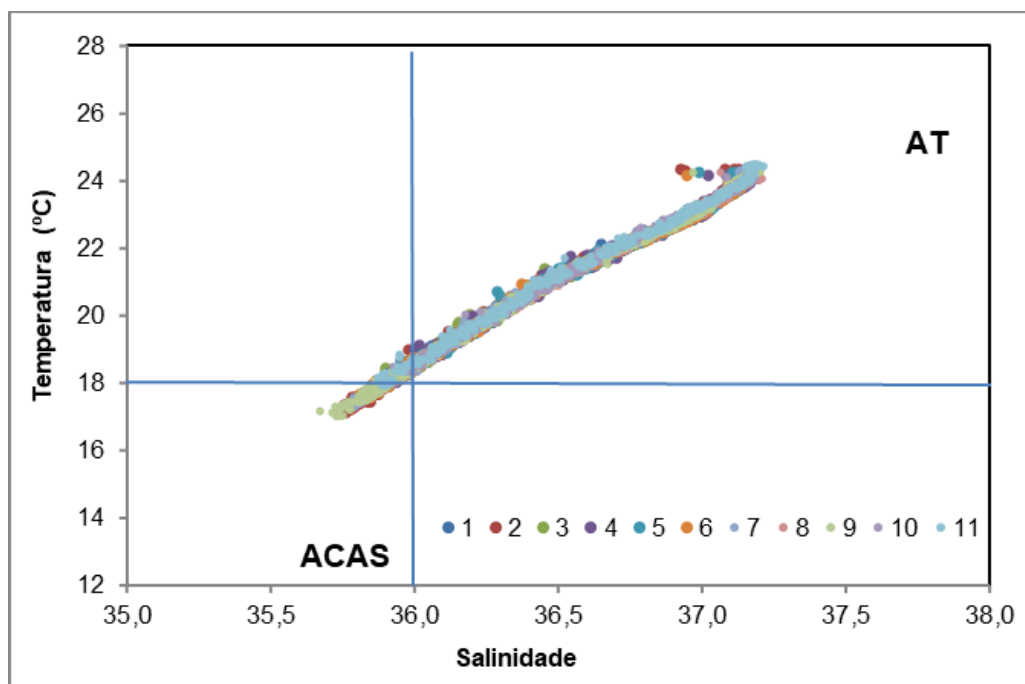


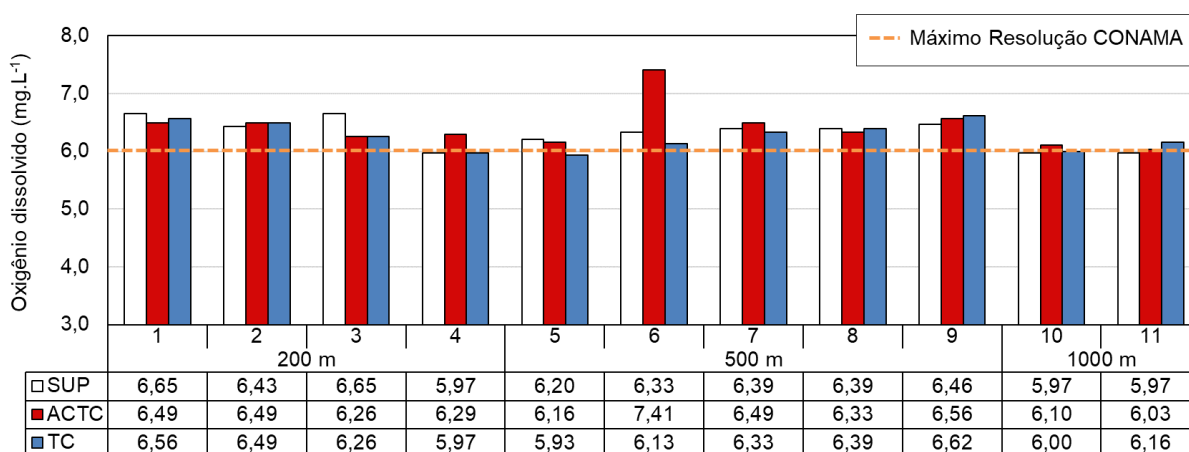
Figura 13: Diagrama TS dos dados amostrados nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.



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

### 5.1.2. Oxigênio Dissolvido

As concentrações de OD no entorno do FPSO Espírito Santo nesta 10ª campanha variaram entre 5,93 (estação 5 - TC) e 7,41 mg.L<sup>-1</sup> (estação 6 - ACTC), com a maioria dos valores em níveis superiores ao 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 atual campanha são consideradas pela literatura como típicos de regiões oceânicas e estão de acordo com os resultados obtidos por Niencheski *et al* (1999), cujos valores são descritos entre 4 e 9,15 mg.L<sup>-1</sup>, e por Valentin *et al.* (2006), com intervalo entre 4,71 e 8,92 mg.L<sup>-1</sup>. De acordo com o teste de Kruskal-Wallis, para os raios de 200 e 500 m não houve diferenças significativas. Entretanto, o parâmetro de OD foi significativamente diferente ao comparar o raio de 1000 m aos de 200 e 500 m ( $p = 0,0056$ ), mas vale ressaltar que em ambas as estações controle houve valores abaixo do limite.

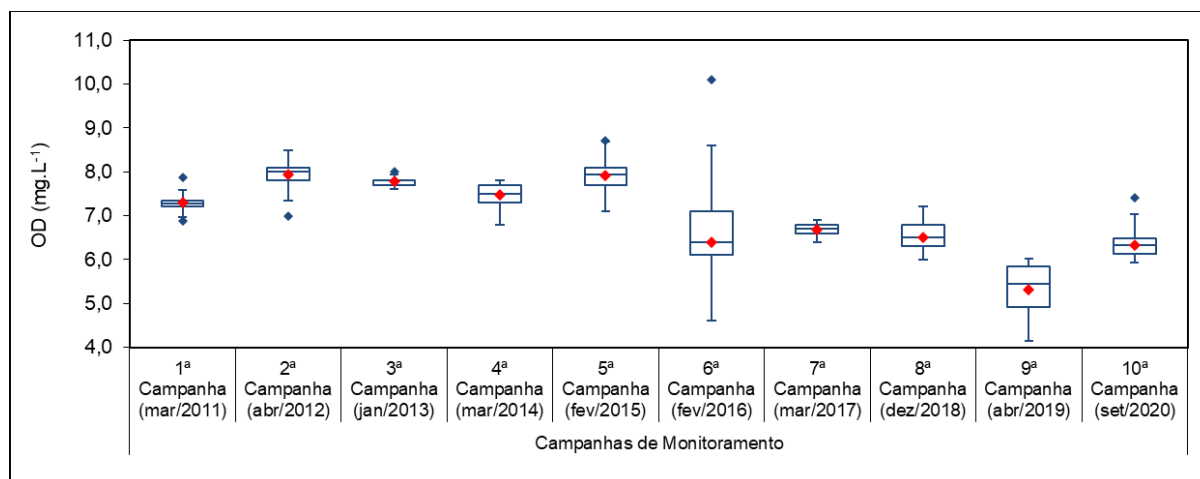


**Figura 14: Distribuição das concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD) nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Em comparação com as campanhas anteriores, pode-se observar os resultados de OD da presente campanha ficaram dentro do intervalo verificado nas campanhas anteriores (**Figura 15**). Contudo, os resultados obtidos pelo teste de Kruskal-Wallis indicam diferenças significativas dos resultados da campanha de 2020 em relação às demais campanhas ( $p < 0,05$ ), com exceção da campanha de 2016, onde não se observou diferenças significativas ( $p = 0,3293$ ). Pode-se observar que as medianas dos anos de 2020 e 2016 são mais próximas,



sendo menores quando comparadas aos outros anos – onde foram obtidos valores mais altos de OD. A exceção foi o ano de 2019, onde obteve-se os menores valores para o parâmetro considerado. De maneira geral é possível notar a conformidade do histórico.

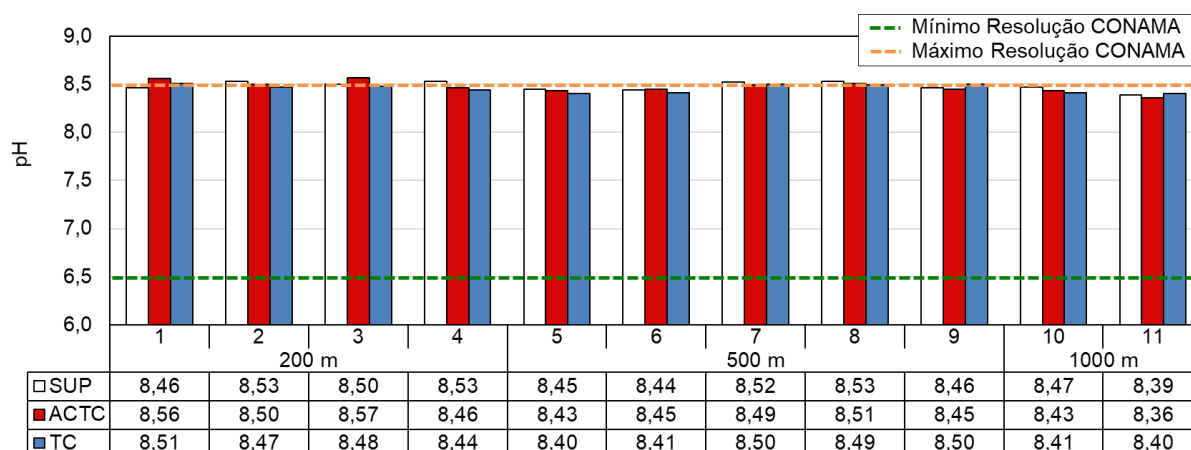


**Figura 15: Concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD) observadas nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

### 5.1.3. Potencial Hidrogeniônico (pH)

Os valores de pH obtidos no entorno do FPSO Espírito Santo na campanha de 2020 (**Figura 16**) variaram de 8,36 (estação 11 – ACTC) a 8,57 (estação 3 - ACTC). 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. Algumas estações apresentaram resultados que ultrapassaram ligeiramente esse intervalo, a saber: 1 – ACTC e TC; 2 – SUP; 3 – ACTC; 4 – SUP; 7 – SUP; 8 – SUP e ACTC. No entanto, este resultado levemente superior ao limite da legislação ambiental não se mostra indicativo de impacto decorrente da atividade de produção. Rezende *et al.* (2006) identificou que, na região central da Zona Econômica Exclusiva (entre Salvador, BA, e Cabo de São Tomé, RJ) os valores de pH de até 8,52, são considerados típicos para regiões oceânicas. O pH da água do mar é principalmente estabelecido pela presença do sistema carbônico, de forma que modificações nas concentrações de gás carbônico e carbonatos através da fotossíntese, respiração, trocas oceano-atmosfera e precipitação podem acarretar em alterações nos níveis desse parâmetro abiótico (REZENDE *et al.*, 2006; NIENCHESKI *et al.*, 1999).

Os resultados obtidos no raio de 1000 m do FPSO Espírito Santo mostraram diferenças significativas (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ) em relação aos obtidos no raio de 200 m ( $p = 0,0029$ ), contudo não há diferenças entre os raios de 200 e 500 m e entre 500 e 1000 m. Observa-se que, considerando o panorama geral, os valores de pH foram maiores no raio de 200 em comparação ao de 1000 m.



**Figura 16: Valores de pH nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Os resultados obtidos na presente campanha, de um modo geral, estiveram acima do intervalo de valores observado ao longo do monitoramento (**Figura 17**). Com a realização da análise de variância para observar se houve diferença significativa entre os resultados da presente campanha com os das demais, o teste estatístico identificou que a presente campanha é significativamente diferente de todas as outras campanhas (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ).

É perceptível que a atual campanha apresentou a maior mediana da série histórica. É importante destacar, contudo, que os valores que ultrapassaram o limite estabelecido pela Resolução CONAMA o fizeram com pouca diferença. Além disso, nota-se que as estações a montante (no raio de 1000 m) também tiveram valores relativamente elevados. Acredita-se que o descarte da água produzida não tenha contribuído para alterar o panorama.

Contudo essas diferenças estatísticas, ambientalmente, podem não ser consideradas relevantes, uma vez que os valores observados são encontrados naturalmente em ambientes marinhos (GARRISON, 2010).

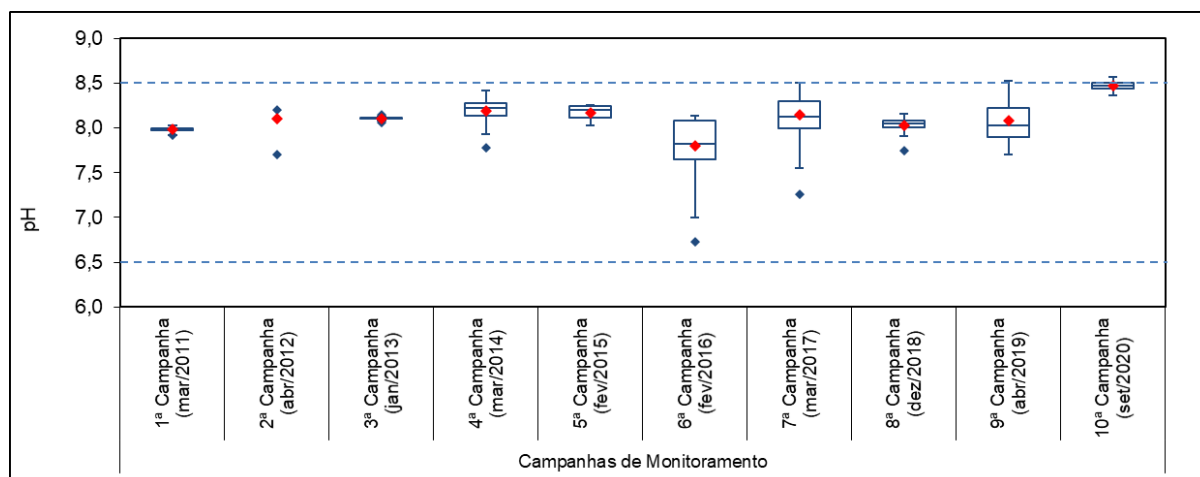


Figura 17: Resultados de pH observados nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

## 5.2. PARÂMETROS INORGÂNICOS

### 5.2.1. Nitrogênio e Fósforo

As concentrações de nitrato no entorno do FPSO Espírito Santo variaram entre  $0,001 \text{ mg.L}^{-1}$  (estação 10 - SUP) e  $0,101 \text{ mg.L}^{-1}$  (estação 10 - TC), estando este valor superior aos demais. Tal parâmetro obteve concentrações detectáveis para todas as estações ( $\text{LD} = 0,00098 \text{ mg.L}^{-1}$ ). O nitrito obteve a maior parte de suas concentrações abaixo do limite de detecção ( $\text{LD} = 0,00028 \text{ mg.L}^{-1}$ ) e os resultados detectados oscilaram entre a faixa de  $0,0003$  a  $0,0005 \text{ mg.L}^{-1}$ . Já as concentrações de nitrogênio amoniacal variaram entre abaixo do limite de detecção ( $< 0,0007 \text{ mg.L}^{-1}$ ) e  $0,002 \text{ mg.L}^{-1}$  (Figura 18).

Todos os resultados obtidos no atual estudo mantiveram-se de acordo com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 (até  $0,4 \text{ mg.L}^{-1}$  para nitrogênio amoniacal e nitrato e até  $0,07 \text{ mg.L}^{-1}$  para nitrito). Apenas os resultados de nitrito foram significativamente diferentes, ao considerar os raios de 200 e 1000 m de coleta. Isto provavelmente ocorre devido à grande quantidade de amostras nos raios de 200 m abaixo do LQ (10 de 12 amostras), bem como a valores ligeiramente maiores de nitrito nas estações a montante.

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).

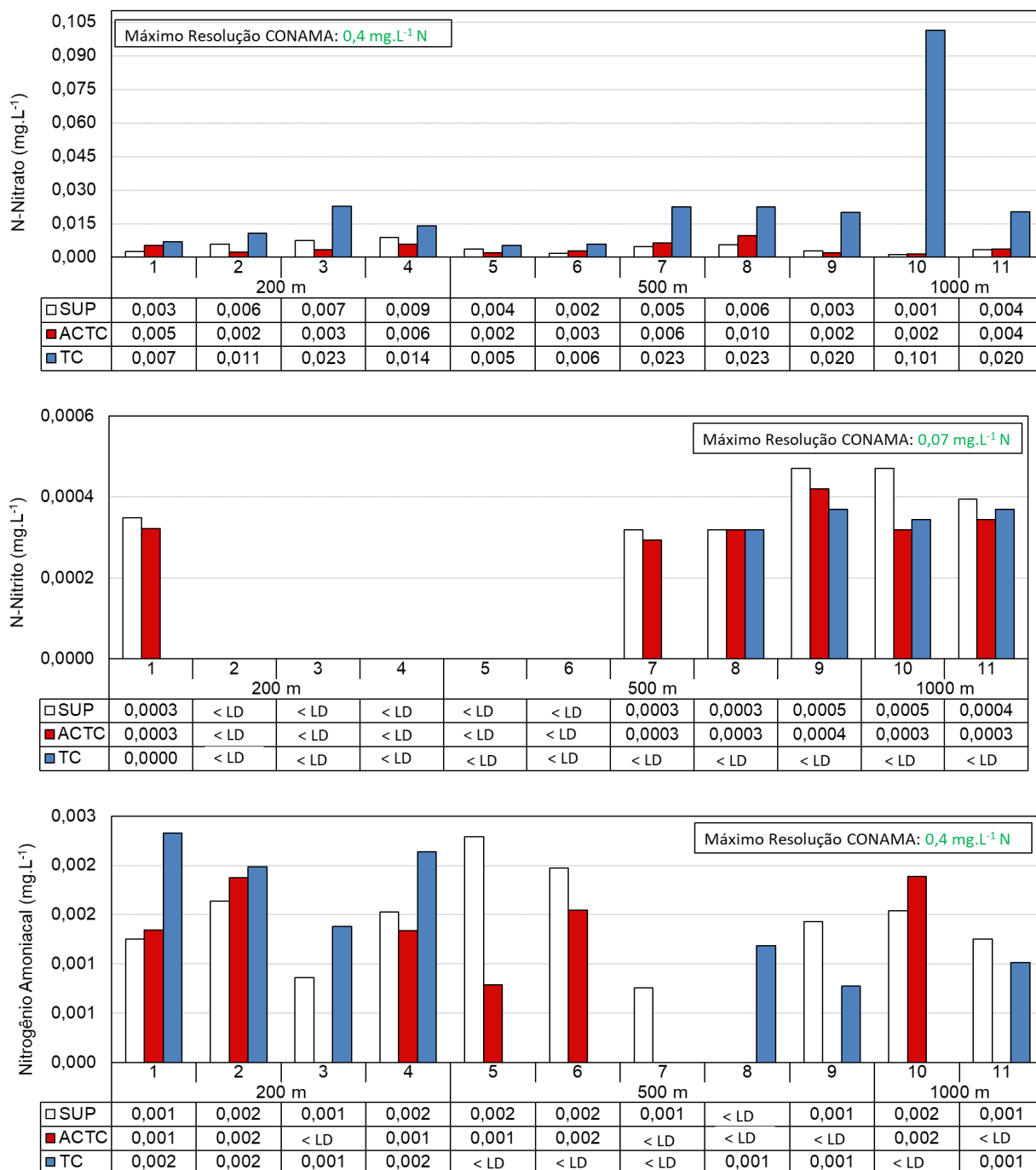


Figura 18: Distribuição das concentrações de nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Com exceção das concentrações de nitrato da campanha de 2011, que apresentaram valores atipicamente elevados e interpretados como imprecisões analíticas, provavelmente relacionadas com a influência salina no cromatograma, todos os demais resultados se mostraram de acordo com os limites estabelecidos pela legislação ambiental (Erro! Fonte de referência não encontrada.). Os resultados de nitrogênio amoniacal





(Figura 20) obtidos na presente campanha (2020) apresentaram diferenças significativas (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ) em relação à todas as campanhas, enquanto que para nitrito só não se observaram diferenças significativas em relação às campanhas de 2015 ( $p = 0,1630$ ), 2016 ( $p = 0,4162$ ) e 2019 ( $p = 0,8752$ ). Com relação ao nitrato, foram verificadas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os resultados da presente campanha e os das campanhas pretéritas nesta região, à exceção das campanhas de 2016 ( $p = 0,8424$ ) e 2018 ( $p = 0,8929$ ).

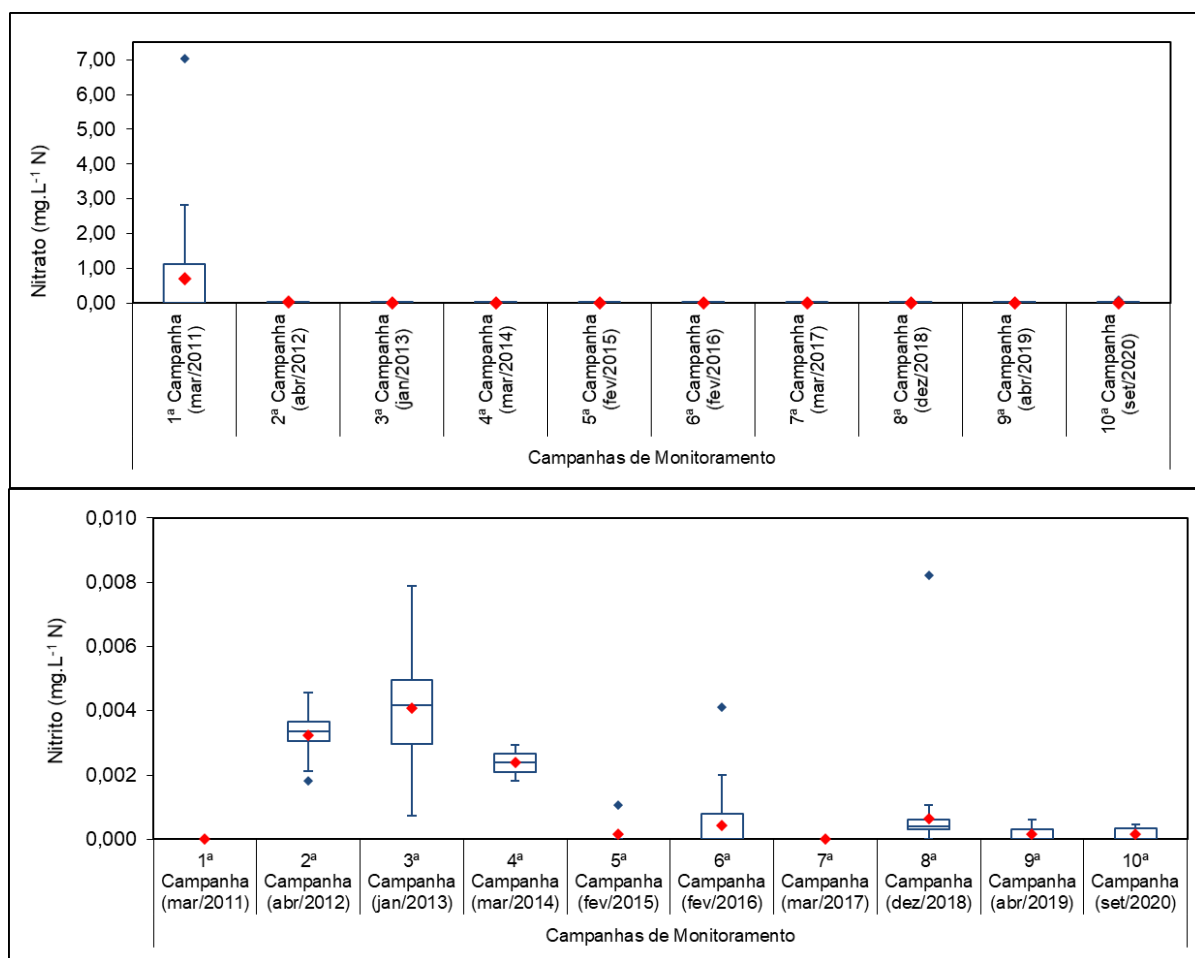


Figura 19: Concentrações de nitrato e nitrito observadas nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.

