

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

**CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA E GEOQUÍMICA  
DAS ÁREAS ADJACENTES AOS BANCOS OCEÂNICOS  
DO NORDESTE BRASILEIRO.**

RUTH MARIA BONFIM VIDAL

Tese de Doutorado

Porto Alegre -2004

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

**CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA E GEOQUÍMICA  
DAS ÁREAS ADJACENTES AOS BANCOS OCEÂNICOS  
DO NORDESTE BRASILEIRO.**

**RUTH MARIA BONFIM VIDAL**

**ORIENTADOR: Iran Carlos Stalliviere Corrêa**

**BANCA EXAMINADORA: Prof<sup>ª</sup> Dra. Helena Becker**

**Prof. Dr. Paulo Baich**

**Prof Dr. Ernestino Toldo Junior**

**Tese de Doutorado apresentada  
como requisito parcial para  
obtenção do Título de Doutor em  
Geociências.**

**CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA E GEOQUÍMICA DAS ÁREAS  
ADJACENTES AOS BANCOS OCEÂNICOS DO NORDESTE BRASILEIRO.**

Tese de Doutorado apresentada como  
requisito parcial para obtenção do  
Título de Doutor em Geociências.

Aprovada em julho de 2004

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Iran Carlos Stalliviere Corrêa

---

Profa. Dra. Helena Becker

---

Prof. Dr. Paulo Baich

---

Profa. Dra. Ernestino Toldo Junior

Porto Alegre – RS

Julho - 2004

Dedico este trabalho à minha família e aos amigos, que sempre estão ao meu lado me mostrando o prazer que é viver.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e força pra continuar sempre crescendo.

Ao meu orientador prof. Iran Carlos Stalliviere Corrêa, por estar sempre disposto a ajudar, sem nunca oferecer restrições. Eu nem sabia que ainda existiam pessoas tão boas assim. Muito obrigada.

À prof<sup>a</sup> Helena Becker “co-orientadora”, mãe, irmã, amiga, sempre ao meu lado, me ensinando, não só química, mas paciência, persistência, competência e todas as qualidades que lhe são inerentes, e olha que não são poucas.

Ao prof. George Satander que generosamente está sempre “abrindo caminhos” para todos que a ele chegam com o intuito de trabalhar e crescer.

À minha família, que sempre de apóia e me dá as condições necessárias para seguir na luta.

Aos amigos Tania, Ivanir, Sandro, que me dão momentos de alegria sem os quais a vida se tornaria quase impossível.

A Sâmia, bolsista do laboratório de Geologia Marinha (LGMA-UFC), que esteve sempre disposta a ajudar com os gráficos.

A toda a tripulação do Noc Antares que durante a pernada 3 do REVIZZE 4, me deram a oportunidade de trabalhar com pessoas tão competentes e agradáveis.

Ao Laboratório de Química Ambiental (LAQA) do Departamento de Química Analítica e Físico-Química da Universidade Federal do Ceará por abrir suas portas e tornar possível a análise de todas as amostras.

Ao programa de Pós-graduação em Geociências, por acreditarem em mim e me darem a chance de obter o título de doutor.

Ao CNPq pela concessão da bolsa.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

A liberdade é a possibilidade do isolamento.  
És livre se podes afastar-te dos homens,  
sem que te obrigue a procurá-los a  
necessidade do dinheiro, ou a necessidade  
gregária, ou o amor, ou a glória, ou a  
curiosidade, que no silêncio e na solidão  
não podem ter alimento.

Fernando Pessoa

## RESUMO

O objeto deste trabalho é fornecer dados hidrológicos com fins de caracterização e monitoramento da região da Cadeia Norte do Brasil e da Cadeia de Fernando de Noronha, assim como levantar e sistematizar informações sobre a geoquímica dos diversos tipos de sedimentos encontrados na plataforma continental externa adjacente ao banco Aracati, contribuindo para o levantamento dos potenciais sustentáveis de exploração dos recursos vivos da Zona Econômica Exclusiva. A área em estudo compreende a sub-área II, setor 1 e parte do setor 2, e está localizada entre 1°N e 5°S de latitude e entre 30° e 40°W de longitude, abrangendo uma área de aproximadamente 400.000 km<sup>2</sup>. Foram analisadas amostras coletadas em 8 estações resultando em 20 amostras de sedimentos nos anos de 1997 (verão), 1998 (outono) e 2000 (primavera) e 34 estações que originaram 272 amostras de água na primavera de 2000. As concentrações máximas dos parâmetros analisados, com exceção do fosfato, nas amostras de água se localizam na região próxima à costa. Detectou-se na área uma termoclina bem marcada, sendo mais profunda na primavera. A camada de mistura é bastante homogênea, sendo porém, mais espessa na primavera. O pH detectado encontra-se na faixa alcalina sendo os maiores valores de pH detectados na primavera. Verifica-se, um máximo de salinidade na camada de início da termoclina sazonal. Não verificou-se na área condição anaeróbica na coluna d'água. A distribuição de fosfato, nitrato e silicato, apresenta-se de forma muito semelhante, sendo que na primavera essas concentrações são maiores, nas camadas superficiais. Na cobertura sedimentar da plataforma continental adjacente aos bancos da cadeia norte do Brasil, encontro-se areia quartzosa, areia carbonática, fragmentos de concha, *Lithothamnium* e *Halimeda*. Os fragmentos de concha apresentaram as maiores concentrações totais de metais, enquanto *Lithothamnium* apresentou o maior teor de carbonato. Há uma forte correlação entre ferro e manganês nas amostras de água e em todas as frações de sedimentos analisadas, sendo que nestas a relação média entre estes elementos é da ordem de 1:25. Existe forte correlação entre cromo e carbonato nas amostras que apresentam teor de carbonato maior que 20%. As amostras de areia quartzosa, fragmentos de concha e *Halimeda*, apresentam-se muito semelhantes quanto à distribuição de ferro, manganês, zinco e cromo. Existe forte correlação nas amostras de sedimento, assim como nas amostras de água, entre ferro, manganês, zinco, correlacionando-se também nas amostras de sedimento com o chumbo. As

concentrações de metais nas amostras de água apresentaram-se relativamente baixas em se comparando com as amostras de sedimento. Nas amostras de água as concentrações de cromo e chumbo estão abaixo do limite de detecção.

**PALAVRAS CHAVE:** Nutrientes, Parâmetros Físicos, Metais, Água do mar, Sedimento, Algas Calcáreas.



## ABSTRACT

The object of this work is to supply hidrologicals datas with ends of monitoramento of the area of the North Chain of Brazil and of the Chain of Fernando of Noronha, as well as to lift and to systematize information on the geochesmitry of the several types of sediments found in the external continental platform adjacent to the bank Aracati, contributing to the rising of the maintainable potentials of exploration of the alive resources of the Exclusive Economic Zone. The area in study understands the sub-area II, section 1 and it leaves of the section 2, and it is located among 1°N and 5°S of latitude and among 30° and 40°W of longitude, embracing an area of approximately 400.000 km<sup>2</sup>. Samples collected in 8 stations resulting in 20 samples of sediments in the years of 1997 were analyzed (summer), 1998 (autumn) and 2000 (spring) and 34 stations that originated 272 samples of water in the spring of 2000. The maximum concentrations of the analyzed parameters, except for the phosphate, in the samples of water are located in the close area to the coast. It was detected in the area a very marked termocline, being deeper in the spring. The mixture layer is quite homogeneous, being even so, more it thickens in the spring. The detected pH meets in the alkaline strip being the largest pH values detected in the spring. It is verified, a maximum of salinity in the layer of I begin of the seasonal termoclina. It was not verified in the area anaerobic condition in the column of water. The distribution of phosphate, nitrate and silicate, come in a very similar way, and in the spring those concentrations are larger, in the superficial layers. In the sedimentary covering of the continental platform adjacent to the banks of the north chain of Brazil, find quartz sands, it sands carbonate, shell fragments, *Lithothanmium* and *Halimedas*. The shell fragments presented the largest total concentrations of metals, while *Lithothanmium* presented the largest text of carbonate. There is a strong correlation between iron and manganese in to samples of water and in all the analyzed fractions of sediments, and in these the medium relationship among these elements is of the order of 1:25. strong correlation Exists between chromium and carbonate in the samples that present text of larger carbonate than 20%. The samples of quartz sand, shell fragments and *Halimedas*, come very similar with relationship to the distribution of iron, manganese, zinc and chromium. Strong correlation exists in the sediment samples, as well as in the samples of water, among iron, manganese, zinc, being also correlated in the sediment samples with the lead. The concentrations

of metals in the samples of water came relatively low in if comparing with the sediment samples. In the samples of water the concentrations of chromium and lead are below the detection limit.

WORDS KEY: Nutritious, Physical Parameters, Metals, Sea water, Sediment, Calcareous Algas.

## SUMÁRIO

<b>1- INTRODUÇÃO</b>	20
1.1- GRAU DE CONHECIMENTO DA ÁREA DE ESTUDO	25
1.1.1- HIDROLOGIA	24
1.1.2- SEDIMENTOLOGIA	27
<b>2- OBJETIVO</b>	29
<b>2.1- OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	30
<b>3- DESCRIÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA</b>	31
3.1- CADEIA NORTE DO BRASIL	36
3.2- CADEIA DE FERNANDO DE NORONHA	37
<b>4- METODOLOGIA</b>	39
4.1- COMISSÕES E ESTAÇÕES DE COLETA	40
4.2- SEDIMENTOS	42
4.3- HIDROLOGIA	45
<b>5- RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	49
5.1- TEMPERATURA - VARIAÇÃO HORIZONTAL	49
5.1.1- TEMPERATURA - VARIAÇÃO VERTICAL	58
5.2- OXIGÊNIO DISSOLVIDO – VARIAÇÃO HORIZONTAL	61
5.2.1- OXIGÊNIO DISSOLVIDO – VARIAÇÃO VERTICAL	64
5.3- NITRATO – VARIAÇÃO HORIZONTAL	66
5.3.1- NITRATO – VARIAÇÃO VERTICAL	73
5.4- AMÔNIA – VARIAÇÃO HORIZONTAL	75
5.4.1- AMÔNIA – VARIAÇÃO VERTICAL	82
5.5- NITRITO – VARIAÇÃO HORIZONTAL	84
5.5.1- NITRITO – VARIAÇÃO VERTICAL	92
5.6- SILÍCIO – VARIAÇÃO HORIZONTAL	94
5.6.1- SILÍCIO – VARIAÇÃO VERTICAL	102
5.7- FOSFATO – VARIAÇÃO HORIZONTAL	105
5.7.1- FOSFATO – VARIAÇÃO VERTICAL	113
5.8- pH – VARIAÇÃO HORIZONTAL	115
5.8.1- pH – VARIAÇÃO VERTICAL	124
5.9- SALINIDADE – VARIAÇÃO HORIZONTAL	126
5.9.1- SALINIDADE – VARIAÇÃO VERTICAL	135
5.10 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	137
<b>5.11- SEDIMENTOS</b>	165
<b>5.12- METAIS NA ÁGUA</b>	178
<b>6- CONCLUSÃO</b>	186
<b>7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	189

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1-	Área de prioridade para a conservação da Zona Marinha ....	24
FIGURA 2-	Localização da área .....	32
FIGURA 3-	Correntes superficiais do oceano Atlântico Equatorial Oeste	34
FIGURA 4-	Mapa batimétrico da Zona Econômica Exclusiva do nordeste brasileiro .....	35
FIGURA 5-	Localização dos Bancos da Cadeia Norte do Brasil. ....	37
FIGURA 6-	Localização dos Bancos da Cadeia de Fernando de Noronha	38
FIGURA 7-	Navio oceanográfico ANTARES da Marinha do Brasil .	40
FIGURA 8-	Localização das estações de coleta de água da comissão REVIZEE Nordeste IV – Novembro de 2000 .....	41
FIGURA 9-	Localização das estações de coleta de sedimento da comissão REVIZEE Nordeste IV – Novembro de 2000 .....	41
FIGURA 10-	Draga retangular usada nas coletas de sedimento, a bordo do Noc. ANTARES durante a operação REVIZEE – NEIV	43
FIGURA 11-	Tipos de sedimento, encontrados nas amostras coletadas a bordo do Noc. ANTARES durante a operação REVIZEE – NEIV .....	44
FIGURA 12-	CTD e rosseti acoplados, usados nas coletas, a bordo do Noc. ANTARES durante a operação REVIZEE – NEIV.....	46
FIGURA 13-	Distribuição da temperatura na camada superficial da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV .....	50
FIGURA 14-	Distribuição da temperatura na camada 50% da luminosidade da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV .....	51
FIGURA 15-	Distribuição da temperatura na camada 1% da luminosidade da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV .....	52
FIGURA 16-	Distribuição da temperatura na camada início da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV .....	53
FIGURA 17-	Distribuição da temperatura na camada meio da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV .....	54
FIGURA 18-	Distribuição da temperatura na camada fim da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV .....	55
FIGURA 19-	Distribuição da temperatura na camada fim da termoclina permanente da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV .....	56
FIGURA 20-	Distribuição da temperatura na camada de fundo da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV .....	57
FIGURAS 21 a, 21 b, 21 c e 21 d-	Distribuição vertical das temperaturas máximas, mínimas, médias e das amplitudes de variação térmica, respectivamente, nas camadas da coluna d'água, para o verão de 1997, outono de 1998 e primavera de 2000 .....	60

FIGURA 22-	Distribuição da concentração de oxigênio dissolvido na camada superficial da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV .....	61
FIGURA 23-	Distribuição da concentração de oxigênio dissolvido na camada Meio da Termoclina Sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	63
FIGURA 24-	Distribuição da concentração de oxigênio dissolvido na camada de Fundo da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	64
FIGURAS 25 a, 25 b, 25 c e 25 d-	Distribuição vertical do oxigênio dissolvido, concentrações máximas, mínimas, médias e amplitudes de variação, respectivamente, nas camadas da coluna d'água, para o outono de 1998 e primavera de 2000.....	65
FIGURA 26-	Distribuição da concentração de nitrato na camada superficial da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	66
FIGURA 27-	Distribuição da concentração de nitrato na camada 50% de luminosidade da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	68
FIGURA 28-	Distribuição da concentração de nitrato na camada 1% de luminosidade da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	69
FIGURA 29-	Distribuição da concentração de nitrato na camada de início da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	69
FIGURA 30-	Distribuição da concentração de nitrato na camada de meio da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	70
FIGURA 31-	Distribuição da concentração de nitrato na camada de fim da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	72
FIGURA 32-	Distribuição da concentração de nitrato na camada de fim da termoclina permanente da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	72
FIGURA 33-	Distribuição da concentração de nitrato na camada de fundo da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	73
FIGURAS 34 a, 34 b, 34 c e 34 d-	Distribuição vertical das concentrações de nitrato máximas, mínimas, médias e das amplitudes de variação, respectivamente, nas camadas da coluna d'água, para o outono de 1998 e primavera de 2000 .....	74
FIGURA 35-	Distribuição da concentração de amônia na camada de superfície da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	76
FIGURA 36-	Distribuição da concentração de amônia na camada de 50% de luminosidade da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	77

FIGURA 37-	Distribuição da concentração de amônia na camada de 1% de luminosidade da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	78
FIGURA 38-	Distribuição da concentração de amônia na camada de início da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	79
FIGURA 39-	Distribuição da concentração de amônia na camada de meio da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	80
FIGURA 40-	Distribuição da concentração de amônia na camada de fim da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV .....	80
FIGURA 41-	Distribuição da concentração de amônia na camada de fim da termoclina permanente da coluna d'água, para a primavera de 2000.....	81
FIGURA 42-	Distribuição da concentração de amônia na camada de fundo da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	82
FIGURA 43-	Distribuição vertical das concentrações de amônia máximas, mínimas, médias e das amplitudes de variação, nas camadas da coluna d'água, para o outono de 1998 e primavera de 2000.....	83
FIGURA 44-	Distribuição da concentração de nitrito na camada superficial da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	84
FIGURA 45-	Distribuição da concentração de nitrito na camada 50% de luminosidade da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	85
FIGURA 46-	Distribuição da concentração de nitrito na camada 1% de luminosidade da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	86
FIGURA 47-	Distribuição da concentração de nitrito na camada início da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	87
FIGURA 48-	Distribuição da concentração de nitrito na camada meio da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	88
FIGURA 49-	Distribuição da concentração de nitrito na camada fim da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	89
FIGURA 50-	Distribuição da concentração de nitrito na camada fim da termoclina permanente da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	90
FIGURA 51-	Distribuição da concentração de nitrito na camada fim da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	91

FIGURAS 52 a, 52 b, 52 c e 52 d-	Distribuição vertical das concentrações de nitrito máximas, mínimas, médias e das amplitudes de variação, respectivamente, nas camadas da coluna d'água, para o verão de 1997, outono de 1998 e primavera de 2000.....	93
FIGURA 53-	Distribuição da concentração de silício na camada de superfície da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	94
FIGURA 54-	Distribuição da concentração de silício na camada 50% de luminosidade da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	96
FIGURA 55-	Distribuição da concentração de silício na camada 1% de luminosidade da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	97
FIGURA 56-	Distribuição da concentração de silício na camada de início da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	98
FIGURA 57-	Distribuição da concentração de silício na camada de meio da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	99
FIGURA 58-	Distribuição da concentração de silício na camada de fim da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	100
FIGURA 59-	Distribuição da concentração de silício na camada de fim da termoclina permanente da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	101
FIGURA 60-	Distribuição da concentração de silício na camada de fundo da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	102
FIGURAS 61 a, 61 b, 61 c e 61 d-	Distribuição vertical das concentrações de silício máximas, mínimas, médias e das amplitudes de variação, respectivamente, nas camadas da coluna d'água, para o verão de 1997, outono de 1998 e primavera de 2000.....	104
FIGURA 62-	Distribuição da concentração de fosfato na camada de superfície da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	105
FIGURA 63-	Distribuição da concentração de fosfato na camada de 50% de luminosidade da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	106
FIGURA 64-	Distribuição da concentração de fosfato na camada de 1% de luminosidade da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	107
FIGURA 65-	Distribuição da concentração de fosfato na camada de início da termoclina sazonal de luminosidade da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	109
FIGURA 66-	Distribuição da concentração de fosfato na camada de meio da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	110

FIGURA 67-	Distribuição da concentração de fosfato na camada de fim da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	111
FIGURA 68-	Distribuição da concentração de fosfato na camada de fim da termoclina permanente da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	112
FIGURA 69-	Distribuição da concentração de fosfato na camada de fundo da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	113
FIGURAS 70 a, 70 b, 70 c e 70 d-	Distribuição vertical das concentrações de fosfato máximas, mínimas, médias e das amplitudes de variação, respectivamente, nas camadas da coluna d'água, para o verão de 1997, outono de 1998 e primavera de 2000.....	114
FIGURA 71-	Distribuição da concentração de pH na camada de superfície da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	115
FIGURA 72-	Distribuição da concentração de pH na camada de 50% de luminosidade da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	117
FIGURA 73-	Distribuição da concentração de pH na camada de 1% de luminosidade da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	118
FIGURA 74-	Distribuição da concentração de pH na camada de início da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	121
FIGURA 75-	Distribuição da concentração de pH na camada de meio da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	120
FIGURA 76-	Distribuição da concentração de pH na camada de fim da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	121
FIGURA 77-	Distribuição da concentração de pH na camada de fim da termoclina permanente da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	122
FIGURA 78-	Distribuição da concentração de pH na camada de fundo da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	123
FIGURAS 79 a, 79 b, 79 c e 79 d-	Distribuição vertical das concentrações de pH máximas, mínimas, médias e das amplitudes de variação, respectivamente, nas camadas da coluna d'água, para o verão de 1997, outono de 1998 e primavera de 2000.....	125
FIGURA 80-	Distribuição da concentração de salinidade na camada de superfície da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	126
FIGURA 81-	Distribuição da concentração de salinidade na camada de 50% de luminosidade da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	127



FIGURA 82-	Distribuição da concentração de salinidade na camada de 1% de luminosidade da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	128
FIGURA 83-	Distribuição da concentração de salinidade na camada de início da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	129
FIGURA 84-	Distribuição da concentração de salinidade na camada de meio da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000.....	130
FIGURA 85-	Distribuição da concentração de salinidade na camada de fim da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	131
FIGURA 86-	Distribuição da concentração de salinidade na camada de fim da termoclina permanente da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	132
FIGURA 87-	Distribuição da concentração de salinidade na camada de fundo da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.....	133
FIGURAS 88 a, 88 b, 88 c e 88 d-	Distribuição vertical das concentrações de salinidade máximas, mínimas, médias e das amplitudes de variação, respectivamente, nas camadas da coluna d'água, para verão de 1997, outono de 1998 e primavera de 2000.....	136
FIGURA 89-	Temperatura da superfície do mar e incidência dos ventos sobre a costa brasileira, durante o mês de novembro de 2000.....	138
FIGURA 90-	Dendograma para dos parâmetros analisados para dados coletados durante a primavera de 2000.	139
FIGURA 91-	Curva de correlação entre temperatura e profundidade para dados coletados durante a primavera de 2000.	143
FIGURA 92-	Curva de correlação entre salinidade e profundidade para dados coletados durante a primavera de 2000.	145
FIGURA 93-	Curva de correlação entre salinidade e temperatura para dados coletados durante a primavera de 2000.	146
FIGURA 94-	Curva de correlação entre pH e profundidade para dados coletados durante a primavera de 2000.	148
FIGURA 95-	Curva de correlação entre pH e temperatura para dados coletados durante a primavera de 2000.	148
FIGURA 96-	Curva de correlação entre nitrito e profundidade para dados coletados durante a primavera de 2000.	150
FIGURA 97-	Curva de correlação entre oxigênio dissolvido e profundidade para dados coletados durante a primavera de 2000.	152
FIGURA 98-	Curva de correlação entre amônia e profundidade para dados coletados durante a primavera de 2000.	153
FIGURA 99-	Curva de correlação entre amônia e oxigênio dissolvido para dados coletados durante a primavera de 2000.	154
FIGURA 100-	Curva de correlação entre nitrato e temperatura para dados coletados durante a primavera de 2000.	156

FIGURA 101-	Curva de correlação entre fosfato e profundidade para dados coletados durante a primavera de 2000.	159
FIGURA 102-	Curva de correlação entre fosfato e nitrato para dados coletados durante a primavera de 2000.	159
FIGURA 103-	Curva de correlação entre fosfato e temperatura para dados coletados durante a primavera de 2000.	160
FIGURA 104-	Curva de correlação entre silicato e profundidade para dados coletados durante a primavera de 2000.	162
FIGURA 105-	Curva de correlação entre silicato e temperatura para dados coletados durante a primavera de 2000.	162
FIGURA 106-	Curva de correlação entre silicato e salinidade para dados coletados durante a primavera de 2000.	163
FIGURA 107-	Curva de correlação entre silicato e nitrato para dados coletados durante a primavera de 2000.	164
FIGURA 108-	Curva de correlação entre silicato e fosfato para dados coletados durante a primavera de 2000.	164
FIGURA 109-	Concentrações médias dos parâmetros analisados nas amostras de sedimento, coletadas no verão de 1997, outono de 1998 e primavera de 2000, durante as operações REVIZEE NE- II,III e IV.....	170
FIGURA110 –	Comparação das concentrações médias dos parâmetros analisados nas amostras de areia quartzosa, fragmentos de concha e <i>Halimeda</i> , coletadas no verão de 1997, outono de 1998 e primavera de 2000, durante as operações REVIZEE NE- II,III e IV.....	171
FIGURA 111-	Correlação entre as concentrações médias de ferro, manganês, chumbo e zinco, nas amostras de sedimento, coletadas no verão de 1997, outono de 1998 e primavera de 2000, durante as operações REVIZEE NE- II,III e IV....	172
FIGURA 112-	Correlação entre as concentrações médias de cobre, cromo e matéria orgânica, nas amostras de sedimento, coletadas no verão de 1997, outono de 1998 e primavera de 2000, durante as operações REVIZEE NE- II,III e IV.....	173
FIGURA 113-	Correlação entre as concentrações médias de ferro, carbonato e manganês e chumbo, nas amostras de sedimento, coletadas no verão de 1997, outono de 1998 e primavera de 2000, durante as operações REVIZEE NE- II,III e IV.....	173
FIGURA 114-	Distribuição das concentrações de ferro e manganês ao longo da coluna d'água nas 5 estações de coleta para a primavera de 2000 – operação REVIZEE NE – IV.....	180
FIGURA 115-	Distribuição das concentrações de ferro e zinco ao longo da coluna d'água nas 5 estações de coleta para a primavera de 2000 – operação REVIZEE NE – IV.....	180
FIGURA 116-	Dendograma para os parâmetros analisados na água do mar.....	185

## LISTA DE TABELAS E QUADROS

TABELA 1-	Programa de aquecimento do forno de microondas.....	43
TABELA 2-	Parâmetros instrumentais para o ICP-AES Optima 4300.....	44
TABELA 3-	Comprimento de ondas utilizados na detecção do ICP-AES Optima 4300.....	44
TABELA 4-	Valores dos limites de detecção dos metais determinados nas amostras de sedimento.....	45
TABELA 5-	Valores dos limites de detecção dos nutrientes determinados nas amostras de água.....	48
TABELA 6-	Valores dos limites de detecção dos metais determinados nas amostras de água.....	48
TABELA 7-	Valores máximos, mínimos, médios e de amplitude de variação, da temperatura para a primavera de 2000, outono de 1998 e verão de 1997 .....	57
TABELA 8-	Valores máximos, mínimos, médios e de amplitude de variação, das concentrações de oxigênio dissolvido para a primavera de 2000 e outono de 1998.....	62
TABELA 9-	Valores máximos, mínimos, médios e de amplitude de variação, das concentrações de nitrato para a primavera de 2000, outono de 1998 e verão de 1997.....	67
TABELA 10-	Valores máximos, mínimos, médios e de amplitude de variação, das concentrações de amônia para a primavera de 2000, outono de 1998 e verão de 1997.....	75
TABELA 11-	Valores máximos, mínimos, médios e de amplitude de variação, das concentrações de nitrito para a primavera de 2000, outono de 1998 e verão de 1997.....	90
TABELA 12-	Valores máximos, mínimos, médios e de amplitude de variação, das concentrações de silício reativo para a primavera de 2000, outono de 1998 e verão de 1997.....	95
TABELA 13-	Valores máximos, mínimos, médios e de amplitude de variação, das concentrações de fosfato para a primavera de 2000, outono de 1998 e verão de 1997.....	108
TABELA 14-	Valores máximos, mínimos, médios e de amplitude de variação, das concentrações de pH para a primavera de 2000, outono de 1998 e verão de 1997.....	118
TABELA 15-	Valores máximos, mínimos, médios e de amplitude de variação, da salinidade para a primavera de 2000, outono de 1998 e verão de 1997.....	134
TABELA 16-	Valor de P para a análise de variância entre parâmetros coletados durante a primavera de 2000 e profundidade.	142
TABELA 17-	Valor de P para teste de Dunnet.	142
TABELA 18-	Matriz de correlação para os parâmetros analisados .....	143
TABELA 19-	Concentrações dos parâmetros analisados para a fração areia quartzosa das amostras de sedimento.....	166
TABELA 20-	Concentrações dos parâmetros analisados para a fração Halimeda das amostras de sedimento.....	167

TABELA 21-	Concentrações dos parâmetros analisados para a fração Lithothamium das amostras de sedimento.....	167
TABELA 22-	Concentrações dos parâmetros analisados para a fração Areia Carbonática das amostras de sedimento.....	167
TABELA 23-	Concentrações dos parâmetros analisados para a fração Fragmentos de Concha das amostras de sedimento.....	168
TABELA 24-	Concentrações médias dos parâmetros analisados para as amostras de sedimento.....	169
TABELA 25-	Valores das concentrações de metais para sedimentos carbonáticos biodetríticos .....	174
TABELA 26-	Concentração de manganês em sedimentos do Oceano Atlântico .....	174
TABELA 27-	Concentração de metais em sedimentos do mar Báltico ...	175
TABELA 28-	Teste de Mann-Whitney .....	176
TABELA 29-	Matriz de correlação para as amostras de <i>Halimeda</i> .....	177
TABELA 30-	Matriz de correlação para as amostras de areia quartzosa	177
TABELA 31-	Concentrações dos metais analisados para as amostras de água.....	179
TABELA 32-	Concentração de metais na água do mar .....	181
TABELA 33-	Teste de Kruskal-Wallis .....	183
TABELA 34-	Ranks para o teste de Kruskal-Wallis .....	184
TABELA 35-	Matriz de correlação de Spearman .....	184
QUADRO 1-	Detalhes dos cruzeiros realizados.....	40



## 1. INTRODUÇÃO

Os oceanos são corpos de água de primeira grandeza, pois cobrem cerca de 70,8% da superfície terrestre, sendo de extrema importância para manter o equilíbrio climático do planeta.

São também, fonte imensa de vários recursos essenciais à humanidade, fazendo parte de um ecossistema cujos processos químicos, físicos e biológicos interagem entre si, influenciando todo o meio ambiente marinho.

Dado a sua relevante importância, os oceanos vêm sendo objeto de estudo desde longínquas datas.

Dittman em 1884 forneceu a composição da água (somente íons principais) do mar, através da análise de 77 amostras de água representativas de todos os oceanos, e mostrou que não existia diferenças regionais significativas na composição relativa da água do mar; além da constância de composição desses corpos de água, em relação às várias partes do planeta.

Sabe-se que também que há uma relativa constância desta composição relacionada ao tempo, pois existe um equilíbrio dinâmico entre os oceanos e a atmosfera, e entre aqueles e os sedimentos. De modo que a quantidade de um elemento introduzido por unidade de tempo é equilibrada por uma quantidade igual depositada nos sedimentos.

Toda a circulação oceânica, a distribuição dos organismos vivos e a interligação dos demais processos biológicos e geológicos são governadas por algumas variáveis abióticas, tais como: luz, temperatura, salinidade, pH, oxigênio dissolvido e elementos nutrientes.

Daí a importância de quantificar e estudar suas interrelações para produzir um melhor conhecimento sobre a dinâmica e a produtividades dos oceanos.

Segundo o relatório do Ministério do Meio Ambiente, sobre a biodiversidade brasileira, “A zona costeira brasileira é uma unidade territorial, definida em legislação, para efeitos de gestão ambiental que se estende por 17 estados e abriga mais de 400 municípios”.

Atualmente o mar brasileiro, na faixa de 200 metros de profundidade (60 milhas) é bastante conhecido, pois foi longamente estudado.

Apesar disso, a faixa entre 100 e 200 milhas, onde se inclui a zona marinha (que inicia na zona costeira e se estende, no caso brasileiro, até as 200 milhas), para o relatório do Ministério do Meio Ambiente, sobre a biodiversidade brasileira) e constitui a Zona Econômica Exclusiva (ZEE), ainda é pouco conhecida. Para ampliar o conhecimento sobre esta faixa oceânica brasileira foi implantado o Projeto REVIZEE – Programa de Avaliação do Potencial Sustentável dos Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva – que entre outros estudos faz um levantamento das características biogeoquímicas da costa brasileira, e no qual se insere o presente trabalho.

O objetivo do Programa REVIZEE é proceder o levantamento dos potenciais sustentáveis de captura dos recursos vivos na ZEE, que é a faixa que se estende das doze as duzentos milhas marítimas, a partir das linhas de base que servem para medir a largura do mar territorial, abrangendo uma extensão de cerca de 3,5 milhões de km<sup>2</sup>.

Desse modo este Programa "reveste-se de imensa importância político-estratégica para o país, no sentido de assegurar a efetiva ocupação e uso da nossa ZEE", em PROGRAMA REVIZEE/SCORE NORDESTE, 1996.

O Programa REVIZEE é interinstitucional e multidisciplinar, e que reconhece a necessidade de pesquisas fundamentais, em oceanografia biótica e abiótica, para que se possa caracterizar ecologicamente a ZEE brasileira e compreender a dinâmica dos recursos pesqueiros para uma melhor avaliação do potencial de captura sustentável e ele certamente é de fundamental importância para o desenvolvimento das ciências do mar no Brasil.

Sendo a ZEE brasileira uma área imensa a ser pesquisada, o programa (REVIZEE) para uma melhor operacionalização dividiu-a em quatro regiões, cada

uma com seu Subcomitê Regional (SCORE). O subcomitê no qual se insere o presente trabalho é o da COSTA NORDESTE – Situada entre a foz do rio Parnaíba até Salvador, incluindo a Ilha de Fernando de Noronha, o Atol das Rocas e o Arquipélago de São Pedro e São Paulo;

Este Programa é de suma importância para que os recursos do mar brasileiro possam ser explorados de maneira sustentável.

O Brasil é um país cuja posição e extensão geográfica confere vários privilégios, pois ocupa quase metade da superfície terrestre da América do Sul, se tornando o quarto país do mundo em área de terras contínuas (8.513.695 km<sup>2</sup>).

Possui um litoral que se estende por 7.300 km, número este que se eleva para 8.500 km, de linha real, quando se leva em consideração os recortes litorâneos, tornando seu litoral quase tão vasto quanto suas fronteiras, e encontrando-se circundado pelo Oceano Atlântico o que nos vincula direta e irremediavelmente ao mar, através da exploração de vários de seus recursos, sendo atualmente considerados como principais o petróleo e a pesca.

A pesca no Brasil é uma prática muito antiga, e muito importante, por isso ultimamente vem se transformando rapidamente em uma técnica alvo de inúmeras ciências.

A poluição dos mares através de ações antrópicas por exploração desordenada vem ameaçando seriamente o ecossistema marinho, o que representa uma grave ameaça ao desenvolvimento ambiental, pesqueiro e conseqüentemente econômico do País..

Outro recurso de suma importância, mas ainda pouco explorado são os depósitos de calcário biogênico/biodetrítico (algas calcárias), que são os componentes principais de formação do fundo da plataforma continental na região nordeste, sobre o qual cresce uma grande biomassa de algas marinhas, que dão sustentação a várias espécies de interesse comercial, tais como: crustáceos e determinadas espécies de peixes, característicos de fundos duros como os da região nordeste do Brasil.

Além disso as algas calcárias têm entre os vários organismos marinhos a maior capacidade de concentrar, em seu corpo, o carbonato de cálcio, do qual dependem muitas espécies corais ([www.ruschicolibri.com.br](http://www.ruschicolibri.com.br)). Segundo MONT'ALVERNE (1982) calcários semelhantes aos que ocorrem na plataforma



brasileira, especialmente na costa nordestina, são aproveitados em vários países em escala industrial, desde 1960, sendo largamente empregados na agricultura como corretivo de solos ácidos.

CALLIARI et al (1999) estudaram sedimentos ricos em carbonatos na costa sul, encontrando sedimentos com concentrações entre 50 e 75% de  $\text{CaCO}_3$ , esses carbonatos podem ser utilizados para a produção de cimento, ração animal, indústria de celulose, entre outros.

A área de investigação objeto desse trabalho, são os bancos oceânicos do nordeste brasileiro, integrantes da cadeia norte do Brasil e os da cadeia de Fernando de Noronha, que se encontram localizados paralelamente à plataforma continental no espaço entre o delta do Parnaíba e o Estado de Pernambuco.

A área da cadeia Norte do Brasil e da cadeia de Fernando de Noronha são áreas de extrema importância para o equilíbrio, dinâmica e produtividade da ZEE brasileira. O atual Relatório do Ministério do Meio Ambiente – 2003 (BIODIVERSIDADE BRASILEIRA – Avaliação e Identificação de áreas e Ações prioritárias para Conservação, Utilização Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira) vem considerando essas áreas de alta importância e recomendando a intensificação de estudos e fiscalização para melhor uso e preservação, como pode ser visto na FIGURA 1.



FIGURA 1- Área de prioridade para a conservação da Zona Marinha (FONTE: Relatório do Ministério do Meio Ambiente – 2003 - BIODIVERSIDADE BRASILEIRA – Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira.)

## 1.1. GRAU DE CONHECIMENTO DA ÁREA DE ESTUDO

### 1.1.1. HIDROLOGIA

OKUDA (1960) publicou trabalhos sobre a química oceanográfica no oceano Atlântico Sul adjacente ao nordeste do Brasil, caracterizando hidrologicamente a área compreendida entre 13° e 3,5°S de latitude e 30°W de longitude, no período de agosto a outubro de 1959.

Posteriormente, a região estudada entre as latitudes 8° e 2°44'30"8 e longitudes 35°56'30" e 31°48'W, foi classificada como oligotrófica e mesotrófica, esta classificação, foi proposta por COSTA (1991) onde, escreveu sobre a hidrologia e biomassa primária, de acordo com os resultados da produtividade primária obtidos na camada superficial.

NIENCHESKI (1999) publicou sobre a Oceanografia Química no Brasil, com um levantamento extenso e quase completo sobre o estado da arte deste

ramo da Oceanografia, até o ano de 1998. A conclusão foi que poucos trabalhos na região de oceano aberto foram realizados.

Ele produziu também um relatório final financiado pelo Ministério do Meio Ambiente - MMA, do governo brasileiro através do Projeto "Levantamento do Estado da Arte da Pesquisa dos Recursos Vivos Marinhos do Brasil", inserido no Programa REVIZEE, com a finalidade de levantar e sistematizar as informações sobre os recursos vivos marinhos do Brasil e suas ocorrências.

NIENCHESKI (1996) levantou, dentro deste Programa 205 Comissões Oceanográficas cadastradas, no período de 1911 a 1988, no Banco Nacional de Dados Oceanográficos – BNDO.

Somente 14, das 205 Comissões contemplaram a região da Cadeia Norte do Brasil. Dentre essas Comissões, as mais representativas foram as atividades desenvolvidas pelo Noc. Almirante Saldanha, nas operações Nordeste I e II em 1975, Nordeste III em 1986 e Norte III em 1983 e pelo Noc. Capricorny no período de 1981 a 1984. Essa última efetuou sete comissões na área da Cadeia Norte do Brasil e da região de Fernando de Noronha.

Em 1995 durante o Projeto "JOPS II- Joint Oceanographic Projects – II" no âmbito do Acordo de Cooperação Bilateral Brasil-Alemanha, em Ciência e Tecnologia, foram coletados dados na região do presente estudo, gerando vários trabalhos descritos a seguir.

EKAU e KNOPPERS (1999) descreveram a tipologia das águas oceânicas, costeiras e da plataforma do Brasil, incluindo os bancos e ilhas oceânicas do nordeste brasileiro. Concluíram que o sistema pelágico do nordeste e leste do Brasil deve ser considerado como um sistema único, controlado pelo impacto das águas oligotróficas da Corrente Sul Equatorial e suas correntes derivadas.

MEDEIROS et al (1999) sugeriram que a produtividade das águas do nordeste brasileiro podem ser provenientes da exportação de material dos manguezais, via descarga fluvial, e da ressurgência de borda da plataforma. Já que verificaram que os níveis de nutrientes e biomassa fitoplânctonica eram muito baixos em toda a área, sendo menos reduzidos nas áreas da plataforma interna e em algumas áreas do talude. Chegaram a esta conclusão estudando a hidrografia, biomassa e abundância fitoplânctonica das águas do Nordeste brasileiro durante o JOPS-II-5

diante dos principais sistemas de manguezais, entre as latitudes de 3° e 9° S e longitudes 34° e 38°W, em várias profundidades (0-400m).

NEUMANN-LEITÃO et al (1999) estudaram a mesma área de MEDEIROS et al (1999) no que diz respeito a composição e diversidade do mesozoplâncton costeiro e oceânico, e concluíram que a diversidade das espécies foi alta, de acordo com a estabilidade ecológica da área.

SCHWANBORN et al (1999a) confirmaram a importância de ecossistemas de manguezais como fonte de alimentos para teias tróficas marinhas, realizando um trabalho sobre zooplâncton ao longo da costa nordeste do Brasil, de Pernambuco até o Ceará.

SCHWANBORN et al (1999b) pesquisaram, nesta mesma área e ano a composição isotópica estável da matéria orgânica particulada e do zooplâncton concluindo que não houve influência estuarina sobre a matéria orgânica particulada e do zooplâncton na plataforma.

EKAU et al (1999) realizaram a primeira descrição do ictioplâncton e a relação entre sua composição e os fatores abióticos das águas da plataforma continental do nordeste brasileiro. A conclusão foi que as comunidades estavam associadas principalmente às águas oligotróficas da Corrente Sul Equatorial e que os manguezais exerceram um impacto limitado sobre a distribuição das espécies na zona costeira.

TRAVASSOS et al (1999) verificou uma nítida influência das correntes e topografia submarina, nos bancos situados no setor oeste da Cadeia de Fernando de Noronha e na Cadeia Norte do Brasil como um todo, através da elevação das isotermas e isohalinas e da presença de diversas "mini-termoclinas" distribuídas ao longo dos perfis verticais de temperatura.

LESSA et al (1999), concluiu que não há correlação entre a abundância e qualquer outro parâmetro ambiental, com exceção da salinidade e cobertura de nuvens.

MACEDO et al (1996) fazem uma descrição sobre a hidrologia das regiões costeiras e oceânicas do nordeste brasileiro, no inverno de 1995.

RAMOS et al (1996) fizeram uma caracterização das várias formas do fósforo na zona econômica exclusiva do nordeste do Brasil.

ZAGLAGIA (1998) caracterizou a termohalina dos bancos e ilhas oceânicas do nordeste brasileiro.

CARVALHO (2000), estudou as áreas de quebra da plataforma e talude continental; Domínio Oceânico livre de influências de ilhas e bancos submersos, Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Cadeia de Fernando de Noronha e Cadeia Norte do Brasil, realizando em amostras de plâncton, a identificação dos indivíduos; frequência de ocorrência e densidade dos organismos. Concluiu que a região demonstrou ser uma área de alta diversidade específica, não demonstrando variação entre as profundidades em termos de densidade e composição taxonômica, constitui então uma área oligotrófica regida por parâmetros ambientais, possibilitando o enriquecimento da camada eutrófica, entretanto não influenciando a superfície.

#### 1.1.2. SEDIMENTOLOGIA

Os sedimentos de fundo da margem continental brasileira foram investigados pela primeira vez durante a expedição “HMS CHALLENGER”, em 1873, que coletou 19 amostras, especialmente no Nordeste (MURRAY & RENARD, 1891, apud MILLIMAN & BARRETO, 1975a). Posteriormente em 1925 e 1927 o navio oceanográfico “Meteor”, coletou mais 37 amostras.

Em 1958 ocorreu um grande salto no conhecimento dos sedimentos superficiais da plataforma continental brasileira, com início do funcionamento do Instituto de Biologia Marinha e Oceanografia, da Universidade de Pernambuco. Esse instituto qual vários trabalhos sistemáticos em colaboração com a Diretoria de Hidrografia e Navegação (DNH) da Marinha do Brasil; e com a divisão de Recursos Pesqueiros da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (DRP/SUDENE), sobre a identificação e distribuição dos sedimentos na plataforma continental brasileira. OTTMANN (1959) tratou os primeiros resultados, destas operações estudando a distribuição dos sedimentos na desembocadura do rio Amazonas, e TINOCO (1959) descreveu os foraminíferos existentes na mesma área.

COUTINHO e MORAIS (1968) apresentaram o primeiro mapa da distribuição dos sedimentos da plataforma continental entre Recife e o Cabo Orange.

MABESOONE e COUTINHO (1970) resumiram os conhecimentos da geologia litorânea e da plataforma continental do Norte e Nordeste brasileiro.

O grande impulso nos estudos marinhos no Brasil se deu com a criação do PGGM (Programa de Geologia e Geofísica Marinha), por um grupo de instituições, em 1969, o qual realizou várias operações chamadas GEOMAR. Os resultados das primeiras operações foram apresentados em 1972. Até hoje foram realizadas 25 operações GEOMAR e coletadas cerca de 3100 amostras.

Outra grande contribuição para o conhecimento dos sedimentos marinhos no Brasil se deu em 1972 com a criação do projeto REMAC (Reconhecimento Global da Margem Continental Brasileira). Os resultados dos estudos realizados na primeira fase desse projeto, constituem a mais completa coletânea sobre a sedimentação da margem continental brasileira.

Em 1977-1979 o grupo do CECO-UFRGS (Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul) editou o mapeamento detalhado dos sedimentos da plataforma continental sul-brasileira.

Em 1988 com o Projeto LEPLAC (Levantamento da Plataforma Continental Brasileira) acumulou-se uma grande quantidade de dados sobre a margem continental brasileira. Associado a este ocorreu o Projeto AmaSed que estudou a plataforma continental amazônica.

Em 1992 foi efetuado o diagnóstico ambiental oceânico e costeiro da Costa Sul, que com o patrocínio da PETROBRAS, produziu um excelente conjunto de informações sobre a cobertura sedimentar da área.

Recentemente o Programa OSNLR para o Atlântico Sudoeste realizou um valioso trabalho sobre a morfologia e sedimentologia da zona costeira e plataforma continental entre Cabo Frio (Brasil) e Península Valdés (Argentina).

Todos estes trabalhos citados estudaram o aspecto geológico da plataforma continental.

A literatura com abordagem do aspecto geoquímico dos tipos de sedimentos encontrados na plataforma continental ainda é escassa. Portanto, confere ao presente trabalho um aspecto de grande importância para o conhecimento e preservação da costa brasileira e mais especificamente a costa nordestina.

## **2. OBJETIVO**

Este trabalho tem como objetivo realizar a caracterização oceanográfica, através de análise de multiparâmetros de uma região de interesse econômico.

Realizar caracterização geoquímica da plataforma continental adjacente aos bancos oceânicos das cadeias Norte do Brasil e de Fernando de Noronha.

Fazer a caracterização hidroquímica da região.

## 2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudar as concentrações de nitrato, nitrito, amônia, silício reativo, fosfato, salinidade, temperatura, pH e oxigênio dissolvido em amostras de água.

- Caracterizar os teores de matéria orgânica, carbonato, ferro, manganês, cobre, cromo, chumbo e zinco, caracterizando geoquimicamente as amostras de areia quartzosa, areia carbonática, fragmento de conchas, *Halimeda* e *Lithothamnium*, coletadas na área em estudo.

- Examinar as concentrações de ferro, manganês, cobre, cromo, chumbo e zinco em amostras de água de estações de coletas localizadas próximas ao banco Aracati, parte integrante da Cadeia Norte do Brasil.



### **3. DESCRIÇÃO**

#### **3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA**

A área em estudo situa-se dentro do Programa REVIZEE (FIGURA 2) e está localizada entre 1°N e 5°S de latitude e entre 30° e 40°W de longitude, abrangendo uma área de aproximadamente 400.000 km<sup>2</sup>.

Esta região é dominada pela Corrente Norte do Brasil, com sentido E → W, e pela presença de bancos oceânicos rasos, com profundidade que variam entre 50 e 350 m.

Para a divisão da Zona Econômica Exclusiva (ZEE) nordestina utilizaram-se critérios que se basearam na distribuição da temperatura na profundidade de 150 m e na batimetria submarina.

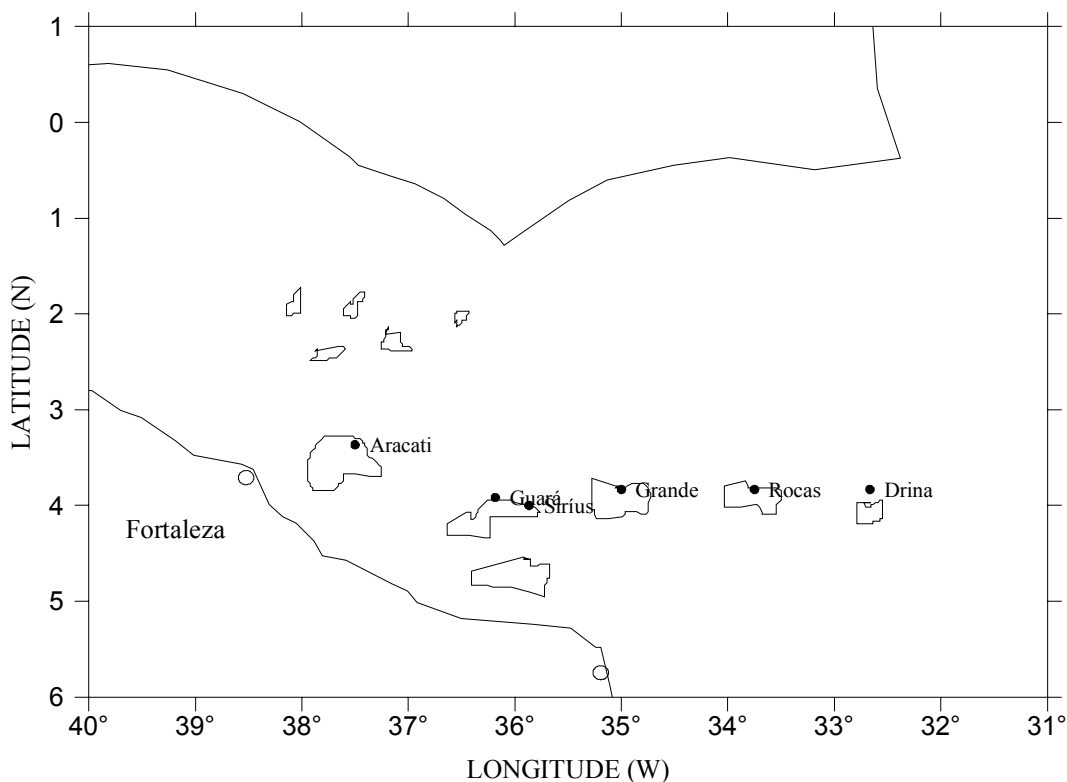


FIGURA 2 – Localização da área de estudo

Toda a dinâmica da área em estudo é fortemente influenciada pelos sistemas de ventos da região e da circulação oceânica.

Nesta área os ventos predominantes são os alísios de sudeste. A região apresenta dois sistemas sazonais de circulação marinha, um ocorrendo entre os meses de maio e outubro e outro no período que vai de novembro a abril (FIGURA 3).

No primeiro sistema de circulação marinha (de maio a outubro), os ventos alísios, apresentam-se com grande intensidade, esse fato faz com que as correntes marinhas presentes na área, Corrente Sul Equatorial (CSE) e Corrente Norte do Brasil (CNB) sejam também bastante fortes. Observa-se então, que a intensidade dos ventos leva a formação da Contra Corrente Norte Equatorial (CCNE) que tem sentido  $O \rightarrow L$ . Ocorre ainda, o giro da Corrente Norte do Brasil, fazendo com que esta corrente também se desloque no sentido  $O \rightarrow L$ , este giro se dá com a formação de redemoinhos instáveis e anticiclônicos que também faz com que a Corrente Norte do Brasil (CNB) passe a alimentar a Contra Corrente Norte Equatorial (CCNE). Isto faz com que a dinâmica de circulação marinha da área nesta época do ano ocorra no sentido  $O \rightarrow L$ .

Este sentido sofre inversão no outro período do ano, ou seja de novembro a abril a circulação marinha na área se dá no sentido  $L \rightarrow O$ . Isto ocorre porque nesta época do ano a intensidade dos ventos alísios de sudeste é bastante diminuída, minimizando portanto a influência destes na formação das correntes marinhas. Com a menor intensidade dos ventos ocorre um grande enfraquecimento e até mesmo o desaparecimento da Contra Corrente Norte Equatorial (CCNE), deixando de existir o giro no sentido  $O \rightarrow L$  da Corrente Norte do Brasil (CNB) que agora segue seu rumo normal no sentido noroeste, além disso a Corrente Norte Equatorial (CNE) se torna mais forte, fazendo com que a dinâmica de circulação na área passe a ser no sentido  $L \rightarrow O$ .

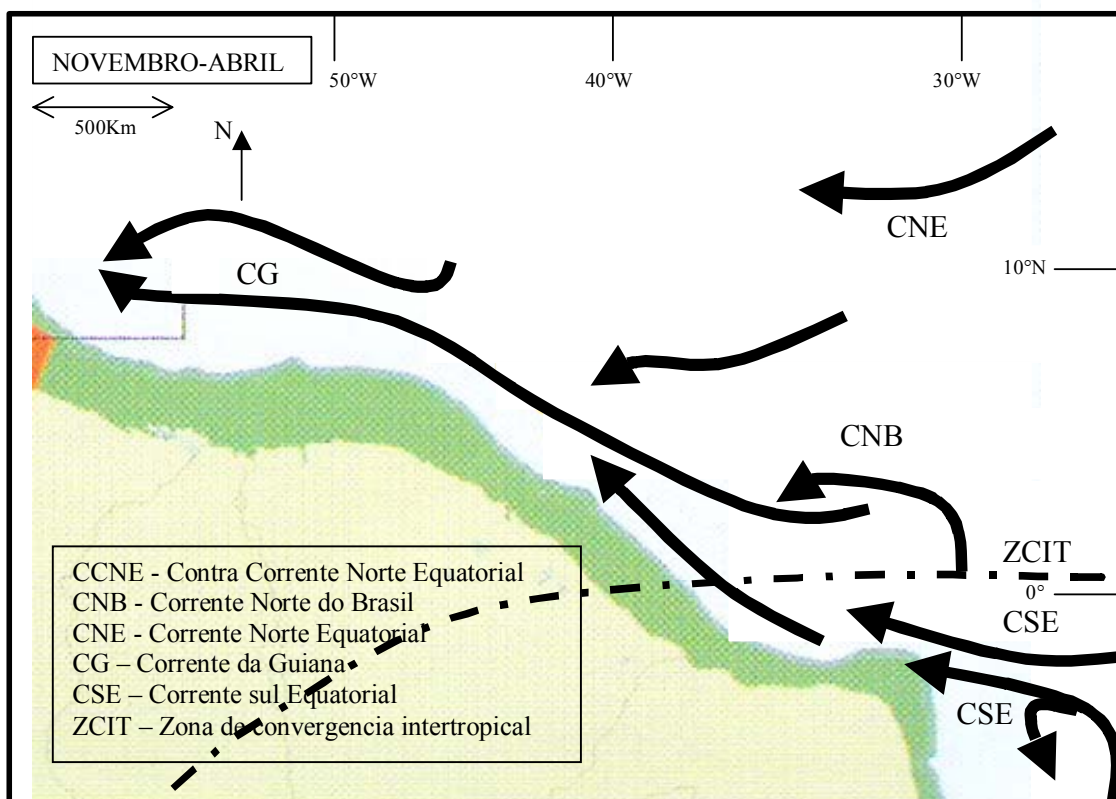
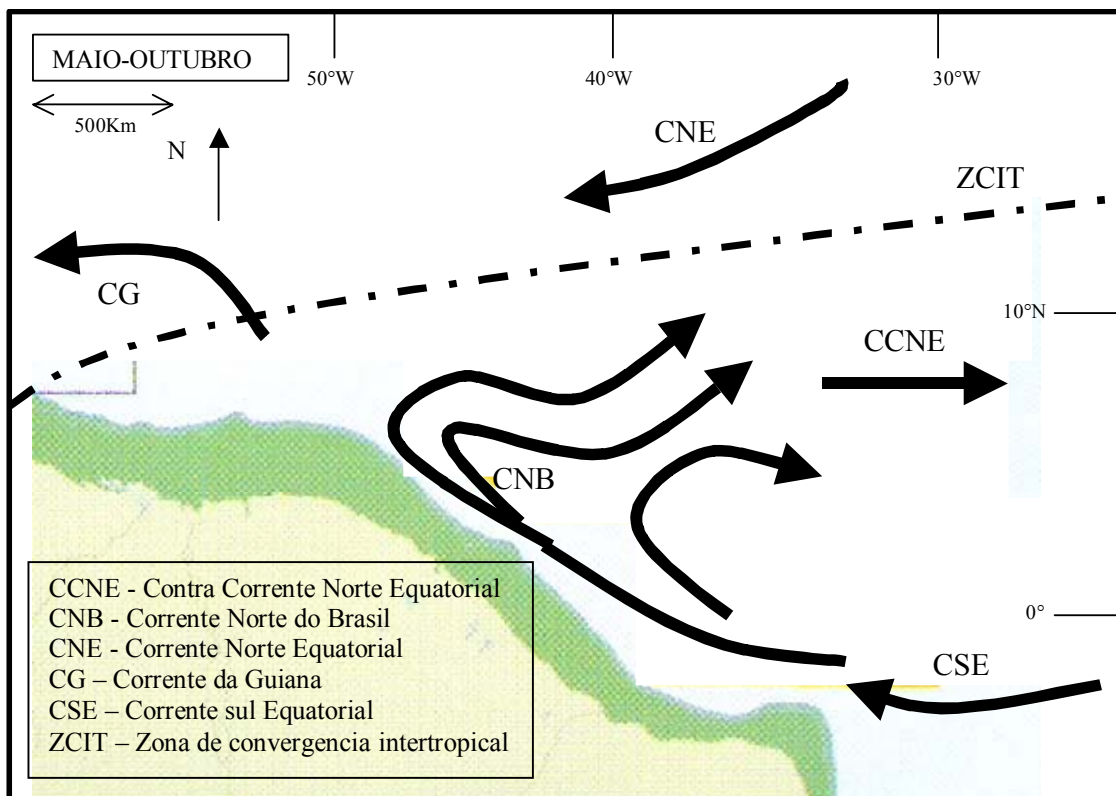


FIGURA 3 - Correntes superficiais do oceano Atlântico Equatorial Oeste (FONTE: Adaptado de: Vink, A., Zonneveld, K. A. F., Willems, H., 2000)

A batimetria da Zona Econômica Exclusiva (ZEE) do nordeste brasileiro pode ser vista na FIGURA 4.

