

RELATÓRIO FINAL DA 18ª CAMPANHA DE MONITORAMENTO AMBIENTAL (PMA) DO CAMPO DE BIJUPIRÁ E SALEMA (BACIA DE CAMPOS) – FPSO FLUMINENSE

Campanha de 2021

Rev. 00– Fevereiro, 2022

DESENVOLVIDO PARA:



**CONTROLE DE REVISÕES**

Rev.	Data	Descrição (motivo da revisão)
00	Fevereiro/2022	Documento original



SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS E METAS.....	2
3. ÁREA DE ESTUDO	2
3.1. MALHA AMOSTRAL	3
4. MÉTODOS	6
4.1. QUALIDADE DA ÁGUA	7
4.1.1. MÉTODOS DE CAMPO.....	7
4.1.1.1. Análises Laboratoriais	10
4.1.1.2. Análises dos Dados de Qualidade da Água.....	12
4.2. BIOTA	14
4.2.1. MÉTODOS DE CAMPO.....	14
4.2.2. MÉTODOS DE ANÁLISE	16
5. RESULTADOS.....	20
5.1. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.....	20
5.1.1. TEMPERATURA , SALINIDADE E DENSIDADE	20
5.1.2. OXIGÊNIO DISSOLVIDO.....	25
5.1.3. POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH)	26
5.2. PARÂMETROS INORGÂNICOS	28
5.2.1. NITROGÊNIO E FÓSFORO	28
5.2.2. CLOROFILA-A	31
5.2.3. METAIS	32
5.2.4. CIANETO LIVRE	42
5.2.5. FLUORETOS	42
5.2.6. SULFETOS.....	43
5.2.7. CLORO RESIDUAL TOTAL	44
5.2.8. RADIOISÓTOPOS.....	44
5.3. PARÂMETROS ORGÂNICOS.....	44
5.3.1. CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT)	44
5.3.2. SURFACTANTES.....	45
5.3.3. BIFENILAS POLICLORADAS (PCBs).....	46
5.3.4. TRIBUTILESTANHO	46
5.3.5. HIDROCARBONETOS E FENÓIS.....	46
5.3.6. ÓLEOS E GRAXAS	48
5.4. ECOTOXICIDADE	48
5.5. BIOTA	49



5.5.1. FITOPLÂNCTON.....	49
5.5.1.1. Composição específica.....	50
5.5.1.2. Riqueza	52
5.5.1.3. Análise Quantitativa.....	58
5.5.1.4. Estrutura da Comunidade Fitoplanctônica	64
5.5.2. ZOOPLÂNCTON	67
5.5.2.1. Caracterização da comunidade	67
5.5.2.1. Análise Quantitativa.....	73
5.5.2.2. Estrutura da Comunidade	76
5.5.3. ICTIOPLÂNCTON.....	78
5.5.3.1. Caracterização da comunidade	78
5.5.3.1. Análise Quantitativa.....	81
5.5.3.2. Estrutura da Comunidade	84
5.6. ANÁLISE INTEGRADA	86
6. CONCLUSÃO	91
7. EQUIPE.....	94
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95

LISTA DE ANEXO

ANEXO A - Acreditação das análise e Testes Intralaboratoriais

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

Figura 1: Localização dos Campos de Bijupirá & Salema, Bacia de Campos (Datum SIRGAS 2000)..	3
Figura 2: FPSO Fluminense durante a 18ª Campanha de Monitoramento Ambiental – bordo bombordo, lado de descarte da água produzida.....	4
Figura 3: Esquema da malha amostral do compartimento água, conforme previsto no PMA - Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema no entorno do FPSO Fluminense. ...	5
Figura 4: Embarcação Waterbuck utilizada durante a 18ª Campanha de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema, Bacia de Campos. (Fonte: www.nauticexpo.com)	6
Figura 5: Lançamento de CTD durante a 18ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema.	7
Figura 6: Lançamento de garrafa oceanográfica (GO-FLO) durante a 18ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema.	8
Figura 7: Equipamentos utilizados na medição dos parâmetros físico-químicos in situ e na filtração durante a 18ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema.	8
Figura 8: Exemplo de representação de dados em um gráfico Box plot.	13
Figura 9: Em sequência, rede de plâncton do tipo bongô durante a 18ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema.	16
Figura 10: Perfis de temperatura nas estações monitoradas durante a 18ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Fluminense, campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ...	21
Figura 11: Perfis de salinidade nas estações monitoradas durante a 18ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Fluminense, campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	22
Figura 12: Perfis de densidade nas estações monitoradas durante a 18ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Fluminense, campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	23
Figura 13: Diagrama TS dos dados amostrados nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	24
Figura 14: Distribuição das concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD) nas estações no entorno da FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	25
Figura 15: Concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD) observadas nesta e nas últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	26
Figura 16: Valores de pH nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.....	27
Figura 17: Resultados de pH observados nesta e nas últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	27
Figura 18: Distribuição das concentrações de nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	29



Figura 19: Concentrações de nitrato e nitrito amoniacal, observadas nesta e nas	30
Figura 20: Concentrações de nitrogênio amoniacal, observadas nesta e nas últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	31
Figura 21: Concentrações de fosfato observadas nas últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	31
Figura 22: Concentrações de clorofila-a observadas nas últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	32
Figura 23: Distribuição das concentrações de arsênio nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	33
Figura 24: Distribuição das concentrações de bário nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	34
Figura 25: Distribuição das concentrações de berílio nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	35
Figura 26: Distribuição das concentrações de alumínio dissolvido nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	36
Figura 27: Distribuição das concentrações de alumínio dissolvido nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	36
Figura 28: Distribuição das concentrações de vanádio nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	37
Figura 29: Distribuição das concentrações de boro nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	38
Figura 30: Concentrações de boro observadas nas 12 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	38
Figura 31: Distribuição das concentrações de cromo nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	39
Figura 32: Distribuição das concentrações de ferro total nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	39
Figura 33: Distribuição das concentrações de selênio nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	40



Figura 34: Distribuição das concentrações de tálio nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	41
Figura 35: Distribuição das concentrações de urânio nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos	41
Figura 36: Distribuição das concentrações de zinco nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	42
Figura 37: Distribuição das concentrações de fluoreto nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	43
Figura 38: Concentrações de fluoreto observadas nas 12 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	43
Figura 39: Distribuição das concentrações de Carbono Orgânico Total (COT) nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	45
Figura 40: Concentrações de COT observadas nas 12 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	45
Figura 41: Contribuição percentual das classes taxonômicas do microfitoplâncton identificadas nas estações de amostragem no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	51
Figura 42: Número de táxons do nanoplâncton em cada profundidade nas cinco estações monitoradas durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	52
Figura 43: Contribuição percentual da riqueza de táxons do nanoplâncton por categoria taxonômica nas cinco estações e em cada profundidade monitorada durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	53
Figura 44: Número de táxons do microfitoplâncton em cada profundidade nas cinco estações monitoradas durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	54
Figura 45: Contribuição percentual da riqueza de táxons por categoria taxonômica nas cinco estações e em cada profundidade monitorada durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	55
Figura 46: Densidade celular (cel.L^{-1}) do nanofitoplâncton no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	60
Figura 47: Densidade celular do microfitoplâncton (cel.L^{-1}) nas cinco estações monitoradas durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	61



Figura 48: Contribuição percentual das categorias taxonômicas na densidade do microfitoplâncton no entorno da FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	63
Figura 49: Índice de diversidade (H') e de equitabilidade (J') da comunidade fitoplanctônica das cinco estações monitoradas na 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	65
Figura 50: Análise de agrupamento das amostras através do índice de similaridade de Bray–Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	67
Figura 51: Contribuição média percentual das categorias taxonômicas do zooplâncton identificadas nas cinco estações monitoradas durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	68
Figura 52: Número de táxon do zooplâncton nas cinco estações monitoradas durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	69
Figura 53: Densidade do zooplâncton nas cinco estações monitoradas durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	73
Figura 54: Abundância relativa (%) dos grupos dominantes coletados nas cinco estações monitoradas durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	75
Figura 55: Abundância (%) dos copépodes dominantes coletados nas cinco estações monitoradas durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	76
Figura 56: Índice de diversidade e de equitabilidade da comunidade zooplanctônica das cinco estações monitoradas na 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	77
Figura 57: Análise de agrupamento das amostras através do índice de similaridade de Bray–Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	78
Figura 58: Contribuição percentual do número de táxons por grupos do ictioplâncton durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	79
Figura 59: Número de táxons de ovos em cada estação durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	80
Figura 60: Número de táxons em cada estação no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	80
Figura 61: Densidade de ovos de peixes (ovos. $100m^{-3}$) coletados no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	82
Figura 62: Densidade de larvas de peixes (larvas. $100m^{-3}$) coletados no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	82



<i>Figura 63: Percentual de larvas de peixes (%) no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 64: Índice de diversidade e de equitabilidade da comunidade ictioplanctônica das cinco estações monitoradas na 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>85</i>
<i>Figura 65: Análise de agrupamento das amostras de ictioplâncton através do índice de similaridade de Bray–Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 66: Análise de Ordenação de Coordenadas Principais (PCO) aplicada aos dados físico-químicos com resultados representativos e acima do limite de quantificação ou detecção.....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 67: Análise n-MDS aplicada aos resultados de abundância da comunidade planctônica e dados físico-químicos.....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 68: Ordenação de Coordenadas Principais (PCO) aplicada aos dados da comunidade planctônica e físico-químicos.</i>	<i>90</i>



LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1: Coordenadas geográficas, distâncias e profundidades dos pontos de amostragem durante a 18ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental do FPSO Fluminense nos Campos de Bijupirá & Salema, Bacia de Campos (Datum SIRGAS2000).</i>	6
<i>Tabela 2: Metodologia de acondicionamento e preservação das amostras para a avaliação dos parâmetros físico-químicos durante a 18ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema. *- Parâmetros coletados em triplicata. **- Cobre dissolvido foi coletado em triplicata.</i>	9
<i>Tabela 3: Métodos empregados na análise dos parâmetros físico-químicos das amostras coletadas durante a 18ª Campanha de Monitoramento Ambiental no entorno do FPSO Fluminense.</i>	10
<i>Tabela 4: Códigos utilizados na 18ª Campanha para individualizar os organismos do microfitoplâncton de acordo com a forma e maior dimensão celular.</i>	17
<i>Tabela 5: Metais que apresentaram concentrações abaixo do Limite de Quantificação (LQ) nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	33
<i>Tabela 6: Resultados do teste de ecotoxicidade crônica no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	49
<i>Tabela 7: Número de táxons do microfitoplâncton e estatística descritiva das cinco estações monitoradas durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	54
<i>Tabela 8: Táxons do microfitoplâncton muito frequentes durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	56
<i>Tabela 9: Estatística descritiva do número de táxons das estações monitoradas durante as campanhas de Monitoramento Ambiental do entorno do FPSO Fluminense durante os anos de 2011 a 2021.</i>	57
<i>Tabela 10: Densidade celular (cel.L⁻¹) total, do microfitoplâncton e do nanofitoplâncton das cinco estações monitoradas durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	59
<i>Tabela 11: Densidade do fitoplâncton total (10⁶cel.L⁻¹) registradas nas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Fluminense.</i>	59
<i>Tabela 12: Densidade celular (cel.L⁻¹) do microfitoplâncton total e das categorias taxonômicas identificadas nas cinco estações monitoradas durante 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	62
<i>Tabela 13: Dez táxons de maior densidade celular (cel.L⁻¹) dentre o microfitoplâncton identificado nas cinco estações monitoradas durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. Os valores de densidade apresentados referem-se à soma dos resultados das amostras (estações/profundidades).</i>	64
<i>Tabela 14: Valores de diversidade e equitabilidade da comunidade fitoplanctônica nas últimas Campanhas de Monitoramento Ambientais realizadas no entorno do FPSO Fluminense.</i>	65



Tabela 15: Táxons muito frequentes ($FO > 70\%$) dos principais grupos durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos (considerados apenas os níveis família, gênero e espécie).	70
Tabela 16: Táxons muito frequentes ($FO > 70\%$) nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Fluminense (considerados apenas espécies).	70
Tabela 17: Densidade zooplanctônica (ind.m^{-3}) registradas nas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno da plataforma FPSO Fluminense.	73
Tabela 18: Densidade zooplanctônica total e por grupos (com participação $> 1\%$) (ind.m^{-3}) durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	74
Tabela 19: Táxons de maior densidade na comunidade zooplanctônica coletada durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	76
Tabela 20: Valores de diversidade e equitabilidade da comunidade zooplanctônica nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Fluminense.	77
Tabela 21: Táxons do ictioplâncton (larvas de peixe) muito frequentes ($FO > 70\%$) das amostras durante a atual campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	81
Tabela 22: Densidade das larvas e ovos do ictioplâncton encontrados ao longo das campanhas do Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema.	83
Tabela 23: Densidade de larvas de peixes (larvas.100m^{-3}) por família em cada estação no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	83
Tabela 24: Variáveis abióticas e suas respectivas abreviaturas utilizadas na análise integrada dos dados da 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	86
Tabela 25: Resultados da análise DISTLM. Valores em negrito indicam correlações significativas ($< 0,05$).	90
Tabela 26: Avaliação dos Objetivos, Metas, Indicadores e Resultados do PMA.	93
Tabela 27 - Relação da equipe técnica responsável pela elaboração do presente documento.	94



1. INTRODUÇÃO

O atual relatório apresenta e discute os resultados da 18ª campanha oceanográfica de Monitoramento Ambiental realizada no entorno da unidade de produção FPSO Fluminense, conforme previsto pelo Projeto de Monitoramento Ambiental (PMA) do Sistema de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás no campo de Bijupirá & Salema – Bacia de Campos, no âmbito da Renovação da Licença de Operação (RLO Nº 336/2003).

Este relatório está em conformidade com a versão consolidada do PMA apresentada em resposta ao Parecer Técnico COPROD/CGMAC/DILIC Nº 061/18, bem como de acordo com o Parecer Técnico COPROD/CGMAC/DILIC Nº 90/2020 e Parecer Técnico Nº 375/2020 COPROD/CGMAC/DILIC, os quais solicitaram a revisão dos métodos analíticos empregados para a utilização daquele que possua limite de quantificação inferior à concentração máxima estabelecida pela legislação para o analito.

De acordo com as exigências da atual Coordenação Geral de Licenciamento Ambiental de Empreendimentos Marinhos e Costeiros – CGMAC/IBAMA, no âmbito do PMA, a partir do primeiro descarte de água produzida pelo FPSO Fluminense, faz-se necessária a realização de campanhas de monitoramento anuais no entorno da unidade. No ano de 2001 foi realizada a primeira campanha de monitoramento de Bijupirá & Salema, com o objetivo de efetuar uma caracterização ambiental da região e definir uma linha de base (PMA *Baseline*). Em agosto de 2003 a produção com o FPSO Fluminense teve início e, a partir de então, foram realizadas as campanhas de monitoramento com periodicidade anual.

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

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



que a coleta das amostras ocorreu concomitantemente ao descarte de água produzida pelo FPSO.

A avaliação temporal da qualidade da água no entorno do FPSO Fluminense foi realizada a partir da comparação dos resultados da presente campanha com aqueles verificados na 7ª, 8ª, 9ª, 10ª, 11ª, 12ª, 13ª, 14ª, 15ª, 16ª e 17ª campanhas (SHELL/AECOM, 2011a, 2011b, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 e SHELL/WITTOBRIENS, 2019 e 2020). As referidas campanhas ocorreram em maio de 2010, maio de 2011, junho de 2012, fevereiro de 2013, março de 2014, janeiro de 2015, fevereiro/março de 2016, março de 2017, dezembro de 2018, março/abril de 2019 e setembro de 2020, respectivamente. A atual campanha ocorreu em julho de 2021.

2. OBJETIVOS E METAS

Os objetivos e metas previstos pelo Projeto de Monitoramento Ambiental do Sistema de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural dos Campos de Bijupirá & Salema – Bacia de Campos são:

Objetivo:

- Avaliar a qualidade da água do mar na área em função do descarte de água produzida pela unidade, com base nos requerimentos estabelecidos na Resolução CONAMA nº357/05, além de verificar o enquadramento do corpo hídrico requerido pela Resolução CONAMA nº393/07.

Meta:

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

3. ÁREA DE ESTUDO

A Bacia de Campos, situada no litoral dos estados do Rio de Janeiro e do Espírito Santo, limita-se a sul pelo Alto de Cabo Frio, que a separa da Bacia de Santos e a norte pelo Alto de Vitória, que constitui o limite com a Bacia do Espírito Santo. Abrange uma área total em torno de 102 mil km², sendo 6,5 mil km² em terra e 95,5 mil km² em mar até a cota batimétrica de 3.000 m. Atualmente é a segunda maior bacia produtora do país, responsável por cerca de 26% da produção nacional de óleo e 12% da produção nacional de gás (ANP, 2021).

Os campos de Bijupirá & Salema, onde está localizado o FPSO Fluminense (**Figura 1**), estão inseridos na Bacia de Campos. A Shell é a operadora dos campos, com 80% de participação, e tem a Petrobras como parceira (SHELL, 2015). O Campo de Bijupirá está localizado aproximadamente a 145 km a leste do município de Macaé- RJ, abrangendo uma área de 32,3 Km², enquanto o de Salema está a 140 km deste, com uma área de 8,4 Km² (**Figura 1**). A profundidade média local é de aproximadamente 750 m em Bijupirá e de 600 m em Salema, possuindo corrente predominante no sentido SW, que acompanha a Corrente do Brasil.

A área estudada é caracterizada por águas oligotróficas, com baixa produtividade (EKAU; MATSUURA, 1996), onde as águas tropicais da corrente do Brasil prevalecem (VALENTIN *et al.*, 2006). Três massas de água são dominantes nessa região: Água de Plataforma (AP), Água Tropical (AT) e Água Central do Atlântico Sul (ACAS). Na plataforma externa predomina a mistura vertical entre a AT e a ACAS (CASTRO; MIRANDA, 2010). Além de AT e ACAS também estão presentes nessa região a Água Intermediária Antártica (AIA), Água Circumpolar Superior (ACS) e a Água Profunda do Atlântico Norte (STRAMMA; ENGLAND, 1999).

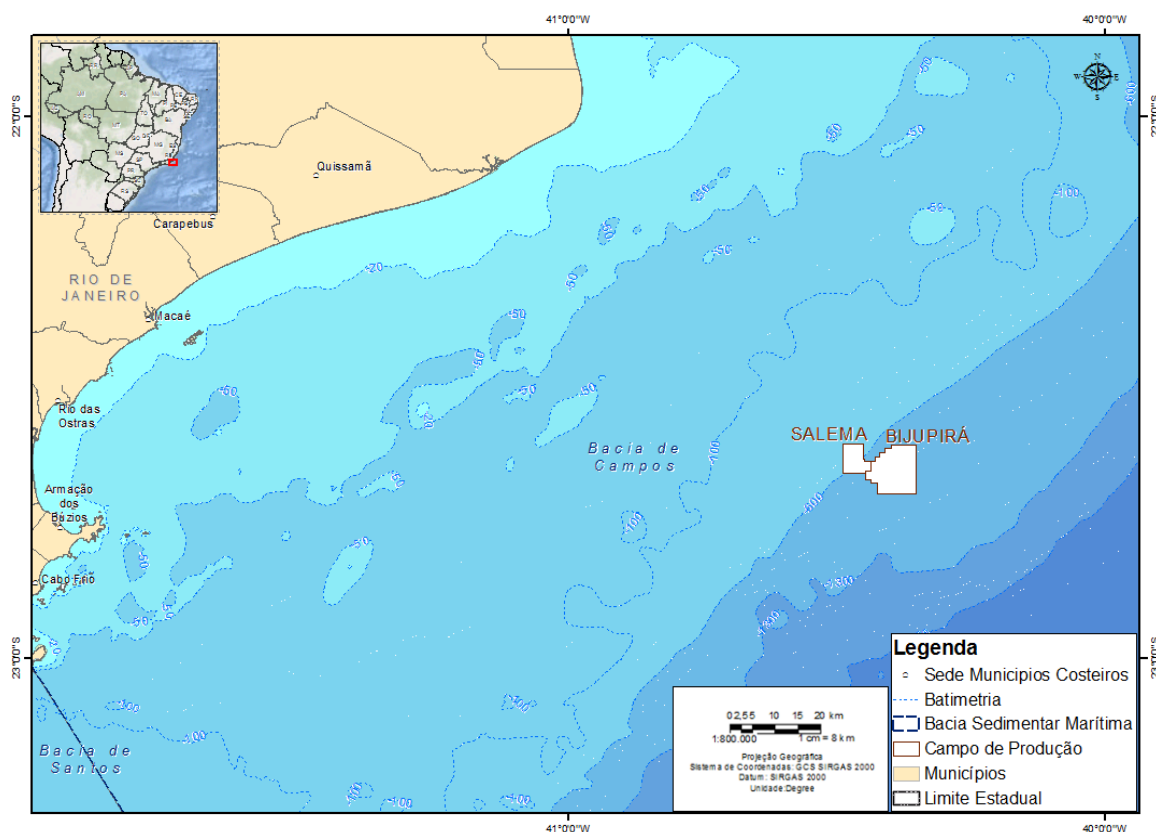


Figura 1: Localização dos Campos de Bijupirá & Salema, Bacia de Campos (Datum SIRGAS 2000).

3.1. Malha Amostral

Para a definição da malha amostral para avaliação da qualidade da água no entorno do FPSO Fluminense, tomou-se como base o ponto de descarte de água produzida. Conforme o PMA

a malha amostral é móvel, na medida em que o FPSO possui giro livre ao redor do *turret*, consequentemente, o ponto de descarte também pode variar. Assim, cada estação de coleta foi realizada considerando a posição do FPSO no momento da coleta. Destaca-se que o FPSO estava descartando por bombordo, à meia nau (**Figura 2**). Cabe mencionar que o descarte da água de produção estava ocorrendo durante todo o período de amostragem.



Figura 2: FPSO Fluminense durante a 18ª Campanha de Monitoramento Ambiental – bordo bombordo, lado de descarte da água produzida.

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

As amostragens de água, visando às análises físico-químicas, foram realizadas em 11 pontos distribuídas em três radiais (200, 500 e 1.000m) de distância do ponto de descarte da água produzida. As duas estações a 1.000m do ponto de descarte foram as estações controle. As profundidades de coleta variaram entre subsuperfície, variando de 7 à 20m (acima da termoclina) e de 14 até 40 metros (termoclina). As coletas na superfície, em conformidade com o Projeto, avaliaram a mesma camada de lançamento da água produzida; a profundidade intermediária ajudaria a aferir os resultados da modelagem de dispersão da água produzida; e a profundidade na termoclina o controle a partir das condições naturais do ambiente. Ressalta-se que a profundidade chamada de acima da termoclina variou bastante ao longo das 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 18ª Campanha de Monitoramento Ambiental no entorno do FPSO Fluminense, conforme apresentado no PMA, enquanto que as coordenadas geográficas efetivamente realizadas são apresentadas na **Tabela 1**.

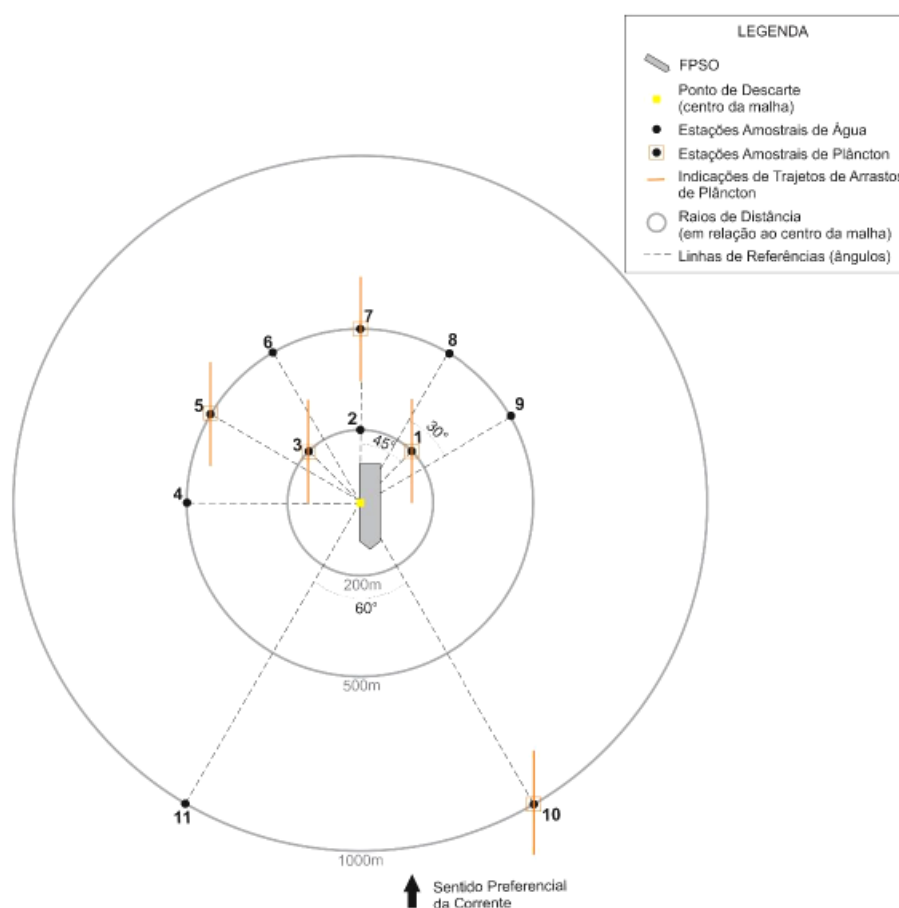


Figura 3: Esquema da malha amostral do compartimento água, conforme previsto no PMA - Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema no entorno do FPSO Fluminense.

Tabela 1: Coordenadas geográficas, distâncias e profundidades dos pontos de amostragem durante a 18ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental do FPSO Fluminense nos Campos de Bijupirá & Salema, Bacia de Campos (Datum SIRGAS2000).

Estação de coleta	Data	Latitude	Longitude	Distância do ponto de descarte do FPSO	Profundidade de coleta (m)		
					SUP*	ACTC**	TC***
1	14/07/2021	- 22° 39,04524'	-40° 25,82338'	200m	5	12	24
2	14/07/2021	-22° 39,19416'	-40° 25,78660'	200m	5	-	-
	16/07/2021	-22° 39,2087'	-40° 25,3836'	200m	-	12	24
3	14/07/2021	-22° 38,93709'	-40° 25,23710'	200m	5	12	24
4	16/07/2021	-22° 39,17871'	-40° 25,35058'	500m	5	18	36
5	14/07/2021	-22° 38,61906'	-40° 25,18721'	500m	5	8	16
6	16/07/2021	-22° 39,32360'	-40° 25,40940'	500m	5	13	26
7	14/07/2021	-22° 38,85229'	-40° 25,03592'	500m	5	7	14
8	16/07/2021	-22° 39,32096'	-40° 25,43183'	500m	4	18	36
9	16/07/2021	-22° 39,24131'	-40° 25,37873'	500m	5	20	40
10	13/07/2021	-22° 38,67193'	-40° 25,32477'	1000m	5	15	30
11	13/07/2021	-22° 38,95872'	-40° 25,10779'	1000m	5	9	18

* Subsuperfície ** Acima da Termoclina *** Termoclina

4. MÉTODOS

As coletas da 18ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema foi realizada entre os dias 12 e 17 de julho de 2021, a bordo da embarcação Waterbuck (**Figura 4**), contemplando 11 estações amostrais.



Figura 4: Embarcação Waterbuck utilizada durante a 18ª Campanha de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema, Bacia de Campos. (Fonte: 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 FSI (*Falmouth Scientific, Inc.*), foi utilizado na perfilagem de temperatura e salinidade (**Figura 5**). O equipamento foi lançado com auxílio de um guincho com cabo de aço, a uma velocidade aproximada de $0,3 \text{ m.s}^{-1}$. O equipamento foi configurado, antes de cada lançamento, para amostragem contínua a uma taxa de 1 Hz.

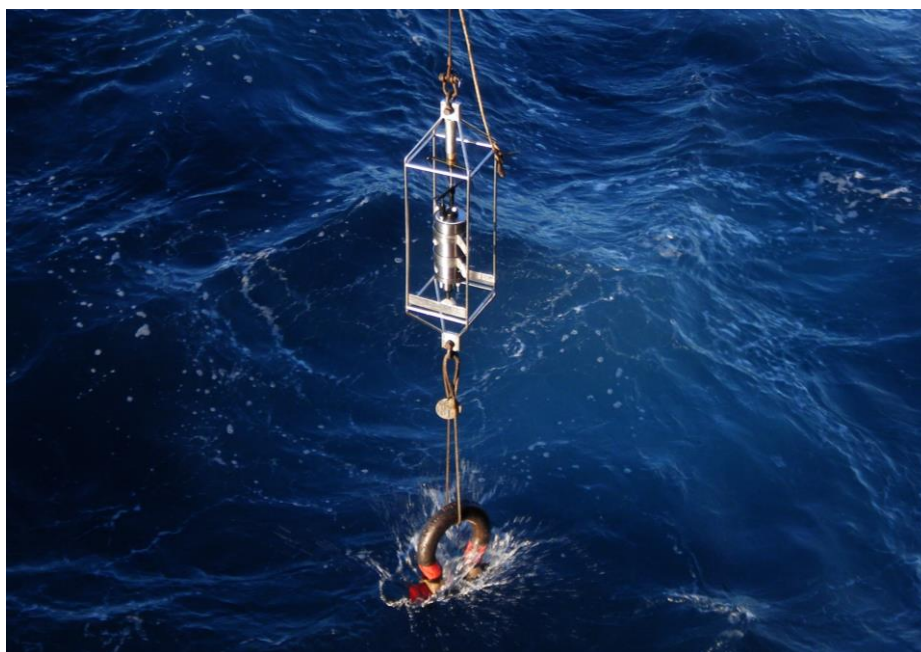


Figura 5: Lançamento de CTD durante a 18ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema.

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



Figura 6: Lançamento de garrafa oceanográfica (GO-FLO) durante a 18ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema.

A primeira alíquota da água coletada foi destinada à medição dos parâmetros oxigênio dissolvido e pH através de sensores portáteis (**Figura 7**). Em campo, uma alíquota de 2L de amostra de cada estação foi filtrada para análise de clorofila-a (análise do filtro), a água filtrada foi acondicionada em frascos para posterior análise de nutrientes e metais dissolvidos. A filtração em campo da água a ser analisada para esses parâmetros tem o objetivo de evitar alterações nas concentrações pela presença de interferentes e aumentar o tempo de preservação.



Figura 7: Equipamentos utilizados na medição dos parâmetros físico-químicos *in situ* e na filtração durante a 18ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema.

Para a análise dos demais parâmetros, as amostras foram transferidas para frascaria adequada e acondicionadas (refrigeradas ou congeladas) para posterior envio aos laboratórios responsáveis por cada parâmetro. A **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 18ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema. *- Parâmetros coletados em triplicata.- Cobre dissolvido foi coletado em triplicata.**

Análises	Frasco – Volume - Preservante	Acondicionamento	Laboratório Responsável
Tributilestanho*	3 Âmbar - 1L cada - Sem preservante	Refrigeração	Hidroquímica
HPA	Âmbar - 1L - Sem preservante	Refrigeração	
HTP	Âmbar - 1L - Sem preservante	Refrigeração	
PCBs	Âmbar - 1L - Sem preservante	Refrigeração	
Fenóis	Frascos polietileno - 500 mL – H ₂ SO ₄	Refrigeração	
Radioisótopos	Frascos polietileno – 1 L – HNO ₃	Refrigeração	
BTEX	2 Vials – 40 mL cada - HCl	Refrigeração	
Fluoreto, Fosfato, Cloro residual* e Surfactantes (MBAS)	PET – 1 L – Sem preservante	Refrigeração	
Cloro residual*	2 Frascos polietileno – 100 mL cada – HNO ₃	Refrigeração	
Óleos e Graxas	Vidro de boca larga – 1 L - HCl	Refrigeração	
Cianetos*	3 Frascos polietileno – 300 mL cada – NaOH	Refrigeração	
Nitrogênio	Frascos polietileno – 100 mL – H ₂ SO ₄	Congelamento	
Metais Totais e Mercúrio	Frascos polietileno – 100 mL – HNO ₃	Refrigeração	
Metais dissolvidos**	3 Frascos polietileno – 100 mL cada – HNO ₃	Refrigeração	
Carbono Orgânico Total	Frascos polietileno –100 mL – H ₂ SO ₄	Refrigeração	
Nitrato e Nitrito	Frascos polietileno –100 mL – Sem preservante	Congelamento	Labtox/UFRJ
Sulfeto de hidrogênio	Frascos polietileno – Acetato de Zinco 2N e NaOH	Refrigeração	
Clorofila a	Filtro – Tubo de polietileno	Congelamento	
Ecotoxicidade Aguda	Frascos polietileno – 1L – Sem preservante	Congelamento	Labtox/UFRJ
Ecotoxicidade Crônica	Frascos polietileno – 500mL – Sem preservante	Congelamento	

Destaca-se que a partir da análise do relatório do PMA do FPSO Fluminense de 2018 pelo IBAMA, o Parecer Técnico COPROD/CGMAC/DILIC Nº 90/2020 solicitou revisão dos métodos analíticos empregados para que os limites de quantificação (LQ's) fossem inferiores à concentração máxima estabelecida pela legislação ambiental para o analito.

Os parâmetros cujo parecer indicou a necessidade de redução do LQ foram cianeto, sulfetos, cloro residual total, tributilestanho e mercúrio. Assim como para a campanha de 2020, a SHELL buscou junto ao laboratório responsável pelas análises químicas (HCSOL - Hidroquímica) atender a esta solicitação, tendo alcançado este objetivo para sulfeto e



mercúrio, no entato, cianeto, cloro residual e tributilestanho permanceram iguais aos limites da CONAMA 357/05. Além dos parâmetros citados no Parecer Técnico o método analítico utilizado pelo laboratório para o parâmetro cobre dissolvido também apresentou LQ equivalente ao máximo estabelecido pela referida Resolução.

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

4.1.1.1. 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 de Análise Ambiental - LABTOX (Ecotoxicologia aguda e crônica) e HCSOL (demais análises químicas).

Tabela 3: Métodos empregados na análise dos parâmetros físico-químicos das amostras coletadas durante a 18ª Campanha de Monitoramento Ambiental no entorno do FPSO Fluminense.