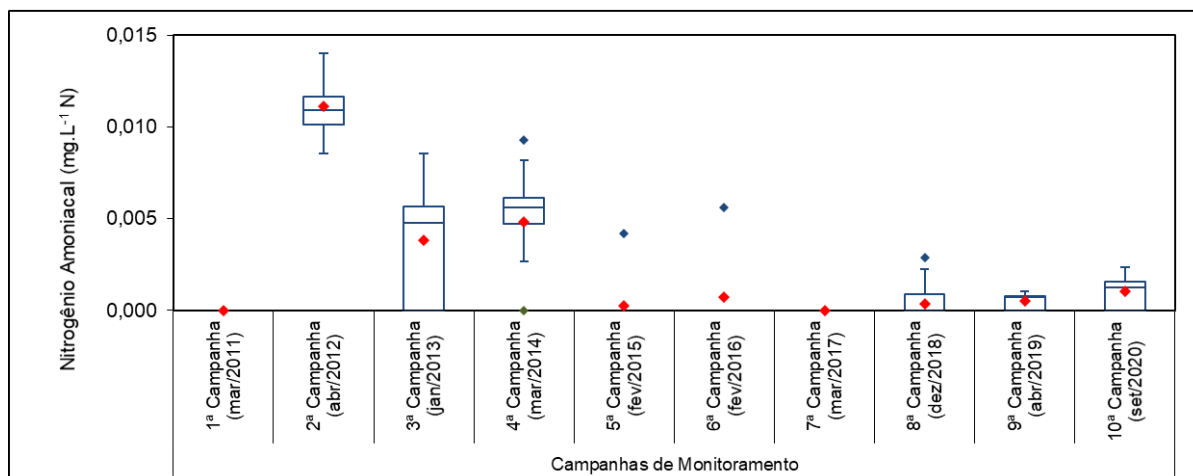


Figura 20: Concentrações de nitrogênio amoniacal observadas nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Para fosfato, fração correspondente ao fósforo inorgânico dissolvido na água (ortofosfatos e polifosfatos, formas predominantes nas águas oceânicas), as concentrações verificadas no atual estudo variaram desde valores não detectáveis a 0,0017 mg.L<sup>-1</sup>, valor obtido na profundidade ACTC da estação 9 (Figura 21), não tendo sido identificado um padrão comum de distribuição das concentrações entre as estações de coleta. Não foram identificadas diferenças significativas (Kruskal-Wallis, p= 0,5032) 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 mg.L<sup>-1</sup>, o que demonstra que as concentrações estão condizentes com o estipulado pela Resolução.

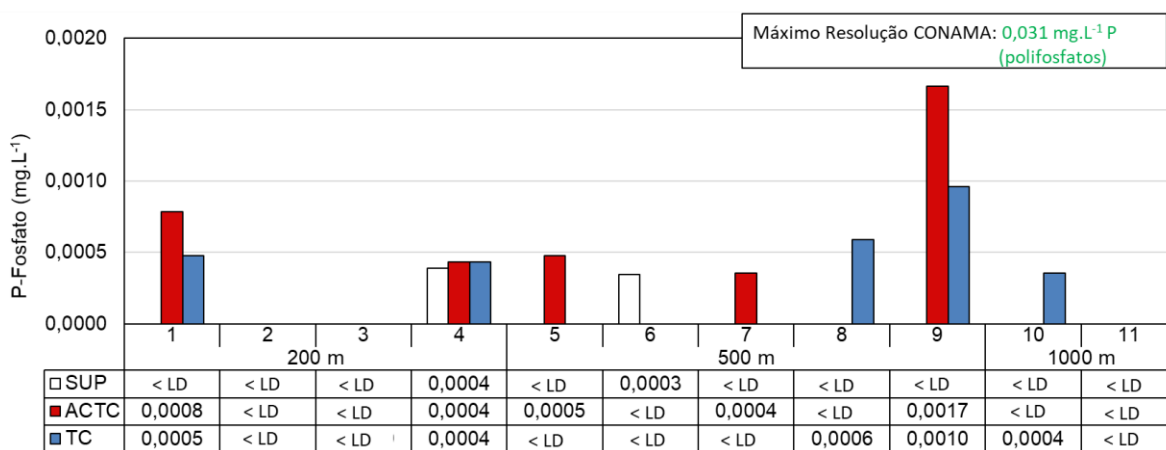


Figura 21: Distribuição das concentrações de fosfato nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

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 2011 ( $p=0,0209$ ), 2012 ( $p<0,0001$ ), 2013 ( $p<0,0001$ ); 2014 ( $p<0,0001$ ) e 2017 ( $p<0,0001$ ), com as menores concentrações sendo verificadas nesta campanha.

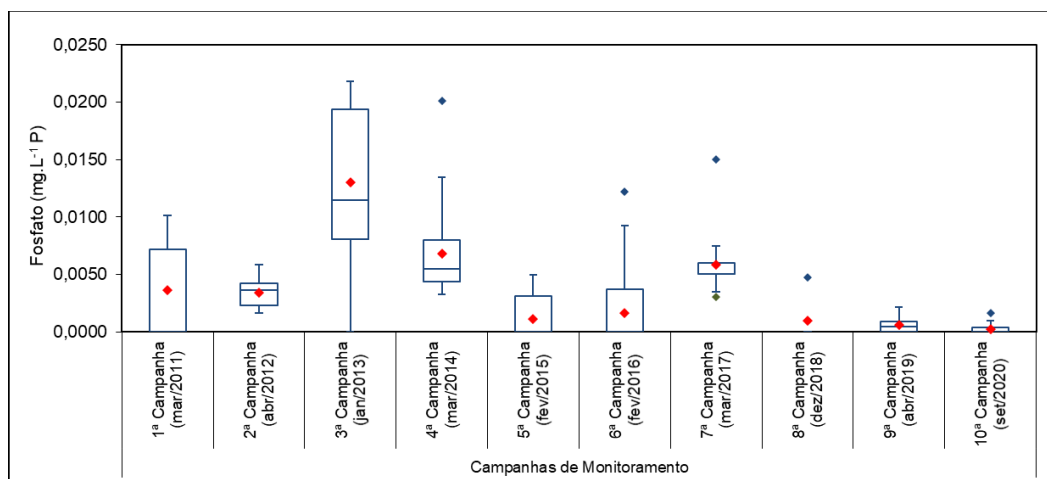


Figura 22: Concentrações de fosfato observadas nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.

### 5.2.2. Clorofila-a

Os resultados de clorofila-a obtidos na 10ª campanha de monitoramento do FPSO Espírito Santo variaram de  $0,043 \mu\text{g.L}^{-1}$  (estação 11 - SUP) a  $0,191 \mu\text{g.L}^{-1}$  (estação 4 – TC). De uma forma geral, observa-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).

Nas estações 3 e 8, camada SUP, bem como na estação 7, camada ACTC, observa-se a quebra mais acentuada deste padrão. A maior homogeneização da coluna d'água, com ausência de uma termoclina bem definida e camada de mistura relativamente profunda poderia ter contribuído para este panorama.

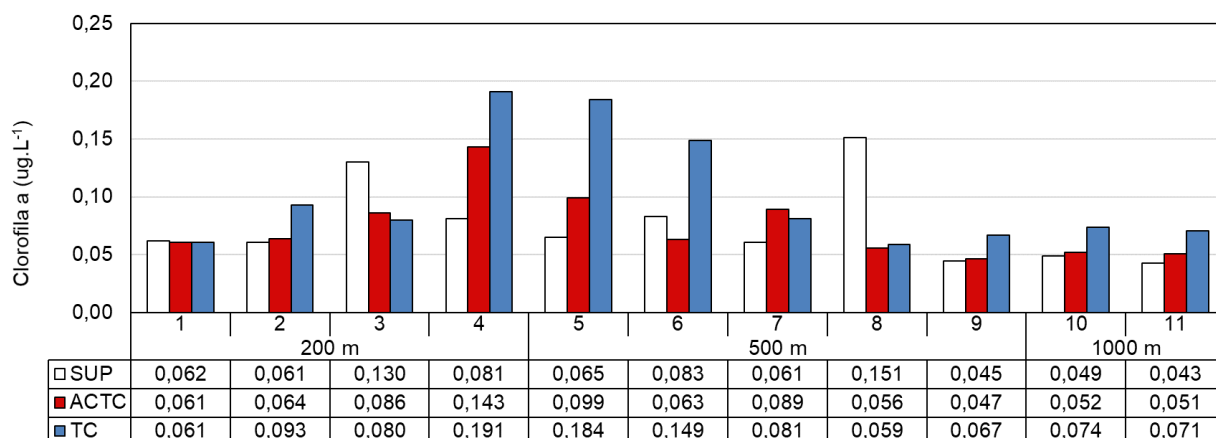


Figura 23: Distribuição das concentrações de clorofila-a nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

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 ( $p = 0,0475$ ). As concentrações observadas na presente campanha foram superiores às obtidas nos anos de 2018 e 2019, a partir de quando tal parâmetro começou a ser identificado (Tabela 5).

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

Clorofila-a (µg.L <sup>-1</sup> )				
Nº da campanha	Ano	Média	Mínimo	Máximo
8ª	2018	0,005	0,002	0,013
9ª	2019	0,043	0,003	0,130
10ª	2020	0,083	0,043	0,191

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

### 5.2.3. Metais

No presente estudo foram analisados os seguintes metais e semimetais: alumínio dissolvido (Al), cobre dissolvido (Cu), ferro dissolvido (Fe), arsênio (As), bário (Ba), berílio (Be), boro (B), cádmio (Cd), chumbo (Pb),



cobre total (Cu), cromo (Cr), ferro total (Fe), manganês (Mn), mercúrio (Hg), níquel (Ni), prata (Ag), selênio (Se), tálio (Tl), urânio (U), vanádio total (V) e zinco (Zn). A maioria dos metais analisados não foi encontrado em concentrações quantificáveis (**Tabela 6**), sendo referidos em sua maioria como elementos traços, com exceção dos elementos, boro, bário, manganês, vanádio e zinco, que apresentaram valores quantificáveis na presente campanha.

**Tabela 6: Metais que apresentaram concentrações abaixo do Limite de Quantificação (LQ) nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Metais	LQ (mg.L <sup>-1</sup> )	Limite máximo Resolução CONAMA nº 357/05 Águas Salinas Classe 1 (mg.L <sup>-1</sup> )
Alumínio Dissolvido	0,05	1,5
Arsênio Total	0,005	0,01
Berílio Total	0,003	0,0053
Cádmio Total	0,001	0,005
Chumbo Total	0,005	0,01
Cobre Total	0,005	-
Cobre Dissolvido	0,005	0,005
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, mas nenhum desses parâmetros foi quantificado.

Para o elemento bário foram identificadas concentrações que oscilaram entre menor que o LQ (<0,005 mg.L<sup>-1</sup>) e 0,022 mg.L<sup>-1</sup> (estação 7 – ACTC). Sua presença foi identificada nas estações 2 – SUP; 7 – ACTC; 8 – TC; 9 – SUP; 11 – TC e não foi observado um padrão de ocorrência (**Figura 24**). Todos os resultados obtidos estiveram abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1.

Historicamente este parâmetro não foi detectado em campanhas pretéritas. Ressalta-se ainda que, a estação 11 (controle) também apresentou concentrações quantificáveis deste elemento. Deste modo, é possível que



o bário detectado seja originado por outras fontes externas ao FPSO Espírito Santo, sendo pertinente que este elemento seja monitorado em campanhas futuras, para que a situação ligada a este parâmetro possa ser melhor compreendida.

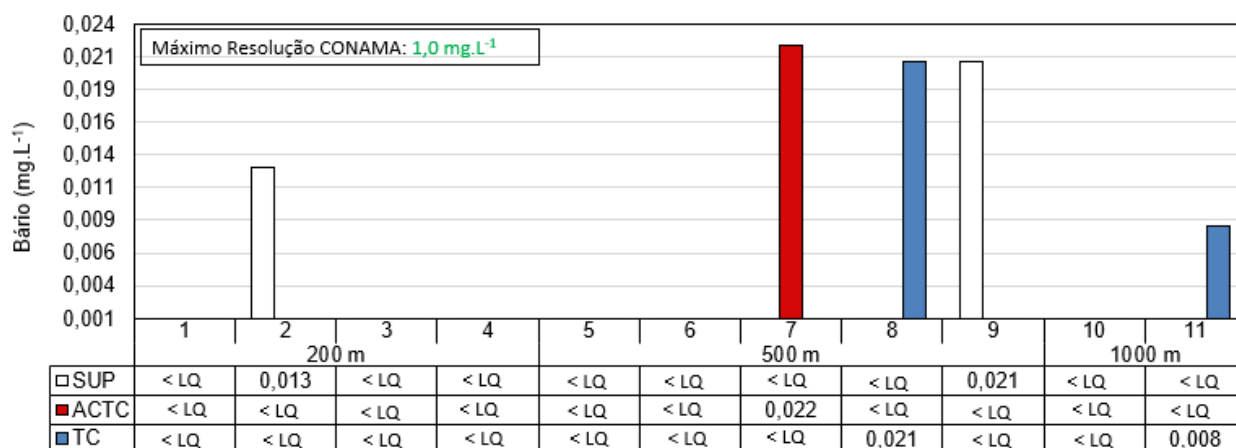
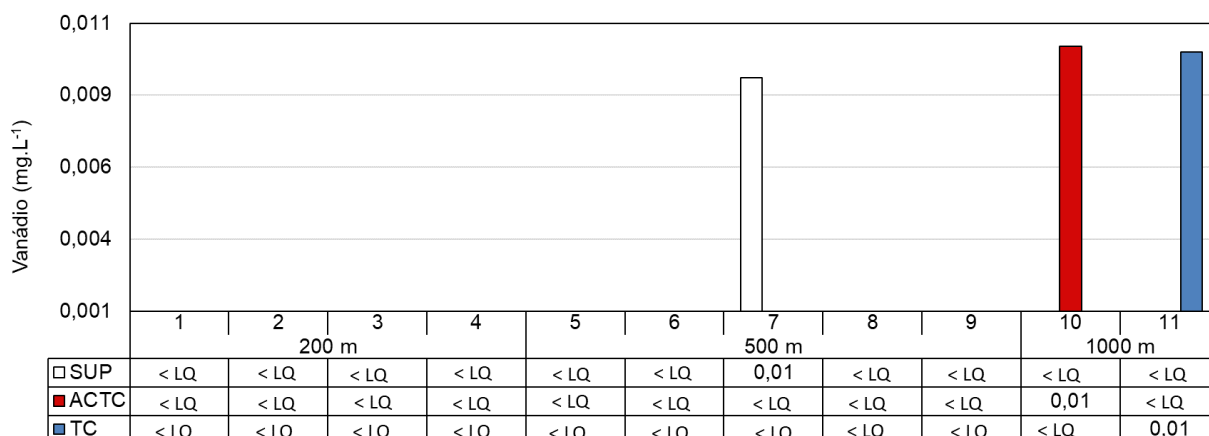


Figura 24: Distribuição das concentrações de bário nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

O manganês obteve concentração quantificável em apenas uma estação, sendo seu valor de 0,01 mg.L<sup>-1</sup> (estação 7 – SUP). A presença deste metal poderia ser indicativa de interferência do lançamento de água de produção na região, contudo acredita-se que não seja este o caso, tendo em vista que nas estações diretamente sob a influência da água de descarte (200 m) tal elemento não foi observado, bem como a sua aparição em uma única amostra. Destaca-se que este valor está abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05, que é de 0,1 mg.L<sup>-1</sup>.

O vanádio apresentou concentrações acima do limite de quantificação do método apenas na presente campanha. Porém, a maioria dos resultados desta campanha, inclusive, esteve abaixo do limite de quantificação (<0,005 mg.L<sup>-1</sup>). Dentre os que foram quantificáveis houve oscilação entre 0,0091 (estação 7 – SUP) a 0,0102 mg.L<sup>-1</sup> (estação 10 – ACTC) (Figura 25). A Resolução CONAMA 357/05 não estabelece limite máximo para este metal para águas salinas classe 1.

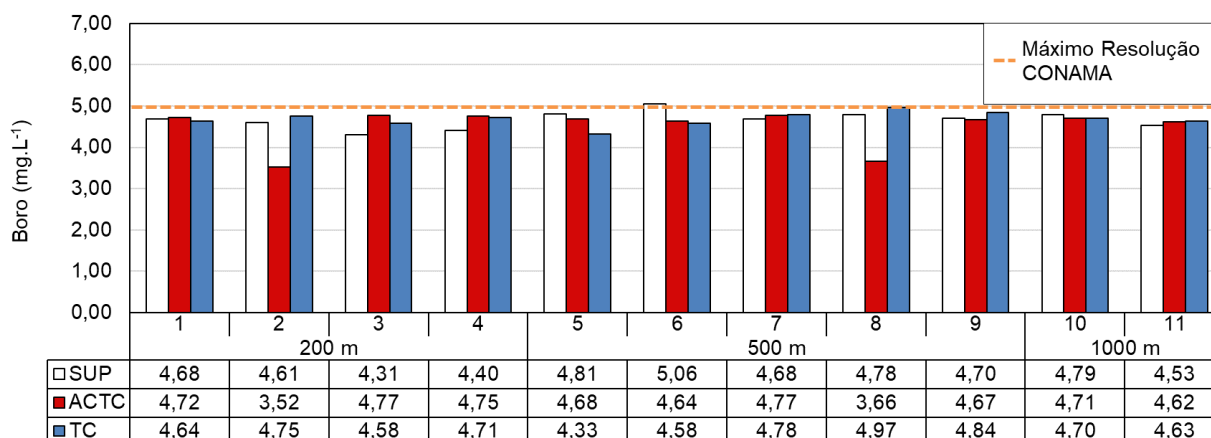
Destaca-se a presença deste metal nas duas estações a montante (estações de controle 10 - ACTC e 11 - TC) e em apenas uma a jusante (estação 7 – SUP), podendo ser um indicativo de influência de algum fator externo a atividade do FPSO Espírito Santo.



**Figura 25: Distribuição das concentrações de vanádio nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

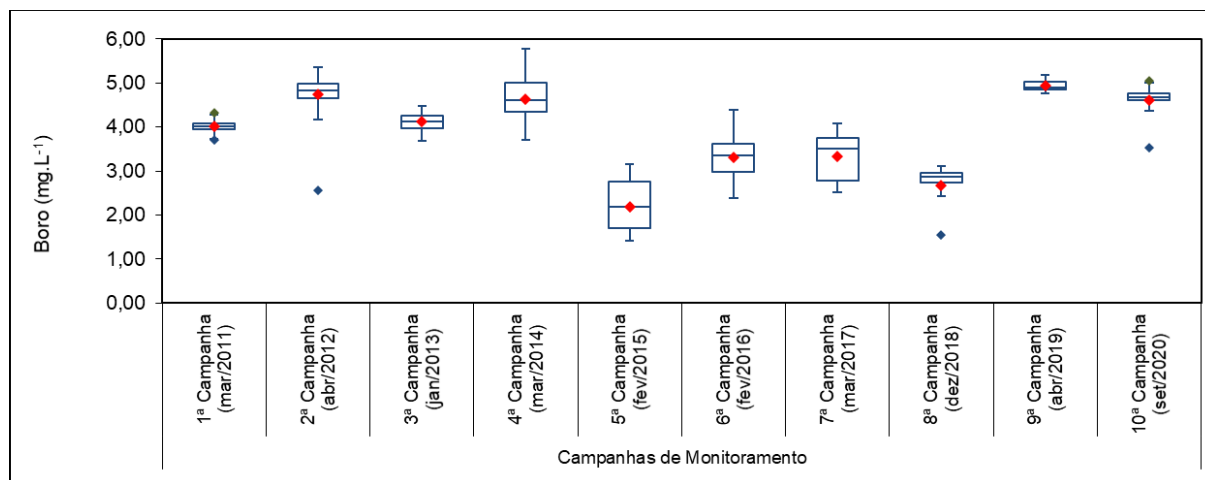
Para o elemento boro, as concentrações variaram entre 3,52 (estação 2 – ACTC) a 5,06 mg.L<sup>-1</sup> (estação 6 – SUP), conforme apresentado na **Figura 26**. O semimetal boro apresentou concentração ligeiramente superior ao nível estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 (5 mg.L<sup>-1</sup>) em apenas uma estação (6 – SUP), contudo foi quantificado nas 33 amostras. É importante ressaltar que as estações 10 e 11 são consideradas controle, uma vez que estão localizadas a 1.000 m do FPSO Espírito Santo e no sentido contrário da corrente e as mesmas apresentaram valores similares aos das outras estações. Este panorama corrobora com a visão de que este fator não se relaciona diretamente com a atividade de produção da referida plataforma. Os resultados obtidos nos três raios não foram significativamente diferentes (Kruskal-Wallis,  $p = 0,1609$ ) 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), sendo ali indicado que concentrações deste parâmetro em águas costeiras brasileiras podem ultrapassar este limite estabelecido pela legislação.





**Figura 26: Distribuição das concentrações de boro nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Os resultados referentes a boro obtidos na presente campanha (2020) mantiveram-se dentro da variabilidade observada nas campanhas anteriores (**Figura 27**). Concentrações superiores aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA já haviam sido verificadas nas campanhas de 2012; 2014 e 2019. A única campanha que não apresentou diferenças significativas (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ) com os resultados obtidos nesta campanha foi a de 2014 ( $p = 0,4385$ ).



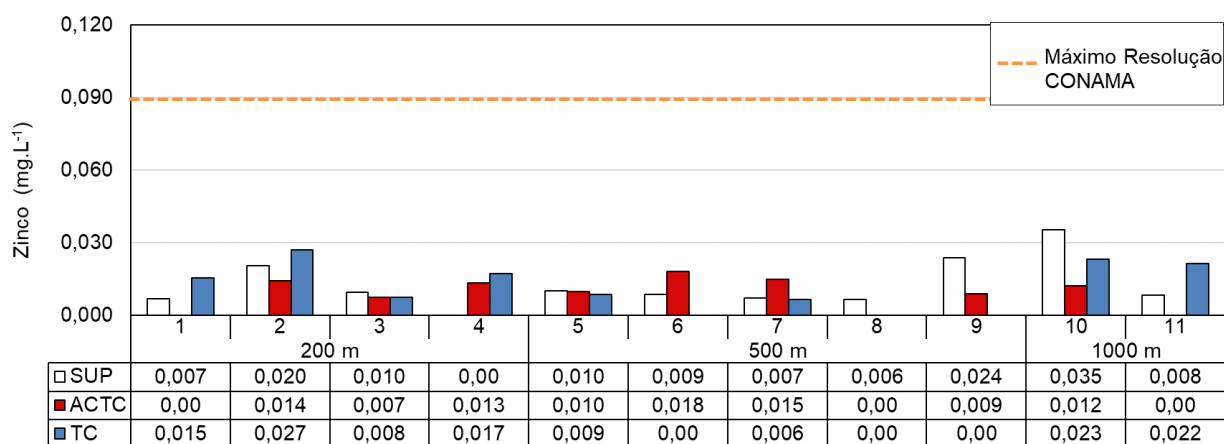
**Figura 27: Concentrações de boro observadas nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Com relação ao elemento zinco, este apresentou concentrações com valores abaixo do limite de quantificação ( $< 0,005 \text{ mg.L}^{-1}$ ) até  $0,035 \text{ mg.L}^{-1}$  (estação 10 – TC), conforme a **Figura 28**. Todos os resultados obtidos mantiveram-se inferiores ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 ( $0,09 \text{ mg.L}^{-1}$ ) e, apesar da concentração máxima observada na estação 10 – TC, não foram identificadas diferenças significativas (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ) entre os resultados obtidos nos três raios amostrados ( $p = 0,1789$ ).