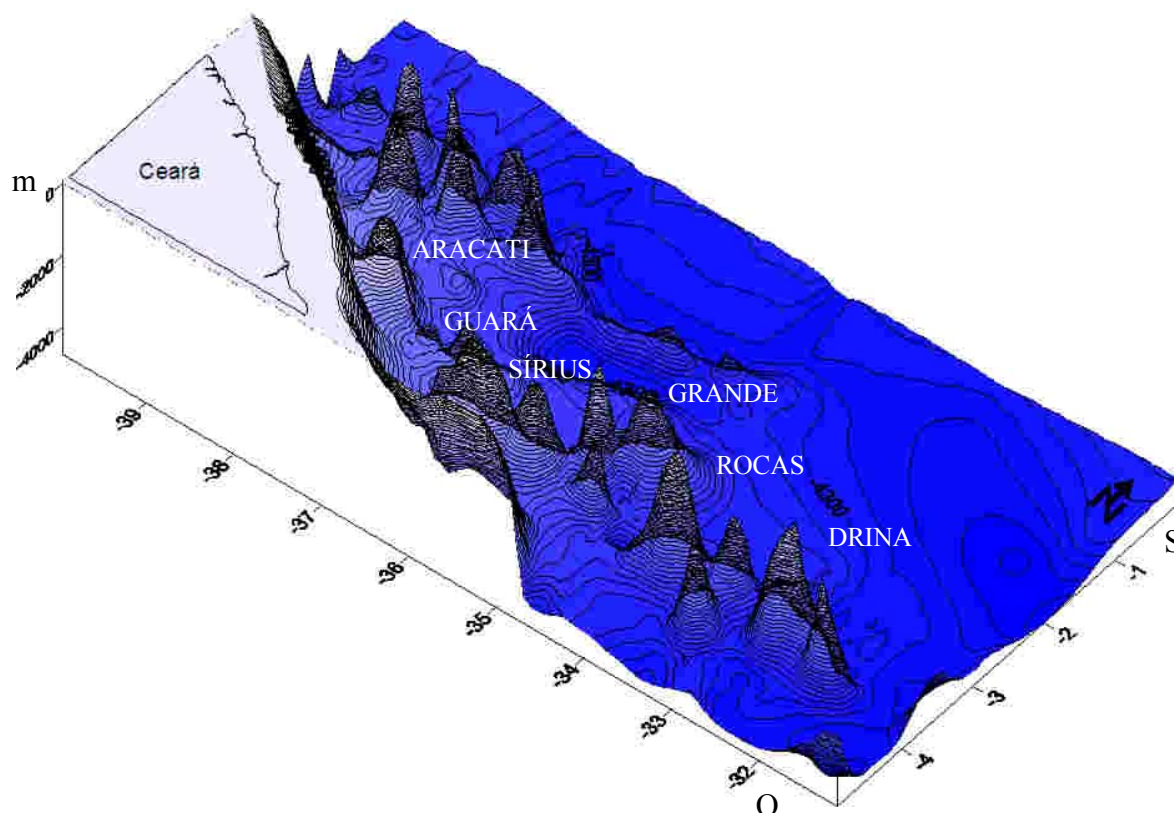


FIGURA 4 – Mapa batimétrico da Zona Econômica Exclusiva do nordeste brasileiro.

O que se sabe é que a plataforma continental é relativamente plana apresentando declividade de 1,72 m/km no ponto superior e 0°06' na parte inferior, adjacente ao continente, prolongando-se até a ruptura da plataforma que se caracteriza por uma grande quebra de gradiente (MONTÀLVERNE, 1982). A superfície aplainada é alternada com fundos ondulados, campos de dunas de areias e feições irregulares típicas dos recifes de algas e corais. O talude continental que é caracterizado pela quebra abrupta de gradiente da plataforma, como citado anteriormente, é interrompido pelo terraço do Ceará, na altura de 39°W e 2° a 2° 30' S com profundidades que variam entre 2000 e 2500 m e com largura máxima de 30 km. Observa-se ainda outra feição característica nesta região que é o platô do Ceará, onde as profundidades se reduzem drasticamente variando de 230 a 260 m. Na área do platô, o sopé continental apresenta numerosas elevações submarinas, entre as quais se destacam as que constituem o arquipélago de Fernando de Noronha. Na

região a sedimentação e morfologia são reguladas pelas cadeias Norte do Brasil e de Fernando de Noronha (COUTINHO, 1999). Estas áreas onde se situam os bancos e ilhas oceânicos em geral, segundo HAZIN (1993), são áreas onde se observa intensa atividade pesqueira, o que as torna de extrema importância econômica e de interesse científico.

### 3.1. CADEIA NORTE DO BRASIL

A Cadeia Norte do Brasil é de origem vulcânica, tendo seus bancos situados entre as latitudes de 1°S e 3°S e as longitudes de 37°W e 39°W, sendo o maior e mais representativo banco desta cadeia o banco Aracati com 55,5 km x 33,3 km, localizado a 83,3 km da costa, os outros agrupamentos de bancos se situam à seu noroeste. A FIGURA 5 mostra a localização destes bancos. Esta cadeia interrompe a continuidade do sopé entre 46 e 35°W e apresenta topografia irregular e rugosa. Está disposta paralelamente à base do talude continental. Apresenta-se como uma crista estreita, alongando-se por 1300 km, distanciando-se do talude continental cerca de 150 a 200 km. A cadeia divide-se em dois segmentos, ambos com direção L → O e ligados por um segmento intermediário de direção NO → SE. (COUTINHO, 1995)

A Cadeia Norte do Brasil tem largura em torno de 45 km de base, exceto em regiões que apresentam dois picos, onde se alonga até 75 km e se eleva acima do sopé continental com relevo entre 300 e 400 m.

Os bancos desta cadeia estão inseridos na região onde a Corrente Norte do Brasil torna-se mais intensa, apresentando, no início do ano, velocidades entre 30 a 50  $\text{cm.s}^{-1}$ , podendo alcançar até 100  $\text{cm.s}^{-1}$  no período do inverno (agosto) (RICHARDSON e MCKEE, 1984).

Estes bancos são arenosos e associados a eles se encontram algas calcárias, especialmente as *lithothamnium*, além de foraminíferos e briozoários. Em profundidades além dos 70 m, MABESONE E COUTINHO (1970), observaram que os sedimentos são de origem essencialmente biodetrítica com maior mistura da parte abiótica. Os sedimentos são de idade recente.

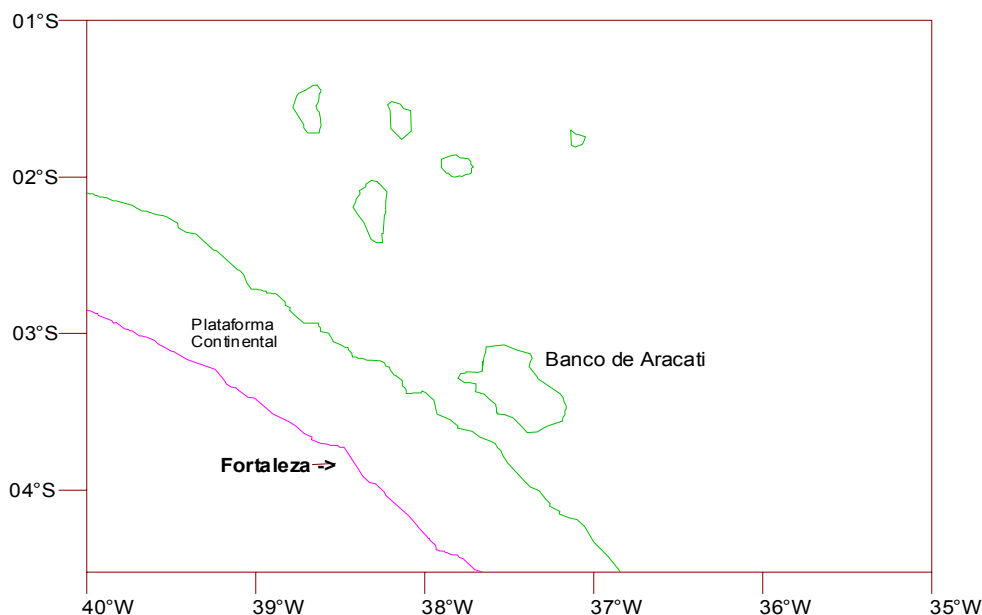


FIGURA 5 – Localização dos Bancos da Cadeia Norte do Brasil. Fonte: Becker, 2001.

### 3.2. CADEIA DE FERNANDO DE NORONHA

A cadeia de montes submarinos de Fernando de Noronha eleva-se acima do sopé continental entre 2° e 4°30' S, estendendo-se em direção a base do talude continental até a altura de 31°W. Os montes submarinos ascendem até profundidades inferiores a 250m, e alguns alcançam a superfície como o Atol das Rocas e Fernando de Noronha, e vários outros se apresentam como “guyots” (montes com seus topos aplainados pela abrasão).

Como podemos ver na FIGURA 6, a cadeia de Fernando de Noronha está localizada entre as latitudes de 3° e 5° S e as longitudes de 32° e 37° W, sendo seus principais representantes o Arquipélago de Fernando de Noronha e o Atol das Rocas, e como subordinados encontram-se os bancos Guará, Sírius, Grande e Drina.

Esta cadeia tem origem vulcânica, sendo que o vulcanismo que lhe deu origem tem cerca de 2 a 12 milhões de anos. A cobertura sedimentar, observada por OTTMANN (1959), consiste em fragmentos de algas calcárias, dos tipos *Halimeda* e *Lithothamnium*.

Os ventos que influenciam a área são os de sudeste, e a corrente é a Corrente Sul Equatorial (CSE).

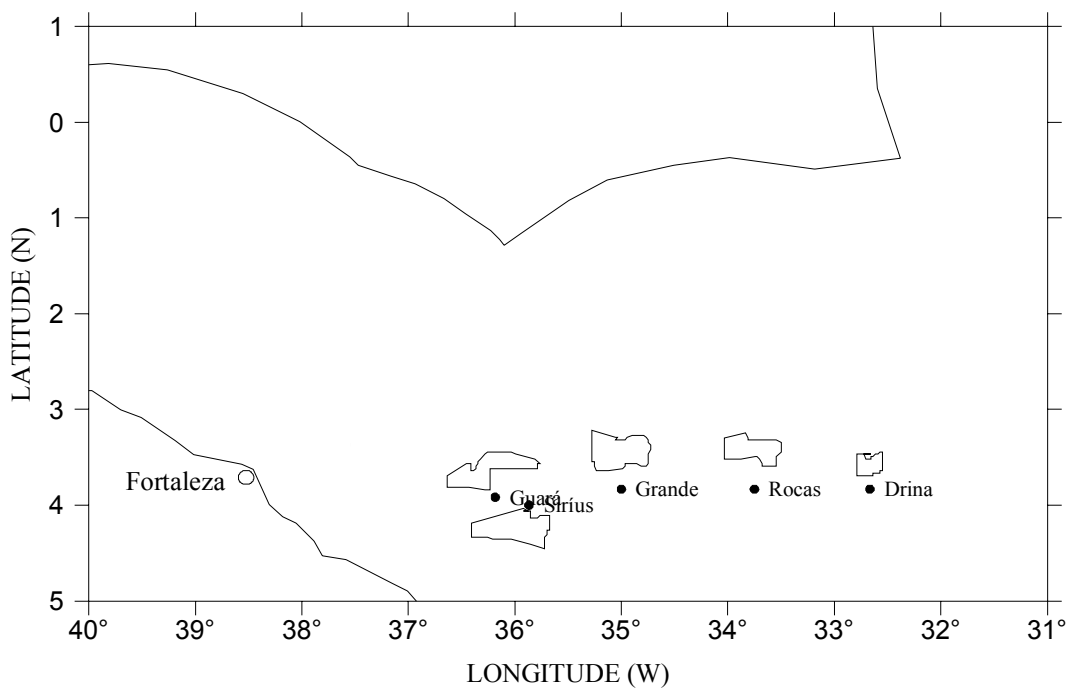


FIGURA 6 – Localização dos Bancos da Cadeia de Fernando de Noronha.



## 4. METODOLOGIA

### 4.1. COMISSÕES E ESTAÇÕES DE COLETA

As amostras de sedimento e água utilizadas no presente estudo foram coletadas a bordo do navio oceanográfico Antares da Marinha do Brasil, (FIGURA 7), em uma série de comissões oceanográficas destinadas, dentro do âmbito do Programa REVIZEE, a obter informações da Zona Econômica Exclusiva do norte e nordeste brasileiro.



FIGURA 7 - Navio oceanográfico ANTARES da Marinha do Brasil. FONTE: Becker, 2001.

A área pesquisada está inserida no Programa REVIZEE. Foram coletadas 8 estações e 19 amostras de sedimentos coletadas nos anos de 1997, 1998 e

2000 e 34 estações e 272 amostras de água coletadas no ano de 2000. O QUADRO 1 mostra os detalhes dos cruzeiros realizados e a FIGURA 9 mostra a localização das estações de coleta das amostras de água. Na FIGURA 10 podemos ver a localização das estações de coleta de sedimento.

QUADRO 1 - Detalhes dos cruzeiros realizados  
AMOSTRAS DE SEDIMENTO

Operação	Cruzeiro	Período	Área	Número de estações	Número de amostras
Nordeste II	P3	13/02 a 24/02/97	Plataforma Externa	2	4
Nordeste III	P2 e P3	27/05 a 09/06/98	Plataforma Externa	4	10
Nordeste IV	P4	03/11 a 18/11/00	Plataforma Externa e banco Aracati	2	5
<b>TOTAL</b>				<b>8</b>	<b>19</b>

AMOSTRAS DE ÁGUA

Operação	Cruzeiro	Período	Área	Número de estações	Número de amostras
Nordeste IV	P4	03/11 a 18/11/00	C. Norte/Noronha/Rocas	34	272
<b>TOTAL</b>				<b>34</b>	<b>272</b>

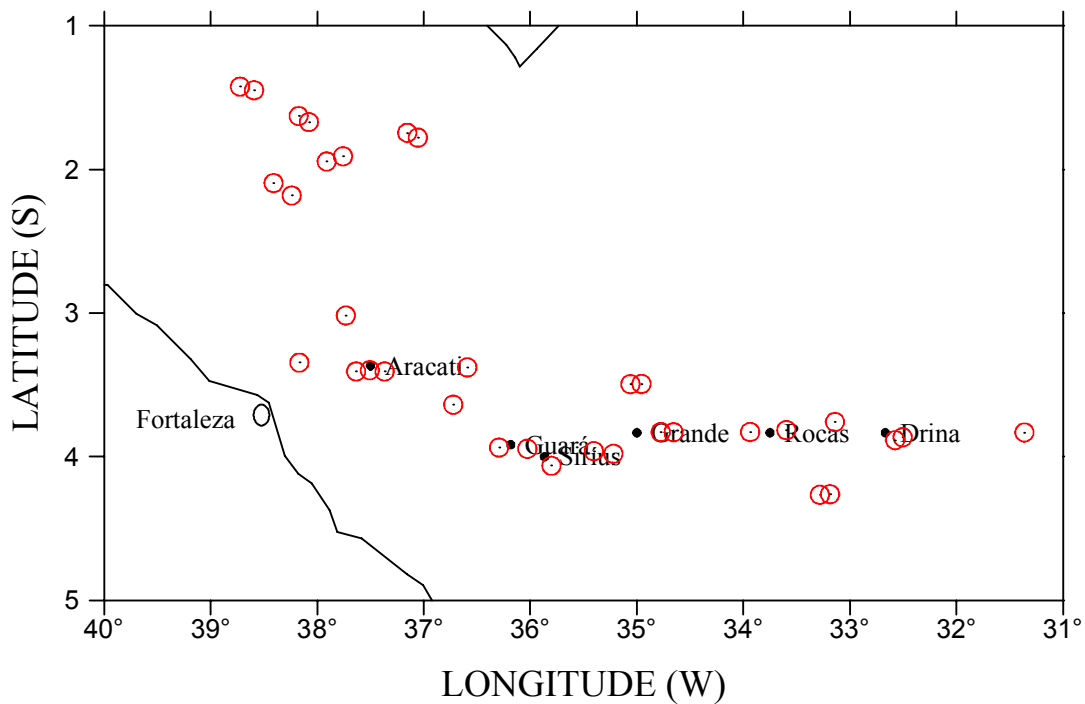


FIGURA 08 - Localização das estações de coleta de água da comissão REVIZEE Nordeste IV – Novembro de 2000.

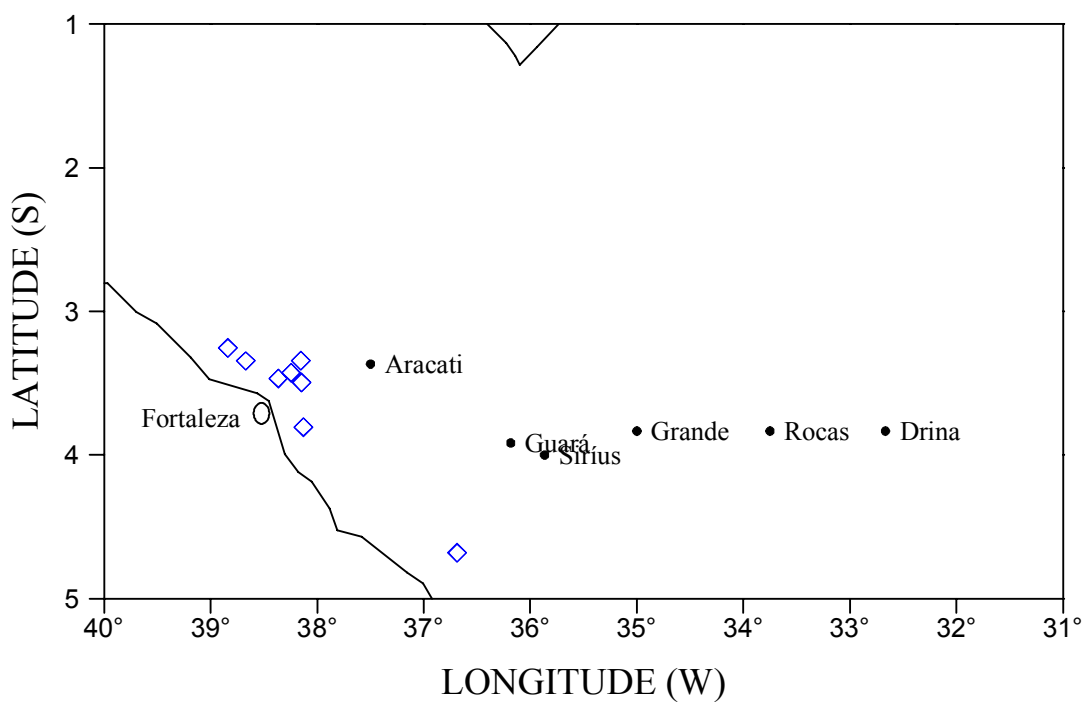


FIGURA 09 - Localização das estações de coleta de sedimento da comissão REVIZEE Nordeste IV – Novembro de 2000.

## 4.2. SEDIMENTOS

As amostras foram coletadas através do uso de draga retangular de arrasto, que estava revestida internamente por tecido, para evitar a perda do material fino (FIGURA 10), após o arrasto a o tecido e seu conteúdo eram ligeiramente lavados com água destilada. A amostra então era acondicionada em sacos plásticos e congelada. Após a coleta, as amostras foram recebidas e catalogadas pelo Laboratório de Geologia Marinha da UFC. No Laboratório foram realizados os procedimentos de dessalinização, secagem e peneiramento.

A secagem foi realizada em uma estufa Technal equipada com bandejas de borosilicatos e submetidas por 48 horas à temperatura de 60 °C. Após a secagem as amostras foram quarteadas e peneiradas em peneiras de PTFE, com malhas de 2,0 mm. Em seguida foram armazenadas em frascos de PVC.

Os procedimentos de preparo das amostras, soluções padrão e detecção foram realizados no Laboratório de Estudos em Química Aplicada, LEQA, da UFC.



FIGURA 10 – Draga retangular usada nas coletas de sedimento, a bordo do Noc. ANTARES durante a operação REVIZEE - NEIV.

As amostras de sedimento de cada estação foram compartimentadas, separando-se os vários tipos de sedimento encontrados, o que resultou em amostras de algas calcárias *Halimeda*, algas calcárias *Lithothamnium*, areia carbonática, areia quartzosa e fragmentos de concha (FIGURA 11). Para a abertura total foram pesadas

30 mg de amostra em uma balança analítica com precisão de  $\pm 0,1$  mg, sendo cada amostra pesada em duplicata.

O procedimento empregado para a decomposição, utilizou 2,0 mL de água régia ( $\text{HNO}_3$  :  $\text{HCl}$  1:3) e 5 mL de HF. Em todos os procedimentos as amostras digeridas foram retomadas em um volume total de 50 mL.

Para a decomposição das amostras se empregou forno de microondas (Multiwave, ANTON PAR), equipado com um rotor de capacidade de 10 frascos. O programa utilizado foi dividido em três etapas conforme apresentado na TABELA 1, com tempo total de 36 min.

TABELA 1 – Programa de aquecimento do forno de microondas

Etapa	Potência (W)	Tempo (min)
1	400 – 1000	6
2	1000	15
3	0	15



FIGURA 11 – Tipos de sedimento encontrados nas amostras coletadas a bordo do Noc. ANTARES durante a operação REVIZEE - NEIV.

Para a detecção das concentrações de metais, foi empregado espectrometria de emissão atômica, através de um espectrômetro de emissão atômica modelo Optima 4300 (PERKIN ELMER). Com nebulizador pneumático de fluxo cruzado.

Para a quantificação utilizou-se o método da curva de calibração com soluções padrão. Os parâmetros instrumentais estão apresentados na TABELA 2.

A determinação do teor de metais foi realizada em dois comprimentos de ondas para cada elemento, com o intuito de prevenir qualquer interferência na quantificação. Na TABELA 3 estão os comprimentos de ondas empregados para o monitoramento de cada elemento estudado.

TABELA 2 – Parâmetros instrumentais para o ICP-AES Optima 4300

Parâmetro	Valor
Potência da fonte de radiofrequência (W)	1350
Fluxo do nebulizador (L min <sup>-1</sup> )	0,8
Fluxo do gás auxiliar (L min <sup>-1</sup> )	15
Fluxo do gás do plasma (L min <sup>-1</sup> )	1,8
Fluxo do gás da amostra (L min <sup>-1</sup> )	0,8
Posição do detector	Axial
Número de replicata	3
Módulo de integração de sinal	Área

TABELA 3 – Comprimento de ondas utilizados na detecção do ICP-AES Optima 4300

Elemento	Comp de Onda (nm)	Comp. de Onda (nm)
Cr	267.716	205.560
Cu	327.393	324.752
Mn	257.610	213.857
Fe	239.562	238.204
Pb	220.353	217.000
Mn	257.610	259.372
Zn	206.200	213.857

Todos as soluções foram preparadas empregando-se água Milli-Q.

Para a construção da curva de calibração foram preparadas soluções padrões multielementares, a partir de soluções estoque de 1000 mg/L dos elementos Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Fe e Zn nas concentrações de 1,0; 5,0; 7,5 e 10,0 mg/L, todos reagentes eram da marca Agros.

Os valores dos limites de detecção para a determinação dos metais nos sedimentos podem ser vistos na TABELA 4.

TABELA 4 – Valores dos limites de detecção dos metais determinados nas amostras de sedimento.

Elemento	Limite de Detecção ( $\mu\text{g/g}$ )
Cr	0,013
Cu	0,009
Mn	0,002
Pb	0,03
Fe	0,01
Zn	0,01

#### 4.3. HIDROLOGIA

As atividades das análises hidroquímicas foram desenvolvidas tanto a bordo do navio como no Laboratório de Química Ambiental (LAQA) do Departamento de Química Analítica e Físico Química da Universidade Federal do Ceará. As seguintes variáveis foram analisadas: temperatura, salinidade, pH, oxigênio dissolvido, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, fosfato e silício reativo gerando 272 parâmetros.

Para obter-se os perfis de salinidade e temperatura utilizou-se um perfilador CTD (condutividade, temperatura e densidade) modelo SPE 911 plus, o qual era acoplado a uma rosseti, como se pode ver na FIGURA 12. As amostras foram coletadas por meio de uma rosseti, contendo 12 garrafas de Niskin com capacidade para 5 dm<sup>3</sup> cada, modelo SBE 32. O equipamento, como citado acima, era acoplado e operado juntamente com o CTD; esta montagem era feita com um cabo de aço contendo fibra ótica em seu interior enviando dados sobre profundidade, condutividade, temperatura e densidade, permitindo assim que se obtivesse o monitoramento da profundidade, o qual era feito através de um computador localizado no laboratório do navio de onde era efetuado o disparo para o fechamento

das garrafas. Todos os lançamentos foram acompanhados através do programa SEASOFT versão 4,217.

As amostras destinadas à análise dos nutrientes foram imediatamente congeladas em freezer existente no navio, a uma temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$ , sendo reservadas para posterior análise. A determinação do pH, efetuada ainda a bordo, imediatamente após a coleta foi realizada através de um potenciômetro da marca ORION modelo 420A e um eletrodo de vidro combinado marca ORION segundo GRASSHOF et al (1983). A calibração do equipamento foi feita com padrões de pH 4,00 e 7,00 sempre antes de se efetuar as medidas.



FIGURA 12 – CTD e rosseti acoplados, usados nas coletas a bordo do Noc. ANTARES durante a operação REVIZEE - NEIV.

O oxigênio dissolvido também foi determinado ainda a bordo, imediatamente após a coleta, utilizando-se o método de Whinkler modificado e desenvolvido por STRICKLAND e PARSONS (1972). Uma bureta digital de 50 mL, marca HIRSCHMANN LABORGERATE, precisão de 0,1% foi utilizada nas titulações. As amostras foram tituladas, no mínimo, em duplicata. Todos os cuidados



na coleta e análise foram tomados, conforme preconizado pela metodologia adotada e a solução de tiosulfato de sódio era titulada diariamente. A percentagem de saturação foi calculada conforme as tabelas da UNESCO (1973), que correlacionam a solubilidade do oxigênio com a temperatura e a salinidade da água.

Oito níveis de profundidade, em cada estação, foram definidos tanto em função da luminosidade como pelo comportamento da termoclina. Cálculos que utilizaram a Tabela de Extinção Percentual da Luz Solar, foram efetuados para a determinação do nível de luminosidade, pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) do Ministério da Marinha, através da profundidade de desaparecimento do disco de Sechhi ( $\Phi = 30$  cm), o qual era sempre lançado pela manhã. A máxima profundidade de coleta foi de 1000 metros. A medida da profundidade local foi efetuada por um ecobatímetro SINRAD EA-500. As nomenclaturas utilizadas para as profundidades coletadas se encontram especificadas abaixo.

S – Superfície ou 100% de luminosidade

50% - 50% de luminosidade

1% - 1% de luminosidade

ITS – início da termoclina sazonal

MTS – meio da termoclina sazonal

FTS – fim da termoclina sazonal

FT – fim da termoclina permanente.

F - fundo

Os valores das concentrações do fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e nitrogênio amoniacal ( $\text{NH}_3^+$ ) foram determinados posteriormente no Laboratório de Química Ambiental (LAQA) da UFC, tendo sido obtidos segundo a metodologia descrita por AMINOT e CHAUSSEPIED (1983). O silício reativo (Si) foi analisado conforme GRASSHOFF et al (1983). As únicas modificações nas metodologias adotadas foram o uso de curvas de calibração ao invés de um fator e que os padrões foram preparados em solução de cloreto de sódio p/p 3,2% ou água do mar pobre em nutrientes.

Paras medidas das absorbâncias empregou-se um espectrofotômetro de duplo feixe, da marca VARIAN modelo 1E, em cubetas de 1 cm de percurso ótico, adquirido pelo Programa REVIZEE especialmente para estas determinações. As amostras analisadas, no mínimo, em duplicata, com uma curva de calibração

sempre acompanhando cada lote de amostra a ser analisado. Todas as soluções necessárias aos métodos foram preparadas com água de um mili-Q e com reagentes P.A.. As vidrarias de análise e frascos de coleta foram descontaminados com ácido clorídrico v/v 10%.

Os limites de detecção para os nutrientes analisados nas amostras de água estão na TABELA 5.

TABELA 5. Valores dos limites de detecção dos nutrientes determinados nas amostras de água.

Nutrientes	Limite de detecção ( $\mu\text{mol/L}$ )
Nitrato	0,123
Nitrito	0,022
Amônia	0,192
Fosfato	0,01
Silício reativo	0,237

Para a determinação dos teores de metais em água do mar utilizou-se a técnica de emissão atômica, empregando ICP-OES (Optima 4300, Perkin Elmer) com câmara de nebulização tipo V-Groove. Contudo a determinação direta de metais em água do mar, pode acarretar diversos problemas matriciais e espectrais gerando erros consideráveis na quantificação. A fim de se evitar interferências na determinação dos elementos, empregou-se curvas padrão dos metais em meio de NaCl 3,2 % m/v. Os valores dos limites de detecção dos metais nas amostras de água podem ser visualizados na TABELA 6.

TABELA 6. Valores dos limites de detecção dos metais determinados nas amostras de água.

Metais	Limite de detecção ( $\mu\text{g/L}$ )
Ferro	12
Manganês	2,4
Cobre	3,4
Chumbo	0,65
Cromo	7,3
Zinco	9,9

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados encontrados neste trabalho serão tratados em momentos diferentes. De modo que primeiramente discutiremos sobre a caracterização dos parâmetros físicos e químicos analisados na coluna d'água, tanto horizontalmente quanto verticalmente, nas oito profundidades já citadas anteriormente. Estes terão, além da descrição na área, no final a primavera de 2000 (hemisfério sul), uma comparação com dados obtidos na área no final do verão de 1997 e final do outono de 1998 (hemisfério sul), por BECKER (2001).

Será descrito, mas não será comparado com o trabalho acima citado, os parâmetros: Amônia que não foi estudado em nenhuma destas estações, OD que não foi pesquisado, durante o verão de 1997 e todos os parâmetros na camada da coluna d'água na profundidade de fundo, que também não foi contemplada.

Posteriormente trataremos da caracterização dos sedimentos e em seguida dos metais na coluna d'água.

### 5.1. TEMPERATURA - VARIAÇÃO HORIZONTAL

#### SUPERFÍCIE

A distribuição horizontal da temperatura na camada superficial da coluna d'água, durante a primavera de 2000, na área em estudo, mostrou que temos um máximo de 28,67 °C e um mínimo de 26,77 °C, sendo a média da região igual a 27,05 °C, menor que as do verão de 1997 (27,70 °C) e outono de 1998 (28,32 °C). Esta camada tem uma profundidade média de 3,8 m, apresentando uma amplitude de

variação térmica de 1,9 °C. Comparando esses resultados com os encontrados no verão de 1997 e outono de 1998, pode-se dizer que: O ponto máximo de temperatura foi encontrado no Banco Aracati, como também para o outono de 1998, enquanto que no verão de 1997 esse ponto localizava-se sobre o Atol das Rocas. Na primavera a temperatura máxima foi maior que a encontrada para o verão (28,07 °C) e menor que a do outono (28,80 °C). O mínimo de temperatura foi encontrado após o banco Drina (nas proximidades de Fernando de Noronha), coincidindo com a localização da temperatura mínima encontrada no verão de 1997, enquanto que no outono o mínimo foi encontrado no Atol das Rocas. A temperatura mínima da primavera foi menor que a do verão e do outono. A amplitude de variação da temperatura na primavera foi maior que a encontrada para o verão (0,62 °C) e para o outono (1,04 °C). A região demonstra grande homogeneidade para este parâmetro, apresentando um sutil crescimento na região do banco Aracati, como pode ser visto na FIGURA 13.

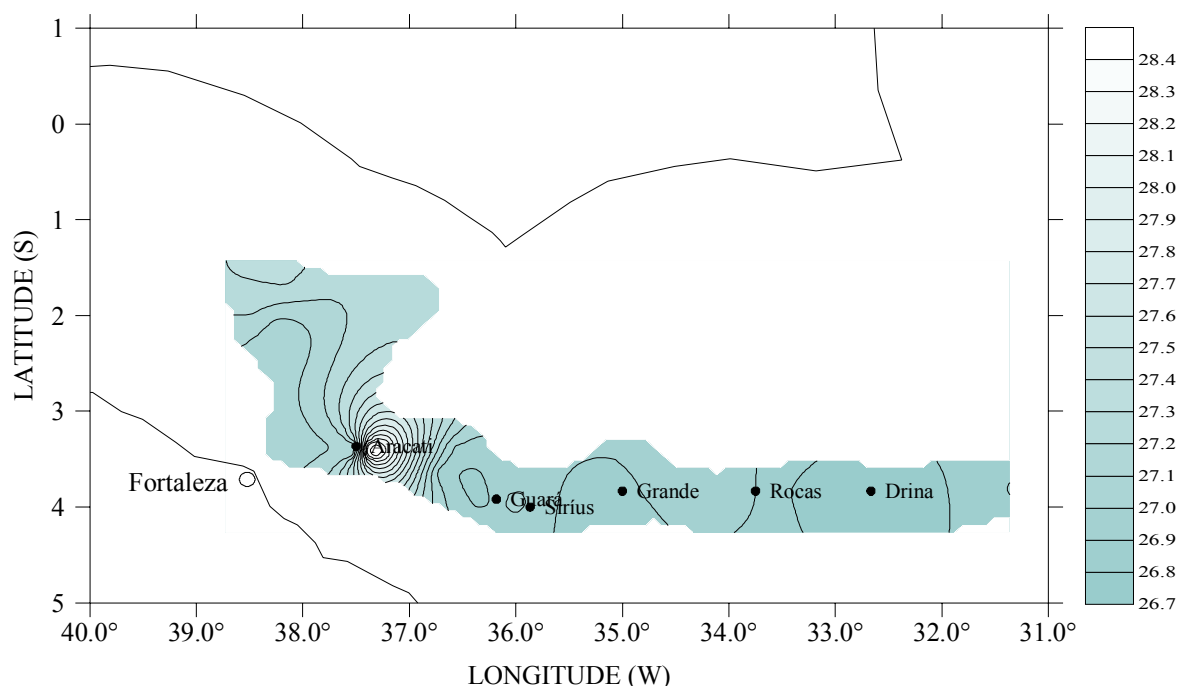


FIGURA 13 – Distribuição da temperatura (°C) na camada superficial da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

### 50% DE LUMINOSIDADE

Esta camada da coluna d'água, com profundidade média de 12,9 m apresentou uma distribuição semelhante à superfície, apenas com uma levíssima queda dos valores obtidos nesta. Temos um máximo de 28,33 °C encontrado na região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil, um mínimo de 26,70 °C, localizada após o banco Drina (nas proximidades de Fernando de Noronha) e uma média de 27,05 °C, também menor que as do verão (27,68 °C,) e do outono (28,31 °C) . A amplitude de temperatura foi de 1,65 °C, também como na camada anterior esta amplitude é maior que a encontrada para o verão (0,53 °C) e para o outono (1,02 °C). A temperatura máxima da primavera de 2000 foi maior do que a do verão de 1997 (27,98 °C, localizada acima do Atol das Rocas) e menor que a do outono de 1998 (28,78 °C, detectada entre os bancos Aracati e Guará). A temperatura mínima da primavera foi menor que a do verão (27,45 °C, próximo ao banco Drina) e do outono (27,76 °C, próximo ao Banco Aracati). A camada encontra-se homogênea na distribuição da temperatura, apresentando uma leve elevação na região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil e banco Aracati, como podemos ver na FIGURA 14.

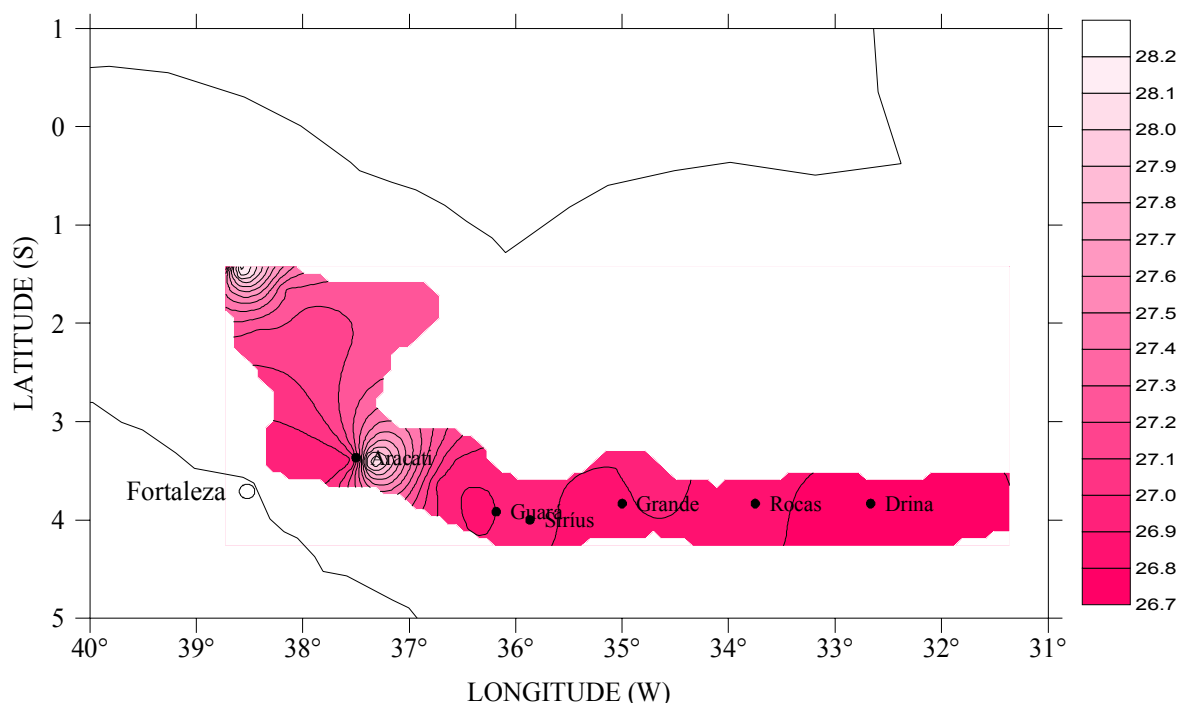


FIGURA 14 – Distribuição da temperatura (°C) na camada 50% da luminosidade da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

### 1% DE LUMINOSIDADE

Para esta camada foi encontrada uma profundidade média de 63,32 m, com um máximo de temperatura de 28,37 °C, na região do banco Aracati, um mínimo de 23,19 °C situada nas proximidades do banco Aracati, e uma média de 26,73 °C, ligeiramente menor que as do verão (26,80 °C) e outono (26,76 °C) . A amplitude foi de 5,18 °C, menor que as encontradas , tanto para o verão de 1997 (5,48 °C), quanto para o outono de 1998 (5,5 °C) tendência inversa à das camadas anteriores. A temperaturas máxima e mínima foram respectivamente maiores que as do verão (27,84 °C, próximo ao Atol das Rocas; 22,36°C, próximo ao banco Guará) e menores que a do outono (28,93 °C, no banco Grande ; 23,43 °C, no banco Sírius). Este parâmetro encontra-se distribuído de forma homogênea, com pouca variação ao longo da área. Conforme o que mostra a FIGURA 15.

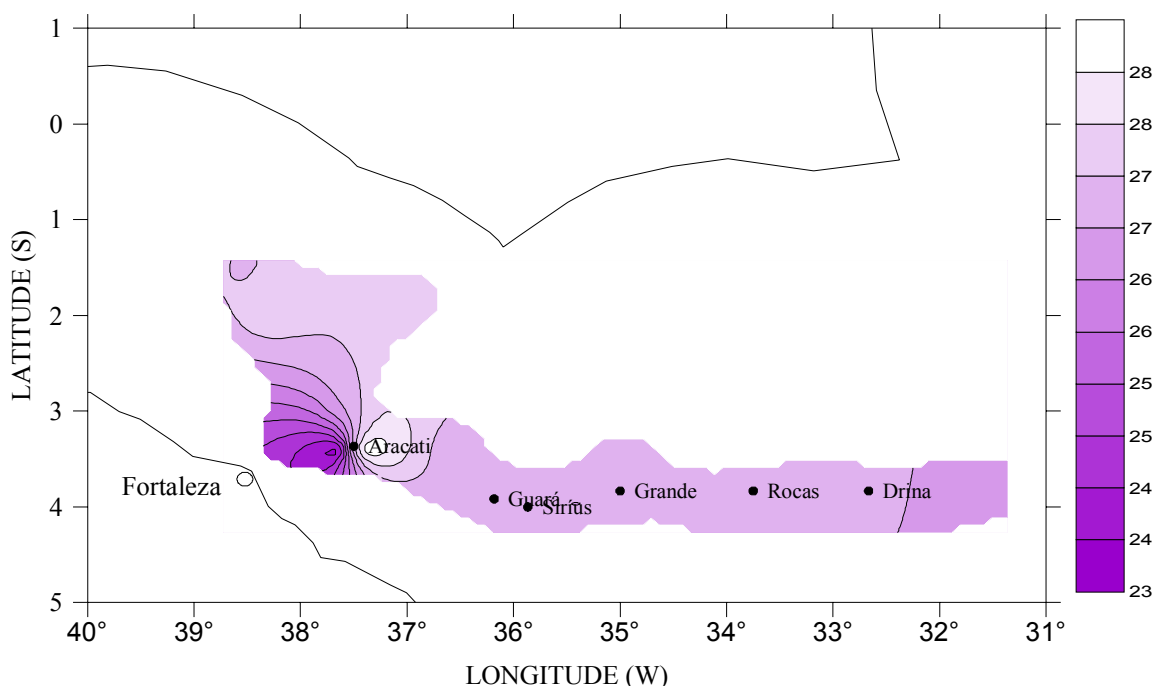


FIGURA 15 – Distribuição da temperatura (°C) na camada 1% da luminosidade da coluna d’água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

### INÍCIO DA TERMOCLINA SAZONAL

Na FIGURA 16, podemos observar para esta camada, que a homogeneidade, na distribuição deste parâmetro, não é verificada como nas camadas anteriores, na realidade, detecta-se várias “micro-regiões” com vórtices de temperatura. A profundidade média desta camada foi de 97 m. Encontramos uma

temperatura máxima de 27,02 °C, na região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil, que é menor que as do verão de 1997 (27,84 °C, no Atol das Rocas) e do outono de 1998 (28,93 °C, no banco Grande), e uma temperatura mínima de 19,09 °C, na região localizada próximo ao banco Grande, também menor que a do verão (22,36 °C, no banco Guará), porém maior que a do outono (16,16 °C, abaixo do Atol das Rocas), com uma média de 24,70 °C menor que as encontradas tanto para o verão quanto para o outono (26,79 °C, e 26,44 °C, respectivamente). A amplitude de variação térmica foi de 7,93 °C, sendo maior do que a encontrada para o verão de 1997 (5,48 °C) e menor que a do outono de 1998 (12,77 °C).

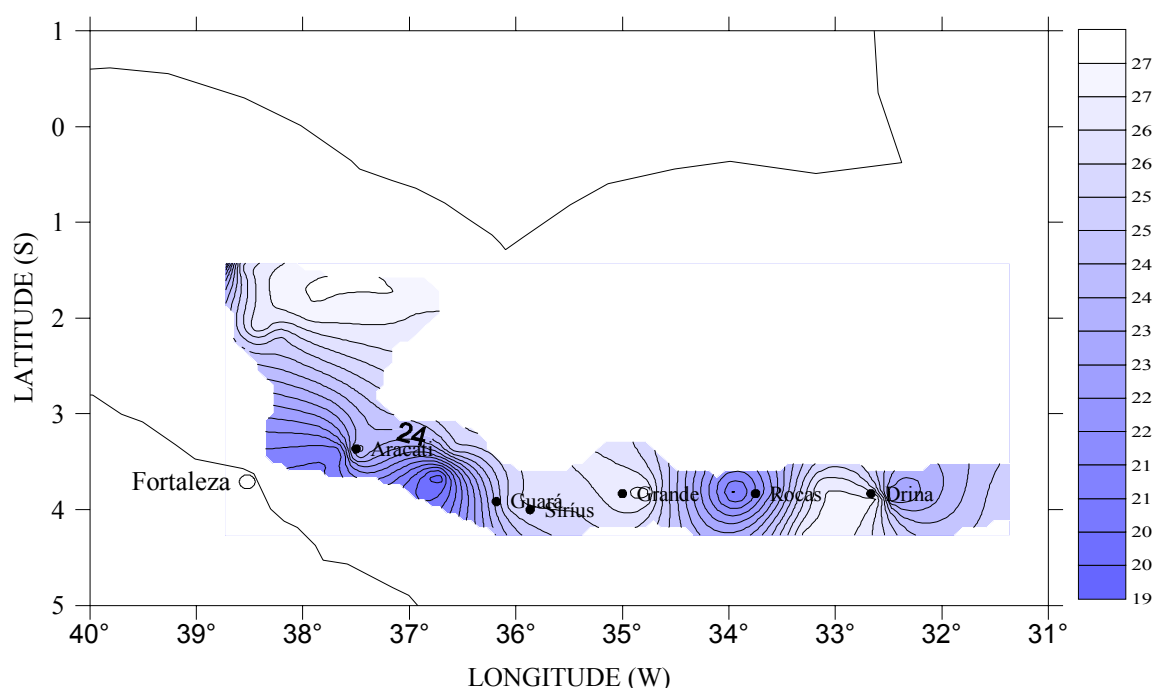


FIGURA 16 – Distribuição da temperatura (°C) na camada início da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

#### MEIO DA TERMOCLINA SAZONAL

Nesta camada que apresentou profundidade média de 134 m, podemos observar uma temperatura máxima de 25,89 °C, localizada acima do banco Grande, sendo maior que a do verão de 1997 e menor que a do outono de 1998, (24,66 °C, no banco Drina e 27,36 °C, nos bancos da Cadeia Norte do Brasil, respectivamente) enquanto que a temperatura mínima encontrada foi de 13,68 °C, mostrando-se inversa da temperatura máxima, ou seja menor que a do verão (17,20 °C) e maior que a do outono (8,36 °C) localizado no Atol das Rocas, e uma média de 17,91 °C, sendo

menor que a do verão (19,78 °C) e que a do outono (18,93 °C). A amplitude de variação da temperatura foi de 12,21 °C, sendo maior que a encontrada para o verão de 1997 (7,46 °C) e menor que a do outono de 1998 (19,00 °C) como aconteceu nas outras profundidades, excetuando-se a camada imediatamente superior a esta (início da termoclina sazonal). A região encontra-se, bem definida quanto a distribuição da temperatura. De acordo com a FIGURA 17, podemos observar duas áreas, onde as temperaturas mais altas se localizam entre os bancos Aracati e Grande, e se torna menor em direção ao Atol das Rocas.

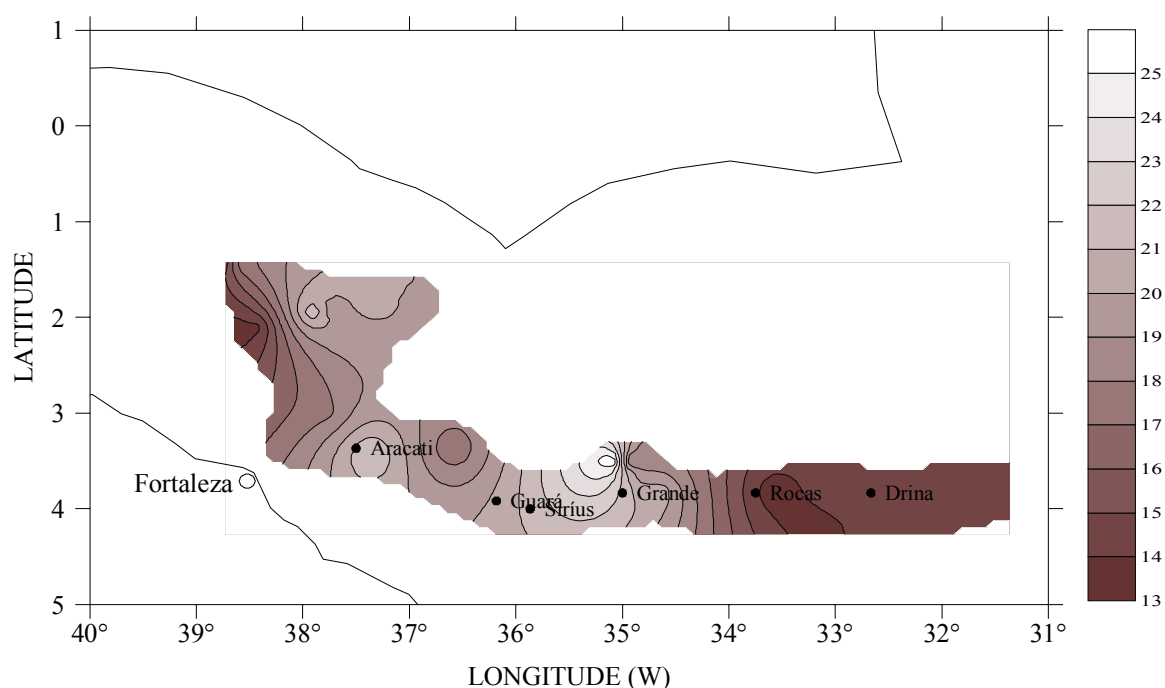


FIGURA 17 – Distribuição da temperatura (°C) na camada meio da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

#### FIM DA TERMOCLINA SAZONAL

Aqui encontramos a temperatura máxima de 22,19 °C, localizada nos bancos da Cadeia Norte do Brasil, entretanto nas proximidades do banco Sirius, encontramos um valor muito próximo ao máximo (22,18 °C), a temperatura máxima encontrada foi maior que a do verão de 1997 (19,36 °C, banco Aracati) e menor que a do outono de 1998 (23,67 °C, nos bancos da Cadeia Norte do Brasil) o valor mínimo encontrado foi de 12,13 °C, além do banco Drina, sendo maior que os valores encontrados tanto para o verão (11,18 °C, próximo ao Atol das Rocas), quanto para o outono (8,01 °C, nos bancos da Cadeia Norte do Brasil), a temperatura



média para esta profundidade foi de  $15,67^{\circ}\text{C}$ , também maior que as encontradas para as outras duas estações do ano ( $14,32^{\circ}\text{C}$  – verão de 1997 e  $13,43^{\circ}\text{C}$  – outono de 1998), e amplitude de  $12,06^{\circ}\text{C}$ , maior que a do verão ( $8,18^{\circ}\text{C}$ ), menor que a do outono ( $15,66^{\circ}\text{C}$ ). A distribuição da temperatura, apresenta-se bastante homogênea, com as mínimas encontradas na direção de Fernando de Noronha, e apenas alguns vórtices com temperaturas mais elevadas, próximos aos bancos Guará e Sirius, e na região dos bancos da Cadeia Norte de Brasil, como podemos verificar na FIGURA 18. A profundidade média desta camada da coluna d'água foi de 157 m.

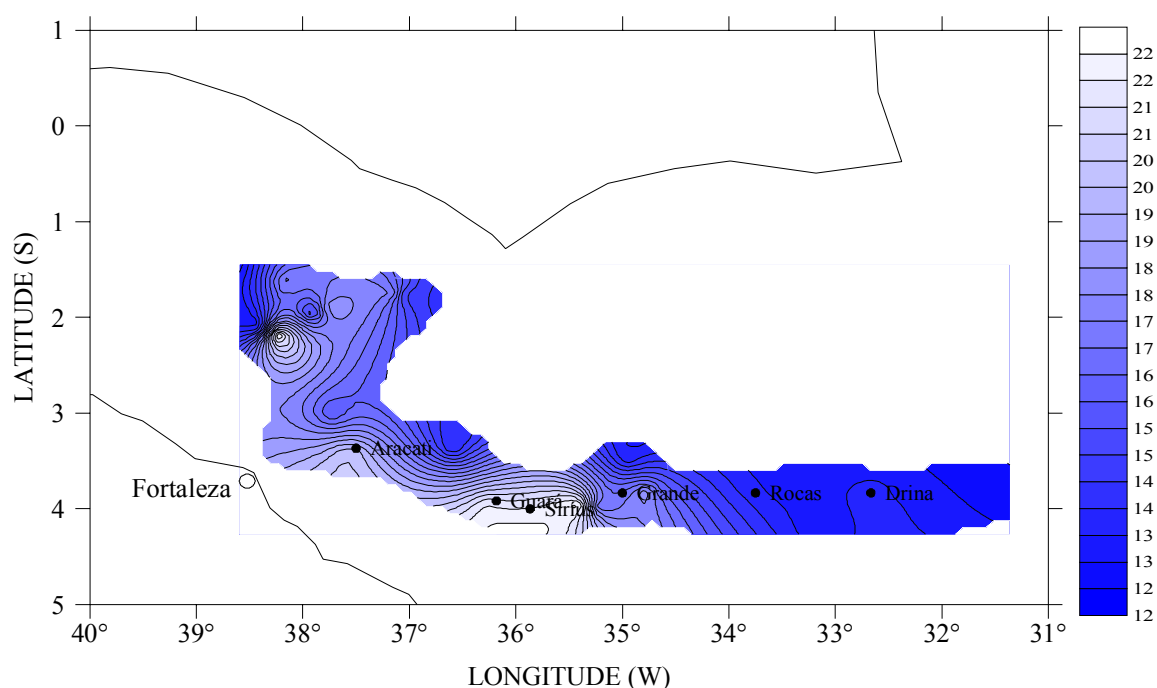


FIGURA 18 – Distribuição da temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) na camada fim da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

#### FIM DA TERMOCLINA PERMANENTE

Esta camada tem profundidade média de 385,2 m. A temperatura no fim da termoclina permanente, apresentou um máximo de  $21,13^{\circ}\text{C}$ , localizada sobre o banco Guará, valor maior que os encontrados tanto para o verão ( $13,13^{\circ}\text{C}$ , no banco Aracati), quanto para o outono ( $14,90^{\circ}\text{C}$ , no banco Aracati), e um mínimo de  $5,64^{\circ}\text{C}$ , encontrada acima da linha dos bancos da cadeia de Fernando de Noronha, maior que o valor encontrado para o outono de 1998 ( $5,22^{\circ}\text{C}$ , nos bancos da Cadeia Norte do Brasil), e menor que o do verão de 1997 ( $6,74^{\circ}\text{C}$ , próximo ao Atol das

Rocas), com uma média de 9,72 °C, sendo esse valor maior que os encontrados para as outras duas estações dos anos pesquisados (verão de 1997 – 9,10 °C e outono de 1998 - 7,40 °C) . A amplitude foi de 15,49 °C, também maior que as do verão (6,39 °C) e outono (9,68 °C). A temperatura distribuiu-se com relativa homogeneidade, surgindo apenas vórtices de alta nas proximidades dos bancos Guará e Sirius. Conforme observado na FIGURA 19.

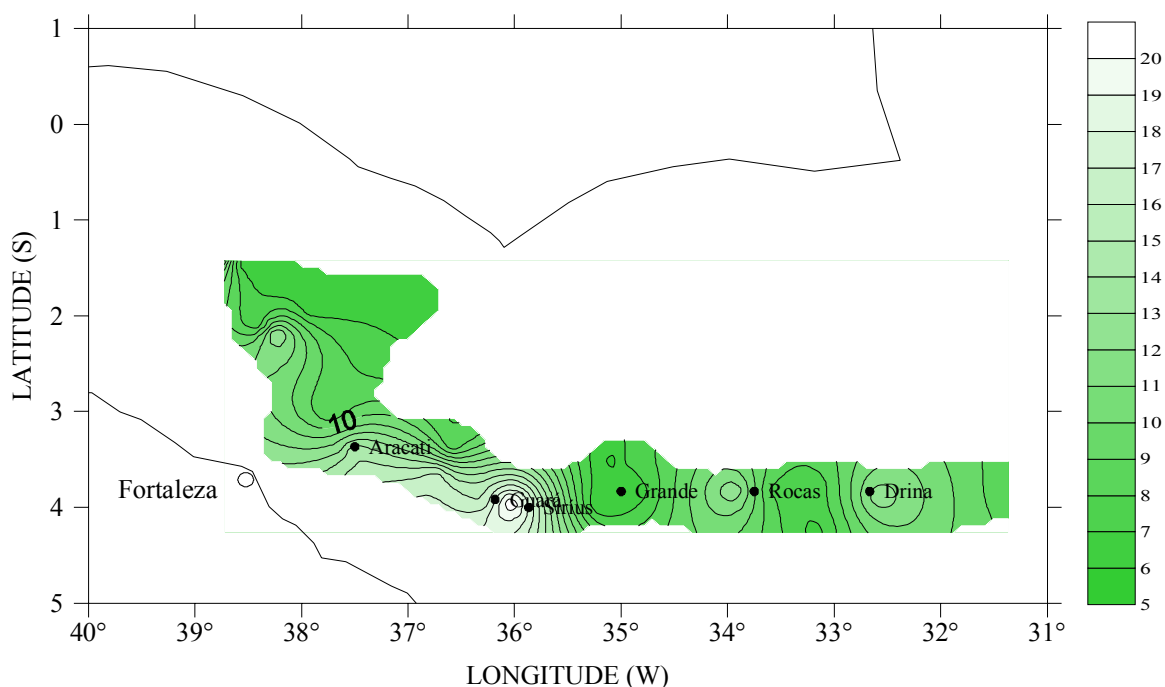


FIGURA 19 – Distribuição da temperatura (°C) na camada fim da termoclina permanente da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

#### FUNDO

A camada de fundo da coluna d'água apresentou profundidade média de 687,63 m, com temperatura máxima de 21,56°C localizada sobre o banco Sirius, e mínima de 4,40°C nas proximidades de Fernando de Noronha, com média de 7,80°C. A amplitude foi de 17,16°C sendo a maior encontrada para a coluna d'água. A distribuição da temperatura, como pode ser observado na FIGURA 20, encontra-se bastante homogênea, apenas com um vórtice de máxima no banco Sirius.

Para facilitar a visualização, compreensão e interpretação dos resultados, os dados de temperatura obtidos na área em estudo, durante o verão de 1997, outono de 1998 e primavera de 2000, encontram-se sintetizados na TABELA 7.