Parâmetro	Método Analítico	Limite de Quantificação (LQ)	Limite de Detecção (LD)
Benzeno - BTEX (VOC)	EPA 8260 D / 5021 A	0,028 µg.L ⁻¹	0,008 µg.L ⁻¹
Etilbenzeno - BTEX (VOC)	EPA 8260 D / 5021 A	0,028 µg.L ⁻¹	0,008 µg.L ⁻¹
Tolueno - BTEX (VOC)	EPA 8260 D / 5021 A	0,028 µg.L ⁻¹	0,008 µg.L ⁻¹
m,p-Xilenos	EPA 8260 D / 5021 A	0,056 µg.L ⁻¹	0,017 µg.L ⁻¹
o-Xileno	EPA 8260 D / 5021 A	0,028 µg.L ⁻¹	0,008 µg.L ⁻¹
Carbono Orgânico Total (COT)	SMWW 5310 B	0,5 mg.L ⁻¹	0,15 mg.L ⁻¹
Cianeto livre	SMWW 4500-CN- I	0,001 mg.L ⁻¹	0,0003 mg.L ⁻¹
Cloro residual total (combinado + livre) ³	SMWW 4500-Cl G	0,01 mg.L ⁻¹	0,003 mg.L ⁻¹
Clorofila-a	SMEWW 10200H	0,5 µg.L ⁻¹	0,2 µg.L ⁻¹
Fenóis Totais	SMWW5530 C	2 µg.L ⁻¹	1 µg.L ⁻¹



Tabela 3: Métodos empregados na análise dos parâmetros físico-químicos das amostras coletadas durante a 18ª Campanha de Monitoramento Ambiental no entorno do FPSO Fluminense.

Parâmetro	Método Analítico	Limite de Quantificação (LQ)	Limite de Detecção (LD)
Fluoreto Total	SMWW 4500-F D	0,1 mg.L ⁻¹	0,03 mg.L ⁻¹
Fosfato	SMWW 4500-P E	0,06 mg.L ⁻¹	0,018 mg.L ⁻¹
HPA (16 prioritários + HPA Total)	EPA 8270 D / 3510 A	0,005 µg.L ⁻¹	0,0015 µg.L ⁻¹
HTPs (C10 a C29, pristano, fitano, n-alcanos, MCNR, HRP e HTP Total)	EPA 8015 D / 3510 C	1 µg.L ⁻¹	0,3 µg.L ⁻¹
Metais - Arsênio (As)	EPA 6020 B / 200.8	0,0001 mg.L ⁻¹	0,00003 mg.L ⁻¹
Metais - Bário (Ba)	EPA 6020 B / 200.8	0,0005 mg.L ⁻¹	0,00015 mg.L ⁻¹
Metais - Berílio (Be)	EPA 6020 B / 200.8	0,0002 mg.L ⁻¹	0,00006 mg.L ⁻¹
Metais - Boro (B)	EPA 6020 B / 200.8	0,05 mg.L ⁻¹	0,015 mg.L ⁻¹
Metais - Cádmio (Cd)	EPA 6020 B / 200.8	0,0005 mg.L ⁻¹	0,00015 mg.L ⁻¹
Metais - Chumbo (Pb)	EPA 6020 B / 200.8	0,0005 mg.L ⁻¹	0,00015 mg.L ⁻¹
Metais - Cobre (Cu)	EPA 6020 B / 200.8	0,005 mg.L ⁻¹	0,0015 mg.L ⁻¹
Metais - Cromo (Cr)	EPA 6020 B / 200.8	0,0005 mg.L ⁻¹	0,00015 mg.L ⁻¹
Metais - Ferro (Fe)	EPA 6020 B / 200.8	0,005 mg.L ⁻¹	0,0015 mg.L ⁻¹
Metais - Manganês (Mn)	EPA 6020 B / 200.8	0,001 mg.L ⁻¹	0,0003 mg.L ⁻¹
Metais - Mercúrio (Hg)	EPA 6020 B / 200.8	0,00009 mg.L ⁻¹	0,00003 mg.L ⁻¹
Metais - Níquel (Ni)	EPA 6020 B / 200.8	0,001 mg.L ⁻¹	0,0003 mg.L ⁻¹
Metais - Prata (Ag)	EPA 6020 B / 200.8	0,0005 mg.L ⁻¹	0,00015 mg.L ⁻¹
Metais - Selênio (Se)	EPA 6020 B / 200.8	0,005 mg.L ⁻¹	0,0015 mg.L ⁻¹
Metais - Tálho (Tl)	EPA 6020 B / 200.8	0,0005 mg.L ⁻¹	0,00015 mg.L ⁻¹
Metais - Urânio (U)	EPA 6020 B / 200.8	0,00005 mg.L ⁻¹	0,000015 mg.L ⁻¹
Metais - Vanádio (V)	EPA 6020 B / 200.8	0,0005 mg.L ⁻¹	0,00015 mg.L ⁻¹
Metais - Zinco (Zn)	EPA 6020 B / 200.8	0,05 mg.L ⁻¹	0,015 mg.L ⁻¹
Metais dissolvidos - Alumínio (Al); Cobre (Cu); Ferro (Fe)	EPA 6020 B / 200.8	0,005 mg.L ⁻¹	0,0015 mg.L ⁻¹
Nitrato	D09727_02_Insert_Environment al_TON_Vanadium - Chloride reduction - Part Thermo Fisher Scientific	0,05 mg.L ⁻¹	0,015 mg.L ⁻¹
Nitrito	SMWW 4500NO2 - B	0,003 mg.L ⁻¹	0,0009 mg.L ⁻¹



Tabela 3: Métodos empregados na análise dos parâmetros físico-químicos das amostras coletadas durante a 18ª Campanha de Monitoramento Ambiental no entorno do FPSO Fluminense.

Parâmetro	Método Analítico	Limite de Quantificação (LQ)	Limite de Detecção (LD)
Nitrogênio amoniacal total	SMWW 4500-NH3 F	0,01 mg.L ⁻¹	0,003 mg.L ⁻¹
Óleos e Graxas	SMWW 2110	Presença/ Ausência	Presença/ Ausência
PCBs (28, 52, 101, 118, 138, 153, 180)	EPA 8270 E /3510 C	0,000064 µg.L ⁻¹	0,00002 µg.L ⁻¹
Radioisótopos (Ra 226)	EPA 903.0, 1980 PT-5.30-00	0,44 Bq.L ⁻¹	0,15 Bq.L ⁻¹
Radioisótopos (Ra 228)	EPA 904.0, 1980 PT-5.31-00	0,32 Bq.L ⁻¹	0,01 Bq.L ⁻¹
Sulfeto	4500 S2 C e D	0,0015 mg.L ⁻¹	0,0004 mg.L ⁻¹
Surfactantes (substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno)	SMWW 5540C	0,1 mg.L ⁻¹	0,03 mg.L ⁻¹
Tributilestanho	SMWW 6720 B	0,01 µg.L ⁻¹	0,003 µg.L ⁻¹

*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.

4.1.1.2. 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 “<LQ” ou “<LD”, porém o valor exato do limite é sempre mencionado, seja ao longo do texto ou no **Item 4.1.1.1**.

Utilizou-se como valores de referência os limites estipulados pela Resolução CONAMA nº 357/05 para Águas Salina - Classe 1. Sempre que o n-amostral permitiu (considerando os resultados que estiveram acima do LQ das análises laboratoriais), foi testada a diferença significativa entre os resultados encontrados a 200, 500 e 1.000 m do FPSO na atual campanha. O teste aplicado foi o de Kruskal-Wallis, para dados não paramétricos, comparando dois grupos de variáveis independentes, com nível de significância de 95%, em que $p < 0,05$ corresponde à diferença significativa. Na comparação entre campanhas foram utilizados gráficos estilo box plot, representando os resultados de todas as campanhas em conjunto. Destaca-se que os gráficos box plot apresentam os seguintes valores, ilustrada na **Figura 8**:

- **Mediana** – medida de distribuição do centro dos dados, fazendo ou não parte destes. Metade das observações está acima desta e metade abaixo. Não é tão influenciado, como a média, por valores discrepantes.

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

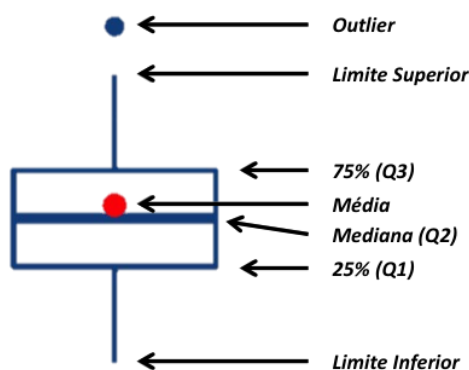


Figura 8: Exemplo de representação de dados em um gráfico *Box plot*.

Com relação aos dados obtidos por CTD (temperatura, salinidade e densidade), os gráficos gerados apresentam os valores obtidos pelo equipamento até a profundidade de 200 m, sendo estes dados utilizados na identificação das massas d'água da região (diagrama TS). Também foi registrado os valores obtidos nas profundidades onde foi realizada a amostragem de água para a análise dos parâmetros químicos e biológicos.

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

- Retirada de dados espúrios
- Utilização de média móvel em cada perfil.
- Cálculo da densidade (UNESCO, 1991).
- Planilha de dados (interpolador matemático – Cubic Spline)



Ao fim do relatório, é feita uma análise integrada dos dados físico-químicos e biológicos avaliados na 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema.

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

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

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

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

4.2. Biota

4.2.1. Métodos de Campo

Fitoplâncton

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



Zooplâncton

O zooplâncton foi coletado no período noturno através de arrastos oblíquos desde a profundidade de 200 m até a superfície em cinco estações de coleta (1, 3, 5, 7 e 10). Em cada arrasto, foi utilizada uma rede bongô composta por dois aros de 0,6 m de diâmetro e duas redes cilíndrico-cônicas de 2,50 m de comprimento, a estrutura da bongô foi utilizada para os arrastos de zooplâncton e ictioplâncton simultaneamente (**Figura 9**). A malha da rede de zooplâncton utilizada foi de 200 μm de abertura (**Figura 9**). Foi acoplado um fluxômetro (General Oceanics®), previamente aferido, no centro do aro para estimar o volume de água filtrada (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 g.L^{-1} .

Ictioplâncton

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

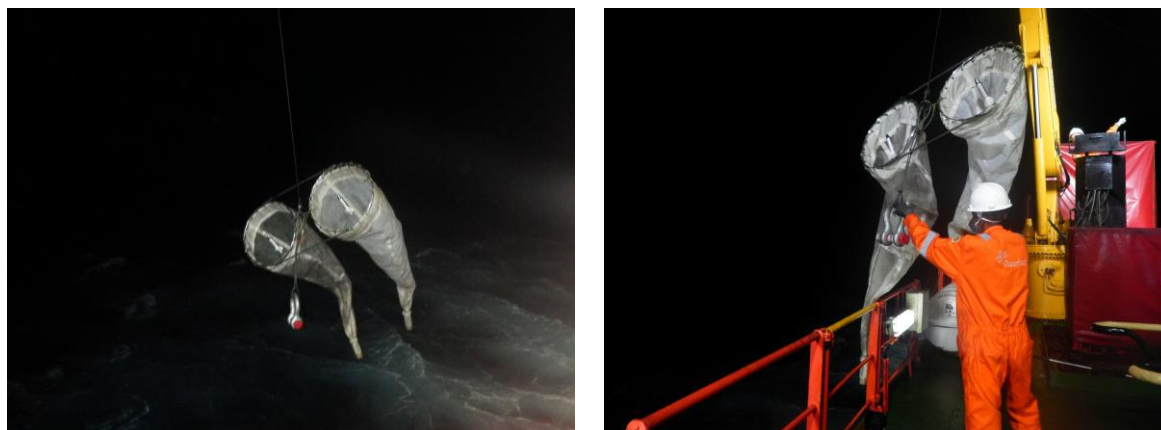


Figura 9: Em sequência, rede de plâncton do tipo bongô durante a 18ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema.

4.2.2. Métodos de Análise

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

Fitoplâncton

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

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 (cel.L^{-1}).

identificação dos organismos foi realizada de acordo com os trabalhos de Cupp (1943), Hasle&Syvertsen (1997), Wood (1968), Taylor (1976), Steidinger&Tangen (1997) e Komárek&Anagnostidis (1989, 2005 e 2014). Os embasamentos teóricos dos sistemas de classificação para circunscrição e arranjo taxonômico em nível de divisões, classes e famílias utilizados foram estes: Round et al. (1990) para as diatomáceas, Fensome et al. (1993) para os dinoflagelados; Komárek&Anagnostidis (2014) para as cianobactérias, Heimdal (1997) para os cocolitoforídeos e Throndsen (1997) para silicoflagelados e euglenofíceas.

Tabela 4: Códigos utilizados na 18ª Campanha para individualizar os organismos do microfitoplâncton de acordo com a forma e maior dimensão celular.

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

Análise dos Dados

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

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



utilizando-se o coeficiente de similaridade de Bray-Curtis no programa PRIMER PERMANOVA versão 7.

Zooplâncton

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

A identificação do zooplâncton foi realizada sob microscópio estereoscópio Zeiss Stemi SV6 e microscópio ótico Zeiss AxioStar Plus. Os grupos zooplânctônicos Branchiopoda, Copepoda, Chaetognatha, Appendicularia, Doliolida e Salpida, importantes na caracterização da comunidade local, foram identificados a níveis taxonômicos inferiores, utilizando-se bibliografia especializada: Onbé (1999) para Branchiopoda; Dias & Araujo (2006) para Copepoda; Avila et al. (2006) para Chaetognatha; Bonecker & Carvalho (2006) para Appendicularia; Bonecker & Quintas (2006a) para Doliolida, e Bonecker & Quintas (2006b) para Salpida. A referência Bonecker et al. (2014) foi utilizada para a identificação de todos os grupos citados acima. Os demais grupos foram todos quantificados: Filo Foraminifera, Filo Cnidaria, Filo Ctenophora, Filo Platyhelminthes, Filo Mollusca, Filo Annelida, Filo Arthropoda (Infraclasse Cirripedia, Classe Malacostraca e Classe Ostracoda) e Filo Echinodermata. Esses grupos não são tombados, uma vez que não são identificados a níveis taxonômicos inferiores. Os ovos e as larvas de peixes (Classe Actinopterygii) registrados nas amostras de zooplâncton não são identificados, e por isso não são tombados.

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

A abundância do zooplâncton coletado foi padronizada em indivíduo por metro cúbico de água filtrada (ind.m⁻³). Os volumes de água filtrada na rede foram estimados através do cálculo da expressão: “V=a.n.c”, onde: V= volume de água filtrada (m³); a= área da boca da rede (m²); n= número de rotações do fluxômetro (rot) e c= fator de aferição do fluxômetro após calibração do aparelho (m.rot⁻¹).

Análise dos dados

Estudos de ecossistemas complexos envolvem normalmente uma multiplicidade de variáveis bióticas e abióticas, ligadas por uma complexa rede de inter-relações e que exigem uma prévia



homogeneização dos dados (VALENTIN, 2000). A fim de destacar as semelhanças entre estações de coleta, foi realizada uma análise de agrupamento (Cluster) com base no coeficiente de similaridade de Bray-Curtis (CLARKE & WARWICK, 1994). Também foi realizado o cálculo o índice de Shannon e a equitabilidade de Pielou, conforme fórmulas já descritas no fitoplâncton, através do programa PRIMER PERMANOVA versão 7.

Ictioplâncton

Os ovos e as larvas de peixes foram totalmente triados com auxílio de microscópio estereoscópico (Olympus SZ51). O número de organismos coletados foi extrapolado para um volume padrão de 100 m³.

O volume de água filtrada foi calculado através da fórmula: “ $V = a.n.c$ ”, onde: V = volume de água filtrada pela rede (m³), a = área da boca da rede (m²), n = número de rotações do fluxômetro (rot.) e c = fator de aferição do fluxômetro (m.rot⁻¹).

O número de indivíduos coletados foi extrapolado para um volume padrão de 100 m³ utilizando-se a fórmula: $Y = (x.V^{-1}).100$, onde: Y = número de ovos ou larvas de peixes por 100 m³, x = número de ovos ou larvas coletadas na amostra e V = volume de água filtrada pela rede (m³).

O ictioplâncton foi identificado sob microscópio estereoscópico Zeiss modelo Stemi SV6, até o menor nível taxonômico possível. Nessa etapa utilizou-se a seguinte bibliografia: Richards (2006), Bonecker & Castro (2006), Fahay (2007) e Bonecker et al. (2014). As larvas danificadas ficaram como não identificadas. O inventário de larvas de peixes seguiu a classificação de Nelson et al. (2016). Todos os nomes de famílias e espécies de peixes identificadas foram checados e atualizados segundo Fricke et al. (2021).

Análise dos Dados

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



5. RESULTADOS

Este item apresenta e discute os resultados das análises da água e da comunidade planctônica referente à 18ª Campanha de Monitoramento Ambiental no campo de Bijupirá e Salema, na Bacia de Campos. Destaca-se que ao longo da discussão são apresentadas comparações com os resultados das últimas campanhas deste PMA (7ª a 17ª Campanha) e com áreas similares. Os laudos analíticos são disponibilizados no **ANEXO B** (resultados químicos), **ANEXO C** (resultados de toxicidade), **ANEXO D** (resultados de fitoplâncton), **ANEXO E** (resultados de zooplâncton) e **ANEXO F** (resultados de ictioplâncton). Os **ANEXOS E e F** também apresentam as informações de Tombo do zooplâncton e do ictioplâncton, respectivamente. Já o **ANEXO G** apresenta a Autorização de Captura, Coleta e Transporte de Material Biológico (ABIO) concedida pela CGMAC/IBAMA para a amostragem do material biológico, assim como a Declaração de Recebimento das Amostras pela Instituição Depositária.

5.1. Parâmetros Físico-Químicos

5.1.1. Temperatura, Salinidade e Densidade

Estrutura da coluna d'água

Os perfis verticais de temperatura e salinidade até a profundidade de 200 m são apresentados nas **Figura 10** e **Figura 11**, respectivamente. Nos perfis de temperatura, é possível identificar com maior clareza a presença de uma camada superficial com pouca variabilidade entre a superfície e as profundidades que oscilaram entre aproximadamente 14 (estação 7) a 40 m (estação 9). Esta camada se encontra na zona epipelágica do oceano e é denominada de camada de mistura, uma vez que as águas encontradas neste intervalo interagem com ventos e ondas, misturando a água e distribuindo o calor de forma homogênea. Na base desta camada tem início a termoclina, onde ocorre a transição entre as águas mais quentes da superfície a temperaturas mais baixas em direção ao assoalho oceânico. O início desta camada é marcado por uma mudança abrupta dos valores de temperatura, sendo posicionadas na profundidade do início desta variação as amostras denominadas como termoclina (TC). De forma similar ao observado para a temperatura, é possível identificar maiores valores de salinidade na camada de mistura, promovidos pela evaporação de água na interface ar-água, seguidos de um decréscimo dos valores a partir do início da termoclina (ou haloclina, no caso da variação vertical de salinidade). Considerando-se as profundidades amostradas, os valores de temperatura variaram desde 22,05°C (estação 4 – TC) a 23,70°C



(estação 9 –ACTC), enquanto que a salinidade variou entre 36,73 (estação 4 – TC) e 37,20 (estação 9 - ACTC).

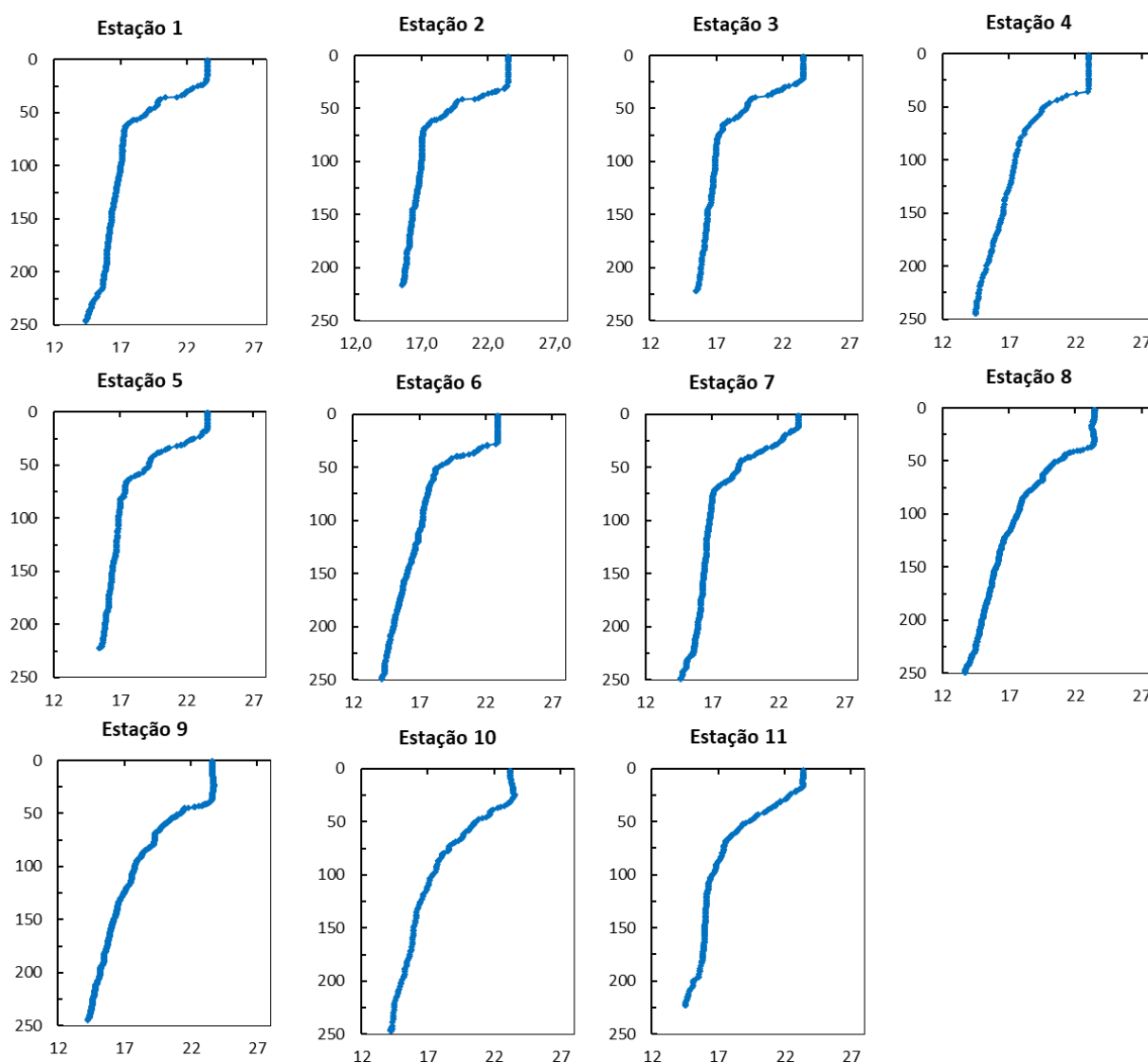


Figura 10: Perfis de temperatura nas estações monitoradas durante a 18ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Fluminense, campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

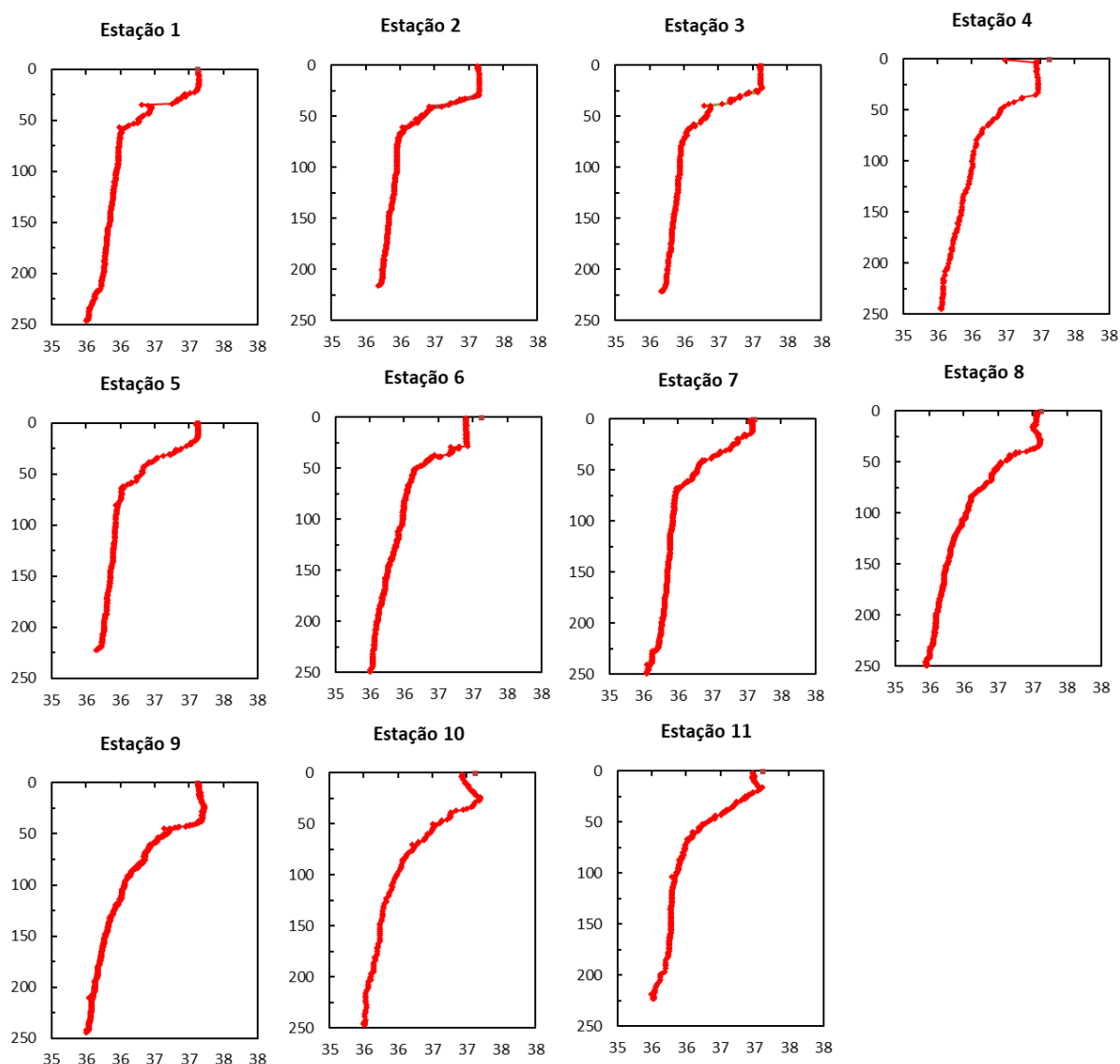


Figura 11: Perfis de salinidade nas estações monitoradas durante a 18ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Fluminense, campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Apesar de maiores salinidades contribuírem para o aumento da densidade da água, este parâmetro sofre também o efeito inverso da temperatura, sendo as variações verticais de densidade em regiões quentes mais sensíveis à temperatura do que em relação à salinidade, desta forma, observa-se na camada de mistura menores valores de densidade do que a partir da termoclina (ou pycnoclina para variações de densidade), conforme a **Figura 12**. Os valores de densidade em sigma-T (σ_T) nas amostras variaram de 25,33 (estação 11 - SUP) a 25,68 (estação 4 - TC).

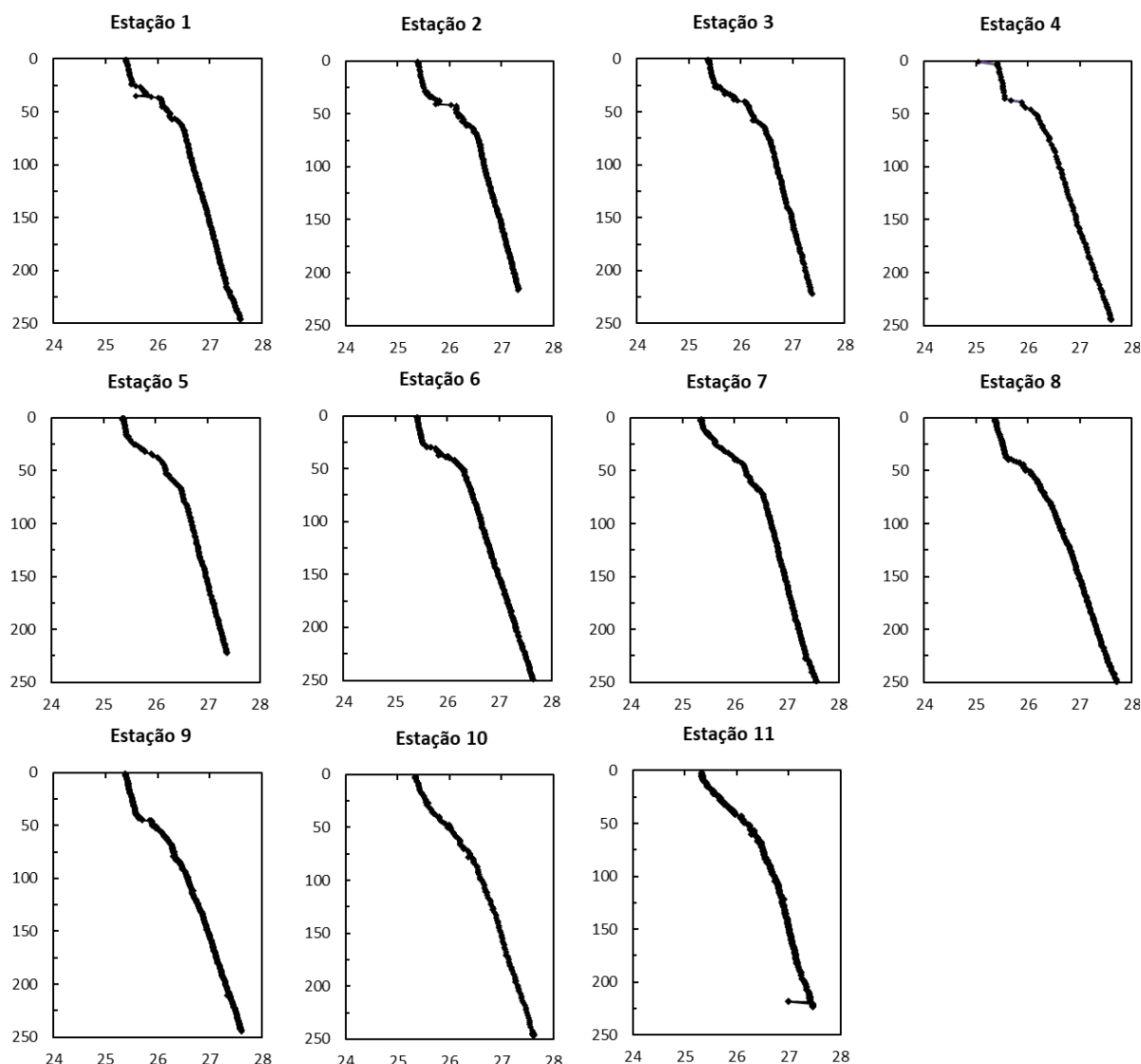


Figura 12: Perfis de densidade nas estações monitoradas durante a 18ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Fluminense, campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Massas d'água

A partir dos resultados de temperatura e salinidade obtidos foi possível identificar as massas d'água que dominam a região, bem como suas características termohalinas (**Figura 13**). Na camada superficial até profundidades entre 56 e 92,8 m foi verificada a presença de Água Tropical (AT), definida por valores maiores de 18°C de temperatura e 36 de salinidade (CASTRO; MIRANDA, 1998; SILVEIRA *et al.*, 2000; SILVEIRA, 2007), nas camadas superficiais. A Água Tropical (AT) corresponde a uma massa d'água típica na região em consequência da intensa radiação e do excesso de evaporação em relação à precipitação, condição típica do Atlântico Tropical (EMILSON, 1961, SILVEIRA *et al.*, 2000). Com o



aumento da profundidade, foi observado que as águas tornaram-se gradativamente mais frias e menos salinas.

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

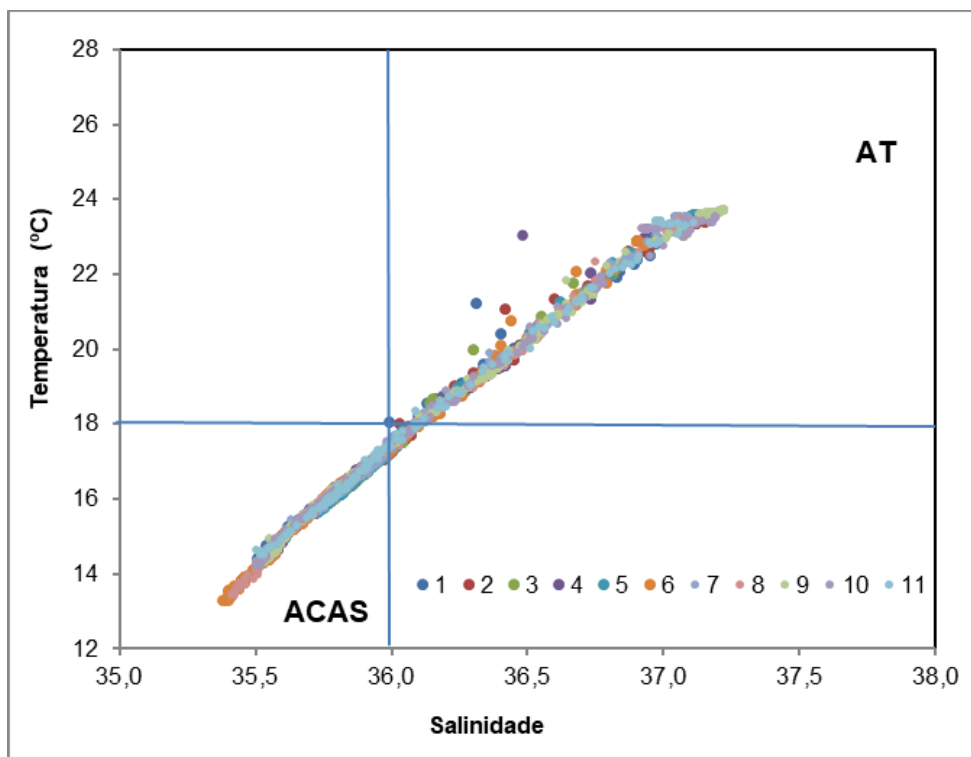


Figura 13: Diagrama TS dos dados amostrados nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

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



5.1.2. Oxigênio Dissolvido

As concentrações de OD no entorno do FPSO Fluminense nesta 18ª campanha variaram entre 6,54 (estação 1 - ACTC) e 7,95 mg.L⁻¹ (estações 8 – TC e 9 - TC), estando todos os valores detectados acima do limite mínimo estipulado pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 (6 mg.L⁻¹), como pode ser verificado na **Figura 14**. As concentrações de oxigênio dissolvidos detectadas na presente campanha são consideradas pela literatura como típicos de regiões oceânicas e estão de acordo com os resultados obtidos por Niencheski *et al.* (1999), cujos valores são descritos entre 4 e 9,15 mg.L⁻¹, e por Valentin *et al.* (2006), com intervalo entre 4,71 e 8,92 mg.L⁻¹. De acordo com o teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), foram verificadas diferenças significativas entre os resultados obtidos entre os raios de 500 m com os raios de 200 e 1000m ($p = 0,0004$), onde foram observadas as maiores concentrações no raio de 500m. Vale ressaltar que não se observou diferenças entre os raios de 200 e 1000m.