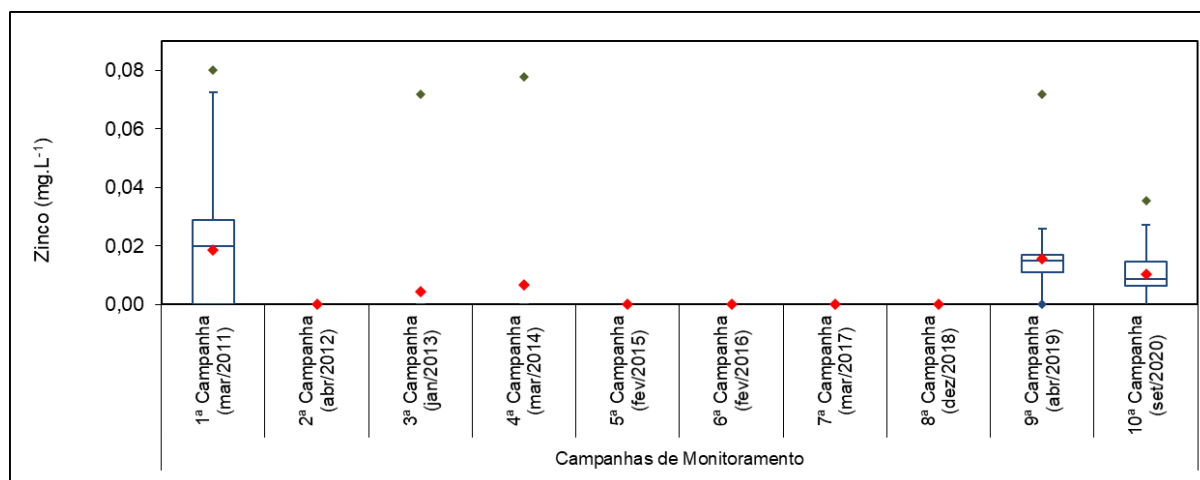


Considerando a observação de que as estações a montante obtiveram resultados elevados em relação às outras estações, pode-se dizer que não houve influência do descarte de água de produção.

As concentrações obtidas nesta campanha mantiveram-se dentro do intervalo de valores obtidos nas campanhas anteriores (**Figura 29**), tendo sido observadas diferenças significativas (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ) entre os resultados dos anos de 2013 ( $p < 0,0001$ ), 2014 ( $p < 0,0001$ ) e 2019 ( $p = 0,0180$ ).



**Figura 28: Distribuição das concentrações de zinco nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**



**Figura 29: Concentrações de zinco observadas nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

#### 5.2.4. Cianeto livre

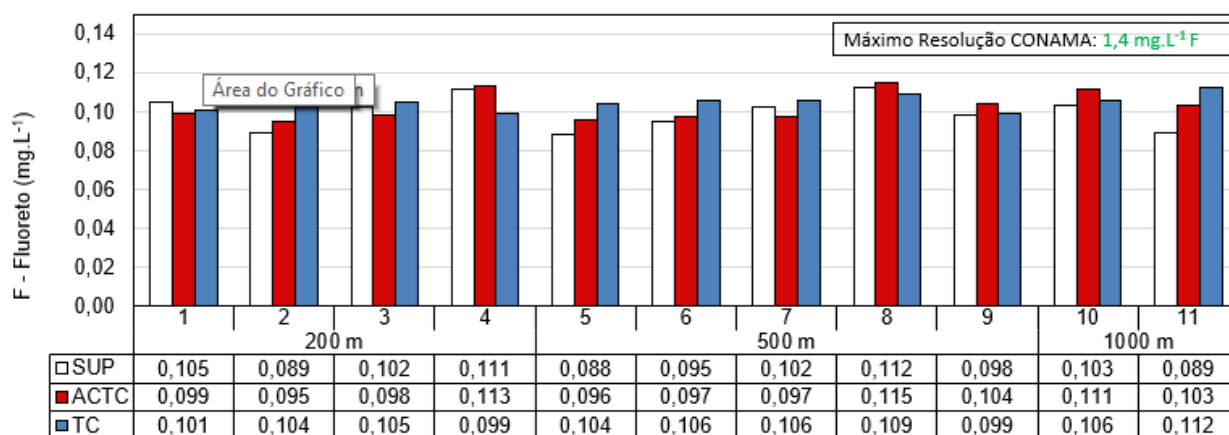
Os cianetos são compostos que contêm o radical CN, sendo que a preocupação em relação ao elemento no meio ambiente é devida a sua alta toxicidade, principalmente quando associado ao zinco e cádmio. Na atual campanha, as amostras foram coletadas em triplicata para este parâmetro, pois o valor do limite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



Os resultados das análises mostraram que as concentrações de cianeto estiveram abaixo do limite de quantificação ( $<0,001 \text{ mg.L}^{-1}$ ) em todas as amostras. Nas campanhas anteriores também não foram quantificadas concentrações de cianeto no entorno do FPSO Espírito Santo.

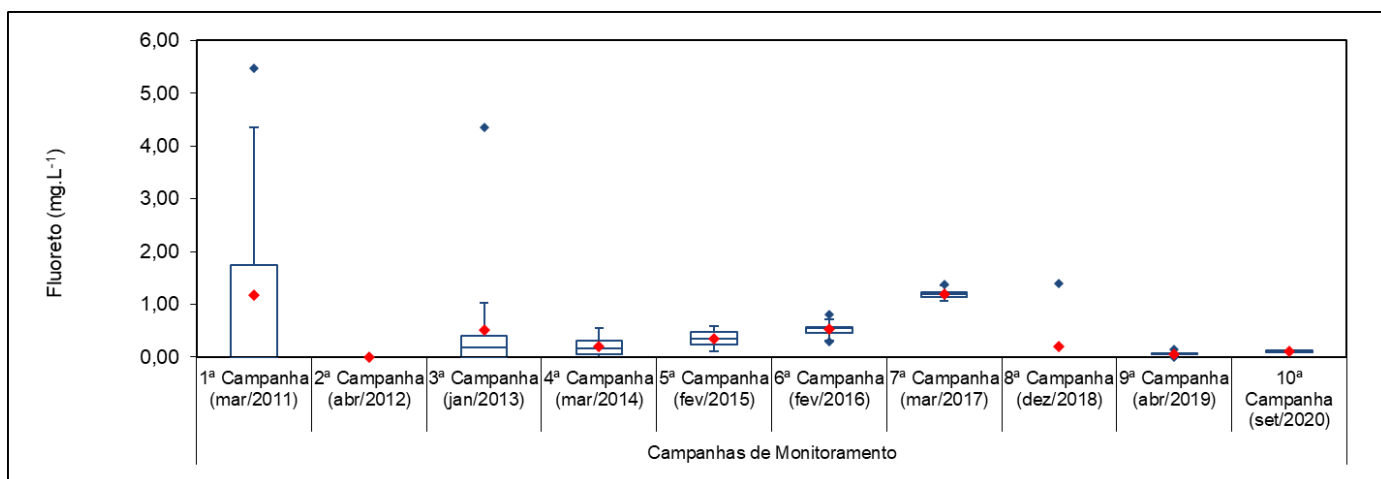
### 5.2.5. Fluoretos

Nas estações distribuídas no entorno do FPSO Espírito Santo foram observadas concentrações variando desde concentrações de  $0,088 \text{ mg.L}^{-1}$  (estação 5 – SUP) a  $0,115 \text{ mg.L}^{-1}$  (estação 8 – ACTC), sem padrão espacial claro, tanto em relação a coluna d'água quanto em relação à distância da unidade (**Figura 30**). A partir da análise de Kruskal-Wallis não foi verificada diferença significativa entre as três estações ( $p= 0,2849$ ). 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 ( $1,4 \text{ mg.L}^{-1}$ ).



**Figura 30: Distribuição das concentrações de fluoreto nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Os resultados de fluoretos obtidos na atual 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. Foram observadas diferenças significativas (com  $p<0,0001$ ) entre a atual campanha e os anos de 2015, 2016, 2017, 2018 e 2019.



**Figura 31: Concentrações de fluoreto observadas na dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, 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 Espírito Santo, mantendo as características da água condizentes com o estipulado pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 (até  $0,002 \text{ mg.L}^{-1}$ ).

### 5.2.7. Cloro Residual Total

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 Espírito Santo 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 Espírito Santo, o parâmetro de 226Ra não foi detectado, tendo ficado abaixo do limite de detecção em todas as estações ( $LQ = 0,010 \text{ Bq.L}^{-1}$ ). Já o 228Ra foi identificado em apenas uma estação ( $LQ = 0,020 \text{ Bq.L}^{-1}$ ), tendo um valor de  $0,03 \text{ Bq.L}^{-1}$  (estação 8 – SUP).

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 226Ra e entre  $0,05$  e  $12,0 \text{ Bq.L}^{-1}$  para 228Ra.

Nas campanhas realizadas anteriormente no entorno do FPSO Espírito Santo, as concentrações de radioisótopos tenderam a uma distribuição aleatória, com maioria de amostras abaixo do limite de quantificação e picos em diferentes estações. Os picos observados na campanha de 2012 chegaram a concentrações anômalas para água do mar, na concentração de  $6,04 \text{ Bq.L}^{-1}$  para 226Ra e de  $22,5 \text{ Bq.L}^{-1}$  para 228Ra (resultados omitidos na **Figura 32** para não comprometer a visualização dos demais dados), enquanto nas demais campanhas o comportamento foi mais similar, em geral com concentrações similares para 226Ra e com maioria das amostras com concentrações abaixo do limite de detecção para 228Ra.

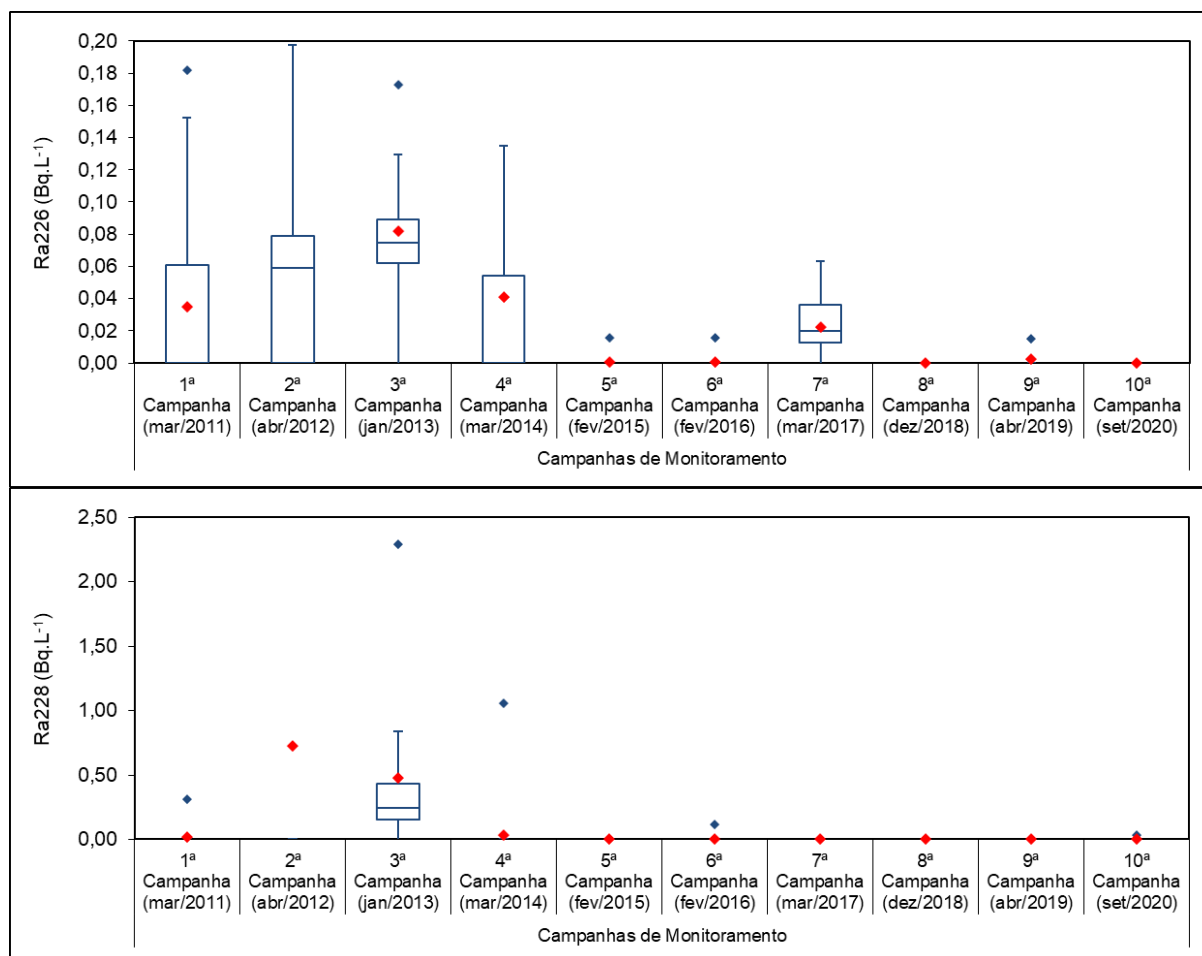


Figura 32: Concentrações de <sup>226</sup>Ra e <sup>228</sup>Ra observadas nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.

## 5.3. PARÂMETROS ORGÂNICOS

### 5.3.1. Carbono Orgânico Total (COT)

As concentrações de carbono orgânico total (COT) observadas no entorno do FPSO Espírito Santo no atual estudo apresentaram valores que variaram de 0,99 mg.L<sup>-1</sup> (estação 1 – ACTC) a 2,59 mg.L<sup>-1</sup> (estação 8 - TC), como pode ser observado na **Figura 33**. A Resolução CONAMA 357/05 estabelece o limite de 3 mg.L<sup>-1</sup> de COT para águas marinhas classe 1, limite este que não foi ultrapassado por alguma das estações. Diferenças significativas (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ) entre os raios de amostragem não foram verificadas entre os raios de 200, 500 e 1000 m ( $p = 0,0381$ ).

Além disso, comparando com os resultados obtidos ao longo do monitoramento no entorno do FPSO Espírito Santo, as concentrações de COT observadas na atual campanha apresentaram diferenças significativas (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ) apenas em relação aos resultados obtidos nas campanhas de 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018 (**Figura 34**).

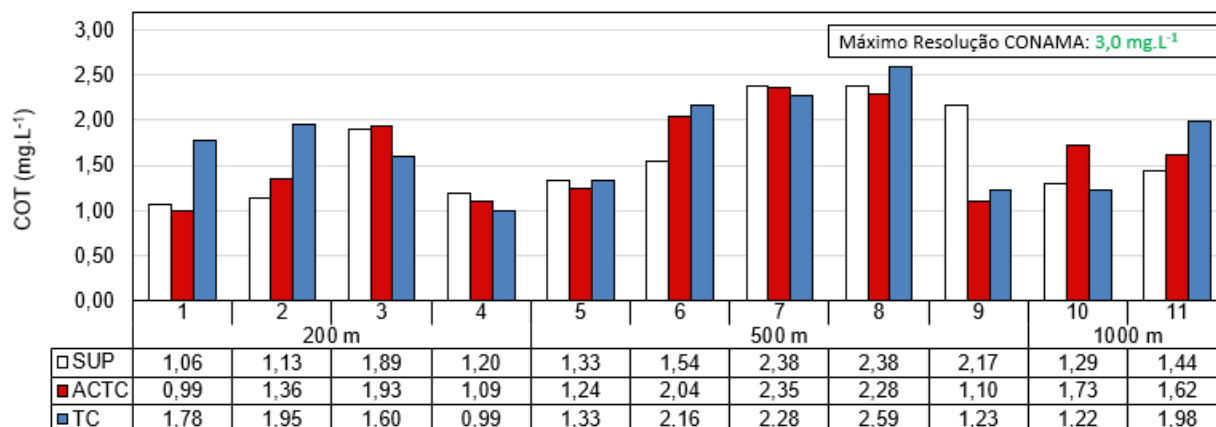


Figura 33: Distribuição das concentrações de Carbono Orgânico Total (COT) nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

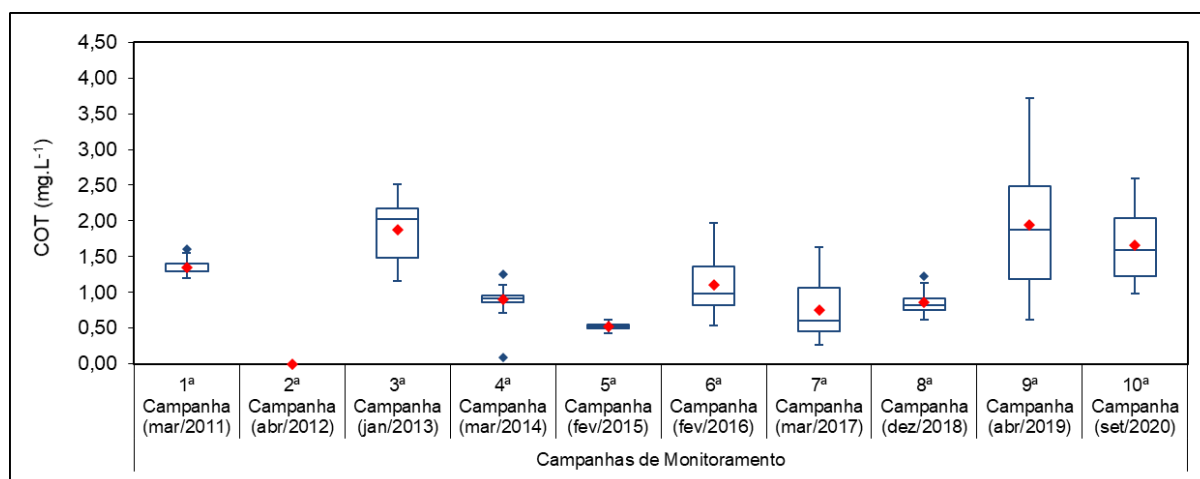


Figura 34: Concentrações de COT observadas nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.

### 5.3.2. Surfactantes

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

A exceção foi a campanha de 2019, quando foram verificadas concentrações quantificáveis que variaram desde  $0,13 \text{ mg.L}^{-1}$  a  $0,27 \text{ mg.L}^{-1}$ . Sendo assim, apesar de nesta campanha não terem sido quantificados surfactantes, sua aparição na 9ª campanha denota a necessidade da continuidade do acompanhamento deste parâmetro nas próximas campanhas.





### 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 ( $LQ < 0,001 \mu\text{g.L}^{-1}$ ) no presente estudo. Os PCBs também não foram quantificados nas campanhas anteriores, realizadas anualmente desde 2011. Salienta-se que o máximo para PCBs em águas salinas classe 1 segundo a Resolução CONAMA 357/05 é de  $0,03 \mu\text{g.L}^{-1}$ .

### 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 oito das 33 amostras coletadas no entorno do FPSO Espírito Santo na atual campanha, incluindo as estações controle (estações 10 e 11 ACTC). Dentre essas oito, os valores encontrados variaram de 1,1 (estação 6 – ACTC e TC) a  $5,2 \text{ ng.L}^{-1}$  (estação 7 - ACTC), como pode ser verificado na **Figura 35**. A Resolução CONAMA estabelece o limite de  $10 \mu\text{g.L}^{-1}$  ( $= 10 \text{ ng.L}^{-1}$ ) de tributilestanho para águas salinas classe 1, de forma que todos os resultados obtidos encontram-se de acordo com o estabelecido pela legislação ambiental. Com relação às campanhas anteriores este parâmetro foi detectado apenas em 2019 (9ª campanha), em seis das 33 amostras, tendo os valores quantificados, variado entre 1,4 a  $3,4 \text{ ng.L}^{-1}$ .



Cabe destacar, contudo, que o limite de detecção das campanhas anteriores (até o ano de 2018) era superior ao limite de quantificação da presente campanha, o que permitiu que algumas concentrações fossem quantificadas. Deste modo, a não detecção ao longo do monitoramento pode estar relacionado ao LD menos conservativo e, mantendo-se o LQ da atual campanha, é possível que o tributilestanho siga sendo detectado futuramente também, configurando-se como importante o acompanhamento deste parâmetro nas próximas campanhas para melhor compreensão dos resultados.

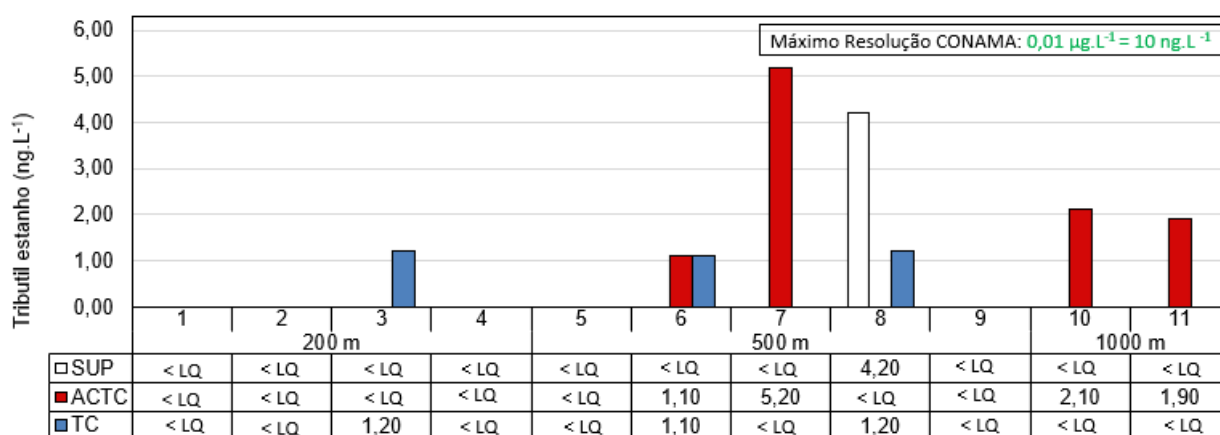


Figura 35: Distribuição das concentrações de tributilestanho nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

### 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). Na presente campanha não foram quantificadas quaisquer amostras, o que está em conformidade com o histórico, à exceção do ano de 2019, que apresentou concentrações para n-alcenos de 27,2 e  $33,4 \mu\text{g.L}^{-1}$ .

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

Para a presente campanha foram também analisados os compostos BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos) e fenóis. No caso dos compostos do BTEX, em nenhuma amostra houve quantificação ( $LQ = 1 \mu\text{g.L}^{-1}$ ). Já com relação aos fenóis, foram identificados em todas as estações, com variação de  $41 \mu\text{g.L}^{-1}$  (estação 1 – TC) a  $60 \mu\text{g.L}^{-1}$  (estações 2 – SUP, 3 – SUP, 4 – SUP, 2 – ACTC, 3 – ACTC, 7 – ACTC, 8 – ACTC, 2 – TC, 3 – TC, 5 – TC, 6 – TC e 11 – TC) (**Figura 36**). Nas campanhas anteriores, não foram verificadas concentrações de fenóis.

Para fins de comparação, a Resolução CONAMA 357/05 estabelece para os compostos benzeno, tolueno e etilbenzeno os limites de até 700, 215 e  $25 \mu\text{g.L}^{-1}$ , respectivamente, enquanto que para os fenóis totais o limite superior estabelecido por esta legislação é de  $60 \mu\text{g.L}^{-1}$ . Deste modo, as concentrações não ultrapassaram o limite estabelecido pela legislação brasileira para estes parâmetros.

Diferenças significativas (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ) entre os raios de amostragem não foram verificadas ( $p = 0,4641$ ), 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 a outros fatores externos à atividade da plataforma.