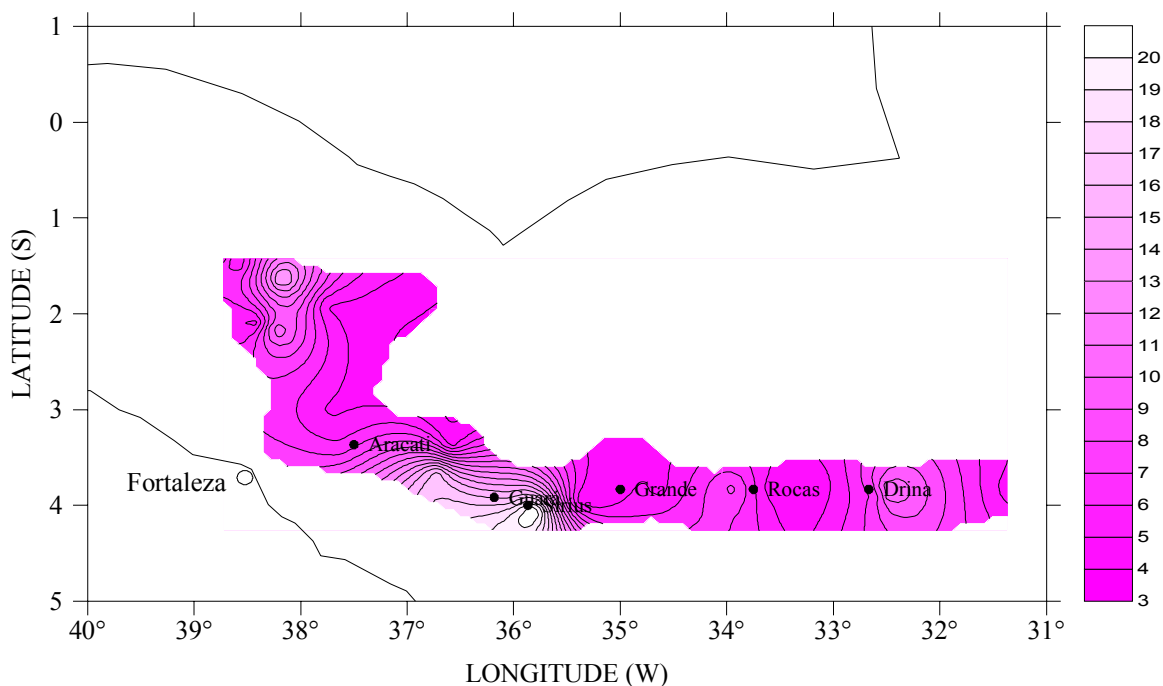


FIGURA 20 – Distribuição da temperatura na camada de fundo da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

TABELA 7. Valores máximos, mínimos, médios e de amplitude de variação, da temperatura para o verão de 1997, outono de 1998 e primavera de 2000.

PROFUND.	TEMPERAT. (°C) - 1997				TEMPERAT. (°C) - 1998				TEMPERAT. (°C) - 2000			
	Min.	Med.	Max	Amp.	Min.	Med.	Max.	Amp.	Min.	Med.	Max.	Amp.
S	27,45	27,70	28,07	0,62	27,76	28,32	28,80	1,04	26,77	27,05	28,67	1,90
50% de luminosidade	27,45	27,68	27,98	0,53	27,76	28,31	28,78	1,02	26,70	27,05	28,33	1,63
1% de luminosidade	22,36	26,80	27,84	5,48	23,43	26,76	28,93	5,50	23,19	26,40	28,37	5,18
ITS	22,36	26,79	27,84	5,48	16,16	26,44	28,93	12,77	19,09	24,70	27,02	7,93
MTS	17,20	19,78	24,66	7,46	8,36	18,93	27,36	19,00	13,68	17,91	25,89	12,21
FTS	11,18	14,32	19,36	8,18	8,01	13,43	23,67	15,66	12,13	15,65	22,19	10,06
FT	6,74	9,10	13,13	6,39	5,22	7,40	14,90	9,68	5,64	9,72	21,13	15,49
F	---	---	---	---	---	---	---	---	4,40	7,30	21,56	1,48

Horizontalmente a distribuição da temperatura se dá de forma muito semelhante entre a primavera e o outono, de modo que as temperaturas máximas destas duas estações se localizam entre as longitudes de  $38^{\circ}\text{W}$  e  $36^{\circ}\text{W}$ , com exceção das camadas MTS na primavera e 1% de luminosidade e ITS no outono, cujos máximos se localizam na longitude de  $35^{\circ}\text{W}$ , já o verão apresenta distribuição diferente destas outras duas estações, com seus máximos localizados entre as longitudes de  $33,5^{\circ}\text{W}$  e  $31,5^{\circ}\text{W}$ , excetuando-se apenas as camadas FTS e FT, que têm seus máximos localizados na longitude de  $37,5^{\circ}\text{W}$ . Também com relação aos mínimos de temperatura o que se observa é que no outono e primavera, estas apresentam tendências semelhantes com os mínimos localizados entre as longitudes de  $33,5^{\circ}\text{W}$  e  $31,5^{\circ}\text{W}$ , com exceção das camadas FTS e FT no outono e 1% de luminosidade e ITS na primavera, cujos mínimos se localizam entre as longitudes de  $38^{\circ}\text{W}$  e  $36^{\circ}\text{W}$  e a camadas FT na primavera e 1% de luminosidade no outono que apresentou os máximos entre as longitudes de  $36^{\circ}\text{W}$  e  $35^{\circ}\text{W}$ , já no verão os mínimos se localizam entre as longitudes de  $34^{\circ}\text{W}$  e  $33^{\circ}\text{W}$ , exceto as camadas 1% de luminosidade e ITS onde os mínimos foram determinados entre as longitudes de  $38^{\circ}\text{W}$  e  $36^{\circ}\text{W}$ .

#### 5.1.1. TEMPERATURA - VARIAÇÃO VERTICAL

Verticalmente o que se pode observar é que nas temperaturas máximas na primavera, outono e verão, apresentam variações muito semelhantes, sendo as maiores temperaturas registradas no outono e as menores no verão, à exceção da camada ITS (início da termoclina sazonal) onde na primavera apresenta a menor temperatura e da camada FT (fim da termoclina permanente), onde na primavera apresenta a maior temperatura (FIGURA 21a). Já nas temperaturas mínimas as maiores temperaturas também foram registradas no outono, mas as menores foram detectadas na primavera, essa tendência aparece apenas nas camadas mais superficiais da coluna d'água (S, 50% e 1%), nas camadas subseqüentes a tendência segue o inverso do registrado nas temperaturas máximas, ou seja as maiores temperaturas para o verão e as menores temperaturas no outono, à exceção da camada FTS (fim da termoclina sazonal), onde a primavera apresenta a maior temperatura (FIGURA 21b). Analisando as temperaturas médias na área estudada, verificamos que nas camadas superficiais (S, 50% e 1%) segue-se a mesma tendência

das temperaturas mínimas, ou seja, as maiores temperaturas foram registradas no outono e as menores na primavera, já nas camadas intermediárias da coluna d'água (ITS e MTS), o que se obteve foi que o verão apresenta as maiores temperaturas e a primavera as menores, enquanto que nas camadas mais profundas (FTS, FT e F) há uma inversão da tendência descrita para as camadas superficiais, ou seja o outono apresenta as menores temperaturas e a primavera as maiores (FIGURA 21c). As maiores amplitudes de variação térmica nas camadas superficiais (S e 50%) são encontradas na primavera e as menores no outono, essa tendência volta ser registrada na camada FT, na camada 1% onde se pode dizer que as três estações apresentam valor semelhante de amplitude de variação térmica, e nas outras camadas, o outono apresenta as maiores amplitudes e o verão as menores (FIGURA 21d). Nas camadas superficiais verifica-se que o outono sempre apresenta as maiores temperaturas, esse fato pode sugerir uma influência da direção das correntes na área, durante o período de coleta, pois neste período a CNB, arrasta as águas quentes da plataforma continental em direção a área estudada. Ver FIGURAS 21a, 21b, 21c e 21d.

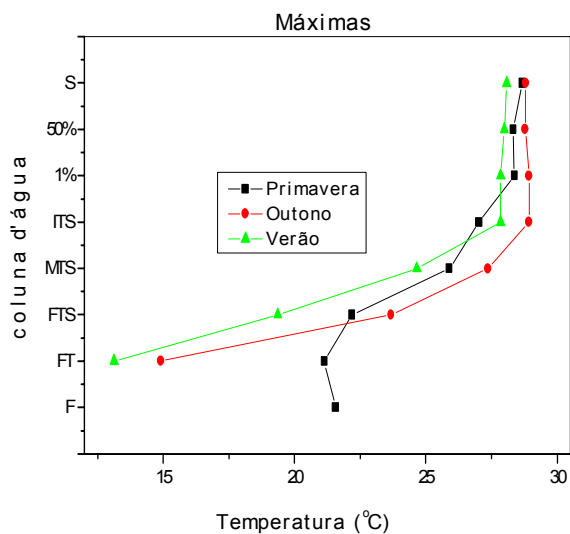


FIGURA 21a

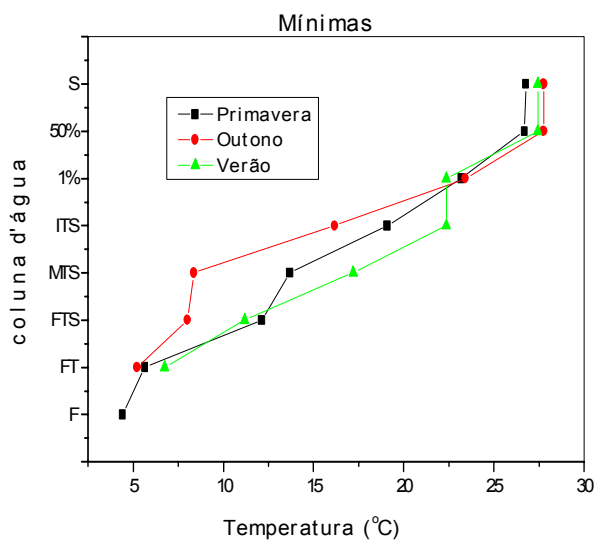


FIGURA 21b

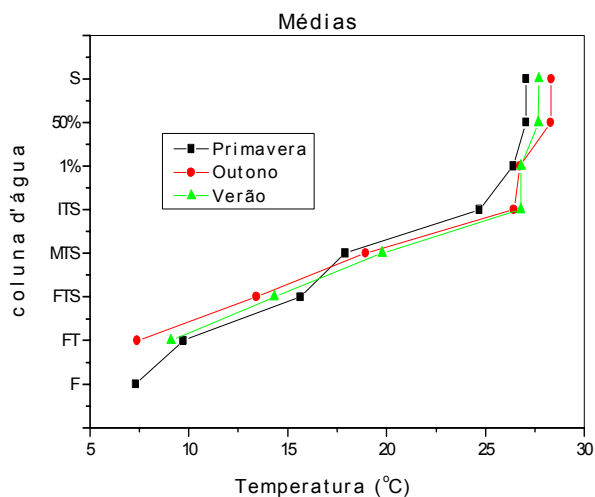


FIGURA 21c

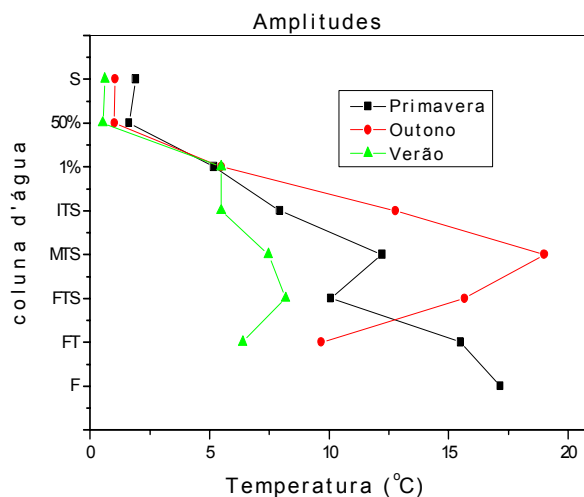


FIGURA 21d

FIGURAS 21a, 21b, 21c e 21d – Distribuição vertical das temperaturas máximas, mínimas, médias e das amplitudes de variação térmica, respectivamente, nas camadas da coluna d'água, para o verão de 1997, outono de 1998 e primavera de 2000.

## 5.2. OXIGÊNIO DISSOLVIDO – VARIAÇÃO HORIZONTAL SUPERFÍCIE

A concentração máxima verificada para este parâmetro foi de 7,39 mg/L nas proximidades do banco Guará, sendo este valor maior que o encontrado para o outono de 1998 (4,21 mg/L, próximo ao banco Aracati). O mínimo de 1,19 mg/L, localizado nos bancos da Cadeia Norte do Brasil, foi menor que o do outono (2,56 mg/L, nos bancos da Cadeia Norte do Brasil). A média para esta profundidade foi de 2,04 mg/L, com uma amplitude de 6,20 mg/L. Como podemos ver na FIGURA 22, a distribuição do oxigênio dissolvido, em superfície, na área estudada, é muito homogênea, com apenas um vórtice de máximo nas proximidades do banco Guará. Este modelo de distribuição é o mesmo verificado em todas as outras camadas da coluna d'água, com exceção das camadas MTS e F, por isso nos detalharemos apenas nestas três camadas. Observa-se também que os valores de máximo da primavera são sempre maiores que do outono, com exceção da camada MTS, as concentrações mínimas, e as médias da primavera, são sempre menores que as verificadas no outono de 1998 e as amplitudes de variação da concentração são sempre maiores na primavera que no outono, como podemos ver na TABELA 8.

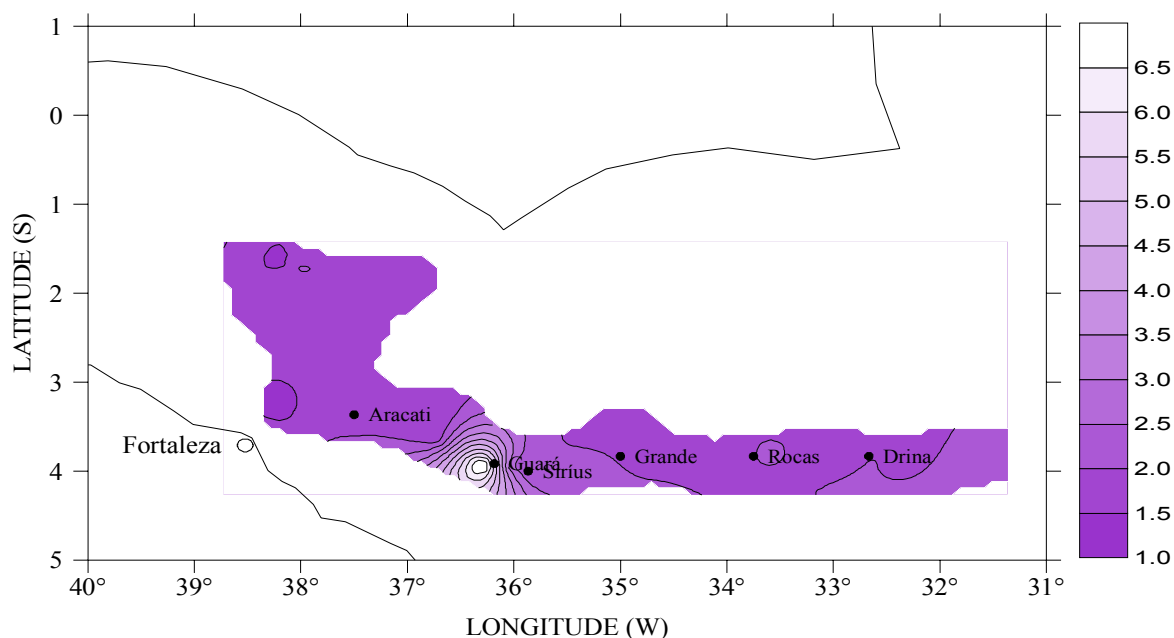


FIGURA 22 – Distribuição da concentração de oxigênio dissolvido (mg/L) na camada superficial da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

TABELA 8. Valores máximos, mínimos, médios e de amplitude de variação, das concentrações de oxigênio dissolvido para a primavera de 2000 e outono de 1998.

PROFUNDIDADE	OD (mg/L) - 2000				OD (mg/L) - 1998			
	Min.	Med.	Max	Amp.	Min.	Med.	Max.	Amp.
S	1,19	2,04	7,39	6,20	2,56	3,83	4,21	1,65
50% de luminosidade	1,36	2,00	7,02	5,66	3,00	3,83	4,16	1,16
1% de luminosidade	1,30	2,17	7,16	5,86	2,40	3,79	4,25	1,85
ITS	1,21	2,09	6,21	5,89	2,40	3,77	4,32	1,16
MTS	1,19	1,71	2,16	3,34	2,07	3,42	4,21	2,14
FTS	1,36	1,89	7,46	6,10	1,59	2,90	3,97	2,38
FT	1,14	1,91	7,10	5,96	2,10	3,02	4,03	1,93
F	1,17	1,80	3,77	2,60	---	---	---	---

#### MEIO DA TERMOCLINA SAZONAL

A concentração máxima de oxigênio dissolvido, verificada nesta camada foi de 2,16 mg/L, localizada nos bancos da Cadeia Norte do Brasil, a menor entre todas as outras camadas, assim como menor na primavera de 2000 que no outono de 1998 (4,21 mg/L, nos bancos da Cadeia Norte do Brasil), fato este verificado apenas nesta camada, o mínimo encontrado foi de 1,19 mg/L abaixo da linha dos bancos da Cadeia Norte do Brasil, em direção a Fernando de Noronha, sendo menor que o registrado no outono (2,07 mg/L). A concentração média nesta camada da coluna d'água foi de 1,71 mg/L também a menor média entre todas as camadas e com amplitude de 3,34 mg/L. A distribuição deste parâmetro a esta profundidade se deu de maneira não muito homogênea, com alguns vórtices de mínimas e um vórtice de máxima localizado nos bancos da Cadeia Norte do Brasil, (FIGURA 23).



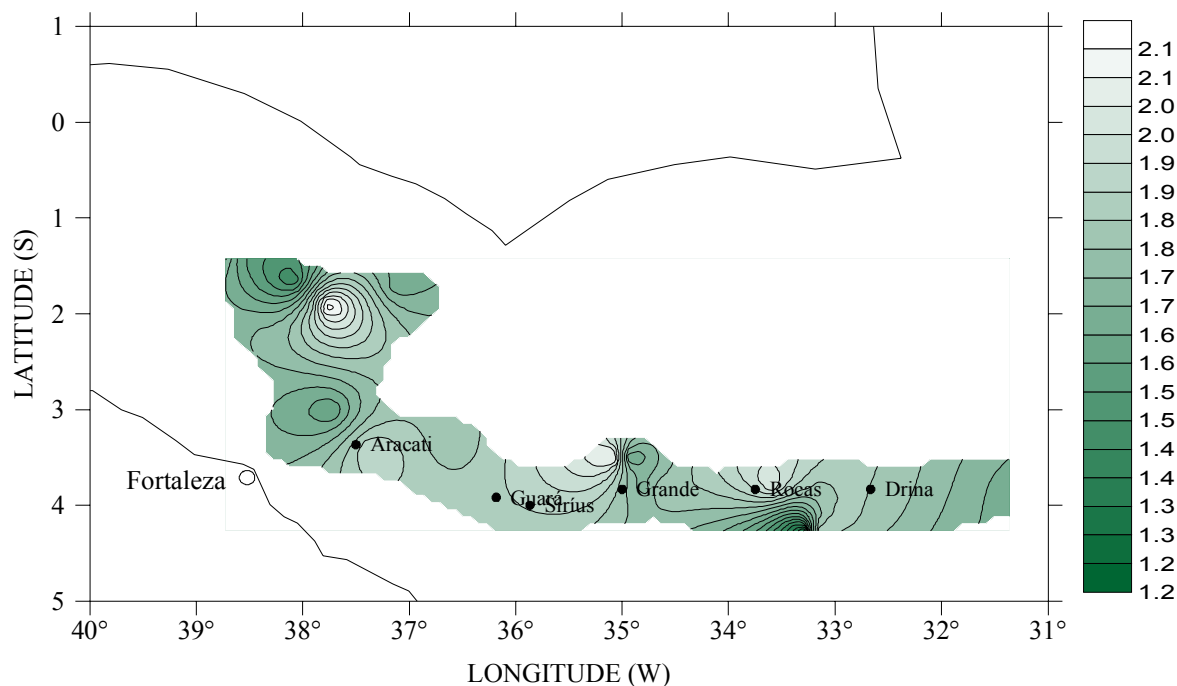


FIGURA 23– Distribuição da concentração de oxigênio dissolvido (mg/L) na camada Meio da Termoclina Sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

#### FUNDO

No fundo encontramos um valor máximo de oxigênio dissolvido de 3,77 mg/L entre os bancos Guará e Sírius, um mínimo de 1,17 mg/L no banco Drina, com uma média de 1,80 mg/L e uma amplitude de 2,60 mg/L. A distribuição deste parâmetro se dá, nesta camada, de maneira pouco homogênea, como se pode ver na FIGURA 24.

Horizontalmente, o oxigênio dissolvido se distribui de maneira bastante homogênea, excetuando-se as camadas MTS e F; verifica-se que as concentrações máximas, durante a primavera de 2000, localizam-se entre as longitudes 35° W e 36° W, com exceção das camadas MTS e F, onde estão localizadas entre as longitudes 38° W e 37° W, que coincide com os máximos do outono de 1998, excetuando-se as camadas 50%, 1% e ITS onde os máximos se deslocam no intervalo das longitudes 34° W e 32° W. Os mínimos da primavera se situam entre as longitudes 38° W e 37° W, menos as camadas MTS e F, onde os mínimos estão entre as longitudes 34° W e 32° W, onde também se localizam os mínimos do outono de 1998.

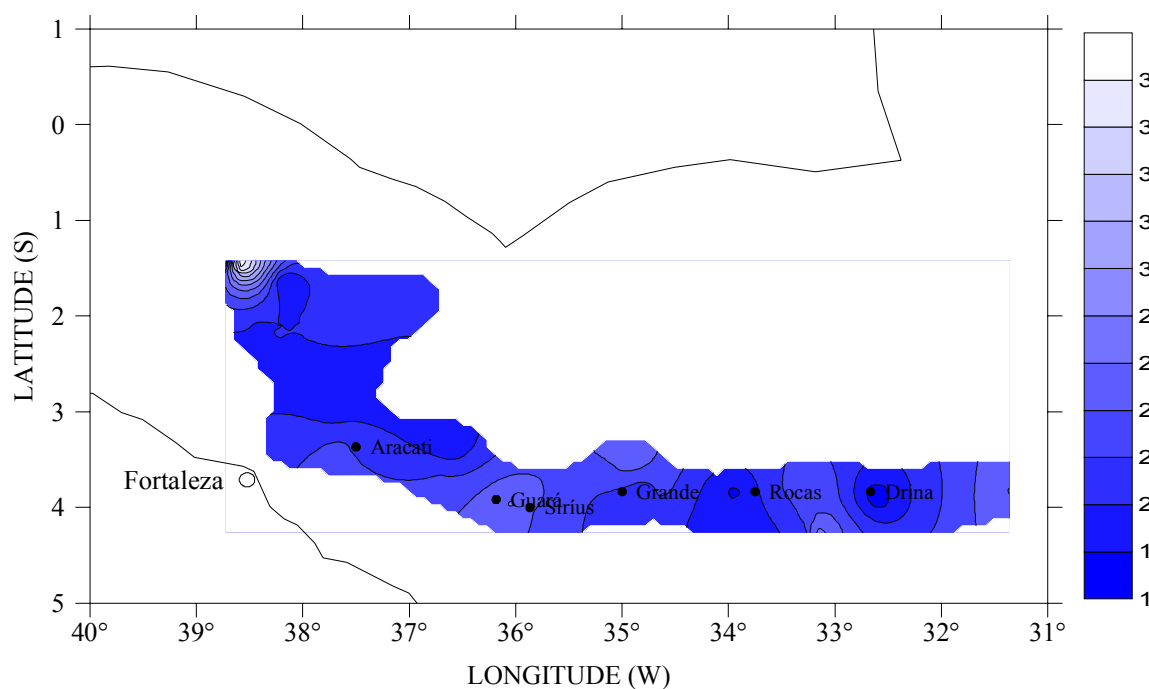


FIGURA 24 – Distribuição da concentração de oxigênio dissolvido (mg/L) na camada de Fundo da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

### 5.2.1 OXIGÊNIO DISSOLVIDO – VARIAÇÃO VERTICAL

Verticalmente o que se observa para o oxigênio dissolvido é que se considerando as concentrações máximas, a primavera apresenta sempre as maiores concentrações, excetuando-se apenas a camada MTS. Para as concentrações mínimas e médias, o outono apresenta os maiores valores em todas as camadas da coluna d'água. As concentrações máximas, mínimas e médias demonstram tendências semelhantes para as camadas superficiais (S, 50%, 1% e ITS), nas camadas de maior profundidade (MTS, FTS e FT) essas tendências são exatamente opostas, com exceção apenas para a média das camadas MTS e FT. No que diz respeito às amplitudes de variação da concentração, estas descrevem variações exatamente opostas em todas as camadas. para as duas estações. Como podemos observar nas FIGURAS, 25a, 25b, 25c e 25d.

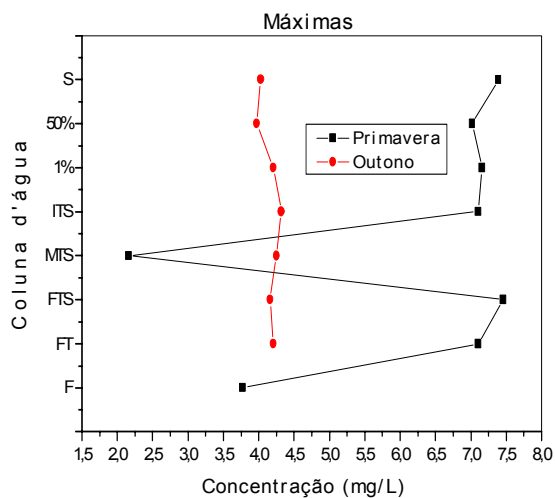


FIGURA 25a

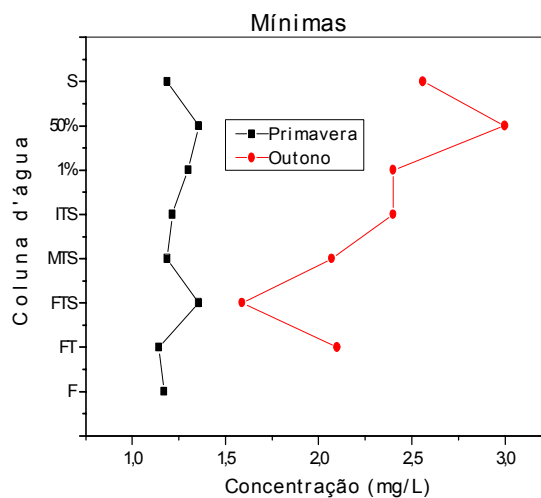


FIGURA 25b

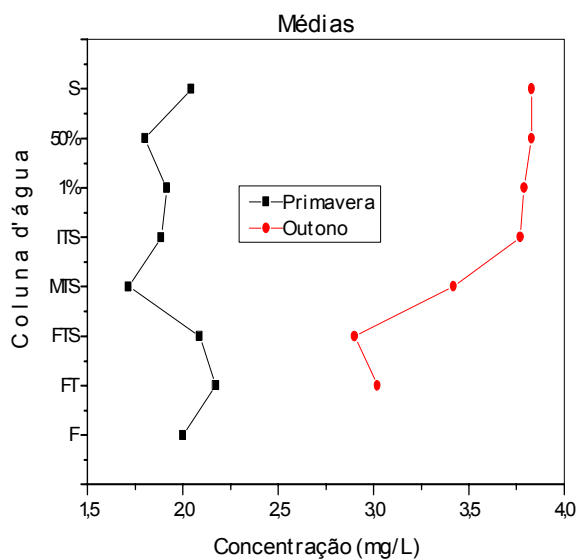


FIGURA 25c

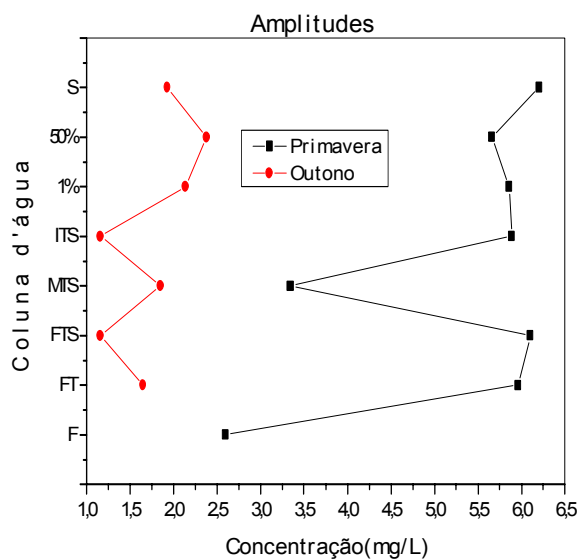


FIGURA 25d

FIGURAS 25a, 25b, 25c e 25d – Distribuição vertical do oxigênio dissolvido, concentrações máximas, mínimas, médias e amplitudes de variação, respectivamente, nas camadas da coluna d'água, para o outono de 1998 e primavera de 2000.

### 5.3. NITRATO – VARIAÇÃO HORIZONTAL SUPERFÍCIE

Para esta camada observa-se que a concentração mínima de nitrato para as três estações foi abaixo do limite de detecção (L.D.), que é  $\leq 0,123 \mu\text{mol/L}$ . A concentração máxima de nitrato, na primavera de 2000 foi de  $2,29 \mu\text{mol/L}$ , próxima ao banco Sírius, valor este maior que os encontrados, para o verão de 1997 e outono de 1998 (verão -  $0,58 \mu\text{mol/L}$ , no banco Aracati ; outono - L.D.). A concentração média para a primavera foi de  $0,91 \mu\text{mol/L}$ , também, maior que as encontradas , para o verão de 1997 e outono de 1998 (verão -  $0,24 \mu\text{mol/L}$ ; outono - L.D.); o mesmo se deu para a amplitude que na primavera de 2000 foi de  $2,16 \mu\text{mol/L}$ , enquanto que no verão de 1997 foi de  $0,46 \mu\text{mol/L}$  e no outono foi zero. A distribuição do nitrato nesta camada se dá de maneira muito homogênea, encontrando-se apenas dois vórtices de máximos, próximo ao banco Sírius e em direção à Fernando de Noronha, como se pode verificar na FIGURA 26.

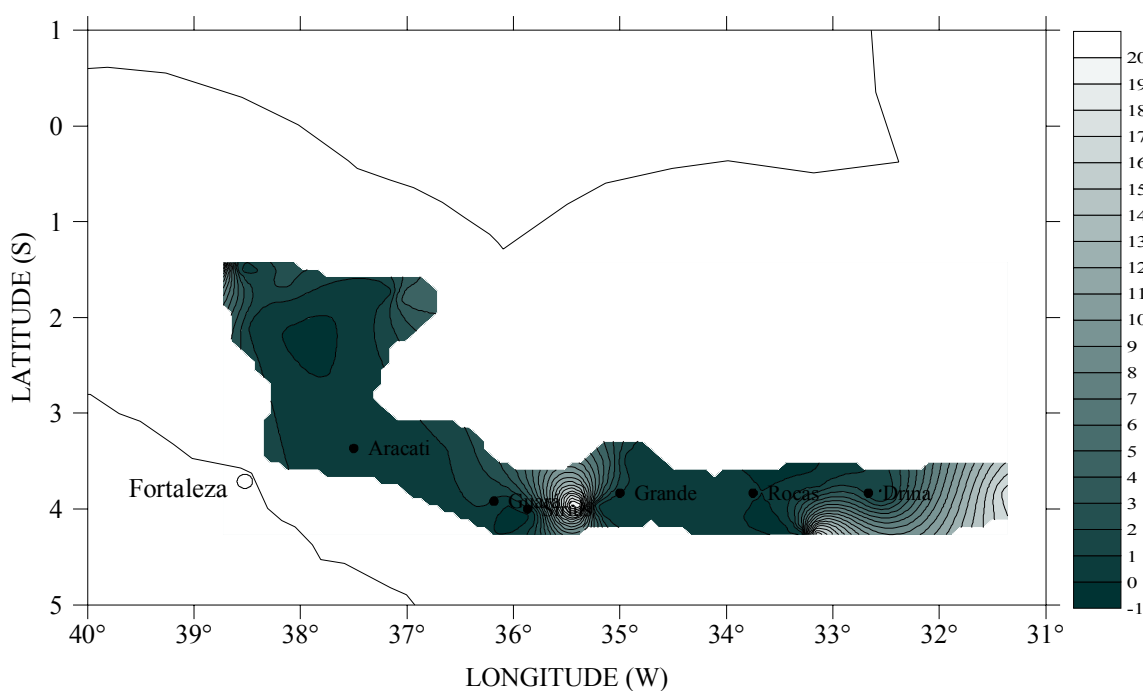


FIGURA 26 – Distribuição da concentração de nitrato ( $\mu\text{mol/L}$ ) na camada superficial da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

Para uma melhor visualização e compreensão dos resultados, resolvemos sintetizar os valores obtidos nas três estações estudadas na TABELA 9.

TABELA 9. Valores máximos, mínimos, médios e de amplitude de variação, das concentrações de nitrato para o verão de 1997, outono de 1998 e primavera de 2000.

PROFUND.	NITRATO ( $\mu\text{mol/L}$ )				NITRATO ( $\mu\text{mol/L}$ )				NITRATO ( $\mu\text{mol/L}$ )			
	1997				1998				2000			
	Min.	Med.	Max	Amp.	Min.	Med.	Max.	Amp.	Min.	Med.	Max.	Amp.
S	L.D.	0,24	0,58	0,46	L.D.	L.D.	L.D.	L.D.	L.D.	0,91	2,29	2,16
50% de luminosidade	L.D.	0,33	1,61	1,49	L.D.	L.D.	L.D.	L.D.	L.D.	1,16	2,25	2,13
1% de luminosidade	L.D.	0,54	3,32	3,20	L.D.	0,32	1,76	1,64	L.D.	2,11	18,05	17,93
ITS	L.D.	0,76	3,81	3,69	L.D.	1,08	13,93	13,80	L.D.	3,26	24,71	24,59
MTS	L.D.	3,20	12,29	12,17	L.D.	7,42	28,54	28,42	L.D.	8,94	27,55	27,43
FTS	L.D.	10,59	23,56	23,44	L.D.	12,02	32,73	32,61	0,71	11,36	30,73	30,02
FT	L.D.	15,95	30,99	30,87	1,27	24,38	36,73	35,46	2,75	20,92	36,37	33,62
F	---	---	---	---	---	---	---	---	4,23	22,24	38,45	34,17

#### 50% DE LUMINOSIDADE

De acordo com a FIGURA 27, podemos observar que nesta camada da coluna d'água, a distribuição deste parâmetro, se assemelha bastante a camada anterior, portanto de forma bastante homogênea, apresentando apenas dois vórtices de máximos, localizados nas proximidades do banco Sírius e abaixo do Atol das Rocas, mais especificamente entre este e o banco Drina. A tendência das concentrações mínima, máxima, média e da amplitude, também se mostra de maneira igual à superfície, ou seja os mínimos das três estações estão abaixo do L.D.; A máxima, a média e a amplitude são maiores para a primavera de 2000 que para o verão de 1997 e outono de 1998. A concentração máxima da primavera foi de 2,25  $\mu\text{mol/L}$ , próximo ao banco Sírius (verão – 1,60  $\mu\text{mol/L}$ , entre os banco Aracati e Guará; outono – L.D.). A média foi de 1,16  $\mu\text{mol/L}$  (verão – 0,33  $\mu\text{mol/L}$ ; outono – L.D.); e a amplitude foi de 2,13  $\mu\text{mol/L}$  (verão – 1,49  $\mu\text{mol/L}$ ; outono – zero).

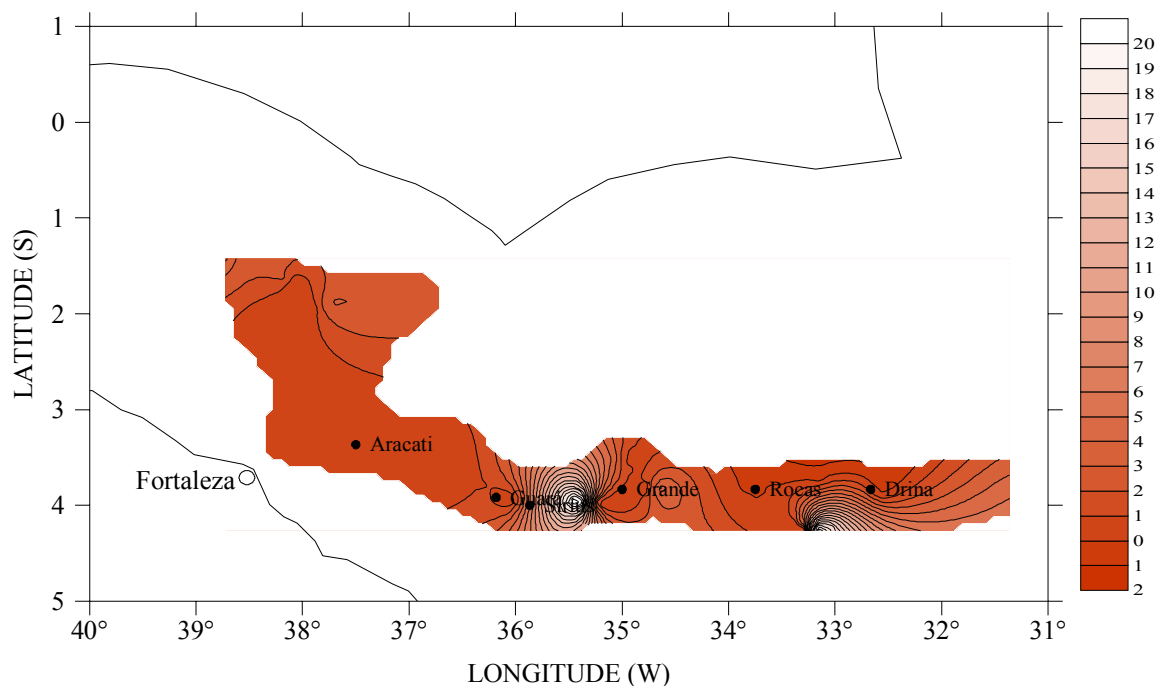


FIGURA 27 – Distribuição da concentração de nitrato ( $\mu\text{mol/L}$ ) na camada 50% de luminosidade da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

#### 1% DE LUMINOSIDADE e INÍCIO DA TERMOCLINA SAZONAL

A exemplo das camadas anteriores a distribuição para o nitrato nas três estações segue a mesma tendência, ou seja, as concentrações mínimas estão abaixo do L.D. As máximas, mínimas, médias e amplitude são maiores para a primavera de 2000, que para o verão de 1997 e outono de 1998, como pode ser verificado na TABELA 9. O máximo de nitrato a 1% de luminosidade foi determinado próximo ao banco Sírius, para a primavera, nas proximidades do banco Drina no outono e nas proximidades do banco Guarú no verão; no início da termoclina sazonal, o máximo localiza-se após o banco Drina para a primavera, abaixo do Atol das Rocas, mais especificamente entre este e o banco Drina, para o outono, e próximo ao banco Guarú no verão. Uma diferença entre estas camadas e as anteriores é que aqui os valores encontrados para o outono são maiores que os do verão, com exceção apenas do máximo a 1% de luminosidade que ainda segue a mesma tendência das camadas anteriores. A distribuição deste parâmetro na área

para estas duas camadas da coluna d'água, também se dá de forma homogênea, como se pode ver nas FIGURAS 28 e 29.

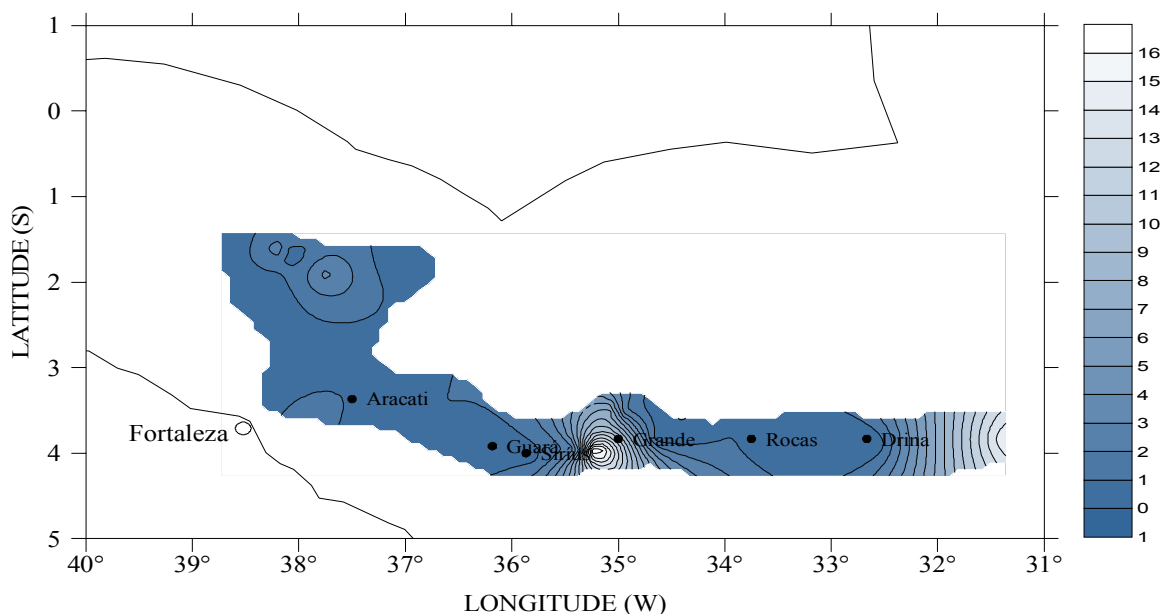


FIGURA 28 – Distribuição da concentração de nitrato ( $\mu\text{mol/L}$ ) na camada 1% de luminosidade da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

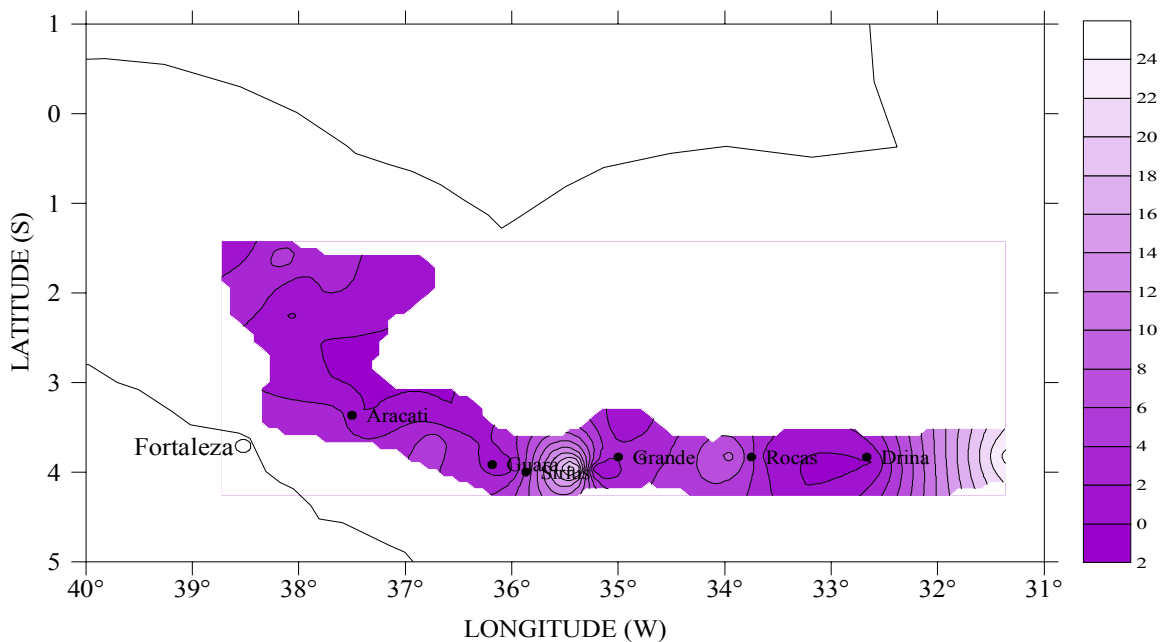


FIGURA 29 – Distribuição da concentração de nitrato ( $\mu\text{mol/L}$ ) na camada de início da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

### MEIO DA TERMOCLINA SAZONAL

Nesta camada da coluna d'água a distribuição das concentrações de nitrato começam a modificar sua tendência, ou seja, alguns valores encontrados para o outono de 1998 suplantam, os valores da primavera de 2000 o que até então não havia acontecido. A concentração máxima da primavera de 2000 foi de 27,55  $\mu\text{mol/L}$ , abaixo do Atol das Rocas, mais especificamente entre este e o banco Drina, maior que a do verão de 1997 (12,29  $\mu\text{mol/L}$ , nos bancos da Cadeia Norte do Brasil), porém menor que a do outono (28,54  $\mu\text{mol/L}$ , localizada no mesmo ponto que o máximo da primavera de 2000). Os mínimos continuam, nas três estações, abaixo do L.D. As médias ainda seguem a mesma distribuição das camadas anteriores, ou seja, a primavera apresenta o maior valor 8,94  $\mu\text{mol/L}$  (outono – 7,42  $\mu\text{mol/L}$  e verão – 3,20  $\mu\text{mol/L}$ ). As amplitudes se assemelham aos máximos, o outono apresenta o maior valor 28,43  $\mu\text{mol/L}$ , seguido da primavera 27,43  $\mu\text{mol/L}$  e do verão 12,17  $\mu\text{mol/L}$ . A distribuição do nitrato nesta camada ainda é bastante homogênea porém apenas um vórtice de máximo nas proximidades de Fernando de Noronha, como se observa na FIGURA 30.

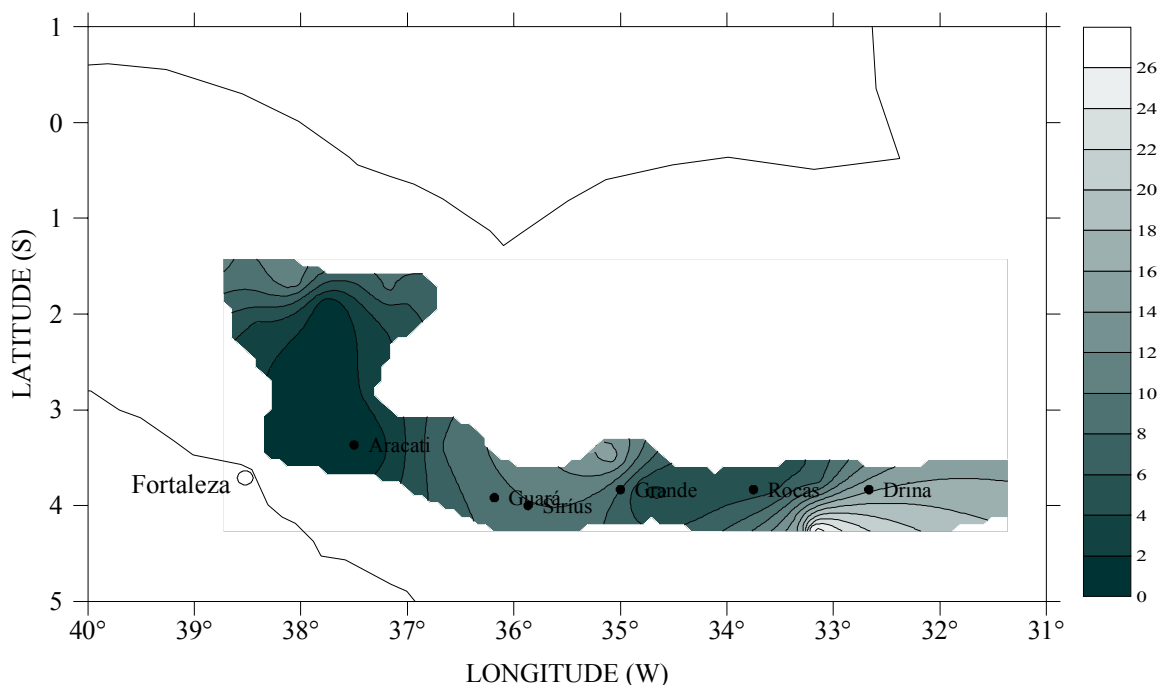


FIGURA 30 – Distribuição da concentração de nitrato ( $\mu\text{mol/L}$ ) na camada de meio da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.



## FIM DA TERMOCLINA SAZONAL e FIM DA TERMOCLINA PERMANENTE

Nestas duas camadas da coluna d'água, o outono apresenta os maiores valores das três estações, excetuando-se as concentrações mínimas que são maiores para a primavera. O máximo encontrado na primavera de 2000 foi de 30,73  $\mu\text{mol/L}$  para o fim da termoclina sazonal, localizado, como na camada anterior, abaixo do Atol das Rocas, mais especificamente entre este e o banco Drina, e de 36,37  $\mu\text{mol/L}$  para o fim da termoclina permanente, localizado próximo ao banco Sírius, ambos os valores são menores que os encontrados para o outono (32,73  $\mu\text{mol/L}$ , próximo ao banco Guará – FTS e 36,73  $\mu\text{mol/L}$  – FT, entre os bancos Sírius e Grande) e maiores que os do verão (23,56  $\mu\text{mol/L}$ , próximo a Fernando de Noronha – FTS e 30,99  $\mu\text{mol/L}$ , na proximidades do banco Aracati – FT). As concentrações mínimas da primavera são as maiores, de modo que para a camada FTS foi encontrado um valor de 0,714  $\mu\text{mol/L}$ , localizado nos bancos da Cadeia Norte do Brasil e 2,75  $\mu\text{mol/L}$  para a profundidade FT, localizado próximo ao banco Guará, estes valores são maiores que os encontrados para o verão (L.D. – FTS e FT) e para o outono (L.D. – FTS e 1,27  $\mu\text{mol/L}$ , no banco Aracati – FT). Com respeito às concentrações médias o que se pode dizer é que a primavera de 2000 apresenta, assim como nos máximos, os menores valores que os do outono de 1998 e maiores que os do verão de 1997, ou seja, FTS – 11,36  $\mu\text{mol/L}$  (outono - 12,02  $\mu\text{mol/L}$  – FTS e verão 10,59 – FTS); FT – 20,92  $\mu\text{mol/L}$  (outono - 24,38  $\mu\text{mol/L}$  – FT e verão 15,95 – FT), a mesma tendência é verificada para as amplitudes: primavera FTS – 30,02  $\mu\text{mol/L}$  (outono - 32,61  $\mu\text{mol/L}$  – FTS e verão 23,44 – FTS); primavera FT – 33,62  $\mu\text{mol/L}$  (outono - 35,46  $\mu\text{mol/L}$  – FTS e verão 30,87 – FTS). A distribuição deste parâmetro em ambas as camadas já não se dá de forma tão homogênea quanto nas camadas anteriores, é que se pode verificar nas FIGURAS 31 e 32.

## FUNDO

Como se pode ver na FIGURA 33 a distribuição do nitrato no fundo é pouco uniforme, apresentando vários vórtices de máximo. A concentração máxima determinada para esta camada na primavera de 2000 foi de 38,40  $\mu\text{mol/L}$ , localizada nos bancos da Cadeia Norte do Brasil. A concentração mínima detectada foi de 4,23

$\mu\text{mol/L}$ , entre os bancos Aracati e Guará. A média para esta camada foi de  $22,24 \mu\text{mol/L}$  e a amplitude registrada foi de  $34,17 \mu\text{mol/L}$ .

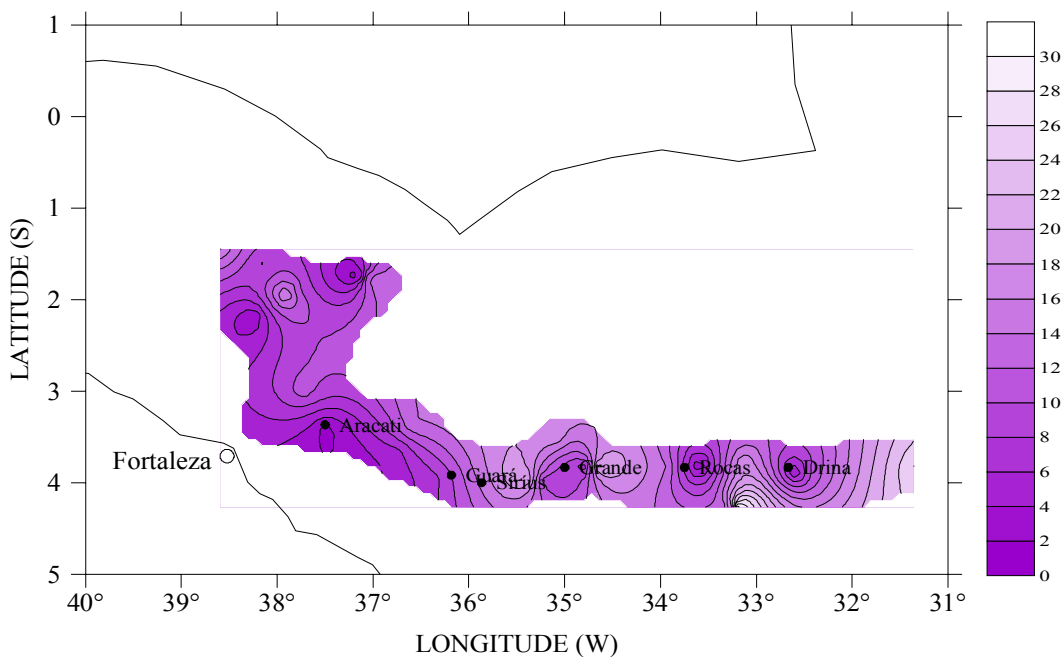


FIGURA 31 – Distribuição da concentração de nitrito ( $\mu\text{mol/L}$ ) na camada de fim da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

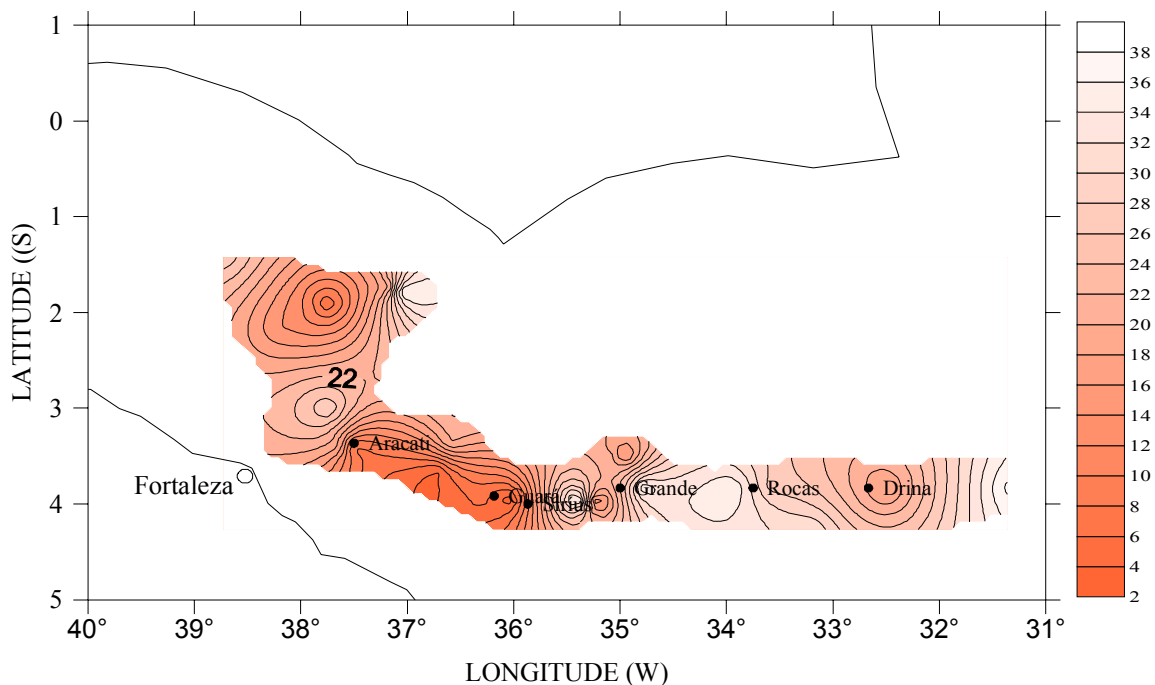


FIGURA 32 – Distribuição da concentração de nitrito ( $\mu\text{mol/L}$ ) na camada de fim da termoclina permanente da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

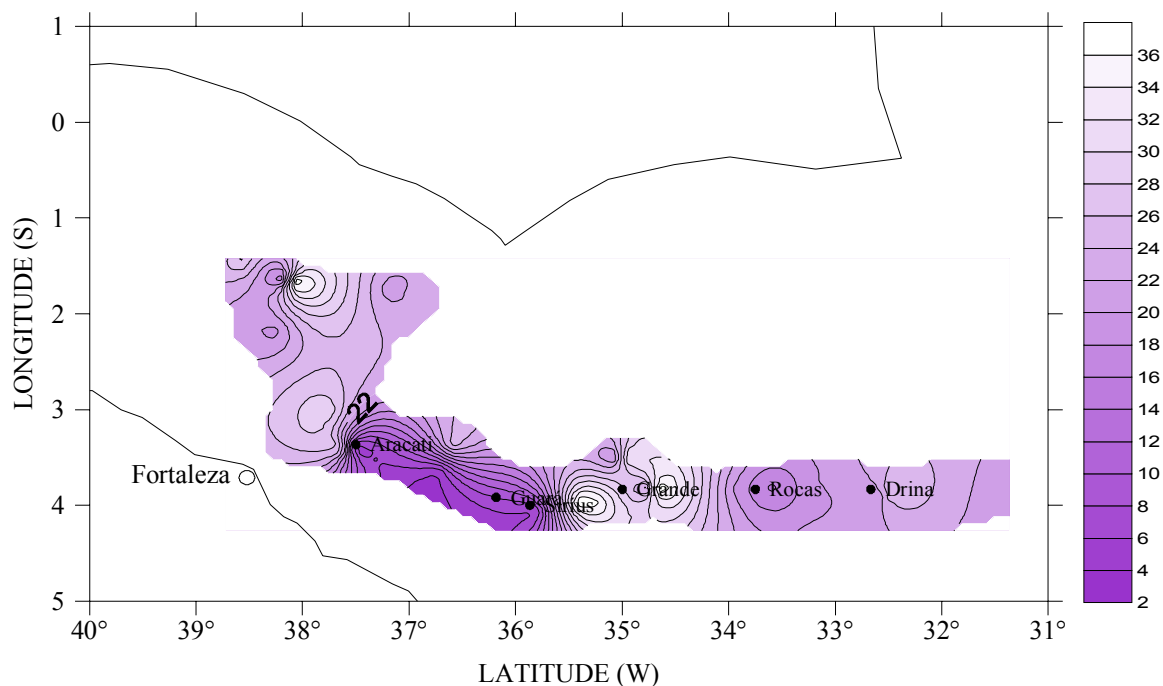


FIGURA 33 – Distribuição da concentração de nitrato ( $\mu\text{mol/L}$ ) na camada de fundo da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

Horizontalmente observou-se que o nitrato se distribui de forma homogênea, na maioria das camadas da coluna d'água, essa tendência só não se aplica nas camadas FTS, FT e F. Os máximos de concentração mostram distribuição semelhante para a primavera de 2000, o verão de 1997, e o outono de 1998. Os máximos se localizam entre as longitudes  $35,5^{\circ}\text{W}$  e  $38^{\circ}\text{W}$ , com exceção para as camadas ITS, MTS na primavera, FTS em todas as estações e FT no outono, onde os máximos se localizam em torno da longitude de  $32^{\circ}\text{W}$ . Os mínimos se localizam sempre entre as longitudes  $36,5^{\circ}\text{W}$  e  $38^{\circ}\text{W}$ .