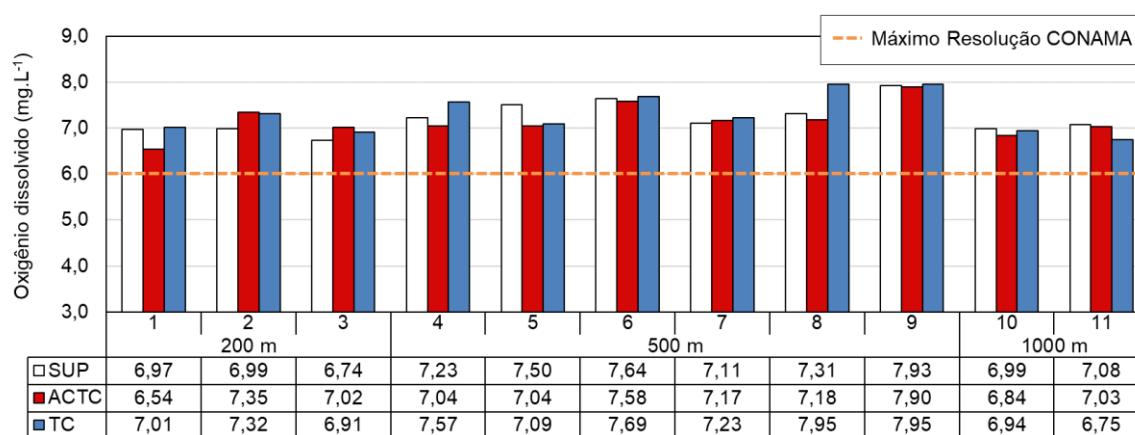


Figura 14: Distribuição das concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD) nas estações no entorno da FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Em comparação com as campanhas anteriores, os resultados de OD da presente campanha apresentaram resultados dentro do intervalo apresentado nas outras campanhas (**Figura 15**). Por outro lado, quando realizou-se o teste de variância Kruskal-Wallis para verificar se houve diferença significativa entre a presente campanha e as demais, o mesmo indicou tais diferenças ($p < 0,05$) entre os resultados da campanha de 2021 em relação às campanhas de 2010 ($p = 0,0025$), 2012 ($p = 0,0001$), 2013 ($p = 0,0001$), 2014 ($p = 0,0001$), 2015 ($p = 0,0113$), 2016 ($p = 0,0001$), 2017 ($p = 0,0001$), 2018 ($p = 0,0001$), 2019 ($p = 0,0001$) e 2020 ($p = 0,0138$), possivelmente, porque de 2011 a 2015, as campanhas apresentaram maiores valores medianos. Já com relação à 2010, e de 2016 a 2020, tal diferença pode ter estado associada aos menores valores medianos.

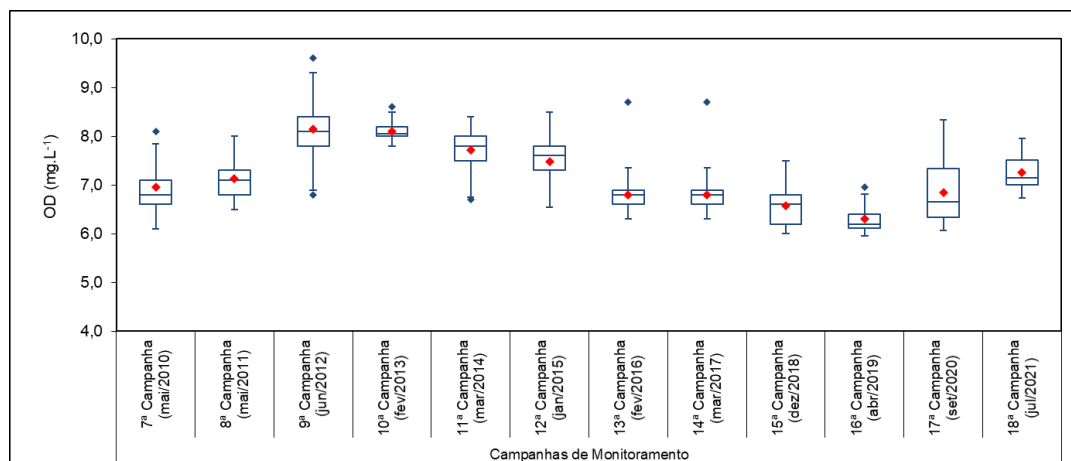


Figura 15: Concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD) observadas nesta e nas últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

5.1.3. Potencial Hidrogeniônico (pH)

Os valores de pH obtidos no entorno do FPSO Fluminense na campanha de 2021 variaram de 8,00 (estação 3 - TC) a 8,20 (estação 8 - TC). De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/05, os valores de pH em águas salinas devem se manter entre 6,5 e 8,5, com isto todas as amostras estiveram dentro do intervalo previsto na legislação ambiental (**Figura 16**). O pH da água do mar é principalmente estabelecido pela presença do sistema carbônico, de forma que modificações nas concentrações de gás carbônico e carbonatos através da fotossíntese, respiração, trocas oceano-atmosfera e precipitação podem acarretar em alterações nos níveis desse parâmetro abiótico (REZENDE *et al.*, 2006; NIENCHESKI *et al.*, 1999). Os resultados obtidos no entorno do FPSO Fluminense mostraram diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) ($p = 0,0419$), porém o teste *a posteriori* não identificou entre quais raios de coleta.

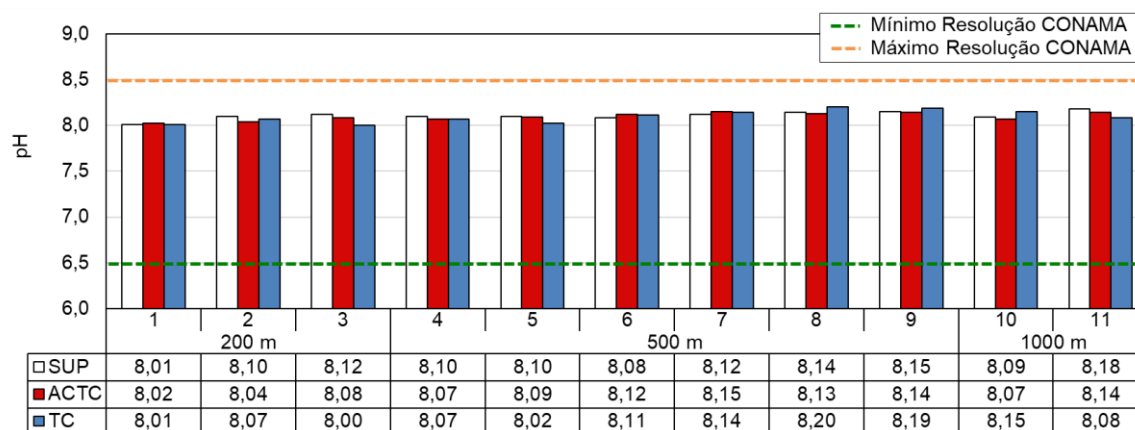


Figura 16: Valores de pH nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Os resultados obtidos na presente campanha mostraram-se dentro do intervalo observado nas campanhas anteriores (**Figura 17**). Quando os atuais valores foram comparados com obtidos nas campanhas anteriores, foram identificadas diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre 2021 e a maioria das campanhas anteriores, a exceção foi em relação à campanha de 2012, isso porque foi a campanha que apresentou mediana mais próxima.

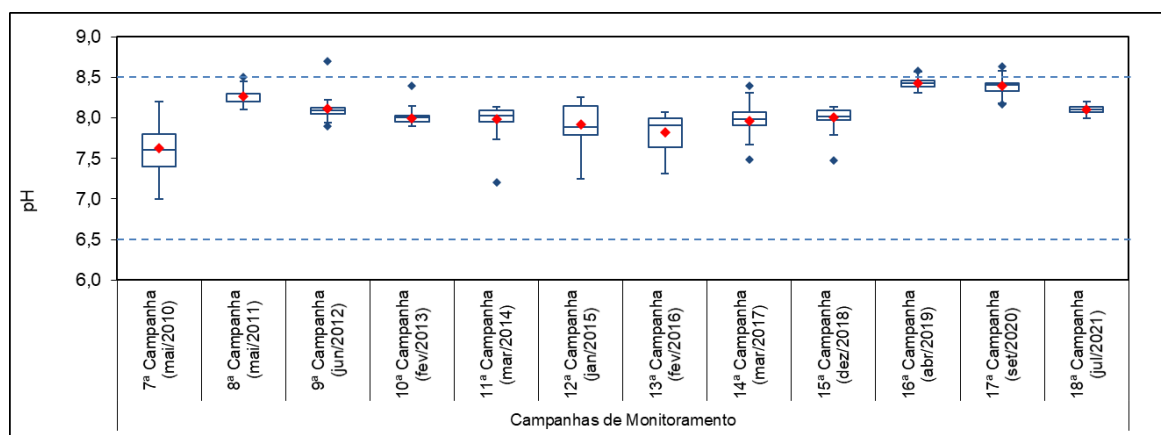


Figura 17: Resultados de pH observados nesta e nas últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.



5.2. Parâmetros Inorgânicos

5.2.1. Nitrogênio e Fósforo

A maioria das concentrações de nitrato no entorno do FPSO Fluminense estiveram abaixo do limite de detecção ($<0,015 \text{ mg.L}^{-1}$), com apenas seis resultados quantificáveis, que oscilaram entre $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$ (estações 9 – SUP, 4-ACTC) a $0,24 \text{ mg.L}^{-1}$ (estação 1 – SUP), enquanto que os resultados de nitrito variaram de $0,006 \text{ mg.L}^{-1}$ (estações 2 – ACTC, 4 – TC e 6 – TC) a $0,025 \text{ mg.L}^{-1}$ (estação 4 – SUP). Já nas concentrações de nitrogênio amoniacal, nove amostras estiveram abaixo do limite de detecção ($<0,003 \text{ mg.L}^{-1}$), nove abaixo do limite de quantificação ($<0,010 \text{ mg.L}^{-1}$), e o restante variou de $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ (estação 10 – SUP e estação 10 – ACTC) a $0,43 \text{ mg.L}^{-1}$ (estação 11 – ACTC) (**Figura 18**).

A maioria dos resultados obtidos na presente campanha mantiveram-se de acordo com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 (até $0,4 \text{ mg.L}^{-1}$ para nitrogênio amoniacal e nitrato e até $0,07 \text{ mg.L}^{-1}$ para nitrito), a única exceção foi a amostra 11-ACTC que apresentou concentração de nitrogênio amoniacal um pouco acima do determinado pela legislação ($0,43 \text{ mg.L}^{-1}$). Nenhum dos três parâmetros apresentou diferença significativa entre os três raios de amostragem (Kruskal-Wallis, NH3: $p=0,3679$; NO2: $p=0,6124$; NO3: $p=0,3369$).

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).

A concentração de nitrogênio amoniacal acima do limite preconizado pela legislação ocorreu em uma das estações controle (estação 11) que está localizada a 1000m do FPSO, estando essa ocorrência provavelmente associada a fatores ambientais locais, como advecção de água mais fundas ricas em nutriente, e não a operação do FPSO Fluminense, uma vez que as estações a 500 e a 200m (dentro da zona de segurança) apresentaram concentrações dentro do esperado para regiões oligotróficas e em concordância com o preconizado na legislação.

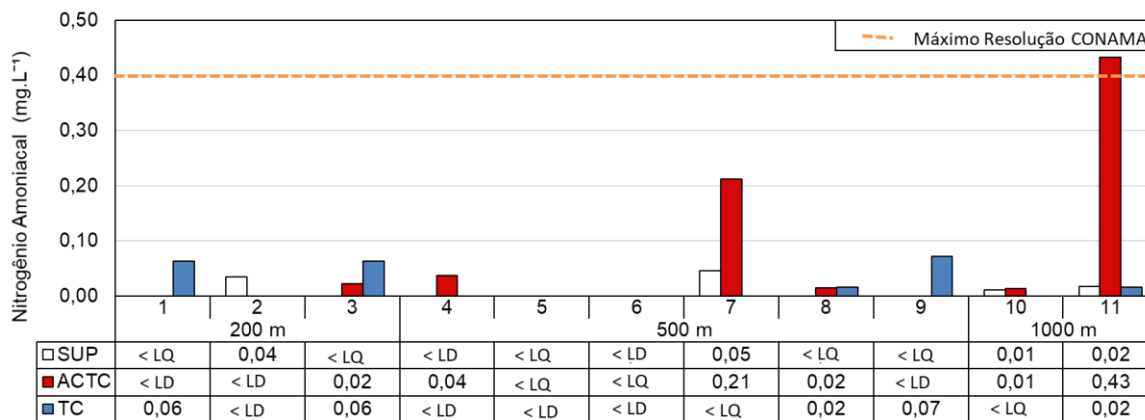
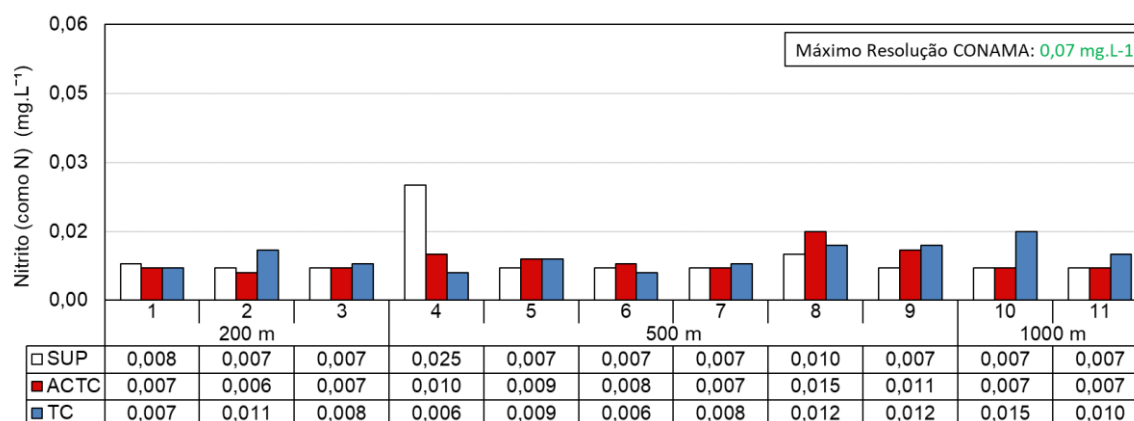
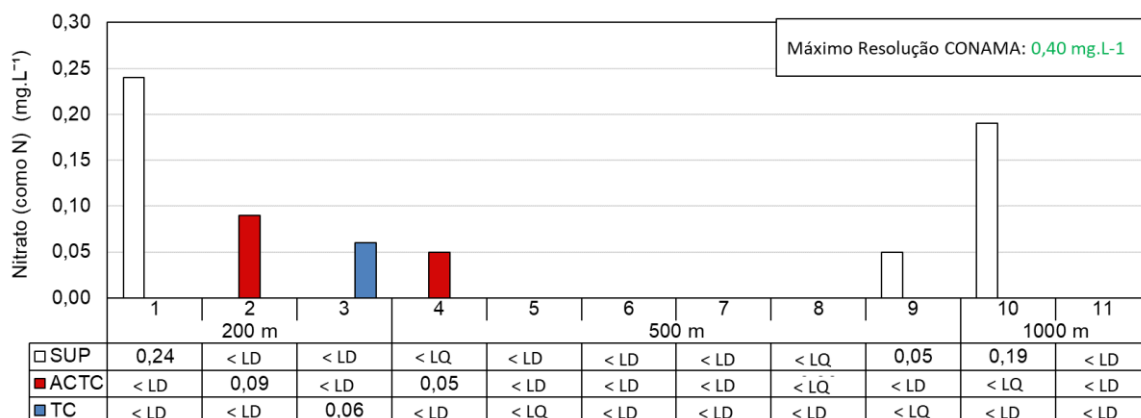


Figura 18: Distribuição das concentrações de nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Com exceção das concentrações de nitrato das campanhas de 2010 e 2011, que apresentaram valores atipicamente elevados e interpretados como imprecisões analíticas, provavelmente relacionados com a influência salina no cromatograma, todos os demais resultados se mostraram de acordo com os limites estabelecidos pela legislação ambiental (**Figura 19**). Os resultados de nitrogênio amoniacal (**Figura 20**) obtidos na presente campanha (2021) foram diferentes significativamente (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) apenas em relação ao resultados de 2020 ($p = 0,0132$), enquanto que para nitrito foram observadas



diferenças significativas em relação às campanhas de 2013 ($p=0,0001$), 2014 ($p=0,0001$), 2015 ($p=0,0001$), 2018 ($p=0,0001$), 2019 ($p=0,0001$), 2020 ($p=0,0001$). Com relação a nitrato, apenas não foram verificadas diferenças significativas entre os resultados da presente campanha e os das campanhas de 2010 ($p=0,1015$), 2016 ($p=0,1469$) e 2017 ($p=0,1469$).

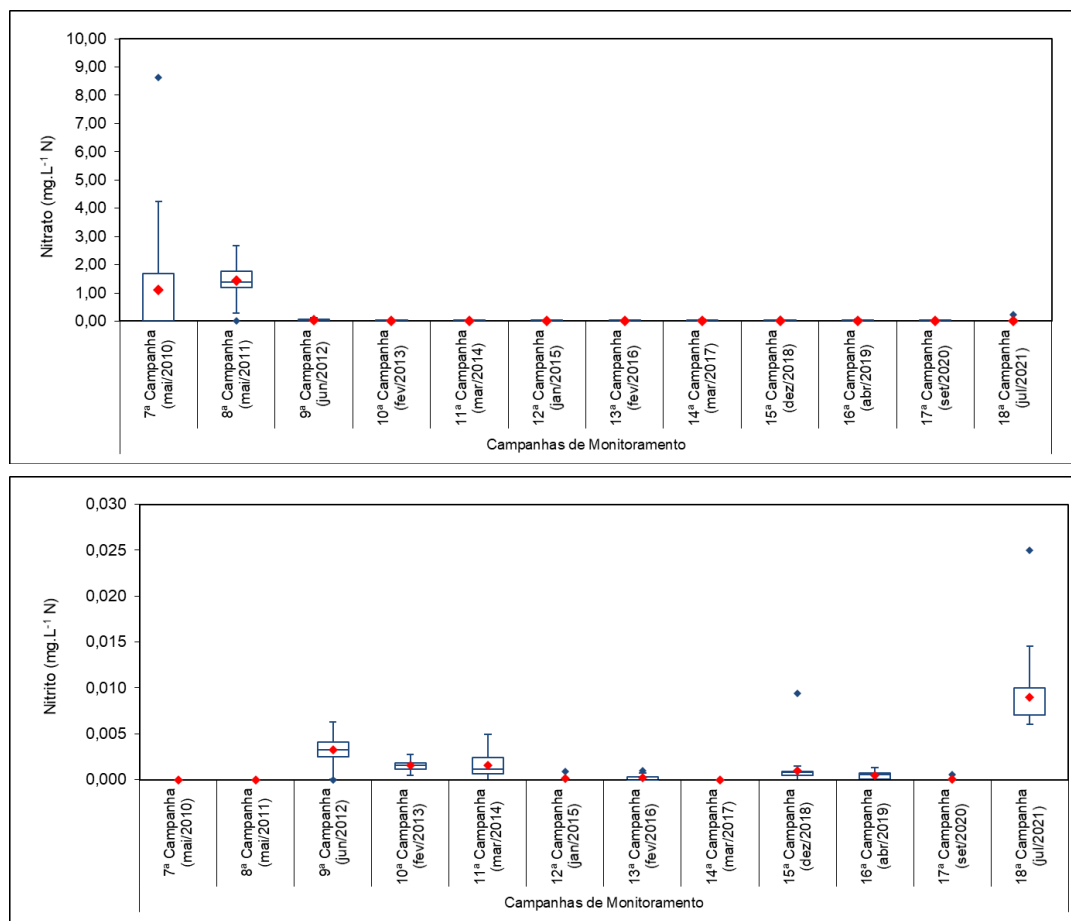


Figura 19: Concentrações de nitrato e nitrito amoniacal, observadas nesta e nas últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

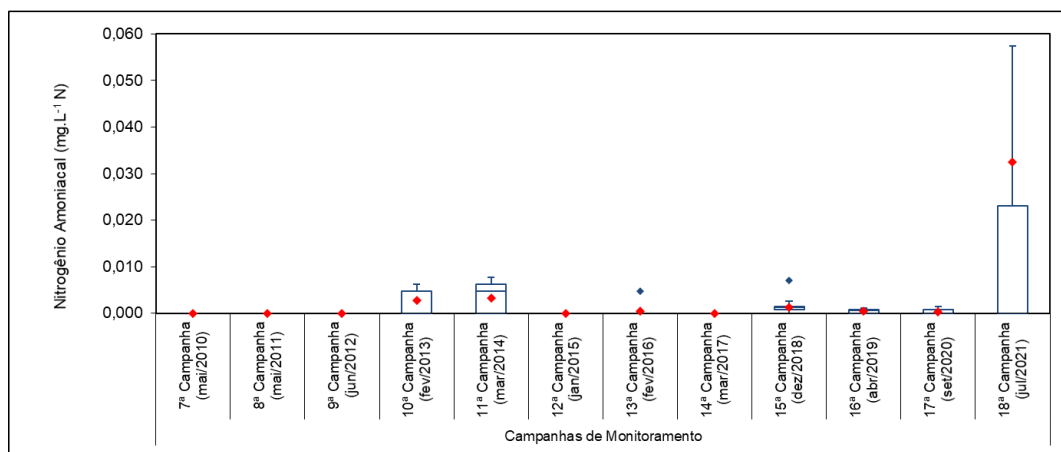


Figura 20: Concentrações de nitrogênio amoniacal, observadas nesta e nas últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Para fosfato os resultados das análises mostraram que as concentrações deste parâmetro estiveram abaixo do limite de quantificação ($<0,06 \text{ mg.L}^{-1}$) em todas as amostras. A Resolução CONAMA 357/05 estipula máximo apenas para polifosfatos, correspondente a $0,031 \text{ mg.L}^{-1}$, o que demonstra que as concentrações (todas inferiores a $0,06 \text{ mg.L}^{-1}$) estão condizentes com o estipulado pela Resolução.

Em relação aos resultados obtidos nas campanhas anteriores, é válido ressaltar que todos estiveram abaixo do limite preconizado pela legislação ambiental, estando o resultado atual condizente com o observado nos últimos anos para a região (**Figura 21**).

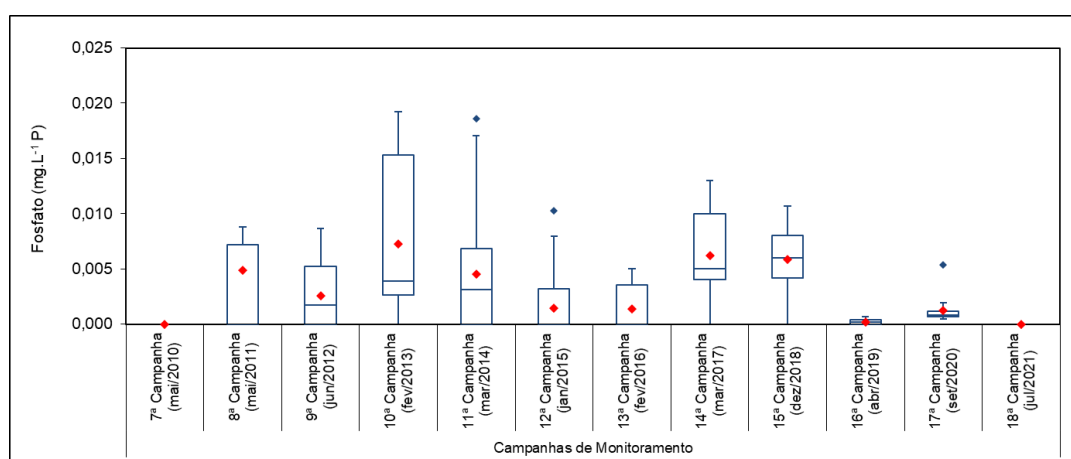


Figura 21: Concentrações de fosfato observadas nas últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

5.2.2. Clorofila-a

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).

Não foram detectados valores de clorofila-a ($<0,003 \mu\text{g.L}^{-1}$) na 18ª campanha de monitoramento do FPSO, sendo válido mencionar que o comportamento de concentrações baixas e/ou inferiores aos limites de detecção é esperado devido à característica oligotrófica das águas oceânicas.

A **Figura 22** apresenta as concentrações de clorofila-a nas campanhas anteriores, sendo possível observar que os teores foram sempre baixos e compatíveis com águas oligotróficas, estando o resultado do presente estudo em consonância com o observado para a região nos últimos anos e típico de regiões oligotróficas.

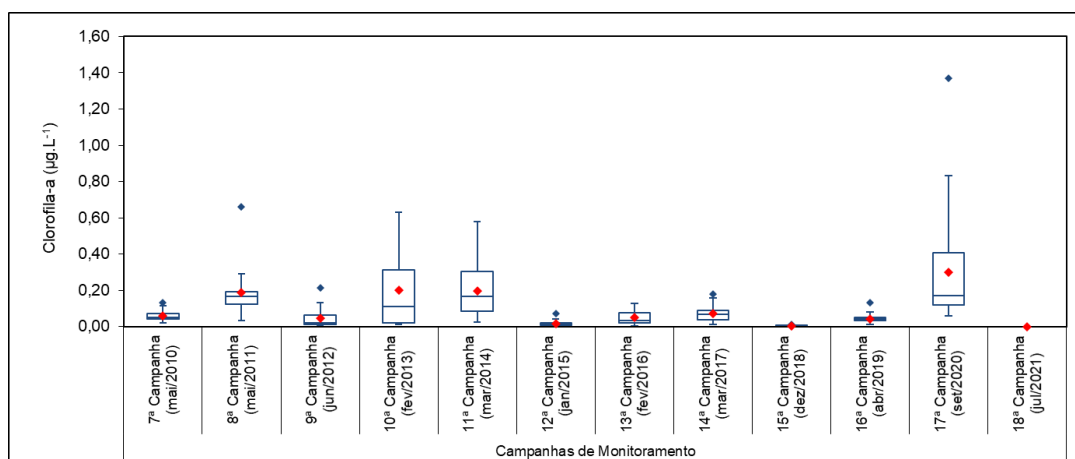


Figura 22: Concentrações de clorofila-a observadas nas últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

5.2.3. Metais

No presente estudo foram analisados os seguintes metais e semimetais: alumínio dissolvido (Al), cobre dissolvido (Cu), ferro dissolvido (Fe), prata (Ag); arsênio (As); bário (Ba); berílio (Be); boro (B); cádmio (Cd); cobre (Cu); cromo (Cr); ferro (Fe); manganês (Mn); mercúrio (Hg); níquel (Ni); chumbo (Pb); selênio (Se); tálio (Tl); urânio (U); vanádio (V); e zinco (Zn). Alguns dos metais analisados não foram encontrados em concentrações quantificáveis (**Tabela 5**), sendo válido destacar que dentre eles o Cobre dissolvido foi analisado em triplicata, pois seu método de análise apresentou LQ igual ao limites máximos estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05. Os demais metais apresentam pelo menos uma amostra com concentração quantificável.



Tabela 5: Metais que apresentaram concentrações abaixo do Limite de Quantificação (LQ) nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Metais	LQ (mg.L ⁻¹)	Limite máximo Resolução CONAMA nº 357/05 Águas Salinas Classe 1 (mg.L ⁻¹)
Cádmio Total	0,0005	0,005
Cobre Total	0,005	-
Mercúrio Total	0,00009	0,0002
Prata Total	0,0005	0,005
Cobre dissolvido	0,005	0,005

LQ = Limite de Quantificação

Dentre as campanhas realizadas anteriormente, apenas a 17ª, realizada em 2020, apresentou valores quantificáveis de cobre dissolvido e também de cobre total.

Para o metal arsênio, foram identificadas concentrações que oscilaram entre 0,0019 mg.L⁻¹ (estação 7 – SUP) e 0,0008 mg.L⁻¹ (estação 8– SUP), não sendo observado um padrão entre as estações (**Figura 23**). Todos os resultados obtidos estiveram abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 e não foram identificadas diferenças significativas (Kruskall-Wallis, $p < 0,05$) entre os resultados obtidos nos três raios amostrados ($p = 0,1067$).

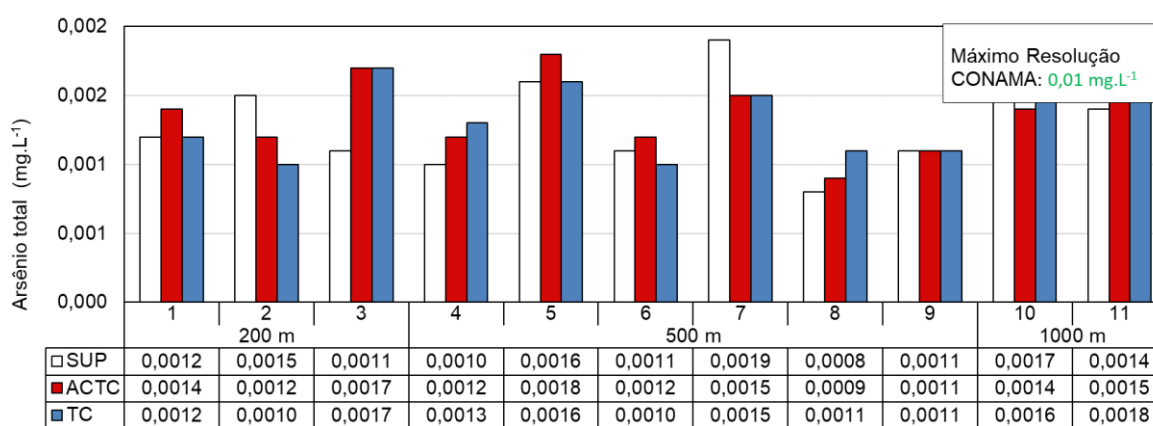


Figura 23: Distribuição das concentrações de arsênio nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Para o metal bário, 14 amostras ficaram abaixo do limite de quantificação ($< 0,0005 \text{ mg.L}^{-1}$), as que foram quantificadas oscilaram entre $0,0055 \text{ mg.L}^{-1}$ (estação 2 – SUP) e $0,0127 \text{ mg.L}^{-1}$ (estação 10 – TC), não sendo observado um padrão entre as estações (**Figura 24**). Todos os resultados obtidos estiveram abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05



para águas salinas classe 1 e ao realizar o teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$) foi identificada diferença significativa (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre os raios, onde o teste *a posteriori* indicou que essa diferença ocorreu entre os raios de 500 e 1000m ($p = 0,0119$).

Ao longo do monitoramento, apenas na campanha de 2010 foi identificada concentração deste metal em uma amostra com valor de $0,03 \text{ mg.L}^{-1}$, estando os atuais resultados abaixo deste valor. As concentrações de bário também foram detectadas nas estações controle (estações 10 e 11), não podendo associar diretamente sua presença ao lançamento de água produzida.

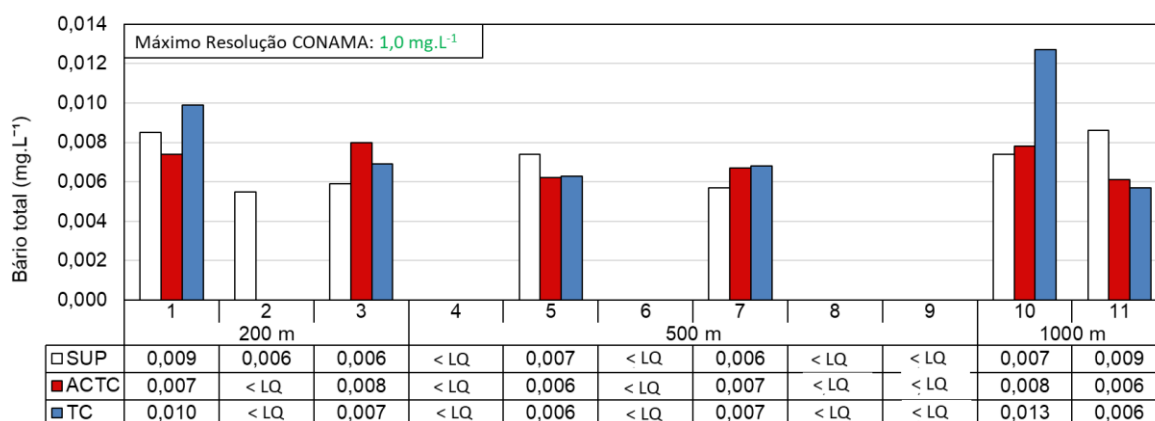


Figura 24: Distribuição das concentrações de bário nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Para o metal berílio, a maior parte das amostras esteve abaixo do limite de quantificação ($< 0,0002 \text{ mg.L}^{-1}$). Dentre as dez amostras quantificadas o metal berílio variou de $0,0002 \text{ mg.L}^{-1}$ (estações 10 – SUP, 5 – ACTC, 7 – ACTC, 1 – TC e 5 – TC) a $0,0007 \text{ mg.L}^{-1}$ (estação 11 – TC), não sendo observado um padrão entre as estações (**Figura 25**). Todos os resultados obtidos estiveram abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 e foram identificadas diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) ($p = 0,0411$) entre os raios, não sendo possível determinar entre quais com a realização do teste *a posteriori*. Vale ressaltar que nas campanhas anteriores não houve quantificação do metal berílio, provavelmente decorrente dos limites de quantificação utilizados, que foram maiores do que o da presente campanha. Assim como observado para o bário, concentrações de berílio também foram detectadas nas estações controle (estações 10 e 11), não podendo associar diretamente sua presença ao lançamento de água produzida.