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

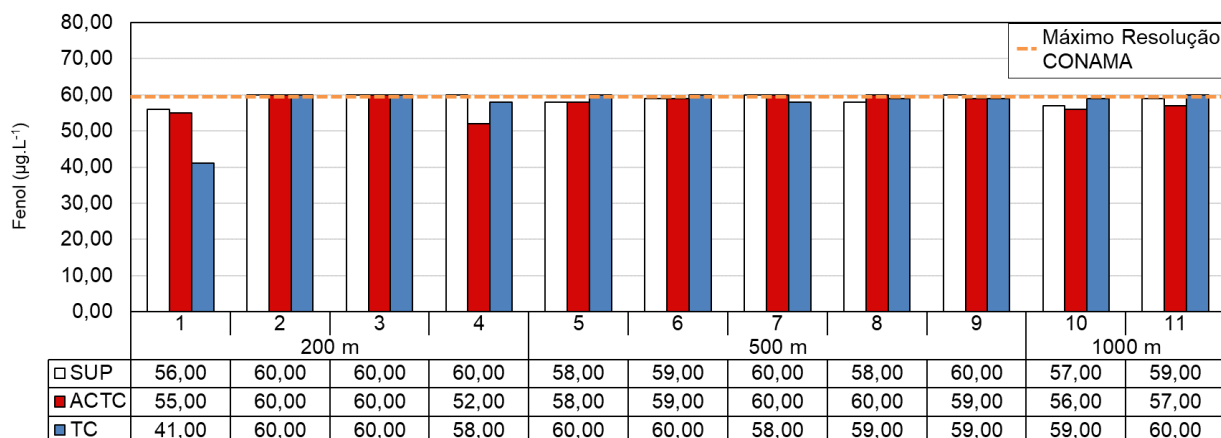


Figura 36: Distribuição das concentrações de fenóis nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

### 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 do FPSO Espírito Santo, 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 Espírito Santo, por um período de 96 horas em um sistema estático com efeitos sobre a



sobrevivência, observado 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 7 – SUP (93,0%). É pertinente ressaltar que todos os resultados obtidos foram indicativos de ausência de toxicidade, uma vez que não apresentaram diferenças significativas (Teste de “Dunnett”) em relação aos resultados obtidos por ambos os controles empregados, onde o percentual de *pluteus* normais foi de 95,0% e 95,2%. Portanto, os resultados estiveram em acordo com o preconizado pela Resolução CONAMA 357/05.

**Tabela 7: Resultados do teste de ecotoxicidade crônica no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

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

## 5.5. BIOTA

### 5.5.1. Fitoplâncton

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

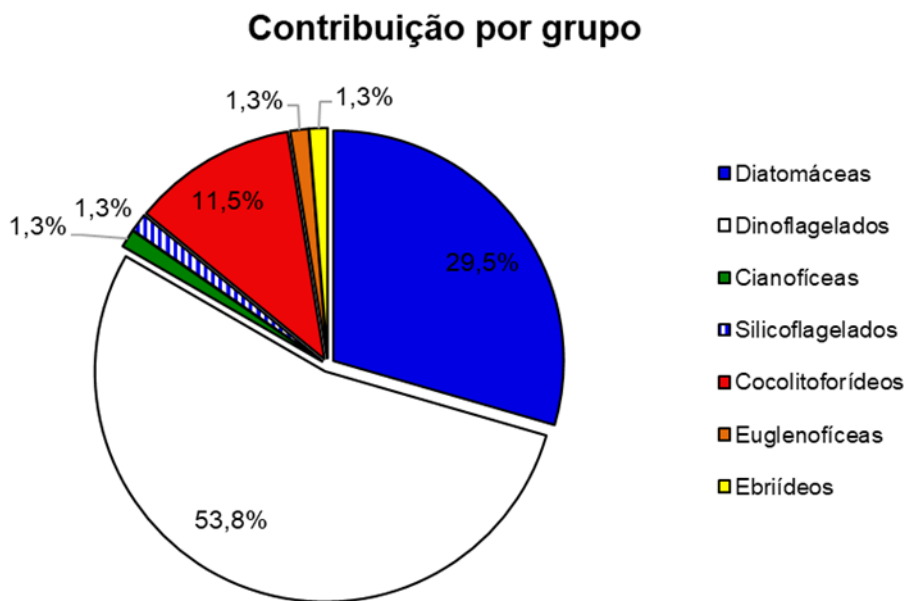


### 5.5.2. Composição específica

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  $\mu\text{m}$ ), o que dificulta a identificação das espécies em análises de rotina, conforme detalhado na metodologia. Na atual campanha foram identificados apenas 3 táxons, sendo eles o nanoplâncton não identificado (1 táxon), Diatomácea (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), silicoflagelados (Chromophyta – Classe Dictyochophyceae), cianofíceas (Cyanophyta), euglenofíceas (Chlorophyta), cocolitoforídeos (Chromophyta - Classe Prymnesiophyceae) e ebrídeos (Filo Sarcomastigophora - Classe Zoomastigophorea) de forma que a composição da comunidade do microfitoplâncton pode ser analisada mais profundamente, conforme será abordado adiante.

Na atual campanha no entorno do FPSO Espírito Santo, o microfitoplâncton foi composto por 78 táxons distintos, pertencentes a diferentes grupos do fitoplâncton, sendo a maioria dinoflagelados (42 táxons), seguido pelas diatomáceas (23 táxons), cocolitoforídeos com 9 táxons, cianofíceas, euglenofíceas, silicoflagelados e ebrídeos com apenas 1 táxon cada, conforme mostra a **Figura 37**. A predominância de diatomáceas e de dinoflagelados na comunidade microfitoplanctônica, totalizando 83,3% 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 12%). As cianofíceas contribuíram com menos de 7%, assim como nas campanhas pretéritas.



**Figura 37: Contribuição percentual das classes taxonômicas do microfitoplâncton identificadas nas estações de amostragem no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

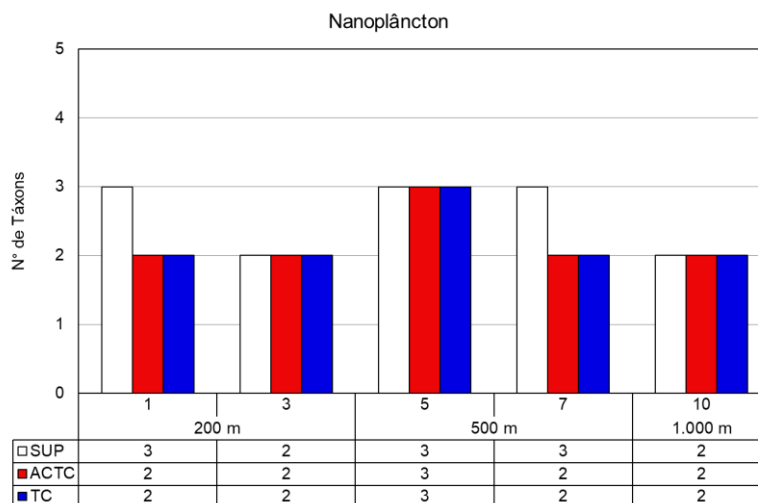
A comunidade microfitoplanctônica refletiu as condições de um sistema oceânico tropical caracterizado por espécies termófilas indicadoras da Corrente do Brasil, como a diatomácea *Leptocylindrus mediterraneus*; o dinoflagelado *Pronoctiluca pelagica* e *Oxytoxum gracile*; os cocolitoforídeos *Discosphaera tubifer*, *Calciosolenia murrayi* (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).

### 5.5.3. Riqueza

#### Nanoplâncton

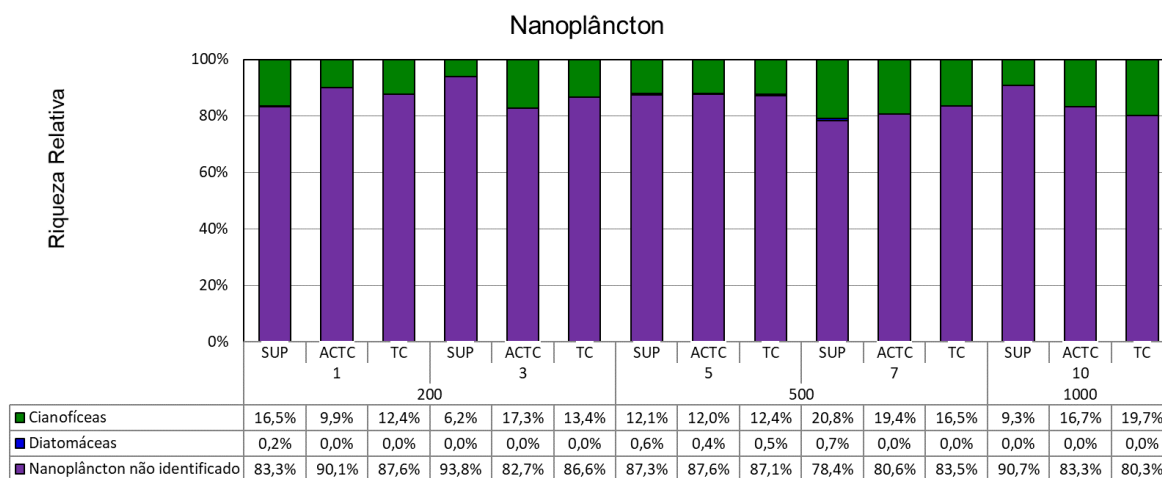
Com relação ao nanoplâncton, a riqueza oscilou entre 2 e 3 táxons, tendo o valor máximo sido observado nas estações 1- SUP; 5 – SUP, ACTC e TC; e 7 - SUP. Não foi observado um padrão comum de distribuição da riqueza entre as estações (**Figura 38**), além disso, não foi identificada diferença significativa entre os três raios de amostragem 200, 500 e 1.000 m (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ), com  $p = 0,0780$ , bem como entre os estrato ( $p = 0,3263$ ).





**Figura 38: Número de táxons do nanoplâncton em cada profundidade nas cinco estações monitoradas durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos**

O nanoplâncton não identificado e as cianofíceas estiveram presentes em 100% das amostras, enquanto as diatomáceas estiveram em cinco amostras, como pode ser visto na Figura 39. Não ocorreu um padrão claro de distribuição desses grupos entre as estações ou profundidades.

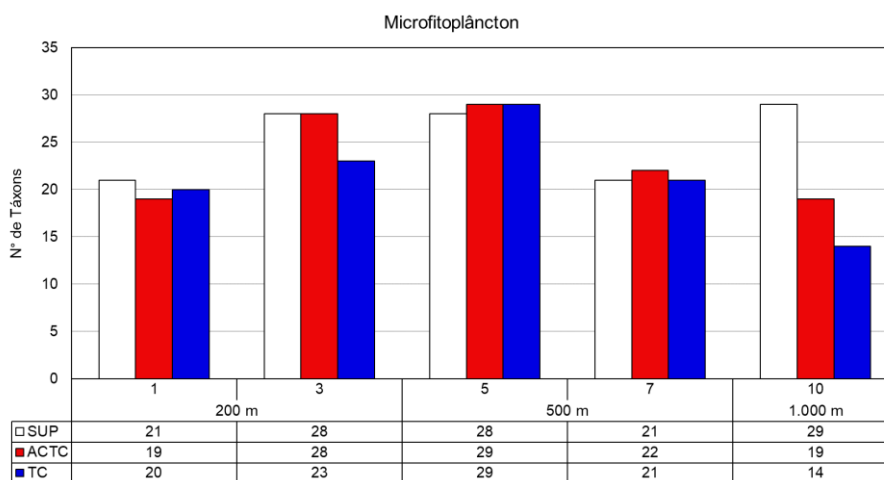


**Figura 39: Contribuição percentual da riqueza de táxons do nanoplâncton por categoria taxonômica nas cinco estações e em cada profundidade monitorada durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**



## Microfitoplâncton

A **Figura 40** mostra o número de táxons do microfitoplâncton ao longo das estações e profundidades, variando entre 14 táxons na estação 10-TC e 29 táxons na estação 5 – ACTC e TC. Não ocorreu um padrão claro de distribuição desses grupos entre as estações ou profundidades, não tendo sido identificada diferença significativa entre os resultados de cada estrato ( $p=0,5872$ ) e entre os raios de amostragem ( $p=0,3818$ ) ao aplicar o teste estatístico Kruskal-Wallis ( $p<0,05$ ), não sendo, portanto, identificada uma relação entre o número de táxons e a proximidade do FPSO.



**Figura 40: Número de táxons do microfitoplâncton em cada profundidade nas cinco estações monitoradas durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

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

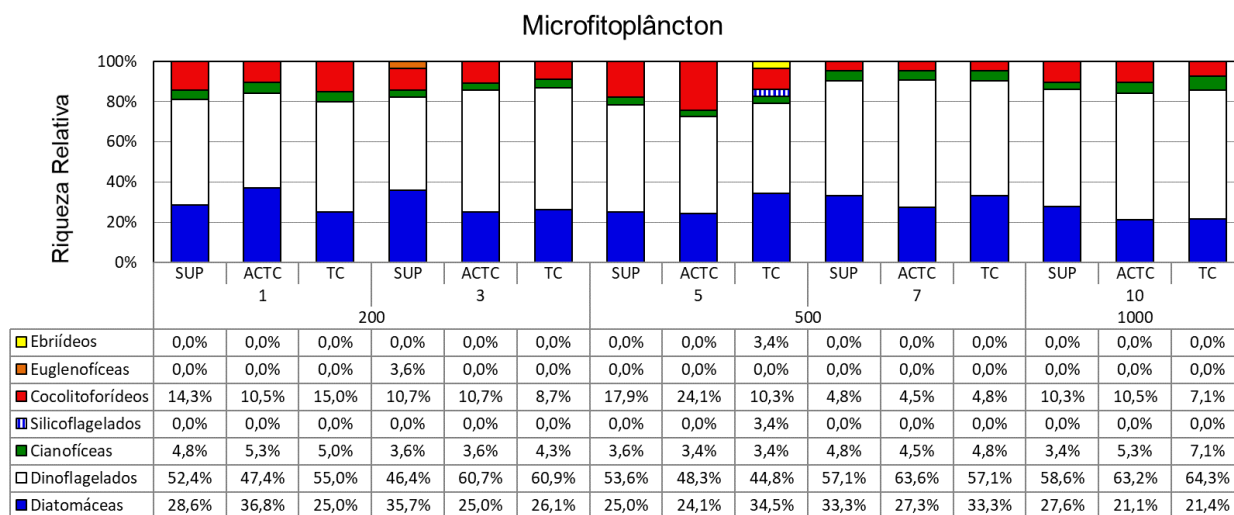


**Tabela 8: Número de táxons do microfitoplâncton e estatística descritiva das cinco estações monitoradas durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Distância	Estação	Código	Diatomáceas	Dinoflagelados	Cianofíceas	Silicoflagelados	Cocolitoforídeos	Euglenofíceas	Ebriídeos	Nº de táxons
200 m	1	SUP	6	11	1	0	3	0	0	21
		ACTC	7	9	1	0	2	0	0	19
		TC	5	11	1	0	3	0	0	20
	3	SUP	10	13	1	0	3	1	0	28
		ACTC	7	17	1	0	3	0	0	28
		TC	6	14	1	0	2	0	0	23
500 m	5	SUP	7	15	1	0	5	0	0	28
		ACTC	7	14	1	0	7	0	0	29
		TC	10	13	1	1	3	0	1	29
	7	SUP	7	12	1	0	1	0	0	21
		ACTC	6	14	1	0	1	0	0	22
		TC	7	12	1	0	1	0	0	21
1.000 m	10	SUP	8	17	1	0	3	0	0	29
		ACTC	4	12	1	0	2	0	0	19
		TC	3	9	1	0	1	0	0	14
Total			23	42	1	1	9	1	1	78
Mínimo			3	9	1	0	1	0	0	14
Máximo			10	17	1	1	7	1	1	29
Média			6,67	12,87	1,00	0,07	2,67	0,07	0,07	23,40
Desvio Padrão			1,88	2,42	0,00	0,26	1,63	0,26	0,26	4,75
CV%			0,28	0,19	0,00	3,87	0,61	3,87	3,87	20,29%



A **Figura 41** 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, euglenofíceas, silicoflagelados e ebrídeos. Em todas as amostras os dinoflagelados foram predominantes, representando mais de 44% dos táxons.



**Figura 41: Contribuição percentual da riqueza de táxons por categoria taxonômica nas cinco estações e em cada profundidade monitorada durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Dentre os 78 táxons observados na campanha atual, a maioria (57 táxons, 73,1% do total) ocorreu em no máximo 5 amostras, indicando uma frequência de ocorrência esporádica ou pouco frequente. Do total, 32 táxons (41% do total) foram exclusivos em apenas uma amostra, distribuídos em diferentes grupos, a saber: as diatomáceas Família Asterolampraceae, *Proboscia alata* (Brightwell) Sundström, *Chaetoceros tetrastichon* Cleve, *Chaetoceros* spp., *Licmophora* spp., Thalassionemataceae A, *Mastogloia rostrata* (Wallich) Hustedt, Diatomácea penata 1D, Diatomácea penata 4B, Diatomácea penata 6A e Diatomácea penata 8B, os dinoflagelados Gymnodiniales 3C, Gymnodiniales 4B, *Cochlodinium* spp., *Gymnodinium* spp., *Tripes* cf. *contrarius* (Gourret) Gómez, *Tripesextensus* (Gourret) Gómez, *Tripes lineatus* (Ehrenberg) Gómez, *Tripes* spp., *Pyrocystis* spp., *Protoperidinium* spp., *Oxytoxum* cf. *elongatum* Wood, *Oxytoxum parvum* Schiller, *Histioneis* cf. *hyalina* Kofoid & J.R.Michener, *Phalacroma* spp. e *Pronoctiluca spinifer* (Lohmann) Schiller, os cocolitoforídeos *Calciosolenia murrayi* Gran, *Pontosphaera discopora* Schiller e *Rhabdosphaera clavigera* Murray & Blackman, o silicoflagelado *Dictyocha fibula* Ehrenberg, a euglenofícea Classe Euglenophyceae e o ebríida *Hermesinum adriaticum* O.Zacharias.



Um total de 12 táxons (15,4% do total de táxons) foi classificado como muito frequentes na área, por terem sido registrados em mais de 70% das amostras (11 a 15 amostras). A **Tabela 9** lista estes táxons, onde se verifica que uma parcela importante é identificada pelo morfotipo, caso de dinoflagelados e de diatomáceas.

**Tabela 9: Táxons do microfitoplâncton muito frequentes durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Grupo	Táxons mais frequentes (>70%)	Frequência
Diatomácea	Diatomácea penata 1A	100,00%
	Coscinodiscophyceae A	73,33%
Dinoflagelado	Gymnodiniales 1A	100,00%
	Gymnodiniales 2A	100,00%
	Gymnodiniales 3A	100,00%
	Gymnodiniales 4A	100,00%
	Dinoflagelado tecido NI 4A	100,00%
	<i>Heterocapsa</i> spp.	86,67%
	Dinoflagelado tecido NI 1A	86,67%
Cianofíceas	Ordem Nostocales	100,00%
Cocolitoforídeo	<i>Discosphaera tubifer</i> (Murray & Blackman) Ostfeld	93,33%
	cocolitoforídeo NI	73,33%

A **Tabela 10** sintetiza os resultados obtidos em números de táxons identificados ao longo das 10 campanhas de monitoramento. A média da campanha variou bastante, de 20 (2015) a 44 (2013), com os resultados obtidos na presente campanha (média de 23,4 táxons) similares aos observados nos últimos anos. O padrão de predominância do número de táxons de dinoflagelados sob as diatomáceas 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 Espírito Santo durante os anos de 2011 a 2020.**

NÚMERO DE TÁXONS								
Campanha	Estatística	Total	Diat	Dino	Ciano	Silico	Cocol	Eugl
2011	Mínimo	19	5	7	2	1	1	1
	Máximo	40	13	21	6	1	7	1
	Média	32	9	15	4	1	3	1
	Desvio-padrão	5	2	4	1	-	2	-
2012	Mínimo	24	9	9	2	-	3	1
	Máximo	52	18	24	5	-	8	1
	Média	39	13	16	3	-	6	-
	Desvio-padrão	8	3	4	1	-	1	-
2013	Mínimo	33	10	14	2	1	3	1
	Máximo	55	23	23	5	1	9	1
	Média	44	16	19	3	-	6	-
	Desvio-padrão	6	3	3	1	-	2	-



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

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

#### 5.5.4. 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  $2,3 \cdot 10^6$  (estação 1 - SUP) a  $10,5 \cdot 10^6$  cel.L<sup>-1</sup> (estação 3 - SUP), com média de  $5,4 \cdot 10^6$  cel.L<sup>-1</sup> (DP –  $2,1 \cdot 10^6$  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 ( $p = 0,5420$ ).

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 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Distância	Amostra	Camada	Densidade (cel.L <sup>-1</sup> )		
			Total	Nanoplâncton	Microfitoplâncton
200 m	1	SUP	2.282.262	2.274.320,65	7.941,73
		ACTC	6.463.281	6.453.244,80	10.036,60
		TC	5.420.976	5.411.314,65	9.661,40
	3	SUP	10.515.558	10.508.929,90	6.628,53
		ACTC	3.416.854	3.405.879,20	10.974,60
		TC	4.364.858	4.354.446,43	10.411,80
500	5	SUP	3.470.650	3.465.631,47	5.018,30
		ACTC	5.718.547	5.713.810,50	4.736,90
		TC	4.789.216	4.783.915,85	5.299,70
	7	SUP	4.524.598	4.515.030,65	9.567,60
		ACTC	4.082.536	4.070.623,17	11.912,60
		TC	8.718.384	8.705.158,35	13.225,80
1.000 m	10	SUP	4.926.425	4.918.358,45	8.066,80
		ACTC	6.249.757	6.240.377,35	9.380,00
		TC	6.190.801	6.184.359,60	6.440,93
Mínimo			2.282.262	2.274.321	4.737
Máximo			10.515.558	10.508.930	13.226
Média			5.408.980	5.400.360	8.620
Desvio Padrão			2.092.602	2.092.468	2.590

As densidades do fitoplâncton na atual campanha estiveram dentro dos intervalos observados nas campanhas pretéritas, com predominância de valores na ordem de grandeza 10<sup>6</sup> (Tabela 12), com exceção ao máximo observado que ultrapassou o valor máximo obtido na campanha de 2017. Os principais fatores que afetam a abundância de organismos pelágicos são a predação e a limitação de recursos, variando em função de fatores como sazonalidade, proximidade da costa e até a mistura vertical e horizontal das massas



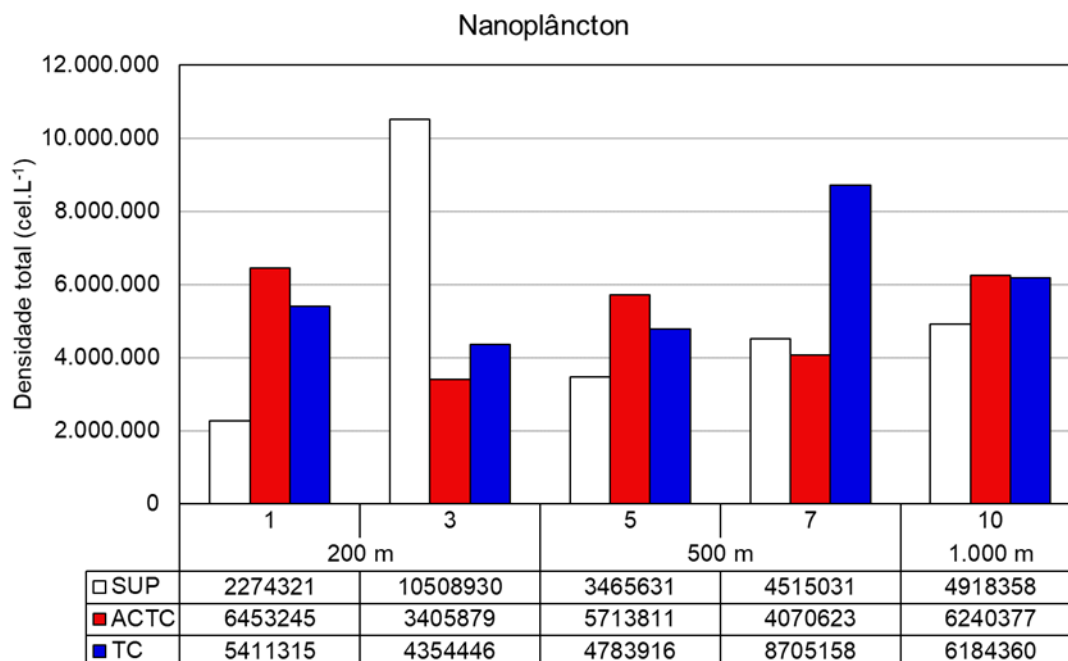
de água provocadas por vórtices de mesoescala (BERGLUND *et al.*, 2005; CALBET *et al.*, 2001; HUANG *et al.*, 2008). Na Bacia de Campos é comum a ocorrência de vórtices e meandros, que alteram localmente o deslocamento das correntes (e. g., SIGNIORINI, 1974; GABIOUX, 2008; FRAGOSO *et al.*, 2008), o que pode estimular o crescimento do fitoplâncton, resultando em oscilações nas densidades.