### 5.3.1. NITRATO – VARIAÇÃO VERTICAL

As FIGURAS 34a; 34b; 34c e 34d, mostram que verticalmente o nitrato se distribui de maneira relativamente semelhante em todas as estações. Nas concentrações máximas e nas amplitudes observa-se a mesma tendência, ou seja, verifica-se que nas camadas (S, 50% e 1%) os maiores valores são encontrados na primavera e os menores no outono, já nas camadas mais profundas (MTS, FTS, FT e F) o outono apresenta maiores valores e o verão os menores. Para os mínimos só encontra diferença nos valores entre as três estações a partir da camada FTS e então a

primavera apresenta sempre os maiores valores e o verão os menores. Com relação as concentrações, as três estações apresentam distribuição muito semelhantes. As maiores médias são encontradas na primavera para as camadas (S, 50%, 1%, ITS e MTS), nas camadas subseqüentes, outono passa a apresentar as maiores médias. Nas camadas de S até ITS há uma homogeneidade de tendência quando se observa máximos, médias e amplitudes com maiores valores para a primavera de 2000 e menores para o outono de 1998. já nas camadas de MTS até FTS essa tendência se inverte.

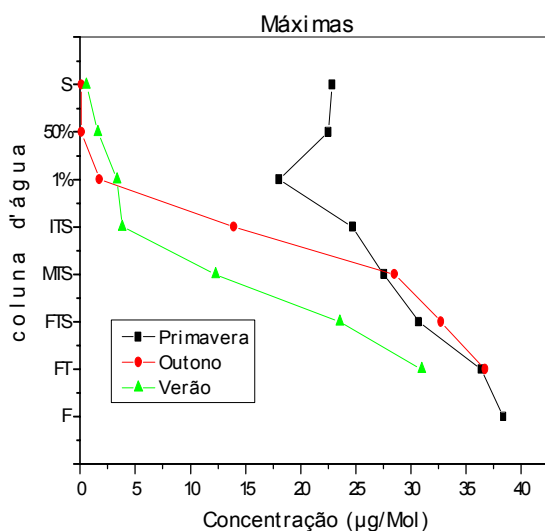


FIGURA 34a

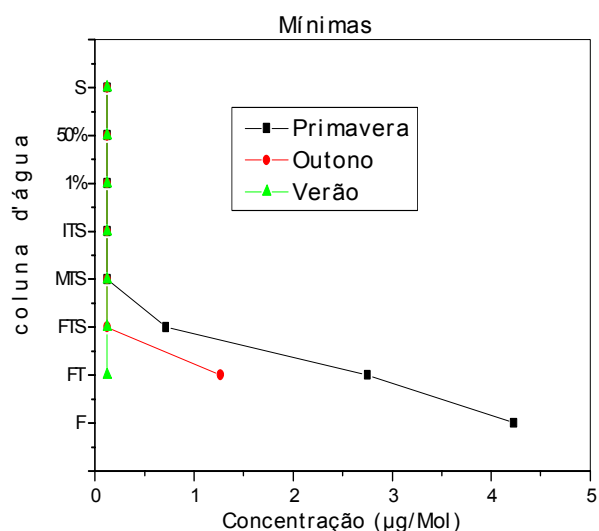


FIGURA 34b

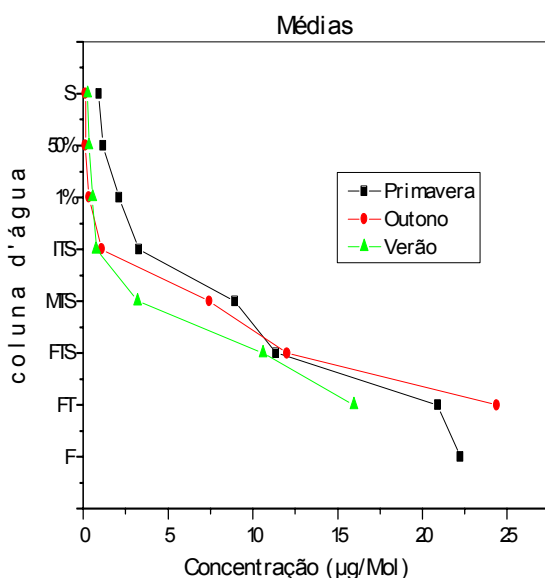


FIGURA 34c

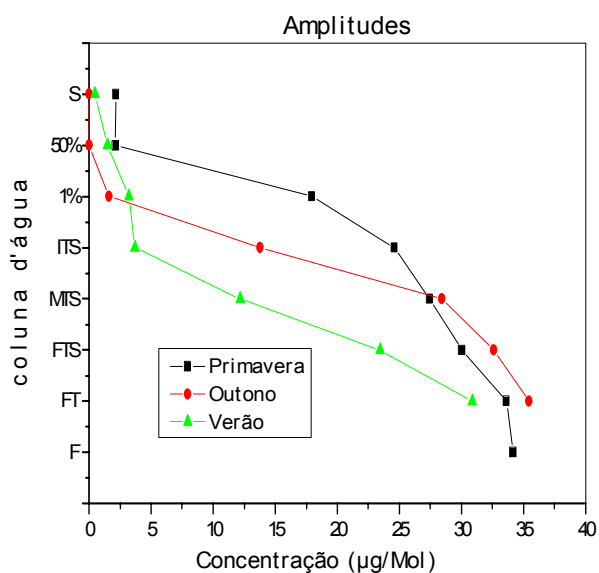


FIGURA 34d

FIGURAS 34a, 34b, 34c e 34d – Distribuição vertical das concentrações de nitrato máximas, mínimas, médias e das amplitudes de variação, respectivamente, nas camadas da coluna d'água, para o outono de 1998 e primavera de 2000.

#### 5.4. AMÔNIA – VARIAÇÃO HORIZONTAL

Os valores das concentrações de amônia verificados na área durante a primavera de 2000, encontram-se na TABELA 10.

TABELA 10. Valores máximos, mínimos, médios e de amplitude de variação, das concentrações de amônia para a primavera de 2000.

PROFUNDIDADE	AMÔNIA ( $\mu\text{mol/L}$ ) - 2000			
	Min.	Med.	Max.	Amp.
S	L.D.	0,493	2,440	2,151
50% de luminosidade	L.D.	0,278	0,641	0,631
1% de luminosidade	L.D.	0,266	0,669	0,660
ITS	L.D.	0,337	1,011	1,020
MTS	L.D.	1,650	6,330	6,041
FTS	L.D.	0,998	2,681	2,391
FT	L.D.	0,760	3,712	3,419
F	L.D.	1,801	15,092	14,801

#### SUPERFÍCIE

A distribuição da amônia na superfície durante a primavera de 2000 ocorre de maneira pouco homogênea, de acordo com a FIGURA 35. Pode-se observar a formação de três “micro-regiões” de máximos, se distribuindo ao longo de toda área em estudo, uma delas se localiza na região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil, outra entre os bancos Guará e Grande e há ainda outra entre os bancos Sírius e Rocas. A concentração máxima de amônia nesta camada foi de 2,44  $\mu\text{mol/L}$ , na região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil. O mínimo ficou abaixo do limite de detecção (L.D.) que é de 0,291  $\mu\text{mol/L}$ . A média da superfície foi de 0,49  $\mu\text{mol/L}$  e a amplitude registrada foi de 2,15  $\mu\text{mol/L}$ .

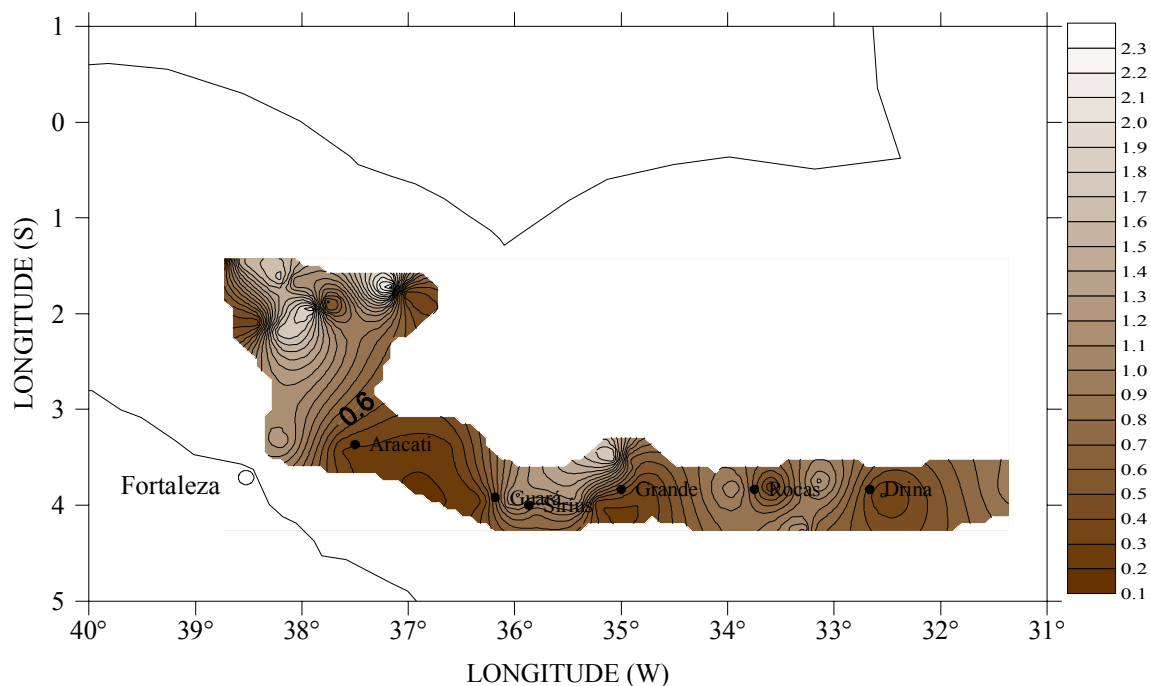


FIGURA 35 – Distribuição da concentração de amônia ( $\mu\text{mol/L}$ ) na camada de superfície da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

#### 50%DE LUMINOSIDADE

Nesta camada observa-se que a distribuição se dá de maneira quase inversa a da camada anterior, pois as regiões que lá são de máxima, aqui encontramos como sendo de mínimas. Segundo a FIGURA 36, percebe-se a formação apenas de um vórtice de máximo, numa região acima da linha dos bancos da cadeia norte de Fernando de Noronha, próximo à longitude de  $35^{\circ}\text{W}$ . A tendência da amônia demonstrada pela FIGURA 36 se aproxima da tendência verificada para o nitrato nesta mesma camada. Os valores determinados para esta camada não divergem muito dos registrados na camada anterior, de modo que foi verificado um máximo de  $3,04 \mu\text{mol/L}$ , localizado acima do banco Guarás e um mínimo que se encontra abaixo do L.D. A média registrada foi de  $0,76 \mu\text{mol/L}$ , com uma amplitude de  $2,75 \mu\text{mol/L}$ .

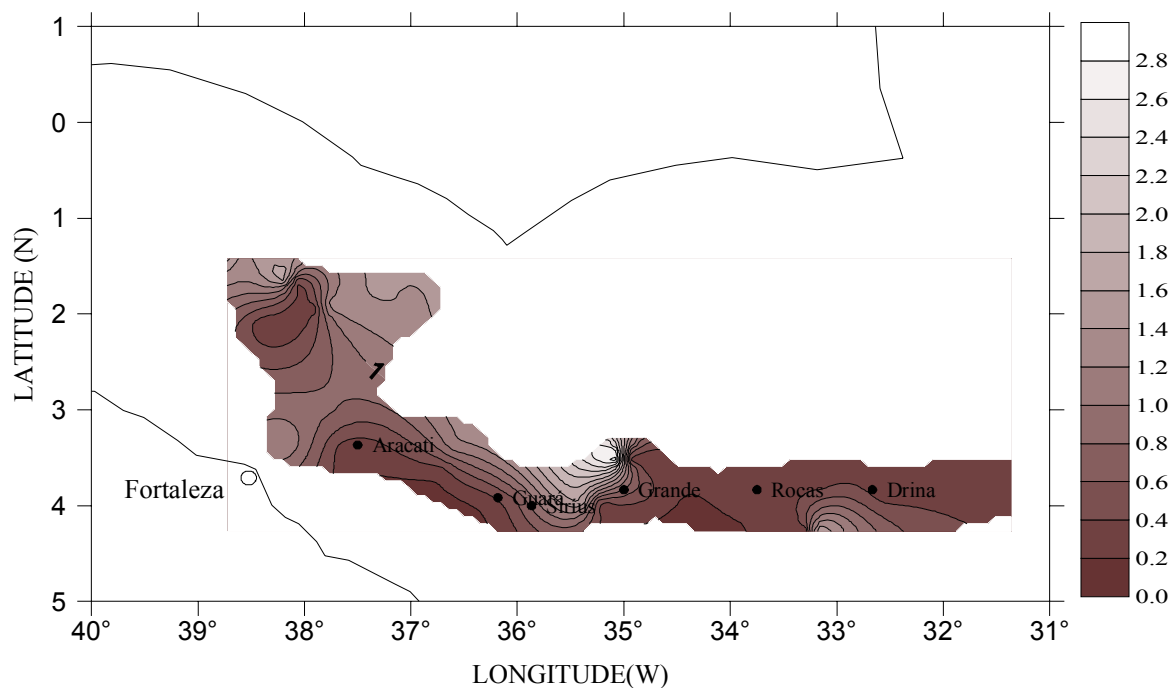


FIGURA 36 – Distribuição da concentração de amônia ( $\mu\text{mol/L}$ ) na camada de 50% de luminosidade da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

#### 1% DE LUMINOSIDADE

Os valores encontrados a esta profundidade são ligeiramente maiores que os da camada anterior, mas quanto à distribuição horizontal, esta camada se assemelha bastante à camada superficial, como podemos verificar na FIGURA 37, e com a formação também de três vórtices de máxima nas mesmas regiões que a camada superficial. O máximo de amônia registrado na primavera de 2000, para a camada de 1% de luminosidade, foi de  $3,92 \mu\text{mol/L}$ , localizado acima do banco Aracati. O mínimo continua sendo abaixo do L.D. A média encontrada foi  $1,13 \mu\text{mol/L}$  e registrou-se uma amplitude de variação de  $3,63 \mu\text{mol/L}$ .

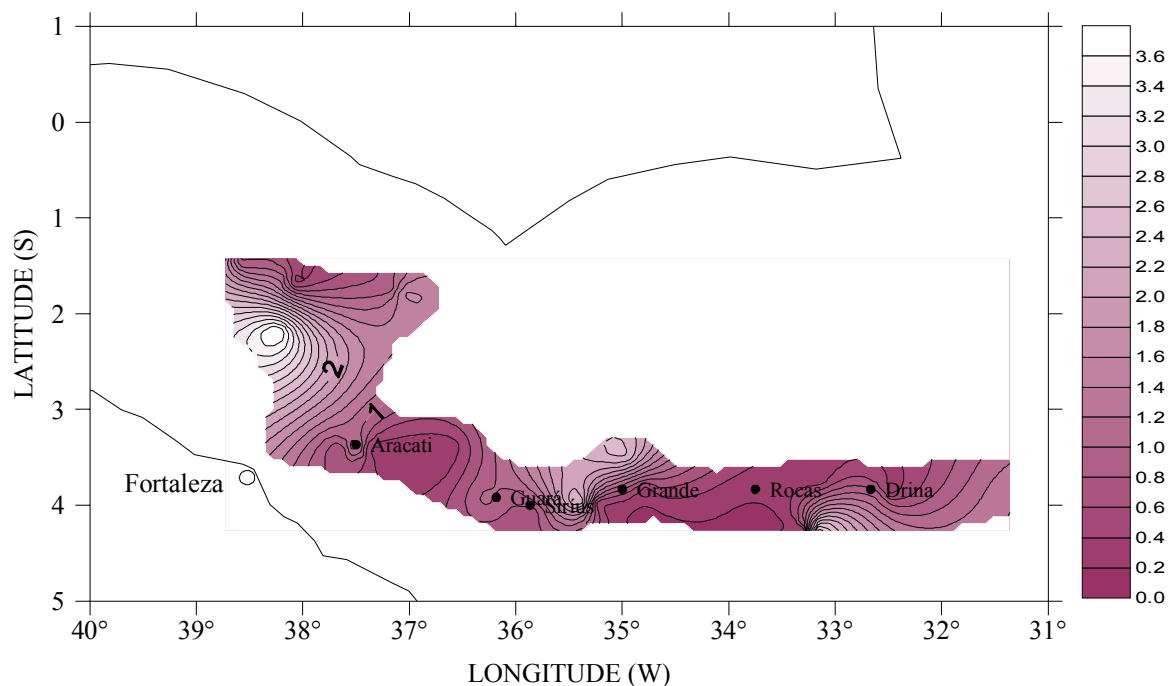


FIGURA 37 – Distribuição da concentração de amônia ( $\mu\text{mol/L}$ ) na camada de 1% de luminosidade da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

#### INÍCIO DA TERMOCLINA SAZONAL

Os valores determinados nesta camada continuam crescendo em relação às camadas anteriores, de modo que registramos concentração máxima de  $7,79 \mu\text{mol/L}$ , na região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil, os mínimos ainda estão abaixo do L.D. Encontramos uma média de  $1,17 \mu\text{mol/L}$ , e uma amplitude de  $7,50 \mu\text{mol/L}$ . Vale ressaltar que esta camada em termos de valores de concentração apresentou, ao longo de toda a coluna d'água, valores apenas menores que a camada de fundo. A FIGURA 38 mostra que a distribuição do parâmetro avaliado, na primavera de 2000, se deu de forma homogênea apresentando apenas duas regiões de máximos, uma marcadamente forte na região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil e outra sutil abaixo da linha dos bancos da cadeia de Fernando de Noronha, entre os bancos Rocas e Drina.



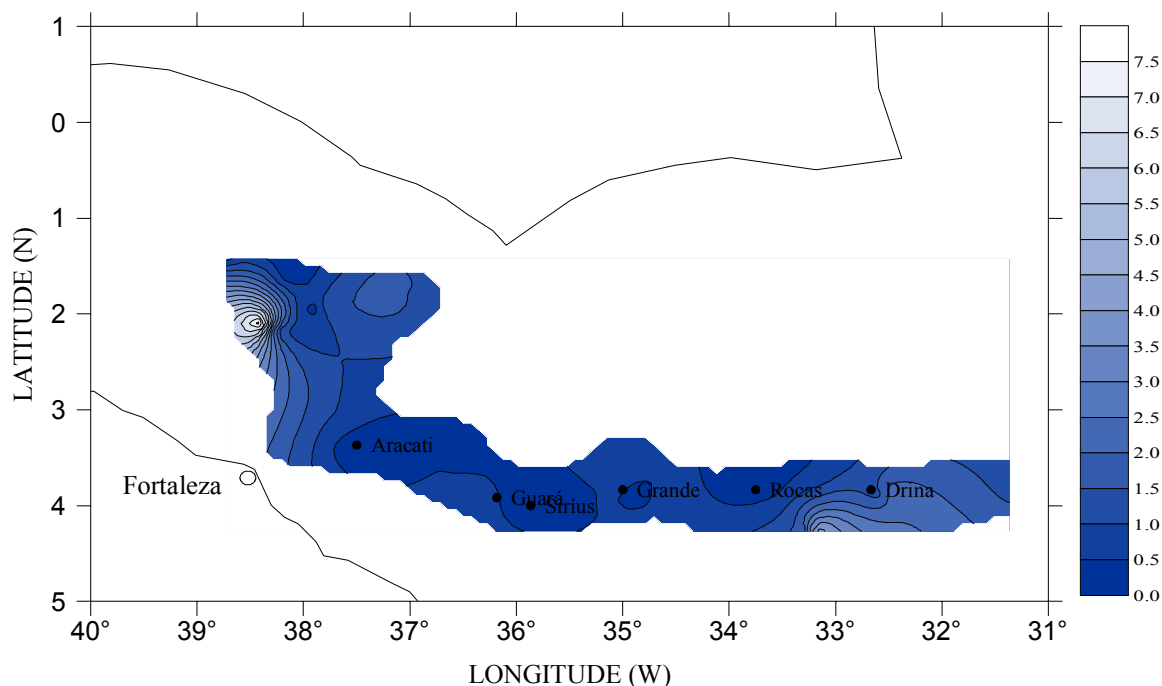


FIGURA 38 – Distribuição da concentração de amônia ( $\mu\text{mol/L}$ ) na camada de início da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

#### MEIO DA TERMOCLINA SAZONAL

A FIGURA 39 nos mostra que a amônia se distribui no meio da termoclina sazonal de maneira bastante homogênea, com a formação de apenas um vórtice de máxima na região acima do banco Grande, tendência que muito se aproxima àquela verificada na camada de 50% de luminosidade. Os valores registrados nesta profundidade sofreram uma ligeira queda em relação à camada anterior com exceção da média, de modo que, na primavera de 2000, verificamos uma concentração máxima de  $6,33 \mu\text{mol/L}$  acima do banco Grande. A concentração mínima também está abaixo do L.D. A média detectada foi de  $1,65 \mu\text{mol/L}$  e uma amplitude de  $6,04 \mu\text{mol/L}$ .

#### FIM DA TERMOCLINA SAZONAL

Nesta profundidade os valores registrados continuam a tendência de queda em relação às duas camadas anteriores, portanto encontramos aqui a concentração máxima de  $2,68 \mu\text{mol/L}$  na região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil, a concentração mínima está abaixo do L.D., a média registrada foi de  $1,17 \mu\text{mol/L}$  e a amplitude  $7,50 \mu\text{mol/L}$ . A FIGURA 40 nos mostra que a distribuição

horizontal da amônia ocorre com relativa homogeneidade, com a formação de três vórtices de máxima na região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil, no banco Aracati e no banco Grande.

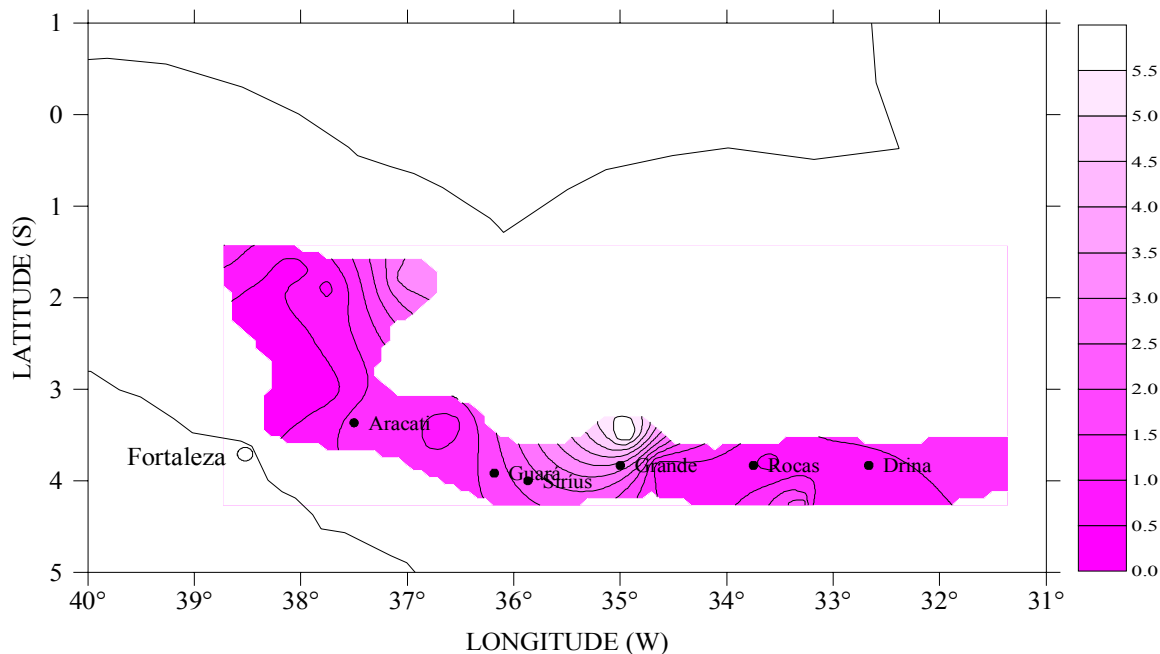


FIGURA 39 – Distribuição da concentração de amônia ( $\mu\text{mol/L}$ ) na camada de meio da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

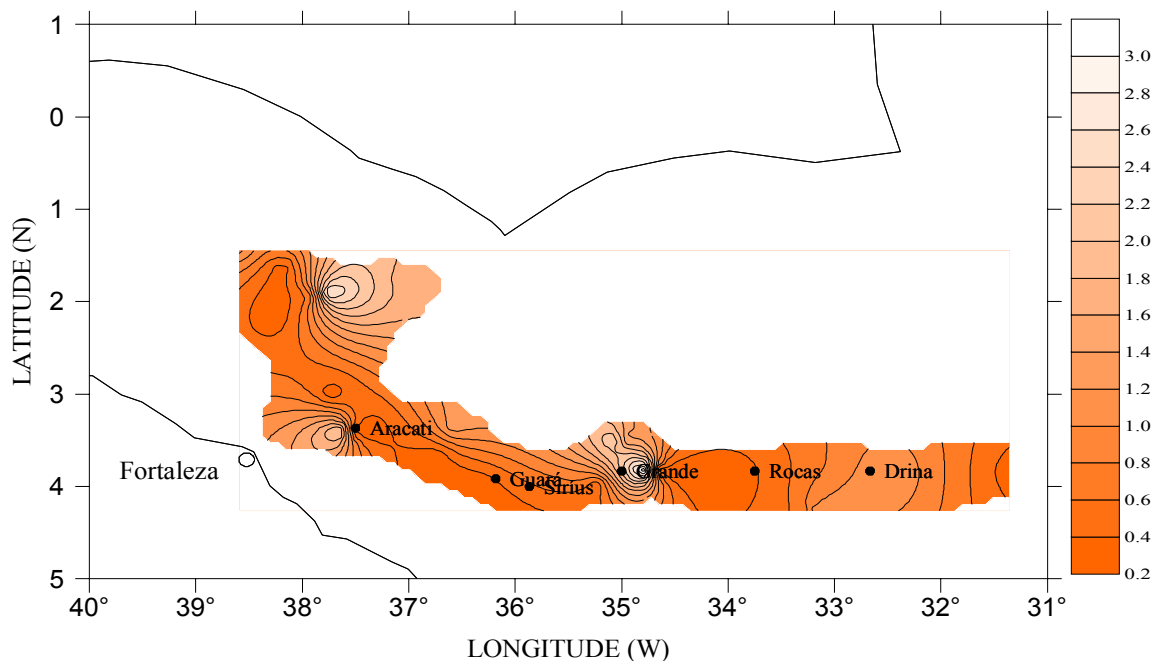


FIGURA 40 – Distribuição da concentração de amônia ( $\mu\text{mol/L}$ ) na camada de fim da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

### FIM DA TERMOCLINA PERMANENTE

Pode-se verificar na FIGURA 41 que no fim da termoclina permanente a amônia varia de maneira muito semelhante às camadas 50% de luminosidade e de meio da termoclina sazonal, ou seja, há uma distribuição homogênea por toda a área em estudo com a formação de apenas um vórtice de máxima, localizado acima do banco Grande. Nesta profundidade os valores de concentração registrados, voltam a crescer em relação às duas camadas imediatamente anteriores a esta. Foi determinado um máximo de concentração acima do banco Grande, no valor de  $3,71 \mu\text{mol/L}$ , as concentrações mínimas detectadas, a exemplo das outras camadas, encontram-se abaixo do L.D. A média registrada foi de  $0,76 \mu\text{mol/L}$  e amplitude de variação teve valor igual a  $3,42 \mu\text{mol/L}$ .

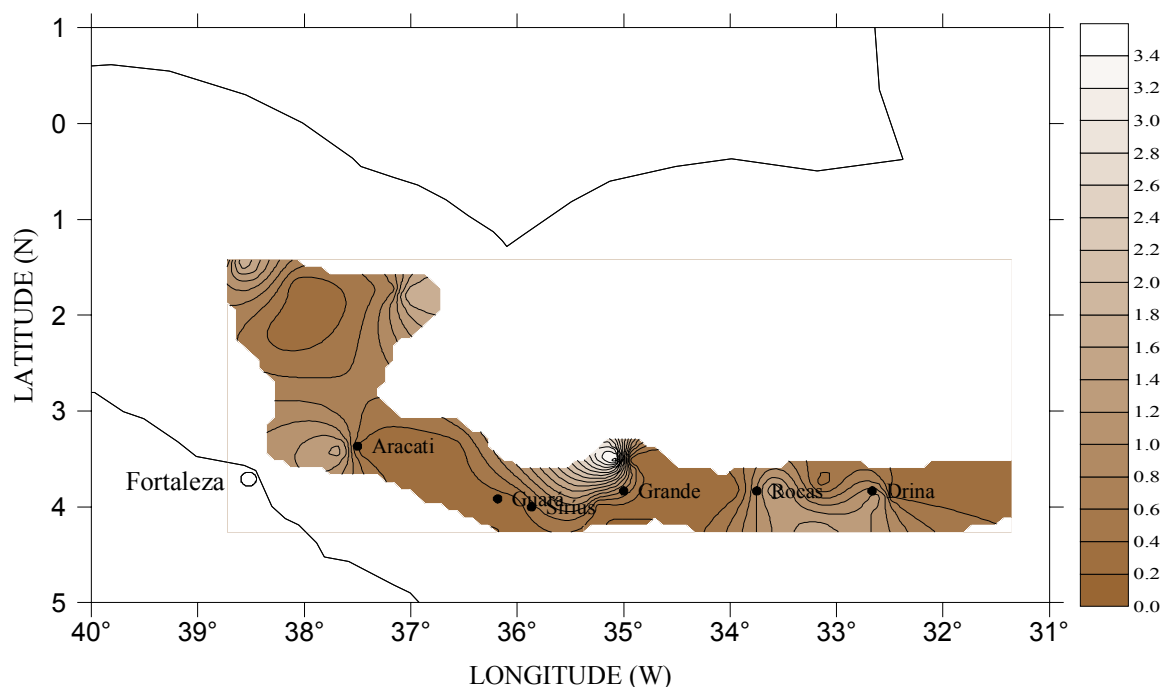


FIGURA 41 – Distribuição da concentração de amônia ( $\mu\text{mol/L}$ ) na camada de fim da termoclina permanente da coluna d'água, para a primavera de 2000.

### FUNDO

Esta camada da coluna d'água é a que apresenta os maiores valores de concentrações, o máximo registrado foi de  $15,09 \mu\text{mol/L}$ , localizado entre os bancos Sírius e Grande. O mínimo também, encontra-se abaixo do L.D., com uma média de  $1,80 \mu\text{mol/L}$  e amplitude  $14,80 \mu\text{mol/L}$ . A distribuição da amônia nesta profundidade

ocorre com uma grande homogeneidade, e a formação de um vórtice de máxima, entre os bancos Sirius e Grande, e pode ser vista na FIGURA 42.

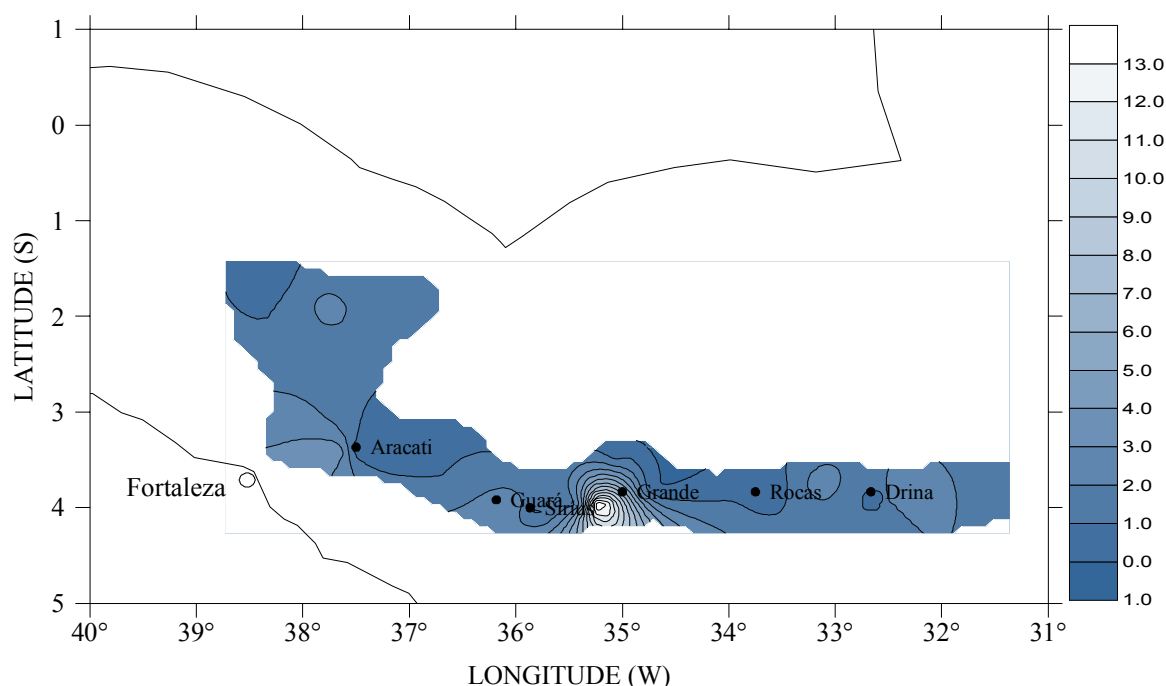


FIGURA 42 – Distribuição da concentração de amônia ( $\mu\text{mol/L}$ ) na camada de fundo da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

Verifica-se que horizontalmente a amônia tem distribuição bem característica, de modo que nas camadas de superfície, 1% de luminosidade, início e fim da termoclina sazonal os máximos se localizam entre as longitudes de  $39^{\circ}\text{W}$  e  $37^{\circ}\text{W}$ , enquanto que nas camadas restantes podemos localizar os máximos entre as longitudes de  $35,5^{\circ}\text{W}$  e  $34,5^{\circ}\text{W}$ .

#### 5.4.1 AMÔNIA – VARIAÇÃO VERTICAL

Verticalmente, se observarmos a FIGURA 43, podemos concluir que as concentrações máximas e as amplitudes descrevem tendências exatamente iguais ao longo de toda a coluna d'água, sendo acompanhadas pela variação das concentrações médias, com exceção apenas para as camadas de meio e início da termoclina sazonal, pois nas médias ITS apresenta valores menores que MTS o que não ocorre com as concentrações máximas e as amplitudes. Quanto aos mínimos, em todas as camadas da coluna d'água se encontram abaixo do limite de detecção.

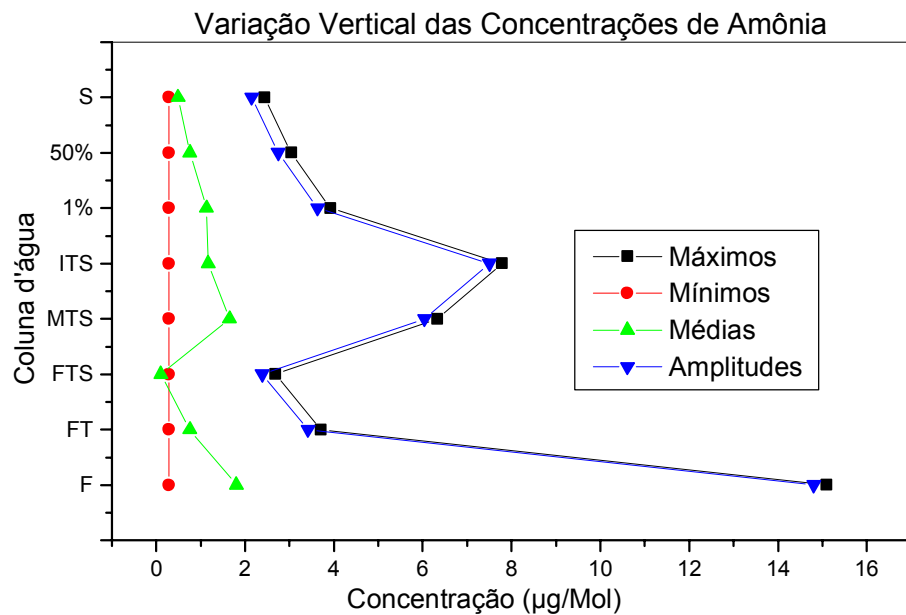


FIGURA 43 – Distribuição vertical das concentrações de amônia máximas, mínimas, médias e das amplitudes de variação, nas camadas da coluna d'água, para o outono de 1998 e primavera de 2000.

## 5.5. NITRITO – VARIAÇÃO HORIZONTAL

### SUPERFÍCIE

A distribuição do nitrito na camada superficial se dá com a formação de três vórtices de máxima nos bancos Aracati, Guará e Atol das Rocas, como fica evidente na FIGURA 44. O valor máximo de concentração de nitrito encontrado na primavera de 2000 foi de  $0,07 \mu\text{mol/L}$ , próximo ao Atol das Rocas, este valor é igual ao encontrado no verão de 1997 (também próximo ao Atol das Rocas) e menor que o do outono de 1998 ( $0,14 \mu\text{mol/L}$ , próximo ao banco Guará). O mínimo em todas as estações e camadas da coluna d'água, foi abaixo do limite de detecção que para o nitrito é  $\leq 0,022 \mu\text{mol/L}$ . A média da região na superfície foi de  $0,05 \mu\text{mol/L}$  sendo maior que as encontradas tanto para o verão quanto para o outono ( $0,02 \mu\text{mol/L}$  e  $0,04 \mu\text{mol/L}$ , respectivamente). A amplitude de variação foi de  $0,05 \mu\text{mol/L}$  igual à do verão e menor que a do outono ( $0,12 \mu\text{mol/L}$ ).

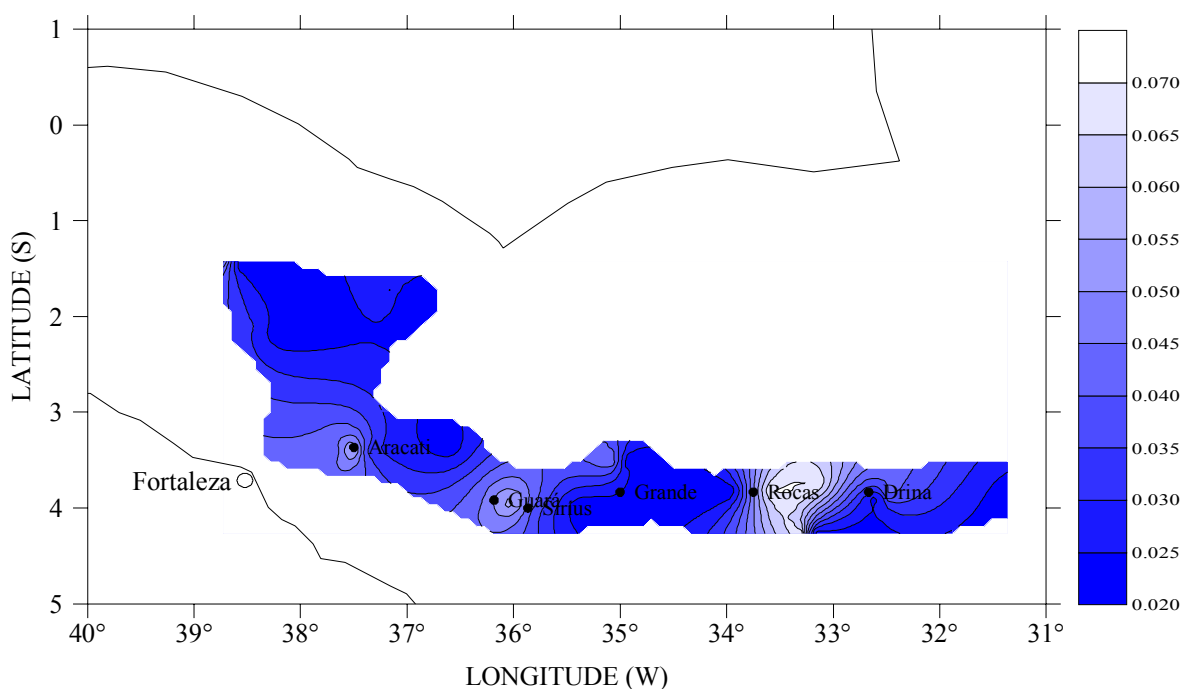


FIGURA 44 – Distribuição da concentração de nitrito ( $\mu\text{mol/L}$ ) na camada superficial da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

### 50% DE LUMINOSIDADE

Esta camada tem tendência semelhante a anterior no que diz respeito às concentrações determinadas, ou seja, o máximo encontrado na primavera que foi de  $0,08 \mu\text{mol/L}$ , localizado no banco Aracati, sendo maior que o encontrado no verão ( $0,06 \mu\text{mol/L}$ , entre os bancos Sírius e Grande) e menor que o do outono de 1998 que foi de  $0,12 \mu\text{mol/L}$ , registrado abaixo do Atol das Rocas, já em direção ao banco Drina. A média encontrada foi de  $0,08 \mu\text{mol/L}$  na primavera de 2000, sendo maior que as encontrada tanto no verão ( $0,02 \mu\text{mol/L}$ ) quanto no outono ( $0,04 \mu\text{mol/L}$ ). A amplitude observada foi de  $0,06 \mu\text{mol/L}$ , sendo maior que a do verão de 1997 ( $0,04 \mu\text{mol/L}$ ) e menor que a do outono de 1998 ( $0,09 \mu\text{mol/L}$ ). De acordo com a FIGURA 45 observamos que o nitrito se distribui pela área estudada de modo pouco homogêneo, formando quatro vórtices de máxima, nos bancos da cadeia norte do Brasil, banco Aracati, acima do banco Grande e Atol das Rocas.

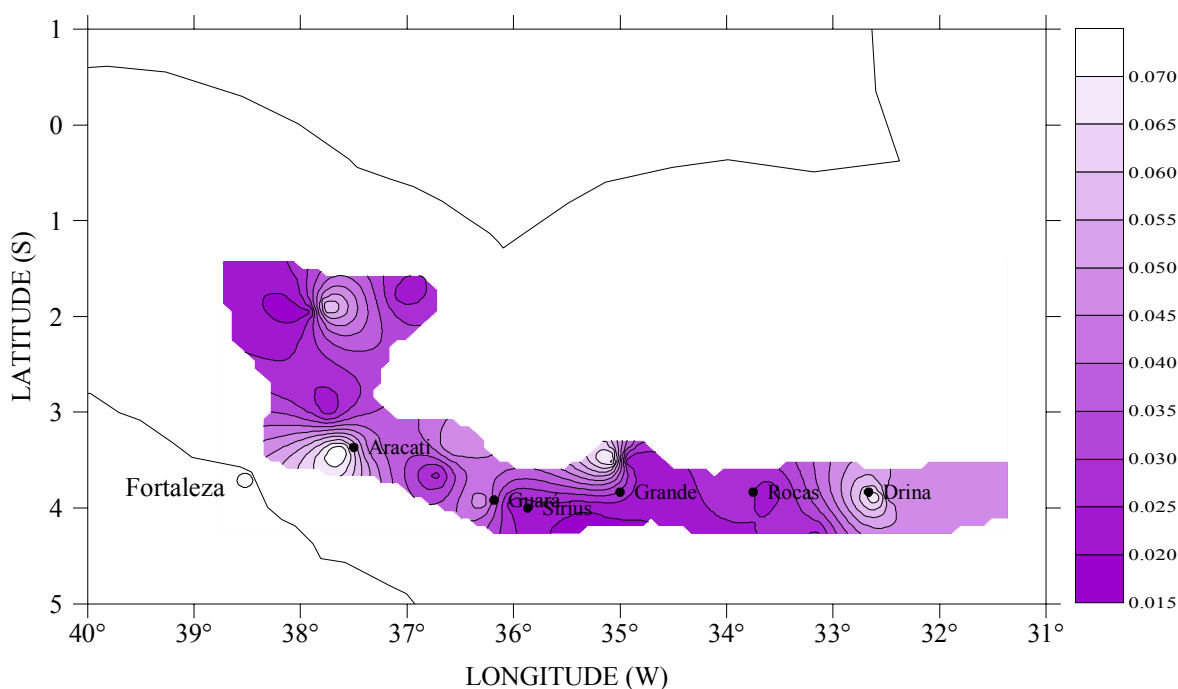


FIGURA 45 – Distribuição da concentração de nitrito ( $\mu\text{mol/L}$ ) na camada 50% de luminosidade da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

### 1% DE LUMINOSIDADE

Diferente das camadas anteriores, aqui a distribuição do nitrito se dá de maneira bastante homogênea, apenas com a formação e um vórtice de máxima

próximo ao banco Aracati, com se pode ver na FIGURA 46. A concentração máxima observada foi  $0,18 \mu\text{mol/L}$ , próximo ao banco Aracati, mais uma vez, maior que o encontrado no verão de 1997 ( $0,05 \mu\text{mol/L}$ , nas proximidades de banco Aracati) e menor que o do outono de 1998 ( $0,20 \mu\text{mol/L}$ , localizado entre os bancos Sírius e Grande). A média da camada na região foi de  $0,04 \mu\text{mol/L}$ , ainda maior que a média do verão ( $0,02 \mu\text{mol/L}$ ), porém menor que a do outono ( $0,05 \mu\text{mol/L}$ ). A amplitude na primavera ( $0,16 \mu\text{mol/L}$ ) também foi maior que a verão ( $0,03 \mu\text{mol/L}$ ) e menor que a do outono ( $0,18 \mu\text{mol/L}$ ).

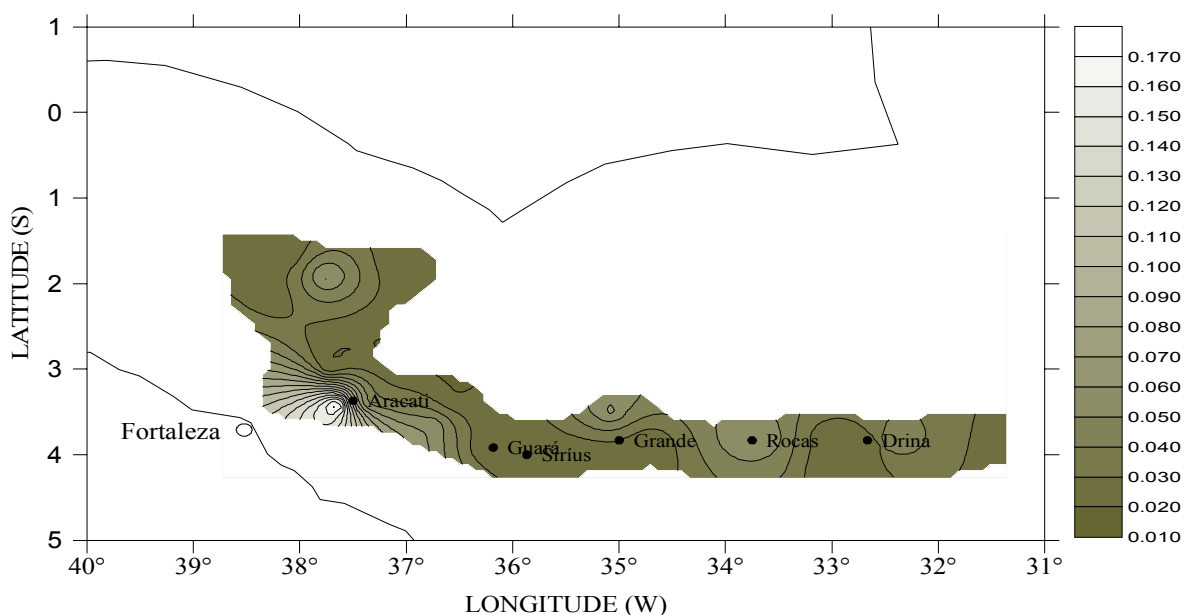


FIGURA 46 – Distribuição da concentração de nitrito ( $\mu\text{mol/L}$ ) na camada 1% de luminosidade da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

#### INÍCIO DA TERMOCLINA SAZONAL

Nesta camada da coluna d'água, os valores de concentração registrados começam a se diferenciar das camadas anteriores, no que se refere à sua comparação com as duas outras estações do ano (verão e outono). Encontramos uma concentração máxima de  $0,11 \mu\text{mol/L}$ , próximo ao banco Drina, concentração esta, menor que as encontradas tanto no verão de 1997 ( $0,28 \mu\text{mol/L}$ , acima do Atol das Rocas), quanto no outono de 1998 ( $0,20 \mu\text{mol/L}$ , próximo ao banco Aracati). A média da área na primavera de 2000 foi de  $0,04 \mu\text{mol/L}$ , como na camada anterior, maior que a do verão ( $0,03 \mu\text{mol/L}$ ) e menor que a do outono ( $0,06 \mu\text{mol/L}$ ). A



amplitude que até então era sempre na primavera maior que no verão e menor que no outono, agora foi menor que na duas outras estações: primavera – 0,09  $\mu\text{mol/L}$ , verão – 0,25  $\mu\text{mol/L}$  e outono – 0,18  $\mu\text{mol/L}$ . A distribuição deste parâmetro se dá de forma homogênea e com a formação de cinco vórtices de máximo; nos bancos da cadeia norte do Brasil, no banco Aracati, no banco Guará, acima do banco grande e no Atol das Rocas, como mostra a FIGURA 47.

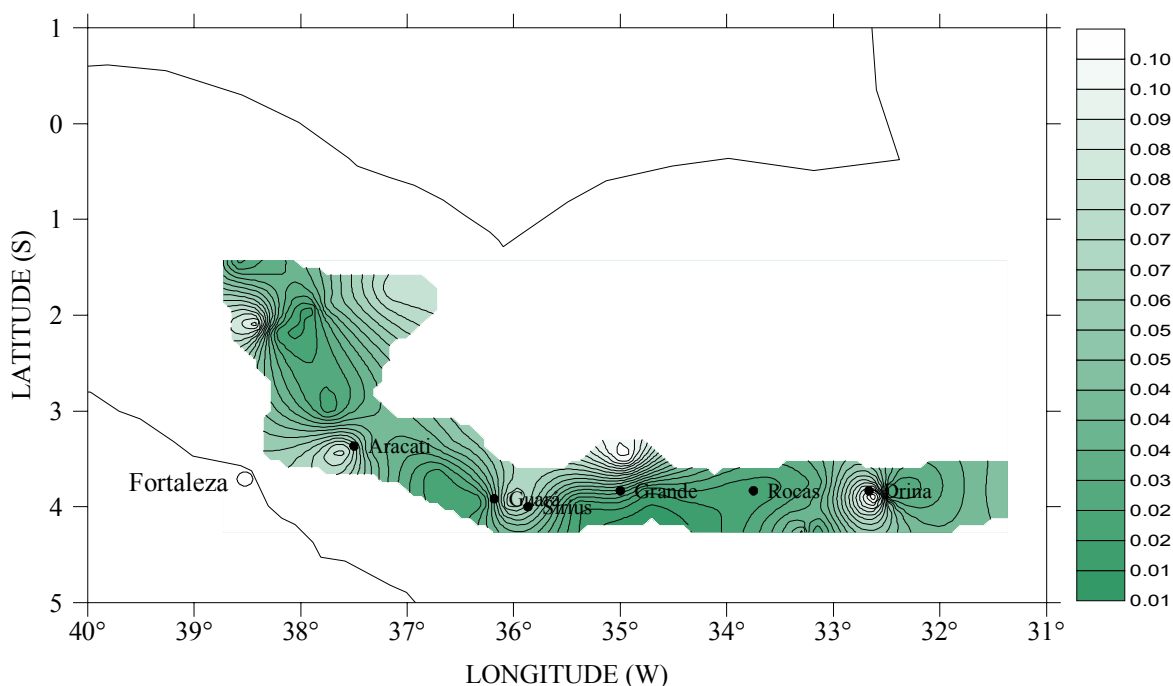


FIGURA 47 – Distribuição da concentração de nitrito ( $\mu\text{mol/L}$ ) na camada início da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

#### MEIO DA TERMOCLINA SAZONAL

A concentração máxima de nitrito nesta camada foi de 0,07  $\mu\text{mol/L}$ , próximo ao banco Grande, sendo pela primeira vez, menor que os valores encontrados para o verão de 1997 (3,20  $\mu\text{mol/L}$ , próximo ao Atol das Rocas) e outono de 1998 (0,23  $\mu\text{mol/L}$ , nos bancos da cadeia norte do Brasil). As médias da região foram de 0,05  $\mu\text{mol/L}$  na primavera de 2000; 0,08  $\mu\text{mol/L}$  no outono de 1998 e 0,45  $\mu\text{mol/L}$  no verão de 1997, pela primeira vez neste trabalho, verifica-se uma concentração média na primavera menor que as das duas outras estações estudadas. O nitrito se distribui aqui de forma pouca homogênea com a formação de três regiões

bem definidas de máximo, nos bancos da cadeia norte do Brasil, no banco Grande e Atol das Rocas, como pode ser visto na FIGURA 48.

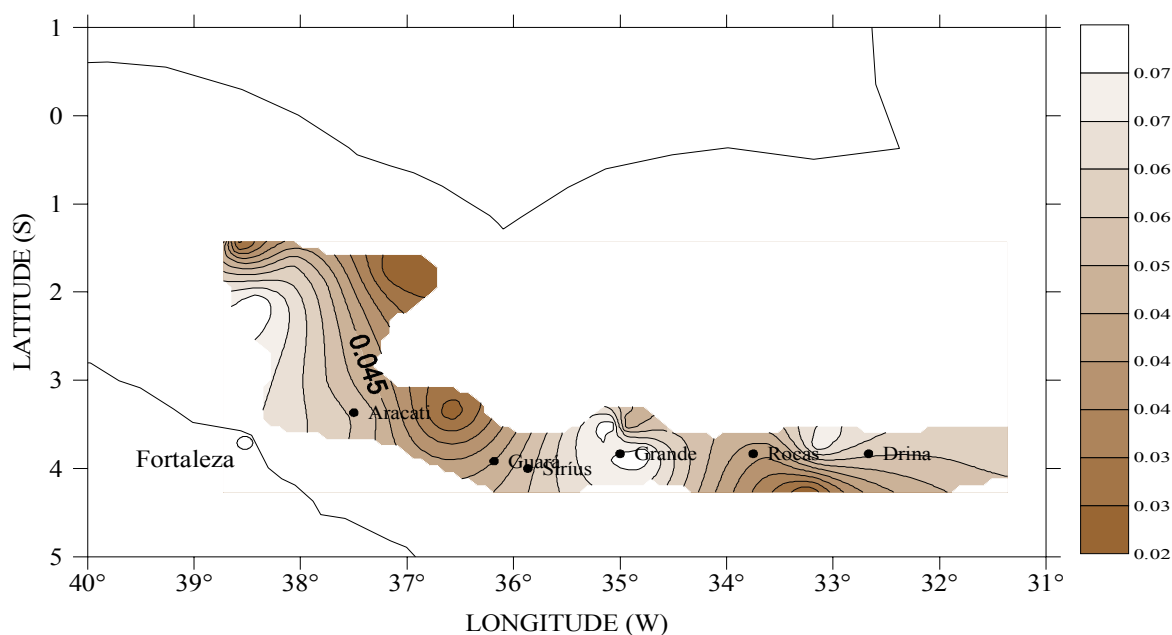


FIGURA 48 – Distribuição da concentração de nitrito ( $\mu\text{mol/L}$ ) na camada meio da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

#### FIM DA TERMOCLINA SAZONAL

A FIGURA 49 nos mostra que o nitrito se distribui de forma totalmente homogênea. A concentração máxima detectada nesta camada na primavera de 2000 foi de  $0,122 \mu\text{mol/L}$ , no banco Aracati, esse valor é menor que os encontrados, tanto no verão de 1997 ( $0,80 \mu\text{mol/L}$  entre os bancos Sírius e Grande), quanto no outono de 1998 ( $0,20 \mu\text{mol/L}$ , próximo ao banco Guará). A média encontrada foi de  $0,05 \mu\text{mol/L}$ , sendo também menor que as do verão ( $0,24 \mu\text{mol/L}$ ) e outono ( $0,39 \mu\text{mol/L}$ ). A mesma tendência é observada quando se trata da amplitude, de modo que registramos para a primavera um valor de  $0,1 \mu\text{mol/L}$ ; para o verão de 1997, o valor de  $0,78 \mu\text{mol/L}$  e no outono de 1998 o valor de  $0,18 \mu\text{mol/L}$ .