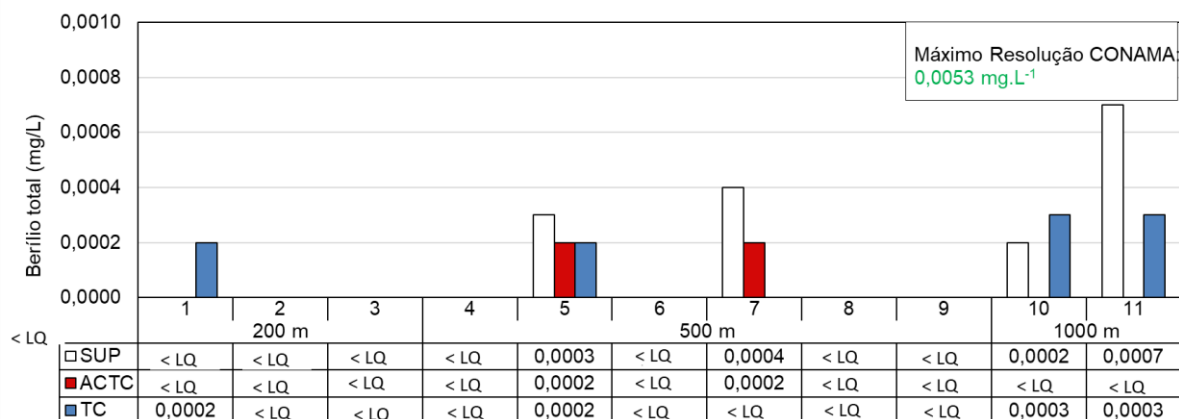


Figura 25: Distribuição das concentrações de berílio nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Para o níquel e chumbo foram apenas quantificadas uma amostra para cada, correspondente a estação 10 – TC (no valor de $0,0010 \text{ mg.L}^{-1}$), e na estação 1 – ACTC (no valor de $0,0018 \text{ mg.L}^{-1}$). Ambos os valores estiveram abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 (Ni: $0,025 \text{ mg.L}^{-1}$; Pb: $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$). Para o manganês também foi apenas quantificada uma amostra, correspondente a estação 11 – SUP no valor de $0,002 \text{ mg.L}^{-1}$ e de alumínio dissolvido foram quantificadas 17 amostras com concentrações que oscilaram de $0,005 \text{ mg.L}^{-1}$ (estações 1 – SUP e 5 – ACTC) a $0,027 \text{ mg.L}^{-1}$ (estação 5 – TC) (**Figura 26**). A presença de manganês ocorreu em uma das estações controle (estação 11) e o alumínio dissolvido esteve presente em sete estações, das quais duas são estações controle (estações 10 e 11), indicando que a quantificação desses metais, provavelmente não está associada a uma interferência do lançamento de água de produção na região. Todos os resultados obtidos estiveram abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 e não foram identificadas diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre os resultados de alumínio dissolvido obtidos nos três raios amostrados ($p = 0,1173$).

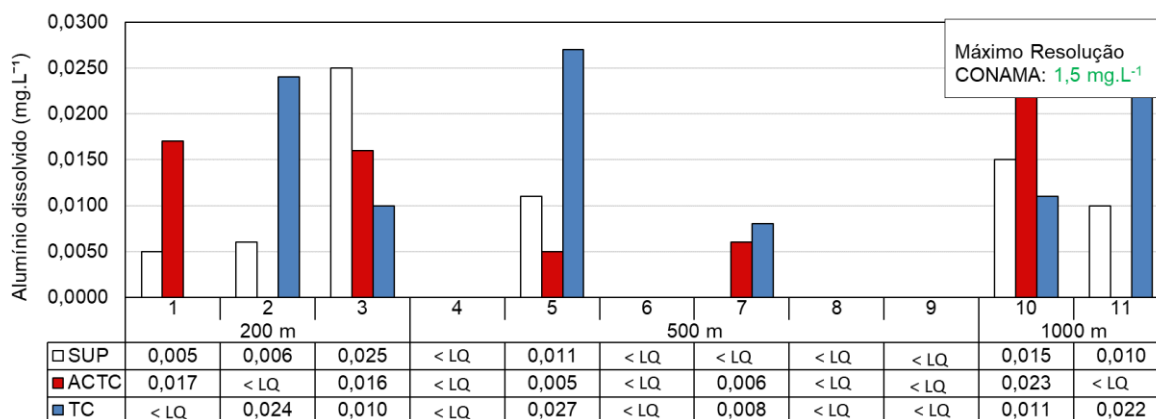


Figura 26: Distribuição das concentrações de alumínio dissolvido nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Para o ferro dissolvido, 15 amostras ficaram abaixo do limite de detecção ($<0,0015$) e as demais oscilaram entre abaixo do limite de quantificação ($<0,005\text{mg.L}^{-1}$), na estação 11 – ACTC a $0,027\text{mg.L}^{-1}$ (estações 5 - TC) (Figura 27). A Resolução CONAMA 357/05 estabelece limite máximo para este metal para águas salinas classe 1 de $0,3\text{mg.L}^{-1}$, tendo estado todas as amostras bem abaixo do limite preconizado pela legislação. Adicionalmente não foram identificadas diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre os resultados obtidos nos três raios amostrados ($p = 0,8443$).

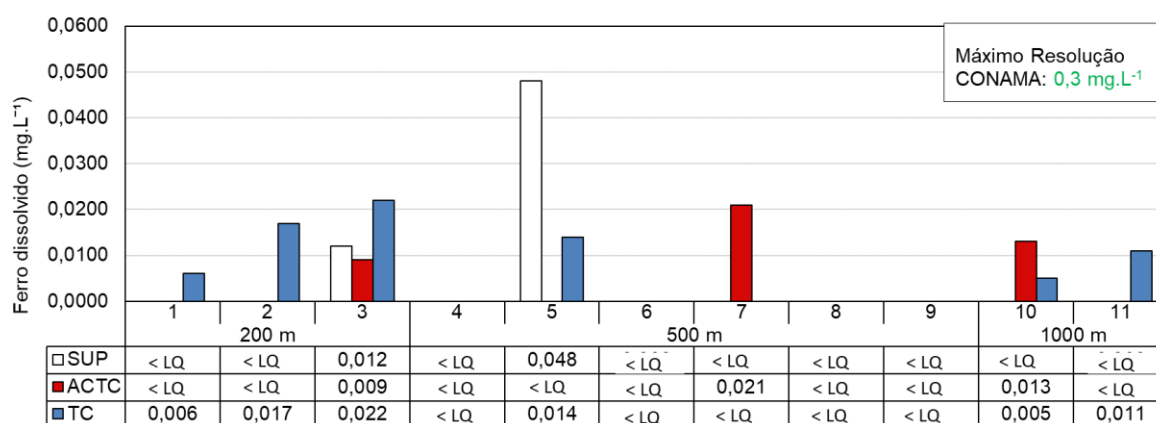


Figura 27: Distribuição das concentrações de alumínio dissolvido nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Para o metal vanádio, todas as amostras apresentaram concentrações acima do limite de quantificação do método, tendo os valores oscilado entre $0,0014\text{mg.L}^{-1}$ (estações 4 – SUP, 9 – SUP, 1 – ACTC, 2 – ACTC, 4 – ACTC, 2 – TC) a $0,0019\text{mg.L}^{-1}$ (estações 5-SUP, 5 – ACTC, 7 – ACTC e 10 -TC) (Figura 28), no entanto, os valores foram observados tanto nas estações a jusante quanto a montante (estações 10 e 11, consideradas controle), não podendo estas concentrações serem associadas ao descarte do efluente do FPSO Fluminense. A Resolução



CONAMA 357/05 não estabelece limite máximo para este metal para águas salinas classe 1 e não foram identificadas diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre os resultados obtidos nos três raios amostrados ($p = 0,3737$).

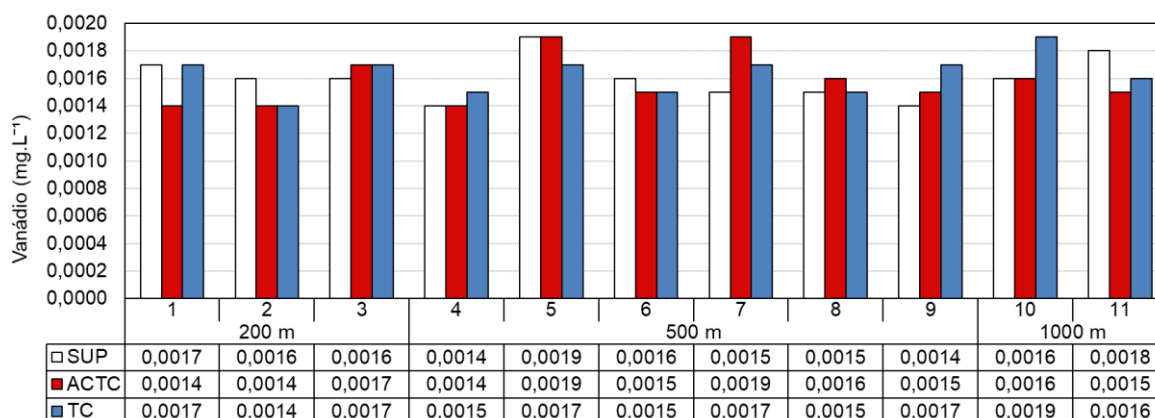


Figura 28: Distribuição das concentrações de vanádio nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Para o elemento boro, as concentrações variaram entre 3,63 mg.L⁻¹ (estações 8 - SUP) e 5,35 mg.L⁻¹ (estação 8 – TC), conforme **Figura 29**. O semimetal boro apresentou concentrações ligeiramente superiores ao nível estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 (5 mg.L⁻¹) em algumas estações, sendo elas as estações 2 - TC e 4 – TC, localizadas a 200m e a estação 8 – TC, a 500m do FPSO. As três amostras foram coletadas a 90m de profundidade TC e estão a jusante do ponto de descarte de água produzida.

Por outro lado, os resultados não apresentaram diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre os raios ($p = 0,7520$), não podendo assim afirmar que as maiores concentrações de Boro encontradas nesta campanha estiveram relacionadas ao descarte da água produzida. Essas concentrações acima do preconizado na legislação também podem ocorrer de forma natural no ambiente, conforme mostra dados secundário da região, onde concentrações de boro superiores a 5 mg.L⁻¹ já haviam sido reportadas por Petrobras (2013) nos resultados do Projeto de Caracterização Regional da Bacia de Campos (PCR-BC), no qual os dados oscilaram entre 0,4-10,9 mg.L⁻¹, sendo indicado que concentrações deste parâmetro em águas costeiras brasileiras podem ultrapassar este limite estabelecido pela legislação. Além disso, a campanha de 2019 e de 2020 do presente PMA também detectou concentrações de até 5,90 e 5,23 mg.L⁻¹, respectivamente.

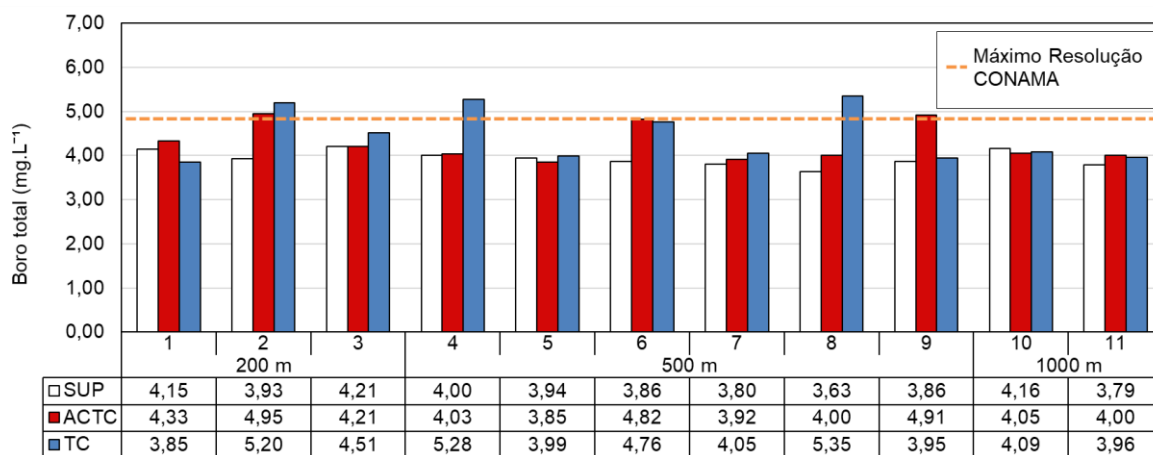


Figura 29: Distribuição das concentrações de boro nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Os resultados referentes a boro obtidos na presente campanha (2021) foram diferentes significativamente de grande parte das campanhas anteriores (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$), com exceção apenas das campanhas de 2011 ($p = 0,5213$), 2012 ($p = 0,1131$), 2013 ($p = 0,3233$) e 2014 ($p = 0,8625$) (**Figura 30**).

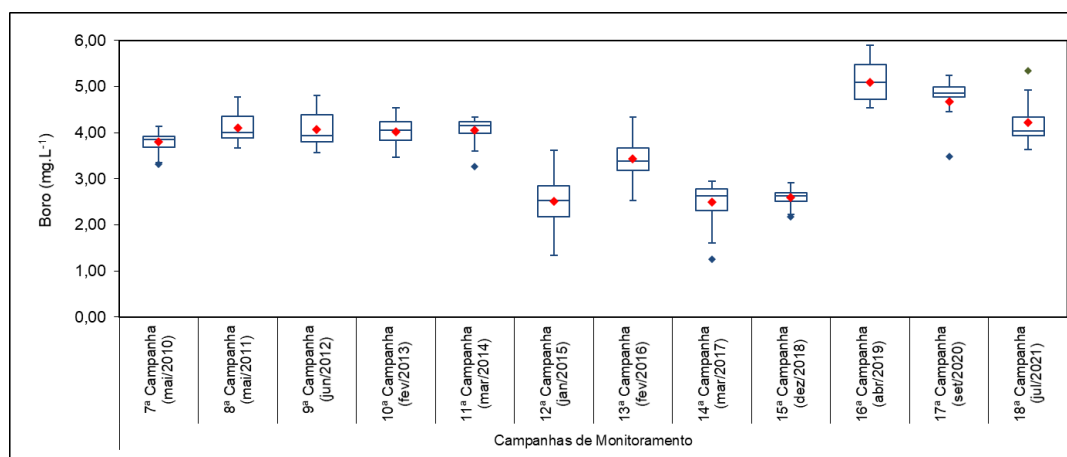


Figura 30: Concentrações de boro observadas nas 12 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Para o elemento cromo, foram quantificadas apenas seis amostras, as demais tiveram concentrações abaixo do limite de quantificação ($< 0,0005 \text{ mg.L}^{-1}$), que variaram entre $0,0007 \text{ mg.L}^{-1}$ (estação 11 - TC) e $0,0038 \text{ mg.L}^{-1}$ (estação 2 – ACTC), conforme **Figura 31**. Todos os resultados obtidos estiveram bem abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1, descartando assim uma possível influência da atividade de produção do FPSO Fluminense nas concentrações de cromo nas seis amostras. Em relação as concentrações de cromo não foram identificadas diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre os resultados obtidos nos três raios amostrados ($p = 0,8627$).

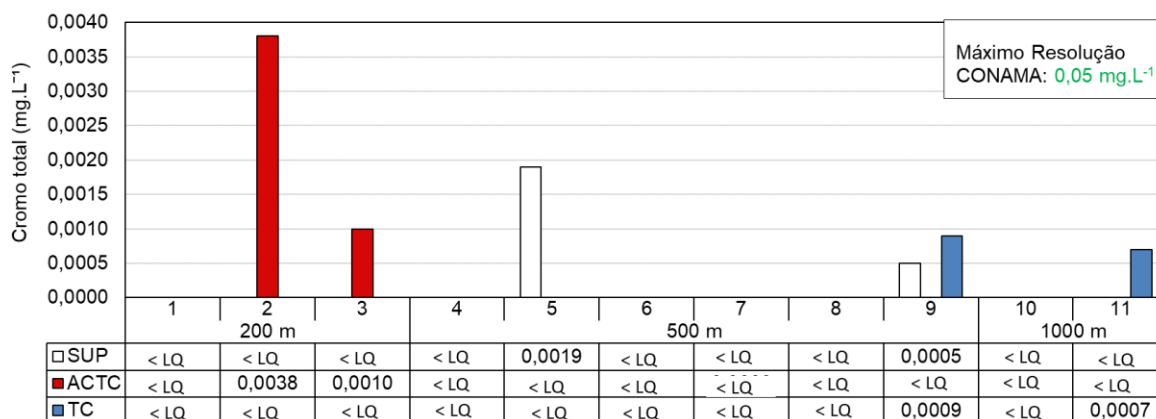


Figura 31: Distribuição das concentrações de cromo nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Para o ferro total, as concentrações variam de abaixo do limite de quantificação ($< 0,005 \text{ mg.L}^{-1}$) a $0,260 \text{ mg.L}^{-1}$ (estação 11 – SUP) (Figura 32). A presença de ferro ocorreu em todas as estações, com o seu maior valor na estação controle (estação 11) e o ferro dissolvido esteve presente em setes estações, das quais duas são estações controle (estações 10 e 11), indicando que a quantificação desse metal, provavelmente não está associada a uma interferência do lançamento de água de produção na região. A Resolução CONAMA 357/05 não estabelece limite máximo para ferro total para águas salinas classe 1 e não foram identificadas diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre os resultados obtidos nos três raios amostrados ($p = 0,8175$).

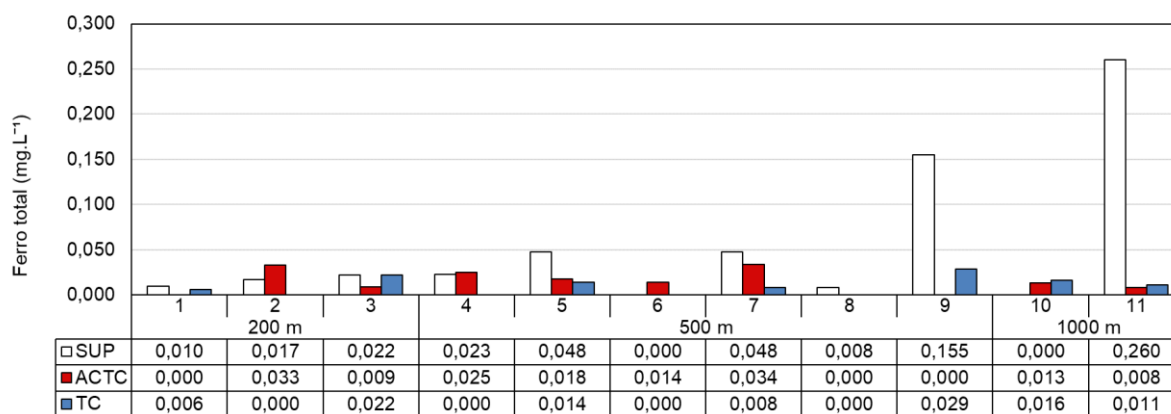


Figura 32: Distribuição das concentrações de ferro total nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Para o selênio, a maior parte das amostras esteve abaixo do limite de quantificação ($< 0,005 \text{ mg.L}^{-1}$). Dentre as amostras quantificadas o selênio variou de $0,005 \text{ mg.L}^{-1}$ (estações 5 – ACTC, 7 – ACTC e 1 – TC) a $0,010 \text{ mg.L}^{-1}$ (estações 7 – SUP e 10 – TC), sendo possível



observar que para todos os estratos amostrados nas estações controle (estações 10 e 11) as concentrações de selênio estiveram acima do limite de quantificação (**Figura 33**).

Nenhum resultado esteve acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1, que é de $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$. Dentre as duas estações que tiveram concentração de selênio igual ao limite estabelecido pela resolução, uma delas está a jusante e a 500m do FPSO (estação 7 – SUP) e a segunda é uma estação controle, que está a montante e a 1000m do FPSO (estação 10 – TC). Devido a distância entre as duas estações e o fato de uma delas estar fora da zona de mistura, não é possível associar essas concentrações de selênio ao lançamento de água produzida. Adicionalmente o teste de Kruskal-Wallis, ($p < 0,05$) identificou diferenças significativas entre os resultados obtidos nos três raios amostrados ($p = 0,0020$), onde o teste *a posteriori* mostrou que a diferença ocorreu entre o raio de 1000m com os raios de 200 e 500m, resultado que corrobora com a não influencia do lançamento de água produzida nos resultados obtidos para selênio.

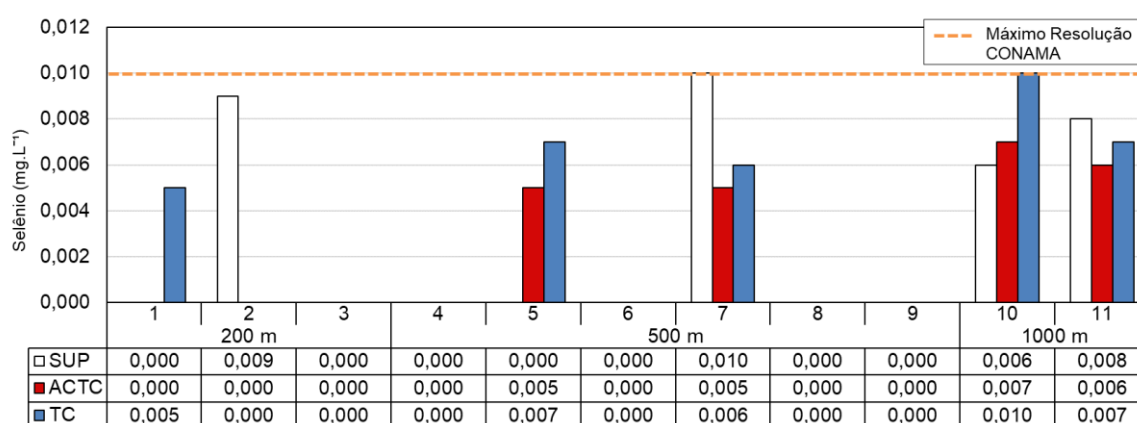


Figura 33: Distribuição das concentrações de selênio nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Para o metal tálio só foram quantificadas 6 amostras, as demais foram inferiores ao limite de quantificação ($< 0,0005 \text{ mg.L}^{-1}$). As concentrações de tálio variaram de $0,0005 \text{ mg.L}^{-1}$ (estação 5 – SUP) a $0,010 \text{ mg.L}^{-1}$ (estação 10 – TC), sendo possível observar que dentre as seis amostras que apresentaram concentração de tálio acima do Limite de quantificação, cinco foram coletadas na termoclina e apenas uma, o menor valor, na superfície (**Figura 34**). Todas as amostras estiveram abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 e não foram identificadas diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre os resultados obtidos nos três raios amostrados ($p = 0,3992$).

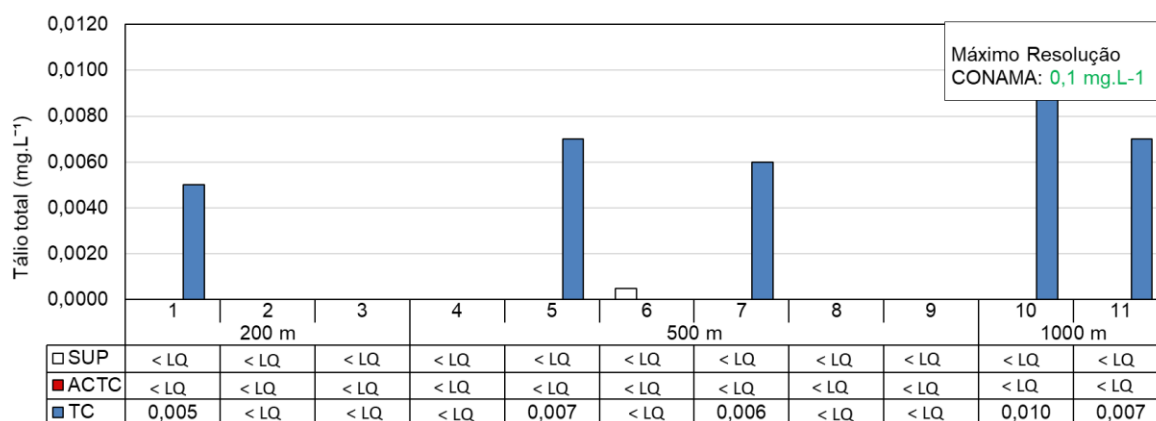


Figura 34: Distribuição das concentrações de tálio nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Para o metal urânio as concentrações variaram de 0,0016 mg.L⁻¹ (estações 6 – SUP, 8 – SUP, 8 – ACTC e 9 – ACTC) a 0,0032 mg.L⁻¹ (estações 7 – SUP e 10 - ACTC), sendo possível observar que não houve um padrão ao longo das estações. (**Figura 35**). Todas as amostras estiveram abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1. Não foi identificada diferença significativa entre os raios de amostragem ($p = 0,1259$).

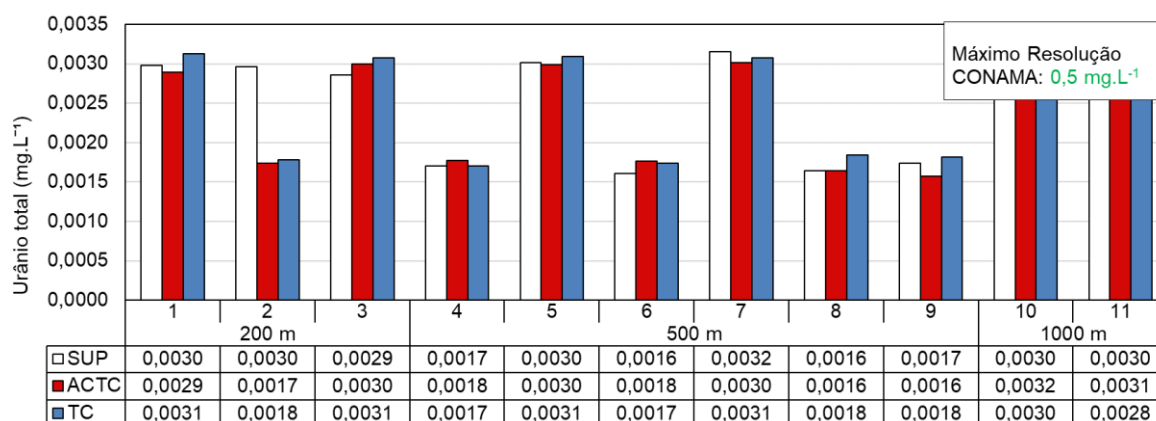


Figura 35: Distribuição das concentrações de urânio nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos

Com relação ao elemento zinco, este apresentou concentrações desde valores menores que o LQ ($< 0,05 \text{ mg.L}^{-1}$) até 0,09 mg.L⁻¹ (estação 9 – ACTC), conforme mostra a Figura 36. Todos os resultados obtidos mantiveram-se inferiores ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 (0,09 mg.L⁻¹) e não foram identificadas diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre os resultados obtidos nos três raios amostrados ($p = 0,4535$).

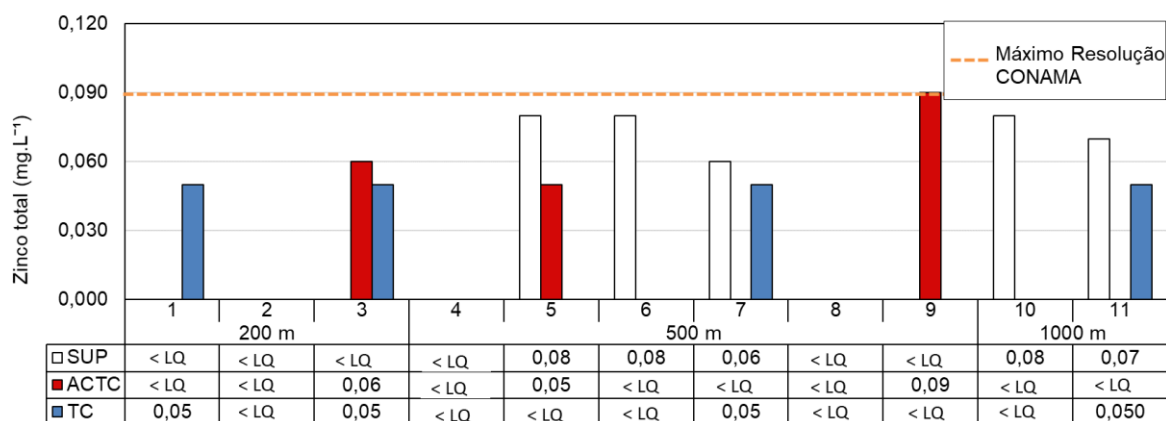


Figura 36: Distribuição das concentrações de zinco nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

5.2.4. Cianeto livre

Os cianetos são compostos que contêm o radical CN, sendo que a preocupação em relação ao elemento no meio ambiente é devida a sua alta toxicidade, principalmente quando associado ao zinco e cádmio.

Na atual campanha, as amostras foram coletadas em triplicata para este parâmetro, isto ocorreu pois, durante a etapa de negociação com o laboratório responsável pelas análises químicas da presente campanha, o limite de quantificação (LQ) para Cianeto livre era equivalente ao valor máximo estipulado para águas salinas classe 1 pela Resolução CONAMA 357/05 – 0,001 mg.L⁻¹.

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

5.2.5. Fluoretos

Nas estações distribuídas no entorno da FPSO Fluminense foram observadas concentrações variando desde abaixo do limite de detecção (<0,03mg.L⁻¹), na estação 11 – SUP, a 0,49mg.L⁻¹ (estação 9 – ACTC), sem padrão espacial claro em relação a coluna d'água (**Figura 37**). Contudo, não foi observada diferença significativa (Kruskal-Wallis, p<0,05) entre os raios de amostragem (p= 0,2840).

Verificou-se que todas as amostras analisadas estiveram de acordo com o limite máximo requerido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 (1,4 mg.L⁻¹). Os resultados de fluoretos obtidos na presente campanha (2021) mostram-se dentro da variabilidade observada nas campanhas anteriores (**Figura 38**). Apenas alguns resultados



obtidos em 2011 e 2013 apresentaram valores que ultrapassaram os limites estabelecidos pela Resolução 357/05 do CONAMA para águas salinas classe 1, resultados estes que provavelmente refletem problemas analíticos. É corriqueiro, em estudos ambientais que utilizam a matriz analítica “água marinha hipersalina”, a ocorrência de interferência do cloreto na identificação e quantificação dos picos aniônicos. Diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) em relação à atual campanha foram identificadas em relação aos resultados obtidos em 2010 ($p < 0,0001$), 2013 ($p < 0,0264$), 2015 ($p < 0,0078$), 2016 ($p < 0,0001$), 2017 ($p = 0,0011$), 2019 ($p < 0,0001$) e 2020 ($p < 0,0001$).

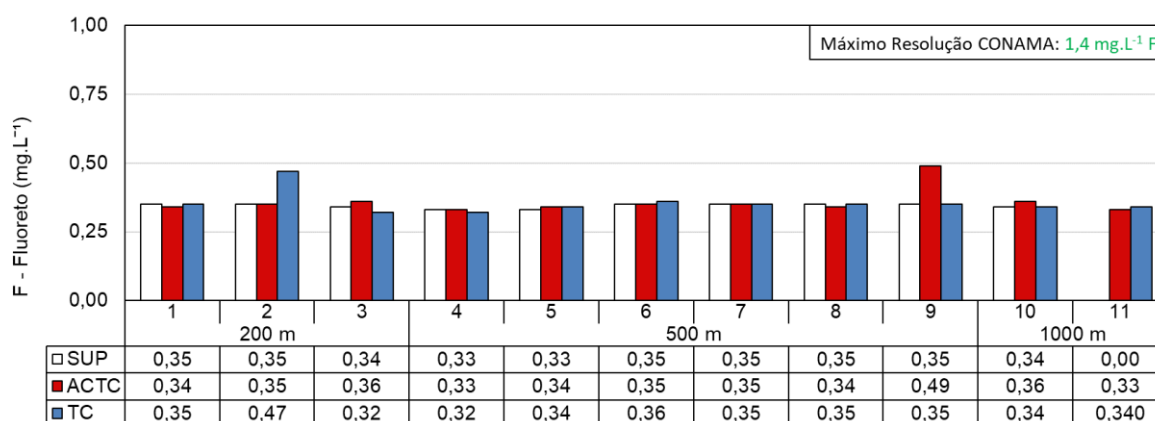


Figura 37: Distribuição das concentrações de fluoreto nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

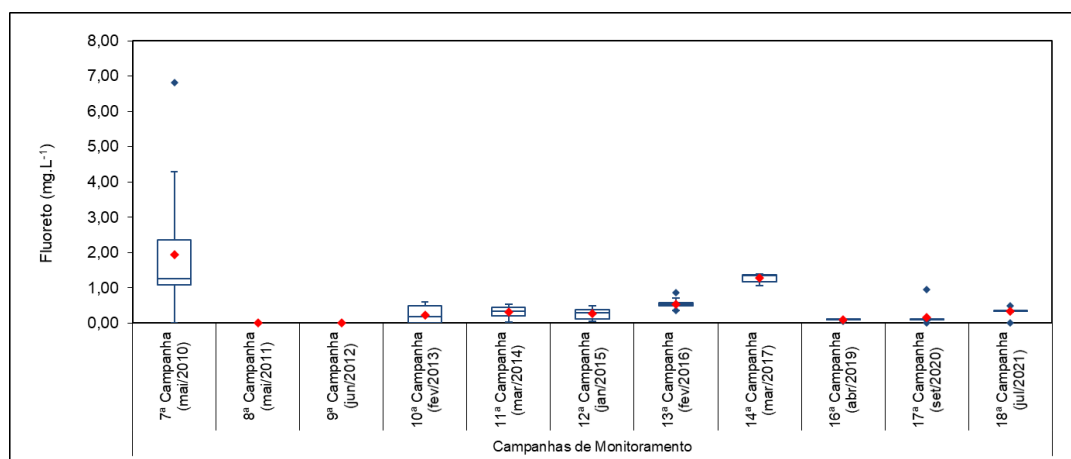


Figura 38: Concentrações de fluoreto observadas nas 12 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

5.2.6. Sulfetos

A partir dos resultados das análises de sulfeto, não foram encontradas concentrações de sulfetos acima do limite de detecção em nenhuma amostra analisada ($LD = 0,0004 \text{ mg.L}^{-1}$), como já ocorrido nas campanhas anteriores no entorno do FPSO Fluminense, mantendo as



características da água condizentes com o estipulado pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 (até 0,002 mg.L⁻¹).