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

Campanhas	Mínimo	Máximo
2011	0,4	0,9
2012	0,7	2,4
2013	2,6	5
2014	0,8	2,7
2015	1,6	4,9
2016	2,8	6,8
2017	1,74	8,97
2018	1,31	5,15
2019	3,02	7,99
2020	<b>2,28</b>	<b>10,52</b>

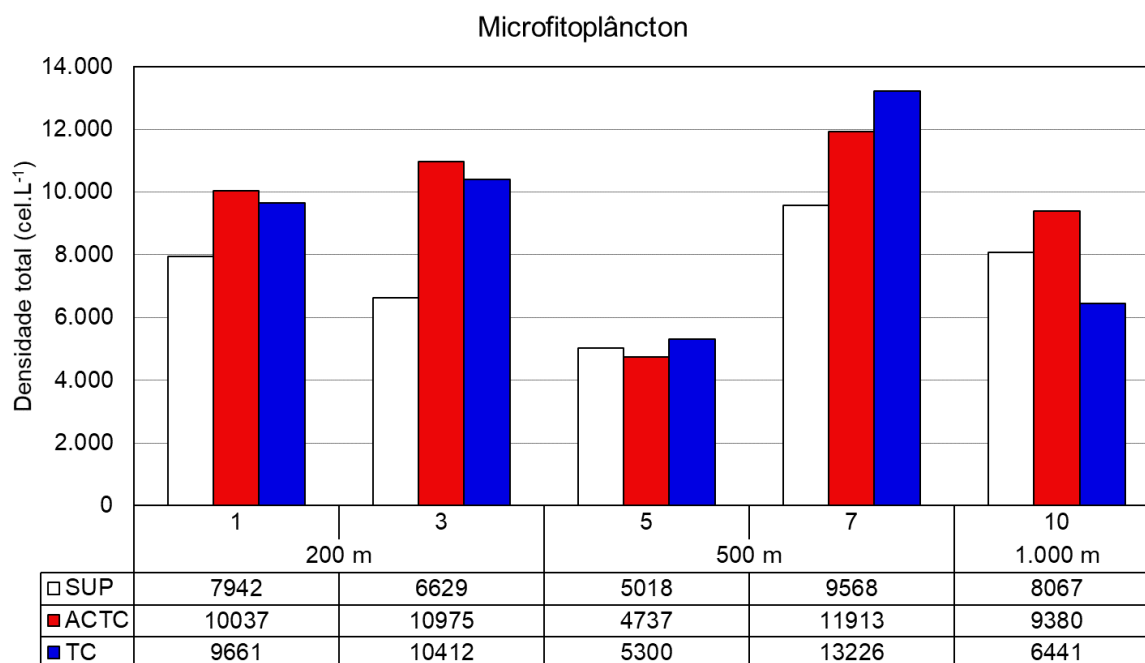
Os valores de densidade do nanofitoplâncton variaram entre  $2,3 \cdot 10^6$  (estação 1 – SUP) e  $10,5 \cdot 10^6 \text{ cel.L}^{-1}$  (estação 3 – SUP), conforme mostra a **Figura 42**. Não foram identificadas diferenças significativas (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ) na densidade do nanoplâncton entre as amostras a 200, 500 e 1.000 m do FPSO ( $p = 0,5990$ ).





**Figura 42:** Densidade celular ( $\text{cel.L}^{-1}$ ) do nanofitoplâncton no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

A distribuição da densidade total do microfitoplâncton ( $> 20 \mu\text{m}$ ) variou de  $4,7 \cdot 10^3$  (estação 5 - ACTC) a  $1,3 \cdot 10^4$   $\text{cel.L}^{-1}$  (estação 7 - TC), conforme mostra a **Figura 43**. Não 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 ( $p = 0,542$ ). De modo geral, os resultados foram similares ao observado em regiões oceânicas, com variações na ordem de  $10^2$  a  $10^4$   $\text{cel.L}^{-1}$  já registradas em regiões oceânicas do Atlântico Sul (Brandini *et al.*, 1997; Eynaud *et al.*, 1999; Cupelo, 2000).



**Figura 43: Densidade celular do microfitoplâncton (cel.L<sup>-1</sup>) nas cinco estações monitoradas durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

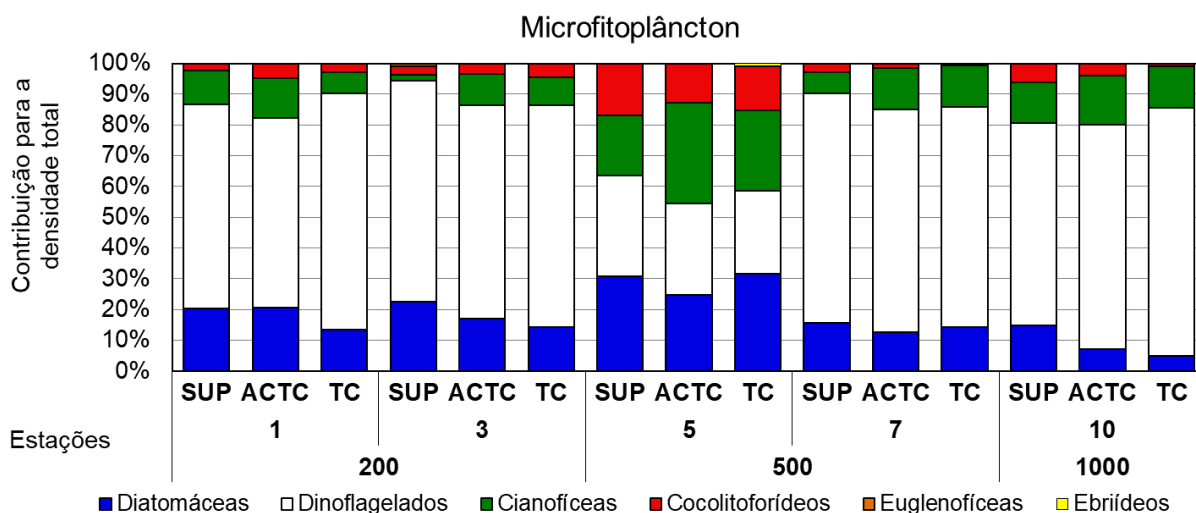
No que diz respeito à densidade celular, os dinoflagelados foi o grupo que apresentou as maiores contribuições para a densidade total (média de 5.717 cel.L<sup>-1</sup>) seguidos das diatomáceas (média 1.418 cel.L<sup>-1</sup>), das algas cianofíceas (média de 1.093 cel.L<sup>-1</sup>), dos cocolitoforídeos (média de 378 cel.L<sup>-1</sup>), com as euglenofíceas, silicoflagelados e eubrídeos presentes em apenas uma amostra, apresentando valores médios de 4, 6 e 3 cel.L<sup>-1</sup>, respectivamente (**Tabela 13**).



**Tabela 13: Densidade celular (cel.L<sup>-1</sup>) do microfitoplâncton total e das categorias taxonômicas identificadas nas cinco estações monitoradas durante 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Distância	Amostra	Camada	Microfitoplâncton							
			Diatomáceas	Dinoflagelados	Cianofíceas	Silicoflagelados	Coccolitofóridos	Euglenofíceas	Ebriídeos	TOTAL
200 m	1	SUP	1.625,87	5.252,80	875,47	0,00	187,60	0,00	0,00	7.942
		ACTC	2.063,60	6.190,80	1.313,20	0,00	469,00	0,00	0,00	10.037
		TC	1.313,20	7.410,20	656,60	0,00	281,40	0,00	0,00	9.661
	3	SUP	1.500,80	4.752,53	125,07	0,00	187,60	62,53	0,00	6.629
		ACTC	1.876,00	7.597,80	1.125,60	0,00	375,20	0,00	0,00	10.975
		TC	1.500,80	7.504,00	938,00	0,00	469,00	0,00	0,00	10.412
500	5	SUP	1.547,70	1.641,50	984,90	0,00	844,20	0,00	0,00	5.018
		ACTC	1.172,50	1.407,00	1.547,70	0,00	609,70	0,00	0,00	4.737
		TC	1.641,50	1.407,00	1.360,10	93,80	750,40	0,00	46,90	5.300
	7	SUP	1.500,80	7.128,80	656,60	0,00	281,40	0,00	0,00	9.568
		ACTC	1.500,80	8.629,60	1.594,60	0,00	187,60	0,00	0,00	11.913
		TC	1.876,00	9.473,80	1.782,20	0,00	93,80	0,00	0,00	13.226
1.000 m	10	SUP	1.188,13	5.315,33	1.063,07	0,00	500,27	0,00	0,00	8.067
		ACTC	656,60	6.847,40	1.500,80	0,00	375,20	0,00	0,00	9.380
		TC	312,67	5.190,27	875,47	0,00	62,53	0,00	0,00	6.441
Mínimo			313	1.407	125	0	63	0	0	4.737
Máximo			2.064	9.474	1.782	94	844	63	47	13.226
Média			1.418	5.717	1.093	6	378	4	3	8.620
Desvio Padrão			455	2.550	437	24	231	16	12	2.590

A predominância das dinoflagelados foi observada em grande parte das estações, com exceção das estações 5 - ACTC, que apresentou predomínio de cianofíceas (32,67%) e 5 – TC, com predomínio de diatomáceas (30,97%). A menor contribuição de dinoflagelados foi observada na estação 5 – TC (24,75%) (**Figura 44**).



**Figura 44:** Contribuição percentual das categorias taxonômicas na densidade do microfitoplâncton no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Baía de Campos.

A **Tabela 14** lista os dez táxons mais abundantes encontrados na atual campanha por grandes grupos, sendo possível observar que o grupo dos dinoflagelados foi o que mais contribuiu com a densidade, sendo o mais abundante o morfotipo *Gymnodiniales* 3A. Acredita-se que a maior parte dos dinoflagelados da ordem *Gymnodiniales*, observados em regiões oceânicas, sejam heterotróficos (Gómez, 2007), já que sob condições de limitações de nutrientes eles prevalecem sobre os dinoflagelados tipicamente autotróficos (Chang *et al.*, 2003). Dentre as estratégias adaptativas que faz com que os dinoflagelados sejam bem sucedidos em regiões oligotróficas, como a do atual estudo, pode-se citar a capacidade das células assimilarem os nutrientes em camadas mais profundas e se deslocarem para a superfície para a captação da luz e realização da fotossíntese (Margalef, 1978). Há ainda a capacidade de realizar mixotrofia ou heterotrofia para superar condições de limitação de nutrientes e a presença de flagelos que contribui para um deslocamento, mesmo que restrito, na coluna de água (Smayda & Reynolds, 2003).

Os organismos da ordem *Nostocales* foram os mais representativos no grupo das cianofíceas, correspondendo ao terceiro táxon mais abundante da campanha. Alguns autores destacam que as cianobactérias poderiam dominar o plâncton marinho tropical e subtropical, pois possuem grande



capacidade de fixar nitrogênio, além de possuírem vacúolos de gás (aerótopos) para regular sua flutuabilidade na coluna de água e assim manter seus filamentos na zona eufótica. O fato de se apresentarem como florações em alguns momentos ou apenas como uma fração do microfitoplâncton em alguns momentos em outros, sugere que a população sofre algum tipo de limitação, provavelmente relacionada com o hidrodinamismo local das áreas oceânicas e/ou pressão de pastagem (CARPENTER, 1983; CARPENTER *et al.*, 1987; CAPONE *et al.*, 1997.; VILLAREAL; CARPENTER, 1990, 2003). A predominância de cianofíceas nessa região corrobora com a presença da ACAS, de maneira sazonal (verão), enriquecendo nutricionalmente a zona eufótica (YONEDA *et al.*, 1999).

No caso das diatomáceas, o táxon que mais se destacou foram *Cylindrotheca closterium*, a Diatomácea penata 1A, táxons que também se destacam na campanha passada, e *Thalassiosira* spp. A diatomácea *C. closterium* habita águas neríticas e possui hábitos ticopelágicos e meroplânctônicos (ROUND, 1981 *apud* KINGSTON, 2009). Assim como na campanha passada, o único cocolitoforídeo que se destacou foi o *Discosphaera tubifer* (Murray & Blackman) Ostensfeld.

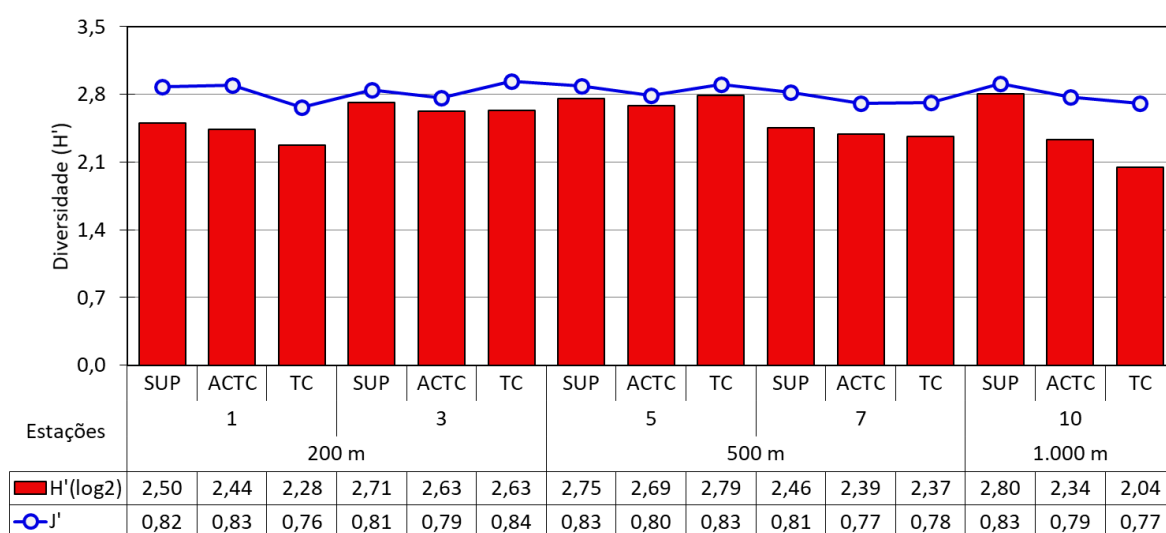
**Tabela 14: Dez táxons de maior densidade celular (cel.L<sup>-1</sup>) dentre o microfitoplâncton identificado nas cinco estações monitoradas durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Baía de Campos. Os valores de densidade apresentados referem-se à soma dos resultados das amostras (estações/profundidades).**

Grupo	Táxon	Densidade (cel.L <sup>-1</sup> )	Contribuição
Dinoflagelado	Gymnodiniales 3A	21.621	16,72%
Dinoflagelado	Gymnodiniales 4A	19.948	15,43%
Cianofíceas	Ordem Nostocales	16.399	12,68%
Dinoflagelado	Gymnodiniales 1A	15.196	11,75%
Dinoflagelado	Gymnodiniales 2A	13.210	10,22%
Diatomácea	Diatomácea penata 1A	6.941	5,37%
Cocolitoforídeo	<i>Discosphaera tubifer</i> (Murray & Blackman) Ostensfeld	3.455	2,67%
Dinoflagelado	<i>Heterocapsa</i> spp.	3.299	2,55%
Diatomácea	<i>Thalassiosira</i> spp.	2.439	1,89%
Diatomácea	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & J.C.Lewin	2.236	1,73%

### 5.5.5. 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 45**, 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 2,04 a 2,80 bits.ind<sup>-1</sup> (estações 10 – TC e estação 10 – SUP, respectivamente), com média de 2,52 e desvio-padrão de 0,22 bits.ind<sup>-1</sup>. O índice de equitabilidade variou de 0,76 a 0,84 (estação 1 - TC e estação 3 – TC, respectivamente), com média de 0,75 e desvio-padrão de 0,03.



**Figura 45: Índice de diversidade (H') e de equitabilidade (J') da comunidade fitoplanctônica das cinco estações monitoradas na 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

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

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

Campanha	Diversidade (bits.ind <sup>-1</sup> )		Equitabilidade	
	Mín	Máx	Mín	Máx
2011	1,9	3,6	0,6	0,9
2012	1,7	3	0	0,87
2013	2,4	4,1	0,4	0,7
2014	1,9	2,7	0,5	0,9
2015	2	2,5	0,6	0,9

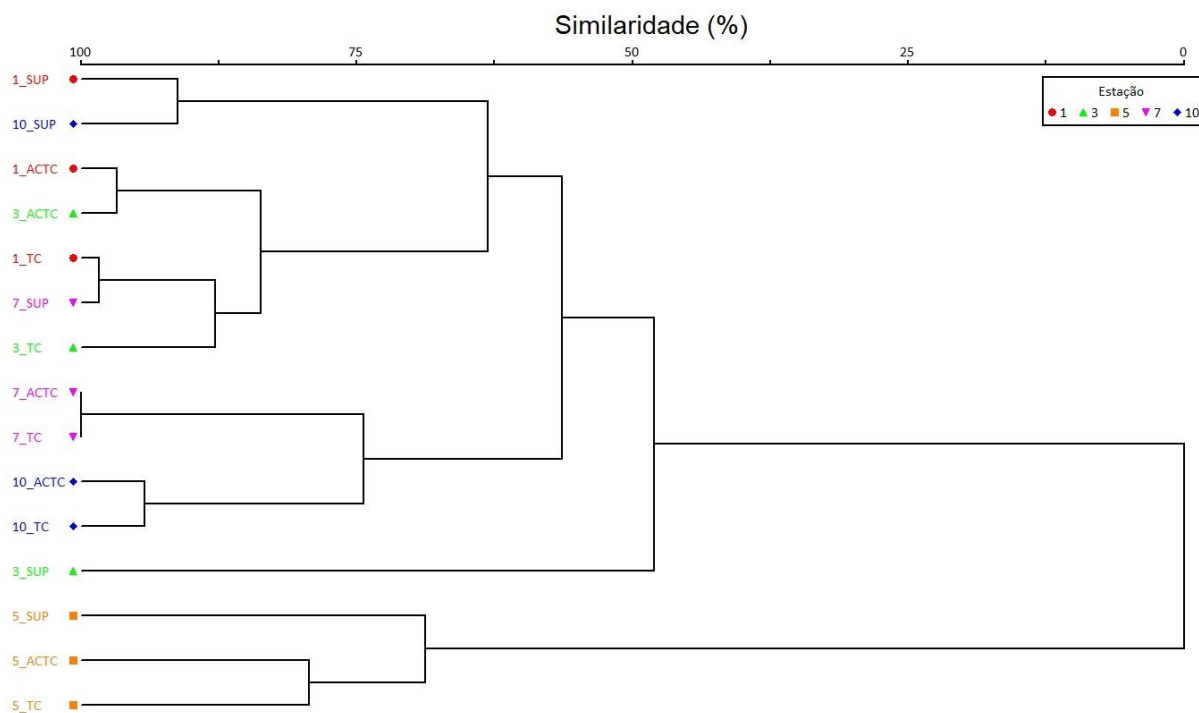


**Tabela 15: Valores de diversidade e equitabilidade da comunidade fitoplanctônica nas últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Espírito Santo**

Campanha	Diversidade (bits.ind <sup>-1</sup> )		Equitabilidade	
	Mín	Máx	Mín	Máx
2016	0,12	0,53	0,04	0,17
2017	1,6	2,82	0,5	0,87
2018	1,76	2,37	0,55	0,7
2019	2,15	3,95	0,43	0,8
2020	2,04	2,80	0,76	0,84

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 46**. O resultado dessa análise demonstrou dois clados principais com nenhuma similaridade, o primeiro agrupando a estação 5 e o segundo com as demais estações. Esse resultado provavelmente ocorreu devido à diferença na contribuição da densidade dos principais grupos do microfitoplâncton nas amostras, onde a estação 5 apresentou as menores contribuições de dinoflagelados da campanha e os menores valores totais de densidade do microfitoplâncton. No segundo clado principal a amostra 3 – SUP demonstrou uma similaridade inferior a 50% das demais amostras do clado, fato que pode estar relacionado à alta densidade do nanoplâncton registrada para a amostra 3-SUP, a qual teve a maior densidade de fitoplâncton da presente campanha.

Com exceção da estação 5, o resultado dessa análise demonstrou homogeneidade na composição do fitoplâncton na área, visto que há uma mistura entre estações localizadas em diferentes distâncias em relação ao FPSO, bem como em diversas profundidades de amostragem.



**Figura 46: Análise de agrupamento das amostras através do índice de similaridade de Bray–Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

### 5.5.6. Zooplâncton

### 5.5.7. Caracterização da comunidade

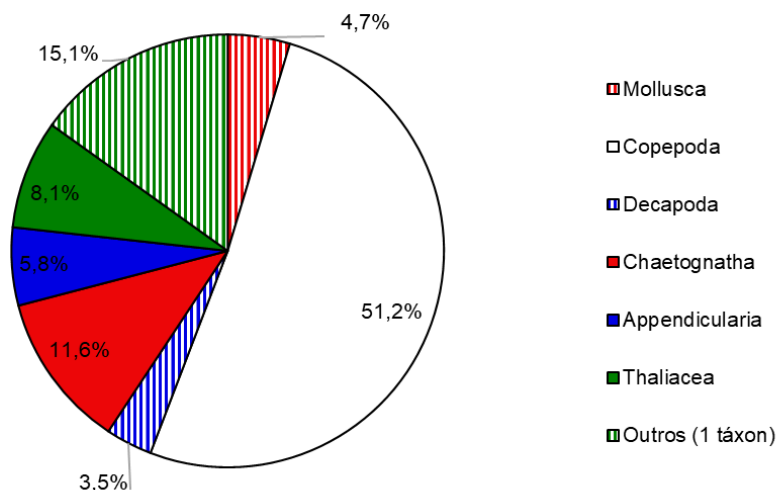
Na atual campanha de monitoramento foram identificados 86 táxons distintos do zooplâncton, dos quais 9 atingiram o nível de gênero e 52 o nível de espécie. Os táxons observados se distribuíram em diferentes grupos: Filo Foraminifera; do filo Cnidaria – a classe Hydrozoa e a ordem Siphonophorae; Filo Ctenophora; do filo Platyhelminthes – a classe Turbellaria; filo Mollusca; do filo Annelida – a classe Polychaeta; do filo Arthropoda – a classe Ostracoda, a subclasse Copepoda, as ordens Stomatopoda, Amphipoda, Euphausiacea e Decapoda; filo Chaetognatha; filo Echinodermata; filo Chordata – as classes Appendicularia, Thaliacea e subfilo Vertebrata - os Ovos e Larvas de Peixe.

Destaca-se que o número de táxons encontrado nas campanhas de monitoramento no Parque das Conchas oscilou entre 77 táxons (5ª campanha) e 119 táxons (na 1ª campanha). Nas 2ª e 4ª campanhas, foi identificado o mesmo número de táxons, 89, na 3ª campanha foram encontrados 106 táxons, na 6ª campanha 108 táxons, na 7ª campanha, 102 táxons, na 8ª campanha, 79 táxons e na campanha anterior 103 táxons, de forma que a presente campanha apresentou riqueza dentro do encontrado nas campanhas anteriores.