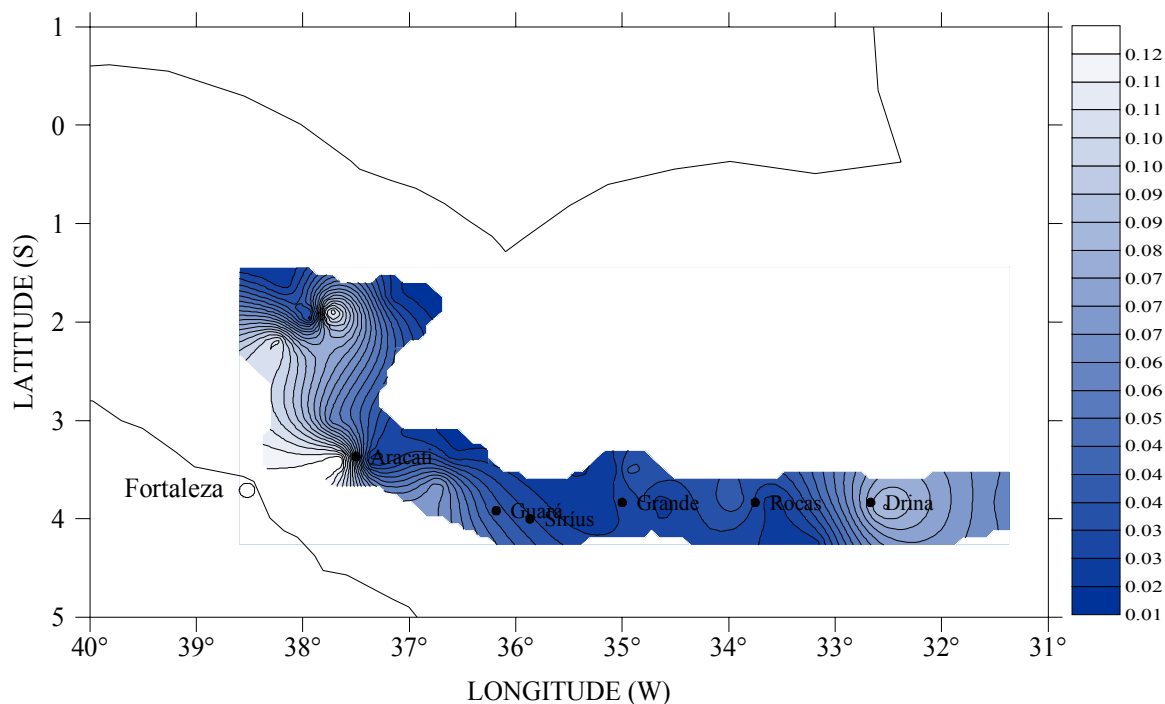


FIGURA 49 – Distribuição da concentração de nitrito ( $\mu\text{mol/L}$ ) na camada fim da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

#### FIM DA TERMOCLINA PERMANENTE

Aqui todos os valores avaliados com relação à concentração de nitrito, são os menores entre as três estações citadas (primavera de 2000, outono de 1998 e verão de 1997). A FIGURA 50 mostra que há homogeneidade na distribuição do nitrito, com apenas um vórtice de máximo no banco Guará. A concentração máxima foi de  $0,10 \mu\text{mol/L}$ , próximo ao banco Guará, como já dito anteriormente, menor que a do verão de 1997 ( $1,05 \mu\text{mol/L}$ ) e do outono de 1998 ( $0,15 \mu\text{mol/L}$ ), ambos próximo as Atol das Rocas). As médias foram de  $0,04 \mu\text{mol/L}$  – primavera;  $0,27$  – verão e  $0,05$  – outono. As amplitudes registradas foram de  $0,07 \mu\text{mol/L}$  para primavera;  $1,03 \mu\text{mol/L}$  para o verão e  $0,12 \mu\text{mol/L}$  para o outono.

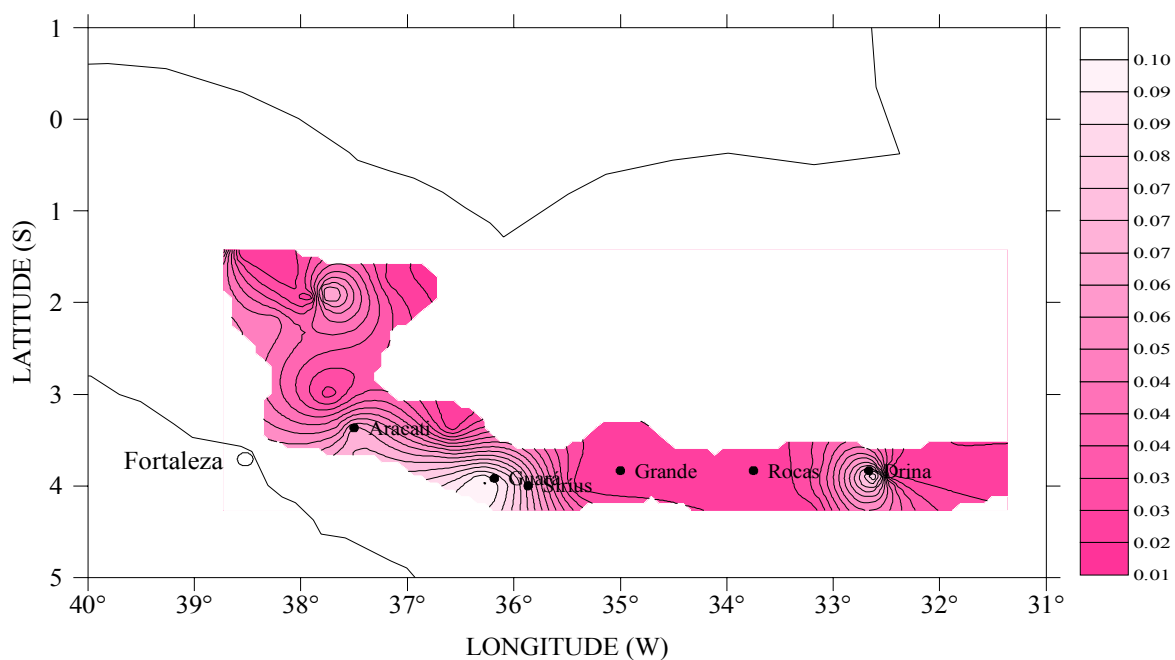


FIGURA 50 – Distribuição da concentração de nitrito ( $\mu\text{mol/L}$ ) na camada fim da termoclina permanente da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

Os valores das concentrações de nitrito, verificados na área, durante as estações do ano estudadas podem ser verificados na TABELA 11.

TABELA 11. Valores máximos, mínimos, médios e de amplitude de variação, das concentrações de nitrito para o verão de 1997, outono de 1998 e primavera de 2000.

PROFUND.	NITRITO ( $\mu\text{mol/L}$ ) 1997				NITRITO ( $\mu\text{mol/L}$ ) 1998				NITRITO ( $\mu\text{mol/L}$ ) 2000			
	Min.	Med.	Max.	Amp.	Min.	Med.	Max.	Amp.	Min.	Med.	Max.	Amp.
S	L.D.	0,02	0,07	0,05	L.D.	0,04	0,14	0,12	L.D.	0,05	0,07	0,05
50% de luminosidade	L.D.	0,02	0,06	0,03	L.D.	0,04	0,12	0,09	L.D.	0,04	0,08	0,06
1% de luminosidade	L.D.	0,02	0,05	0,03	L.D.	0,05	0,20	0,18	L.D.	0,04	0,18	0,16
ITS	L.D.	0,03	0,28	0,25	L.D.	0,06	0,20	0,18	L.D.	0,04	0,11	0,10
MTS	L.D.	0,05	3,20	3,18	L.D.	0,08	0,23	0,20	L.D.	0,05	0,07	0,05
FTS	L.D.	0,24	0,80	0,78	L.D.	0,40	0,20	0,18	L.D.	0,05	0,12	0,10
FT	L.D.	0,27	1,05	1,03	L.D.	0,05	0,15	0,12	L.D.	0,04	0,10	0,07
F	---	---	---	---	---	---	---	---	L.D.	0,04	0,16	0,01

## FUNDO

As concentrações de nitrito registradas na camada de fundo foram as seguintes: 0,16  $\mu\text{mol/L}$  valor máximo, localizado próximo ao banco Guará; 0,04  $\mu\text{mol/L}$  de concentração média e 0,14  $\mu\text{mol/L}$  para a amplitude. De acordo com FIGURA 51, observa-se que o nitrito se distribuiu de forma totalmente homogênea pela a área em estudo, formando apenas um vórtice de máximo próximo ao banco Guará.

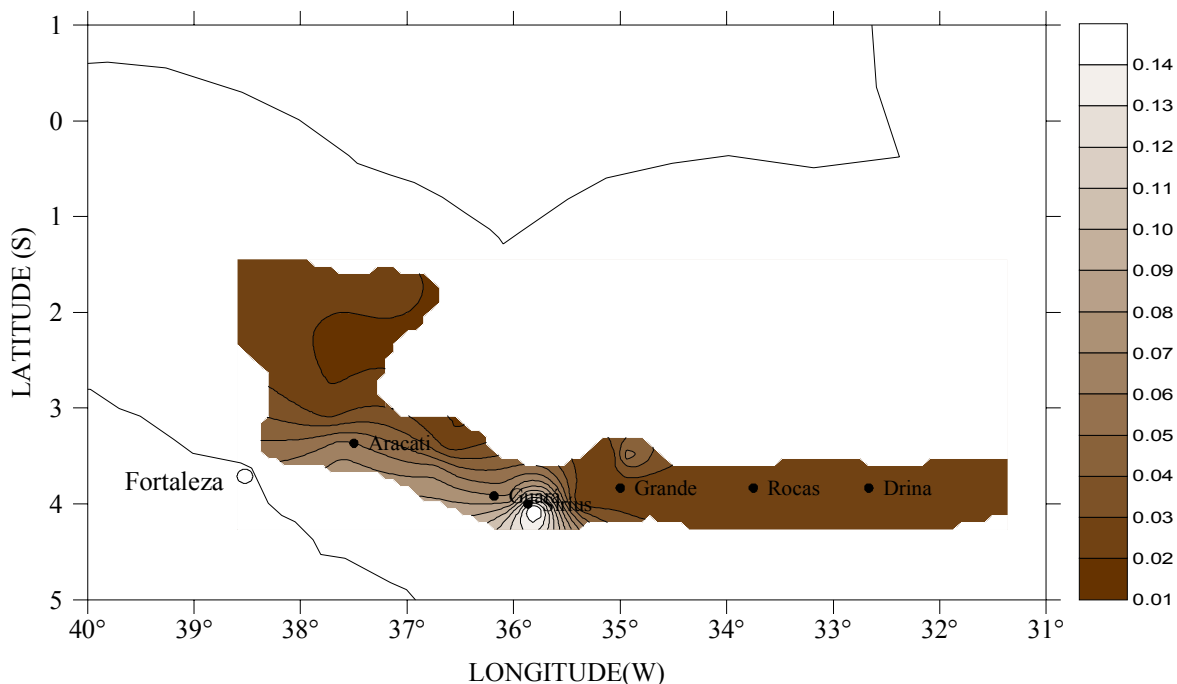


FIGURA 51 – Distribuição da concentração de nitrito ( $\mu\text{mol/L}$ ) na camada de fundo da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

Horizontalmente conclui-se que na primavera e no outono os máximos de nitrito se localizam entre as longitudes de 38°W e 36°W, com exceção das camadas ITS e MTS na primavera e 50% de luminosidade e FT no outono, onde os máximos se localizam entre as longitudes de 35°W e 33°W. No verão a tendência é um pouco diferente de modo que os máximos se encontram próximo à latitude de 33,5°W, a exceção das camadas 50% de luminosidade e FTS onde os máximos são detectados entre as longitudes de 36°W e 35°W.

### 5.5.1. NITRITO – VARIAÇÃO VERTICAL

Verticalmente, observando as FIGURAS 52a, 52b, 52c e 52d, percebe-se que com relação às concentrações máximas, primavera e outono, apresentam tendência semelhante ao longo de toda a coluna d'água. Nas camadas (S, 50% e 1%) são registrados os maiores valores de máximo para o outono e menores para o verão, porém nas camadas subseqüentes o verão apresenta os maiores valores e a primavera os menores. Quanto aos mínimos, as três estações em todas as camadas, mostram valores que se encontram abaixo do L.D. Nas camadas (S e 50%) são registradas as maiores médias para a primavera e as menores para o verão, nas camadas (1% e ITS) as maiores médias são do outono e as menores do verão, nas demais camadas observa-se que o verão apresenta as maiores médias e a primavera as menores, exceto na camada FTS, onde o outono apresenta a menor média. As três estações apresentam tendências semelhantes no que diz respeito às amplitudes de variação da concentração de nitrito. Observa-se que o outono apresenta sempre as menores amplitudes, com exceção da camada FT, onde a menor amplitude foi registrada no verão. As maiores amplitudes para o verão foram registradas nas camadas (50%, 1%, ITS e FTS) enquanto que na primavera, os maiores valores de amplitude foram verificados nas camadas (MTS e FT).

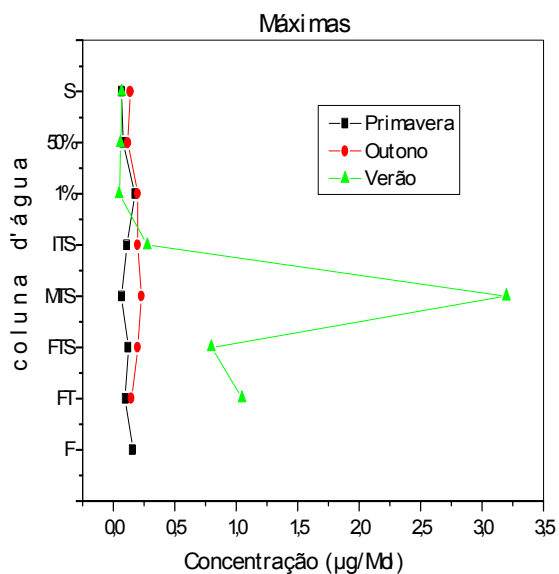


FIGURA 52a

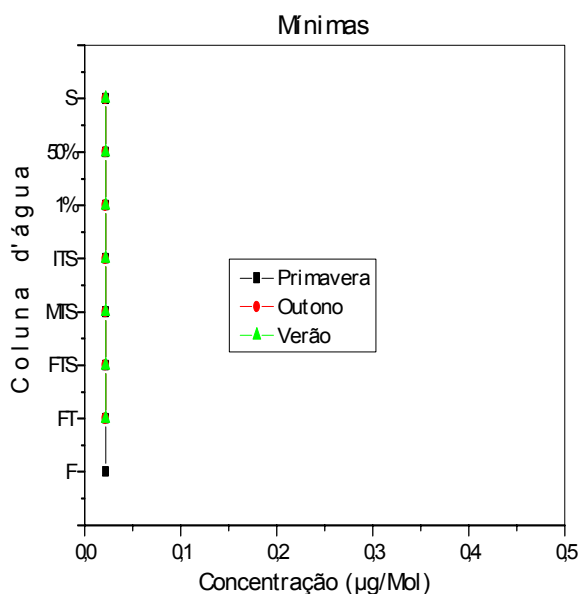


FIGURA 52b

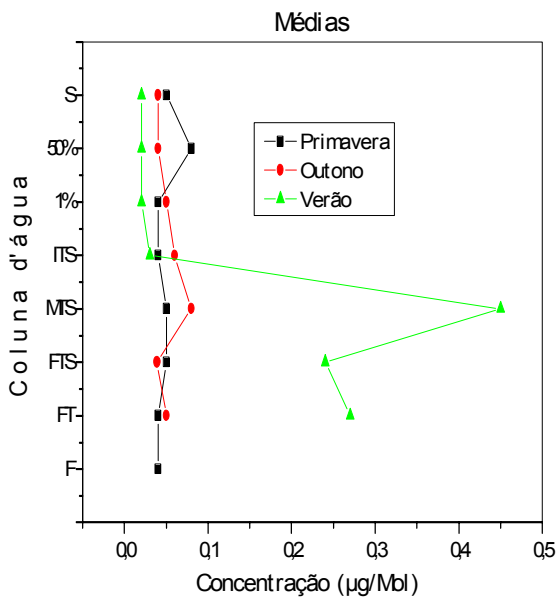


FIGURA 52c

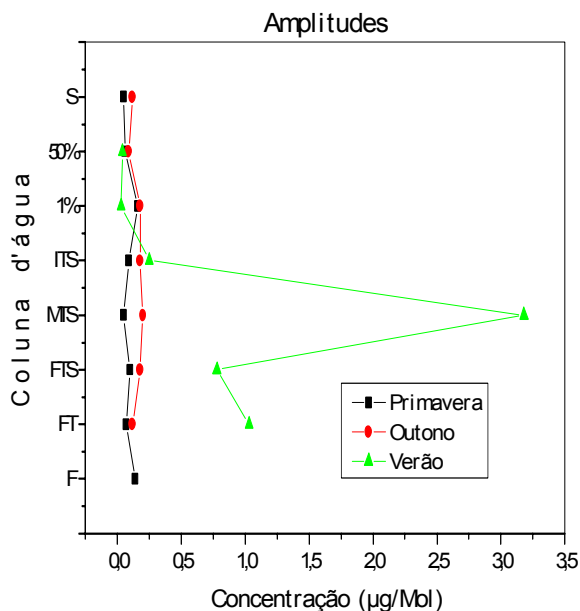


FIGURA 52d

FIGURAS 52a, 52b, 52c e 52d – Distribuição vertical das concentrações de nitrito máximas, mínimas, médias e das amplitudes de variação, respectivamente, nas camadas da coluna d'água, para o verão de 1997, outono de 1998 e primavera de 2000.

## 5.6. SILÍCIO – VARIAÇÃO HORIZONTAL

### SUPERFÍCIE

A distribuição horizontal do silício na camada superficial, durante a primavera de 2000, de dá com pouca homogeneidade e de acordo com a FIGURA 53, com a formação de duas “micro-regiões” bem distintas de máximos, uma em torno da longitude de 38°W e a outra em torno da longitude de 33°W. Nesta camada a concentração máxima registrada foi de 7,30  $\mu\text{mol/L}$ , nos bancos da Cadeia Norte do Brasil, esta concentração foi menor que as encontradas tanto para o verão de 1997 (10,58  $\mu\text{mol/L}$ , também nos bancos da Cadeia Norte do Brasil), quanto para o outono de 1998 (10,05  $\mu\text{mol/L}$ , sobre o banco SÍrius). O mínimo detectado nas três estações, para a camada superficial, foi abaixo de limite de detecção (L.D.), que para o silício é de 0,237  $\mu\text{mol/L}$ . Quanto as médias, observa-se que acontece o oposto aos máximos, ou seja a primavera apresenta o valor de 4,75  $\mu\text{mol/L}$ , que é maior que os valores do verão (3,38  $\mu\text{mol/L}$ ) e do outono (2,59  $\mu\text{mol/L}$ ). As amplitudes, demonstram tendência semelhante aos máximos, portanto a primavera que apresenta um valor de 7,06  $\mu\text{mol/L}$ , tem amplitude menor que o verão (10,34  $\mu\text{mol/L}$ ) e que o outono (9,8  $\mu\text{mol/L}$ ).

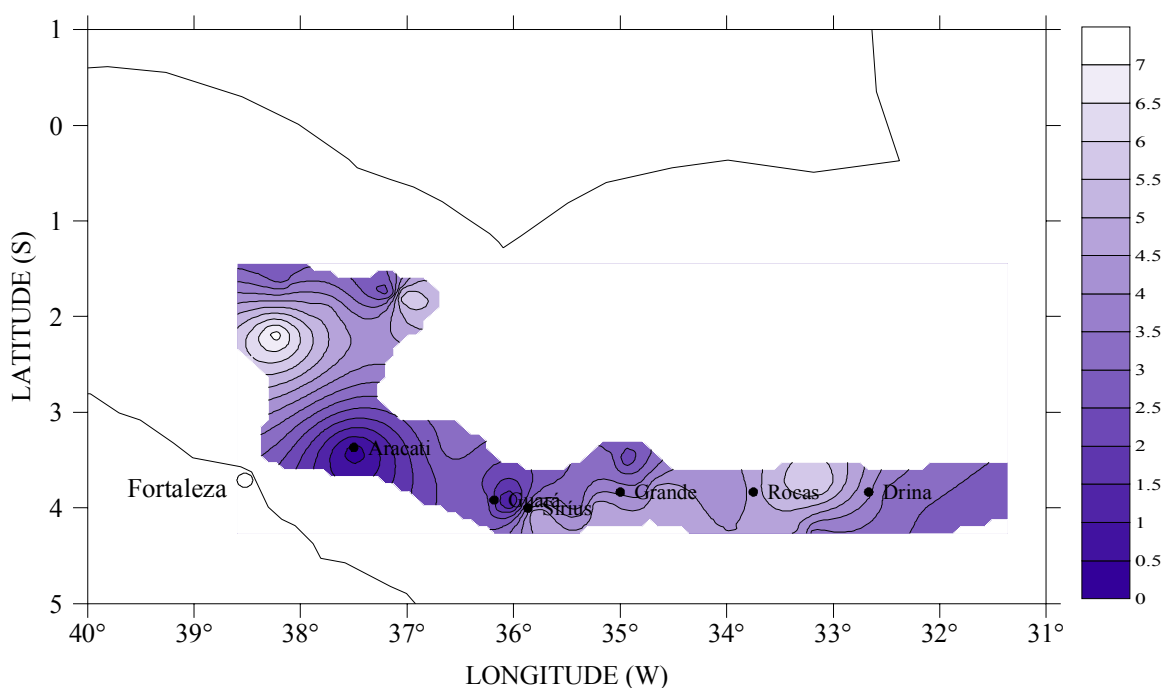


FIGURA 53 – Distribuição da concentração de silício ( $\mu\text{mol/L}$ ) na camada de superfície da coluna d’água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.



Na TABELA 12, podemos verificar todos os valores das concentrações de silício reativo, determinados na área e avaliados neste trabalho.

TABELA 12. Valores máximos, mínimos, médios e de amplitude de variação, das concentrações de silício reativo para o verão de 1997, outono de 1998 e primavera de 2000.

PROFUND.	SILÍCIO ( $\mu\text{mol/L}$ ) -1997				SILÍCIO ( $\mu\text{mol/L}$ ) -1998				SILÍCIO ( $\mu\text{mol/L}$ ) - 2000			
	Min.	Med.	Max	Amp.	Min.	Med.	Max.	Amp.	Min.	Med.	Max.	Amp.
S	L.D.	3,38	10,58	10,34	L.D.	2,58	10,05	9,81	L.D.	4,75	7,30	7,06
50% de luminosidade	L.D.	4,68	13,49	13,25	L.D.	2,96	10,36	10,12	L.D.	3,07	6,90	6,66
1% de luminosidade	L.D.	5,94	17,52	17,28	L.D.	3,26	10,67	10,43	L.D.	3,91	7,14	6,90
ITS	0,63	6,14	17,41	16,78	L.D.	3,42	10,36	10,12	L.D.	4,67	16,18	15,94
MTS	L.D.	7,95	19,53	19,30	L.D.	5,44	15,42	15,18	0,51	10,23	27,09	26,58
FTS	1,23	11,99	22,61	21,38	L.D.	8,41	40,27	40,04	0,94	8,72	59,64	58,70
FT	1,68	16,72	35,48	33,80	1,43	20,34	49,59	48,16	2,14	25,88	104,89	102,75
F	---	---	---	---	---	---	---	---	3,02	41,32	105,27	102,25

#### 50% DE LUMINOSIDADE

Para a camada de 50% de luminosidade da coluna d'água, a concentração máxima de silício, encontrada foi de 6,90  $\mu\text{mol/L}$ , acima do banco Aracati, assim como na camada anterior este valor é menor que os determinados para verão de 1997 (13,49  $\mu\text{mol/L}$ , nos bancos da cadeia norte do Brasil) e o outono de 1998 (10,36  $\mu\text{mol/L}$ , no banco Aracati). Os mínimos para as três estações ainda se encontram abaixo do L.D. As médias verificadas foram de 3,07  $\mu\text{mol/L}$  para a primavera, que é maior que a média do outono (2,96  $\mu\text{mol/L}$ ) e menor que a do verão (4,68  $\mu\text{mol/L}$ ). As amplitudes, a exemplo da camada anterior, têm valor de 6,66  $\mu\text{mol/L}$  para a primavera, sendo portanto menor que os valores encontrados, tanto para o verão (13,25  $\mu\text{mol/L}$ ) e o outono (10,12  $\mu\text{mol/L}$ ). A distribuição do parâmetro

avaliado, nesta camada, diferentemente da anterior, acontece de forma totalmente heterogênea, como pode ser visto na FIGURA 54.

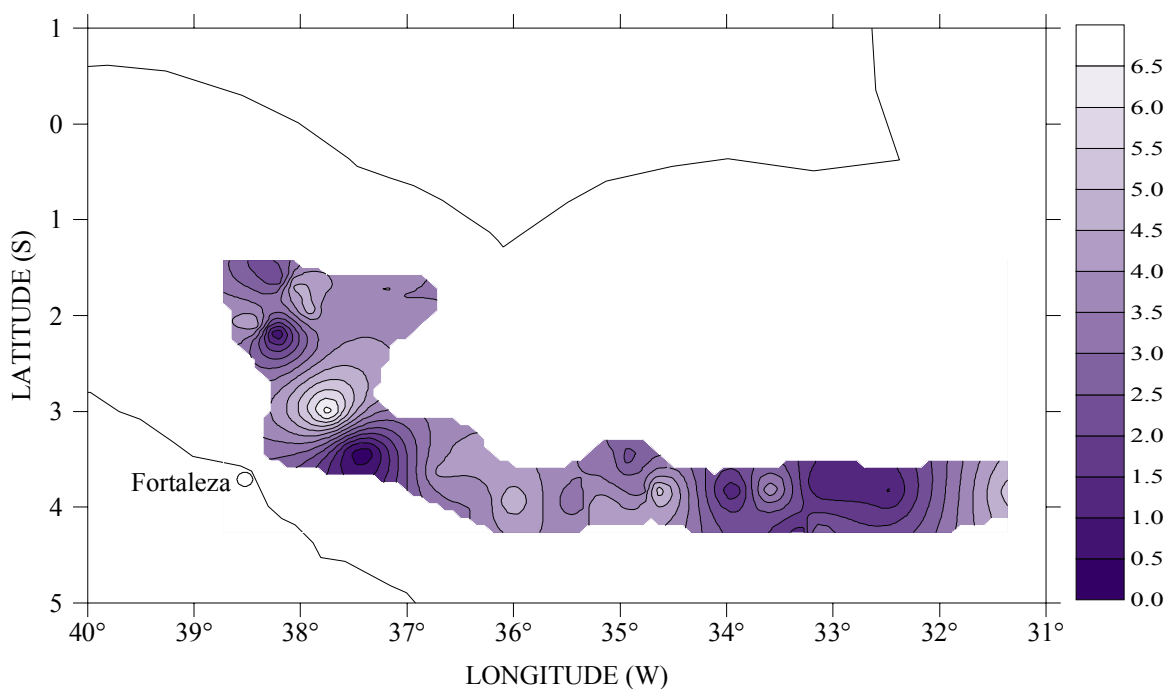


FIGURA 54 – Distribuição da concentração de silício ( $\mu\text{mol/L}$ ) na camada 50% de luminosidade da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

#### 1% DE LUMINOSIDADE

A FIGURA 55 nos mostra que a distribuição do silício nesta camada se assemelha muito à da camada anterior, ou seja, acontece com muita heterogeneidade. As concentrações máximas registradas foram de  $7,14 \mu\text{mol/L}$ , nos bancos da Cadeia Norte do Brasil, porém menor que os valores encontrados para o verão de 1997 ( $17,52 \mu\text{mol/L}$ , também nos bancos da Cadeia Norte do Brasil) e o outono de 1998 ( $10,67 \mu\text{mol/L}$ , próximo ao banco Sírius). Os mínimos continuam, nas três estações, abaixo do L.D. A média registrada na primavera de 2000 foi de  $3,91 \mu\text{mol/L}$ , sendo maior que a do outono ( $3,26 \mu\text{mol/L}$ ) e menor que a do verão ( $5,94 \mu\text{mol/L}$ ). As amplitudes seguem ainda a tendência das camadas anteriores sendo para a primavera  $6,90 \mu\text{mol/L}$ , menor que para as duas outras estações do ano estudadas; verão –  $17,28 \mu\text{mol/L}$  e outono –  $10,43 \mu\text{mol/L}$ .

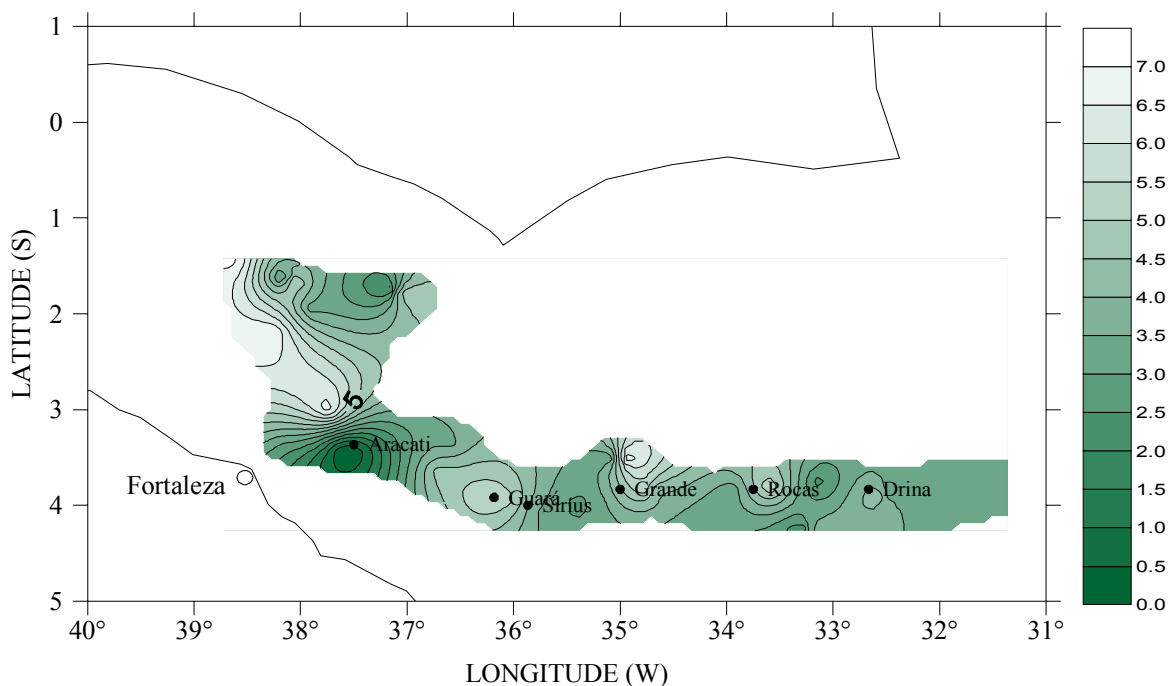


FIGURA 55 – Distribuição da concentração de silício ( $\mu\text{mol/L}$ ) na camada 1% de luminosidade da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

#### INÍCIO DA TERMOCLINA SAZONAL

Nesta camada observa-se uma modificação nas tendências das grandezas avaliadas para as três estações, pela primeira vez a primavera de 2000 apresenta um valor de máximo ( $16,18 \mu\text{mol/L}$ , no banco Drina) que é maior que o do outono de 1998 ( $10,36 \mu\text{mol/L}$ , no banco Sírius), porém ainda menor que o do verão de 1997 ( $17,41 \mu\text{mol/L}$ , nos bancos da cadeia norte do Brasil). Primavera e outono ainda apresentam valores mínimos abaixo do L.D., porém o verão já se difere, apresentando um mínimo de  $0,63 \mu\text{mol/L}$ , nas proximidades do banco Guará. A média de  $4,67 \mu\text{mol/L}$ , na primavera é menor que a encontrada para o verão ( $6,14 \mu\text{mol/L}$ ) e maior que a do outono ( $3,42 \mu\text{mol/L}$ ), o mesmo acontece com a amplitude: primavera –  $15,94 \mu\text{mol/L}$ ; verão –  $16,78 \mu\text{mol/L}$  e outono –  $10,12 \mu\text{mol/L}$ . A distribuição do silício pela área em estudo, nesta camada, começa a se dar com maior homogeneidade e com a formação de dois vórtices de máximos, um entre os banco Aracati e Guará e outro próximo ao banco Drina, como se vê na FIGURA 56.

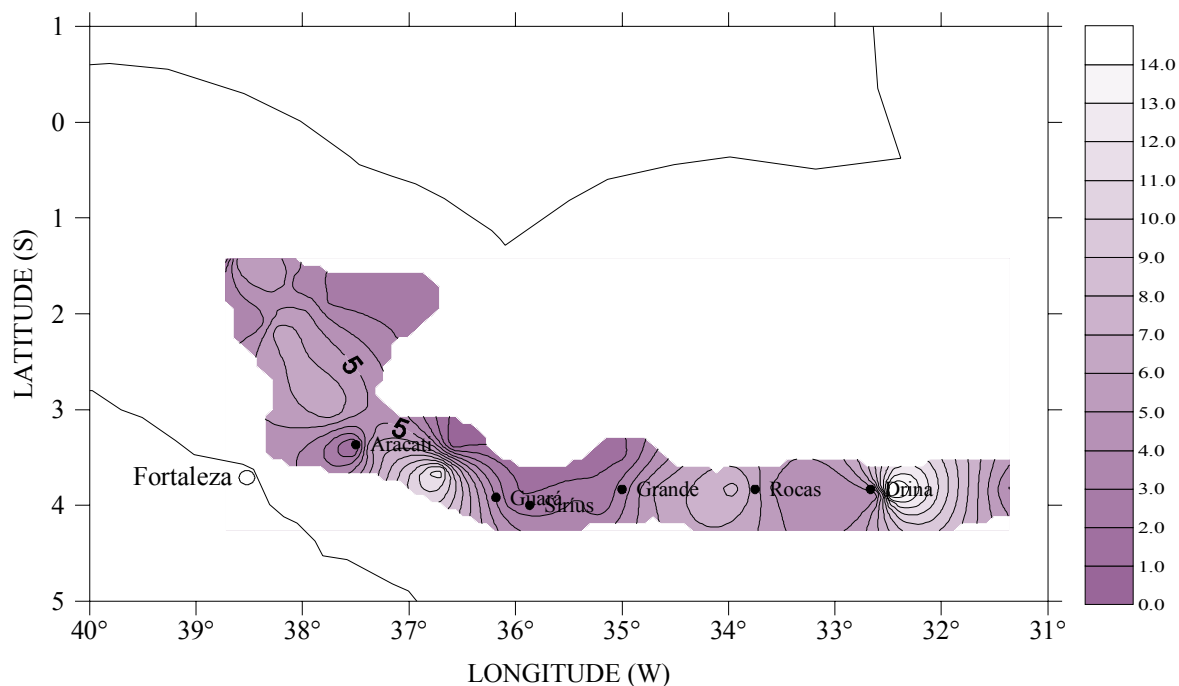


FIGURA 56 – Distribuição da concentração de silício ( $\mu\text{mol/L}$ ) na camada de início da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

#### MEIO DA TERMOCLINA SAZONAL

Nesta camada a primavera de 2000 apresenta os maiores valores entre as três estações avaliadas (primavera de 2000, outono de 1998 e verão de 1997). O valor máximo de concentração na primavera de 2000 foi de  $27,09 \mu\text{mol/L}$ , localizado mais uma vez nos bancos da cadeia norte do Brasil e maior que os encontrados no verão de 1997 ( $19,53 \mu\text{mol/L}$ , próximo ao banco Aracati) e no outono ( $15,42 \mu\text{mol/L}$ , próximo a Atol das Rocas). Os mínimos do outono e verão estão abaixo do L.D., mas para a primavera foi de  $0,51 \mu\text{mol/L}$ , localizado no banco Aracati. A média da primavera foi de  $10,23 \mu\text{mol/L}$  maior que as do verão ( $7,95 \mu\text{mol/L}$ ) e do outono ( $5,44 \mu\text{mol/L}$ ), o mesmo se dá com a amplitude, ou seja, a primavera apresenta um valor de  $26,58 \mu\text{mol/L}$ , sendo maior que a do verão  $19,30 \mu\text{mol/L}$  e que a do outono  $15,18 \mu\text{mol/L}$ . De acordo com a FIGURA 57, verifica-se que a distribuição do silício nesta camada é bastante homogênea.

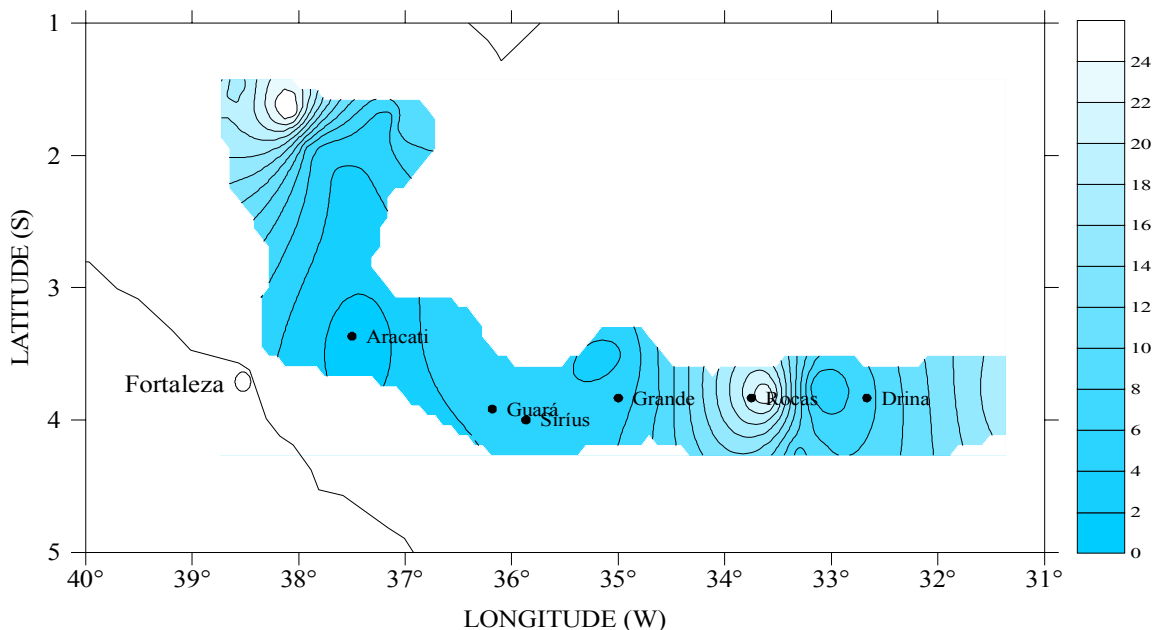


FIGURA 57 – Distribuição da concentração de silício ( $\mu\text{mol/L}$ ) na camada de meio da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

#### FIM DA TERMOCLINA SAZONAL

De acordo com a FIGURA 58, a distribuição do silício no final da termoclina sazonal ocorre com pouca homogeneidade. A concentração máxima registrada para a primavera de 2000 foi de  $59,64 \mu\text{mol/L}$ , novamente nos bancos da Cadeia Norte do Brasil, e como na camada anterior, maior que as encontradas, tanto para o verão ( $22,61 \mu\text{mol/L}$ , próximo ao banco Aracati), quanto para o outono de 1998 ( $40,27 \mu\text{mol/L}$ , próximo ao banco Aracati). Quanto aos mínimos o que se observa é que o outono ainda se encontra com valores abaixo do L.D., mas a primavera apresenta valor igual a  $0,94 \mu\text{mol/L}$ , localizado no banco Aracati, sendo menor que o mínimo do verão ( $1,23 \mu\text{mol/L}$ , próximo ao banco Drina). Quanto as médias verifica-se para a primavera um valor de  $8,72 \mu\text{mol/L}$ , valor este maior que o encontrado para o outono de 1998 ( $8,41 \mu\text{mol/L}$ ) e menor que o do verão de 1997 ( $11,99 \mu\text{mol/L}$ ). As amplitudes, mais uma vez, mostram tendências semelhantes aos máximos, e como na camada anterior, a primavera onde se detectou uma amplitude de  $58,20 \mu\text{mol/L}$ , é maior tanto que a do verão ( $21,38 \mu\text{mol/L}$ ) quanto que a do outono ( $40,04 \mu\text{mol/L}$ ).

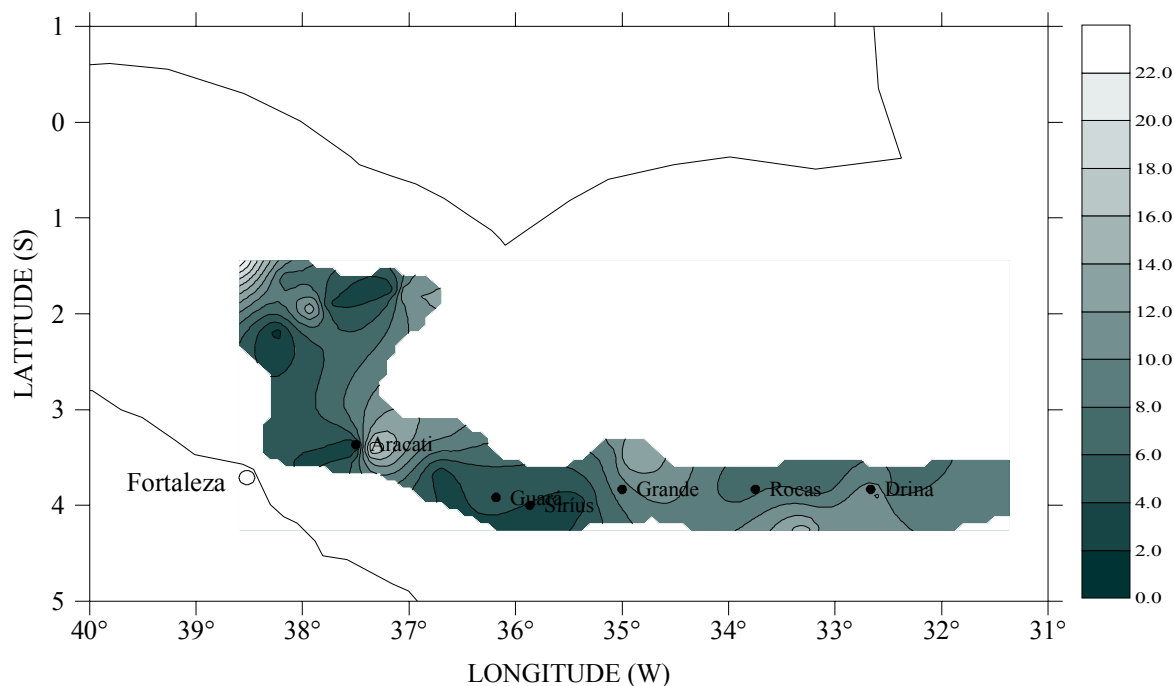


FIGURA 58 – Distribuição da concentração de silício ( $\mu\text{mol/L}$ ) na camada de fim da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

#### FIM DA TERMOCLINA PERMANENTE

Nesta camada a distribuição do silício é relativamente homogênea, como se vê na FIGURA 59, apresentando apenas um vórtice de máximo próximo ao banco Aracati. Há uma proximidade grande entre os valores detectados nas três estações do ano avaliadas, de modo que o valor máximo detectado para a primavera de 2000 foi de  $36,51 \mu\text{mol/L}$ , acima do banco Aracati, sendo muito próximo, porém ainda maior que os encontrados para o verão de 1997 ( $34,55 \mu\text{mol/L}$ , na região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil) e para o outono de 1998 ( $35,45 \mu\text{mol/L}$ , entre os bancos Sírus e Grande). Os mínimos pela primeira vez, encontram-se todos acima do L.D., portanto temos, um mínimo de  $34,32 \mu\text{mol/L}$  para a primavera, localizado sobre o banco Guará, sendo maior que o do verão ( $33,17 \mu\text{mol/L}$ , sobre o banco Drina) e ligeiramente, menor que o do outono ( $34,36 \mu\text{mol/L}$ , no banco Aracati). As médias seguem a mesma tendência dos máximos, tendo a primavera média no valor de  $34,86 \mu\text{mol/L}$ , maior que as médias do verão ( $33,82 \mu\text{mol/L}$ ) e do outono ( $34,58 \mu\text{mol/L}$ ). O mesmo acontece com relação às amplitudes, de modo que temos na primavera uma amplitude de variação da concentração de silício no valor de  $2,19 \mu\text{mol/L}$ , maior que a do verão ( $1,38 \mu\text{mol/L}$ ) e a do outono ( $1,09 \mu\text{mol/L}$ ).

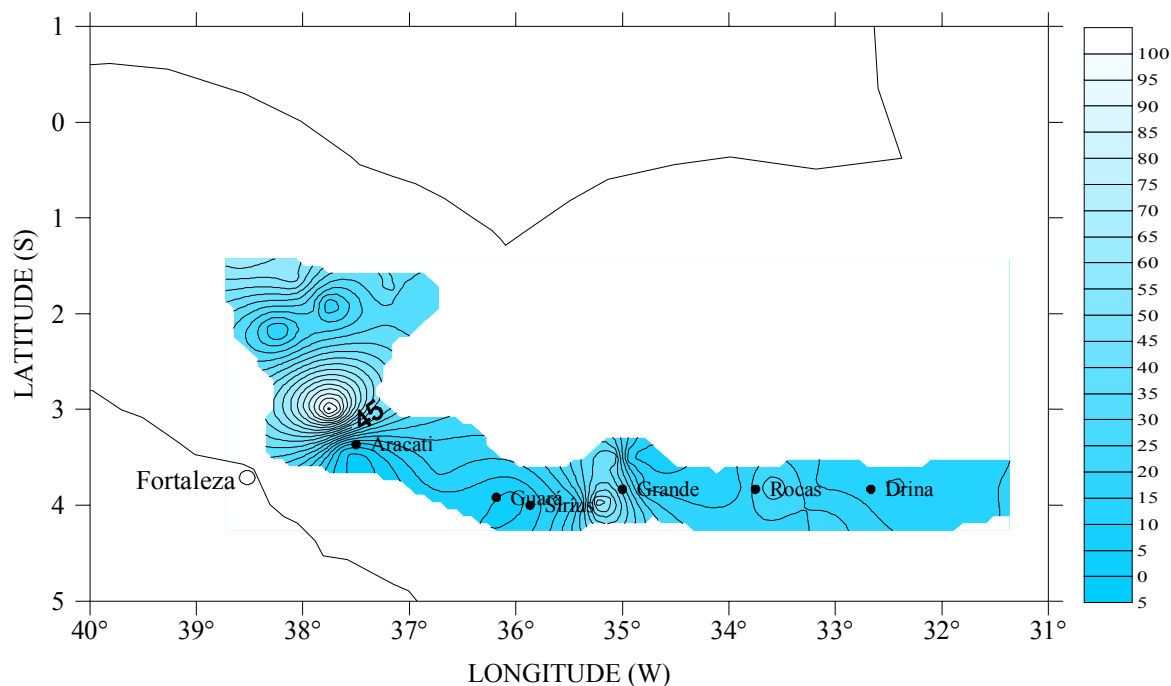


FIGURA 59 – Distribuição da concentração de silício ( $\mu\text{mol/L}$ ) na camada de fim da termoclina permanente da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

#### FUNDO

Os valores encontrados nesta camada da coluna d'água se assemelham muito com os registrados na camada anterior de modo que temos um máximo de concentração na primavera de 2000 no valor de  $35,78 \mu\text{mol/L}$ , um mínimo de  $34,30 \mu\text{mol/L}$ , uma média de  $34,73 \mu\text{mol/L}$  e uma amplitude de  $1,48 \mu\text{mol/L}$ . A distribuição do silício aqui não ocorre de forma homogênea, se assemelhando também a tendência da camada anterior, como fica claro na FIGURA 60.

Horizontalmente o que se pode concluir é que os máximos do verão e da primavera se distribuem de maneira muito semelhante, localizando-se entre as longitudes  $38^{\circ}\text{W}$  e  $37^{\circ}\text{W}$  com exceção apenas para a camada ITS na primavera onde o máximo se situa em torno da longitude de  $32,5^{\circ}\text{W}$ . Já no outono os máximos se localizam entre as longitudes  $36^{\circ}\text{W}$  e  $35^{\circ}\text{W}$ , excetuando-se a camada FTS onde o máximo foi registrado em torno da longitude  $37,5^{\circ}\text{W}$ . Já para os mínimos primavera e outono se distribuem da mesma forma, com seus valores localizados entre as longitudes  $37,5^{\circ}\text{W}$  e  $36,5^{\circ}\text{W}$ , enquanto que no verão os mínimos se localizam em torno da longitude de  $32,5^{\circ}\text{W}$ , com exceção para a camada ITS, cujo o valor mínimo é encontrado em torno da longitude de  $36^{\circ}\text{W}$ .

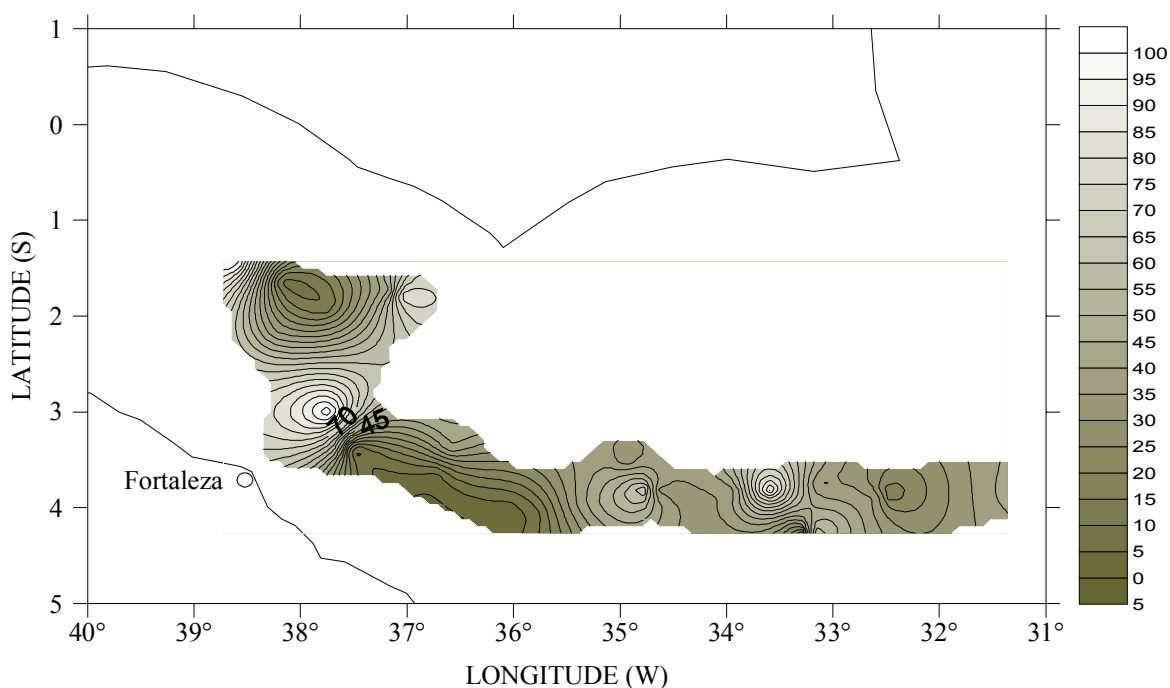


FIGURA 60 – Distribuição da concentração de silício ( $\mu\text{mol/L}$ ) na camada de fundo da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

### 5.6.1 SILÍCIO – VARIAÇÃO VERTICAL

De acordo com as FIGURAS 61a, 61b, 61c e 61d o que se observa com relação à variação vertical do silício ao longo da coluna d'água, na primavera de 2000 é que para as concentrações máximas o parâmetro avaliado apresenta variação bastante semelhante para as três estações, apenas com algumas inversões, de modo que temos para as camadas superficiais (S, 50% e 1%) o verão apresentando os maiores valores de máximo enquanto que na primavera detectou-se os menores valores, essa distribuição é exatamente o inverso do que ocorre nas camadas mais profundas (FTS e FT), já nas camadas intermediárias (ITS), o verão apresenta os maiores máximos e o outono os menores, na camada seguinte (MTS) o outono continua registrando o menor valor de máximo, mas o maior é detectado na primavera. Com relação aos mínimos as camadas iniciais (S, 50%, 1%, ITS e MTS) os valores encontrados para as três estações estão abaixo do L.D., com exceção para o verão na camada ITS e para a primavera na camada MTS. Na camada FTS o verão apresenta maior valor de mínimo, e o outono o menor, pois ainda continua com valores abaixo do L.D. A camada FT no outono registra o menor valor e a primavera



o maior. A tendência verificada para os valores de média é muito parecida nas três estações, podemos observar que nas camadas de superfície e MTS na primavera foi detectado a maior média e no outono a menor, nas outras camadas da coluna d'água o que se observa é que o verão registra os maiores valores de média e o outono os menores, a exceção fica por conta da camada FT, pois aí o maior valor de média foi determinado na primavera, e o menor no verão. No que diz respeito às amplitudes a variação se assemelha bastante com a tendência verificada para as médias. Nas camadas superficiais (S, 50% e 1%) as maiores amplitude de variação de concentração do silício foram verificadas no verão de 1997 e as menores na primavera de 2000, nas camadas mais profundas (FTS e FT) a tendência observada é exatamente o oposto do acontece nas camadas iniciais, ou seja, a primavera registra as maiores amplitudes, enquanto que para verão encontra-se os menores valores, na camada ITS o verão apresentou a maior amplitude, enquanto que a menor foi determinada para o outono, na camada MTS. O outono continua registrando a menor amplitude, porém quem apresenta o maior valor aqui é a primavera.

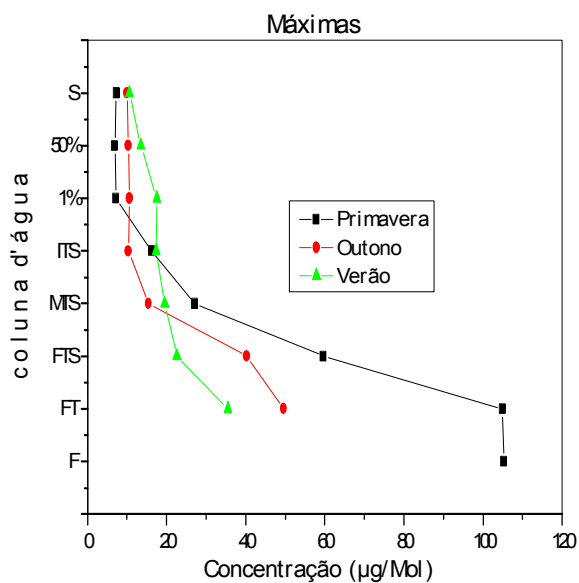


FIGURA 61a

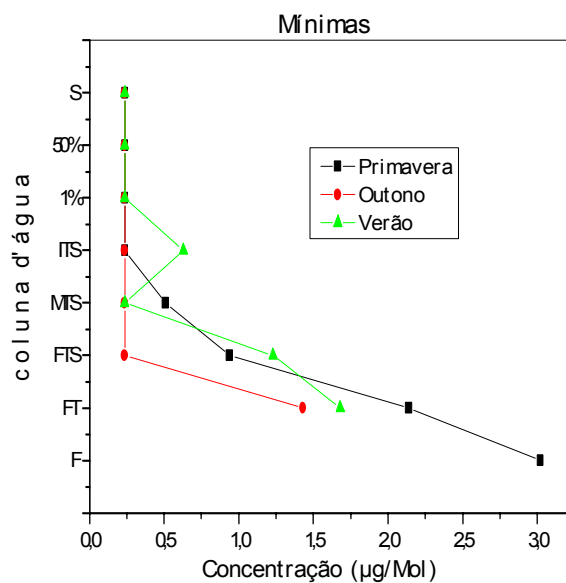


FIGURA 61 b

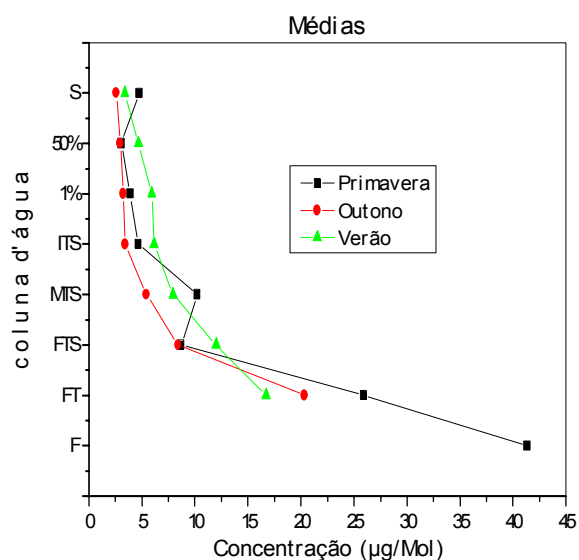


FIGURA 61c

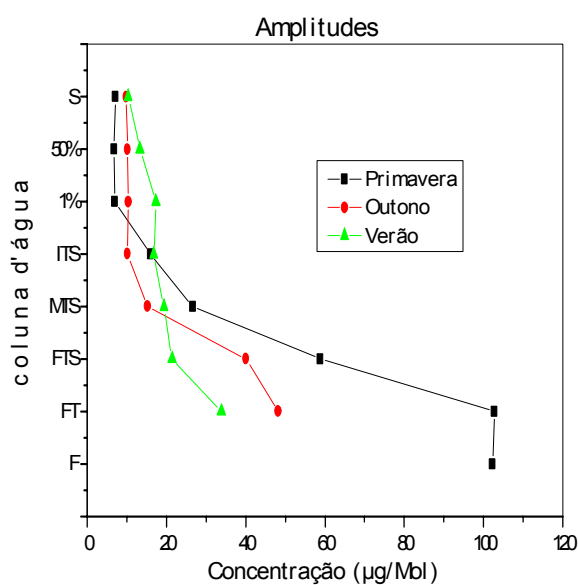


FIGURA 61d

FIGURAS 61a, 61b, 61c e 61d – Distribuição vertical das concentrações de silício máximas, mínimas, médias e das amplitudes de variação, respectivamente, nas camadas da coluna d'água, para o verão de 1997, outono de 1998 e primavera de 2000.