5.2.7. Cloro Residual Total

A análise de cloro residual total no entorno do FPSO Fluminense foi realizada em triplicata, não sendo verificada concentração detectável em nenhuma das estações amostradas (LD= 0,003 mg.L⁻¹), resultados inferiores ao máximo requerido para águas salinas classe 1 pela Resolução CONAMA 357/05 (0,01 mg.L⁻¹). Nas campanhas anteriores não foram quantificadas concentrações de cloro residual em nenhuma estação/profundidade.

5.2.8. Radioisótopos

Os radioisótopos Rádio-226 (²²⁶Ra) e Rádio-228 (²²⁸Ra) 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 40K, 238U e 232Th. OGP (2005) menciona que a influência do Ra no meio ambiente marinho é minimizada por sua co-precipitação com bário na forma de sulfatos e/ou carbonatos. Nas estações no entorno do FPSO Fluminense, não foram encontradas concentrações quantificáveis (LQ=0,44 Bq.L⁻¹) de 226Ra e nem de 228Ra (LQ=0,32 Bq.L⁻¹). A Resolução CONAMA 357/05 não preconiza limites para os radioisótopos.

Nas campanhas realizadas anteriormente no entorno do FPSO Fluminense, foram obtidos resultados de 226Ra em 2020 (duas amostras, 0,0115 e 0,0132 Bq.L⁻¹) e em 2019 em seis amostras com valores que oscilaram entre 0,010 e 0,020 Bq.L⁻¹, e na campanha de 2020 em apenas uma amostras foi quantificada concentração de 228Ra, de 0,0254 Bq.L⁻¹.

5.3. Parâmetros Orgânicos

5.3.1. Carbono Orgânico Total (COT)

As concentrações de carbono orgânico total (COT) observadas no entorno do FPSO Fluminense na presente campanha apresentaram valores que variaram de 0,90mg.L⁻¹ (estação 5 – TC) a 1,60mg.L⁻¹ (estações 7 – ACTC e 1 - TC), como pode ser observado na **Figura 39**. Diferenças significativas (Kruskal-Wallis, p<0,05) entre os raios de amostragem não foram verificadas (p= 0,9584). A Resolução CONAMA 357/05 estabelece o limite de 3 mg.L⁻¹ de COT para águas salinas classe 1, não tendo nenhum resultado ultrapassado este limiar (**Figura 39**).



As concentrações de COT observadas na presente campanha se mantiveram dentro do intervalo de dados observado ao longo do Projeto Monitoramento do FPSO Fluminense. Por outro lado, quando foi aplicado o teste de variabilidade, foram identificadas diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) em relação aos resultados obtidos nas campanhas de 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 e 2020 ($p < 0,0001$ para estes 7 anos) e em relação a campanha de 2019 ($p = 0,0002$), isso porque em 2010, 2013, e 2019, os valores medianos foram superiores aos da presente campanha. Já 2012 foi diferente por apresentar poucas amostras com concentrações quantificáveis. Por fim 2015 foi diferente possivelmente pela baixa variabilidade dos dados (**Figura 40**).

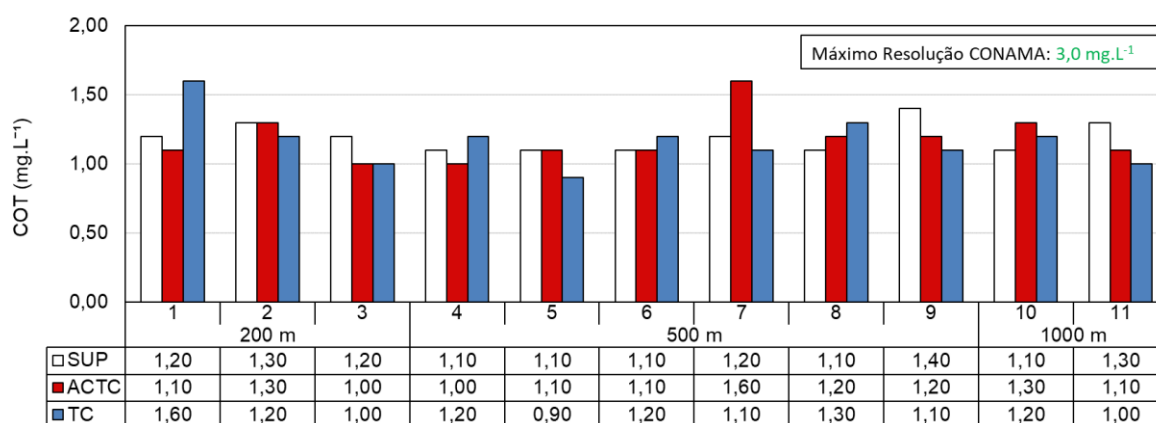


Figura 39: Distribuição das concentrações de Carbono Orgânico Total (COT) nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

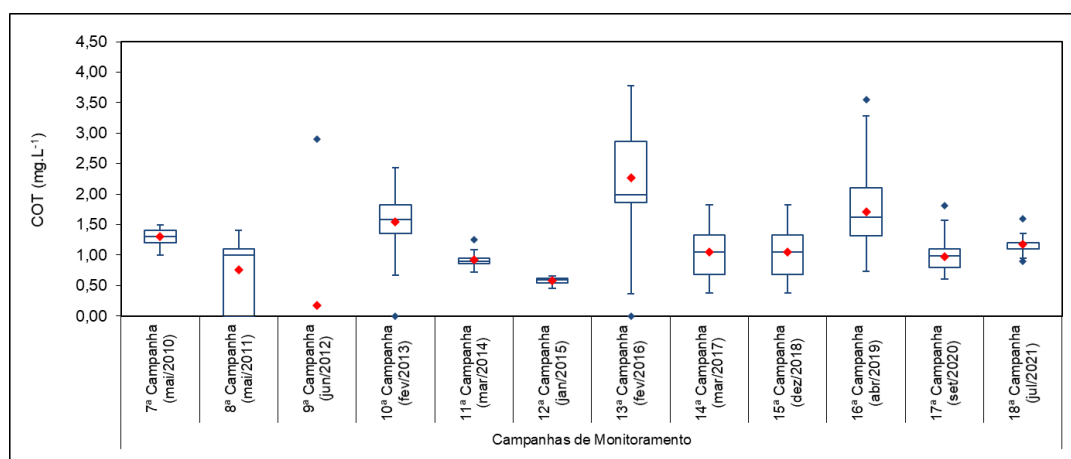


Figura 40: Concentrações de COT observadas nas 12 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

5.3.2. Surfactantes

Na presente campanha, nenhuma amostra apresentou concentrações detectáveis ($LD = 0,03 \text{ mg.L}^{-1}$) de surfactantes, assim como nas campanhas realizadas desde 2010, onde não



se obteve concentrações de surfactantes acima do limite de quantificação. A Resolução CONAMA 357/05 estabelece o valor máximo de $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$ para águas salinas classe 1.

5.3.3. Bifenilas policloradas (PCBs)

As bifenilas policloradas (PCBs) são compostos orgânicos persistentes, pouco solúveis, com potencial de bioacumulação e bioconcentração, representando, com isso, uma ameaça à biota (Penteado & Vaz, 2001). Não foram detectadas concentrações de PCBs ($LD < 0,00002 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$) no presente estudo. Os PCBs também não foram quantificados nas campanhas anteriores, realizadas anualmente desde 2010. Salienta-se que o máximo para PCBs em águas salinas classe 1 segundo a Resolução CONAMA 357/05 é de $0,03 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$.

5.3.4. Tributilestanho

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

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

Este parâmetro apresentou concentrações quantificáveis, pela primeira vez, na campanha de 2019, onde foram observados valores de tributilestanho em quatro amostras com variação de $0,0011$ a $0,015 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$, tendo o valor máximo ultrapassado o limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 (limite de $0,01 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$). Na campanha realizada em 2020 foram verificadas concentrações quantificáveis de tributilestanho ($LQ = 0,001 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$) em 20 das 33 amostras coletadas no entorno do FPSO Fluminense, com valores que variaram de $0,0011$ (estação 8 - ACTC) a $0,0083 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$ (estação 3 - SUP).

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-alcenos, pristano, fitano, hidrocarbonetos resolvidos de petróleo (HRP), mistura complexa não resolvida (MCNR) e hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP), além de fenóis totais.

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

Os hidrocarbonetos alifáticos ocorrem naturalmente na água do mar em concentrações que variam entre <1 e $10 \mu\text{g.L}^{-1}$, em função da significativa produção biogênica, enquanto que concentrações de n-alcenos de até $16 \mu\text{g.L}^{-1}$ são reportadas na literatura como indicativas de uma contribuição antropogênica baixa ou ausente (PETROBRAS, 2013).

O parâmetro MCNR geralmente considerado uma mistura de muitos isômeros e homólogos estruturalmente complexos de hidrocarbonetos ramificados e cíclicos que não podem ser discriminados, no entanto, usando técnicas de degradação química, a MCNR consiste principalmente de cadeias de carbono lineares conectadas em pontos de ramificação, que resultam em moléculas em forma de "T", sendo resistentes à degradação (BOULOBASSI; SALIOT, 1993). Resultados da razão MCNR/HRP superiores a 4 indicam um processo de intemperização de hidrocarbonetos, enquanto que valores inferiores a 4 são indicativos de uma introdução recente de óleo (READMAN *et al.*, 2002).

Na presente campanha, não foi verificada concentração detectável de MCNR em nenhuma das estações amostradas ($\text{LD} = 13,30 \mu\text{g.L}^{-1}$). Na campanha realizada em 2020 apenas uma amostra (estação 9 – ACTC) apresentou concentração quantificável de MCNR (igual a $407,2 \mu\text{g.L}^{-1}$), nesta mesma campanha o HTP também apresentou concentração de $407,2 \mu\text{g.L}^{-1}$, sendo composto totalmente pela MCNR. Em 2019 apenas uma amostra da estação 7 apresentou concentrações de hidrocarbonetos. No ano de 2014, foram observadas concentrações de HTP em três estações (8, 9 e 11), com valores de concentração para C12 e C13 (que somados corresponderam aos n-alcenos totais), além de outros picos não identificados de compostos resolvidos e não resolvidos (HRP e MCNR, respectivamente).

Para a presente campanha foram também analisados os compostos BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos), não tendo sido verificados valores acima do LD ($<0,008 \mu\text{g.L}^{-1}$ para benzeno, tolueno, etilbenzeno, o-Xileno e $0,017 \mu\text{g.L}^{-1}$ para m,p - xileno).



Ao longo do monitoramento do FPSO Fluminense, apenas foram detectadas concentrações de BTEX nas campanhas de 2013 e 2020.

Em 2013, três amostras da estação 5 apresentaram concentrações de tolueno acima do limite de quantificação do método com valores de 3,69, 4,86 e 4,07 $\mu\text{g.L}^{-1}$. Já em 2020, os compostos BTEX foram quantificados em apenas duas amostras, também na estação 5, uma com valor de xileno de 2,8 $\mu\text{g.L}^{-1}$ e outra para etilbenzeno de 4,8 $\mu\text{g.L}^{-1}$, valores semelhantes ao observado em 2013. Cabe mencionar que todos esses resultados obtidos nestas duas campanhas pretéritas estiveram abaixo do preconizado pela legislação, uma vez que a Resolução CONAMA 357 estabelece para os compostos benzeno, tolueno e etilbenzeno os limites de até 700, 215 e 25 $\mu\text{g.L}^{-1}$, respectivamente.

Com relação aos fenóis, todas as amostras estiveram abaixo do LD ($<1 \mu\text{g.L}^{-1}$). Este foi o cenário observado na maioria das campanhas. A exceção foi em 2020, quando foram detectadas concentrações em todas as amostras, com os valores oscilando de 0,06 $\mu\text{g.L}^{-1}$ a 60 $\mu\text{g.L}^{-1}$, valendo ressaltar que os valores quantificados não ultrapassaram o limite estabelecido pela legislação brasileira para este parâmetro (60 $\mu\text{g.L}^{-1}$).

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^{-1} , com máximo diário de 42,0 mg.L^{-1} . No presente estudo, assim como nas campanhas anteriores não foram verificados óleos e graxas em nenhuma estação, mesmo nas localizadas a 200 m da FPSO Fluminense, fato que reforça a hipótese de ausência de influência das atividades do FPSO nas águas de entorno.

5.4. Ecotoxicidade

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



Os testes de toxicidade aguda foram realizados nas amostras de água do mar das onze estações monitoradas no entorno do FPSO Fluminense, por um período de 96 horas em um sistema estático com efeitos sobre a sobrevivência e observada a cada 24 horas. Não foi observada mortalidade em nenhuma amostra, não indicando toxicidade.

Os testes de toxicidade crônica corroboraram a ausência de toxicidade sobre a biota, como pode ser observado na **Tabela 6**. 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 8 – TC (93,5%). Ressalta-se, ainda que todos os resultados obtidos foram indicativos de ausência de toxicidade, uma vez que não apresentaram diferenças significativas (Teste de “Dunnett”) em relação aos resultados obtidos pelos dois controles empregados, quando o percentual de *pluteus* normais foi de 96,2%. Assim o resultado está em acordo com o preconizado pela Resolução CONAMA 357/05.

Tabela 6: Resultados do teste de ecotoxicidade crônica no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

<i>Echinometra lucunter</i> - Pluteus normais (%)				
Raio / Estação		Sup	ACTC	TC
200 m	1	96,2	97,5	98,5
	2	98,0	95,8	99,2
	3	95,8	97,0	96,0
500 m	4	98,2	95,2	96,5
	5	96,0	96,2	96,0
	6	96,5	95,2	97,5
	7	98,8	94,5	97,5
	8	97,5	97,0	93,5
	9	95,2	94,8	94,0
1.000 m	10	94,5	94,0	94,2
1.000 m	11	95,2	95,5	98,2

5.5. Biota

5.5.1. Fitoplâncton

As amostras de fitoplâncton foram coletadas juntamente com as amostras para análises químicas nas mesmas profundidades, porém em cinco estações (estações 1, 3, 5, 7 e 10), distribuídas na malha amostral da 18ª campanha realizada no entorno do FPSO Fluminense.



Destaca-se que o inventário florístico com o enquadramento taxonômico e densidade celular de cada organismo é apresentado no **ANEXO D**.

5.5.1.1. Composição específica

O fitoplâncton estudado pode ser dividido em função do tamanho dos organismos: nanoplâncton e microfitoplâncton. Os organismos do nanoplâncton tem reduzido tamanho (2 a 20 μm), o que dificulta a identificação das espécies em análises de rotina, conforme detalhado na metodologia. Na atual campanha foram identificados 5 táxons, sendo eles o nanoplâncton não identificado (1 táxon), Diatomácea (1 táxon), Dinoflagelado (1 táxon), Cianobactéria (1 táxon) e Cocolitoforídeo (1 táxon).

Por outro lado, a comunidade microfitoplanctônica (> 20 μm) permitiu uma análise mais profunda e foi dividida em grandes grupos (categorias taxonômicas como classes e até mesmo grupos artificiais): diatomáceas (Bacillariophyta), dinoflagelados (Dinoflagellata), cianobactérias (Cyanobacteria), silicoflagelados (Chromophyta – Classe Dictyochophyceae), euglenofíceas (Chlorophyta) e cocolitoforídeos (Chromophyta - Classe Prymnesiophyceae), de forma que a composição da comunidade do microfitoplâncton pode ser analisada mais profundamente, conforme será abordado adiante.

Na atual campanha no entorno do FPSO Fluminense, o microfitoplâncton foi composto por 99 táxons distintos, pertencentes a diferentes grupos do fitoplâncton, sendo a maioria diatomáceas (46 táxons), seguido pelos dinoflagelados (36 táxons), cocolitoforídeos (11 táxons), cianobactérias (4 táxons), euglenofíceas e silicoflagelados, ambos com 1 táxon cada, conforme a **Figura 41**. A predominância de diatomáceas e de dinoflagelados na comunidade microfitoplanctônica, totalizando 83% 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 de 11% para esta campanha). As cianobactérias contribuíram, em geral, com 4%, estando de acordo com as campanhas pretéritas.



Contribuição por Grupos

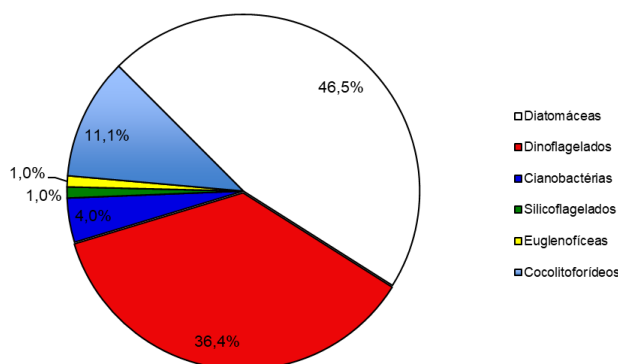


Figura 41: Contribuição percentual das classes taxonômicas do microfitoplâncton identificadas nas estações de amostragem no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

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



5.5.1.2. Riqueza

Nanoplâncton

Com relação ao nanoplâncton, a riqueza oscilou entre 3 e 5 táxons, tendo o valor máximo sido observado nas estações 1 – ACTC e TC; estação 3 – TC; estação 5 – SUP e ACTC e estação 7 - ACTC (**Figura 42**), 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 $p = 0,9105$, bem como entre os estrato ($p = 0,6788$).

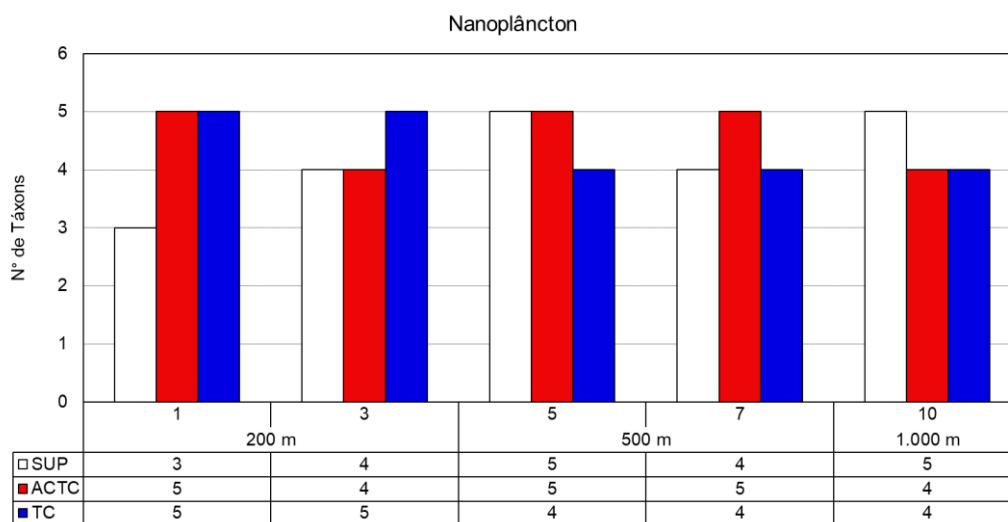


Figura 42: Número de táxons do nanoplâncton em cada profundidade nas cinco estações monitoradas durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

O nanoplâncton não identificado, as diatomáceas e as cianobactérias estiveram presentes em 100% das amostras, enquanto os dinoflagelados, não foram encontrados em quatro amostras estação 1 – SUP, estação 3 – SUP e ACTA e estação 5 – TC, como pode ser visto na **Figura 43**. Não ocorreu um padrão claro de distribuição desses grupos entre as estações ou profundidades.

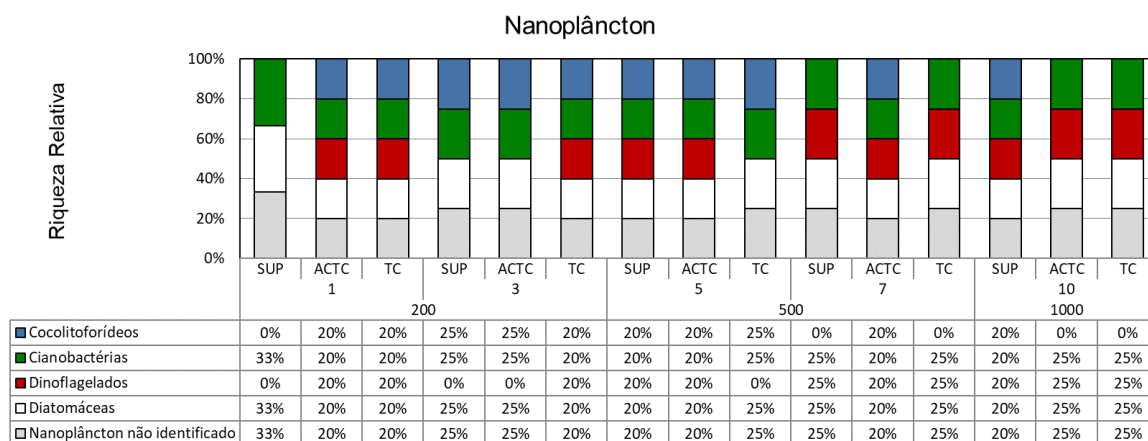


Figura 43: Contribuição percentual da riqueza de táxons do nanoplâncton por categoria taxonômica nas cinco estações e em cada profundidade monitorada durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Microfitoplâncton

A **Figura 44** mostra o número de táxons do microfitoplâncton ao longo das estações e profundidades, variando entre 25 táxons na estação 7 – ACTC e 39 táxons na estação 1 – ACTC. Não foi identificada uma tendência de comportamento, uma vez que as maiores riquezas de cada estação se alternaram entre os estratos. Este panorama é corroborado pelo teste estatístico Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), uma vez que não foi identificada diferença significativa entre os resultados de cada estrato ($p = 0,717264$). Além disso, o teste não indicou diferença entre os raios de amostragem ($p = 0,889120$), não sendo, portanto, identificada uma relação entre o número de táxons e a proximidade do FPSO.

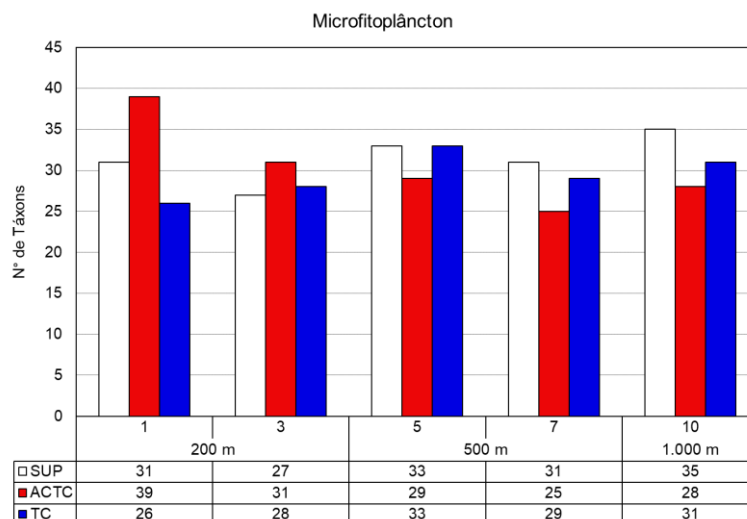


Figura 44: Número de táxons do microfitoplâncton em cada profundidade nas cinco estações monitoradas durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Na **Tabela 7** 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 7: Número de táxons do microfitoplâncton e estatística descritiva das cinco estações monitoradas durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Distância	Estação	Código	Diatomáceas	Dinoflagelados	Cianobactérias	Cocolitoforídeos	Silicoflagelados	Euglenófitas	Nº de táxons
200 m	1	SUP	15	10	2	4	0	0	31
		ACTC	21	13	1	4	0	0	39
		TC	12	9	1	3	1	0	26
	3	SUP	15	8	1	3	0	0	27
		ACTC	12	13	1	5	0	0	31
		TC	15	9	1	3	0	0	28
500 m	5	SUP	12	15	3	2	1	0	33
		ACTC	13	10	2	4	0	0	29
		TC	16	8	2	5	1	1	33
	7	SUP	13	10	1	7	0	0	31
		ACTC	13	9	1	2	0	0	25
		TC	14	11	1	3	0	0	29
1.000 m	10	SUP	15	15	2	2	1	0	35
		ACTC	11	12	1	3	1	0	28
		TC	13	12	1	5	0	0	31
TOTAL			46	36	4	11	1	1	99
Mínimo			11	8	1	2	0	0	25
Máximo			21	15	3	7	1	1	39
Média			14,00	10,93	1,40	3,67	0,33	0,07	30,40
Desvio Padrão			2,42	2,31	0,63	1,40	0,49	0,26	3,64
CV%			17,29%	21,16%	45,18%	38,11%	146,39%	387,30%	11,98%



A **Figura 45** mostra a distribuição por grupos ao longo das estações. Percebe-se que as maiores contribuições de diatomáceas e dinoflagelados ao longo de todas as estações/profundidades, com menores contribuições de cocolitoforídeos, cianobactérias, euglenofíceas e silicoflagelados. Na maioria das amostras as diatomáceas foram predominantes, representando mais de 36% dos táxons. Nas estações em que as diatomáceas não predominaram o fizeram os dinoflagelados.

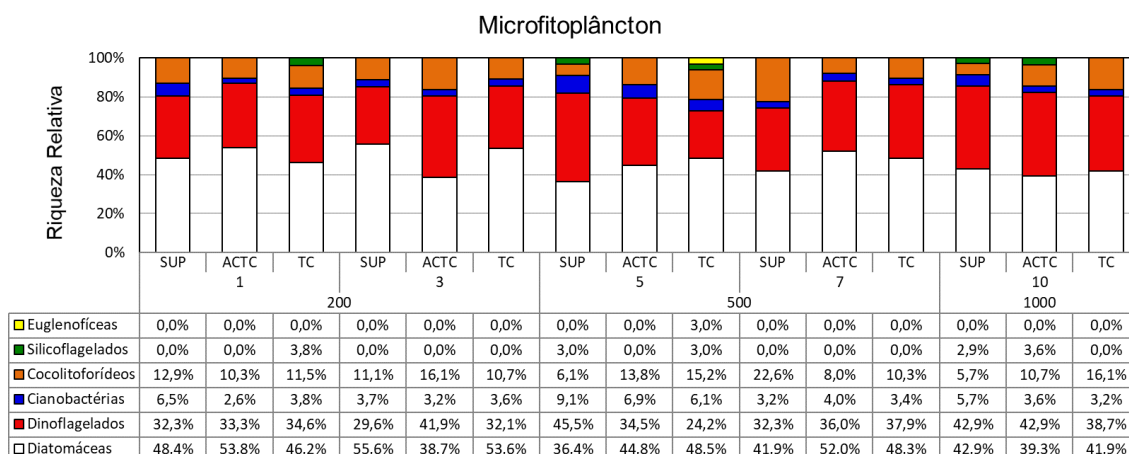


Figura 45: Contribuição percentual da riqueza de táxons por categoria taxonômica nas cinco estações e em cada profundidade monitorada durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Dentre os 99 táxons observados na campanha atual, a maioria (74 táxons, 74,8% do total) ocorreu em no máximo 5 amostras, indicando uma frequência de ocorrência esporádica ou pouco frequente. Desses, 29 táxons (29,3% do total) foram exclusivos em apenas uma amostra, distribuídos em diferentes grupos, a saber: as diatomáceas *Coscinodiscophyceae* B, *Hemiaulus* spp., *Guinardia striata* (Stolterfoth) Hasle, *Bacteriastrum delicatulum* Cleve, *Bacteriastrum hyalinum* Lauder, *Chaetoceros perpusillus* Cleve, *Chaetoceros socialis* H.S.Lauder, *Chaetoceros* cf. *teres* Cleve, *Thalassionemataceae* C, *Naviculaceae* 1A, *Naviculaceae* 5A, *Meuniera membranacea* (Cleve) P.C.Silva e *Diatomácea* penata 7B, os dinoflagelados *Gymnodiniales* 2B, *Tripos* cf. *carnegiei* (H.W.Graham & Bronikovsky) Gómez, *Tripos furca* (Ehrenberg) Gómez, *Oxytoxum* cf. *caudatum* Schiller, *Oxytoxum crassum* Schiller, *Oxytoxum laticeps* Schiller, *Prorocentrum* cf. *dentatum* Stein, *Prorocentrum gracile* Schütt, *Pronoctiluca spinifera* (Lohmann) Schiller, Dinoflagelado tecido NI 2A, Dinoflagelado tecido NI 3B; as cianobactérias *Johannesbaptistia pellucida* (Dickie) W.R.Taylor & Drouet e *Trichodesmium hildebrandtii* Gomont; os cocolitoforídeos *Calciopappus caudatus* K.R.Gaarder & Ramsfjell e *Syracosphaera* spp. e das euglenofíceas a Classe *Euglenophyceae*. Oito táxons ocorreram entre 6 e 9 estações, representando 8,1% do total

Um total de 17 táxons (17,2% 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**



8 lista estes táxons, onde se verifica que uma parcela importante é identificada pelo morfotipo, caso de dinoflagelados e de diatomáceas.

Dentre as diatomáceas mais frequentes, observa-se a espécie *Cylindrotheca closterium* que representa um sinônimo taxonômico da espécie *Ceratoneis closterium*, nomenclatura citada nas campanhas anteriores. Estudos como de Jahn & Kusber (2005) demonstraram que a espécie *Ceratoneis closterium*, identificado em 1839, correspondia a *Cylindrotheca closterium*, identificada em 1964. Por sua vez, Li *et al.* (2007) *apud* Merino-Virgilio *et al.* (2014) sugeriu que trata-se de um complexo de espécies crípticas¹. Autores ainda discutem se trata ou não da mesma espécie, sendo que no presente documento é adotada a recomendação mais recente, de utilizar o nome *Ceratoneis*, destacando que representa a mesma espécie citada nas campanhas anteriores. A *C. closterium* é uma espécie de águas neríticas, com hábitos ticopelágicos e meroplânctônicos (Round, 1981 *apud* Kingston, 2009).

Tabela 8: Táxons do microfítoplâncton muito frequentes durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Grupo	Táxons mais frequentes (>70%)	Frequência
Diatomácea	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & J.C.Lewin	100,0%
Diatomácea	<i>Pseudo-nitzschia</i> complexo "delicatissima"	100,0%
Diatomácea	Diatomácea penata 1A	100,0%
Dinoflagelado	Gymnodiniales 1A	100,0%
Dinoflagelado	Gymnodiniales 2A	100,0%
Dinoflagelado	Gymnodiniales 3A	100,0%
Dinoflagelado	Gymnodiniales 4A	100,0%
Cianobactéria	Ordem Nostocales	100,0%
Cocolitoforídeo	<i>Calciosolenia murrayi</i> Gran	100,0%
Diatomácea	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs	93,3%
Cocolitoforídeo	<i>Ophiaster hydroideus</i> (Lohmann) Lohmann	86,7%
Dinoflagelado	<i>Heterocapsa</i> spp.	80,0%
Dinoflagelado	Dinoflagelado tecido NI 1A	80,0%
Dinoflagelado	Dinoflagelado tecido NI 4A	80,0%
Diatomácea	<i>Pseudo-nitzschia</i> complexo "seriata"	73,3%
Diatomácea	Diatomácea penata 5A	73,3%
Dinoflagelado	Dinoflagelado tecido NI 3A	73,3%

A **Tabela 9** sintetiza os resultados obtidos em números de táxons identificados ao longo das nove campanhas de monitoramento. A média da campanha variou bastante, de 21 (2015) a

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



36 (2012), com os resultados obtidos na presente campanha (média de 30,4 táxons) similares aos observados nos últimos anos. O padrão de predominância do número de táxons de diatomáceas sob os de dinoflagelados foi observado ao longo de todas as campanhas de monitoramento.

Tabela 9: Estatística descritiva do número de táxons das estações monitoradas durante as campanhas de Monitoramento Ambiental do entorno do FPSO Fluminense durante os anos de 2011 a 2021.

NÚMERO DE TÁXONS								
Campanhas	Dado	Total	Diat	Dino	Ciano	Cocol	Sílico	Eugl
2010	Mínimo	21	7	2	1	1	1	1
	Máximo	33	18	18	3	5	1	1
	Média	26	10	12	2	2	0,1	-
	Desvio-padrão	4	3	4	1	1	0,4	-
2011	Mínimo	23	11	7	1	2	1	1
	Máximo	44	23	14	3	9	2	1
	Média	34	15	10	2	5	1	-
	Desvio-padrão	6	4	2	1	2	1	-
2012	Mínimo	21	11	6	1	2	1	1
	Máximo	56	30	16	4	8	1	1
	Média	36	18	10	2	5	0,6	0,2
	Desvio-padrão	10	5	4	1	2	0,5	0,4
2013	Mínimo	18	9	7	1	1	-	-
	Máximo	51	24	23	3	7	1	1
	Média	35	15	14	2	3	-	-
	Desvio-padrão	9	4	4	0,7	2	-	-
2014	Mínimo	17	7	5	0	1	-	-
	Máximo	25	15	8	3	6	-	-
	Média	22	10,2	6,7	2,1	3	-	-
	Desvio-padrão	2	2	1	1	1	-	-
2015	Mínimo	17	4	5	1	2	-	-
	Máximo	26	11	11	2	7	-	-
	Média	21	8	8	1	4	-	-
	Desvio-padrão	3	2	2	0,5	1	-	-
2016	Mínimo	20	10	6	1	-	-	-
	Máximo	37	22	16	2	1	5	1
	Média	28,9	15,0	9,0	1,0	0,1	2,8	0,4
	Desvio-padrão	4,30	3,56	2,92	0,41	0,26	1,37	0,51
2017	Mínimo	20	10	6	1	-	-	-
	Máximo	37	22	16	2	1	5	1
	Média	28,9	15,0	9,0	1,0	0,1	208,0	0,4
	Desvio-padrão	4,30	3,56	2,92	0,41	0,26	1,37	0,51
2018	Mínimo	15	2	9	1	1	-	-
	Máximo	26	10	16	2	5	1	-



Tabela 9: Estatística descritiva do número de táxons das estações monitoradas durante as campanhas de Monitoramento Ambiental do entorno do FPSO Fluminense durante os anos de 2011 a 2021.