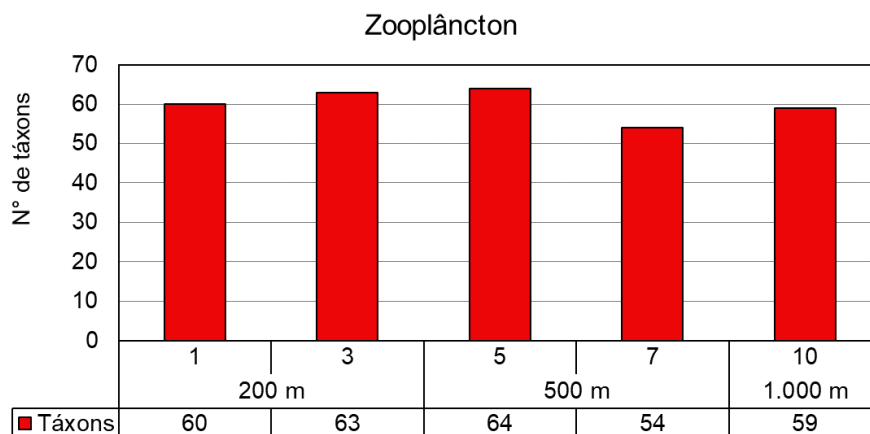
Os grupos que se destacaram na atual campanha são os grupos Copepoda (44 táxons), Chaetognatha (10 táxons), Thaliacea (7 táxons), Appendicularia (5 táxons), Mollusca (4 táxons), Decapoda (3 táxons) como pode ser visualizado na **Figura 47**, onde os demais grupos constituídos por apenas um táxon, foram 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, Chaetognaths, Appendicularia, e Thaliacea, enquanto que os Mollusca e Decapoda representam os organismos do meroplâncton.

### Contribuição por grupos (riqueza taxonômica)



**Figura 47: Contribuição média percentual das categorias taxonômicas do zooplâncton identificadas nas cinco estações monitoradas durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Quanto à variação espacial do número de táxons identificados, observa-se na **Figura 48** uma pequena variabilidade entre as estações, variando de 64 (estação 5) a 54 táxons distintos (estação 7), sem padrão espacial definido que possa ser relacionado à distância do FPSO.



**Figura 48: Número de táxon do zooplâncton nas cinco estações monitoradas durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos**

Dentre os táxons identificados, a maioria foi recorrente, onde 49 foram consideradas muito frequentes, dos quais 12 ocorreram em quatro estações e 37 em todas as estações. Entre os táxons muito frequentes identificados em níveis superiores, cita-se com 100% de Frequência de Ocorrência (FO): o filo Echinodermata, as classes Foraminifera, Gastropoda, Bivalvia, Thecosomata (Pterópodes), Polychaeta (larvas) e Ostracoda, as ordens Amphipoda, Siphonophorae, Calanoida (Copepoda) e Euphausiacea, Decapoda, além de larvas de peixes. Salienta-se que os níveis superiores podem englobar vários táxons distintos, o que influi diretamente na frequência

A **Tabela 16** lista os táxons com frequência de ocorrências superior a 70% (muito frequentes) considerando os níveis de família, gênero e espécie. Estas espécies são comumente observadas em águas da plataforma continental e oceânicas tropicais e algumas vezes até em ambientes estuarinos. Já foram citadas em outros estudos na Bacia de Campos (ex. PETROBRAS/TERRABYTE, 2011; BONECKER *et. al.*, 2014) e 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 cinco novos táxons classificados como frequentes: os Copepodas *Euchaeta* spp., *Clausocalanus mastigophorus*, *Pleuromamma gracilis*, *Agetus flaccus* e *Triconia cf. conifera*.

**Tabela 16: Táxons muito frequentes (FO>70%) dos principais grupos durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos (considerados apenas os níveis família, gênero e espécie).**

Grupos	Táxon	FO(%)
Copepoda	<i>Nannocalanus minor</i>	100%
	<i>Undinula vulgaris</i>	100%
	Clausocalanidae	100%
	<i>Clausocalanus furcatus</i>	100%
	<i>Euchaeta</i> spp.	100%



**Tabela 16: Táxons muito frequentes (FO>70%) dos principais grupos durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Baía de Campos (considerados apenas os níveis família, gênero e espécie).**

Grupos	Táxon	FO(%)
	<i>Oithona setigera</i>	100%
	<i>Oithona similis</i>	100%
	<i>Farranulla gracilis</i>	100%
	<i>Oncaea venusta</i>	100%
	<i>Oncaea venusta venella</i>	100%
	<i>Oncaea</i> sp.1	100%
	<i>Oncaea</i> spp.	100%
	<i>Clausocalanus mastigophorus</i>	80%
	<i>Pleuromamma gracilis</i>	80%
	<i>P.-Calanus</i> sp.	80%
	<i>Oithona</i> spp.	80%
	<i>Agetus flaccus</i>	80%
	<i>Triconia</i> cf. <i>conifera</i>	80%
Chaetognatha	<i>Pterosagitta draco</i>	100%
	<i>Decipisagitta decipiens</i>	100%
	<i>Ferosagitta hispida</i>	100%
	<i>Flaccisagitta enflata</i>	100%
	<i>Flaccisagitta hexaptera</i>	100%
	<i>Parasagitta friderici</i>	100%
	<i>Serratosagitta serratodentata</i>	100%
	<i>Parasagitta tenuis</i>	80%
Appendicularia	<i>Oikopleura cophocerca</i>	100%
	<i>Oikopleura longicauda</i>	100%
	<i>Oikopleura fusiformis</i>	80%
Thaliacea	<i>Thalia democratica</i>	80%
	<i>Pyrosoma atlanticum</i>	80%
	<i>Doliolletta gegenbauri</i>	100%
	<i>Doliolum nationalis</i>	100%
Decapoda	Luciferidae	100%

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

Táxon/Campanha	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<i>Clausocalanus furcatus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Flaccisagitta enflata</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Oikopleura fusiformis</i>	X	X	X	X	X	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	X	
<i>Oncaea venusta</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Doliolum nationalis</i>	X	X	X	X	X	X		X	X	X
<i>Parasagitta friderici</i>	X	X	X	X	X	X	X		X	X



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

Táxon/Campanha	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<i>Pterosagitta draco</i>	X	X	X	X	X	X	X		X	X
<i>Farranulla gracilis</i>	X		X	X		X	X	X	X	X
<i>Macrosetella gracilis</i>	X	X	X			X	X	X	X	
<i>Serratosagitta serratodentata</i>	X	X	X	X		X	X		X	X
<i>Temora stylifera</i>	X		X	X	X	X		X	X	
<i>Undinula vulgaris</i>	X			X	X	X	X	X	X	X
<i>Acrocalanus longicornis</i>			X	X	X	X	X	X		
<i>Fritillaria formica</i>	X	X	X	X	X			X		
<i>Flaccisagitta hexaptera</i>		X	X			X	X		X	X
<i>Nannocalanus minor</i>				X	X		X	X	X	X
<i>Oikopleura cophocerca</i>	X			X		X	X		X	X
<i>Oithona similis</i>	X	X	X					X	X	X
<i>Thalia democratica</i>					X	X	X	X	X	X
<i>Calocalanus pavo</i>	X	X		X				X		
<i>Dolioletta gegenbauri</i>	X	X				X		X		X
<i>Ferosagitta hispida</i>		X		X		X			X	X
<i>Lucicutia flavicornis</i>				X		X	X		X	
<i>Parasagitta tenuis</i>					X	X	X	X		X
<i>Fritillaria pellucida</i>	X	X					X			
<i>Oikopleura intermedia</i>					X		X		X	
<i>Oithona plumifera</i>	X	X						X		
<i>Oithona tenuis</i>	X	X	X							
<i>Oncaea venusta venella</i>							X	X	X	X
<i>Triconia conifera</i>	X	X							X	
<i>Calocalanus spp.</i>						X			X	
<i>Calocalanus styliremis</i>							X	X		
<i>Corycaeus speciosus</i>				X			X			
<i>Decipisagitta decipiens</i>								X	X	X
<i>Krohnitta mutabii</i>						X			X	
<i>Krohnitta pacifica</i>	X			X						
<i>Krohnitta subtilis</i>			X						X	
<i>Lucifer typus</i>				X		X				
<i>Mecynocera clausi</i>	X	X								
<i>Pleuromamma abdominalis</i>	X								X	
<i>Pleuromamma spp.</i>						X			X	
<i>Sagitta helenae</i>								X	X	
<i>Scolecithrix danae</i>					X				X	
<i>Caecosagitta macrocephala</i>									X	
<i>Clausocalanus brevipes</i>						X				
<i>Decipisagitta spp.</i>									X	
<i>Doliolina mülleri</i>						X				
<i>Fritillaria tenella</i>			X							



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

Táxon/Campanha	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<i>Mesosagitta minima</i>	X									
<i>Neocalanus gracilis</i>						X				
<i>Oithona setigera</i>	X									X
<i>Oithona spp.</i>									X	X
<i>Oncaea spp.</i>									X	X
<i>Pseudevadne tergestina</i>								X		
<i>Pyrosoma atlanticum</i>									X	X
<i>Sagitta bipunctata</i>									X	
<i>Salpa fusiformis</i>	X									
<i>Euchaeta spp.</i>										X
<i>Clausocalanus mastigophorus</i>										X
<i>Pleuromamma gracilis</i>										X
<i>Agetus flaccus</i>										X
<i>Triconia cf. conifera</i>										X

#### 5.5.8. Análise Quantitativa

A densidade do zooplâncton oscilou entre 225,4 ind.m<sup>-3</sup> (estação 3) e 393,8 ind.m<sup>-3</sup> (estação 10), com densidade média e desvio padrão iguais a 334,6 ind.m<sup>-3</sup> e 64,6 ind.m<sup>-3</sup> respectivamente. A menor e maior densidade ocorreram no raio de 200 (estação 3) e 1000m, porém, não foi possível verificar um claro padrão de distribuição (**Figura 49**). De maneira geral, o zooplâncton apresentou uma menor variabilidade na densidade quando comparado às campanhas anteriores (Erro! Fonte de referência não encontrada.).

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.

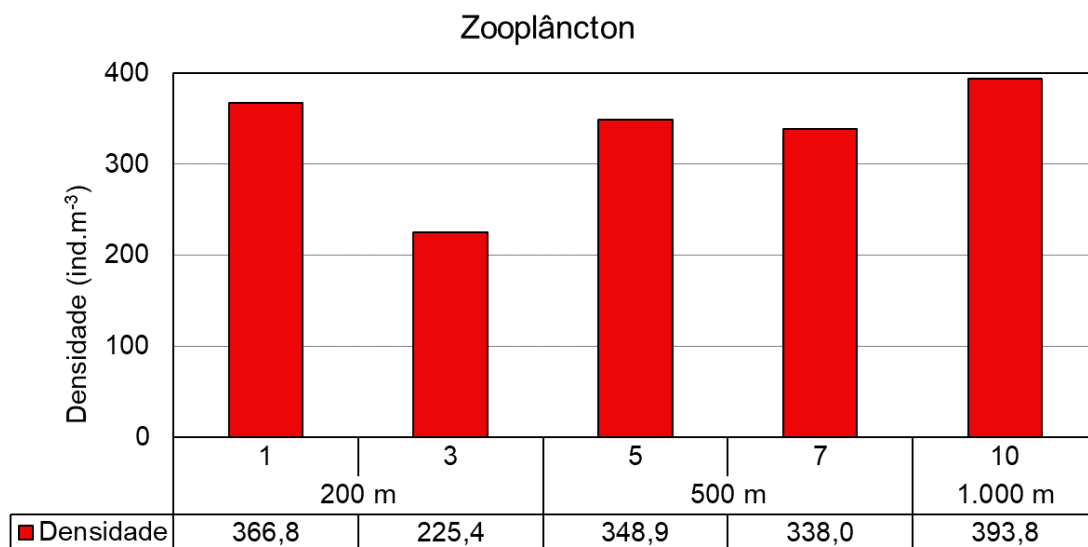


Figura 49: Densidade do zooplâncton nas cinco estações monitoradas durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

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

Campanha	Densidade (ind.m <sup>-3</sup> )	
	Mín	Máx
2011	184,32	408,1
2012	108,49	298,79
2013	237,38	302,02
2014	68,04	283,41
2015	232,02	622,19
2016	76,46	169,46
2017	220,82	458,97
2018	191,87	581,12
2019	88,68	697,56
2020	225,38	393,76

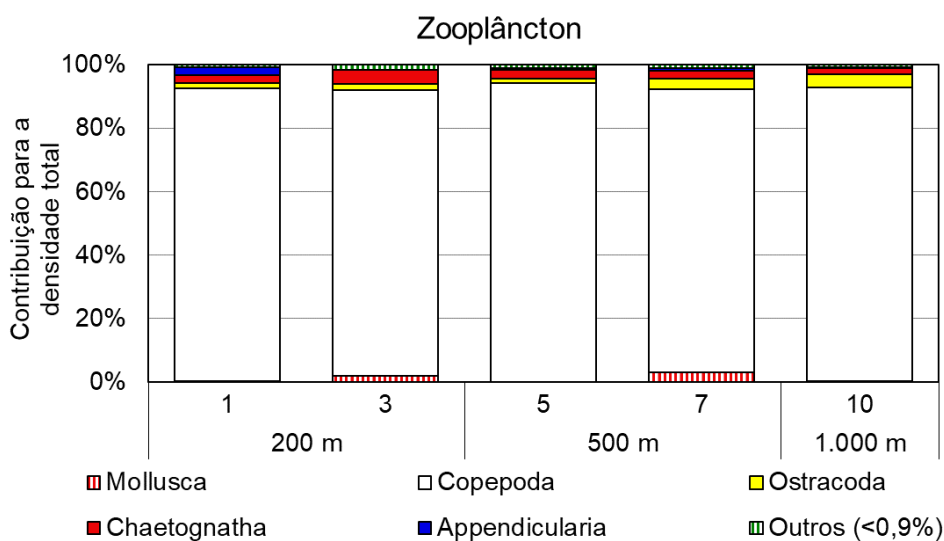
Em relação à distribuição taxonômica, o grupo dos Copepoda foi o mais abundante, contribuindo com 92,01% da abundância observada em toda a campanha. Os outros grupos que contribuíram com mais de 0,9% de toda a campanha foram do maior para o menor, Chaetognatha (2,71%), Ostracoda (2,48%), Mollusca (0,95%) e Appendicularia com 0,92%. 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 50).

Tabela 19: Densidade zooplancônica total e por grupos (com participação >1%) (ind.m<sup>-3</sup>) durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Distância	Estação	Mollusca	Copepoda	Ostracoda	Chaetognatha	Appendicularia	Outros (<0,9%)	Total
200 m	1	0,54	339,46	5,40	9,28	9,85	2,24	366,77
	3	4,46	203,28	4,43	9,41	0,50	3,30	225,38

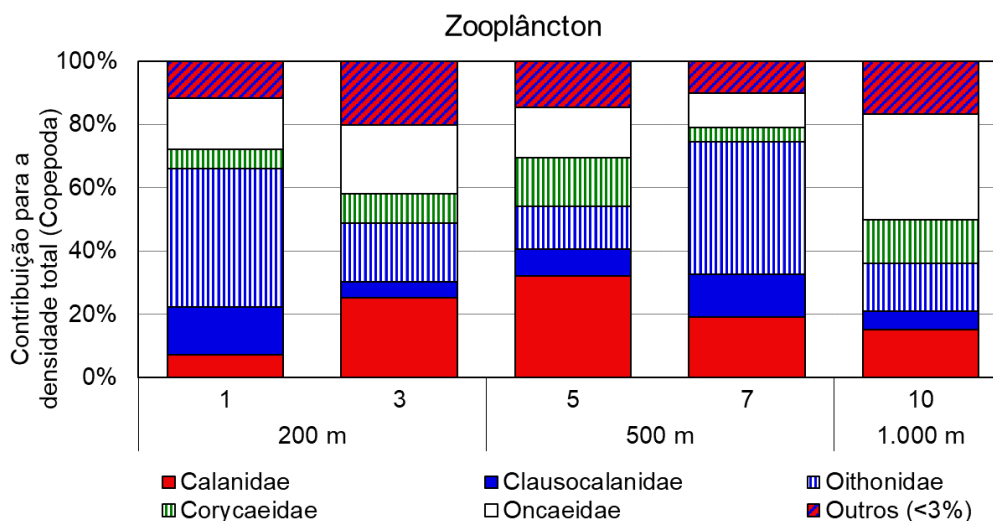
**Tabela 19: Densidade zooplânctônica total e por grupos (com participação >1%) (ind.m<sup>-3</sup>) durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Distância	Estação	Mollusca	Copepoda	Ostracoda	Chaetognatha	Appendicularia	Outros (<0,9%)	Total
500 m	5	0,33	328,92	4,75	9,41	2,37	3,17	348,95
	7	10,02	302,05	11,24	8,84	2,27	3,62	338,05
1.000 m	10	0,54	365,46	15,72	8,36	0,47	3,20	393,76
Mínimo		0,33	203,28	4,43	8,36	0,47	2,24	225,38
Máximo		10,02	365,46	15,72	9,41	9,85	3,62	393,76
Média		3,18	307,83	8,31	9,06	3,09	3,11	334,58
Desvio Padrão		4,20	62,71	4,99	0,46	3,89	0,51	64,58



**Figura 50: Abundância relativa (%) dos grupos dominantes coletados nas cinco estações monitoradas durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Os copépodes identificados na atual campanha estiveram distribuídos em 15 famílias, das quais as mais abundantes foram Oithonidae, Oncaeidae, Calanidae, Corycaidae, Clausocalanidae. Ocorreram ainda as famílias Calanoida, Acartiidae, Aetideidae, Candaciidae, Euchaetidae, Lucicutiidae, Metridinidae, Paracalanidae, Scolecithricidae e Temoridae, porém com contribuições inferiores a 3%, de forma que foram agrupadas como “outros” na **Figura 51**. As espécies com maiores densidades foram *Clausocalanus furcatus*, *Oithona similis*, *Nannocalanus minor*, *Farranulla gracilis*, *Oncaea venusta*, *Undinula vulgaris* e *Oithona setigera* (**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 51: Abundância (%) dos copépodes dominantes coletados nas cinco estações monitoradas durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

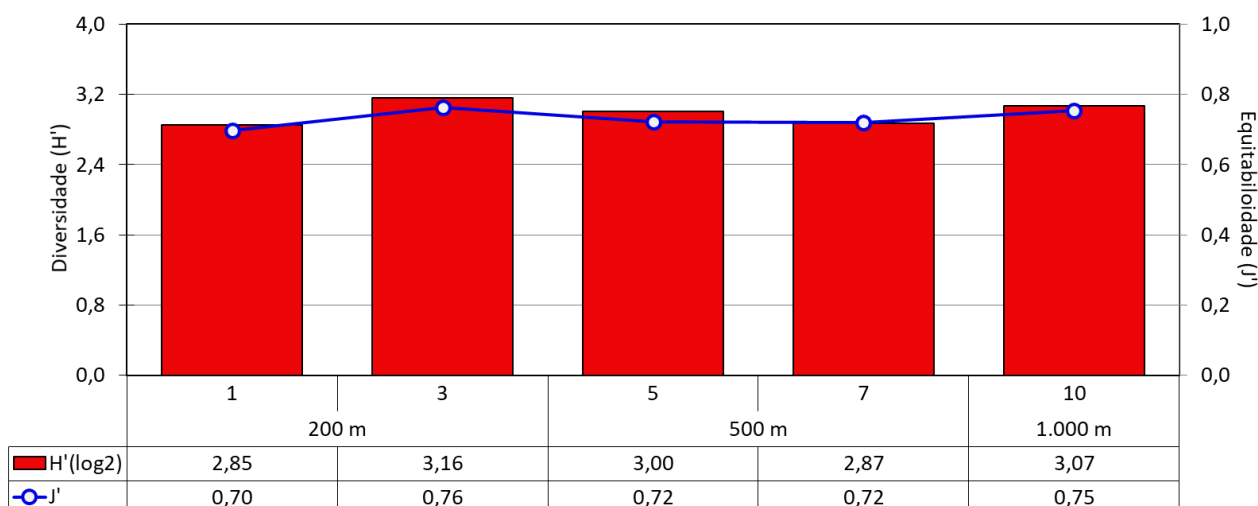
**Tabela 20: Táxons de maior densidade na comunidade zooplânctônica coletada durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Táxon		Densidade total (ind.m <sup>-3</sup> )
Copepoda	<i>Oithona similis</i>	273,34
	<i>Nannocalanus minor</i>	180,66
	<i>Farranulla gracilis</i>	121,08
	<i>Oncaea venusta</i>	103,26
	<i>Oithona setigera</i>	101,91
	<i>Undinula vulgaris</i>	95,02
	Clausocalanidae	77,74
	<i>Oncaea venusta venella</i>	73,53
	<i>Oncaea spp.</i>	70,94
	<i>Clausocalanus furcatus</i>	53,18

### 5.5.9. Estrutura da Comunidade

Os valores do índice de diversidade nas estações da atual campanha variaram entre 2,85 (estação 1) e 3,16 bits.ind<sup>-1</sup> (estação 3), com média de 2,99 bits.ind<sup>-1</sup> (DP – 0,13 bits.ind<sup>-1</sup>). Os valores de equitabilidade variaram de 0,70 a 0,76 (também nas estações 1 e 3, respectivamente), com média e desvio-padrão iguais a 0,73 e 0,03, respectivamente (**Figura 52**).





**Figura 52:** Índice de diversidade e de equitabilidade da comunidade zooplanctônica das cinco estações monitoradas na 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

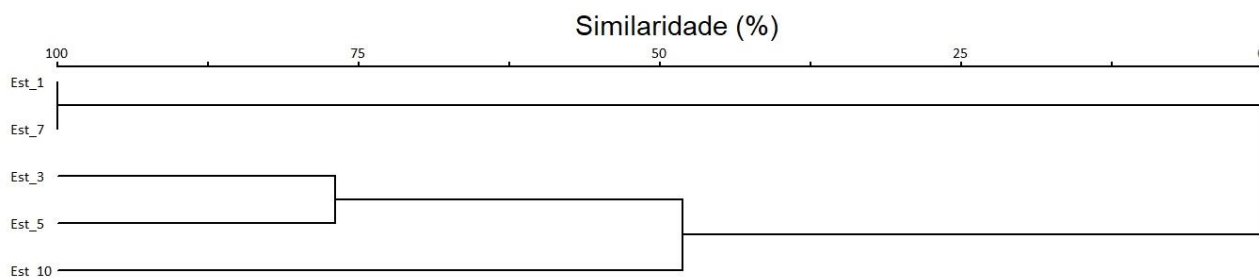
Na **Tabela 21**, observam-se os valores dos índices referentes à atual e às campanhas pretéritas deste PMA. Os valores de diversidades e equitabilidade da atual campanha alcançaram níveis similares aos observados durante o monitoramento.

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

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

A análise de agrupamento mostrou a formação de dois clados principais com nenhuma similaridade, sendo um formado pelas estações 1 e 7 e o outro pelas estações 3, 5 e 10. Comparando estes dois grupos, o primeiro apresentou as menores densidades da campanha, os menores índices biológicos e a maior contribuição do copepoda da família Oithonidae. No segundo grupo a estação 10 (controle) apresentou similaridade de aproximadamente 50% com as estações 3 e 5, isto provavelmente porque a estação 10 se destacou ao apresentar a maior densidade de zooplâncton da presente campanha e

maior contribuição do copepoda da família Oncaeidae, ao comparar com as demais estações. 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 53**).



**Figura 53:** Análise de agrupamento das amostras através do índice de similaridade de Bray–Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

#### 5.5.10. Ictioplâncton

#### 5.5.11. Caracterização da comunidade

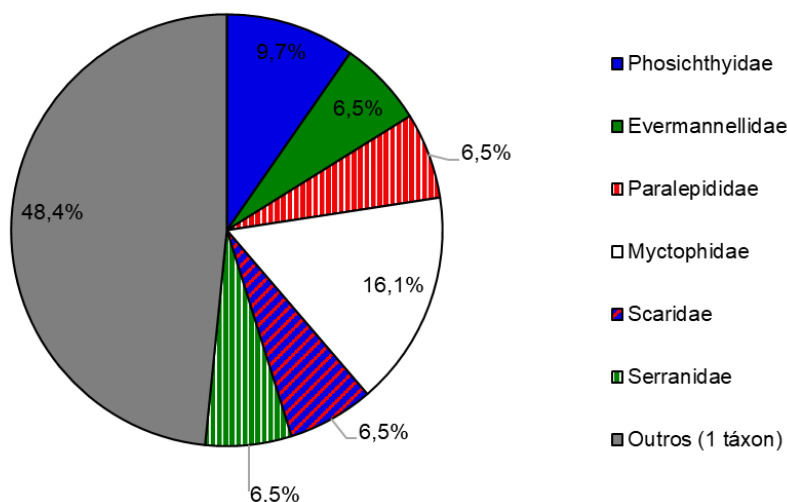
Na atual campanha de monitoramento realizada no Parque das Conchas, a identificação taxonômica compreendeu 11 famílias, 7 gêneros e 12 espécies de larvas de peixes. As larvas de peixe encontradas se distribuíram em 12 ordens distintas, são elas: Anguilliformes, Stomiiformes (Stomiatiformes), Aulopiformes, Myctophiformes, Mugiliformes, Carangiformes, Pleuronectiformes, Callionymiformes, Scombriformes, Labriformes, Perciformes e Tetraodontiformes.