## 5.7. FOSFATO – VARIAÇÃO HORIZONTAL

### SUPERFÍCIE

O que se observou quanto às concentrações de fosfato, durante a primavera de 2000, foi que os valores determinados foram todos maiores que os verificados para o verão de 1997 e, com exceção da concentração mínima, também maiores que os do outono de 1998. Assim verifica-se que a concentração máxima registrada na primavera, na região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil, foi de 2,31  $\mu\text{mol/L}$ , enquanto que no verão foi de 0,15  $\mu\text{mol/L}$ , localizado próximo a Atol das Rocas e no outono de 1,54  $\mu\text{mol/L}$ , também, na região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil, quanto aos mínimos registrados, na primavera e verão encontram-se valores abaixo do limite de detecção (L.D.), que para o fosfato é  $\leq 0,01 \mu\text{mol/L}$ . No outono foi registrado um mínimo de 0,012  $\mu\text{mol/L}$ , situado próximo a Atol das Rocas. As médias registradas foram 0,31  $\mu\text{mol/L}$  na primavera, maior que as médias do verão 0,07  $\mu\text{mol/L}$  e do outono 0,26  $\mu\text{mol/L}$ . A primavera apresentou amplitude de 2,30  $\mu\text{mol/L}$ , enquanto que no verão foi de 0,14  $\mu\text{mol/L}$  e no outono de 1,53  $\mu\text{mol/L}$ . De acordo com a FIGURA 62, verifica-se que a distribuição de fosfato nesta profundidade, se dá de forma totalmente homogênea por toda a área em estudo.

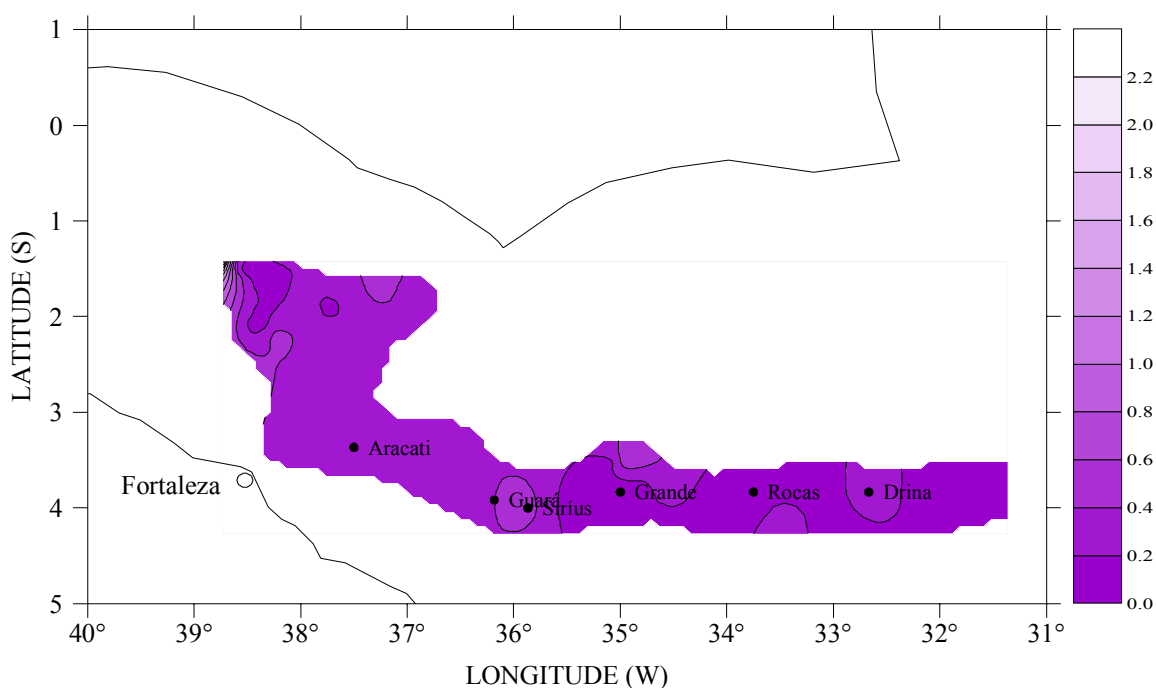


FIGURA 62 – Distribuição da concentração de fosfato ( $\mu\text{mol/L}$ ) na camada de superfície da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

## 50% DE LUMINOSIDADE

A 50 % de luminosidade a homogeneidade na distribuição do fosfato não é verificada, pois como fica claro na FIGURA 63, há a formação de três “micro-regiões de concentrações máximas, em torno da região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil, entre os bancos Grande e Atol das Rocas e no banco Drina. Nesta profundidade, na primavera, registrou-se um máximo de  $0,64 \mu\text{mol/L}$ , localizado sobre o banco Drina, sendo maior que o para o verão de 1997 ( $0,20 \mu\text{mol/L}$ ), determinado no Atol das Rocas, e menor que o verificado para o outono de 1998, ( $1,18 \mu\text{mol/L}$ ), na região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil. Os valores mínimos nas três estações encontram-se abaixo do L.D. Quanto as concentrações médias, observa-se a mesma tendência da camada anterior, ou seja, a média da primavera que foi de  $0,28 \mu\text{mol/L}$ , maior que a encontrada no verão  $0,07 \mu\text{mol/L}$  e que a registrada no outono  $0,19 \mu\text{mol/L}$ . A amplitude, que na primavera foi de  $0,63 \mu\text{mol/L}$ , é também maior que a do verão ( $0,19 \mu\text{mol/L}$ ), porém menor que a do outono ( $1,17 \mu\text{mol/L}$ ).

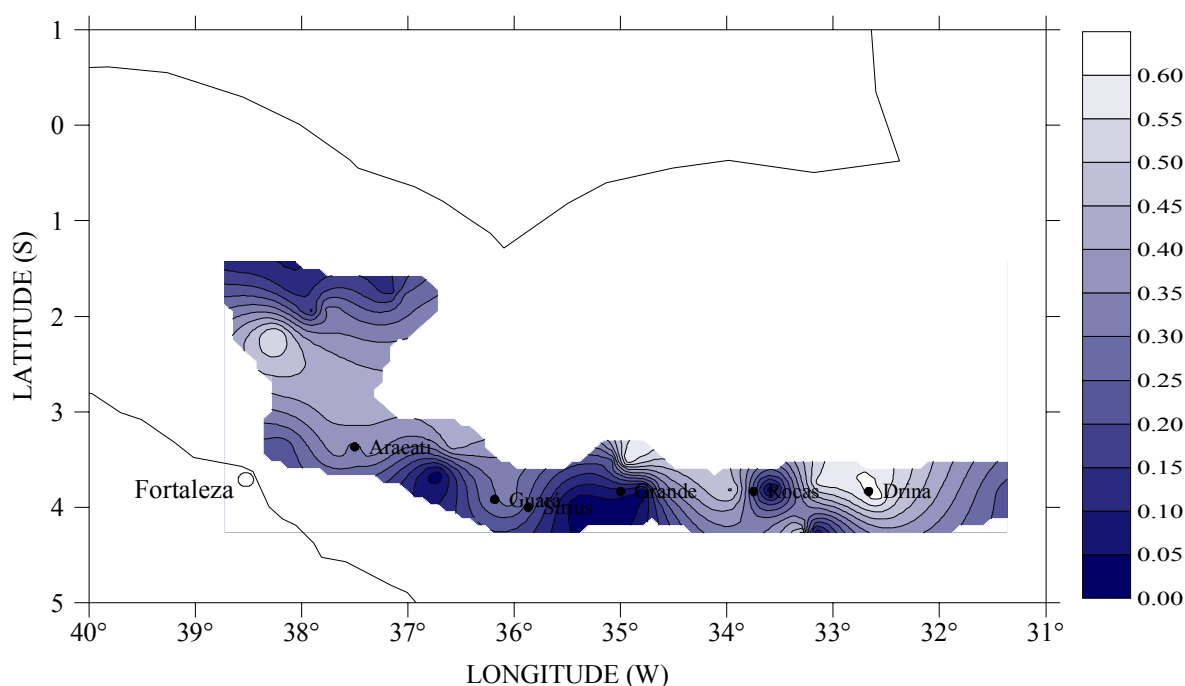


FIGURA 63 – Distribuição da concentração de fosfato ( $\mu\text{mol/L}$ ) na camada de 50% de luminosidade da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

## 1% DE LUMINOSIDADE

Nesta profundidade, observa-se que os dados encontrados nas três estações não só seguem a mesma tendência verificada na camada anterior, como apresentam valores muito próximos aos registrados naquela, porém aqui se verifica uma maior homogeneidade na distribuição do fósforo pela área em estudo durante a primavera de 2000, como se pode ver na FIGURA 64, com a formação de apenas dois vórtices de máxima, sendo um bem discreto na região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil e outro mais marcado entre os bancos Atol das Rocas e Drina. A concentração máxima determinada na primavera de 2000, para esta camada da coluna d'água, foi de  $0,67 \mu\text{mol/L}$ , entre os bancos Atol das Rocas e Drina. Registrou-se para o verão de 1997 um valor menor ( $0,36 \mu\text{mol/L}$ , localizado na região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil) e um valor maior para o outono de 1998 ( $1,18 \mu\text{mol/L}$ , situado abaixo do Atol das Rocas, mais especificamente entre este e o banco Drina). Os mínimos, a exemplo da camada anterior, encontram-se abaixo do L.D. nas três estações do ano avaliadas. Quanto às médias, mais uma vez a primavera apresenta os maiores valores, com uma média  $0,27 \mu\text{mol/L}$ , portanto com já dito maior que a média do verão ( $0,10 \mu\text{mol/L}$ ) e do outono ( $0,20 \mu\text{mol/L}$ ). A amplitude de  $0,66 \mu\text{mol/L}$ , registrada na primavera, foi maior que a do verão ( $0,35 \mu\text{mol/L}$ ) e menor que a do outono ( $1,17 \mu\text{mol/L}$ ).

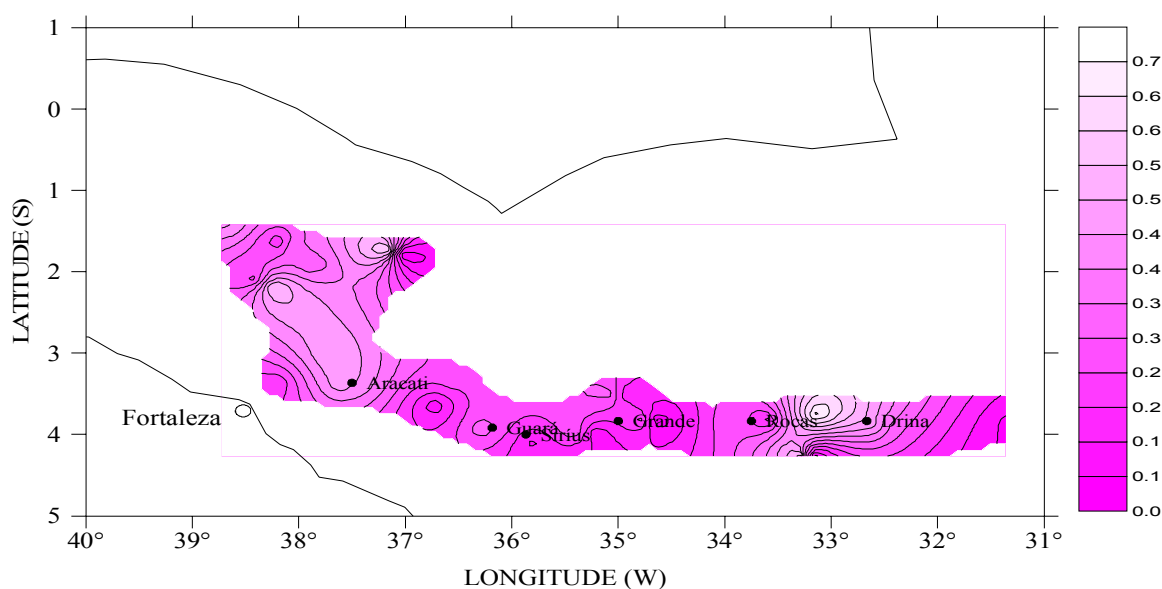


FIGURA 64 – Distribuição da concentração de fósforo ( $\mu\text{mol/L}$ ) na camada de 1% de luminosidade da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

Os valores das concentrações de fosfato determinados na área e durante as estações do ano avaliadas neste trabalho podem ser verificados na TABELA 13.

TABELA 13. Valores máximos, mínimos, médios e de amplitude de variação, das concentrações de silício reativo para o verão de 1997, outono de 1998 e primavera de 2000.

PROFUND.	FOSFATO ( $\mu\text{mol/L}$ )				FOSFATO ( $\mu\text{mol/L}$ )				FOSFATO ( $\mu\text{mol/L}$ )			
	1997				1998				2000			
	Min.	Med.	Max	Amp.	Min.	Med.	Max.	Amp.	Min.	Med.	Max.	Amp.
S	L.D.	0,07	0,15	0,14	0,01	0,26	1,54	1,53	L.D.	0,31	2,31	2,30
50% de luminosidade	L.D.	0,07	0,20	0,19	L.D.	0,19	1,18	1,17	L.D.	0,28	0,64	0,63
1% de luminosidade	L.D.	0,10	0,36	0,35	L.D.	0,20	1,18	1,17	L.D.	0,27	0,67	0,66
ITS	L.D.	0,18	1,03	1,02	L.D.	0,29	2,06	2,05	L.D.	0,34	1,01	1,00
MTS	L.D.	0,32	1,10	1,09	L.D.	0,65	1,83	1,82	0,51	0,68	1,41	1,18
FTS	0,10	0,72	1,31	1,21	L.D.	1,13	2,50	2,48	0,94	0,67	1,27	1,26
FT	0,20	1,12	1,92	1,72	0,61	1,77	3,82	3,21	0,40	1,27	2,56	2,16
F	---	---	---	---	---	---	---	---	0,17	1,55	2,45	2,28

#### INÍCIO DA TERMOCLINA SAZONAL

Nesta profundidade, pela primeira vez, a primavera apresenta os menores valores de concentração máxima das três estações, as médias porém, ainda são maiores para a citada estação, de modo que registrou-se uma concentração máxima na primavera de 2000, no valor de 1,01  $\mu\text{mol/L}$  no Atol das Rocas, enquanto determinou-se que no verão de 1997 o máximo de fosfato foi de 1,03  $\mu\text{mol/L}$ , localizado nos bancos da Cadeia Norte do Brasil, e no outono de 1998 (2,06  $\mu\text{mol/L}$ ), situado entre os bancos Atol das Rocas e Drina. As três estações continuam apresentando valores de concentrações mínimas abaixo do L.D. Quanto as médias, registrou-se na primavera um valor médio de 0,34  $\mu\text{mol/L}$ , no verão este valor foi de 0,18  $\mu\text{mol/L}$  e no outono de 0,29  $\mu\text{mol/L}$ . A amplitude determinada na primavera foi

de  $1,00 \mu\text{mol/L}$ , sendo menor que as amplitudes determinadas para o verão ( $1,02 \mu\text{mol/L}$ ) e para o outono ( $2,03 \mu\text{mol/L}$ ). De acordo com a FIGURA 65, podemos dizer que não há grande homogeneidade na distribuição deste parâmetro, a esta profundidade, com a formação de dois vórtices de máxima, sendo um bem discreto entre os bancos Guará e Sírius e outro mais marcado próximo a Atol das Rocas.

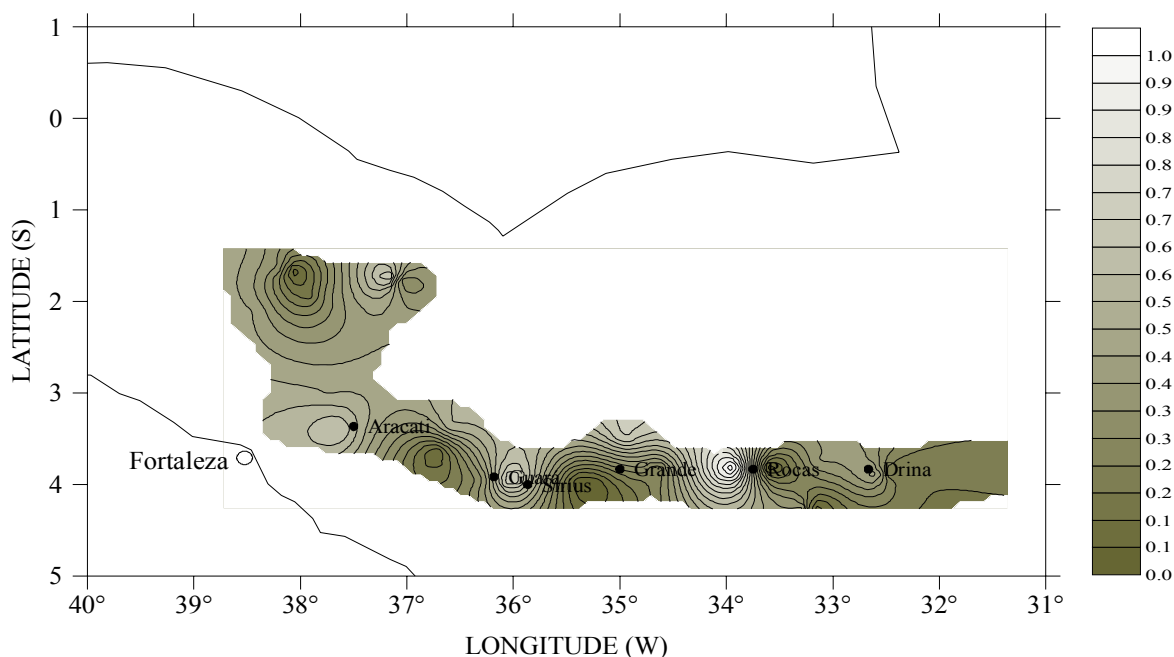


FIGURA 65 – Distribuição da concentração de fosfato ( $\mu\text{mol/L}$ ) na camada de início da termoclina sazonal de luminosidade da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

#### MEIO DA TERMOCLINA SAZONAL

Como nos mostra a FIGURA 66, a distribuição do fosfato a esta profundidade é relativamente homogênea, com a formação de dois vórtices bem discretos, de concentrações máximas, sendo um acima do banco Grande e outro abaixo de Atol das Rocas. A concentração máxima encontrada para esta camada da coluna d'água, durante a primavera de 2000, foi de  $1,41 \mu\text{mol/L}$ , situada entre Atol das Rocas e o banco Drina, este valor é maior que o determinado no verão de 1997, que foi de  $1,10 \mu\text{mol/L}$ , na região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil e menor que do outono de 1998 ( $1,83 \mu\text{mol/L}$ , também situado na região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil). Quanto aos valores mínimos, a primavera foi a única estação que apresentou um valor acima do L.D., sendo este valor de  $0,23 \mu\text{mol/L}$ . A primavera, como nas camadas anteriores, continua registrando o maior valor de concentração

média, entre as três estações, de modo que foi determinado para a primavera de 2000 uma média de  $0,68 \mu\text{mol/L}$ , enquanto que o verão apresentou média de  $0,32 \mu\text{mol/L}$  e o outono  $0,65 \mu\text{mol/L}$ . No que diz respeito às amplitudes, a primavera registrou uma amplitude de  $1,18 \mu\text{mol/L}$ , sendo maior que amplitude determinada no verão, que foi de  $1,09 \mu\text{mol/L}$  e menor que a do outono, que apresentou valor de  $1,82$

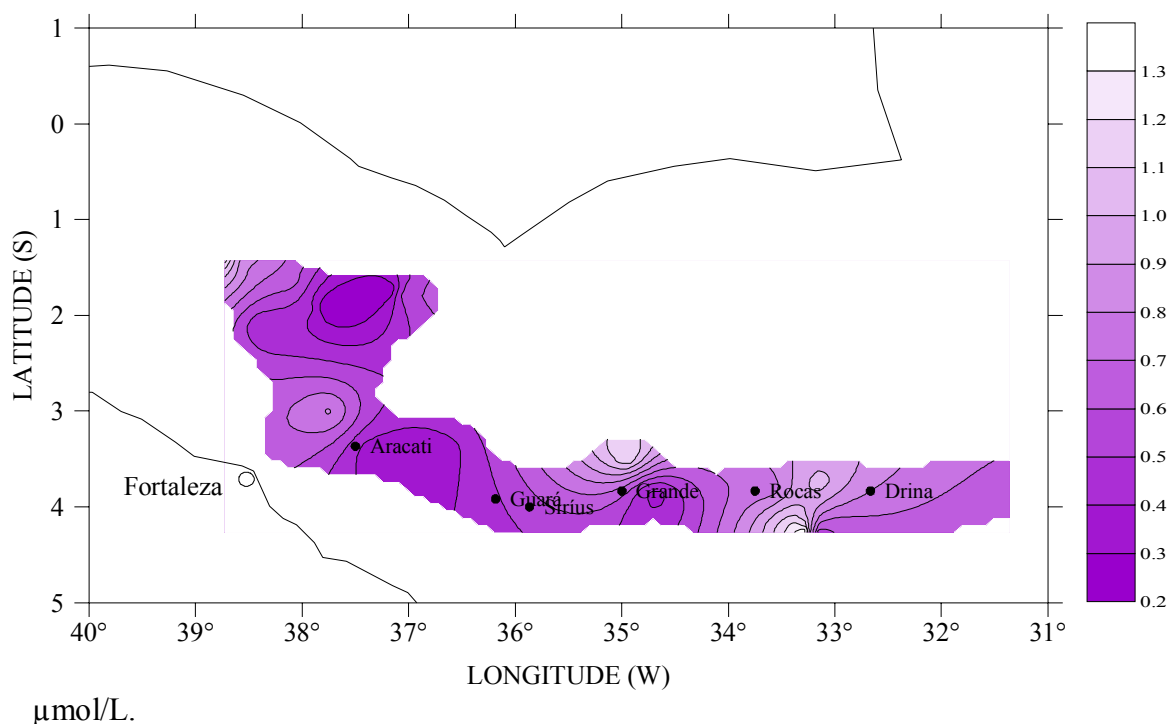


FIGURA 66 – Distribuição da concentração de fosfato ( $\mu\text{mol/L}$ ) na camada de meio da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

#### FIM DA TERMOCLINA SAZONAL

No final da termoclina sazonal, a distribuição do fosfato já não é mais homogênea, e de acordo com a FIGURA 67, observa-se a formação de três “micro-regiões” bem discretas de concentração máxima, sendo uma na região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil, outra entre os bancos Aracati e Guará e a terceira acima do banco Grande, verifica-se também a formação bem pronunciada de um vórtice de máxima sobre o banco Drina. A exemplo da camada de início da termoclina sazonal, a esta profundidade, também se verifica que a primavera de 2000 apresentou valores de concentração máxima ( $1,27 \mu\text{mol/L}$ , localizado sobre o banco Drina), menor que os encontrados tanto para o verão de 1997 ( $1,31 \mu\text{mol/L}$ , situado na região dos



bancos da Cadeia Norte do Brasil), quanto para o outono de 1998 ( $2,49 \mu\text{mol/L}$ , determinado abaixo do banco Grande, entre este e o Atol das Rocas ). Apenas o verão apresentou valor de mínimo acima do L.D., sendo este valor de  $0,10 \mu\text{mol/L}$ , próximo ao banco Drina. A média da primavera foi de  $0,67 \mu\text{mol/L}$ , sendo menor que a do verão ( $0,72 \mu\text{mol/L}$ ) e que a do outono ( $1,13 \mu\text{mol/L}$ ). Já a amplitude determinada na primavera foi de  $1,26 \mu\text{mol/L}$ , sendo portanto maior que a do verão ( $1,21 \mu\text{mol/L}$ ) e menor que a do outono ( $2,48 \mu\text{mol/L}$ ).

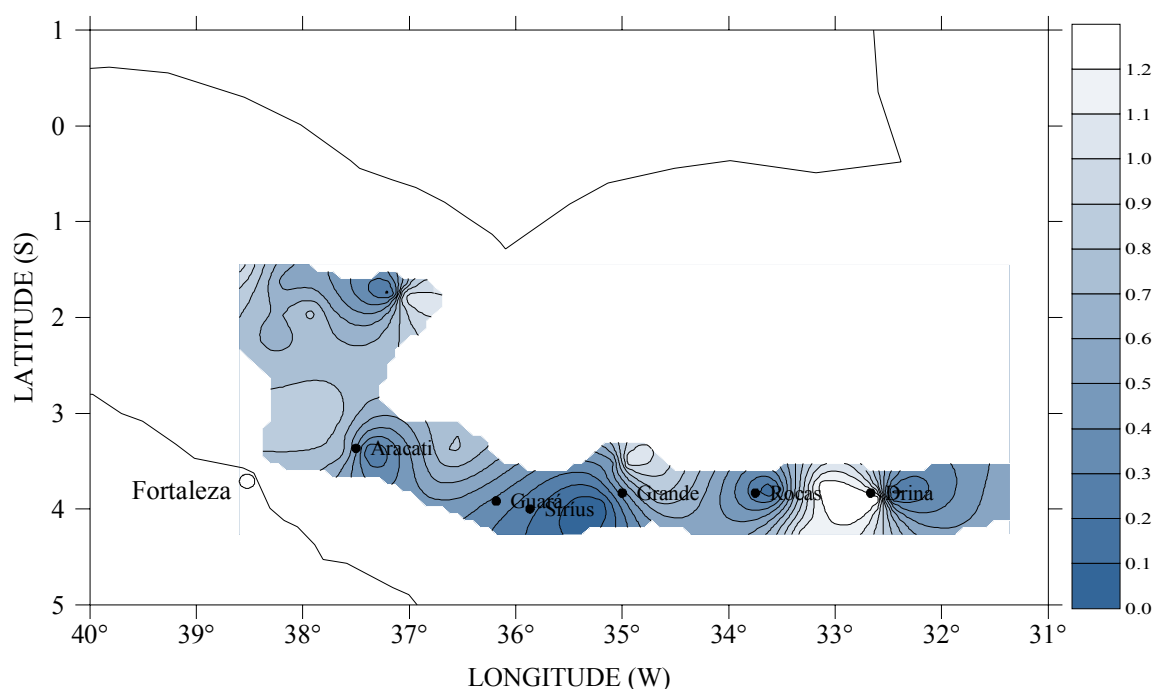


FIGURA 67 – Distribuição da concentração de fosfato ( $\mu\text{mol/L}$ ) na camada de fim da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

#### FIM DA TERMOCLINA PERMANENTE

Nesta camada da coluna d'água todos os valores de fosfato, detectados para a primavera de 2000 foram maiores que os determinados para o verão de 1997 e maiores que os registrados no outono de 1998. O máximo de fosfato na primavera foi de  $2,56 \mu\text{mol/L}$ , enquanto que no verão registrou-se um máximo de  $1,92 \mu\text{mol/L}$ , e no outono de  $3,82 \mu\text{mol/L}$ . Nesta camada, pela primeira vez nas três estações avaliadas, verifica-se um valor de mínimo acima do L.D., de modo que na primavera observou-se um mínimo de  $0,40 \mu\text{mol/L}$ , no verão  $0,20 \mu\text{mol/L}$  e no outono  $0,61 \mu\text{mol/L}$ . Quanto às médias, encontrou-se um valor de  $1,27 \mu\text{mol/L}$  na primavera;

1,12  $\mu\text{mol/L}$  no verão e 1,77  $\mu\text{mol/L}$  no outono. As amplitudes registradas foram as seguintes: 2,16  $\mu\text{mol/L}$  – primavera; 1,72  $\mu\text{mol/L}$  – verão e 3,21  $\mu\text{mol/L}$  – outono. A distribuição do fósforo se dá de forma ligeiramente homogênea, podendo se observar basicamente a formação de um vórtice de máxima situado entre o banco Aracati e os outros bancos da Cadeia Norte do Brasil. (FIGURA 68).

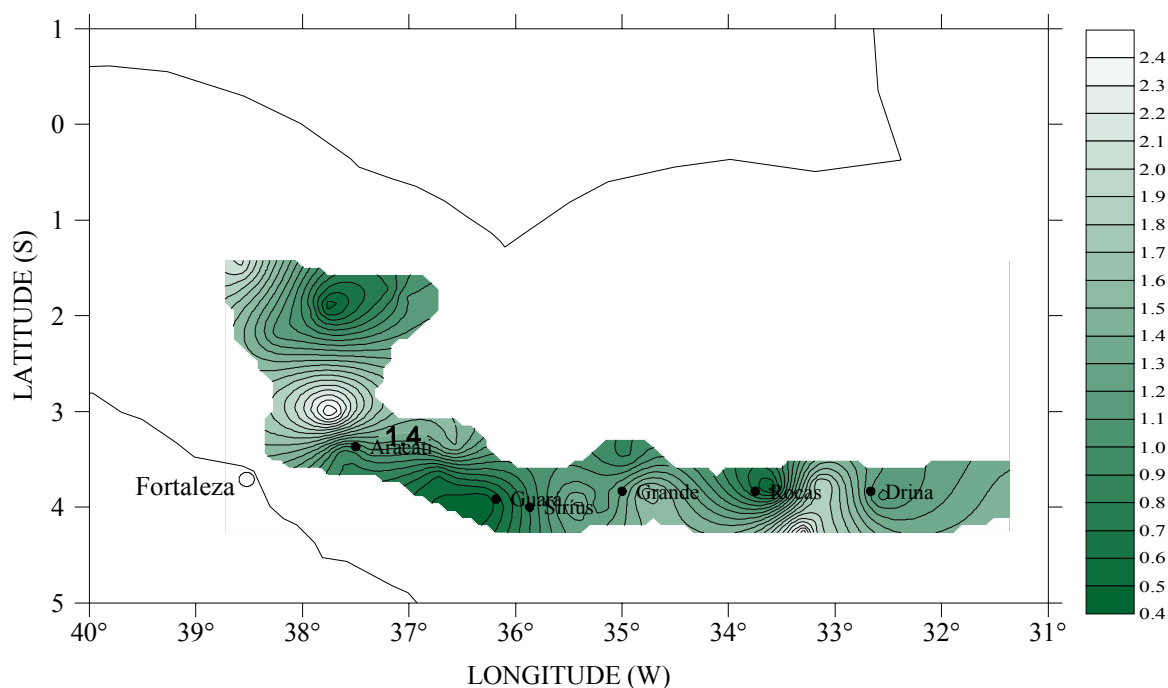


FIGURA 68 – Distribuição da concentração de fósforo ( $\mu\text{mol/L}$ ) na camada de fim da termoclina permanente da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

#### FUNDO

Como se pode verificar através da FIGURA 69, a distribuição do fósforo a esta profundidade, se dá com relativa homogeneidade e a formação de dois vórtices de máxima, um, a exemplo da camada anterior, localizado entre o banco Aracati e os outros bancos da Cadeia Norte do Brasil e o outro situado sobre o banco Grande. A concentração máxima de fósforo, registrada nesta camada da coluna d'água, foi de 2,45  $\mu\text{mol/L}$ , localizado no banco Sírius. O mínimo encontrado foi de 0,17  $\mu\text{mol/L}$  situado entre os banco Guarás e Sírius. Nesta profundidade detectou-se uma média de 1,55  $\mu\text{mol/L}$ , sendo a maior da coluna d'água e, uma amplitude de 2,28  $\mu\text{mol/L}$ .

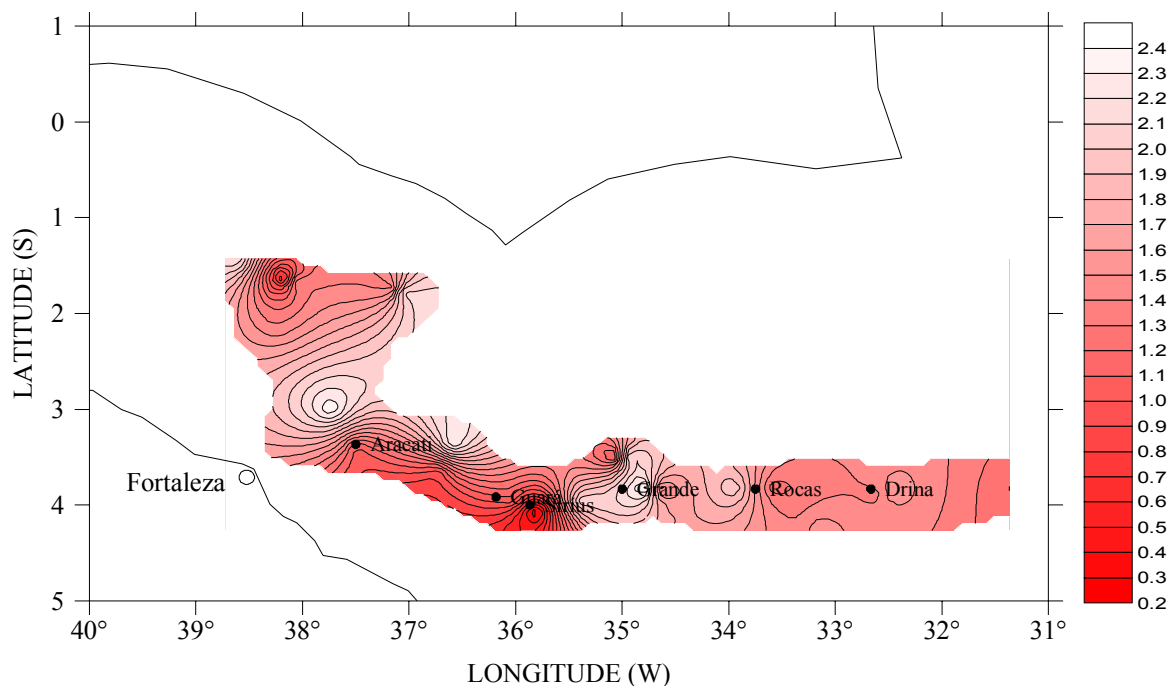


FIGURA 69 – Distribuição da concentração de fosfato ( $\mu\text{mol/L}$ ) na camada de fundo da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

Horizontalmente conclui-se que em relação aos máximos, primavera e outono apresentam tendências bastante semelhantes pois na maioria das camadas da coluna d'água os máximos se localizam entre as longitudes  $33,5^{\circ}\text{W}$  e  $32,5^{\circ}\text{W}$ , com exceção para as camadas FT na primavera, cuja localização do máximo se dá em torno da longitude de  $36^{\circ}\text{W}$  e das camadas S na primavera e S e MTS no outono onde os máximos foram registrados entre as longitudes de  $38,5^{\circ}\text{W}$  e  $37,5^{\circ}\text{W}$ , já o verão apresenta tendência oposta, pois a maioria das camadas apresenta seus máximos com localização entre as longitudes de  $38,5^{\circ}\text{W}$  e  $37,5^{\circ}\text{W}$ , com exceção da camada S cujo máximo se localiza em torno da longitude de  $33,5^{\circ}\text{W}$ .

### 5.7.1 FOSFATO – VARIAÇÃO VERTICAL

Verticalmente, observando as FIGURAS 70a, 70b, 70c e 70d, nota-se que as concentrações máximas e as amplitudes apresentam tendências semelhantes, e a primavera e o outono mostram variações bastante semelhantes, enquanto que o verão mostra tendência oposta, excetuando-se apenas as camadas ITS e FT. Com relação as médias as três estações apresentam tendências totalmente semelhantes, o

mesmo acontece com os mínimos da camada S até ITS, daí em diante, percebe-se que a primavera difere das outras estações na camada MTS e verão na camada FTS.

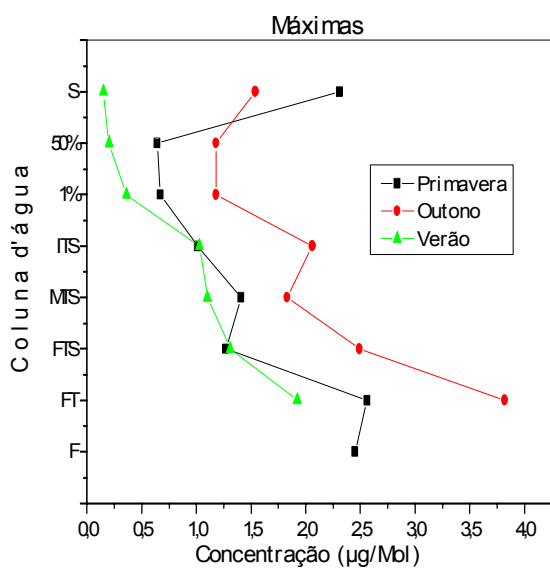


FIGURA 70a

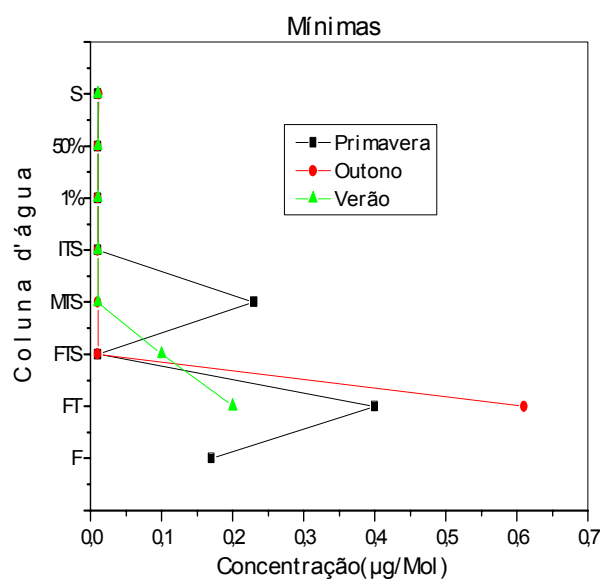


FIGURA 70b

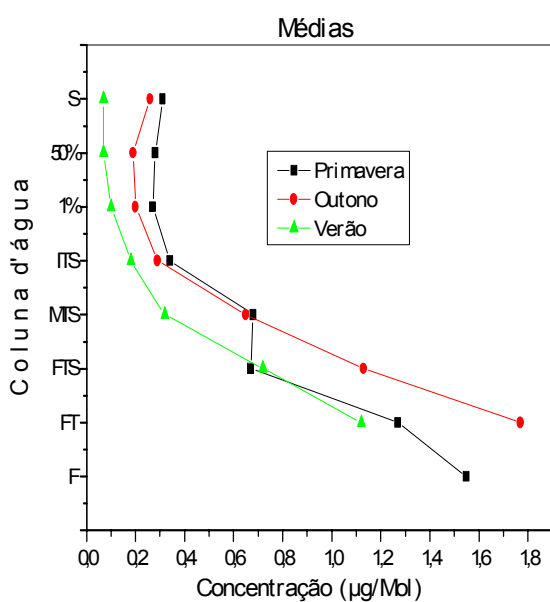


FIGURA 70c

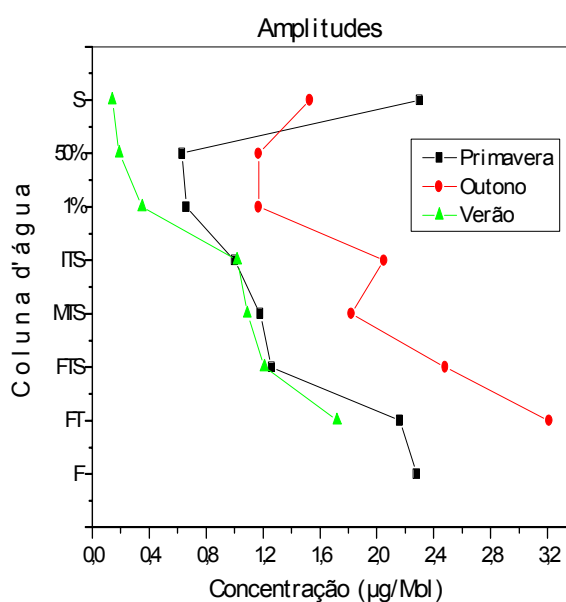


FIGURA 70d

FIGURAS 70a, 70b, 70c e 70d – Distribuição vertical das concentrações de fosfato máximas, mínimas, médias e das amplitudes de variação, respectivamente, nas camadas da coluna d'água, para o verão de 1997, outono de 1998 e primavera de 2000.

## 5.8. pH – VARIAÇÃO HORIZONTAL

### SUPERFÍCIE

Superficialmente, na primavera de 2000, o pH se distribuiu pela área em estudo de forma pouco homogênea, como nos mostra a FIGURA 71, onde podemos verificar a presença de três “micro-regiões” e a formação de dois vórtices, bem pronunciados de máximo, sendo um localizado na região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil, e outro situado entre os bancos Sírius e Grande. Este parâmetro, apresentou na superfície, um máximo de 8,31 na primavera de 2000, situado entre os bancos Sírius e Grande. Comparando-se esses resultados com os obtidos para o verão e outono, observa-se que o verão de 1997 apresentou valor máximo maior que a primavera (8,90, situado no banco Guará), o mesmo ocorreu no outono de 1998 (8,34, localizado entre os bancos Guará e Atol das Rocas). O mínimo registrado na primavera foi de 7,82, nos bancos da Cadeia Norte do Brasil, sendo menor que os encontrados tanto no verão (8,12, acima do Atol das Rocas), quanto no outono (8,00, determinado entre os bancos Grande e Drina). As médias e amplitudes mostram-se, com tendências semelhantes, ou seja os valores encontrados na primavera (8,24 e 0,49, respectivamente) foram menores que os do verão (8,66 e 0,78), porém maiores que os verificados no outono (8,11 e 0,34).

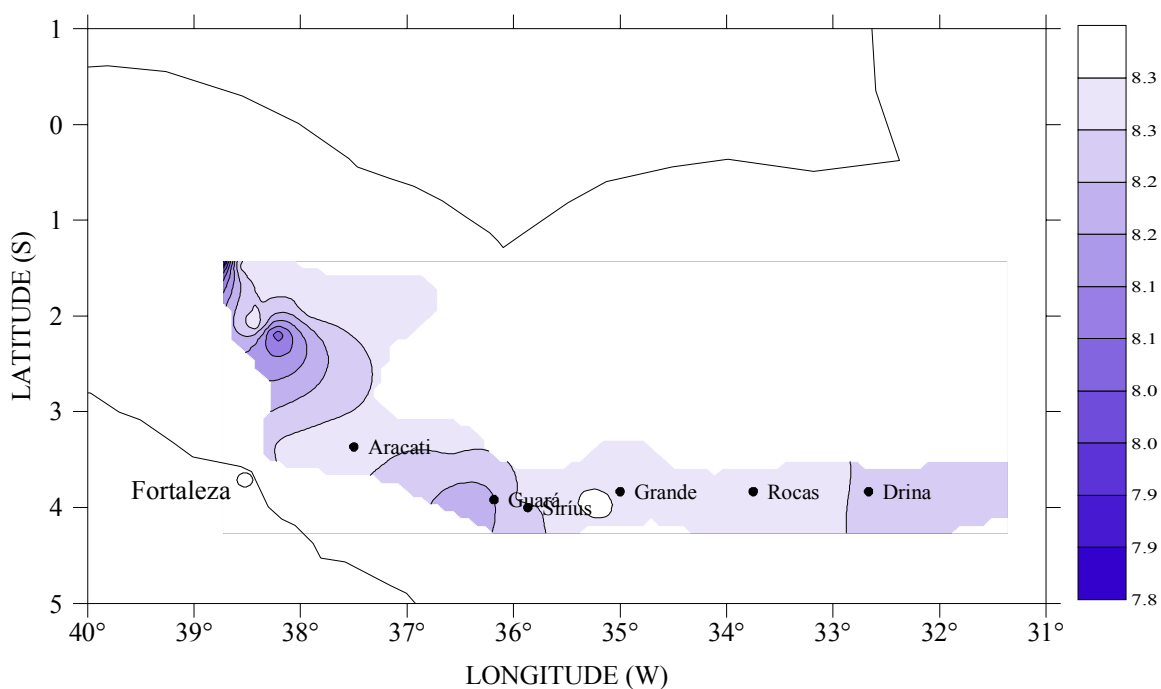


FIGURA 71 – Distribuição da concentração de pH na camada de superfície da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

Uma melhor visualização dos valores de pH obtidos na área e durante o verão de 1997, outono de 1998 e primavera de 2000 encontram-se sintetizados na TABELA 14.

TABELA 14. Valores máximos, mínimos, médios e de amplitude de variação, de pH para o verão de 1997, outono de 1998 e primavera de 2000.

PROFUND.	pH - 1997				pH - 1998				pH - 2000			
	Min.	Med.	Max	Amp.	Min.	Med.	Max.	Amp.	Min.	Med.	Max.	Amp.
S	8,12	8,66	8,90	0,78	8,00	8,11	8,34	0,34	7,82	8,24	8,31	0,49
50% de luminosidade	7,96	8,71	8,90	0,75	7,90	8,11	8,30	0,40	7,94	8,25	8,33	0,39
1% de luminosidade	8,35	8,72	8,88	0,53	8,00	8,11	8,39	0,39	7,75	8,24	8,30	0,55
ITS	8,37	8,73	8,88	0,51	7,90	8,10	8,30	0,40	7,93	8,22	8,30	0,37
MTS	7,61	8,58	8,88	1,27	7,60	7,99	8,28	0,68	7,93	8,08	8,28	0,35
FTS	8,07	8,39	8,77	0,70	7,70	7,87	8,20	0,50	7,69	8,01	8,26	0,57
FT	7,52	8,12	8,49	0,97	6,70	7,76	8,20	1,50	---	7,79	8,16	2,26
F	---	---	---	---	---	---	---	---	7,50	7,80	8,18	0,68

#### 50% DE LUMINOSIDADE

Os valores de pH determinados a esta profundidade, foram próximos aos da camada anterior, de modo que os máximos tiveram o valor de 8,33 na primavera, determinado no mesmo local da camada anterior, ou seja entre os bancos Sírius e Grande, de 8,90 no verão também localizado no mesmo local da camada anterior, ou seja, no banco Guará e de 8,30 no outono, diferente da camada anterior, situado no banco Aracati, portanto aqui a primavera apresentou pH com maior valor de máximo que o outono e menor que o verão. O mesmo aconteceu com relação aos valores de mínimos, foi encontrado um pH mínimo de 7,94 na primavera de 2000, localizado nos bancos da Cadeia Norte do Brasil, quando comparamos com os valores determinados para as outras duas estações do ano estudadas (verão e outono), observa-se que este valor é menor que o do verão de 1997 (7,96, situado entre os

bancos Atol das Rocas e Drina) e maior que o determinado no outono de 1998 (7,90, no banco Aracati). Diferente da camada anterior, médias e amplitudes não apresentam tendências semelhantes, pois enquanto a média da primavera (8,25) é maior que a do outono (8,11) e menor que a do verão (8,71), a amplitude da primavera (0,39) é menor que a do verão (0,75) e do outono (0,40). A distribuição do pH, é mais homogênea, apenas com a formação de um vórtice de máxima, localizado entre os bancos Sírius e Grande, também detectado na camada anterior (FIGURA 72).

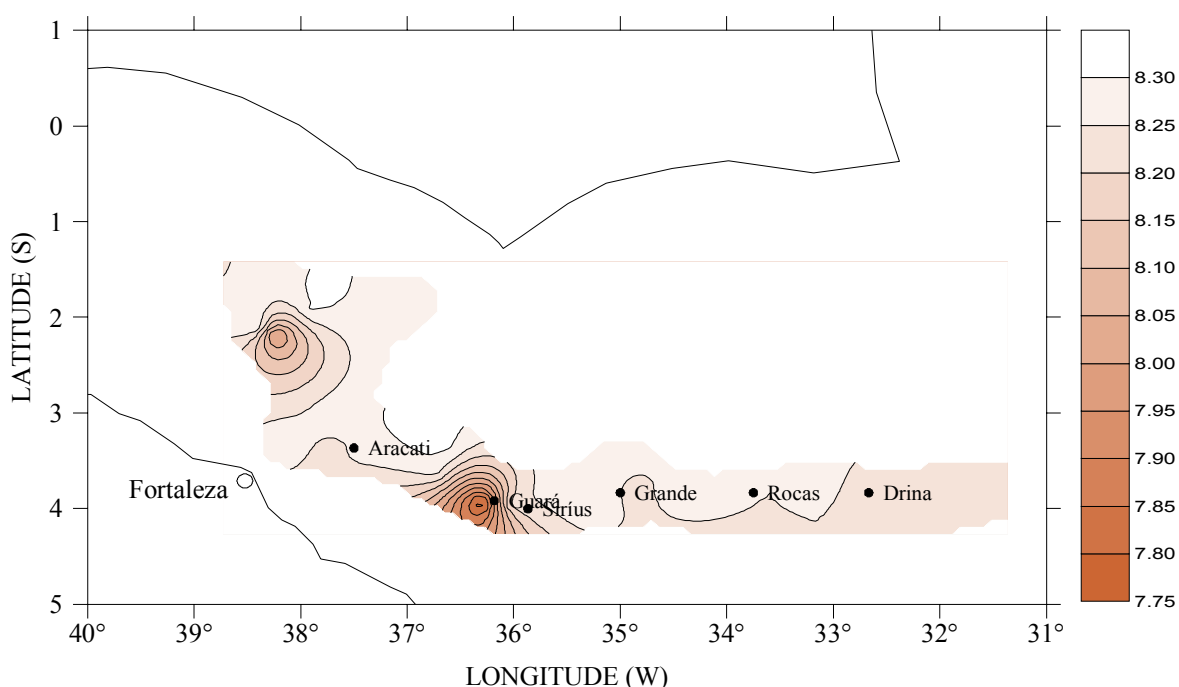
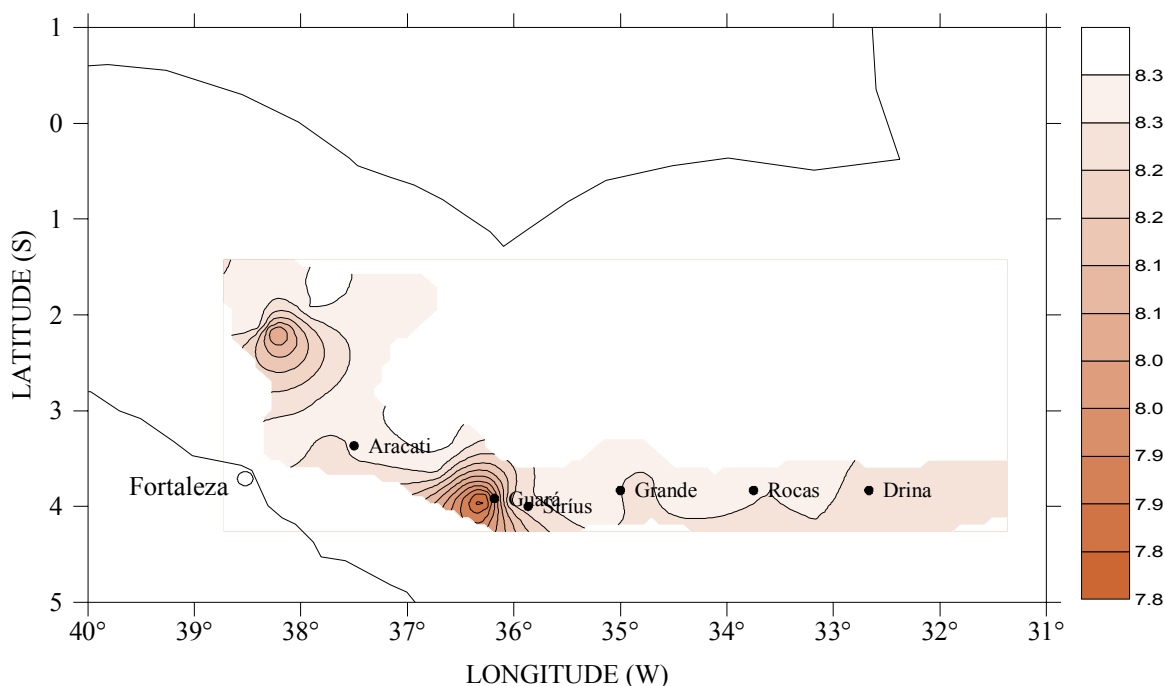


FIGURA 72 – Distribuição da concentração de pH na camada de 50% de luminosidade da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

#### 1% DE LUMINOSIDADE

A FIGURA 73 mostra que a distribuição do pH é bastante homogênea, verificando-se um vórtice de mínimo bem pronunciado sobre o banco Guará, também foi observado nas camadas precedentes. Quanto aos valores registrados, nota-se que a exceção da amplitude, a tendência destes valores é semelhante aos da camada superficial. O máximo de pH da primavera de 2000 foi de 8,30 determinado na região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil, sendo menor que o determinado no verão de 1997 (8,88, abaixo do Atol das Rocas, em direção ao banco Drina) e que o

do outono de 1998 (8,39, acima do Atol das Rocas). O pH mínimo da primavera (7,75 sobre o banco Guará) também é menor que os do verão (8,35, acima do bancos Atol das Rocas) e os do outono (8,00, entre os bancos Grande e Drina). A média registrada na primavera foi de 8,24, também menor que a do verão 8,72, porém maior que a do outono (8,11). A amplitude da primavera foi maior que as do verão e



outono, ou seja, 0,55; 0,53 e 0,39, respectivamente.

FIGURA 73 – Distribuição da concentração de pH na camada de 1% de luminosidade da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

#### INÍCIO DA TERMOCLINA SAZONAL

O valor máximo de pH na primavera de 2000, foi de 8,30 determinado entre os bancos Sírius e Grande, exatamente o mesmo valor de máximo determinado para o outono e 1998 (8,30, acima do Atol das Rocas) e menor que o do verão de 1997 (8,88, detectado no banco Guará). O pH mínimo na primavera foi 7,93 situado no banco Guará, sendo maior que o valor registrado, no outono (7,90, entre o Atol das Rocas e o banco Drina) e menor que o do verão (8,23, acima do Atol das Rocas). As médias detectadas seguiram a mesma tendência da camada anterior, isto é, a primavera com média de 8,22 apresentou valor maior que o outono, onde registrou-se média de 8,10 e menor que o verão com média de 8,73. Já nas amplitudes observou-se o inverso da camada anterior, ou seja, a primavera apresentou amplitude



de 0,37, valor este menor que os registrados tanto no verão (0,51) quanto no outono (0,40). De acordo com a FIGURA 74, percebe-se que a distribuição do pH nesta camada não é homogênea, e que novamente, há formação de um vórtice de máxima entre os bancos Sírius e Grande, como ocorreu também nas camadas superficial e de 50% da termoclina sazonal.

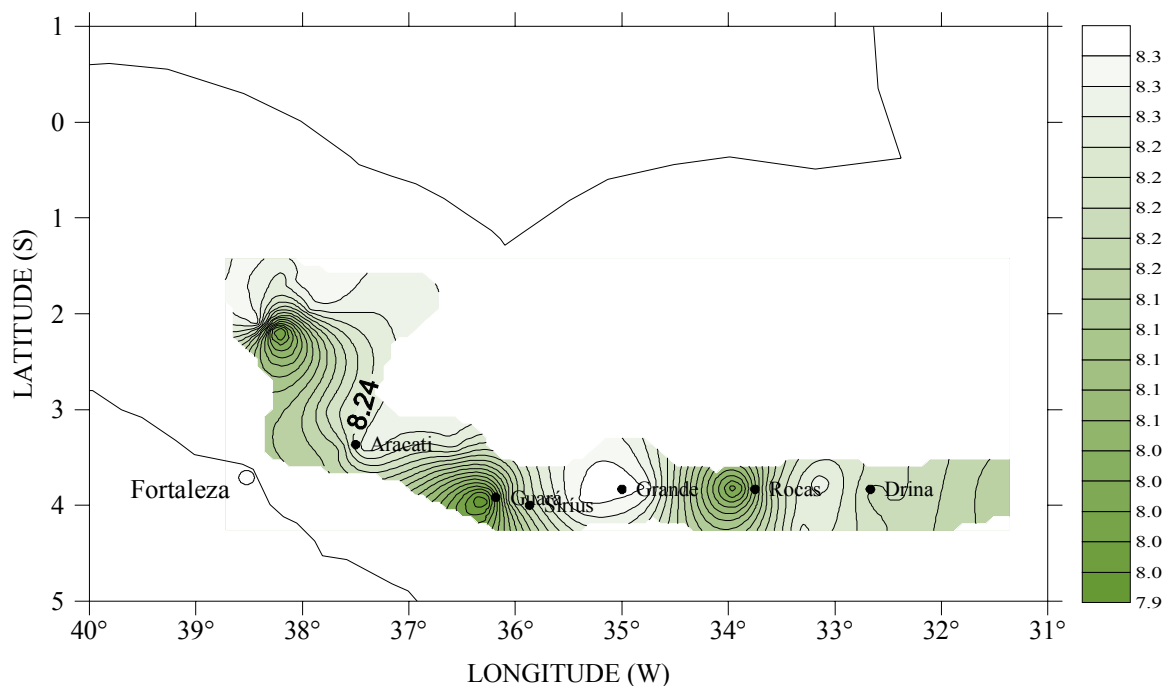


FIGURA 74 – Distribuição da concentração de pH na camada de início da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

#### MEIO DA TERMOCLINA SAZONAL

A esta profundidade observa-se, pela FIGURA 75, que a distribuição do pH é homogênea, verificando-se a formação de dois vórtices de máximo, sendo um bem pronunciado na região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil, e outro bem mais discreto sobre o banco Aracati. Aqui como na camada anterior primavera e outono registram iguais valores de pH máximo (8,28), sendo que na primavera de 2000 este valor foi determinado na região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil, e no outono, acima do Atol das Rocas. No verão o máximo registrado foi de 8,88 entre os bancos Aracati e Guará. Os mínimos registrados foram: 7,93 na primavera, após o banco Drina, sendo maior que os do outono (7,60, no banco Aracati) e do verão (7,61, no banco Grande). As médias e amplitudes seguiram a mesma tendência da camada anterior, quer dizer, primavera apresentou média maior e amplitude menor

(8,08 e 0,35, respectivamente) que o outono (7,99 e 0,68, respectivamente) e média e amplitude menores que o verão (8,58 e 1,27, respectivamente).