NÚMERO DE TÁXONS								
Campanhas	Dado	Total	Diat	Dino	Ciano	Cocol	Silico	Eugl
2018	Média	22,0	6,0	12,0	1,0	3,0	-	-
	Desvio-padrão	3,00	2,00	2,00	-	1,00	-	-
2019	Mínimo	23	5	9	2	1		0
	Máximo	34	12	17	4	6		1
	Média	29,8	9,2	14,3	3,2	2,8		0,3
	Desvio-padrão	3,32	2,04	2,29	0,77	1,32		0,46
2020	Mínimo	23	15	5	1	1	-	1
	Máximo	40	26	13	3	3	-	1
	Média	31,7	20,67	8,60	1,67	1,38	-	1
	Desvio-padrão	5,56	4,20	2,47	0,62	0,74	-	1
2021	Mínimo	25	11	8	1	2	0	0
	Máximo	39	21	15	3	7	1	1
	Média	30,40	14,00	10,93	1,40	3,67	0,33	0,07
	Desvio-padrão	3,64	2,42	2,31	0,63	1,40	0,49	0,26

5.5.1.3. Análise Quantitativa

A densidade celular do fitoplâncton total, nanoplâncton e microfitoplâncton por profundidade de cada estação é apresentada na **Tabela 10**. 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 $3,4 \cdot 10^6$ (estação 1 - TC) a $13,5 \cdot 10^6$ cel.L⁻¹ (estação 7 - ACTC), com média de $6,9 \cdot 10^6$ cel.L⁻¹ (DP – $2,4 \cdot 10^6$ cel.L⁻¹).

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 10: Densidade celular (cel.L^{-1}) total, do microfitoplâncton e do nanofitoplâncton das cinco estações monitoradas durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Distância	Amostra	Camada	DENSIDADE		
			Total	Nanoplâncton	Microfitoplâncton
200 m	1	SUP	6050344	6038713	11631
		ACTC	3937001	3921243	15758
		TC	3413137	3398410	14727
	3	SUP	5760459	5747421	13038
		ACTC	5829275	5814642	14633
		TC	6219055	6206767	12288
500	5	SUP	5094104	5086412	7692
		ACTC	7534747	7517582	17165
		TC	6891414	6867776	23638
	7	SUP	7598363	7573600	24763
		ACTC	13591137	13567499	23638
		TC	9246170	9231725	14445
1.000 m	10	SUP	6831279	6822962	8317
		ACTC	9065319	9052468	12851
		TC	7148105	7136661	11444
Mínimo			3.413.137	3.398.410	7.692
Máximo			13.591.137	13.567.499	24.763
Média			6.947.327	6.932.259	15.068
Desvio Padrão			2.445.364	2.443.069	5.265

O valor da densidade máxima da atual campanha foi o maior ao comparar-se com os outros anos. A maior densidade mínima, contudo, foi a da 17ª campanha (2020) (**Tabela 11**). Este resultado pertenceu à estação 7 – ACTC.

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., SIGNORINI, 1974; GABIOUX, 2008; FRAGOSO *et al.*, 2008), o que pode estimular o crescimento do fitoplâncton, resultando em oscilações nas densidades.

Tabela 11: Densidade do fitoplâncton total (10^6cel.L^{-1}) registradas nas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Fluminense.

Campanhas	Mínimo	Máximo
2010	0,20	1,40
2011	0,19	1,60
2012	1,20	2,80
2013	1,10	8,40
2014	1,00	4,50



Tabela 11: Densidade do fitoplâncton total (10^6cel.L^{-1}) registradas nas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Fluminense.

Campanhas	Mínimo	Máximo
2015	1,50	4,90
2016	1,50	10,40
2017	2,00	4,00
2018	2,00	3,68
2019	3,59	5,71
2020	7,46	13,37
2021	3,41	13,59

Os valores de densidade do nanofitoplâncton variaram entre $3,39 \cdot 10^6$ (estação 1 – TC) e $13,57 \cdot 10^6 \text{ cel.L}^{-1}$ (estação 7 – ACTC), conforme a **Figura 46**. Não foi possível identificar um padrão de comportamento da densidade. Isto é corroborado pelos resultados do teste estatístico (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) tanto ao considerar-se as amostras a 200, 500 e 1000 ($p = 0,060259$), como os diferentes estratos ($p = 0,529701$).

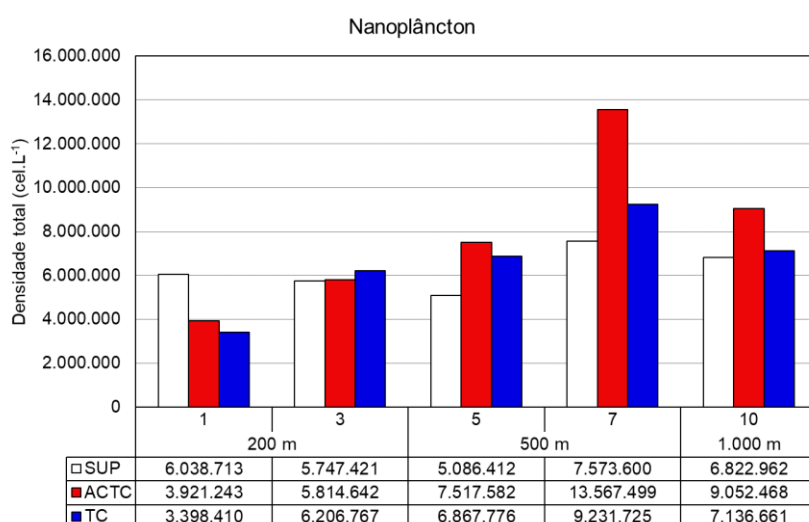


Figura 46: Densidade celular (cel.L^{-1}) do nanofitoplâncton no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

A distribuição da densidade total do microfitoplâncton ($> 20 \mu\text{m}$) variou de $7,69 \cdot 10^4$ (estação 5 - SUP) a $2,48 \cdot 10^4 \text{ cel.L}^{-1}$ (estação 7 - SUP), conforme a **Figura 47**. Não foi observada diferença significativa (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre as amostras localizadas a 200, 500 e 1.000 m do ponto de descarte do FPSO para o microfitoplâncton ($p = 0,072574$) e nem ao avaliar os resultados por estrato ($p = 0,566833$).

Os resultados estiveram condizentes com o observado em regiões oceânicas, onde, de um modo geral, são encontradas variações de densidade na ordem de 10^2 a 10^4 cel.L^{-1} no Atlântico Sul (BRANDINI *et al.*, 1997; EYNAUD *et al.*, 1999; CUPELO, 2000).



Destaca-se que, como foi apresentado na **Tabela 11**, a densidade máxima do fitoplâncton foi superior ao observado ao longo do monitoramento. Este aumento no valores de densidade pode estar associado a fatores ambientais externos, como afloração de massas d'água mais ricas em nutrientes (FRAGOSO *et al.*, 2008).

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

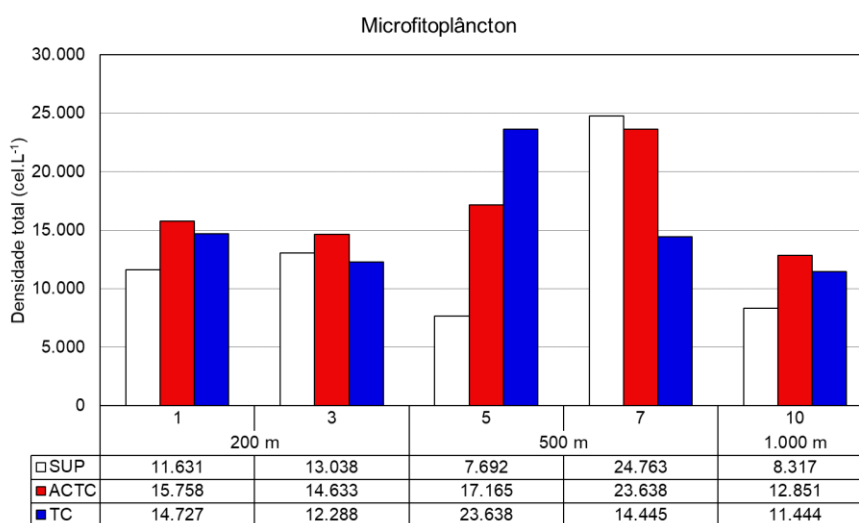


Figura 47: Densidade celular do microfitoplâncton (cel.L⁻¹) nas cinco estações monitoradas durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

No que diz respeito à densidade celular, as diatomáceas foram o grupo que apresentou a maior contribuição para a densidade total (média de 8.102 cel.L⁻¹) seguidos dos dinoflagelados (média de 4.361 cel.L⁻¹), das algas cianobactérias (média de 1.555 cel.L⁻¹), silicoflagelados (média de 33 cel.L⁻¹) e das euglenofíceas, presentes em apenas uma amostras, apresentando valor de 187,6 cel.L⁻¹ cel.L⁻¹ (**Tabela 12**).



Tabela 12: Densidade celular (cel.L⁻¹) do microfitoplâncton total e das categorias taxonômicas identificadas nas cinco estações monitoradas durante 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Distância	Amostra	Camada	MICROFITOPLÂNTON						
			Diatomáceas	Dinoflagelados	Cianobactérias	Silicoflagelados	Cocolitoforídeos	Euglenofíceas	Total
200 m	1	SUP	5253	3940	1782	0	657	0	11.631
		ACTC	9755	3846	657	0	1501	0	15.758
		TC	8254	2251	2626	94	1501	0	14.727
	3	SUP	8536	2251	1313	0	938	0	13.038
		ACTC	7223	3846	2345	0	1219	0	14.633
		TC	6847	3940	750	0	750	0	12.288
500	5	SUP	2814	3439	1001	63	375	0	7.692
		ACTC	11068	3283	1970	0	844	0	17.165
		TC	14820	4690	1876	188	1876	188	23.638
	7	SUP	13320	6941	1876	0	2626	0	24.763
		ACTC	14070	5253	3564	0	750	0	23.638
		TC	6660	6472	750	0	563	0	14.445
1.000 m	10	SUP	3815	3064	938	63	438	0	8.317
1.000 m	10	ACTC	6097	4784	1501	94	375	0	12.851
		TC	3002	7410	375	0	657	0	11.444
Mínimo			2.814	2.251	375	0	375	0	7.692
Máximo			14.820	7.410	3.564	188	2.626	188	24.763
Média			8.102	4.361	1.555	33	1.005	13	15.068
Desvio Padrão			3.860	1.581	865	56	635	48	5.265



A predominância das diatomáceas foi observada na maioria das estações, sendo o máximo da contribuição sido na de 65,47%, na estação 3 – SUP. A menor contribuição deste grupo foi verificada na estação 10 – TC (26,23%), com predomínio de dinoflagelados (64,75%) (Figura 48).

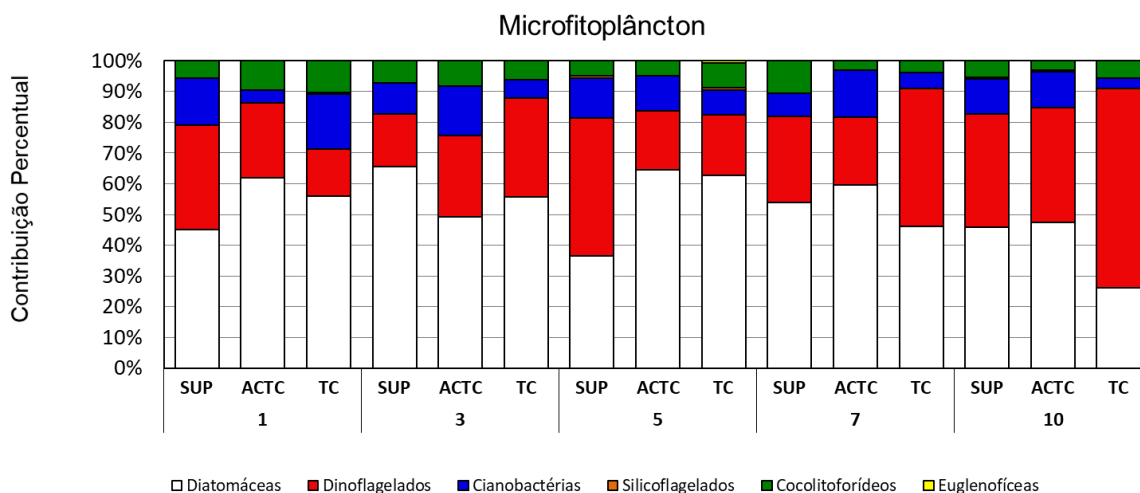


Figura 48: Contribuição percentual das categorias taxonômicas na densidade do microfitoplâncton no entorno da FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

A **Tabela 13** lista os dez táxons mais abundantes encontrados na atual campanha por grandes grupos, sendo possível observar que os grupos das diatomáceas e dinoflagelados foram os que mais contribuíram – quatro táxons cada. O táxon que apresentou a maior abundância foi *Cylindrotheca closterium*, pertencente às diatomáceas. Aponta-se que os grupos cianobactéria e cocolitoforídeo contribuíram com um táxon cada.

As diatomáceas são geralmente abundantes em águas de plataforma ricas em nutrientes, sendo consideradas como um dos principais grupos do fitoplâncton no ambiente marinho (ASIS *et al.*, 2006). Tenenbaum *et al.* (2017) estudando a comunidade microfitoplanctônica da Bacia de Campos, identificou predomínio das diatomáceas na plataforma interna da Bacia de Campos, com diminuição da sua contribuição em direção ao talude. Neste mesmo estudo, durante o período chuvoso, os táxons *Chaetoceros* spp., *Pseudo-nitzschia* spp., *Leptocylindrus* spp. e *Cylindrotheca closterium*, foram os mais abundantes na região de Cabo Frio.

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



Além disso, cabe ressaltar a ordem Nostocales do grupo das cianofíceas, que apresentou a segunda maior abundância. Alguns autores destacam que as cianobactérias poderiam dominar o plâncton marinho tropical e subtropical, pois possuem grande capacidade de fixar nitrogênio, além de possuírem vacúolos de gás (aerótopos) para regular sua flutuabilidade na coluna de água e assim manter seus filamentos na zona eufótica. O fato de se apresentarem como florações em alguns momentos ou apenas como uma fração do microfitoplâncton em alguns momentos em outros, sugere que a população sofre algum tipo de limitação, provavelmente relacionada com o hidrodinamismo local das áreas oceânicas e/ou pressão de pastagem (CARPENTER *et al.*, 1987; CAPONE *et al.*, 1997; VILLAREAL, CARPENTER, 1990). A predominância de cianofíceas nessa região corrobora com a presença da ACAS, de maneira sazonal (verão), enriquecendo nutricionalmente a zona eufótica (YONEDA, 1999).

Tabela 13: Dez táxons de maior densidade celular (cel.L⁻¹) dentre o microfitoplâncton identificado nas cinco estações monitoradas durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. Os valores de densidade apresentados referem-se à soma dos resultados das amostras (estações/profundidades).

Grupo	Táxon	Densidade (cel.L ⁻¹)	Contribuição
Diatomácea	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & J.C.Lewin	45649	20,20%
Cianobactéria	Ordem Nostocales	22575	9,99%
Diatomácea	<i>Pseudo-nitzschia</i> complexo " <i>delicatissima</i> "	20198	8,94%
Dinoflagelado	Gymnodiniales 3A	13882	6,14%
Dinoflagelado	Gymnodiniales 4A	12038	5,33%
Dinoflagelado	Gymnodiniales 2A	10850	4,80%
Dinoflagelado	Gymnodiniales 1A	10724	4,74%
Diatomácea	Diatomácea penata 1A	8880	3,93%
Diatomácea	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs	6941	3,07%
Cocolitoforídeo	<i>Calciosolenia murrayi</i> Gran	5597	2,48%

5.5.1.4. Estrutura da Comunidade Fitoplanctônica

Índices calculados para comunidades bióticas auxiliam na interpretação da distribuição de espécies, quanto à composição e abundância. O índice de equitabilidade de Pielou (J') pode variar entre 0 e 1, onde quanto mais próxima de 1, maior a homogeneidade / uniformidade da comunidade, com isso mais resistente a distúrbios ambientais. O índice de diversidade de Shannon (H') já considera também a abundância relativa de cada táxon dentre da comunidade fitoplanctônica, expressando riqueza (nº de táxons) e uniformidade.

Na **Figura 49** 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 2,53 a 3,10 bits.ind⁻¹ (estação 7 – ACTC e estação 1 – ACTC, respectivamente), com média de 2,83 e desvio-padrão de 0,16 bits.ind⁻¹. O índice de equitabilidade variou de 0,78 a 0,87 (estações 5 - ACTC e estação 1 – SUP, respectivamente), com média de 0,83 e desvio-padrão de 0,16. Destaca-se que o fato de a estação 7 – ACTC ter apresentado os menores índices possivelmente está ligada à sua maior densidade e menor riqueza dentre os outros resultados.

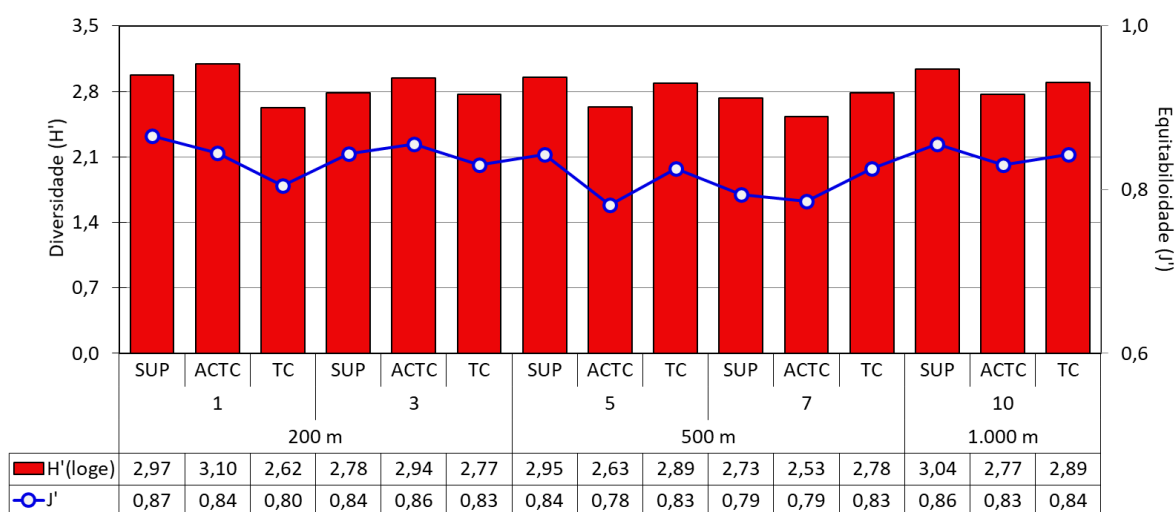


Figura 49: Índice de diversidade (H') e de equitabilidade (J') da comunidade fitoplanctônica das cinco estações monitoradas na 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Nas campanhas anteriores, os índices de diversidade e equitabilidade demonstraram faixas relativamente amplas de variação, o que deve refletir em diferentes ordens de grandeza da densidade dos táxons dominantes em cada campanha, com os resultados da presente campanha se apresentando de acordo com a variabilidade observada nas campanhas anteriores (**Tabela 14**).

Tabela 14: Valores de diversidade e equitabilidade da comunidade fitoplanctônica nas últimas Campanhas de Monitoramento Ambientais realizadas no entorno do FPSO Fluminense.

Campanha	Diversidade (bits.ind ⁻¹)		Equitabilidade	
	Mín	Máx	Mín	Máx
2010	2,1	4,1	0,6	0,9
2011	0,4	2,4	0,1	0,5
2012	2,3	3,8	0,5	0,9
2013	0,7	3,6	0,2	0,7
2014	2	2,7	0,6	0,8
2015	2,1	2,7	0,7	0,9
2016	1,79	2,94	0,6	0,9
2017	1,73	2,7	0,56	0,85

**Tabela 14: Valores de diversidade e equitabilidade da comunidade fitoplanctônica nas últimas Campanhas de Monitoramento Ambientais realizadas no entorno do FPSO Fluminense.**

Campanha	Diversidade (bits.ind ⁻¹)		Equitabilidade	
	Mín	Máx	Mín	Máx
2018	1,7	2,52	0,55	0,8
2019	2,51	4,1	0,52	0,83
2020	2,28	2,92	0,67	0,88
2021	2,53	3,10	0,78	0,87

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 50**.

O resultado demonstrou que não há grupamentos específicos envolvendo diferentes estratos, ou estações, o que é corroborado pelos resultados dos testes estatísticos. Destaca-se que na análise dos grupos formados, há dois clados com a menor similaridade, compostos pelas demais estações frente à estação 5 - TC. Acredita-se que isto pode estar ligado ao fato de esta estação ter sido a única a apresentar resultados para euglenofíceas. É importante ressaltar que houve a formação de diversos clados, tendo a maior similaridade sido igual a cerca de 70%.

Por outro lado, é importante avaliar que os índices biológicos se demonstraram, de um modo geral, semelhantes ao observado em campanhas anteriores (TENEMBAUM *et al.*, 2017).

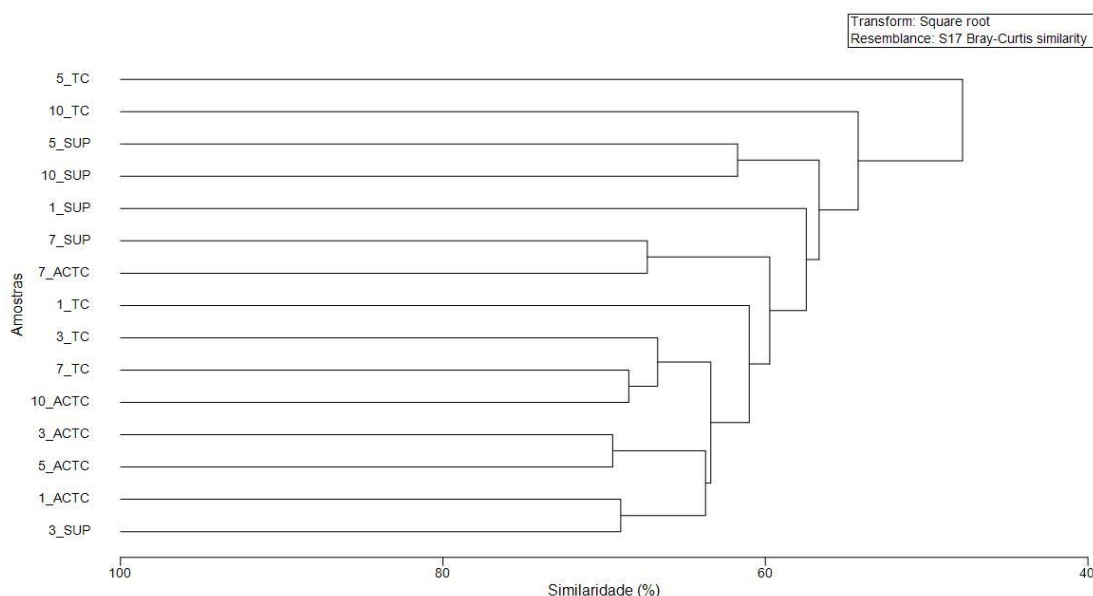


Figura 50: Análise de agrupamento das amostras através do índice de similaridade de Bray-Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

5.5.2. Zooplâncton

5.5.2.1. Caracterização da comunidade

Na atual campanha de monitoramento foram identificados 81 táxons distintos do zooplâncton, dos quais 6 atingiram o nível de gênero e 45 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 – subfilo Rhabditophora (Turbellaria); do filo Mollusca – as classes Bivalvia, Gastropoda e Cephalopoda; do filo Annelida – a classe Polychaeta; do filo Arthropoda – a classe Branchiopoda, a infra-classe Cirripedia, a subclasse Copepoda, as ordens Cyclopoida, Harpacticoida, da classe Malacostraca – as ordens Stomatopoda, Amphipoda, Mysida, Euphausiacea e Decapoda, classe Ostracoda; do filo Chaetognatha a classe Sagittoidea; filo Echinodermata; do filo Chordata – as classes Appendicularia, Thaliacea e subfilo Vertebrata - os Ovos e Larvas de Peixe.

O número de táxons observado na atual campanha esteve abaixo do identificado nas campanhas anteriores, que em 2010 registrou 115 táxons, em 2011, 123 táxons, em 2012, 141 táxons, em 2013, 115 táxons, em 2014, 101 táxons, 2015, 94 táxons, em 2016, 107 táxons, em 2017, 99 táxons, em 2019, 101 táxons e em 2020 78 táxons. Não foram realizados os arrastos de plâncton na campanha de 2018 devido a fortes correntes que impediram a operação.



Os grupos que se destacaram na atual campanha são os grupos Copepoda (37 táxons), Chaetognatha (10 táxons), Appendicularia (6 táxons), Mollusca (5 táxons), Decapoda e Thaliacea (ambas com 3 táxons) e Branchiopoda (2 táxons), como pode ser visualizado na **Figura 51**. A categoria “Outros” engloba os grupos foram constituídos por apenas um táxon, constituindo 15 táxons distintos. Os organismos do zooplâncton podem ser divididos em holoplâncton, que são aqueles que possuem seu ciclo de vida completo no plâncton, e em meroplâncton, que passam somente uma parte da vida no plâncton (MORRISSEY; SUMICH, 2012). Dentre os organismos do holoplâncton (maioria) identificados na atual campanha com maior número de táxons incluem-se os táxons Copepoda, Chaetognathas, Appendicularia, e Thaliacea, enquanto que os Mollusca e Decapoda representam os organismos do meroplâncton.

Contribuição por grupos (riqueza taxonômica)

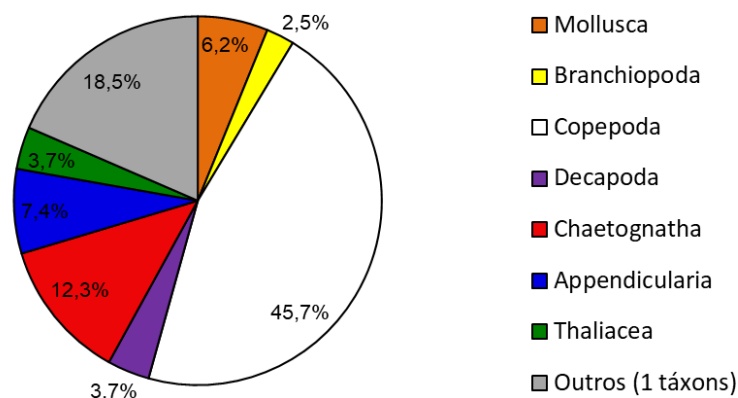


Figura 51: Contribuição média percentual das categorias taxonômicas do zooplâncton identificadas nas cinco estações monitoradas durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Quanto à variação espacial do número de táxons identificados, observa-se na **Figura 52** uma pequena variabilidade entre as estações, indo de 56 (estação 10) a 66 táxons distintos (estação 3), sem padrão espacial definido que possa ser relacionado à distância do FPSO. Ressalta-se, contudo, que a menor riqueza se deu na estação controle.

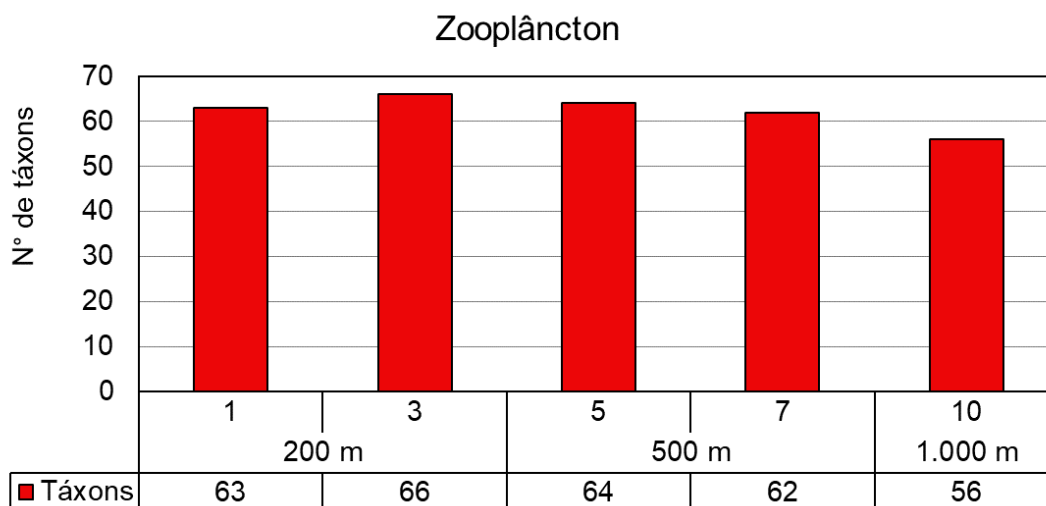


Figura 52: Número de táxon do zooplâncton nas cinco estações monitoradas durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Dentre os táxons identificados, a maioria foi recorrente, onde 52 foram considerados muito frequentes (FO > 70%), dos quais sete ocorreram em quatro estações e 45 em todas as estações. Entre os táxons muito frequentes identificados em níveis superiores, cita-se com 100% de Frequência de Ocorrência (FO) o filo Foraminifera, infraclasse Hydroidomedusae, ordem Siphonophorae, a classe Polychaeta, ordens Stomatopoda, Amphipoda, Euphasiacea, Decapoda, classe Ostracoda, filo Echinodermata, bem como ovos e larvas de peixes. Salienta-se que os níveis superiores podem englobar vários táxons distintos, o que influi diretamente na frequência. Com relação aos táxons com FO abaixo de 70% tem-se que 12 ocorreram em apenas três estações (FO = 60%), cinco táxons em duas estações (FO = 40%). No que tange à ocorrência em apenas uma estação (FO = 20%), tem-se que 12 táxons compuseram este panorama. Aponta-se que 12 táxons ocorreram em apenas uma estação, cinco em duas e 12 em três estações.

A **Tabela 15** 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 16** estão listados os táxons com frequência de ocorrência superior a 70% (muito frequentes) nas últimas campanhas e também na atual. Destaca-se que os três táxons identificados na campanha 17ª campanha (2020) (os Copepodas *Oncaea venusta venella* e *Oncaea* sp.1, bem como o Branchiopoda *Penilia avirostris*.) ocorreram novamente para a atual campanha.



Tabela 15: Táxons muito frequentes (FO>70%) dos principais grupos durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos (considerados apenas os níveis família, gênero e espécie).

Táxon		FO
Branchiopoda	<i>Penilia avirostris</i>	100%
Copepoda	Calanidae	100%
Copepoda	<i>Calanoides carinatus</i>	100%
Copepoda	Clausocalanidae	100%
Copepoda	<i>Clausocalanus furcatus</i>	100%
Copepoda	<i>Ctenocalanus citer</i>	100%
Copepoda	<i>Paracalanus</i> spp.	100%
Copepoda	<i>Temora stylifera</i>	100%
Copepoda	<i>P.-Calanus</i> sp.	100%
Copepoda	<i>Oithona similis</i>	100%
Copepoda	<i>Oithona</i> spp.	100%
Copepoda	<i>Oncaea venusta</i>	100%
Copepoda	<i>Oncaea venusta venella</i>	100%
Copepoda	<i>Triconia cf. conifera</i>	100%
Decapoda	Luciferidae	100%
Chaetognatha	<i>Krohnitta mutabbii</i>	100%
Chaetognatha	<i>Pterosagitta draco</i>	100%
Chaetognatha	<i>Decipisagitta decipiens</i>	100%
Chaetognatha	<i>Flaccisagitta enflata</i>	100%
Chaetognatha	<i>Flaccisagitta hexaptera</i>	100%
Chaetognatha	<i>Parasagitta friderici</i>	100%
Chaetognatha	<i>Serratosagitta serratodentata</i>	100%
Appendicularia	<i>Oikopleura fusiformis</i>	100%
Appendicularia	<i>Oikopleura longicauda</i>	100%
Appendicularia	<i>Oikopleura cophocerca</i>	100%
Thaliacea	<i>Doliolletta gegenbauri</i>	100%
Thaliacea	<i>Doliolum nationalis</i>	100%
Thaliacea	<i>Thalia democratica</i>	100%
Copepoda	<i>Nannocalanus minor</i>	80%
Copepoda	<i>Temora turbinata</i>	80%
Copepoda	<i>Oithona plumifera</i>	80%
Chaetognatha	<i>Parasagitta tenuis</i>	80%

Tabela 16: Táxons muito frequentes (FO>70%) nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Fluminense (considerados apenas espécies).

Táxon/Campanha	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2019	2020	2021
<i>Acrocalanus longicornis</i>		X	X		X	X					X
<i>Calanoides carinatus</i>				X			X	X		X	X
<i>Calocalanus pavoninus</i>		X				X					
<i>Candacia pachydactyla</i>			X								
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>									X	X	



Tabela 16: Táxons muito frequentes (FO>70%) nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Fluminense (considerados apenas espécies).

Táxon/Campanha	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2019	2020	2021
<i>Clausocalanus furcatus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Corycaeus giesbrechti</i>				X							X
<i>Corycaeus speciosus</i>			X								
<i>Ctenocalanus citer</i>				X			X	X			X
<i>Decipisagitta decipiens</i>									X	X	X
<i>Decipisagitta sibogae</i>									X		
<i>Decipisagitta spp.</i>									X		
<i>Doliioletta gegenbauri</i>	X	X	X	X		X				X	X
<i>Doliolina mülleri</i>	X		X			X					
<i>Doliolum nationalis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Farranulla gracilis</i>	X	X		X	X			X	X	X	X
<i>Ferosagitta hispida</i>	X					X		X		X	X
<i>Flaccisagitta enflata</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Flaccisagitta hexaptera</i>	X	X	X				X	X	X	X	X
<i>Fritillaria formica</i>		X	X	X	X	X					X
<i>Fritillaria pellucida</i>			X	X							X
<i>Fritillaria sargassi</i>								X			
<i>Krohnitta mutabbii</i>							X	X			X
<i>Krohnitta pacifica</i>		X	X	X	X						
<i>Krohnitta subtilis</i>	X			X							
<i>Lucicutia flavicornis</i>	X	X	X			X					X
<i>Lucifer faxoni</i>					X						
<i>Lucifer typus</i>		X	X			X					
<i>Macrosetella gracilis</i>		X		X		X					X
<i>Mecynocera clausi</i>		X									
<i>Mesosagitta minima</i>	X										
<i>Nannocalanus minor</i>	X		X		X	X	X				X
<i>Oikopleura cophocerca</i>	X	X	X			X	X				X



Tabela 16: Táxons muito frequentes (FO>70%) nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Fluminense (considerados apenas espécies).