Na campanha realizada em 2019 (9ª campanha) foram identificados 73 táxons compreendendo, 28 famílias, 21 gêneros e 24 espécies de larvas de peixes, em 2018 (8ª campanha) foram identificados 33 táxons compreendendo, 20 famílias e 13 espécies de larvas de peixes, seguido de 23 famílias e 23 espécies (7ª campanha), 23 famílias e 37 espécies (6ª campanha), 28 famílias e 24 espécies (5ª campanha), 20 famílias e 27 espécies (na 4ª campanha), 25 famílias e 32 espécies (na 3ª campanha), 31 famílias e 51 espécies (na 2ª campanha) e 30 famílias e 39 espécies (na 1ª campanha), de forma que os resultados obtidos nesta 10ª campanha corresponderam a menor riqueza observada ao longo das campanhas de monitoramento ambiental realizadas no entorno do FPSO Espírito Santo.

A **Figura 54** 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 Phosichthyidae, Evermannellidae, Paralepididae, Scaridae e Serranidae, tendo a primeira contribuído com 3 táxons e as demais com 2 táxons cada. As larvas da família Myctophidae também se destacaram em termos de

diversidade taxonômica em outros trabalhos desenvolvidos nas costas sudeste e sul brasileira (KATSURAGAWA *et al.*, 1993; NONAKA *et al.*, 2000), com destaque para a associação realizada à presença da massa d'água AT realizada por Lopes (2006), igualmente ao ocorrido no presente estudo.

### Contribuição por grupos (riqueza taxonômica)

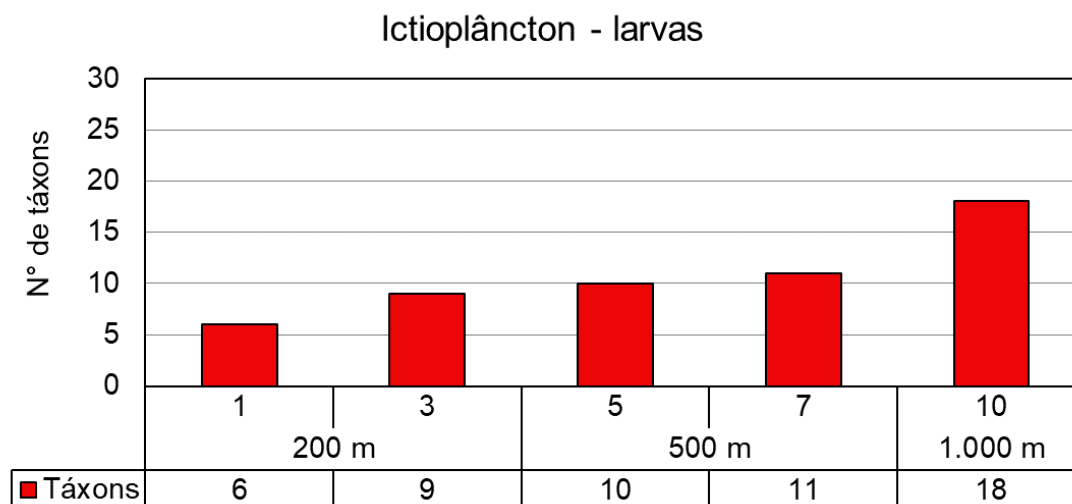


**Figura 54: Contribuição percentual do número de táxons por grupos do ictioplâncton durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Todos os ovos de peixe permaneceram como não identificados, sendo importante salientar que a identificação de ovos é dificultada pela pouca literatura de referência, no entanto, alguns ovos possuem características muito particulares possibilitando a identificação. Nas campanhas anteriores no entorno do FPSO Espírito Santo já foram registrados ovos de Anguilliformes, Clupeidae, *Maurolicus stehmanni*, Synodontidae, Trichiuridae e Beloniformes.

Em relação à distribuição espacial dos táxons de larvas identificados, foram identificados entre 6 táxons (estação 1) e 18 táxons (estação 10). É possível verificar que há diferenças entre o número de táxons de larvas identificados em cada estação, sendo identificadas menores riquezas ocorrendo nas estações a 200m do FPSO, tendo um leve acréscimo nas estações a 500 m e o maior número de táxons na estação 10, a 1000 m do FPSO (**Figura 55**).

Este aumento da riqueza à medida que há um afastamento do FPSO Espírito Santo poderia indicar uma influência da atividade petrolífera na região, porém este padrão não foi observado para os demais grupos da comunidade planctônica, além disso, a riqueza total da campanha foi a menor observada ao longo do PMA, o que pode ter refletido na riqueza por estação.



**Figura 55: Número de táxons em cada estação no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

A análise da frequência de ocorrência mostra que entre os 31 táxons identificados, 6 (19%) foram considerados frequentes (de 2 a 3 amostras FO entre 40 e 70%) e 24 (68%) como pouco frequentes (apenas uma amostra, FO abaixo de 54%). Na **Tabela 22** são apresentados os três táxons que foram classificados como muito frequentes (4 a 5 amostras, FO acima de 70%). Dentre as espécies muito frequentes, destaca-se *Diaphus sp.* (Myctophidae) e *Vinciguerria nimbaria* (Phosichthyidae) encontrada em todas as amostras, sendo esta espécie recorrente entre as campanhas de monitoramento.

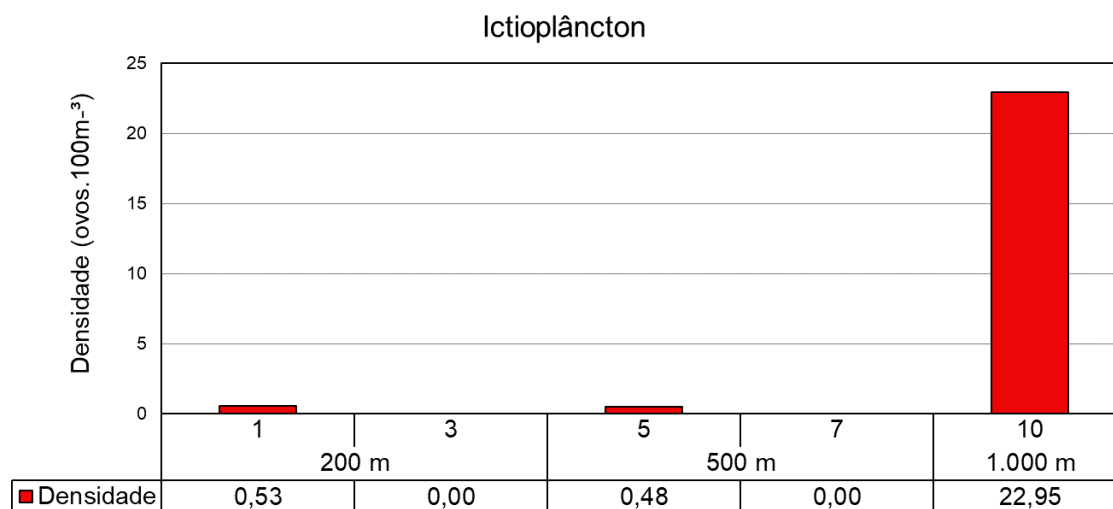
**Tabela 22: Táxons do ictioplâncton (larvas de peixe) muito frequentes (FO>70%) das amostras durante a atual campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Família	Táxons/Estação	FO
Myctophidae	Myctophidae	100%
Myctophidae	<i>Diaphus sp.</i>	100%
Phosichthyidae	<i>Vinciguerria nimbaria</i>	80,00%

### 5.5.12. Análise Quantitativa

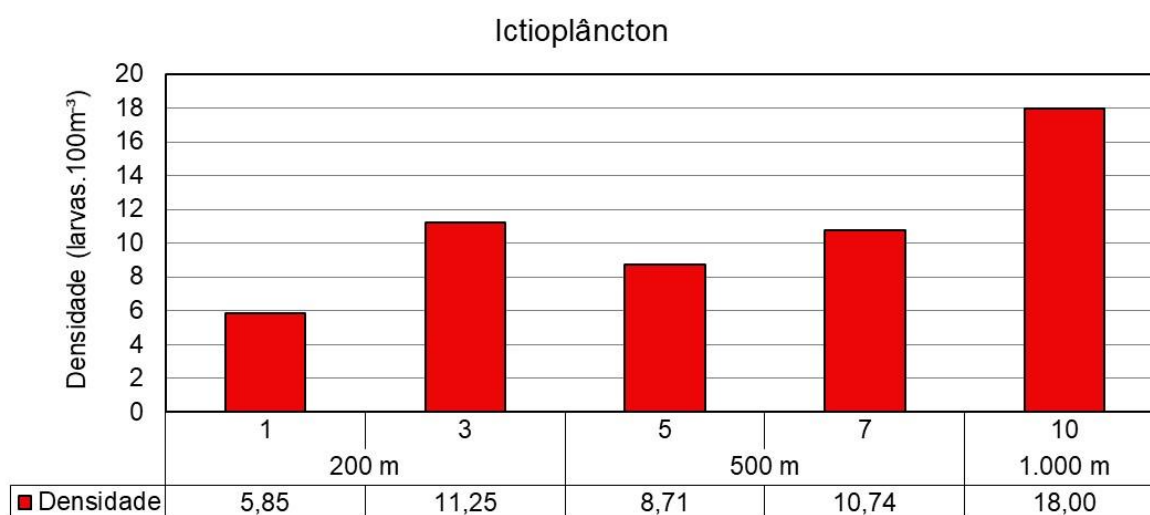
Ovos de peixe foram encontrados em três das cinco estações amostradas, oscilando a densidade entre 0,48 (estação 5) a 22,95 ovos.100m<sup>-3</sup> (estação 10). Em campanhas oceanográficas de verão e inverno na região de Cabo Frio (isóbata entre 100 e >2.000 m), Lopes (2006) encontrou valores médios iguais a 12,43 e 0,35 ovos.100m<sup>-3</sup>, respectivamente, incluindo valor mínimo igual a zero ovos.100m<sup>-3</sup> nas duas estações do ano. Já Franco; Muelbert (2003) encontraram abundância de ovos variando entre 0,08 e 0,71 ovos.100m<sup>-3</sup> na quebra da plataforma do Sul do Brasil, com valor médio igual a 0,16 ovos.100m<sup>-3</sup>. Logo, as variações na abundância de ovos de ictioplâncton observadas na atual campanha

revelam um padrão natural, não podendo estar associada a possíveis mudanças provenientes do descarte de água produzida pelo FPSO Espírito Santo (**Figura 56**).



**Figura 56:** Densidade de ovos de peixes (ovos.100m<sup>-3</sup>) coletados no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

As densidades de larvas de peixes variaram de 5,85 larvas.100m<sup>-3</sup> (estação 1) a 18,00 larvas.100m<sup>-3</sup> (estação 10), conforme mostra a Figura 57. Não é possível observar um padrão de distribuição em relação ao ponto de descarte do FPSO, visto que, apesar da maior densidade na estação controle (estação 10), as estações localizadas no raio de 200 m apresentaram valores acima e abaixo do verificado nas estações a 500 m.



**Figura 57:** Densidade de larvas de peixes (larvas.100m<sup>-3</sup>) coletados no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

A **Tabela 23** resume a abundância de ovos e larvas do ictioplâncton observadas nas campanhas realizadas ao longo do Monitoramento Ambiental no Parque das Conchas. Os valores de densidades de ovos de peixe oscilaram bastante ao longo das campanhas de monitoramento, indo desde valores



mínimos de zero ovos.m<sup>-3</sup> (2014, 2015, 2016, 2017, 2019 e atual campanha) até na ordem de 1.800 ovos.m<sup>-3</sup> (3ª campanha). Estas oscilações são comuns na comunidade planctônica, que pode ser influenciada por diversos fatores, como hidrodinâmica, sazonalidade e períodos reprodutivos específicos (LOPES, 2006). Quanto às densidades de larvas de peixe, os resultados ao longo das campanhas oscilaram menos que a densidade de ovos, apresentando ordens de grandeza similares. A presente campanha apresentou valores baixos, similares aos identificados na 1ª campanha (2011).

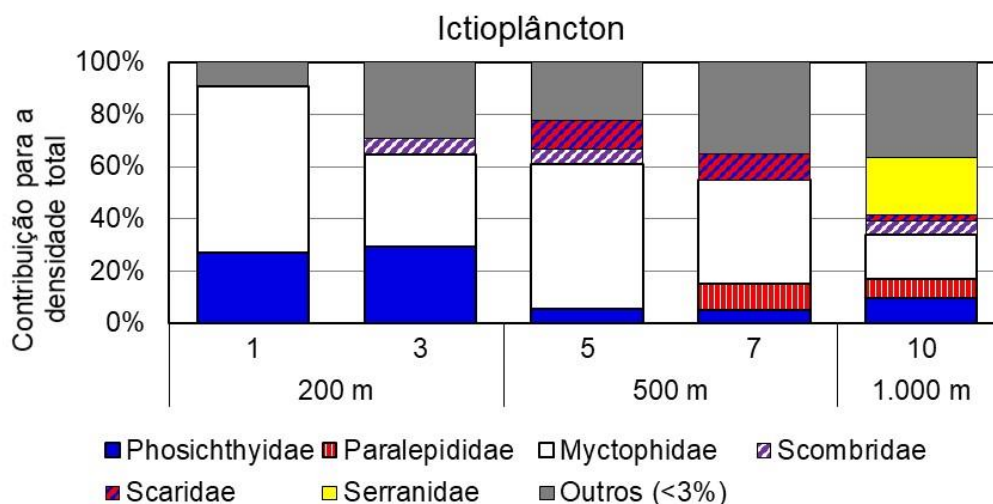
**Tabela 23: Densidade das larvas e ovos do ictioplâncton encontrados ao longo das campanhas do Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas.**

Campanha	Densidade de Larvas (larvas.m <sup>-3</sup> )		Densidade de Ovos (ovos.m <sup>-3</sup> )	
	Mín	Máx	Mín	Máx
2011	7,07	17,37	0,89	222,69
2012	24,25	66,56	0,56	15,55
2013	15,88	42,25	5,3	1.840,53
2014	5,32	27,62	0	9,88
2015	30,52	68,94	0	22,62
2016	21,99	54,89	0	2
2017	6,32	66,14	0	1,7
2018	23,13	42,05	4	29
2019	8,69	38,97	0	0,19
2020	5,85	18,00	0	22,95

A **Tabela 24** e **Figura 58** 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 Myctophidae e Phosichthyidae, responsáveis por 50,79% da densidade de larvas, sendo verificado na estação 10 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 Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Família	Distância					Mín.	Máx.	Média	Desvio Padrão
	200 m		500 m		1.000 m				
	1	3	5	7	10				
Phosichthyidae	1,60	3,31	0,48	0,54	1,80	0,48	3,31	1,55	1,15
Paralepididae	0,00	0,00	0,00	1,07	1,35	0,00	1,35	0,48	0,67
Myctophidae	3,73	3,97	4,84	4,30	3,15	3,15	4,84	4,00	0,63
Scombridae	0,00	0,66	0,48	0,00	0,90	0,00	0,90	0,41	0,40
Scaridae	0,00	0,00	0,97	1,07	0,45	0,00	1,07	0,50	0,51
Serranidae	0,00	0,00	0,00	0,00	4,05	0,00	4,05	0,81	1,81
Outros (<3%)	0,53	3,31	1,93	3,76	6,30	0,53	6,30	3,17	2,16

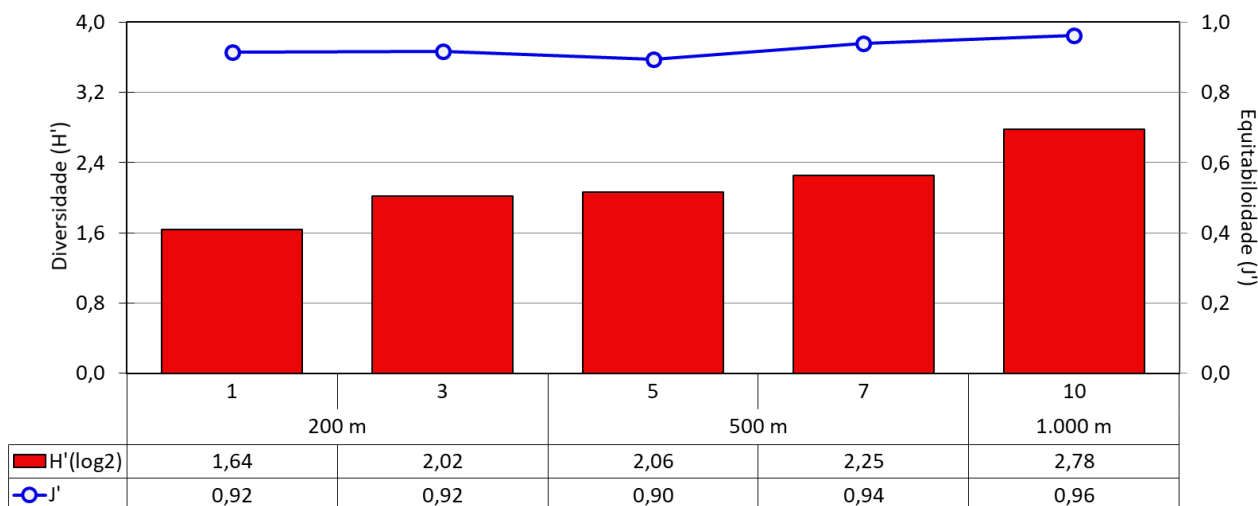


**Figura 58: Percentual de larvas de peixes (%) no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

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

### 5.5.13. Estrutura da Comunidade

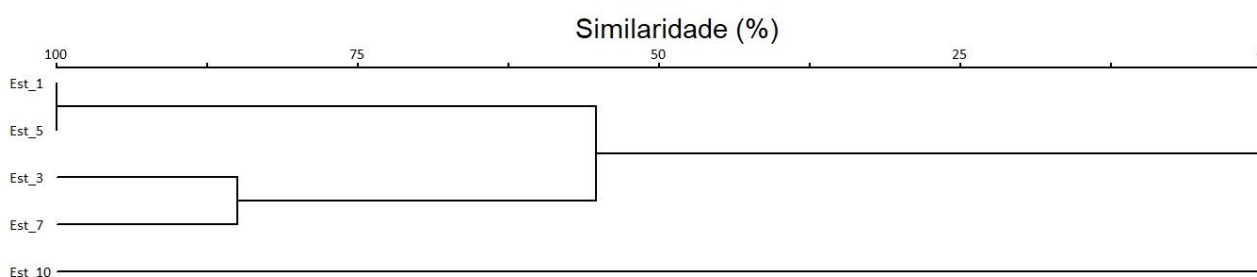
Os valores de diversidade e equitabilidade variaram entre 1,64 (estação 1) e 2,78 bits.ind<sup>-1</sup> (estação 10) e entre 0,90 (estação 5) e 0,96 (estação 10), respectivamente (**Figura 59**). A média para a diversidade foi de 2,15 bits.ind<sup>-1</sup> (DP = 0,42) e para equitabilidade foi de 0,93 (DP = 0,03). Os valores de diversidade e equitabilidade variaram pouco ao longo das estações, com a estação 10 (controle) apresentando os maiores valores de diversidade e equitabilidade.



**Figura 59: Índice de diversidade e de equitabilidade da comunidade ictioplanctônica das cinco estações monitoradas na 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, 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 60. A análise de agrupamento mostrou que a estação 10 se distanciou das demais por ter apresentado uma maior diversidade e densidade de espécies, com predomínio da família Serranidae, já as demais estações apresentaram uma similaridade acima de 50%. Cabe destacar a similaridade de 100% entre as estações 1 e 5 localizadas a 200 e a 500 m do FPSO, respectivamente.

Com exceção da estação 10, o resultado dessa análise demonstrou homogeneidade na composição do ictioplâncton na área, visto que há uma mistura entre estações localizadas em diferentes distâncias em relação ao FPSO, bem como em diversas profundidades de amostragem.



**Figura 60: Análise de agrupamento das amostras de ictioplâncton através do índice de similaridade de Bray–Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, 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 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Variáveis	Códigos
Abióticas	
Temperatura	Temp
Salinidade	Sal
Densidade	Dens
Oxigênio Dissolvido	OD
Potencial Hidrogeniônico	pH
Nitrato	Nitra
Nitrito	Nitri
Nitrogênio Amoniacal	Namon
Fosfato	Fosfa
Carbono Orgânico Total	COT
Fluoreto	Fluor
Vanádio	V
Bário	Ba
Manganês	Mn
Boro	B
Zinco	Zn
Clorofila-a	Clf-a
Fenol	Fen
<sup>228</sup> Ra	Ra_228
Tributilestanho	Tribut
Bióticas (fitoplâncton) – parâmetros suplementares	
Densidade Diatomáceas (Microfitoplâncton)	Diat
Densidade Dinoflagelados (Microfitoplâncton)	Dino



**Tabela 25: Variáveis abióticas e bióticas e respectivas abreviaturas utilizadas na análise integrada dos dados da 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.**

Variáveis	Códigos
Densidade Cianobactérias (Microfitoplâncton)	Ciano
Densidade Silicoflagelados (Microfitoplâncton)	Silico
Densidade Cocolitoforídeos (Microfitoplâncton)	Cocol
Densidade Euglenofíceas (Microfitoplâncton)	Eugleno
Densidade Ebriídeos (Microfitoplâncton)	Ebri
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 20 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 0,316.

As componentes da ACP (Fator 1 e 2) representaram 33,04% da variabilidade dos dados. O Fator 1 correspondeu a 19,86% e o Fator 2 a 13,18%. Os parâmetros temperatura, salinidade, densidade, OD, clorofila-a, nitrito e COT estiveram significativamente correlacionados ao Fator 1. Já ao Fator 2, os parâmetros correlacionados foram clorofila-a, fluoreto,  $^{228}\text{Ra}$  e tributilestanho (Tabela 26).

**Tabela 26: Análise de Componentes Principais (ACPs) das variáveis químicas analisadas nas amostras de água da 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. Resultados em negrito foram significativos.**

Parâmetro	Fator 1 (19,86%)	Fator 2 (13,18%)
Temp	<b>-0,926</b>	0,220
Sal	<b>-0,870</b>	0,076
Dens	<b>0,892</b>	-0,231
OD	<b>-0,360</b>	0,176
pH	-0,296	0,061
BTEX	-0,116	-0,298
Fen	<b>0,728</b>	<b>-0,411</b>
Clf-a	<b>-0,538</b>	-0,232
Nitri	0,213	-0,194
Nitra	0,172	<b>0,653</b>
Namon	0,034	0,189
Fosfa	0,052	<b>-0,585</b>



**Tabela 26: Análise de Componentes Principais (ACPs) das variáveis químicas analisadas nas amostras de água da 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. Resultados em negrito foram significativos.**

Parâmetro	Fator 1 (19,86%)	Fator 2 (13,18%)
Fluor	<b>-0,378</b>	<b>-0,637</b>
COT	-0,160	-0,211
HTP	0,064	-0,072
Cu	-0,308	-0,242
V	-0,203	-0,123
B	0,241	0,234
Ba	-0,149	<b>-0,557</b>
Mn	-0,211	<b>-0,668</b>
Zn	<b>-0,926</b>	0,220
Al_diss	<b>-0,870</b>	0,076
Cu_diss	<b>0,892</b>	-0,231
Ra_226	<b>-0,360</b>	0,176
Ra_228	-0,296	0,061
Tribut	-0,116	-0,298

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 à 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.