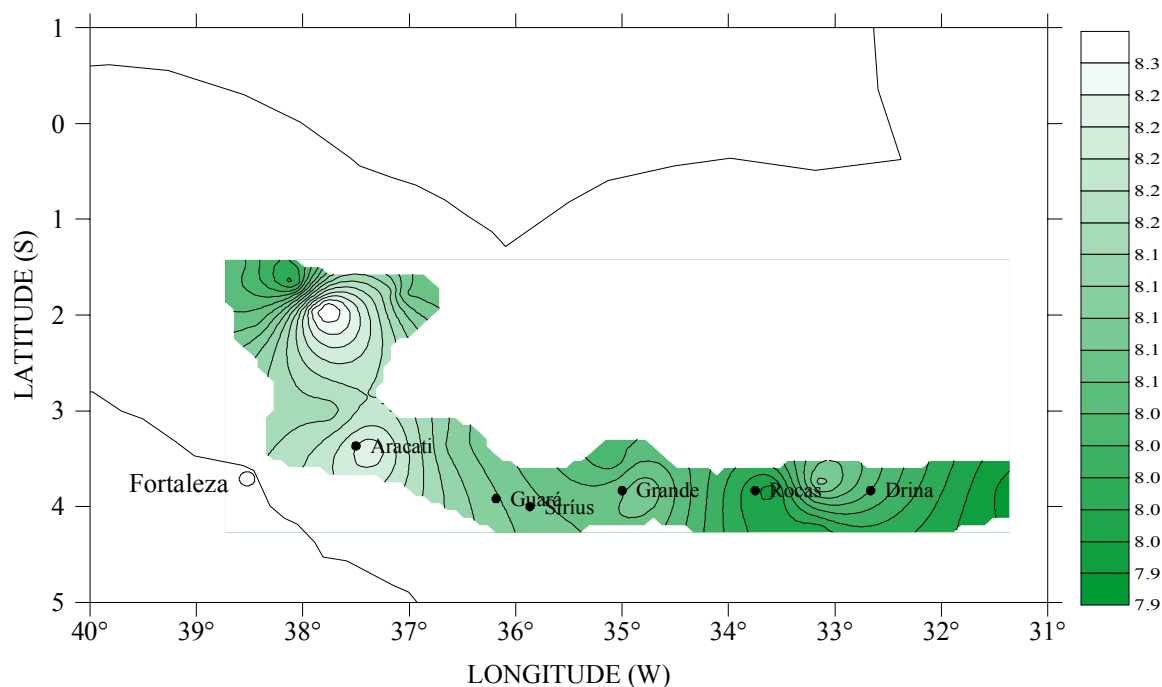


FIGURA 75 – Distribuição da concentração de pH na camada de meio da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

#### FIM DA TERMOCLINA SAZONAL

De acordo com a FIGURA 76, a distribuição horizontal do pH nesta profundidade acontece de forma pouco homogênea, com a formação de quatro vórtices de máximos, nos bancos da Cadeia Norte do Brasil, no banco Aracati, entre os bancos SÍrius e Grande e finalmente, nas proximidades do banco Drina. Com exceção dos valores mínimos de pH, nesta profundidade a primavera de 2000, apresenta valores menores que os registrados para o verão de 1997 e maiores que os do outono de 1998, deste modo temos que o máximo da primavera foi 8,26 determinado nos bancos da Cadeia Norte do Brasil; no verão foi de 8,77 situado sobre o banco Drina e no outono, 8,20 localizado entre os bancos Aracati e Guará. A média da primavera foi de 8,01 enquanto no outono tivemos uma média de 7,87 e no verão de 8,39 e as amplitudes registradas foram de 0,57 na primavera, 0,50 no outono e 0,70 no verão. Os mínimos apresentaram tendência diferente, sendo que o valor determinado para a primavera (7,69, abaixo do Atol das Rocas, entre este e o

banco Drina) é menor que os registrados tanto para o outono (7,70, entre os bancos Atol das Rocas e Drina e entre os bancos Aracati e Guará), quanto para o verão (8,07, acima do Atol das Rocas).

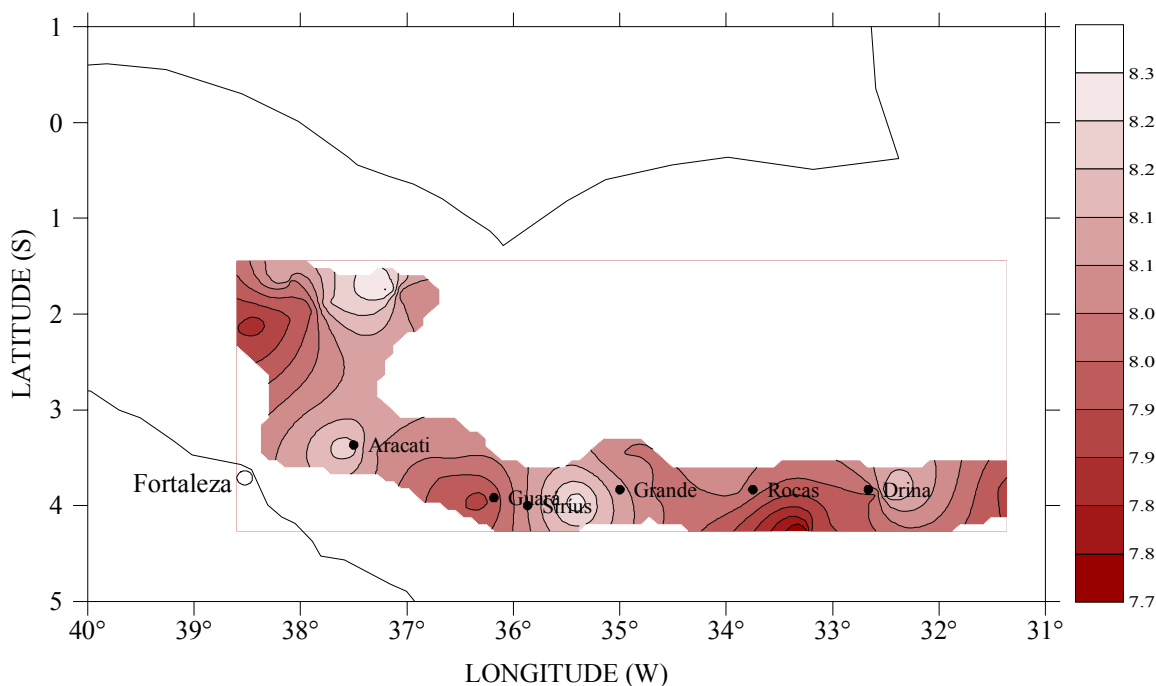


FIGURA 76 – Distribuição da concentração de pH na camada de fim da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

#### FIM DA TERMOCLINA PERMANENTE

Nesta camada da coluna d'água a primavera de 2000 apresentou valores de máximos e mínimos menores que os registrados tanto no verão de 1997, quanto no outono de 1998, de modo que o máximo registrado na primavera foi de 8,16 no banco Guará, no outono foi de 8,20 no banco Aracati e no verão 8,49 no banco Grande. O mínimo de pH na primavera não foi detectado por problemas no potenciômetro. O pH médio na primavera foi de 7,79 sendo maior que a média do outono que foi de 7,76 e menor que a do verão 8,12. Já com relação às amplitudes a primavera registrou os maiores valores, de modo que na primavera determinou-se amplitude de 2,26 e no outono de 1,50 e 0,97 para o verão. Observa-se na FIGURA 77 uma distribuição do pH bastante homogênea, formando apenas dois vórtices de máximo nos bancos Aracati e Sirius.

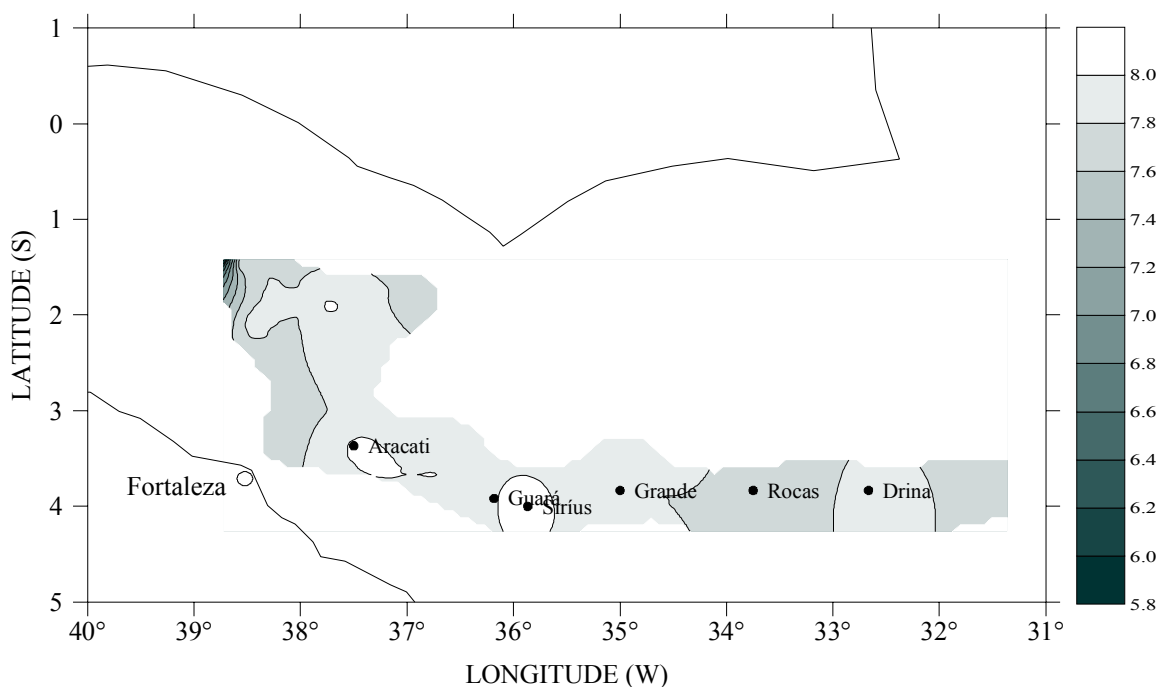


FIGURA 77 – Distribuição da concentração de pH na camada de fim da termoclina permanente da coluna d’água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

#### FUNDO

Como podemos observar na FIGURA 78, a distribuição do pH no fundo deu-se de maneira bastante homogênea, com o surgimento de uma “micro-região” bem discreta de máximos, situada entre os bancos Aracati e Sírius. Os valores de pH registrados na primavera de 2000 foram os seguintes. O máximo localizado sobre o banco Sírius foi de 8,18, o mínimo de 7,50 foi determinado na região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil. Registrou-se ainda uma média de 7,80 e amplitude de 0,68.

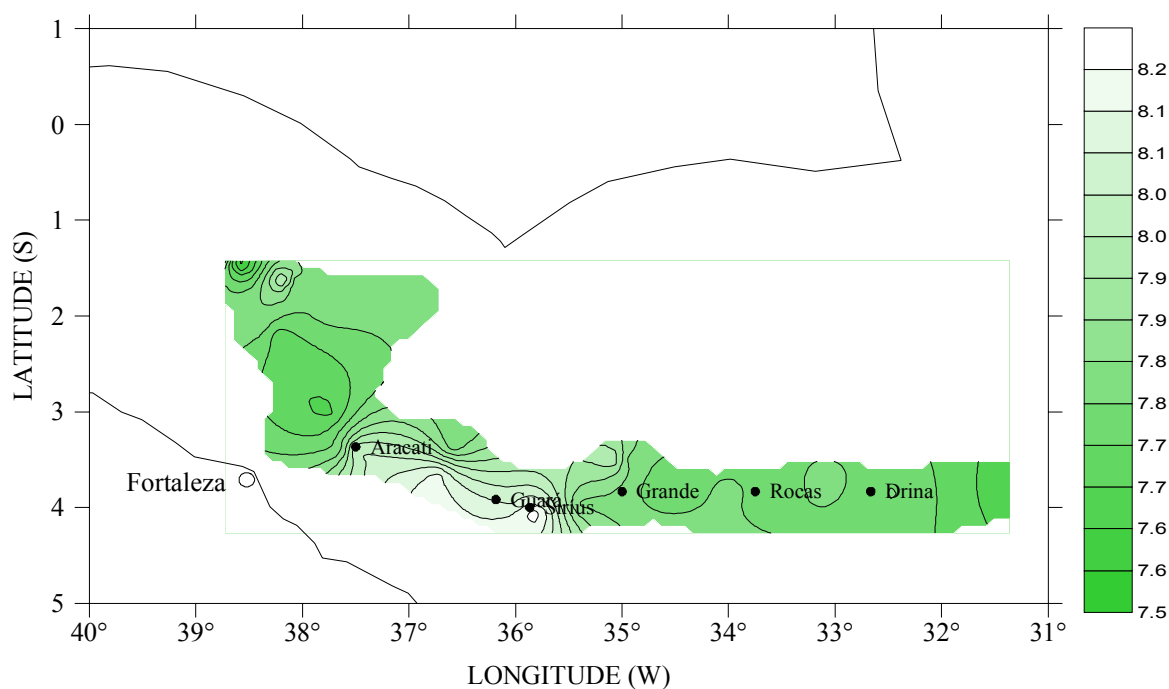


FIGURA 78 – Distribuição da concentração de pH na camada de fundo da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

Horizontalmente, conclui-se que os máximos de pH se distribuem semelhantemente na primavera e verão com localização entre as longitudes de 37°W e 35°W, com exceções para as camadas MTS e FTS, que na primavera tiveram seus máximos localizados entre as longitudes de 38,5°W e 37,5°W e as camadas 1% de luminosidade e FTS, que no verão registraram seus máximos entre as longitudes de 33,5°W e 32,5°W. Já o outono teve seus máximos localizados entre as longitudes de 35 °W e 34°W, a exceção das camadas 50% de luminosidade, FTS e FT, cujos máximos se concentraram entre as longitudes de 38°W e 37°W. Já os mínimos na primavera se localizaram entre as longitudes de 38°W e 36°W, exceto as camadas MTS e FTS onde os mínimos foram determinados entre as longitudes de 33°W e 31°W, no outono registrou-se os mínimos entre as longitudes de 35°W e 33°W, apenas as camadas 50% de luminosidade e MTS tiveram seus mínimos deslocados para a longitude de 37,7°W e no verão os mínimos foram registrados entre as longitudes de 33,5°W e 32,5°W, com exceção das camadas FTS e FT cujos mínimos foram determinados na longitude de 35°W.

### 5.8.1 pH – VARIAÇÃO VERTICAL

Verticalmente com relação à variação do pH se observamos a FIGURAS 79a, 79 b, 79c e 79d, podemos afirmar que em relação às concentrações máximas, percebe-se que primavera e verão variam de maneiras muito próximas, já no outono esta variação se dá como o inverso das duas outras estações, excetuando-se apenas as camadas ITS e MTS onde o outono varia de forma semelhante à primavera e verão. Primavera e verão voltam a apresentar tendências de variação semelhantes no que diz respeito às médias, porém aqui o outono também segue a mesma tendência, note-se que as curvas das três estações avaliadas têm formatos muito próximos. Já nas amplitudes verão e outono mostram tendências semelhantes, enquanto a primavera varia de maneira oposta, esse tipo de variação também é percebido com relação aos valores mínimos de pH, com exceção da camada FT.

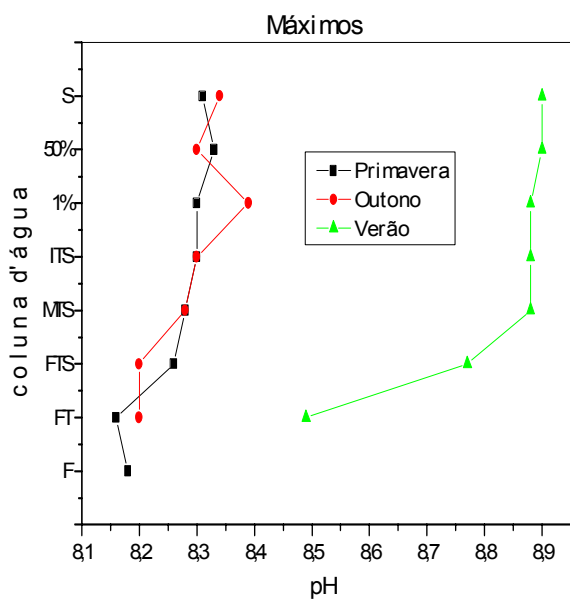


FIGURA 79a

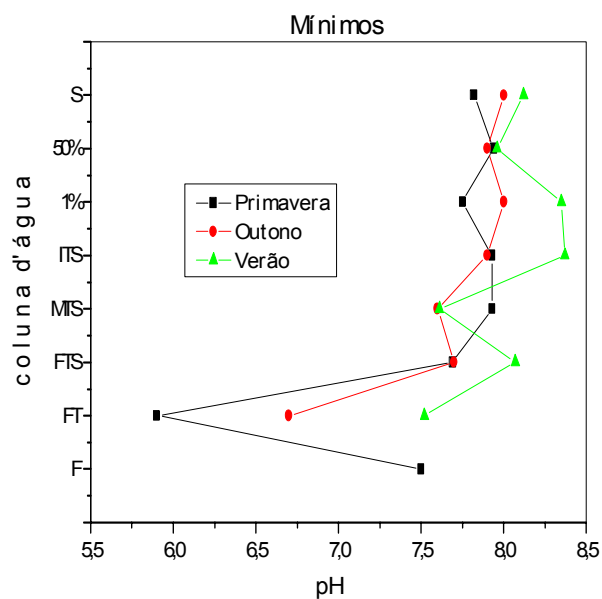


FIGURA 79b

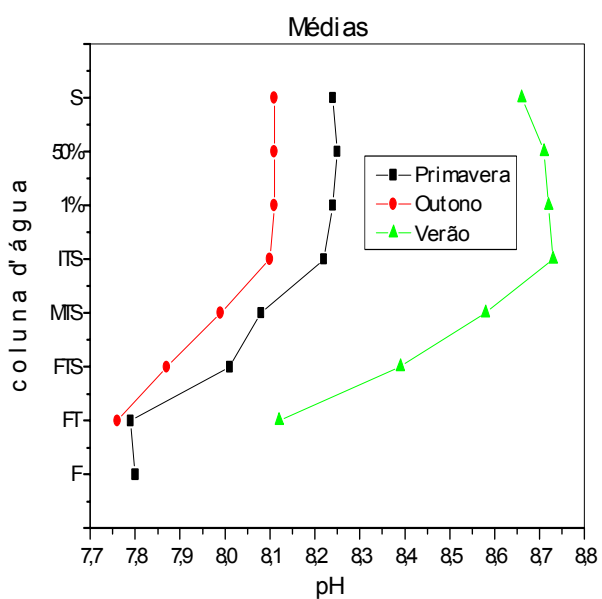


FIGURA 79c

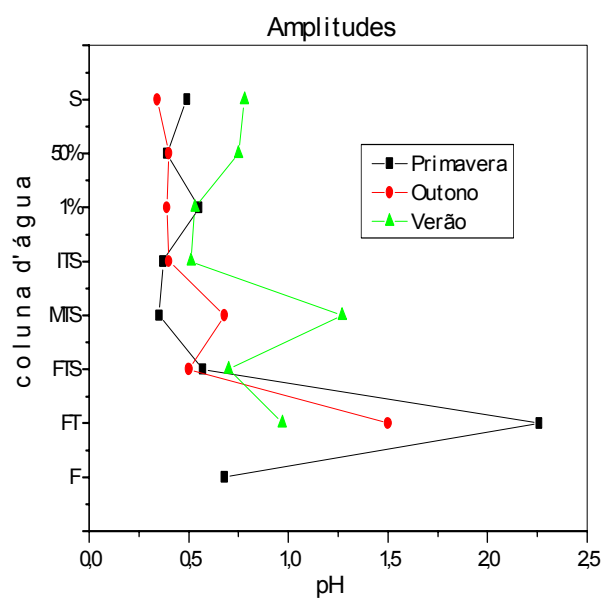


FIGURA 79d

FIGURAS 79a, 79b, 79c e 79d – Distribuição vertical das concentrações de pH máximas, mínimas, médias e das amplitudes de variação, respectivamente, nas camadas da coluna d'água, para o verão de 1997, outono de 1998 e primavera de 2000.

## 5.9. SALINIDADE – VARIAÇÃO HORIZONTAL

### SUPERFÍCIE

Os resultados de salinidade, na superfície da área estudada, para a primavera de 2000, mostram que esta estação registrou máximos, médias e amplitudes maiores e mínimos menores, que as duas outras estações (verão de 1997 e outono de 1998). O máximo da primavera foi de 36,41, determinado sobre o banco Aracati, no verão tivemos salinidade máxima de 36,02, localizada entre os bancos grande e Atol das Rocas, e no outono, 36,29, situada sobre o banco Guará. Os mínimos registrados foram: primavera – 35,23, na região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil; outono – 35,85, entre os bancos Aracati e Guará, e no verão – 35,82, assim como na primavera, na região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil. A média determinada na primavera foi 36,23, enquanto no verão a média foi de 35,94 e no outono de 36,13. Já a amplitude a primavera registrou 1,18, verão 0,2 e outono 0,44. A distribuição da salinidade na área a esta profundidade foi bastante homogênea durante a primavera de 2000, podendo se observar apenas um pronunciado vórtice de mínimo na região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil (FIGURA 80).

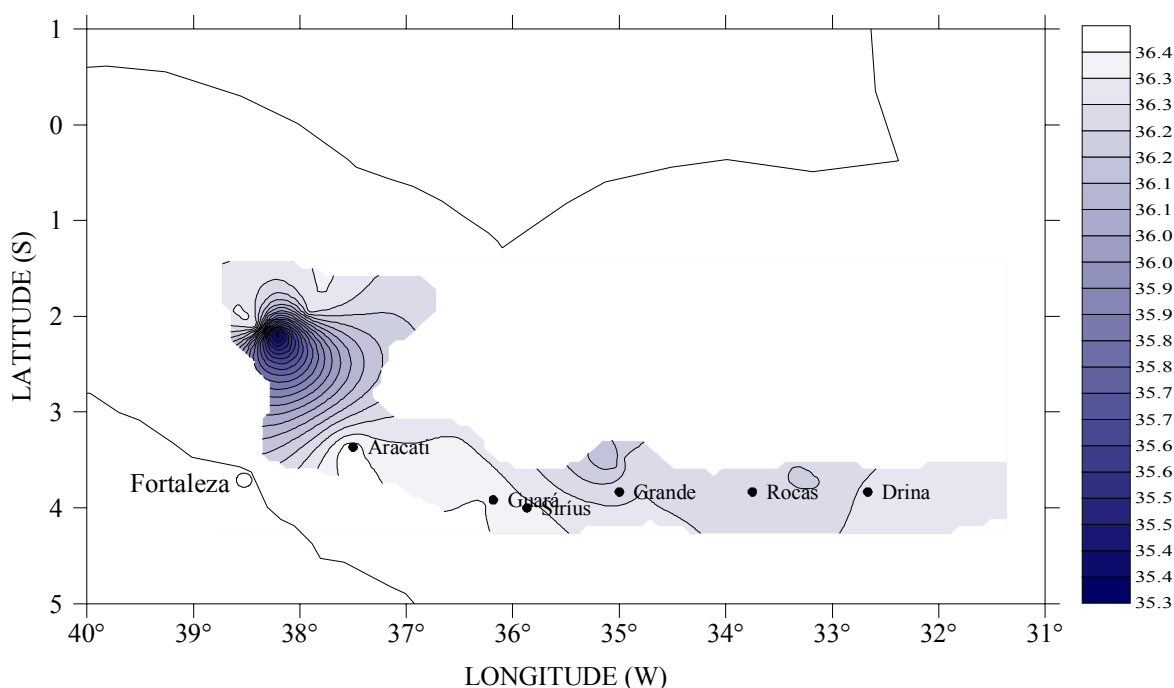


FIGURA 80 – Distribuição da concentração de salinidade na camada de superfície da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.



## 50%DE LUMINOSIDADE

De acordo com a FIGURA 81, podemos concluir que a distribuição da salinidade a esta profundidade é, a exemplo da camada anterior, homogênea, porém aqui se nota a formação de dois vórtices discretos de máximos, um próximo ao banco Aracati e outro próximo ao banco Guará. O máximo de salinidade na primavera de 2000, foi de 36,36, localizado próximo ao banco Aracati, este valor é maior que o encontrado no outono de 1998 (36,28), situado no banco Guará e menor que o do verão de 1997 (36,97), entre os bancos Guará e Atol das Rocas. Com relação aos mínimos nesta camada da coluna d'água a tendência foi o inverso da camada anterior, quer dizer a primavera apresentou maior valor de mínimo (36,21, próximo a Atol das Rocas) que o verão (35,67, nos bancos da Cadeia Norte do Brasil) e que o outono (35,85, entre os bancos Aracati e Guará). Aqui como na superfície, a primavera registrou a maior média (36,27), enquanto o verão teve média de 35,95 e o outono de 36,14. Ao contrário da superfície a amplitude da primavera foi a menor entre as registradas nas três estações, ou seja, primavera – 0,15; verão – 1,30 e outono – 0,43.

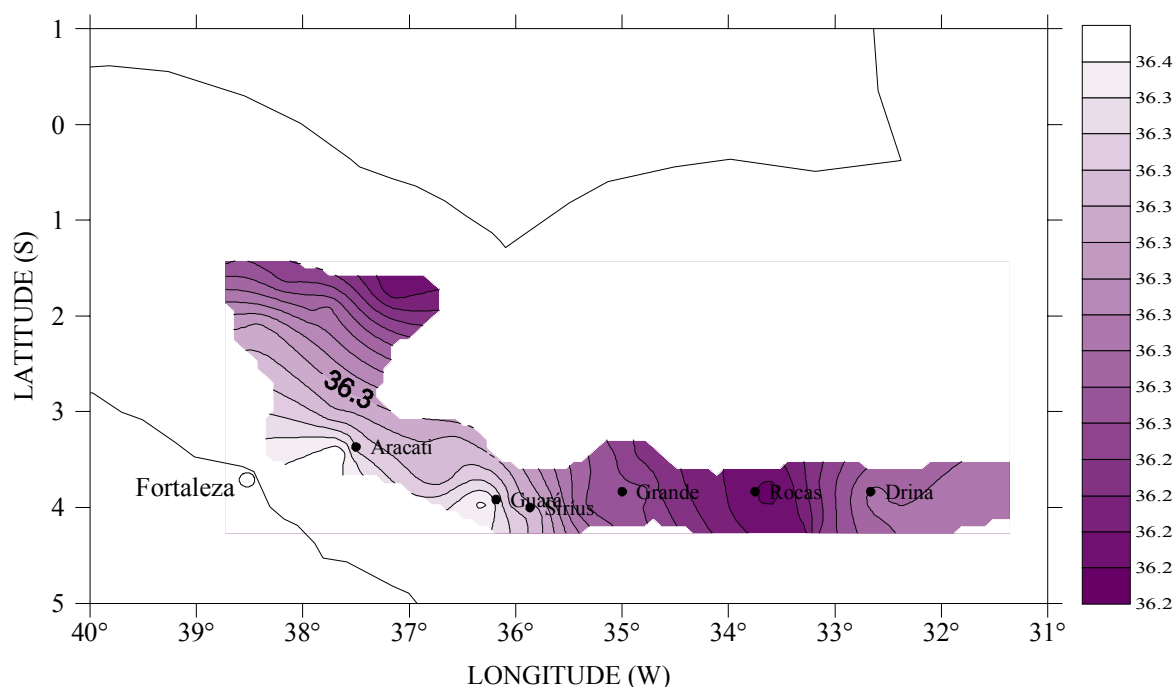


FIGURA 81 – Distribuição da concentração de salinidade na camada de 50% de luminosidade da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

## 1% DE LUMINOSIDADE

A distribuição da salinidade a esta profundidade é bastante homogênea, notando-se apenas a formação de um vórtice de máximo entre os bancos Aracati e Guará (FIGURA 82). Na primavera de 2000 registrou-se um máximo de 37,38 entre os bancos Aracati e Guará, sendo esse valor maior que os encontrados, tanto para o verão de 1997 (36,65, entre os bancos Guará e Sírius), quanto para o outono de 1998 (37,03, no banco Guará). A primavera também apresentou mínimos maiores que o verão e outono, de modo que foi determinado para a primavera um mínimo de 36,21, próximo a Atol das Rocas, para o verão o mínimo foi de 35,82 nos bancos da Cadeia Norte do Brasil e para o outono 36,06, também nos bancos da Cadeia Norte do Brasil. A média da primavera foi de 36,40, sendo maior que a do verão que foi 36,02 e menor que a do outono – 36,53. Na amplitude seguiu-se a mesma tendência dos máximos e mínimos, ou seja a primavera apresentou valores de amplitudes maiores que os detectados tanto no verão, quanto no outono, pois registramos o seguinte: primavera – 1,17; verão – 0,83 e outono – 0,97.

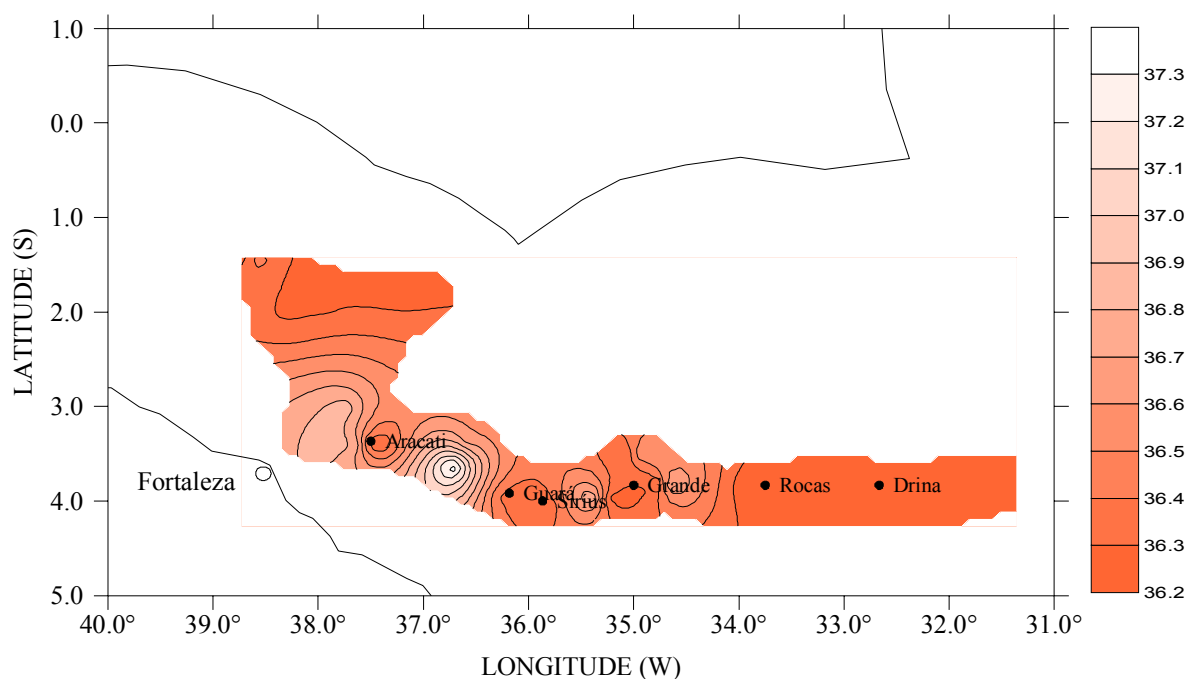


FIGURA 82 – Distribuição da concentração de salinidade na camada de 1% de luminosidade da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

### INÍCIO DA TERMOCLINA SAZONAL

De acordo com a FIGURA 83 podemos notar que a distribuição da salinidade na área ainda é bastante homogênea, apenas com a formação de um vórtice de máxima, que nesta camada da coluna d'água se encontra deslocado para um pouco mais a oeste do que na camada anterior, sendo aqui localizado entre os bancos Sírius e Grande. Os valores obtidos, para a salinidade nesta profundidade, só difere em tendência, da camada anterior com relação às médias, que aqui, além dos máximos, mínimos e amplitudes também são maiores na primavera de 2000 que no verão de 1997 e outono de 1998. O máximo para a primavera, localizado entre os bancos Sírius e Grande, foi de 37,26, enquanto no outono, onde o máximo foi determinado também entre os bancos Sírius e Grande, foi de 37,03, e no verão o valor encontrado foi 35,80, localizado entre os bancos Guará e Sírius. O mínimo da primavera foi 36,21, entre os bancos Atol das Rocas e Drina, no verão foi 35,80, entre os bancos Aracati e Guará e no outono o valor foi de 36,06, situado abaixo do Atol das Rocas, entre este e o banco Drina. A média da primavera foi de 36,60, enquanto no verão foi de 36,02 e no outono de 36,45. A amplitude na primavera foi 1,05; verão – 0,79 e outono – 0,97.

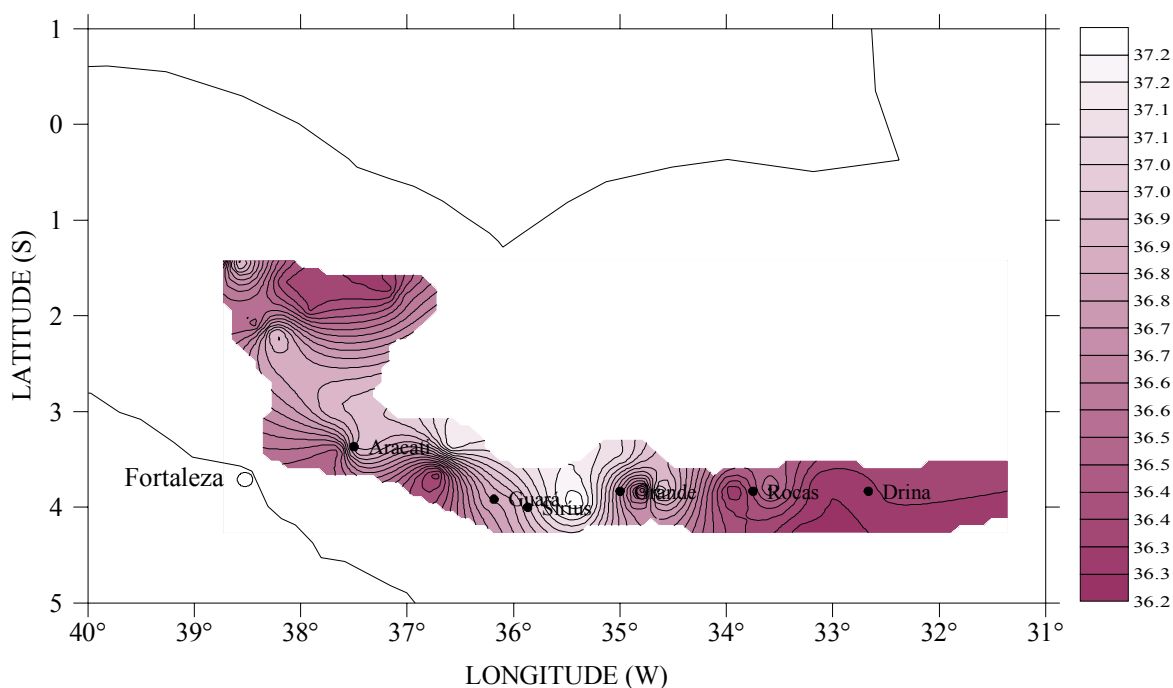


FIGURA 83 – Distribuição da concentração de salinidade na camada de início da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

### MEIO DA TERMOCLINA SAZONAL

Para esta profundidade determinou-se um valor máximo de salinidade na primavera de 2000 de 36,97, localizado acima do banco Grande, este valor é maior que o encontrado para o verão de 1997 (36,74, nos bancos da Cadeia Norte do Brasil) e menor que o do outono de 1998 (37,01, entre os bancos Aracati e Guará). O mínimo encontrado na primavera foi 36,21 no Atol das Rocas, e mais uma vez é maior que os detectados no verão (34,98, entre os bancos Grande e Atol das Rocas) e outono (34,62, o Atol das Rocas e o banco Drina). A média da primavera foi de 35,96, sendo maior que a média do verão 35,77 e menor que a do outono 36,00. Já com relação as amplitudes, ao contrário das duas camadas precedentes e semelhantemente a camada de 50% da luminosidade, a primavera registrou amplitude (1,62) menor que o outono (2,39) e o verão (1,76). A distribuição, como se pode ver na FIGURA 84, é muito homogênea, observando-se apenas a formação de um discreto vórtice de máxima, próximo ao banco Grande.

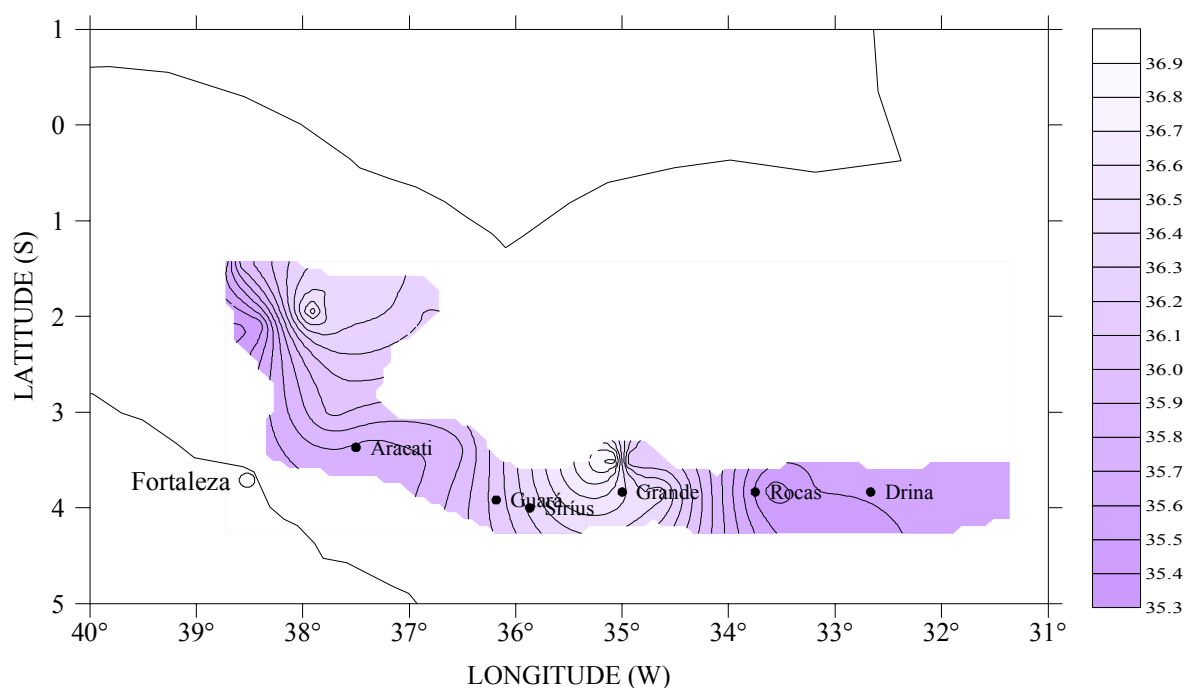


FIGURA 84 – Distribuição da concentração de salinidade na camada de meio da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000.

### FIM DA TERMOCLINA SAZONAL

A salinidade máxima determinada no fim da termoclina sazonal, durante a primavera de 2000 foi 36,80, entre os bancos Guar e Sírius, portanto, maior que os valores encontrados tanto para o verão de 1997 que foi de 35,73, sobre o banco Aracati, quanto para o outono de 1998, onde se determinou salinidade máxima de 37,03, entre os bancos Guar e Sírius. Assim como nos máximos, a primavera têm apresentado os maiores valores entre as três estações do ano avaliadas, tanto para os mínimos quanto para as médias. O mínimo detectado na primavera foi 35,16 nos bancos da Cadeia Norte do Brasil, no verão determinou-se um mínimo de 34,28 entre os bancos Guar e Atol das Rocas e no outono o mínimo de 34,34 localizado próximo ao banco Grande. Em termos de média registrou-se para a primavera 35,70, para o verão 34,81 e para o outono 35,22. As amplitudes tiveram tendência um pouco diferente, de modo que a primavera que apresentou valor de amplitude de 1,64, ainda maior que a amplitude do verão que foi de 1,45, porém menor que a detectada no outono – 2,26. A distribuição da salinidade a esta profundidade, de acordo com a FIGURA 85, é bastante homogênea, notando-se a formação de dois vórtices de máxima, bem discretos, nos bancos da Cadeia Norte do Brasil e nas proximidades do banco Sírius.

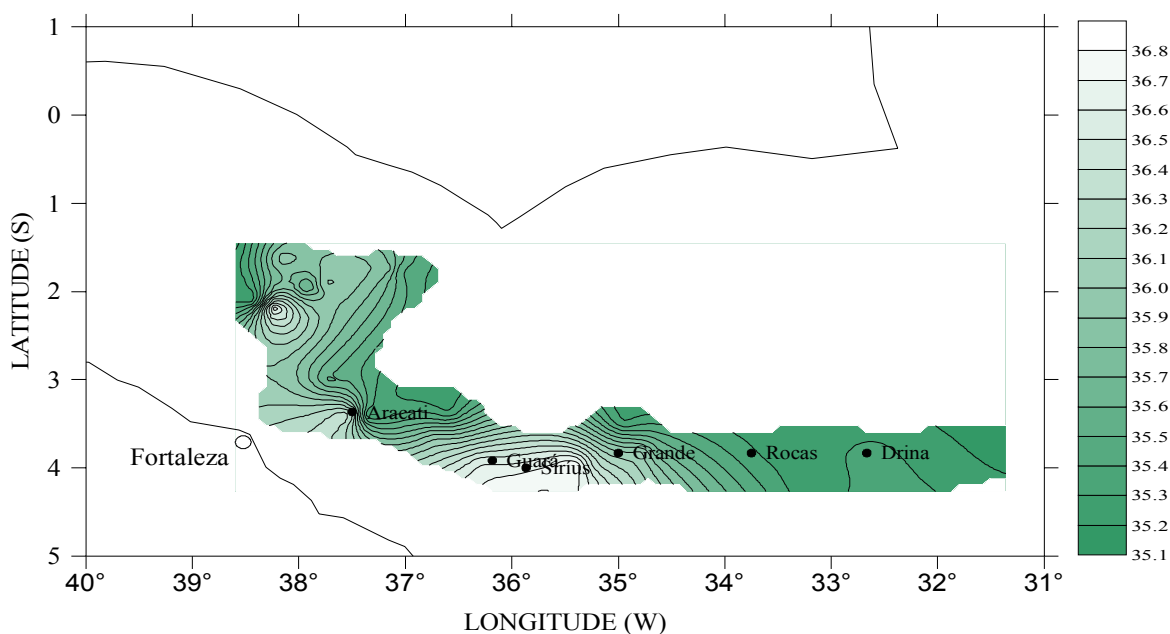


FIGURA 85 – Distribuição da concentração de salinidade na camada de fim da termoclina sazonal da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

### FIM DA TERMOCLINA PERMANENTE

Observando-se a FIGURA 86, a distribuição da salinidade a esta profundidade é, a exemplo das outras camadas da coluna d'água, bastante homogênea, detectando-se a formação de um vórtice de máxima, bem definido, entre os bancos Guará e Sírius. A primavera de 2000, mais uma vez apresenta valores de salinidade maiores que os encontrados para o verão de 1997 e outono de 1998, excetuando-se o valor de mínimo do outono, que foi maior que o da primavera, desse modo, o máximo de salinidade na primavera foi de 36,51, localizado sobre o banco Guará, enquanto no outono verificou-se um valor de 35,45 sobre o banco Aracati e no verão 34,55 também no banco Aracati. O mínimo na primavera foi de 34,32 determinado próximo ao banco Grande, no outono esse valor foi de 34,36 nos bancos da Cadeia Norte do Brasil, e no verão 33,17 próximo ao Atol das Rocas. As médias registradas para primavera, verão e outono, foram respectivamente, 34,86; 33,82 e 34,58, enquanto que as amplitudes foram na primavera 2,19, no verão 1,38 e no outono 1,09.

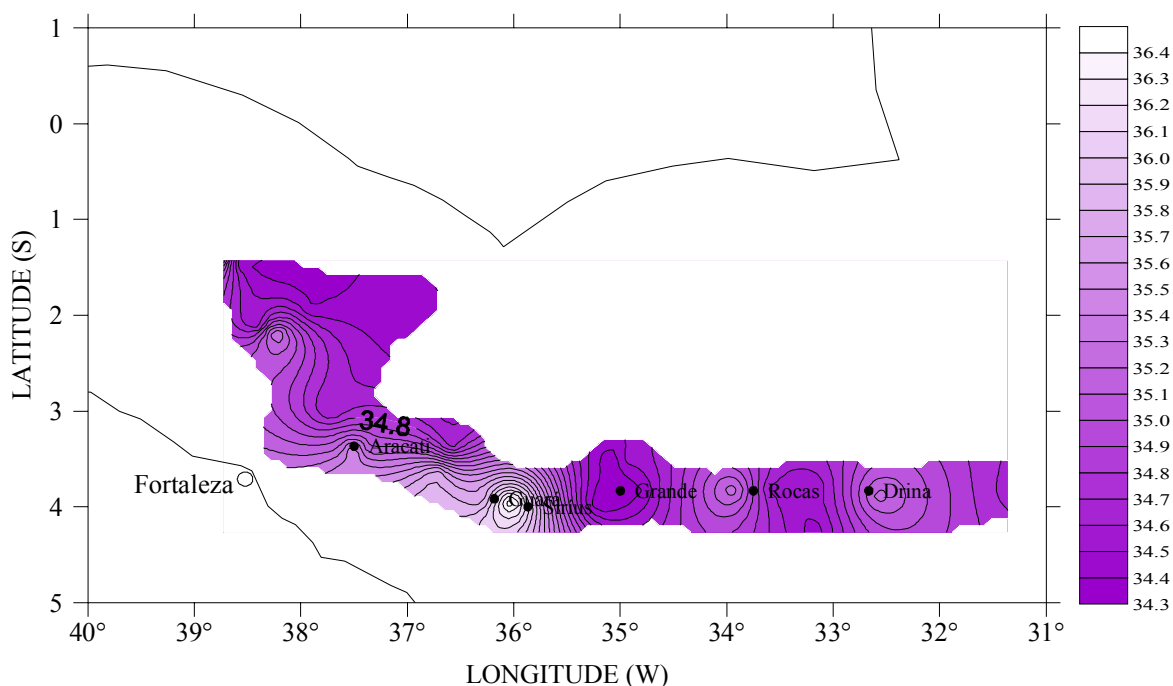


FIGURA 86 – Distribuição da concentração de salinidade na camada de fim da termoclina permanente da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

## FUNDO

Nesta camada a distribuição da salinidade se dá de forma muito próxima a da camada anterior, de modo que é bastante homogênea e forma apenas um vórtice de máxima próximo ao banco Sírius (FIGURA 87). O máximo verificado na primavera de 2000 foi de 35,78 determinado sobre o banco Guará. O mínimo foi de 34,30 próximo ao banco Aracati. A média detectada foi de 34,73 e a amplitude apresentou valor de 1,48. Nesta camada encontrou-se os menores valores de salinidade de toda a coluna d'água, com exceção da amplitude, cujo maior valor foi determinado na camada imediatamente anterior.

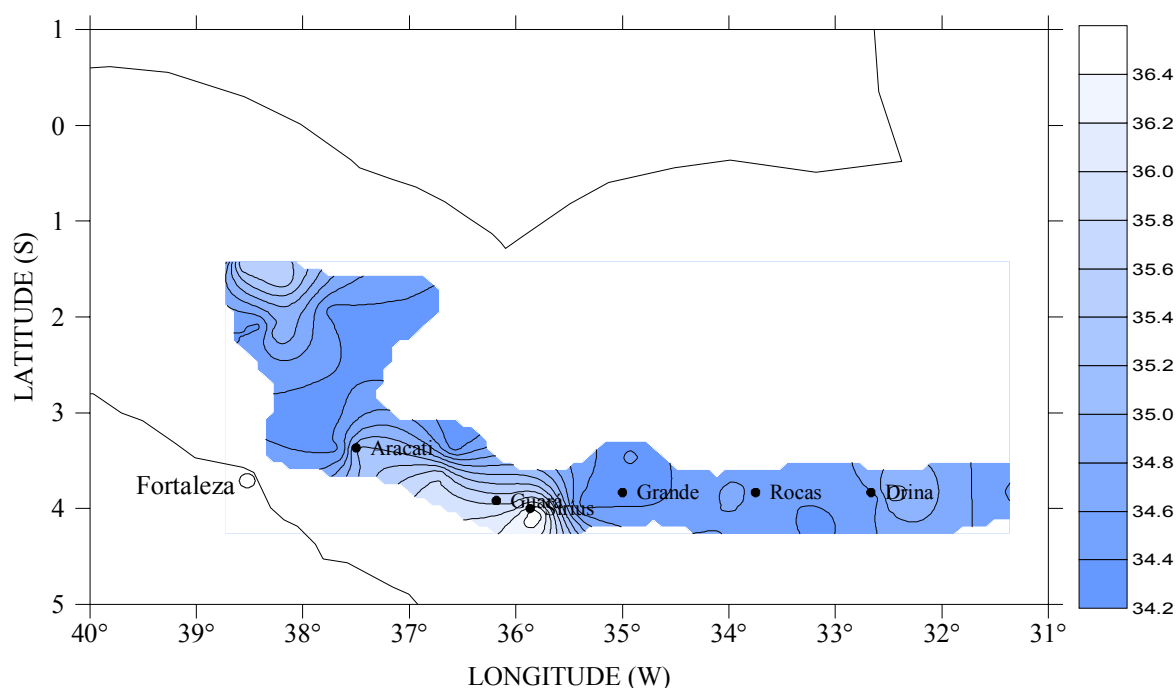


FIGURA 87 – Distribuição da concentração de salinidade na camada de fundo da coluna d'água, para a primavera de 2000 – Operação REVIZEE NE-IV.

Para facilitar a visualização e interpretação dos dados discutidos nesta subseção, os valores de salinidade encontrados na área durante as coletas, podem ser apreciados na TABELA 15.

TABELA 15. Valores máximos, mínimos, médios e de amplitude de variação, da salinidade para o verão de 1997, outono de 1998 e primavera de 2000.

PROFUND.	SALINIDADE (USP)				SALINIDADE (USP)				SALINIDADE (USP)			
	1997				1998				2000			
	Min.	Med.	Max	Amp.	Min.	Med.	Max.	Amp.	Min.	Med.	Max.	Amp.
S	35,8	36,0	36,0	0,2	35,8	36,1	36,3	0,4	35,2	36,2	36,4	1,2
50% de luminosidade	35,7	36,0	37,0	1,3	35,8	36,1	36,3	0,4	36,2	36,3	36,4	0,2
1% de luminosidade	35,8	36,0	36,6	0,8	36,1	36,5	37,0	1,0	36,2	36,4	37,4	1,2
ITS	35,8	36,0	36,6	0,8	36,1	36,4	37,0	1,0	36,2	36,6	37,3	1,0
MTS	35,0	35,8	36,7	1,8	34,6	36,0	37,0	2,4	35,4	36,0	37,0	1,6
FTS	34,2	34,8	35,7	1,4	34,3	35,2	36,6	2,3	35,2	35,7	36,8	1,6
FT	33,2	33,8	34,6	1,4	34,6	34,4	35,4	1,1	34,3	34,9	36,5	2,2
F	---	---	---	---	---	---	---	---	34,3	34,7	35,8	1,5

Horizontalmente a distribuição da salinidade é muito homogênea, sem muitos deslocamento, mesmo entre as três estações do ano avaliadas, principalmente com relação aos máximos determinados, de modo que podemos verificar que estes estão localizados, tanto na primavera quanto no verão e outono, entre as longitudes de 38°W e 36°W, as exceções são as camadas ITS, MTS e FTS na primavera, 1% de luminosidade e ITS no outono e superficial no verão, onde os máximos se localizaram entre as longitudes de 35,5°W e 34,5°W. Com relação aos mínimos, outono e verão apresentam muita proximidade nesta distribuição, enquanto a primavera diverge um pouco, pois os mínimos do outono e verão estão localizados entre as longitudes de 38°W e 37,5°W exceto as camadas ITS, MTS e FTS no outono e MTS, FTS e FT no verão, onde os mínimos se localizam entre longitudes de 35°W e 33°W, exatamente a longitude onde podemos encontrar a maioria dos mínimos da primavera, com exceção das camadas superficiais e de fundo, cujos mínimos se localizam entre as longitudes de 38°W e 37°W.



### 5.9.1. SALINIDADE – VARIAÇÃO VERTICAL

Observando as FIGURAS 88a, 88b, 88c e 88d, podemos dizer que verticalmente a salinidade se distribuiu, com tendências muito semelhantes nas três estações. Com relação aos mínimos, primavera outono e verão se distribuem de maneira muito próxima com exceção das camadas 50% de luminosidade, 1% de luminosidade e MTS que no verão apresentaram tendência oposta. A mesma observação é feita com relação às médias e aos mínimos, onde primavera, outono e verão se distribuem de forma muito semelhante por toda a coluna d'água, a única exceção considerável se dá na camada superficial, onde o mínimo no verão apresenta tendência inversa. Quanto às amplitudes, observa-se que primavera e outono se aproximam muito, excetuando as camadas FTS e FT e que no outono se distribuem de modo oposto a primavera, já o verão se distribui inversamente às outras duas estações do ano, exceto no que diz respeito às camadas ITS e MTS que seguem a mesma tendência verificada no outono e primavera.

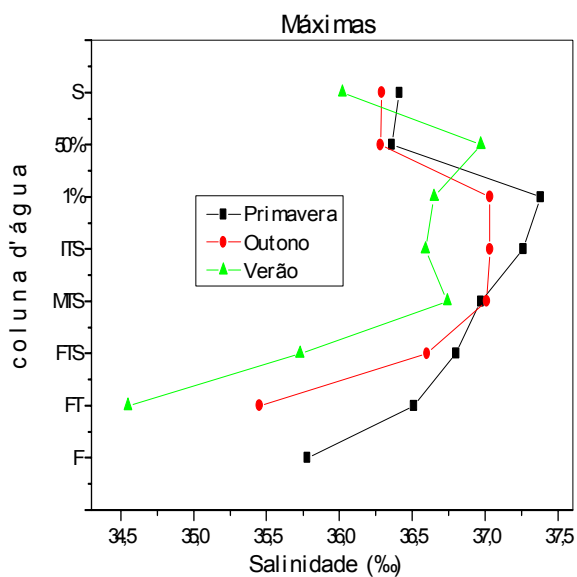


FIGURA 88a

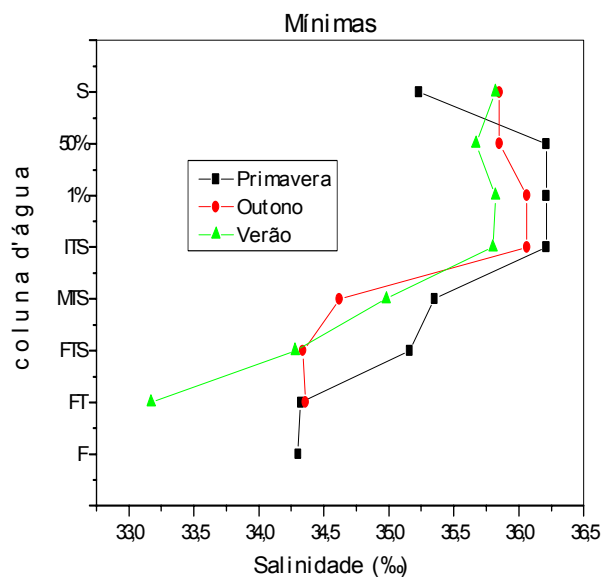


FIGURA 88b

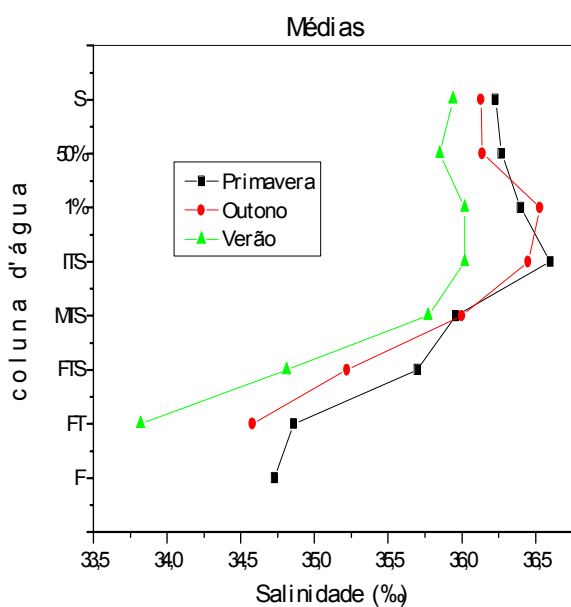


FIGURA 88c

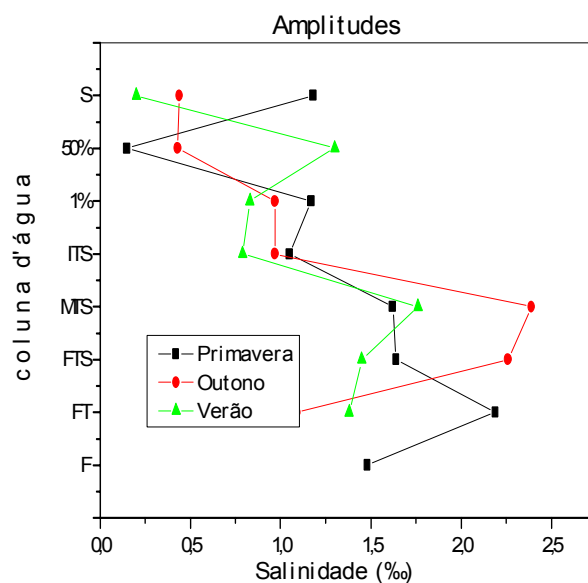


FIGURA 88d

FIGURAS 88a, 88b, 88c e 88d – Distribuição vertical das concentrações de salinidade máximas, mínimas, médias e das amplitudes de variação, respectivamente, nas camadas da coluna d'água, para verão de 1997, outono de 1998 e primavera de 2000.