Táxon/Campanha	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2019	2020	2021
<i>Oikopleura fusiformis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
<i>Oikopleura intermedia</i>				X	X		X	X	X		X
<i>Oikopleura longicauda</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Oikopleura rufescens</i>	X	X	X	X	X	X	X		X		
<i>Oithona plumifera</i>		X		X							X
<i>Oithona similis</i>		X	X							X	X
<i>Oncaea media</i>	X										
<i>Oncaea sp.1</i>										X	X
<i>Oncaea spp.</i>									X	X	X
<i>Oncaea venusta</i>	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
<i>Oncaea venusta venella</i>										X	X
<i>Paracalanus aculeatus</i>				X							
<i>Paracalanus spp.</i>									X	X	X
<i>Parasagitta friderici</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Parasagitta tenuis</i>							X	X			X
<i>Penilia avirostris</i>										X	X
<i>Pleuromamma abdominalis</i>		X				X					X
<i>Pseudevadne tergestina</i>						X			X		X
<i>Pseudosagitta lyra</i>	X										
<i>Pterosagitta draco</i>	X	X	X			X	X				X
<i>Sagitta helenae</i>									X		
<i>Salpa fusiformis</i>							X				
<i>Serratosagitta serratodentata</i>	X			X	X	X	X		X	X	X
<i>Solenocera sp.</i>					X						
<i>Temora stylifera</i>	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Temora turbinata</i>					X			X		X	X
<i>Triconia conifera</i>	X	X	X	X	X	X		X	X		
<i>Triconia conifera</i>		X		X					X		X
<i>Undinula vulgaris</i>	X	X	X	X	X	X	X	X		X	



5.5.2.1. Análise Quantitativa

A densidade do zooplâncton oscilou entre 299,11 ind.m⁻³ (estação 1) e 8247,56 ind.m⁻³ (estação 10), com densidade média e desvio padrão iguais a 2.033,36 ind.m⁻³ e 3.475,91 ind.m⁻³ respectivamente. O elevado desvio padrão está potencialmente relacionado à alta densidade obtida na estação 10, que acabou por gerar uma grande amplitude dos resultados (**Figura 53**). A presente campanha apresentou o maior resultado para densidade máxima, contudo este panorama não se repetiu no que tange ao mínimo, conforme aconteceu para a campanha passada (17ª – 2020) (**Tabela 17**).

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). O fato de a estação controle ter obtido valores de densidade tão superiores poderia ser indicativo da influência do descarte de água produzida da FPSO, contudo crê-se que este não seja o caso, uma vez que não houve indicativos disso para o fitoplâncton e ictioplâncton. Destaca-se inclusive que apenas um grupo apresentou tamanha diferença de densidade frente às outras estações, sendo ele o grupo Copepoda.

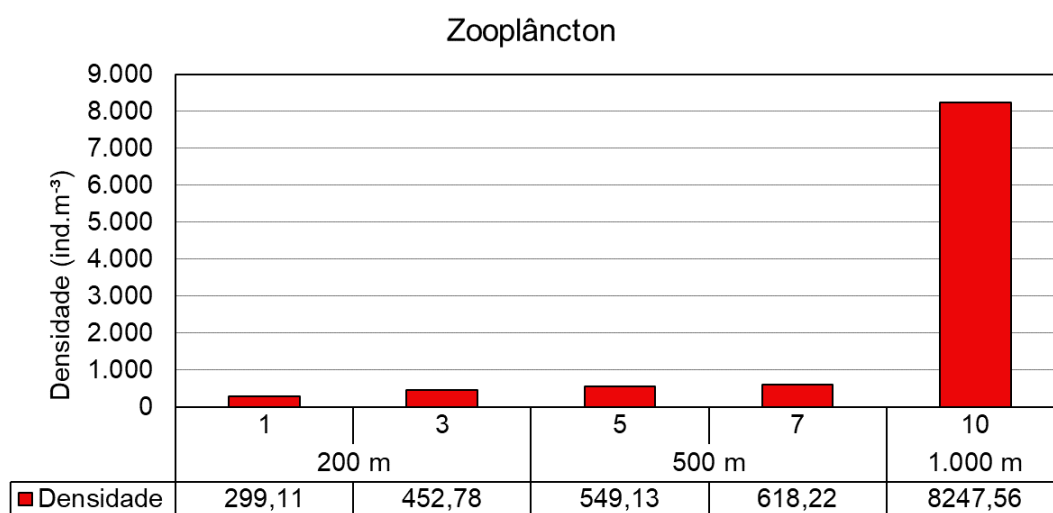


Figura 53: Densidade do zooplâncton nas cinco estações monitoradas durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Tabela 17: Densidade zooplanctônica (ind.m⁻³) registradas nas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno da plataforma FPSO Fluminense.

Campanha	Densidade (ind/m ³)	
	Mín	Máx
2010	210,9	779,8
2011	119,2	400,0
2012	68,0	119,4
2013	245,5	1407,1
2014	251,3	1263,4



Tabela 17: Densidade zooplanctônica (ind.m⁻³) registradas nas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno da plataforma FPSO Fluminense.

Campanha	Densidade (ind/m ³)	
	Mín	Máx
2015	534,3	1028,6
2016	256,8	7579,8
2017	675,5	947,8
2019	236,1	821,3
2020	656,9	5.092,5
2021	299,1	8.247,6

Em relação à distribuição taxonômica, o grupo dos Copepoda foi o mais abundante, contribuindo com 97,02% da abundância observada em toda a campanha. Os outros grupos que contribuíram com mais de 0,2% para a campanha foram, da maior contribuição para a menor, Appendicularia (1,28%), Chaetognatha (0,58%), Branchiopoda (0,48%) e Mollusca (0,28%). A categoria “Outros”, que engloba os táxons com CR <0,02% contribuíram com 0,4% do total. A distribuição dos táxons apresentou baixa variabilidade entre as estações, à exceção da estação 10, com o grupo Copepoda. Destaca-se a grande contribuição deste grupo em todas as estações amostradas, correspondendo a mais de 84% em todas elas (**Tabela 18 e Figura 54**).

Tabela 18: Densidade zooplanctônica total e por grupos (com participação >1%) (ind.m⁻³) durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Distância	Estação	Mollusca	Branchiopoda	Copepoda	Chaetognatha	Appendicularia	Outros (<0,2%)	Total
200 m	1	0,54	1,11	268,03	8,46	16,59	4,37	299,11
	3	6,07	2,53	382,38	18,05	33,76	10,00	452,78
500 m	5	0,39	8,68	517,94	8,46	7,80	5,86	549,13
	7	0,60	9,20	573,35	10,25	16,95	7,87	618,22
1.000 m	10	20,99	27,05	8121,93	13,40	54,60	9,59	8247,56
Mínimo		0,39	1,11	268,03	8,46	7,80	4,37	299,11
Máximo		20,99	27,05	8121,93	18,05	54,60	10,00	8247,56
Média		5,72	9,71	1972,72	11,72	25,94	7,54	2033,36
Desvio Padrão		8,87	10,34	3439,57	4,07	18,58	2,41	3475,91

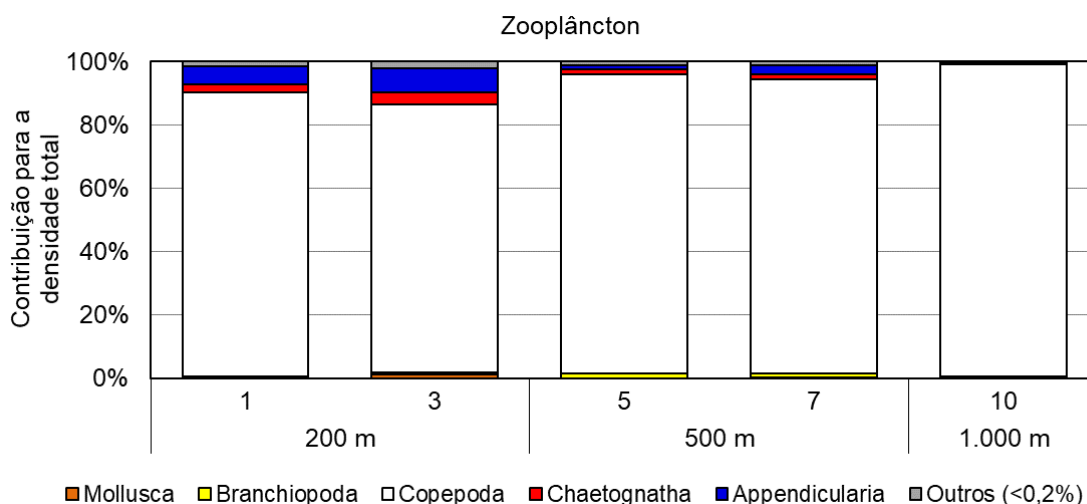


Figura 54: Abundância relativa (%) dos grupos dominantes coletados nas cinco estações monitoradas durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Os copépodes identificados na atual campanha estiveram distribuídos em 14 famílias, das quais as mais abundantes foram Calanidae, Clausocalanidae, Temoridae, Oithonidae e Oncaeidae. Ocorreram ainda as famílias Calanoida, Candaciidae, Centropagidae, Euchaetidae, Lucicutiidae, Metridinidae, Phaennidae, Paracalanidae, Scolecitrichidae e Miraciidae, porém com contribuições inferiores a 3%, de forma que foram agrupadas como “outros” na **Figura 55**. As espécies com maiores densidades foram *Temora turbinata*, *Clausocalanus furcatus*, *Triconia* cf. *conífera*, *Oncaea venusta*, *Nannocalanus minor*, *Temora stylifera*, *P.-Calanus* sp., (**Tabela 19**). 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).

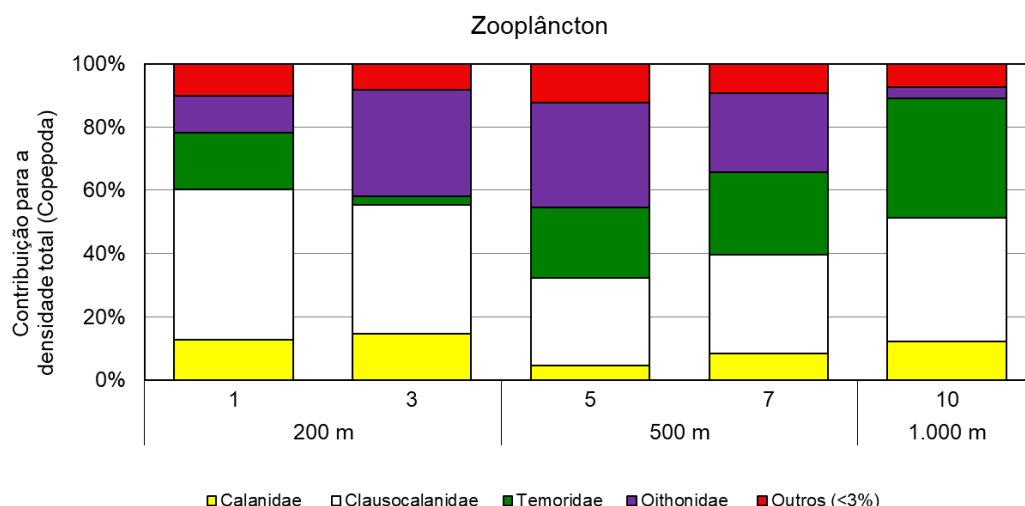


Figura 55: Abundância (%) dos copépodes dominantes coletados nas cinco estações monitoradas durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Tabela 19: Táxons de maior densidade na comunidade zooplancônica coletada durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Táxon		Densidade (ind.m ⁻³)
Copepoda	<i>Temora turbinata</i>	2003,04
	Clausocalanidae	1457,89
	<i>Clausocalanus furcatus</i>	1344,66
	<i>Triconia cf. conifera</i>	1052,62
	<i>Oncaea venusta</i>	489,09
	<i>Nannocalanus minor</i>	438,73
	<i>P.-Calanus sp.</i>	361,45
	<i>Temora stylifera</i>	348,45
	Calanidae	279,90
	<i>Oithona spp.</i>	228,08

5.5.2.2. Estrutura da Comunidade

Os valores do índice de diversidade nas estações da atual campanha variaram entre 2,55 (estação 10) e 3,09 bits.ind⁻¹ (estação 3), com média de 2,97 bits.ind⁻¹ (DP – 0,23 bits.ind⁻¹). Os valores de equitabilidade variaram de 0,63 (estação 10) a 0,74 (estações 1, 3, 5 e 7), com média e desvio-padrão iguais a 0,72 e 0,05, respectivamente (**Figura 56**).

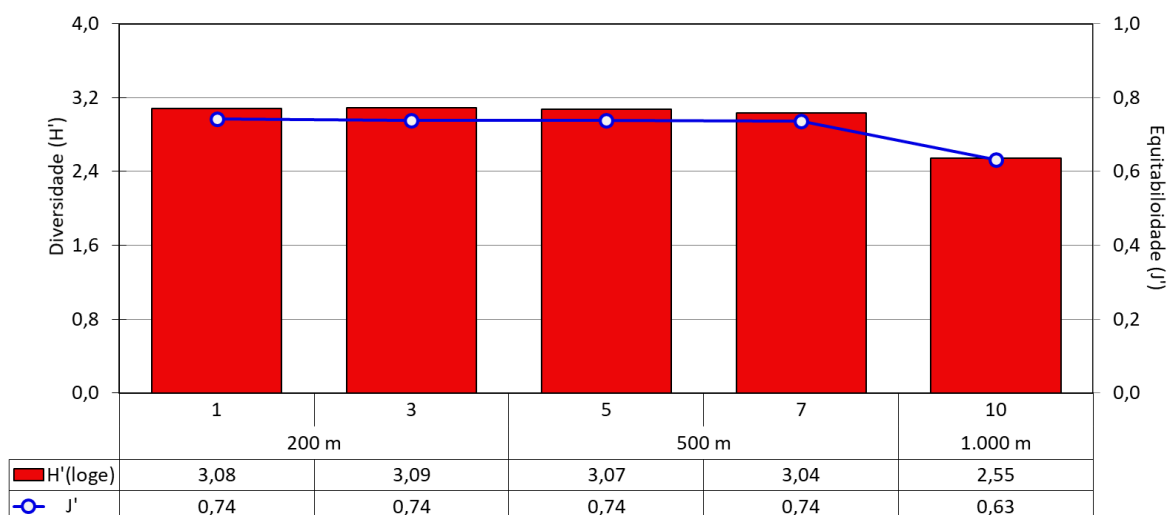


Figura 56: Índice de diversidade e de equitabilidade da comunidade zooplancônica das cinco estações monitoradas na 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Na **Tabela 20**, 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 20: Valores de diversidade e equitabilidade da comunidade zooplancônica nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Fluminense.

Índice / Campanhas	Diversidade (bits.ind ⁻¹)		Equitabilidade	
	Mín	Máx	Mín	Máx
2010	3,75	4	0,73	0,77
2011	4,04	4,72	0,78	0,85
2012	3,78	4,88	0,74	0,86
2013	3,61	4,33	0,75	0,81
2014	2,55	3	0,62	0,69
2015	1,24	2,57	0,29	0,62
2016	1,98	2,71	0,52	0,68
2017	2,93	3,11	0,57	0,72
2019	3,54	4,53	0,61	0,75
2020	2,77	2,89	0,70	0,72
2021	2,55	3,09	0,63	0,74

A análise de agrupamento mostrou a formação de dois clados, sendo um formado pelas estação 10 e o outro pelas demais estações (1, 3, 5 e 7). Comparando estes dois grupos, o primeiro apresentou o maior valor de densidade, a menor riqueza. Além disso, a estação 5 também foi a que apresentou a maior contribuição do grupo Copepoda (correspondeu a 98% da densidade da estação). Destaca-se que para os resultados do zooplâncton parece haver agrupamento por raios de coleta, uma vez que as estações 1 e 3 (a 200 m da FPSO) e as estações 5 e 7 (a 500 m da FPSO) formaram grupos com quase 80% de similaridade (**Figura 57**). Ressalta-se que o mesmo não foi observado para as comunidades fitoplancônicas e



ictioplanctônicas. É importante salientar que a estação 10 foi a que apresentou os menores valores de índices biológicos.

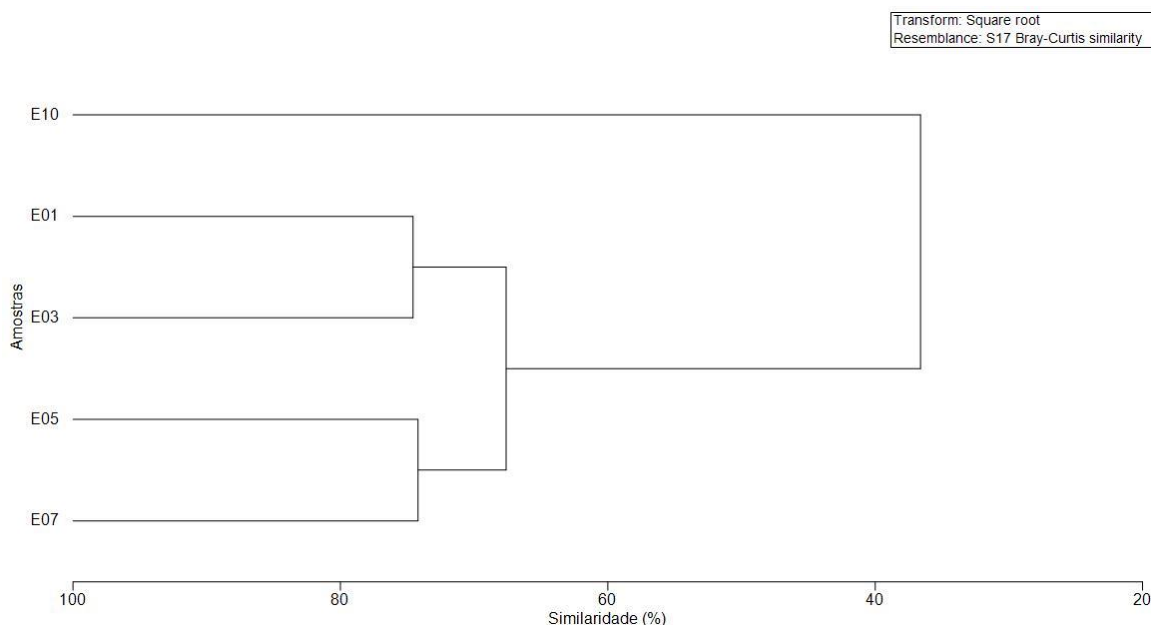


Figura 57: Análise de agrupamento das amostras através do índice de similaridade de Bray-Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

5.5.3. Ictioplâncton

5.5.3.1. Caracterização da comunidade

Na atual campanha de monitoramento realizada no campo de Bijupirá e Salema a identificação taxonômica compreendeu 52 táxons, distribuídas em 30 famílias, 13 gêneros e 22 espécies de larvas de peixes. As larvas de peixe encontradas se distribuíram em 17 ordens distintas, são elas: Anguilliformes, Clupeiformes, Stomiiformes, Aulopiformes, Myctophiformes, Gadiformes, Ophidiiformes, Kurtiformes, Gobiiformes, Mugiliformes, Carangiformes, Pleuronectiformes, Scombriformes, Labriformes, Perciformes, Scorpaeniformes, e Tetraodontiformes.

Na campanha realizada em 2018 (8ª campanha) não foi realizado o arrasto de ictioplâncton, devido a condições meteoceanográficas adversas. Entre 2010 e 2020 foram observadas, respectivamente 25, 12, 21, 26, 36, 10, 20, 30, 31 e 30 famílias. A diferença observada no número de famílias de larvas de peixes pode estar relacionada a fatores sazonais.

A **Figura 58** 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. As famílias Myctophidae, Phosichthyidae e Serranidae estiveram entre o maior número de táxons – 5 táxons cada, seguidas das famílias , Gobiidae, Carangidae, Scaridae, com dois



táxons cada e por Paralichthyidae e Ophidiidae, com um táxon cada. O grupo “outros” contribuiu com 5 táxons. 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)

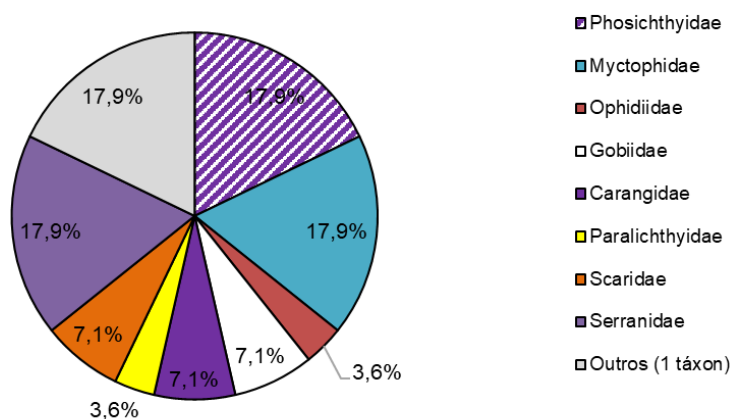


Figura 58: Contribuição percentual do número de táxons por grupos do ictioplâncton durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Os ovos de peixe observados foram identificados no nível de espécie (Família Sternoptychidae -*Maurolicus stehmanni*), embora na estação 10 tenha-se obtido também o resultado de “Não identificado”. Os resultados por estação encontram-se indicados na **Figura 60** e salientar que a identificação de ovos é dificultada pela pouca literatura de referência, no entanto, alguns ovos possuem características muito particulares possibilitando a identificação. Nas campanhas anteriores, no entorno do FPSO Fluminense já foram registrados ovos de Anguilliformes, Clupeidae, *Maurolicus stehmanni*, Synodontidae, Trichiuridae e Beloniformes.

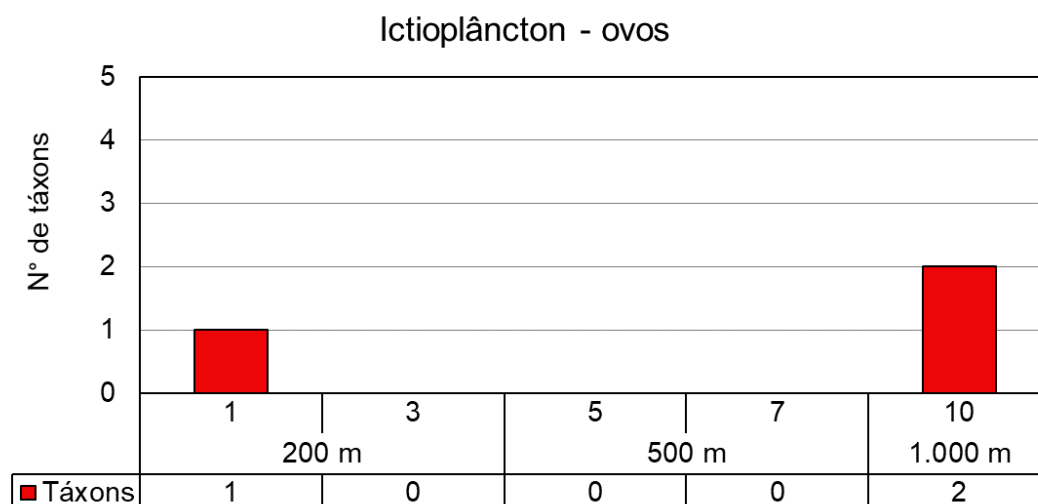


Figura 59: Número de táxons de ovos em cada estação durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Em relação à distribuição espacial dos táxons de larvas identificados, foram identificados entre 13 táxons (estação 5) e 24 táxons (estação 1). É possível notar que há diferenças entre o número de táxons de larvas identificados em cada estação não sendo possível estabelecer qualquer tipo de relação entre as distâncias ou influência do FPSO sobre a distribuição do número de táxons (**Figura 60**).

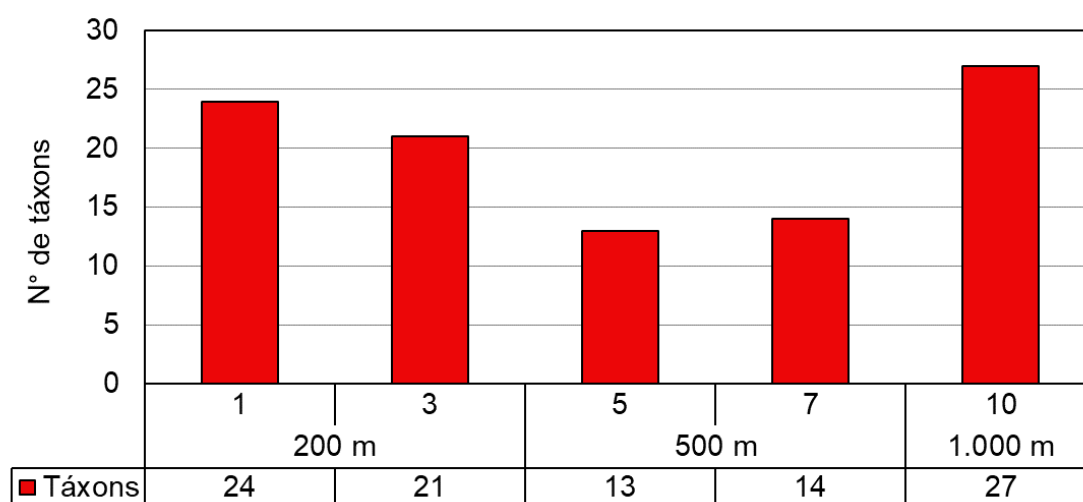


Figura 60: Número de táxons em cada estação no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

A análise da frequência de ocorrência mostra que entre os 52 táxons identificados, a maioria se apresentou como pouco frequente (apenas uma amostra, FO abaixo de 40%), totalizando 31 táxons (60% do total). Cinco táxons (23%) foram tidos como frequentes (de 2 a 3 amostras, FO entre 40 e 70%). Nove táxons (17%) foram muito frequentes (4 a 5 amostras, FO >70%).



Na **Tabela 21** são apresentados os nove táxons que foram classificados como muito frequentes. Dentre as espécies nessa categoria destaca-se *Maurolicus stehmanni* (Sternoptychidae), encontrada em todas as amostras, sendo esta espécie recorrente entre as campanhas de monitoramento.

Tabela 21: Táxons do ictioplâncton (larvas de peixe) muito frequentes (FO>70%) das amostras durante a atual campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Família	Táxons/Estação	FO
Engraulidae	Engraulidae	100%
Sternoptychidae	<i>Maurolicus stehmanni</i>	100%
Bregmacerotidae	<i>Bregmaceros atlanticus</i>	100%
Serranidae	<i>Serranus</i> sp.	100%
-	Não identificadas	100%
Phosichthyidae	<i>Vinciguerrria nimbaria</i>	80%
Myctophidae	Myctophidae	80%
Myctophidae	<i>Diaphus</i> spp.	80%
Mullidae	<i>Upeneus parvus</i>	80%

5.5.3.1. Análise Quantitativa

Ovos de peixe foram encontrados em duas cinco estações amostradas (1 e 10), tendo como menor valor de densidade 1,07 (estação 10) e 1,24 ovos.100m⁻³ (estação 1. 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/100m³, respectivamente, incluindo valor mínimo igual a zero ovos.100m⁻³ nas duas estações do ano. Já Franco; Muelbert (2003) encontraram abundância de ovos variando entre 0,08 e 0,71 ovos.100m⁻³ na quebra da plataforma do Sul do Brasil, com valor médio igual a 0,16 ovos.100m⁻³. Logo, os valores da abundância de ovos de ictioplâncton observadas na atual campanha revelam um padrão natural, não podendo estar associada a possíveis mudanças provenientes do descarte de água produzida pelo FPSO Fluminense (**Figura 61**) .

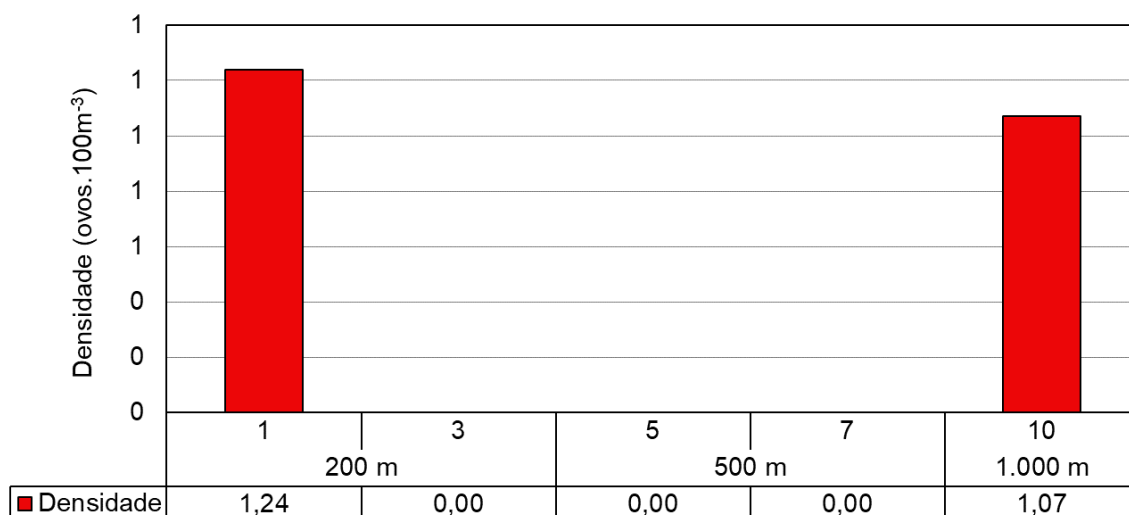


Figura 61: Densidade de ovos de peixes (ovos.100m⁻³) coletados no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

As densidades de larvas de peixes variaram de 16,80 larvas.100m⁻³ (estação 5) a 39,22 larvas.100m⁻³ (estação 3), conforme a **Figura 62**. Não foi possível observar um padrão de distribuição em relação ao ponto de descarte do FPSO, visto que a estação 3, localizada no raio de 200 m apresentou valores acima e abaixo do verificado na estação 10, considerada controle. Além disso, a estação 5, no raio de 500 m, apresentou menor densidade que a estação 1, mais próxima à FPSO.

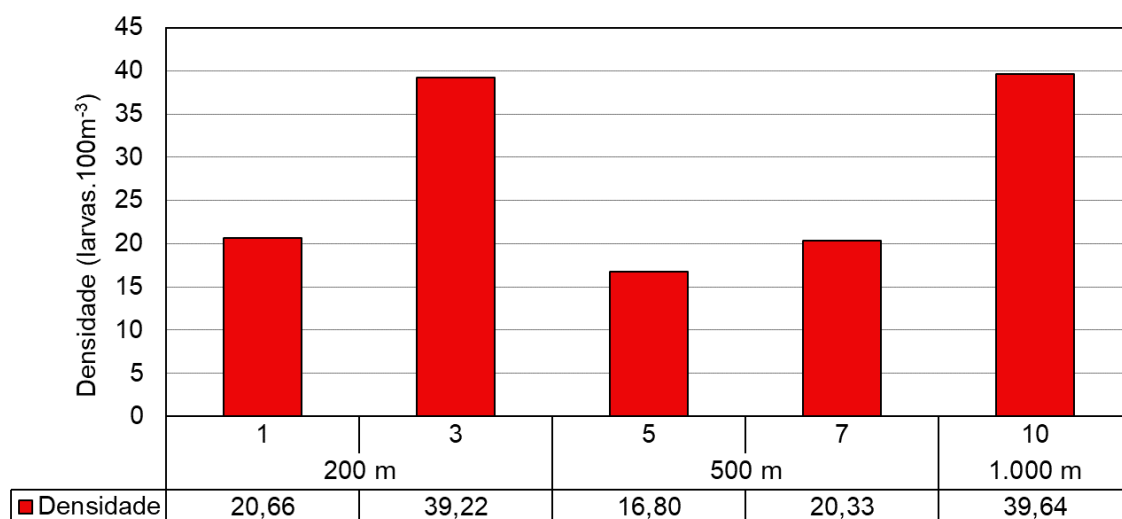


Figura 62: Densidade de larvas de peixes (larvas.100m⁻³) coletados no entorno do FPSO Fluminense durante a 17ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

A **Tabela 22** resume a abundância de ovos e larvas do ictioplâncton observadas nas campanhas realizadas ao longo do Monitoramento Ambiental no campo de Bijupirá e Salema. Os valores de densidades de ovos de peixe oscilaram bastante ao longo das campanhas de



monitoramento, indo desde valores mínimos de zero ovos.m⁻³ (2011, 2012, 2014 e 2016) até valores máximos de 700,88 ovos.m⁻³ (2017). Estas oscilações são comuns na comunidade planctônica, que pode ser influenciada por diversos fatores, como hidrodinâmica, sazonalidade e períodos reprodutivos específicos (LOPES, 2006). Quanto às densidades de larvas de peixe, os resultados ao longo das campanhas oscilaram menos que a densidade de ovos, apresentando ordens de grandeza similares, com os resultados da presente campanha próximos aos obtidos em 2010 e 2015.

Tabela 22: Densidade das larvas e ovos do ictioplâncton encontrados ao longo das campanhas do Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema.

Campanha	Densidade de Larvas (larvas.m ⁻³)		Densidade de Ovos (larvas.m ⁻³)	
	Mín	Máx	Mín	Máx
2010	10,85	33,55	2,19	22,86
2011	7,46	21,13	0	6,67
2012	8,83	46,7	0	4,03
2013	46,94	204,59	23,83	106,88
2014	24,84	65,15	0	1,47
2015	20,82	32,38	5,61	44,91
2016	6,25	16,56	0	4,16
2017	57,82	81,77	307,44	700,88
2019	10,4	21	0	47,91
2020	5,87	28,45	0,35	15,61
2021	16,80	39,64	0,00	1,24

A **Tabela 23** e **Figura 63** mostram a distribuição espacial das famílias mais abundantes, onde a categoria “outros” engloba as famílias que apresentaram contribuição para a campanha inferior à 3%. Considerando o panorama geral, as famílias que mais contribuíram para a densidade foram Sternoptychidae e Myctophidae, respectivamente, com percentuais combinados indo desde 23,39% - estação 10, até 57,14% - estação 5. Este cenário não prevaleceu para a estação 7, onde as famílias de maior densidade foram Sternoptychidae e Engraulidae, com 42,45% e 17,46%, respectivamente). Na estação 3 maior contribuição foi da família Myctophidae, com 20,27%. A família Sternoptychidae apresentou-se com maior expressividade nas estações 5 e 7. De maneira geral percebe-se que houve certo equilíbrio ao considerar as contribuições de todas as famílias ao longo das estações.