A clorofila-a se posicionou na mesma direção da densidade, o que indicou, de um modo geral, maiores concentrações deste parâmetro 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. Cabe destacar a amostra estação 4-TC a qual apresentou o maior valor de densidade. Esta estação foi a que apresentou a maior profundidade de coleta deste estrato (140 m). De um modo geral, as amostras dos estratos SUP e ACTC se apresentaram bastante próximo, indicando pouca diferenciação entre os mesmos.

Considerando o Fator 2, este não foi importante para a separação de grupos de estação. Deste modo, a ACP indicou uma diferenciação dos estratos, impulsionada pelos resultados de temperatura, salinidade e densidade, por outro lado, não foi observada uma separação das estações, principalmente entre aquelas posicionadas a montante (controle – estações 10 e 11) e a jusante (estações 1 a 9) da ponto de descarte, não sendo possível verificar interferência do FPSO Espírito Santo no ambiente marinho (**Figura 61**).

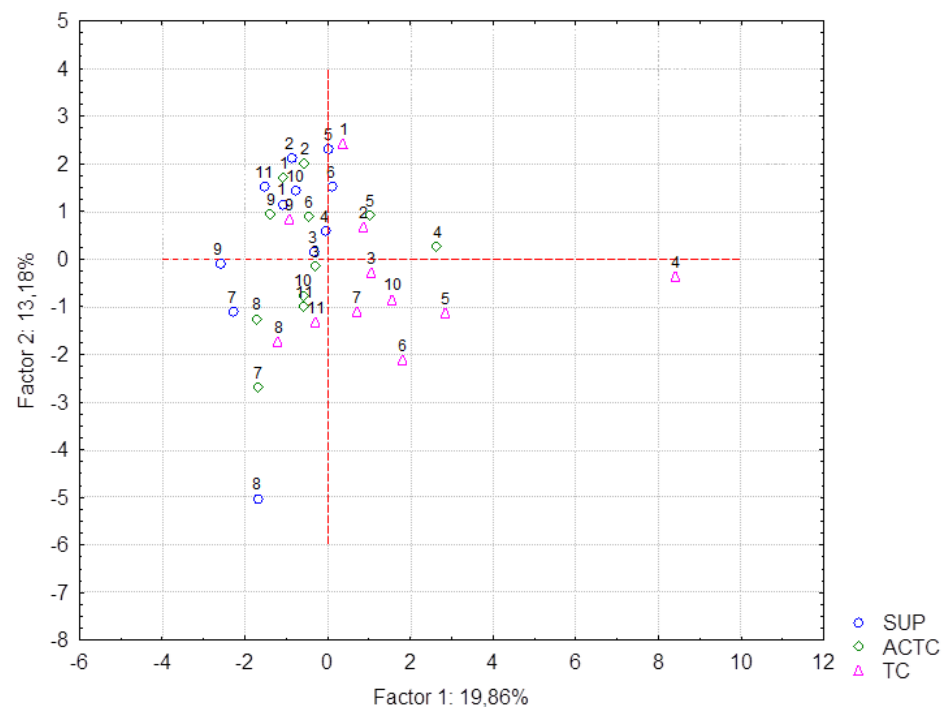
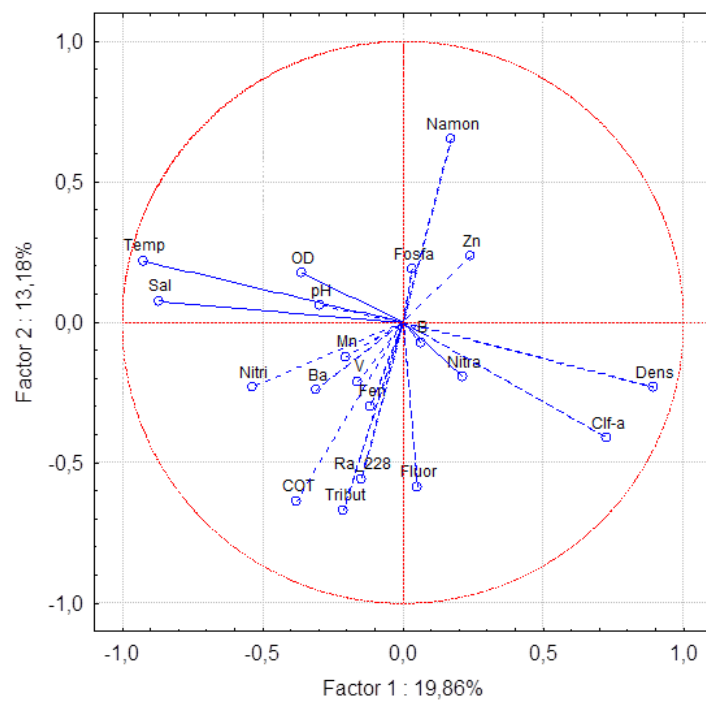


Figura 61 : Resultado da Análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos parâmetros abióticos de qualidade da água.



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 19 parâmetros físico-químicos. O parâmetro  $^{228}\text{Ra}$  não esteve presente nesta segunda ACP, pois não foi detectado 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 0,324, uma vez que para o cálculo da significância apenas os parâmetros ativos foram considerados.

As componentes da ACP (Fator 1 e 2) representaram 36,64% da variabilidade dos dados. O Fator 1 correspondeu a 22,05% e o Fator 2 a 14,59%. Os parâmetros temperatura, salinidade, densidade, OD, pH, fenol, clorofila-a, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal e boro estiveram significativamente correlacionados ao Fator 1. Já ao Fator 2, os parâmetros que estiveram correlacionados foram salinidade, OD, pH, fenol, nitrato, nitrogênio amoniacal, COT, bário, manganês, zinco e tributilestanho (Tabela 27).

**Tabela 27: Análise de Componentes Principais (ACPs) das variáveis químicas e biológicas analisadas nas amostras de água da 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Baía de Campos. Resultados em negrito foram significativos. (\*) Parâmetros suplementares.**

Parâmetro	Fator 1 (22,05)	Fator 2 (14,59%)
Temp	<b>-0,884</b>	-0,025
Sal	<b>-0,536</b>	<b>-0,330</b>
Dens	<b>0,740</b>	-0,183
OD	<b>-0,508</b>	<b>0,407</b>
pH	<b>-0,532</b>	<b>0,435</b>
Fen	<b>0,364</b>	<b>0,365</b>
Clf-a	<b>0,782</b>	0,277
Nitri	<b>-0,505</b>	-0,317
Nitra	<b>0,392</b>	<b>-0,433</b>
Namon	<b>-0,556</b>	<b>-0,334</b>
Fosfa	-0,224	-0,312
Fluor	0,252	-0,156
COT	-0,042	<b>0,795</b>
V	-0,249	0,289
B	<b>-0,546</b>	-0,169
Ba	-0,131	<b>0,374</b>



**Tabela 27: Análise de Componentes Principais (ACPs) das variáveis químicas e biológicas analisadas nas amostras de água da 10ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Baía de Campos. Resultados em negrito foram significativos. (\*) Parâmetros suplementares.**

Parâmetro	Fator 1 (22,05)	Fator 2 (14,59%)
Mn	-0,246	<b>0,503</b>
Zn	-0,076	<b>-0,538</b>
Tribut	-0,110	<b>0,342</b>
Diat*	0,133	-0,523
Dino*	0,306	-0,337
Ciano*	-0,202	0,007
Silico*	-0,688	-0,043
Coco*	-0,143	0,113
Eugleno*	-0,050	-0,245
Ebri*	-0,688	-0,043
Micro_Dens*	0,268	-0,415
Micro_Riq*	-0,173	-0,211
Nano_Dens*	-0,211	-0,054
Nano_Riq*	-0,106	-0,126

Com relação à disposição dos parâmetros no plano da ACP, pode-se perceber que, de maneira suplementar, a densidade de microfitoplâncton e, especificamente, de dinoflagelados e diatomáceas se posicionaram na mesma direção de nitrato (positivamente ao Fator 1 e negativamente ao Fator 2), sendo verificada a relação do nutriente com o desenvolvimento do fitoplâncton. Por outro lado, os demais índices biológicos estiveram dispersos no plano da ACP.

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 positivamente ao Fator 1, e as SUP e ACTC negativamente a este Fator, além disso não houve formação de grupos relacionados aos raios de distância do FPSO (**Figura 62**).

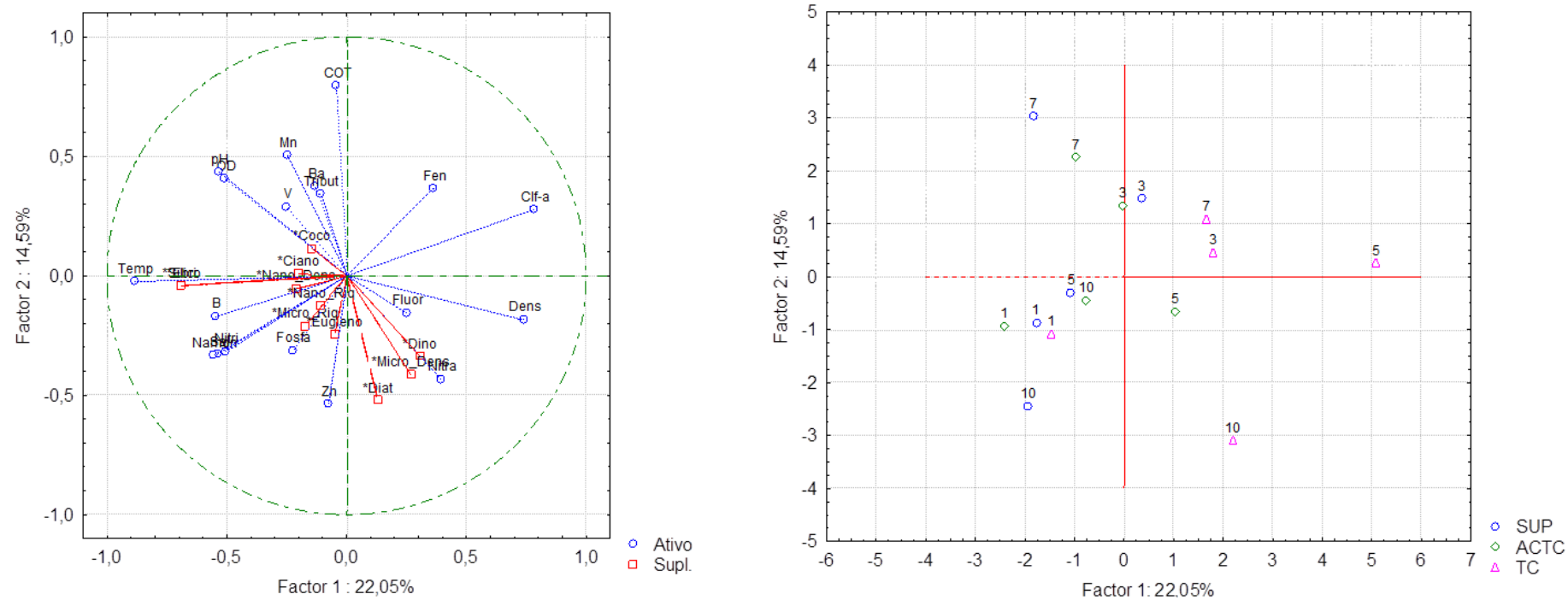


Figura 62: Resultado da Análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos parâmetros abióticos de qualidade de água e fitoplanctônicos.



## 6. CONCLUSÃO

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

As perfilagens de salinidade e temperatura demonstraram, até a profundidade máxima monitorada, presença da Água Tropical (AT) e da Água Central do Atlântico Sul (ACAS), massas d'água típicas da bacia de Campos. Foi observada uma camada de mistura profunda que chegou a aproximadamente 150 m, o que refletiu 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, em geral, estiveram dentro do intervalo estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1. Contudo, algumas estações apresentaram resultados que ultrapassaram ligeiramente o limite máximo, porém tais resultados foram típicos de regiões oceânicas (REZENDE *et al.*, 2006).

A maioria das concentrações de oxigênio dissolvido estiveram de acordo com a legislação supracitada, tendo alguns valores estado abaixo do limite máximo estabelecido para águas salinas classe 1. Assim sendo, todos os resultados foram considerados típicos de ambiente marinho tropical (NIENCHESKI *et al.*, 1999; VALENTIN *et al.*, 2006).

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

Como indicativo da boa qualidade da água na área estudada, cita-se a não verificação na maioria das estações de diversos contaminantes com potencial nocivo à biota, como o cianetos, HPA, HTP, BTEX, óleos e graxas, além da maioria dos metais analisados, com exceção do boro, bário, manganês, vanádio e zinco, tendo apenas o boro ultrapassado ligeiramente, em algumas estações, o limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05.

Já as concentrações de fenóis foram quantificadas em todas as estações, o que não havia sido observado em campanhas anteriores, porém os resultados 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 do FPSO Espírito Santo.

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 Espírito Santo foi mais acurado, que o limite de detecção de  $0,010 \text{ ng.L}^{-1}$  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 concentração quantificável de  $^{228}\text{Ra}$  em apenas uma amostra. 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 dinoflagelados, diatomáceas, e as cianofíceas, destacando a maior presença de dinoflagelados, como nas campanhas anteriores. Para o zooplâncton, o grupo dos copépodes (organismos holoplanctônicos) se destacou. Na análise do ictioplâncton foi observada uma composição comum para área, considerando as campanhas anteriores e registros pretéritos dos táxons nas águas brasileiras.

É possível concluir que esta 10ª Campanha de Monitoramento do campo Parque das Conchas indicou que a qualidade da água no entorno do FPSO Espírito Santo não demonstra alteração (variação) diretamente associada às atividades desta instalação *offshore*. Os resultados discutidos foram condizentes ao ambiente oceânico e, em geral, similares às campanhas anteriores e também aos obtidos em outros estudos da Bacia de Campos.



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



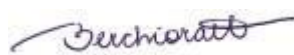
Objetivo	Meta	Indicadores	Resultados
<p>- Verificar <i>in situ</i> o impacto do descarte de água produzida, considerando o prognóstico de modelagem matemática e a avaliação de impactos ambientais do EIA;</p> <p>- Verificar o atendimento à CONAMA nº393/07 no que se refere ao enquadramento como “Águas Salinas Classe 1” da água do mar no entorno do FPSO Espírito Santo.</p>	<p>Garantir a qualidade de água no entorno do FPSO Espírito Santo, após a zona de mistura, atende ao enquadramento como Águas Salinas – Classe 1 de acordo com os limites definidos pelas resoluções CONAMA 357/05 e 393/07, e que eventuais parâmetros que excedam esses limites, não tenham origem no descarte de água produzida do FPSO Espírito Santo.</p>	<p>Alterações na qualidade da água, apresentadas pelos parâmetros:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Físico-químicos (temperatura, salinidade, pH e oxigênio dissolvido);</li><li>- Inorgânicos (nutrientes, cloro residual, sulfetos, cianetos, fluoretos, radioisótopos e metais);</li><li>- Orgânicos (COT, surfactantes, PCB's, TBT, óleos e graxas, fenóis, HPA's e HTP's);</li><li>- Testes de Toxicidade</li></ul>	<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 boro, bário, 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, HTP, PCB's, BTEX e óleos e graxas. Os fenóis apresentaram concentrações em todas as estações;</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 TÉCNICA

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

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

Nome	Cadastro Técnico Federal (CTF/IBAMA)	Registro	Assinatura
Luisa Santos Machado Oceanógrafa	7526192	Não aplicável	
Luiz Carlos Ramos da Silva Filho Oceanógrafo Msc. Planejamento Ambiental	5006019	Não aplicável	
Flavia Merchoratto 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
- ALCÂNTARA, E. H. et al. On the water thermal response to the passage of cold fronts: initial results for Itumbiara reservoir (Brazil). *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, v. 7, n. 6, p. 9437-9465, 2010.
- 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.; NAMIKI, C.A.P.; CASTRO, M.S.; & CAMPOS, P.N. 2014. *Catálogo dos estágios iniciais de desenvolvimento dos peixes da bacia de Campos*. [online]. Curitiba: Sociedade Brasileira de Zoologia. Zoologia: guias e manuais de identificação séries. Disponível em SciELO Books. 295 p.
- BONECKER, A.C.T.; CASTRO, M.S.; NAMIKI, C.; BONECKER, F.T.; BARROS, F.B.A.G.; MONTEIRO-RIBAS, W.M., 2006. Ictioplâncton. In: VALENTIN, J.L. (Ed.). *Características da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira (Salvador, BA, ao Cabo de São Tomé, RJ)*. Brasília: Ideal Gráfica e Editora (Série Documentos REVIZEE/SCORE Central), p. 141-159.
- BOULOBASSI, I.; SALIOT, A. 1993. Investigation of anthropogenic and natural organic inputs in estuarine sediments using hydrocarbon markers (NAH, LAB, PAH). *Oceanologica Acta*, 16, 2, 145-161.
- 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 Cecilians* 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.

CPTEC/INPE – Centro de previsão de tempo e estudos climáticos/instituto nacional de pesquisas espaciais. Síntese sinótica setembro de 2020. Disponível em: < <https://www.cptec.inpe.br/noticias/noticia/130874>>. Acesso em: Fevereiro, 2020.

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

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

CIOTTI, A. M.; GONZALEZ-RODRIGUES, E.; ANDRADE, L.; PARANHOS, R.; CARVALHO, W. F. 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.; FRICKE, R.; VAN DER LAAN, R. (Eds.), 2019. Catalog of Fishes. Disponível em <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>. Acesso 10/11/2020.
- ESNAL, G.B. 1999. *Appendicularia*. In: BOLTOVSKOY, D. (Ed.) South Atlantic zooplankton. Leiden, Backhuys Publishers, p. 1375-1398.
- EYNAUD, F.; GIRAUDAU, 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 Zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. INIDEP, Mar del Plata, Argentina, p. 163-167.
- GABIOUX, M. 2008. Estudo numérico dos meandros e vórtices da corrente do Brasil entre 22°s e 30°s. Tese (Doutorado em Engenharia Naval e Oceânica). Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Rio de Janeiro, RJ.
- GARRISON, T. 2010. Fundamentos de Oceanografia. São Paulo. *Cengage Learning*. 4ª ed. pp. 136.
- 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 nanoplankton and netplankton as primary producers in tropical oceanic and neritic phytoplankton communities. *Limnology and Oceanography*, 16(4): 633-639.
- MARGALEF, R. 1972. *Regularidades en la distribución de la diversidad del fitoplancton en un área del mar Caribe*. 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 Meteorology, Geophys and Bioklimatology*, (Ser. A), 7: 502-527.
- MERINO-VIRGILIO, F. del C; 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.; GRANDE, T.C.; WILSON, M.V.H., 2016. *Fishes of the world*. 5a edição. John Wiley & Sons. New Jersey. 752 p.
- NONAKA, R. H.; MATSUURA, Y. & SUZUKI, K., 2000. Seasonal variation in larval fish assemblages in relation to oceanographic conditions in the Abrolhos Bank region off eastern Brazil. *Fisheries Bulletin*, 9: 767-784.



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

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

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

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

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

PASSAVANTE, J.Z.O.; KOENING, M.L.; ESKINAZI-LEÇA, E. 1982. Dinoflagelados da plataforma continental do 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, AOCABO DE SÃO TOMÉ, RJ) / JEANLOUIS VALENTIN, ORGANIZADOR. BRASÍLIA: MMA 31-60 PP (SÉRIE DOCUMENTOS REVIZEE – SCORE CENTRAL, 2).

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

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

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





- SEGUI, P. N., 2009. *Bioatenuação da geração de sulfeto, por meio da utilização de nitrato, em água produzida proveniente da extração de petróleo*. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Vitória. 101 f.
- SIGNORINI, S. R. 1978. On the circulation and volume transport of the Brazil Current between the Cape of São Tomé and Guanabara Bay. *Deep Sea Res.*, Vol. 25(5). 481-490p.
- SHELL, 2015. SHELL BRASIL. Disponível em: <http://www.shell.com.br/sobre-a-shell/nossos-negocios/parque-das-conchas.html>. Acessado em outubro de 2015.
- SHELL/AECOM. 2011a. *Relatório Final da 7ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo De Parque Das Conchas – FPSO Espírito Santo*. Relatório Técnico. 107 p.
- SHELL/AECOM. 2011b. *Relatório Final da 8ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo De Parque Das Conchas – FPSO Espírito Santo*. Relatório Técnico. 107 p.
- SHELL/AECOM. 2013. *Relatório da 9ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Parque Das Conchas – FPSO Espírito Santo*. Relatório Técnico. 91p.
- SHELL/AECOM. 2014. *Relatório da 10ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Parque Das Conchas – FPSO Espírito Santo*. Relatório Técnico. 116p.
- SHELL/AECOM. 2015. *Relatório da 11ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Parque Das Conchas – FPSO Espírito Santo*. Relatório Técnico. 108p.
- SHELL/AECOM. 2016. *Relatório da 12ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Parque Das Conchas – FPSO Espírito Santo*. Relatório Técnico. 106p.
- SHELL/AECOM. 2017. *Relatório da 13ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Parque Das Conchas – FPSO Espírito Santo*. Relatório Técnico. 99p.
- SHELL/AECOM. 2018. *Relatório da 15ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Parque Das Conchas – FPSO Espírito Santo*. Relatório Técnico. 98p.
- SHELL/WITTOBRIENS. 2019. *Relatório da 14ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Parque Das Conchas – FPSO Espírito Santo*. Relatório Técnico. 95p.
- SILVEIRA, I.C.A. O SISTEMA CORRENTE DO BRASIL NA BACIA DE CAMPOS, RJ [TESE DE LIVRE DOCÊNCIA]. SÃO PAULO: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2007.
- SILVEIRA, I.C.A.; SCHMIDT, A.C.K; CAMPOS, E.J.D.; GODOI, S.S. & IKEDA, Y. 2000. A Corrente Do Brasil Ao Largo Da Costa Leste Brasileira. *Rev. Bras. Oceanogr.*, 48(2): 171–183.
- SOEST, R.W.M. 1981. A monograph of the order Pyrosomatida (Tunicata, Thaliacea). *Journal of Plankton Research*, 3(4): 603-631.
- SOURNIA, A., 1978. *Phytoplankton Manual*. Monography Oceanographical Methodology, v. 6, p. 69-74.
- STEIDINGER, K. A. & TANGEN, K., 1997. *Dinoflagellates*. In: *Identifying Marine Phytoplankton*. Tomas, C.R. (ed.). U.S.A., Academic Press, 583 p.
- STRAMMA L & ENGLAND M. 1999. On the water masses and mean circulation of the South Atlantic Ocean. *J. Geophys. Res.*, 104(C9): 20863-20883.
- SVERDRUP, H.U., JOHNSON, M.W. & FLEMING, R.H. 1942. *The Oceans: their physics, chemistry and general biology*. Englewood Cliffs, Prentice- Hall Inc. 1087 p.



- TAYLOR, F. J. R., 1976. *Dinoflagellates from the International Indian Ocean Expedition*. A report on material collected by the R. V. "Anton Bruun" 1963-1954. Bibliotheca Botanica, Stuttgart, 132: 1-234.
- TENENBAUM, D. R.; GOMES, E. A. T. & GUIMARÃES, G. P. 2007. *Microorganismos planctônicos: pico, nano e micro*. In: VALENTIN, J. L. (Org.). Características hidrobiológicas da região central da zona econômica exclusiva brasileira (Salvador, BA ao Cabo de São Tome, RJ). Brasília, MMA. 168 p.
- THRONDSSEN, J., 1978. Preservation and storage. In: SOURNIA, A. (Ed.) *Phytoplankton Manual*. Monogr. Oceanogr. Methodol, 6: 69-74.
- Throndsen, J., 1997. The Planktonic Marine Flagellates. In: TOMAS, C.R. (Ed.). *Identifying Marine Phytoplankton*. U.S.A.: Academic Press, 583 p.
- URIARTE, I; VILLATE, F. Differences in the abundance and distribution of copepods in two estuaries of the Basque coast (Bay of Biscay) in relation to pollution. *Journal of Plankton Research*, 27: 863-874. 2005
- UTERMÖHL, H., 1958. Perfeccionamiento 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