Tabela 23: Densidade de larvas de peixes (larvas.100m⁻³) por família em cada estação no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Família	Distância					Mín.	Máx.	Média	Desvio Padrão
	200 m		500 m		1.000 m				
	1	3	5	7	10				
Engraulidae	1,24	7,42	1,44	3,55	6,78	1,24	7,42	4,09	2,91



Tabela 23: Densidade de larvas de peixes (larvas.100m⁻³) por família em cada estação no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Família	Distância					Mín.	Máx.	Média	Desvio Padrão
	200 m		500 m		1.000 m				
	1	3	5	7	10				
Sternoptychidae	3,73	6,89	7,20	8,63	3,21	3,21	8,63	5,93	2,35
Phosichthyidae	1,65	1,06	0,48	0,51	2,50	0,48	2,50	1,24	0,85
Myctophidae	3,72	7,95	2,40	0,51	6,06	0,51	7,95	4,13	2,94
Bregmacerotidae	1,66	1,59	0,48	1,02	2,50	0,48	2,50	1,45	0,76
Mugilidae	0,00	0,00	0,00	0,51	4,64	0,00	4,64	1,03	2,03
Ariommatidae	1,66	3,18	0,00	0,00	1,43	0,00	3,18	1,25	1,33
Mullidae	0,83	0,00	1,92	0,51	2,50	0,00	2,50	1,15	1,03
Serranidae	2,06	1,06	0,48	1,52	2,50	0,48	2,50	1,52	0,80
Não identificadas	1,24	3,71	1,44	0,51	2,14	0,51	3,71	1,81	1,21
Outros (<3%)	2,87	6,36	0,96	3,06	5,38	0,96	6,36	3,73	2,15

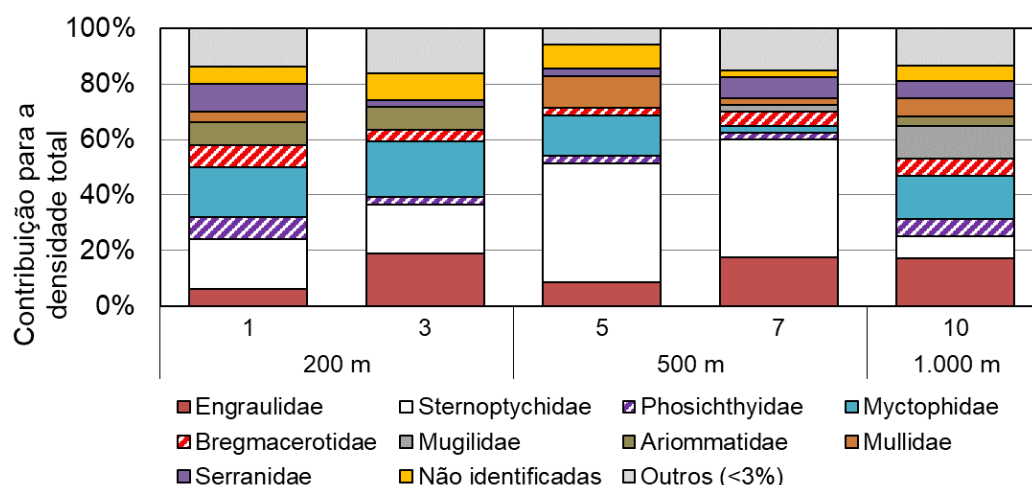


Figura 63: Percentual de larvas de peixes (%) no entorno do FPSO Fluminense durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

5.5.3.2. Estrutura da Comunidade

Os valores de diversidade e equitabilidade variaram entre 2,00 (estação 7) e 2,92 bits.ind⁻¹ (estação 1) e entre 0,76 (estação 7) e 0,92 (estação 1), respectivamente (**Figura 64**). A média para a diversidade foi de 2,48 bits.ind⁻¹ (DP = 0,45) e para equitabilidade foi de 0,84 (DP = 0,07). Os valores de diversidade e equitabilidade se mantiveram similares ao longo das estações, demonstrando que os organismos encontram-se bem distribuídos. Aponta-se que as estações 5 e 7, que apresentaram os menores valores para ambos os índices, foram as que apresentaram maior contribuição de Sternoptychidae.

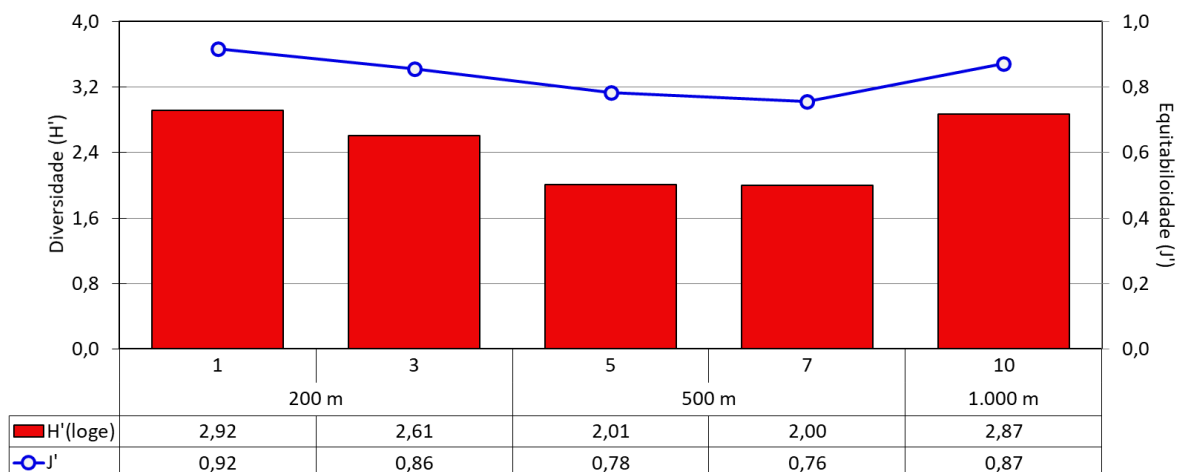


Figura 64: Índice de diversidade e de equitabilidade da comunidade ictioplanctônica das cinco estações monitoradas na 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Para auxiliar a interpretação da estrutura da comunidade ictioplanctônica, foi realizada uma análise de agrupamento através do índice de similaridade de Bray–Curtis, que é apresentada na Figura 65. Houve a formação de dois clados com o menor percentual de similaridade (um pouco mais de 40%), formados pelas estações 3, 1 e 10 frente às estações 5 e 7.

Para as estações 1, 3 e 10 observa-se que apresentaram os maiores n° de táxons, bem como as maiores densidades e os maiores índices biológicos. Já as estações 5 e 7, apresentaram as menores riqueza e densidade, bem como os menores índices. Acredita-se que isto possa estar ligado à maior contribuição da família Sternoptychidae (**Figura 52**). Cabe destacar que as estações apresentaram certa similaridade. É importante ressaltar que a estação controle (10, no raio de 1000 m) apresentou maior similaridade com as estações mais próximas à FPSO Fluminense.

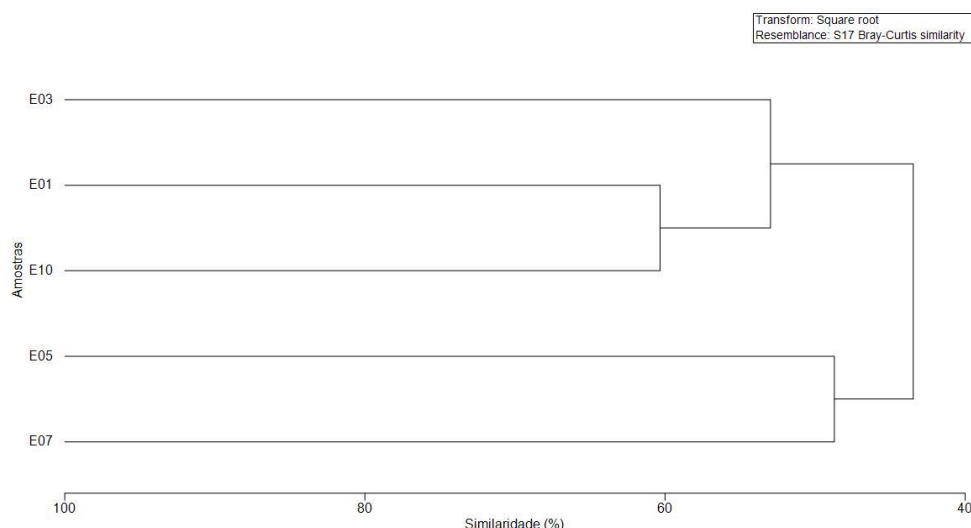


Figura 65: Análise de agrupamento das amostras de ictioplâncton através do índice de similaridade de Bray–Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

5.6. Análise Integrada

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

Ressalta-se que somente os descritores químicos com resultados representativos e acima do limite de quantificação ou detecção foram utilizados nas análises estatísticas subsequentes (**Tabela 24**). Dentre as variáveis biológicas, foram utilizados os resultados de abundância dos organismos identificados.

Tabela 24: Variáveis abióticas e suas respectivas abreviaturas utilizadas na análise integrada dos dados da 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Variáveis	Códigos
Oxigênio Dissolvido	OD
pH	pH
Ferro total	Fe total
Vanádio	V
Arsênio	As
Berílio	Be
Boro	B
Bário	Ba
Cromo	Cr
Selênio	Se
Zinco	Zn



Tabela 24: Variáveis abióticas e suas respectivas abreviaturas utilizadas na análise integrada dos dados da 18ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Variáveis	Códigos
Urânio	U
Alumínio dissolvido	Al diss
Ferro dissolvido	Fe diss
Nitrogênio amoniacal	NH3
Nitrito	NO2
Nitrato	NO3
Carbono Orgânico Total	COT
Fluoreto	F

Para a análise integrada, foram realizadas duas análises, uma considerando apenas os parâmetros físico-químicos, e a outra considerando estes parâmetros e os dados biológicos. Assim, quando se integrou estes resultados, apenas foram considerados os valores das estações 1, 3, 5, 7 e 10. Além disso, foram avaliados os grupos de estações por raio.

Deste modo, considerando os parâmetros abióticos, a análise integrada foi realizada através de análise multivariada. Assim foi aplicada a Análise de Ordenação de Coordenadas Principais (sigla em inglês – PCO), para qual os dois principais eixos representaram apenas 40,75% das diferenças observadas entre as estações e profundidades (**Figura 66**).

Foi observada baixa representatividade nesta análise (<50%), não sendo identificada, de forma clara, uma separação das amostras nos dois planos relacionadas às profundidades de coleta (SUP, ACTC e TC), havendo um espalhamento das amostras no plano das análises, refletindo o observado nos itens 5.1, 5.2 e 5.3, onde, de um modo geral, não foram observadas diferenças entre as estações de coleta para os parâmetros analisados, exceto pH, OD, Be, Ba e Se.

Além disso, quando se aplicou o teste PERMANOVA para identificar se a profundidade, a espacialidade das estações e/ou ambos influenciaram na distribuição das amostras, esses fatores não apresentaram diferença significativa (profundidade: $p = 0,186$; espacialidade: $p = 0,166$; profundidade *versus* espacialidade: $p = 0,866$), indicando assim que do ponto de vista físico-químico tanto a coluna d'água quanto as estações apresentaram características semelhantes.

Assim, considerando os raios de estações, os quais 200 e 500 m representam a zona de mistura e 1.000 m a montante do ponto de lançamento do efluente a área controle, a não identificação de diferença significativa considerando a espacialidade das estações indica que



do ponto de vista estatístico o ambiente é semelhante e o descarte não tem influenciado nas características do ambiente, revelando assim, que a água de produção ao atingir o ambiente marinho, imediatamente, sofre um processo de diluição e dispersão, não alterando de modo significativo as características da água no entorno do FPSO Fluminense.

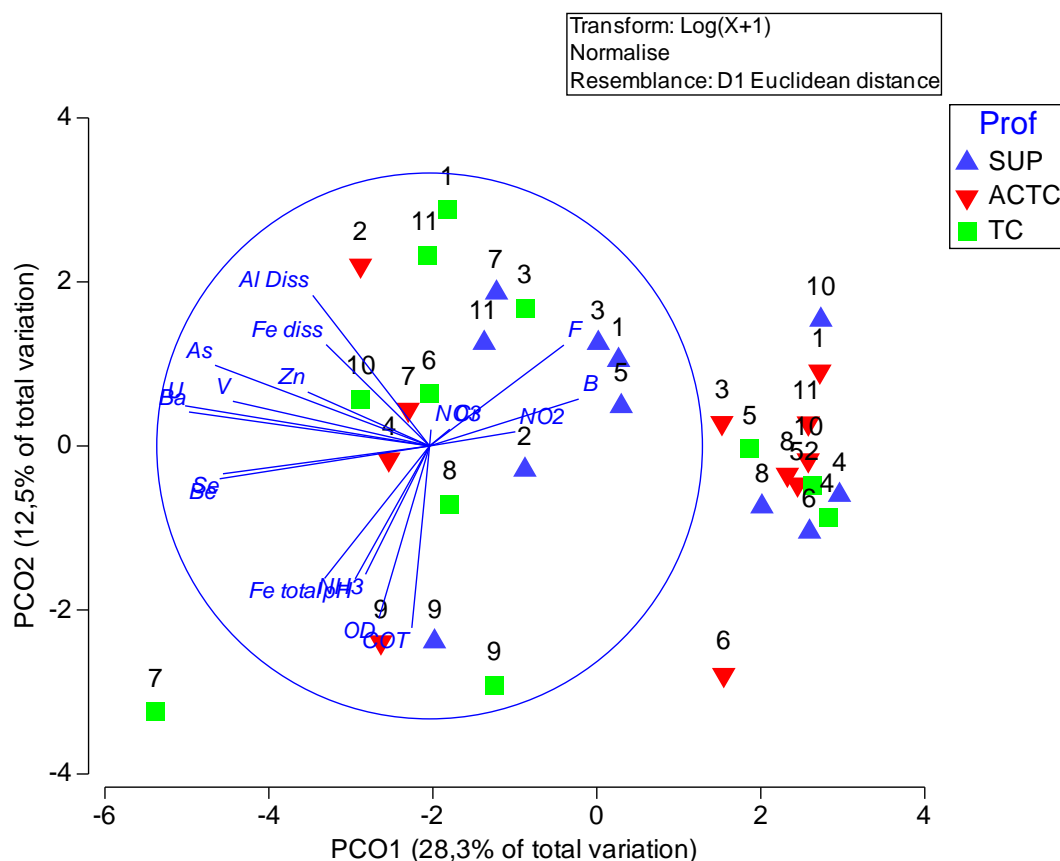


Figura 66: Análise de Ordenação de Coordenadas Principais (PCO) aplicada aos dados físico-químicos com resultados representativos e acima do limite de quantificação ou detecção.

Realizando a análise integrada a partir dos resultados de abundância da comunidade planctônica, primeiramente foi feita a análise de nMDS (**Figura 67**). O stress de 0,07 indicou uma distribuição dos dados em duas dimensões não tão representativa, não sendo possível observar três grupos correspondentes às profundidades de SUP, ACTC e TC, com amostras se misturando entre os grupos. Além disso, não foi possível verificar uma discriminação entre os raios de estação.

Adicionalmente, a “análise de bolhas” incluída ao nMDS, considerando a espécie de microfitoplâncton mais abundante observada nesta campanha (Gymnodiniales 3A), também não conseguiu discriminar os grupos de amostras tanto por profundidade de coleta quanto por estação, indicando os fatores de estrato de coleta e espacialidade não foram determinantes para agrupar as amostras, demonstrando maior semelhança entre as mesmas.

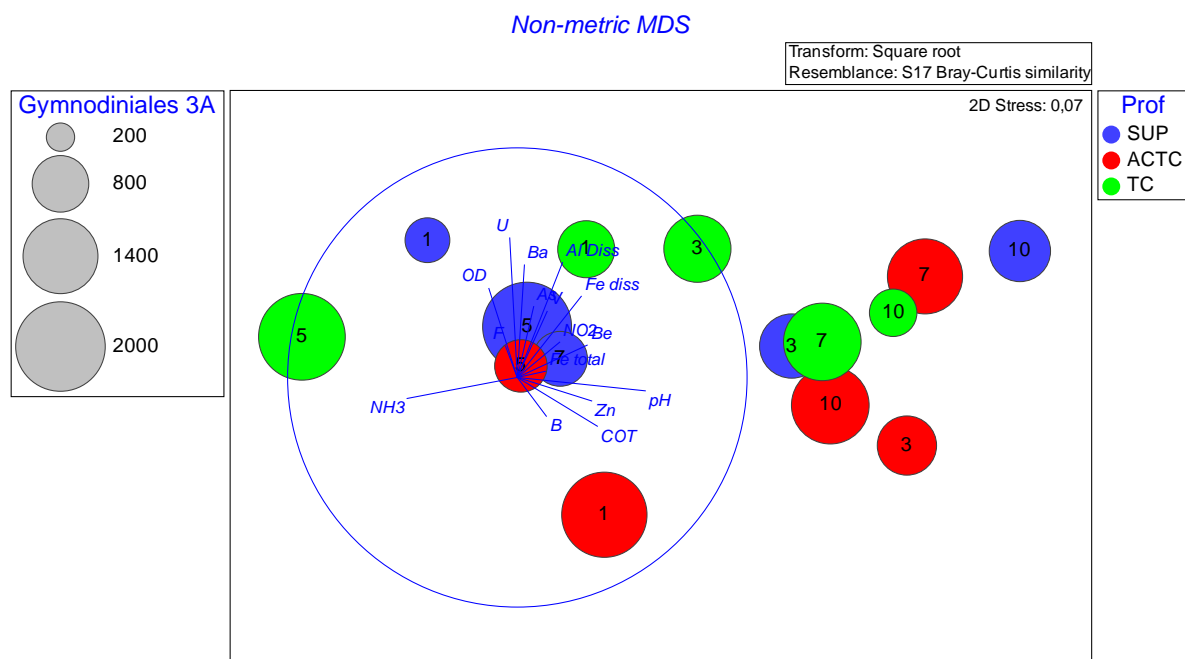


Figura 67: Análise n-MDS aplicada aos resultados de abundância da comunidade planctônica e dados físico-químicos.

Aplicando a análise de PCO para os dados biológicos, os dois principais eixos representaram 70,91%, sendo possível observar um espalhamento das amostras no plano (**Figura 68**). Quando se aplicou o teste PERMANOVA para identificar se os fatores profundidade, espacialidade das estações e/ou ambos influenciaram na distribuição das amostras, assim como verificado para os dados abióticos, nenhum dos três fatores indicaram diferenciação significativa das amostras (profundidade: $p = 0,738$; espacialidade: $p = 0,211$; profundidade *versus* espacialidade: $p = 0,883$), indicando assim que do ponto de vista biótico não foi observada diferença significativa tanto entre as estações quanto entre estratos.

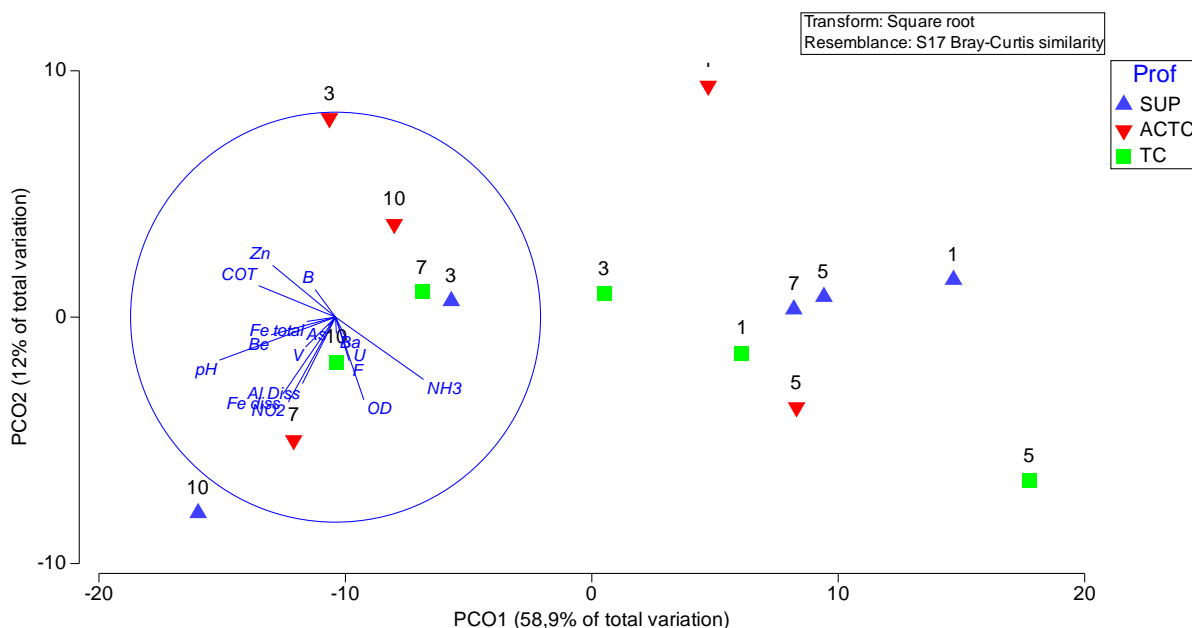


Figura 68: Ordenação de Coordenadas Principais (PCO) aplicada aos dados da comunidade planctônica e físico-químicos.

A análise de BIOENV, que objetiva indicar quais parâmetros melhor contribuíram no comportamento dos dados biológicos, indicou que pH, V, B, Fe dissolvido e nitrogênio amoniacal tenderam a influenciar na comunidade biológica.

Por outro lado, realizando as análises de relação (disLM, **Tabela 25**) entre os parâmetros abióticos pH, OD, Fe total, V, As, Be, B, Ba, Zn, U, Al diss, Fe diss, nitrogênio amoniacal, nitrito, COT e fluoreto, apenas pH apresentou relação no comportamento dos resultados da abundância da comunidade planctônica, porém sem uma relação direta entre as profundidades de coleta e raios de amostragem. Deste modo, os resultados estatísticos observados não indicaram, de um modo geral, que os fatores físico-químicos, especialmente aqueles que podem ser considerados poluentes, têm influência direta na comunidade fitoplanctônica da região no entorno do FPSO Fluminense.

Tabela 25: Resultados da análise DISTLM. Valores em negrito indicam correlações significativas (<0,05).

Variáveis	Pseudo-F	p
pH	3,2664	0,0360
OD	0,6613	0,6020
Fe total	0,4297	0,9210
V	0,8331	0,4520
As	0,4169	0,8360
Be	1,1073	0,3360
B	0,2479	0,9410
Ba	0,5140	0,7220

**Tabela 25: Resultados da análise DISTLM. Valores em negrito indicam correlações significativas (<0,05).**

Variáveis	Pseudo-F	p
Zn	1,1824	0,2890
U	0,6446	0,5770
Al diss	0,5920	0,6320
Fe diss	0,9637	0,3770
NH3	2,4261	0,0570
NO2	0,9973	0,3560
COT	1,3401	0,2470
F	0,3570	0,9220

6. CONCLUSÃO

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

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

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

Como indicativo da boa qualidade da água na área estudada, cita-se a não verificação de diversos contaminantes com potencial nocivo à biota, como o cianetos, HPA, HTP, BTEX, índice de fenóis, óleos e graxas, surfactantes, PCB's, tributilestanho, além dos metais cádmio, cobre total e dissolvido, mercúrio e prata. Dos demais metais analisados, de um modo geral, estes estiveram abaixo dos limites máximos estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1, bem como com o observado nas campanhas anteriores.



Apenas o boro ultrapassou, em três amostras, o limite máximo estabelecido por esta resolução. Por outro lado, concentrações de boro acima do preconizado na legislação também podem ocorrer de forma natural no ambiente, conforme mostra dados secundários da região, onde concentrações de boro superiores a 5 mg.L^{-1} já haviam sido reportadas por Petrobras (2013) nos resultados do Projeto de Caracterização Regional da Bacia de Campos (PCR-BC). Além disso, a campanha de 2019 e de 2020 do presente PMA também detectou concentrações de até 5,90 e 5,23 mg.L^{-1} , respectivamente.

Ressalta-se que a ausência de efeito nocivo à biota foi ratificada pelos resultados dos testes de ecotoxicidade, que não demonstraram efeito crônico ou agudo. Os resultados de radioisótopos demonstraram concentrações abaixo do limite de quantificação do método tanto para ^{226}Ra quanto para ^{228}Ra . A não quantificação reportada para a atual campanha é um cenário comum verificado ao longo do monitoramento.

Quanto à análise da comunidade planctônica no entorno do FPSO, observou-se resultados condizentes para a área de estudo, indicando não estar sofrendo nenhuma alteração/impacto relacionada com o descarte de água produzida. Para o microfitoplâncton observou-se dominância de diatomáceas, dinoflagelados, e os cocolitoforídeos, destacando-se a maior presença de diatomáceas na atual campanha, condizentes com regiões mais ricas em nutrientes da Bacia de Campos. No que tange ao nanoplâncton foram identificados cinco táxons: Diatomácea, Dinoflagelado, Cianobactéria, Cocolitoforídeo e Nanoplâncton não identificado. 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 18ª Campanha de Monitoramento do campo de Bijupirá e Salema indicou que a qualidade da água no entorno do FPSO Fluminense não demonstra alteração (variação) diretamente associada às atividades da unidade. Os resultados discutidos foram condizentes ao ambiente oceânico e, em geral, similares às campanhas anteriores e também aos obtidos em outros estudos da bacia de Campos.



Tabela 26: Avaliação dos Objetivos, Metas, Indicadores e Resultados do PMA.

Objetivo	Meta	Indicadores	Resultados
<p>- Verificar <i>in situ</i> o impacto do descarte de água produzida, considerando o prognóstico de modelagem matemática e a avaliação de impactos ambientais do EIA;</p> <p>- Verificar o atendimento à CONAMA nº393/07 no que se refere ao enquadramento como “Águas Salinas Classe 1” da água do mar no entorno do FPSO Fluminense.</p>	<p>Garantir a qualidade de água no entorno do FPSO Fluminense, após a zona de mistura, atende ao enquadramento como Águas Salinas – Classe 1 de acordo com os limites definidos pelas resoluções CONAMA 357/05 e 393/07, e que eventuais parâmetros que excedam esses limites, não tenham origem no descarte de água produzida do FPSO Fluminense.</p>	<p>Alterações na qualidade da água, apresentadas pelos parâmetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Físico-químicos (temperatura, salinidade, pH e oxigênio dissolvido); - Inorgânicos (nutrientes, cloro residual, sulfetos, cianetos, fluoretos, radioisótopos e metais); - Orgânicos (COT, surfactantes, PCB's, TBT, óleos e graxas, fenóis, HPA's e HTP's); - Testes de Toxicidade 	<ul style="list-style-type: none"> - 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. - A análise de nutrientes demonstrou características de regiões oligotróficas, como esperado para áreas oceânicas; - Dos metais analisados, apenas três concentrações de boro apresentaram concentrações acima do limite estabelecido pela CONAMA 357/05; - Não foram detectadas concentrações efetivas dos compostos orgânicos surfactantes, HPA, HTP, PCB's, BTEX, índices de fenóis, óleos e graxas; - Não foram evidenciados efeitos agudos e crônicos nos testes de toxicidade; - De um modo geral, não foi evidenciado alteração ambiental no entorno do FPSO em função das atividades de descarte de água produzida.
		<p>Alterações na estrutura e composição planctônica, através de parâmetros como composição, riqueza, densidade e índices de diversidade dos táxons da comunidade.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - A composição planctônica encontrada foi típica da região oceânica monitorada; - A riqueza taxonômica e os índices de diversidade e equitabilidade apresentaram valores condizentes com os dados pretéritos do monitoramento.



7. EQUIPE

A equipe técnica responsável pela elaboração deste Relatório é apresentada na **Tabela 27**.

Tabela 27 - 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	



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS.

Boletim da Produção de Petróleo e Gás Natural, 2021. Disponível em:

[https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins-](https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins-anp/bmp/2021/2021_12_boletim.pdf)

[anp/bmp/2021/2021_12_boletim.pdf](https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins-anp/bmp/2021/2021_12_boletim.pdf) APHA, AWWA, AEF, 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21st ed. Washington, DC. Acesso em: Fevereiro, 2022.

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.

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 Baía 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 Baía de Campos*. Disponível em: <http://www.biologia.ufrj.br/LIZI/>. Acessado em: junho de 2014.



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

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

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

BRETAS, E., 2011. Avaliação toxicológica da água produzida de uma plataforma off shore de gás natural. *Revista Ceciliansa* 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_2 Fixation Rate Measurements In Marine Oscillatoria (*Trichodesmium*) *J. Plank. Res.*, 9: 1047-1056

CASTRO, B. M., MIRANDA, L. B. PHYSICAL OCEANOGRAPHY OF THE WESTERN ATLANTIC CONTINENTAL SHELF LOCATED BETWEEN 4°N AND 34°S COSTAL SEGMENT (4,W). CHAPTER 8. INSTITUTO OCEANOGRÁFICO, UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. *THE SEA*, V. 11, N.1, P. 209-251, 1998.

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

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

CHRÉTIENNOT-DINET, M. J., 1990. *Atlas du phytoplancton Marin. Chlorarachnoiphycées, Chlorophycées, Chrysophycées, Cryptophycées, Euglénophycées, Eustigmatophycées, Prasinophycées, Prymnésiophycées, Rhodophycées et Tribophycées*. 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.
- ESNAL, G.B. 1999. *Appendicularia*. In: BOLTOVSKOY, D. (Ed.) *South Atlantic zooplankton*. Leiden, Backhuys Publishers, p. 1375-1398.
- EYNAUD, F.; GIRAudeau, J.; PICHON, J. J. & PUDSEY, C. J., 1999. Sea-surface distribution of coccolithophores, diatoms, silicoflagellates and dinoflagellates in the South Atlantic Ocean during the late austral summer 1995. *Deep-Sea Research I*, 46: 451-482.
- FAHAY, M.P., 2007. *Early Stages of Fishes in the Western North Atlantic Ocean (Davis Strait, Southern Greenland and Flemish Cap to Cape Hatteras)*. Northwest Atlantic Fisheries Organization. Nova Scotia, Canada. 1696 p.
- FENSOME, R. A.; TAYLOR, F. J. R.; NORRIS, G.; SARJEANT, W. A. S.; WHARTON, D. I. & WILLIAMS, G. L., 1993. *A classification of living and fossil dinoflagellates*. Sheridan Press, Hanover. 350 p.
- FOLT, C.L.; BURNS, C.W. Biological drivers of zooplankton patchiness. *Trends in Ecology & Evolution*, Volume 14, Issue 8, 1 August 1999, Pages 300–305.
- FRAGOSO, M. R.; PELLEGRINI, J. A. C.; ASSIREU, A. T.; DOS SANTOS, F. A.; MARQUES DA CRUZ, L. M. 2008. Caracterização cinemática e estatística dos vórtices na



Bacia Oceânica SE/S do Brasil obtidos por derivadores rastreados por satélite durante a primavera de 2007. Anais do III Congresso de Oceanografia. Fortaleza.

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

FRICKE, R., ESCHMEYER, W. N. & VAN DER LAAN, R. (Eds.), 2021. Eschmeyer's Catalog of Fishes: Genera, species, references. (<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>). Electronic version accessed 14/10/2021.

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

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

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

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

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

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

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

JAHN, R. & KUSBER, W. H. (2005): Reinstatement of the genus *Ceratoneis* Ehrenberg and lectotypification of its type specimen: c. *Closterium* Ehrenberg, *Diatom Research*, 20:2, 295-304

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

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

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

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



- KOMÁREK, J., KAŠTOVSKÝ, J., MAREŠ, J. & JOHANSEN, J.R. 2014. Taxonomic classification of cyanoprokaryotes (cyanobacterial genera) 2014, using a polyphasic approach. *Preslia* 86: 295-335.
- 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 Metereology, 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 Ceara. *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco* 17: 47-66.

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

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

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

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

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

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

REZENDE, C. E.; ANDRADE, L.; SUZUKI, M. S.; TOVAR-FARO, B.; GONZALEZ, A. S. M. & PARANHOS, R. 2006. HIDROQUÍMICA. IN: CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DA REGIÃO CENTRAL DA ZONA ECONÔMICA EXCLUSIVA BRASILEIRA (SALVADOR, BA, AO CABO DE SÃO TOMÉ, RJ) / JEAN LOUIS VALENTIN, ORGANIZADOR. BRASÍLIA: 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 Fluminense*. Relatório Técnico. 107 p.
- SHELL/AECOM. 2011b. *Relatório Final da 8ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo De Parque Das Conchas – FPSO Fluminense*. Relatório Técnico. 107 p.
- SHELL/AECOM. 2013. *Relatório da 9ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Bijupirá e Salema – FPSO Fluminense*. Relatório Técnico. 91p.
- SHELL/AECOM. 2014. *Relatório da 10ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Bijupirá e Salema – FPSO Fluminense*. Relatório Técnico. 116p.
- SHELL/AECOM. 2015. *Relatório da 11ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Bijupirá e Salema – FPSO Fluminense*. Relatório Técnico. 108p.
- SHELL/AECOM. 2016. *Relatório da 12ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Bijupirá e Salema – FPSO Fluminense*. Relatório Técnico. 106p.
- SHELL/AECOM. 2017. *Relatório da 13ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Bijupirá e Salema – FPSO Fluminense*. Relatório Técnico. 99p.
- SHELL/AECOM. 2018. *Relatório da 15ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Bijupirá e Salema – FPSO Fluminense*. Relatório Técnico. 98p.
- SHELL/WITTOBRIENS. 2019. *Relatório da 16ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Bijupirá e Salema – FPSO Fluminense*. Relatório Técnico. 95p.
- SHELL/WITTOBRIENS. 2020. *Relatório da 17ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de Bijupirá e Salema – FPSO Fluminense*. Relatório Técnico. 109p.
- 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.
- SOURNIA, A., 1978. *Phytoplankton Manual*. Monography Oceanographical Methodology, v. 6, p. 69-74.
- STEIDINGER, K. A. & TANGEN, K., 1997. *Dinoflagellates. In: Identifying Marine Phytoplankton*. Tomas, C.R. (ed.). U.S.A., Academic Press, 583 p.



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

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

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

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

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

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

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

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.

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

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

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