## 5.10. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

De acordo com os valores determinados, se pode observar que em geral as concentrações encontradas para os parâmetros analisados, são menores no final do verão de 1997 (exceção para o oxigênio dissolvido e silício reativo), e que são maiores no final da primavera de 2000, sendo que apenas a temperatura, o oxigênio dissolvido e o nitrito são maiores para o outono de 1998. Os valores detectados no outono e primavera além de serem próximos apresentam tendência de distribuição semelhantes. Estes resultados podem sugerir, que o fato de os valores da primavera e outono serem maiores do que no verão pode estar relacionado com a floração do fitoplankton, que segundo CABO (1983) é periódica, acontecendo duas vezes por ano, sendo uma outonal e outra primaveral e após a floração (verão, no nosso caso) são encontradas as menores concentrações para os nutrientes. O fato de na primavera encontrarmos valores mais altos para a maioria dos parâmetros analisados (exceto nitrito, oxigênio dissolvido e temperatura), sugere que os processos decorrentes da floração do fitoplankton que acontece na primavera são mais intensos que no outono, pois, ainda segundo CABO (1983) para este fenômeno são necessárias altas concentrações de nitrato e fosfato, que são utilizados pelo fitoplankton para síntese orgânica, o nitrato é produzido por meio de um processo bacteriano onde o nitrito é oxidado a nitrato, provavelmente por isso na primavera, onde encontramos as maiores concentrações de nitrato, registramos os menores valores de nitrito. A maior atividade do fitoplankton, que resultaria por consequência numa maior taxa de fotossíntese, explicaria também o fato do pH ser maior na primavera de 2000 que no outono de 1998, pois quanto maior a taxa de fotossíntese menor a quantidade de CO<sub>2</sub> na área, o que implica no aumento do pH. O silício é muito utilizado pelos seres marinhos para a formação de seus esqueletos, o maior teor de silício aliado à enérgica floração do fitoplankton pode atrair para a área, nesta época do ano, uma grande população de seres, isto explicaria o fato de termos encontrado na primavera os menores valores de oxigênio dissolvido, pois de acordo com CABO (1983) “há uma aparente normalidade em relação à quantidade de O.D. e a quantidade de vida, e explica citando o exemplo do Golfo do Panamá e do Mar do Caribe, onde no primeiro determinou-se uma quantidade de O.D. entre 2 e 12%, e no segundo de 50 a 63%, e verificou-se que a vida animal é muito mais rica e abundante no Golfo do Panamá que no mar do Caribe”. Isto também explicaria o fato de que no

verão, que é uma estação do ano pós-floração, encontraram-se os menores valores de nutrientes e os maiores valores de O.D., pois após o fenômeno, com o fim da “comida”, haveria uma migração ou diminuição da população marinha local, com conseqüente decréscimo no consumo de oxigênio e portanto maiores concentrações deste parâmetro podem ser detectadas.

Outro fato que se observa é que durante a primavera de 2000, os máximos dos parâmetros analisados, se encontram bem próximos à costa, mais especificamente entre as longitudes de 36°W e 38°W, a única exceção foi o fosfato, cujos máximos se encontram entre as longitudes de 32°W e 33°W. O fato de a maioria dos parâmetros terem seus máximos entre as longitudes acima citadas, pode ser explicado pela incidência e direção dos ventos na região durante o mês de coleta, que como pode ser visto na FIGURA 89, incidem em direção à costa.

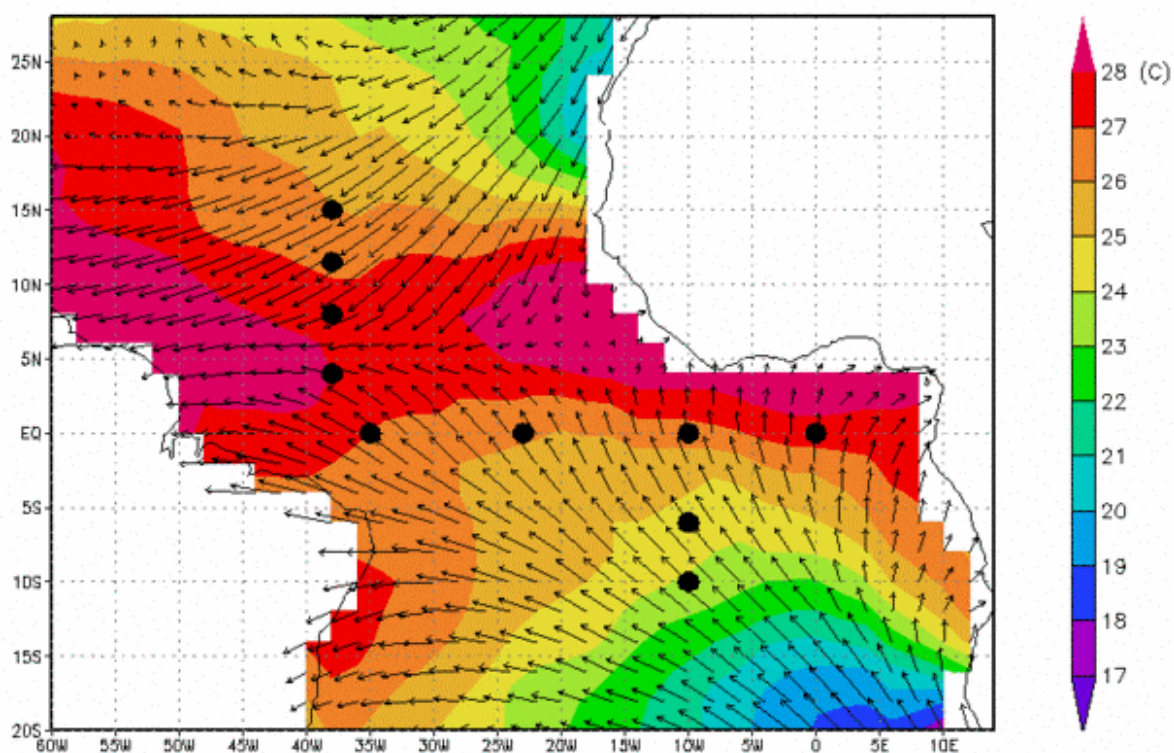


FIGURA 89 – Temperatura da superfície do mar e incidência dos ventos sobre a costa brasileira, durante o mês de novembro de 2000. Fonte: FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia.

Tratando estatisticamente os dados coletados para este trabalho, um dos testes realizados foi o de análise multivariada, construindo a partir desta um dendograma, para identificar grupos de variáveis com comportamentos semelhantes na região.

Na construção deste dendograma (FIGURA 90) utilizou-se o método de Ward, onde como medida de similaridade, levou-se em consideração a distância euclidiana.

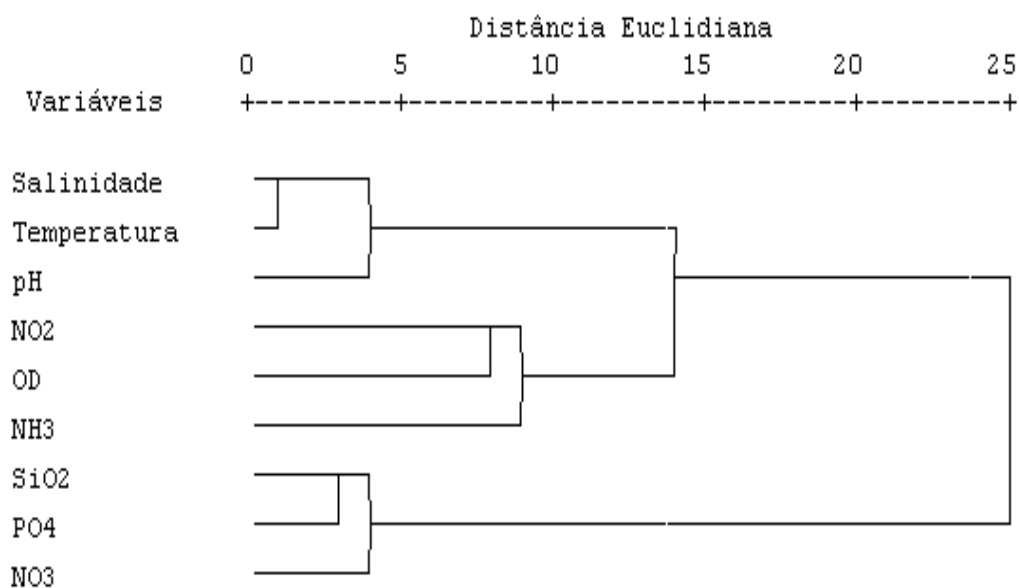


FIGURA 90. Dendograma dos parâmetros analisados para dados coletados durante a primavera de 2000.

De modo que se pôde identificar três grupos principais, que foram:

Grupo1 – Salinidade, temperatura e pH;

Grupo 2 - Nitrito, Oxigênio dissolvido e amônia;

Grupo 3 – Silicato, fosfato e nitrato.

Estes grupos, indicam que os parâmetros que se encontram agrupados tem nesta região distribuição estatisticamente semelhante.

Deste modo iremos discutir os resultados encontrados para todos os parâmetros obedecendo à ordem e agrupamento dos grupos acima citados.

## GRUPO 1: TEMPERATURA, SALINIDADE E pH

A área estudada está localizada em região tropical oligotrófica. Segundo COSTA (1991), a hidrologia dessas áreas regula a produção primária, tornando-se, portanto marcante para a fertilidade da região, as alterações que ocorrem nos processos físicos e químicos.

Um dos fatores de grande importância no ambiente aquático, é a temperatura. Visto que influencia diretamente os processos fisiológicos nos animais e plantas, assim como a atividade bacteriana, além de outros fatores como: a solubilidade dos gases, viscosidade e densidade da água.

A temperatura da superfície dos oceanos abertos varia aproximadamente com a latitude, com as isotermas movendo-se mais ou menos do leste para o oeste. Em termos gerais, ela varia de 30°C, próximo ao Equador, à -2°C, nos mares polares, embora outros valores mais extremos possam ser alcançados, em circunstâncias especiais.

Em oceano aberto, porém principalmente em áreas de baixas latitudes, como a região em estudo, a temperatura por não variar de maneira muito drástica durante o ano, passa a não influenciar diretamente a fisiologia dos organismos. A sua influência pode ser considerada, nessas regiões, como indireta, pois forma uma barreira ecológica na região da termoclina, reduzindo a renovação de nutrientes entre as camadas profundas e superficiais, já que a convecção devido à mudança brusca de densidade é inibida. Esta seria uma das causas que torna uma região tropical pouco produtiva, quando não ocorre uma ressurgência. O suprimento dos sais nutrientes através da decomposição bacteriana do fitoplâncton e outros organismos na superfície (a temperatura elevada aceleraria este processo) poderia ser uma maneira de fertilização, porém a perda da população fitoplanctônica nesta camada é bem pronunciada.

Em toda a área estudada, durante a primavera de 2000 verificou-se a presença de uma termoclina bem definida, caracterizada, devido à existência de uma camada superficial quente, acima de uma camada sub-superficial densa e fria. Essa termoclina é característica dos oceanos tropicais (TRAVASSOS et al, 1999), e forma uma barreira térmica, que como consequência, dificulta as trocas químicas e biológicas com a camada superficial (CABO, 1983). Essa termoclina também foi

registrada por BECKER (2001) na mesma área durante o verão de 1997 (termoclina registrada a 100 m de profundidade) e o outono de 1998 (termoclina registrada a 70m de profundidade) e por COSTA (1991), que estudou uma área localizada entre as latitudes de 8° e 2° S e as longitudes de 35° e 31° W, durante o inverno e detectou a termoclina a uma profundidade de 60 m.

Na área estudada, a distribuição da temperatura encontrada foi típica das regiões de baixas latitudes. A camada superficial é homogênea, bem misturada com temperatura média de 27,05°C é seguida de um acentuado gradiente (termoclina permanente) e de um gradual decréscimo de temperatura até as profundidades de 800 a 1.000 m. O maior gradiente foi encontrado em média entre as profundidades de 97m (ITS) e 134 m (MTS) onde se registrou uma variação de aproximadamente 10°C/50m, delimitando assim a termoclina que se inicia a 97m de profundidade. Este resultado coincide com os estudos de OKUDA (1960) que avaliando áreas no nordeste do Brasil, concluiu que a termoclina encontra-se usualmente a uma profundidade de 75 a 100 m, podendo, algumas vezes localizar-se a 300 m de profundidade. Também de acordo com A DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO (1968), foi registrado que esta termoclina se situa em profundidade da ordem de 100 m.

Estatisticamente, realizou-se uma análise de variância (ANOVA) com nível de significância de 0,05 ou 5%, para identificar se existe diferença média significativa nas profundidades em relação à superfície (ver TABELA 16).

A diferença média significativa nas profundidades em relação à superfície, é detectada quando  $p < 0,05$ , dessa maneira podemos concluir que, apenas nas variáveis nitrito e oxigênio dissolvido não foi identificado nenhuma diferença estatística significativa das profundidades em relação a superfície.

TABELA 16. Valor de P para a análise de variância entre parâmetros coletados durante a primavera de 2000 e profundidade.

Parâmetro	P
Nitrato	0,4655
Nitrito	< 0,05
Amônia	< 0,05
Fosfato	< 0,05
Silicato	< 0,05
Temperatura	< 0,05
Salinidade	< 0,05
pH	< 0,05
Oxigênio Dissolvido	0,6468

Para identificar qual profundidade difere em média da superfície, aplicou-se o teste de Dunnett, a um nível de significância de 0,05 ou 5%. Ver TABELA 17.

TABELA 17. Valor de P para teste de Dunnet.

Parâmetro	Camada	Superfície	P
Nitrato	MTS - F	S	< 0,05
Fosfato	MTS - F	S	< 0,05
Silicato	FT- F	S	< 0,05
Amônia	F	S	< 0,05
Temperatura	ITS - F	S	< 0,05
Salinidade	ITS - F	S	< 0,05
pH	MTS - F	S	< 0,05

A temperatura decresceu com a profundidade em uma curva polinomial cúbica (ver FIGURA 91) que delineou bem os gradientes e variações



provenientes da termoclina. Para se descobrir o coeficiente de correlação entres os parâmetros avaliados construiu-se uma matriz de correlação (TABELA 18) para a qual utilizou-se o coeficiente de correlação de Pearson. Um  $R = -0,85$  indicou a forte correlação entre a temperatura e a profundidade.

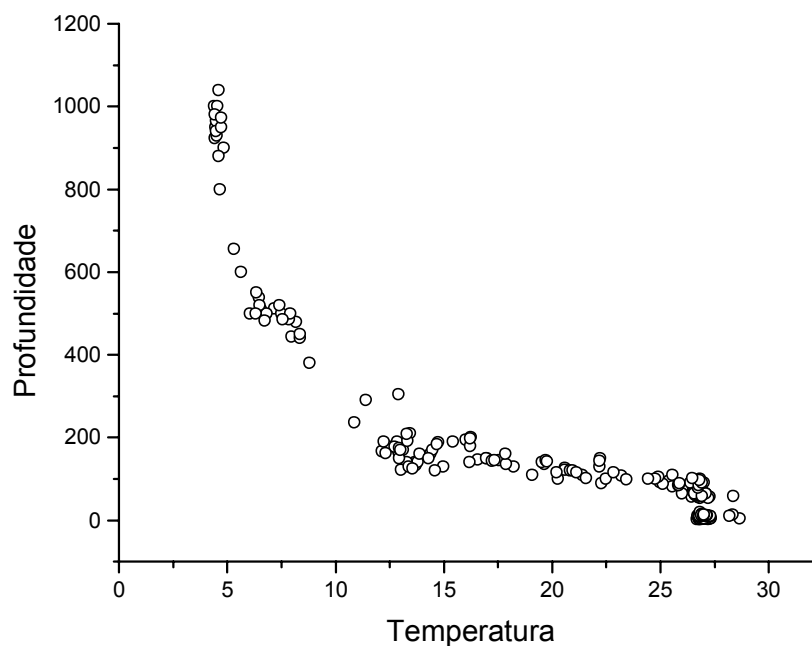


FIGURA 91 – Curva de correlação entre temperatura e profundidade para dados coletados durante a primavera de 2000.

TABELA18. Matriz de correlação para os parâmetros avaliados.

	Prof.(m)	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	PO <sub>4</sub>	O.D.	Sal.	Temp.	pH
Prof.(m)	1,00									
NO <sub>2</sub>	-0,16	1,00								
NO <sub>3</sub>	0,70	-0,22	1,00							
NH <sub>3</sub>	0,19	0,03	0,19	1,00						
SiO <sub>2</sub>	0,73	-0,21	0,59	0,10	1,00					
PO <sub>4</sub>	0,74	-0,05	0,72	0,17	0,73	1,00				
O.D.	-0,70	0,03	-0,12	-0,4	-0,05	-0,15	1,00			
Sal.	-0,82	0,21	-0,74	-0,11	-0,67	-0,76	0,18	1,00		
Temp.	-0,85	0,10	-0,77	-0,11	-0,67	-0,78	0,14	0,90	1,00	
pH	-0,64	0,07	-0,68	-0,7	-0,65	-0,74	-0,02	0,69	0,74	1,00

A salinidade nos oceanos, assim como a temperatura é um parâmetro de grande importância, principalmente no que se refere a formação e definição de massas d'água, bem como para indicação da circulação oceânica. Como os principais elementos que contribuem para os valores de salinidade possuem razões de concentração constantes, se diz que a salinidade é um parâmetro conservativo da água do mar.

Apenas processos físicos como fenômenos de evaporação, formação e fusão do gelo, precipitação atmosférica e contribuição fluvial, são capazes de fazer variar a concentração total dos elementos que contribuem para a salinidade dos oceanos. Portanto só estes processos podem também alterar os valores de salinidade total nos oceanos.

A salinidade na superfície do mar oscila, em geral, entre 33,00 e 37,00 UPS dependendo como citado anteriormente, de inúmeros fatores, como os meteorológicos, topográficos e aportes fluviais (CABO, 1978). A salinidade máxima é encontrada nas regiões de latitudes tropicais, onde as intensidades dos ventos aliadas a altas temperaturas concorrem para um aumento da evaporação.

Na área em estudo, os valores encontrados de sais dissolvidos ficaram dentro desta faixa de variação e seguiram o modelo de distribuição de uma região tropical. A salinidade mínima registrada foi de 34,3 UPS a uma profundidade de 800 m, valor este que coincide com o valor detectado por COSTA (1991) na profundidade de 600 - 700m. A salinidade máxima registrada foi de 37,4 UPS, ocorrendo na camada de 1% de luminosidade (63 m), corroborando as informações encontrada por BECKER (2000) para esta região no verão de 1997 e outono de 1998. Segundo RILEY e CHESTER (1971), em baixas e médias latitudes, há uma salinidade mínima à 600 - 1.000 m, abaixo da qual observa-se um aumento nas concentrações. O máximo ocorre aos 100 m, próximo ao topo da termoclina e o gradiente mais acentuado coincide com o gradiente de temperatura, formando uma barreira de densidade. O aumento da salinidade nos trópicos se dá devido à evaporação na superfície. Aumentando a densidade, esta camada desloca-se para a profundidade subsuperficial, formando a camada máxima de salinidade.

Acima da termoclina, do mesmo modo da temperatura as salinidades apresentaram-se significativamente diferenciadas daquelas detectadas abaixo da termoclina (teste de Dunnet, ao nível de significância de 0,05), devido a evaporação

e às massas d'água profundas provenientes das convergências tropicais, que diminuem a salinidade abaixo da termoclina. OKUDA (1960), estudando uma área mais externa no Nordeste do Brasil em 1959, dividiu a coluna d'água em 5 partes de acordo com a variação da salinidade: camada superior, camada de máxima salinidade (100 m), camada com um acentuado gradiente (100 a 300 m), camada de mínima salinidade (800 m) e camada com um suave gradiente.

No presente trabalho, os resultados obtidos permitiram estabelecer uma variação vertical na coluna d'água semelhante às observadas pelo autor acima citado (ver FIGURA 88c).

De acordo com a matriz de correlação (ver TABELA 18) a salinidade se correlaciona muito bem tanto com a profundidade ( $R = -0,82$ ) quanto com a temperatura ( $R = 0,90$ ). E assim como a temperatura, a salinidade decresceu com a profundidade em uma curva polinomial cúbica (ver FIGURA 92) que delineou bem os gradientes e variações provenientes da termoclina.

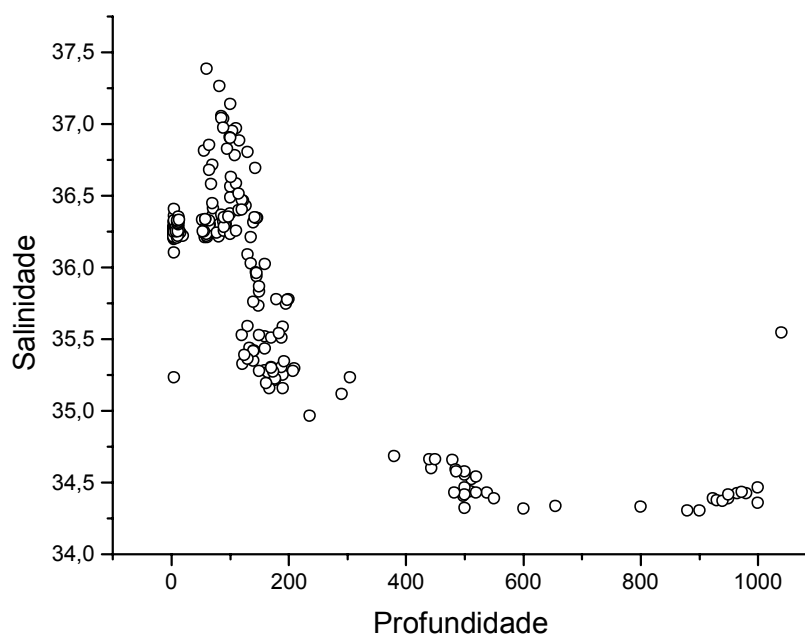


FIGURA 92 – Curva de correlação entre salinidade e profundidade para dados coletados durante a primavera de 2000.

A forte similaridade de distribuição entre temperatura e salinidade pode ser visualizada na FIGURA 93.

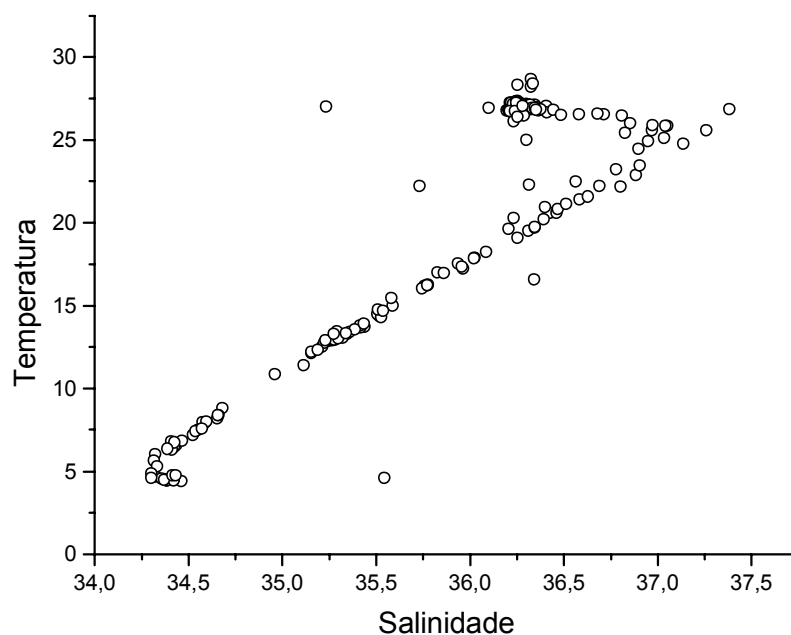


FIGURA 93 – Curva de correlação entre salinidade e temperatura para dados coletados durante a primavera de 2000.

O pH é um parâmetro que se relaciona intimamente com o estado de equilíbrio do sistema  $\text{CO}_2$  nos oceanos, estando dessa maneira ligado à atividade fotossintética. Diante disso afirma-se (RILEY e CHESTER, 1981), que a variação do pH da água do mar é resultado dos processos do ciclo de carbono nos oceanos.

Apesar da medida do pH não ser usada diretamente para quantificar a concentração de determinadas espécies inorgânicas, ele é governado pelas concentrações destas espécies, mais especificamente  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HCO}_3^-$  e  $\text{CO}_3^{2-}$ , além é claro de ser governado principalmente pelo teor de  $\text{CO}_2$  total e o equilíbrio entre o íon  $\text{H}_3\text{O}^+$  (hidrônio) e as espécies acima citadas.

O pH da água em contato com o ar varia entre 7,5 e 8,4, dependendo da temperatura, salinidade e pressão parcial do dióxido de carbono na atmosfera. Nas camadas mais profundas o pH varia de acordo com o conteúdo de  $\text{CO}_2$  dissolvido da água, que é modificado através da atividade anaeróbia de caráter biológico. Isso ocorre pelo fato de nestas camadas a troca de gases com a atmosfera não acontecer. Na zona fótica, valores elevados de pH são geralmente encontrados, abaixo desta, os valores diminuem, coincidindo em geral com baixas concentrações de oxigênio dissolvido; em seguida aumentam em direção ao fundo (SVERDRUP, 1959).

Os valores de pH, também são afetados por processos biogeoquímicos que envolvam transferência de hidrogênio; processos de oxidação e redução tais

como fotossíntese onde o oxigênio molecular se encontra envolvido. Assim como a denitrificação e redução do sulfato, fazem com que o pH tenha seus valores aumentados, a respiração e a nitrificação diminuem seus valores (ZHANG, 2000).

Na área Nordeste do Brasil em estudo, os valores de pH apresentaram-se sempre alcalinos e seguiram um modelo de variação com um perfeito-efeito tampão, principalmente na camada superficial, onde os valores de pH permaneceram praticamente constantes (em torno de 8,2) até a camada de início da termoclina sazonal (97 m), que coincide com a profundidade onde detectou-se a termoclina, só sofrendo variação perceptível, na camada seguinte (134 m). Na coluna d'água o equilíbrio entre íons ácidos e básicos ainda predominaram, apesar da diminuição do pH para um valor mínimo de 7,5 na camada de fundo (1040 m). RILEY e CHESTER (1971), descreveram todo o sistema tampão ácido-básico nos oceanos e concluíram que o pH diminui com o decréscimo da temperatura e o aumento da pressão hidrostática. A formação de carbonatos e bicarbonatos (principalmente de cálcio) diminuem com o aumento da profundidade e da concentração de CO<sub>2</sub> dissolvido na água, provocando, portanto um decréscimo no pH.

Estatisticamente o teste de Dunnet confirma que só há diferença da superfície, em média e a um nível de significância de 0,05, a partir da camada de meio da termoclina sazonal (134 m) como pode ser verificado na TABELA 17, onde para a partir desta camada P foi menor que 0,05.

A TABELA 18, confirma através da matriz de correlação de Pearson que há similaridade entre os parâmetros do grupo 1 (salinidade, temperatura e pH), de modo que o R entre pH e salinidade foi de 0,69, entre pH e temperatura foi de 0,74, além da significativa correlação entre pH e profundidade que apresentou valor de R= -0,64.

O fato do pH decrescer com a profundidade e crescer com a temperatura, citado anteriormente pode ser confirmado pelas FIGURAS 94 e 95

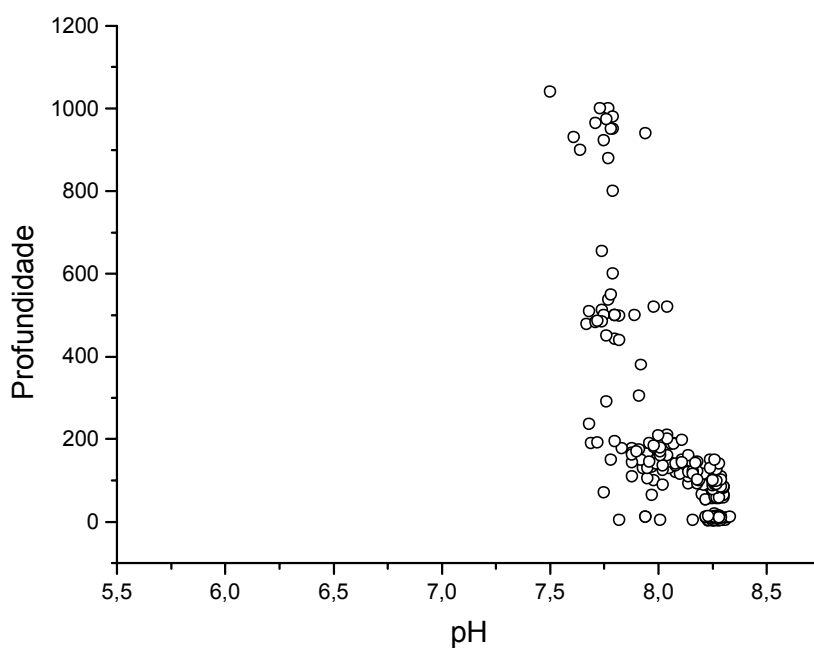


FIGURA 94 – Curva de correlação entre pH e profundidade para dados coletados durante a primavera de 2000.

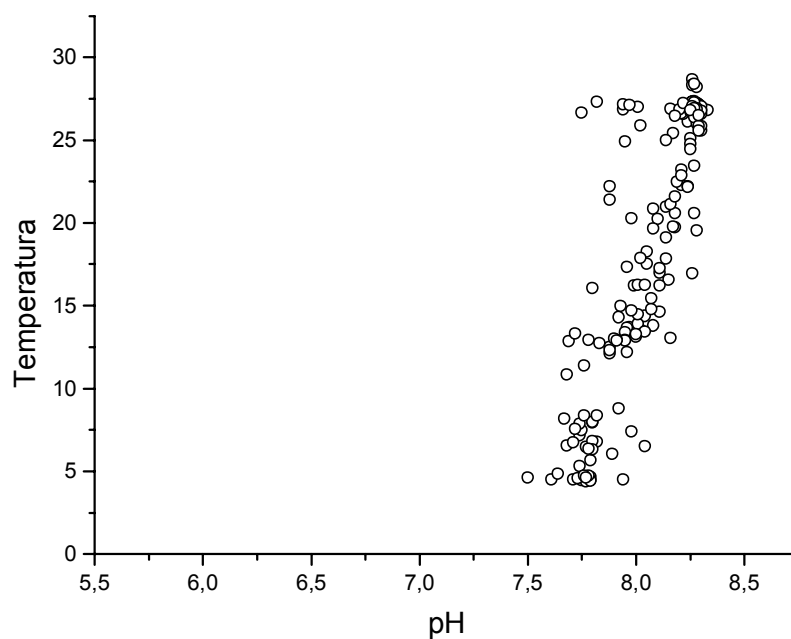


FIGURA 95 – Curva de correlação entre pH e temperatura para dados coletados durante a primavera de 2000.

## GRUPO 2 - NITRITO, OXIGÊNIO DISSOLVIDO E AMÔNIA

O nitrogênio ocorre nos mares nas formas inorgânica e orgânica. Do ponto de vista ambiental, existem formas importantes de nitrogênio, que se diferenciam quanto ao grau de oxidação do átomo de nitrogênio, de modo que as formas mais reduzidas são a amônia ( $\text{NH}_3$ ) e seu ácido conjugado, o íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ). A forma mais oxidada é o íon nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Em solução, como na água do mar, as formas mais importantes que se situam entre estes dois extremos são o íon nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) e o nitrogênio molecular ( $\text{N}_2$ ) (BAIRD, 2002).

Nos processos de nitrificação catalisados por microrganismos, a amônia e o íon amônio são oxidados para nitrato, enquanto nos processos de desnitrificação correspondentes, nitrato e nitrito são reduzidos a nitrogênio molecular. Em ambientes aeróbicos, como na superfície dos oceanos, o nitrogênio existe na forma mais oxidada, o nitrato, enquanto que em ambientes anaeróbicos o nitrogênio existe na forma de amônia, íon amônio e nitrito.

O íon nitrito, devido ao fato de se encontrar em posição redox intermediária (entre amônia e nitrato), é tido como excelente indicador do estado de equilíbrio dos processos oxidação e redução no ciclo marinho do nitrogênio.

A produção de nitrito marinho é governada pelos processos de redução do nitrato com assimilação incompleta pelo fitoplâncton e bactérias; oxidação da amônia por bactérias nitrificantes e redução do nitrato por bactérias desnitrificantes, sendo este último não muito significativo em águas oceânicas bem oxigenadas (DORE e KARL, 1996).

Nos oceanos abertos e principalmente em ambientes oligotróficos, como a região em estudo, a concentração de nitrito é muito baixa, sendo da ordem de  $0,1 \mu\text{mol.L}^{-1}$ , apenas atingindo valores mais elevados em uma estreita camada próxima a base da zona eufótica (BECKER, 2001).

Em relação ao nitrito as concentrações não detectáveis, se distribuem de maneira assimétrica por toda a região tanto horizontalmente quanto verticalmente, demonstrando nitidamente a instabilidade deste nutriente como um elemento intermediário entre a amônia e o nitrato não apresentando o mesmo modelo de distribuição dos demais nutrientes.

Fato que pode ser confirmado por este trabalho pela TABELA 18, onde através da matriz de correlação de Pearson, verifica-se que o nitrito não apresenta R significativo com nenhum dos outros parâmetros avaliados.

SVERDRUP et al (1959), afirmaram que a distribuição do nitrito que se encontra em baixa concentração difere da do nitrato o qual apresenta altos valores abaixo da termoclina. O primeiro por outro lado pode ser encontrado próximo ao fundo e em águas pouco profundas, porém em geral está ausente em toda a coluna d'água.

Este modelo foi encontrado na região em estudo, podendo ser confirmado na FIGURAS 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52a, 52b e 52c. Ver também FIGURA 96.

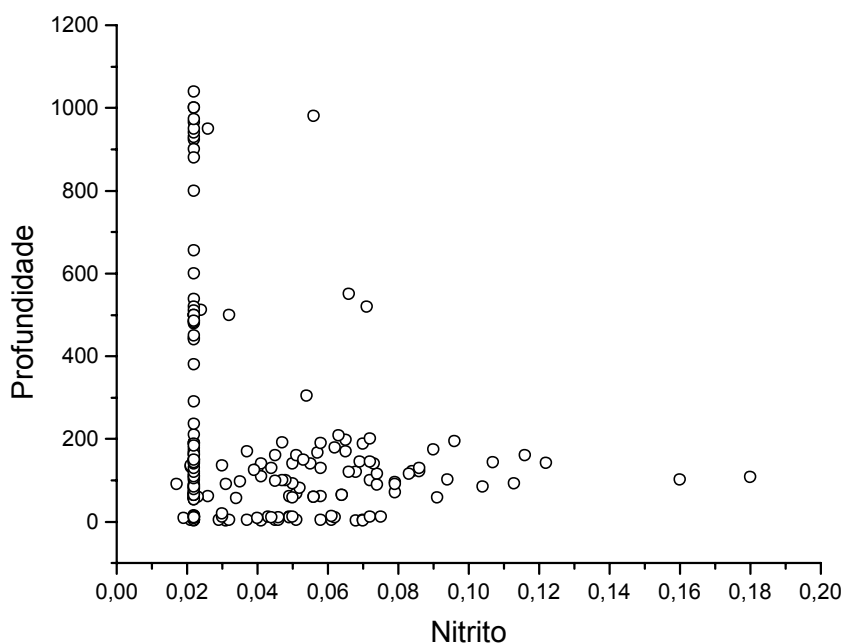


FIGURA 96 – Curva de correlação entre nitrito e profundidade para dados coletados durante a primavera de 2000.

Estatisticamente esse fato também pode ser reiterado, através do teste ANOVA, que demonstrou não haver em média diferença significativa a um nível de significância de 0,05 entre a superfície e as outras camadas da coluna d'água (ver TABELA 16).

Tanto MEDEIROS et al (1999) como BECKER (2001), encontraram valores de nitrito muito baixos para as suas áreas de estudo.



RILEY e CHESTER (1971) descreveram a distribuição vertical do oxigênio dissolvido como sendo semelhante na maior parte dos oceanos, e tendo a seguinte configuração: a) a camada superficial bem misturada pelo vento, registra um teor de oxigênio dissolvido uniforme em equilíbrio com a atmosfera e se estende até à termoclina, produzindo uma coluna d'água estável. Uma camada subsuperficial máxima pode coincidir com uma máxima produtividade; b) abaixo desta o conteúdo do oxigênio decresce com o aumento da profundidade, como resultado da oxidação da matéria orgânica. Em algumas regiões, como no oceano Pacífico Norte, o decréscimo é exponencial com a profundidade; c) uma camada mínima causada pelo consumo bioquímico do oxigênio é registrada (exceto em regiões de ressurgência) e esta profundidade vai depender do modelo de circulação, coincidindo em geral com o limite superior da camada de "advecção"; d) em seguida, a concentração do oxigênio dissolvido sempre aumenta gradualmente como um resultado da circulação da água e devido ao menor consumo deste gás nas águas profundas, indicando pouca quantidade de matéria orgânica as quais são na maior parte delas resistentes à oxidação.

O oxigênio dissolvido é um dos parâmetros que apresenta função importante nos processos biológicos, seja como parte do metabolismo dos organismos vivos ou simplesmente como subproduto da fotossíntese. Desse modo sabe-se que as variações das suas concentrações estão intimamente ligadas a atividades biológicas.

O oxigênio dissolvido na superfície ou na camada de mistura é proveniente das trocas com a atmosfera, e apresentam em termos globais, maiores concentrações nas águas de altas latitudes e frias.

Na área estudada modelo de variação supra citado foi seguido, apresentando um teor de oxigênio dissolvido da superfície (valores máximos de 7,39 g/mL) até a camada de início da termoclina sazonal - 97 m, seguindo de um teor mínimo na camada de meio da termoclina sazonal -134 m (valores máximos de 3,34 g/mL) e com posterior aumento desta concentração nas camadas subseqüentes (valores máximos de 5,96 g/mL) até atingir a camada de fundo - 687m (em média) onde sofre decréscimo (valores máximos de 2,60 g/mL), esta diminuição pode demonstrar que, nesta área, a matéria orgânica não foi totalmente oxidada, apesar do aumento da solubilidade deste gás com a diminuição da temperatura. (ver FIGURAS

25a e 25c). Este modelo também foi verificado nos trabalhos de BECKER (2001) e COSTA (1991).

Apesar dos valores brutos de oxigênio dissolvido se adequarem de maneira natural ao modelo citado, de acordo com os testes de variância realizados para o oxigênio dissolvido, em média não há uma diferença significativa ao nível de significância de 5%, entre a superfície e a outras camadas da coluna d'água ( $P > 0,05$ , para o teste Anova). (ver TABELA 16 e FIGURA 97)

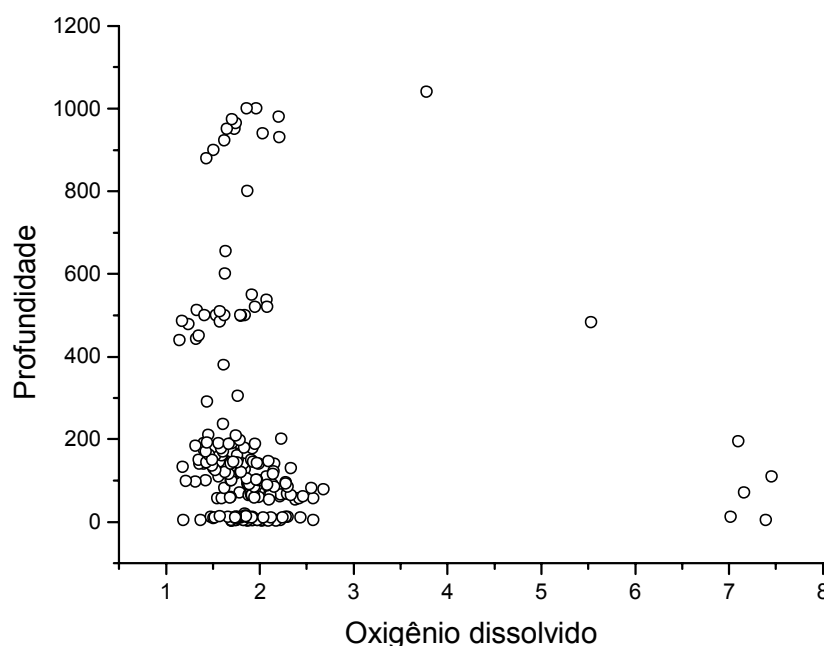


FIGURA 97 – Curva de correlação entre oxigênio dissolvido e profundidade para dados coletados durante a primavera de 2000.

De acordo com a matriz de correlação de Pearson (TABELA 18), para a região em estudo, durante a primavera de 2000 o oxigênio dissolvido não apresentou correlação significativa com nenhum dos outros parâmetros avaliados.

A amônia, sendo também participante do ciclo do nitrogênio, e estando num dos extremos do sistema redox deste elemento, é considerado um parâmetro de importância ambiental, de acordo com o modelo proposto por BAIRD (2002), a concentração de amônia deve aumentar à medida que no ambiente vai diminuindo a quantidade de oxigênio dissolvido. De modo que as concentrações deste parâmetro devem ser menores na superfície, bastante oxigenada dos oceanos, e deve aumentar com a profundidade.

Este modelo foi o encontrado para a região durante a primavera de 2000. Os valores de amônia encontrados crescem com a profundidade, porém, quando comparados com os valores de nitrato, são considerados baixos em toda a região tanto horizontalmente, quanto verticalmente. E quando comparados aos valores encontrados para o nitrito, nota-se que a amônia apresenta valores mais altos.

O crescimento nos valores da concentração de amônia em relação à profundidade, se dá de maneira discreta, de modo, que de acordo com o teste de Dunnet, estatisticamente só há diferença em média ao nível de significância de 0,05 entre a camada de superfície e a de fundo, sendo, portanto todas as outras camadas da coluna d'água semelhantes em média à superfície (ver TABELA 17).

A discreta correlação entre a amônia e a profundidade poder ser visualizada na FIGURA 98.

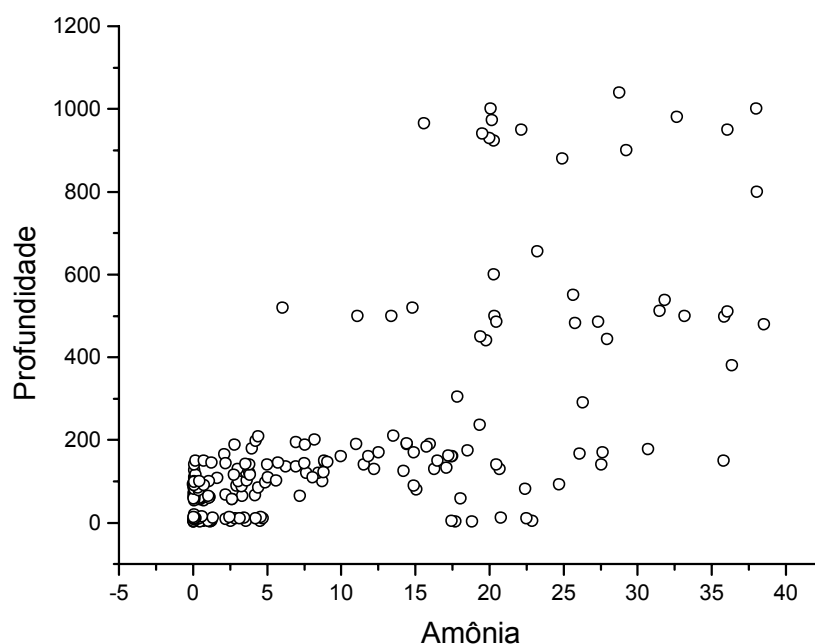


FIGURA 98 – Curva de correlação entre amônia e profundidade para dados coletados durante a primavera de 2000.

Apesar de toda a coluna d'água da região se apresentar como aeróbica, pode se perceber pela FIGURA 99, a leve correlação entre os maiores valores de concentração de amônia, com os menores valores de concentração de oxigênio dissolvido.

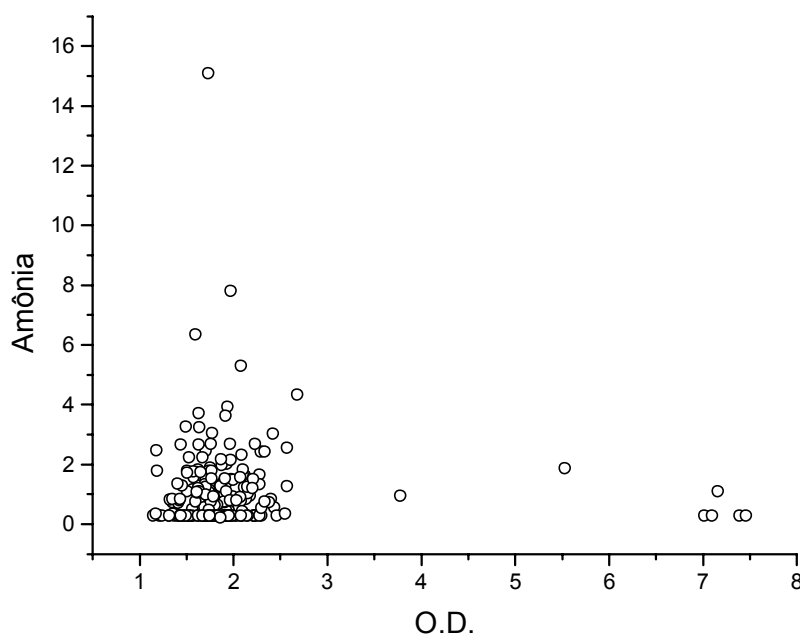


FIGURA 99 – Curva de correlação entre amônia e oxigênio dissolvido para dados coletados durante a primavera de 2000.

### GRUPO 3 - NITRATO, FOSFATO E SILICATO

Os mais importantes nutrientes são o nitrogênio e o fósforo, pois estão envolvidos na nutrição dos microorganismos, sendo incorporados por estes. Além destes dois torna-se também importante o silício, que faz parte na construção das carapaças das diatomáceas, que são os principais componentes do fitoplâncton oceânico.

SCHINDLER apud GRANALI et al (1988), afirmaram que, na opinião convencional dos biólogos marinhos, no mar os compostos de nitrogênio são os nutrientes limitantes para o desenvolvimento do fitoplâncton. O oposto ocorre nos lagos que têm o fósforo como o elemento que controla o crescimento da biomassa primária. KELLER (1989), explicou este fato afirmando que mesmo o fosfato apresentando um ciclo sazonal similar aos compostos de nitrogênio, provavelmente nunca será limitante nos oceanos devido à sua rápida reciclagem dentro do sistema.

É extremamente importante conhecer a distribuição dos nutrientes nos oceanos para descrever os processos bioquímicos. A disponibilidade dos nutrientes entre outros aspectos influencia nas variações das concentrações do carbono nos

oceanos, além de serem essenciais para o crescimento do fitoplâncton (CONKRIGHT et al, 2000).

Em oceano aberto, principalmente na superfície e onde não há ressurgência a circulação vertical é mínima devido a termoclina, o déficit de nutrientes torna-se o fator limitante para a produtividade primária.

Normalmente com o aumento da profundidade, cresce também a concentração dos nutrientes, pois na camada eufótica eles são rapidamente consumidos pelo fitoplâncton. Quando os organismos morrem, afundam e na maioria das vezes sua remineralização, ocorre a altas profundidades, tornando mais difícil sua reintrodução na cadeia trófica, fazendo com que a camada produtiva sofra constantemente um processo de empobrecimento.

O nitrogênio é encontrado na água do mar nas formas de nitrogênio molecular, nitrogênio particulado, sais inorgânicos, como nitrato, nitrito e amônia, além de inúmeros compostos orgânicos, tais como aminoácidos e uréia. Os organismos marinhos preferem as formas de nitrato, nitrito e amônia, para fixar o nitrogênio. Dentre os nutrientes o nitrato é considerado limitante para a produção primária nos ecossistemas oceânicos (RILEY e CHESTER, 1981; CHESTER, 1993; CONKRIGHT et al, 2000).

Em regiões oceânicas oligotróficas, como a região em estudo a concentração superficial de nitrato, é muito baixa, situando-se na faixa do  $\text{nmol.l}^{-1}$  (MASSERINI e FANNING, 2000).

OKUDA (1961) na primavera de 1959 encontrou valor mínimo de  $0,2 \mu\text{M}$  de N-nitrato concluindo que a camada estaria relativamente esgotada. No inverno de 1986, COSTA (1991), encontrou valor mínimo de  $1,22 \mu\text{M}$  de N-nitrato. MEDEIROS et al (1999) encontrou valores mínimos  $\leq 0,10 \mu\text{M}$  de nitrato (limite de detecção). BECKER (2001) encontrou no outono de 1998 valores mínimos de  $0,123 \mu\text{M}$  na superfície e 50% de luminosidade, com a concentração de nitrato aumentando com a profundidade até atingir o valor máximo de  $36,729 \mu\text{M}$ , também afirmou que no verão de 1997 encontrou concentrações de nitrato mais baixas que no outono.

Neste trabalho, durante a primavera de 2000 encontrou-se, da superfície até a camada de meio da termoclina sazonal (134 m) valores mínimos de  $0,123 \mu\text{M}$  com a concentração crescendo com a profundidade, chegando ao máximo de  $38,40 \mu\text{M}$  na camada de fundo (1000 m).

Estatisticamente, de acordo com o teste de Dunnet, ao nível de significância de 0,05 só existe diferença em média da superfície a partir da camada de meio da termoclina sazonal (134 m), caracterizando o início da nitraclina.

Segundo COSTA (1991) o início da nitraclina está relacionado com os valores mínimos do oxigênio dissolvido, como também com o gradiente de temperatura nas profundidades de 100 a 150 m.

Este fato foi confirmado no presente trabalho e pode ser verificado, nas FIGURAS 25a e 25b que mostram que na camada de meio da termoclina sazonal, onde se inicia a nitraclina, detectaram-se os menores valores de oxigênio dissolvido, e na FIGURA 21c podemos confirmar que é também nesta camada onde há o maior gradiente de temperatura.

A significativa correlação entre o nitrato e a temperatura pode ser confirmada ainda pela matriz de correlação de Pearson (TABELA 18), onde  $R = -0,77$  e pela FIGURA 100.

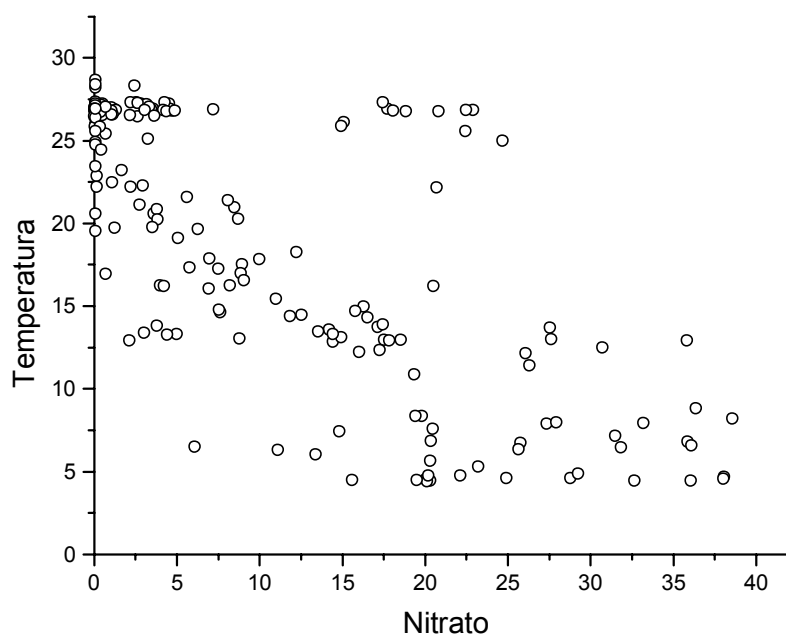


FIGURA 100 – Curva de correlação entre nitrato e temperatura para dados coletados durante a primavera de 2000.

Além da correlação com a temperatura, observou-se ainda uma correlação significativa entre o nitrato e os seguintes parâmetros: Profundidade ( $R = 0,71$ ); salinidade ( $R = -0,74$ ) e silicato ( $R = 0,59$ ), resultados estes semelhantes aos

encontrados por COSTA (1991). Isto indica que há estreita correlação entre estes parâmetros quanto à distribuição na coluna d'água, visto que a degradação da matéria orgânica e outros parâmetros físicos e bioquímicos regem a variação destes nutrientes.

As concentrações de fósforo nos oceanos varia desde valores abaixo de  $1\mu\text{g.L}^{-1}$  em águas superficiais, durante alta atividade fitoplanctônica, até  $300\mu\text{g.L}^{-1}$  em águas estagnadas de baías como no mar Báltico (BATURIN, 2002). Em média a quantidade de fósforo nos oceanos gira em torno de  $70\text{-}72\mu\text{g.L}^{-1}$ , sendo que o fósforo mineral dissolvido e o fosfato orgânico contribuem respectivamente com 90 e 10%.

O fósforo não se distribui de maneira uniforme na coluna d'água, apresentando concentrações mínimas na camada superficial e máximas em camadas intermediárias. Estas camadas intermediárias, segundo BATURIN (2002) ocorrem a uma profundidade de 1800-2000 m na zona subtropical do Pacífico sul e a 400-800 na partes marginais norte e sul deste oceano.

O fósforo se apresenta na água do mar sob diversas formas, como fósforo orgânico, particulado e inorgânico, neste último predomina a forma dos íons ortofosfatos ( $\text{HPO}_4^{-2}$ ), que é assimilado diretamente pelo fitoplâncton.

O fósforo é um abundante elemento traço e um dos principais nutrientes. Fosfato assim como nitrato, é liberado para a coluna d'água durante a destruição dos tecidos orgânicos principalmente por decomposição bacteriológica.

Muitos autores não consideram o fósforo como nutriente limitante para a produção primária nos ecossistemas oceânicos devido a sua rápida reciclagem dentro do sistema, tendo TEIXEIRA et al apud RESSUREIÇÃO (1990), afirmado que a possibilidade do fósforo constituir-se fator limitante primário nos oceanos é considerada rara. Porém, MARGALEF e VIVES apud RESSURREIÇÃO (op cit.), consideraram que o fósforo é o fator limitante em 50% dos casos quando as concentrações são inferiores a  $0,5\mu\text{g-at/L}$ . A média acima da termoclina no presente trabalho para a primavera de 2000, foi de  $0,3\mu\text{mol/L}$ . OKUDA (1961) na primavera, detectou valores muito baixos para este parâmetro desde a superfície até os 100 m COSTA (1991) encontrou média acima da termoclina de  $0,29\mu\text{mol.L}^{-1}$ , MEDEIROS et al (1999) encontrou para o verão valores em torno de  $0,14\mu\text{mol.L}^{-1}$  e BECKER

(2001), determinou médias de  $0,11\mu\text{mol.L}^{-1}$  para o verão de 1997 e  $0,20\mu\text{mol.L}^{-1}$  para o outono de 1998.

Abaixo da termoclina encontrou-se o valor máximo de fosfato ( $2,56\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) na camada de fim da termoclina permanente (443 m)

Para o fosfato, estatisticamente, de acordo com o teste de Dunnet (TABELA 17), ao nível de significância de 0,05 só existe diferença em média da superfície a partir da camada de meio da termoclina sazonal (134 m), coincidindo com o início da nitraclina.

Assim como para o nitrato, para o fosfato também se observou ainda uma correlação de Pearson significativa com os seguintes parâmetros: Profundidade ( $R= 0,74$ ); temperatura ( $R= -0,78$ ); salinidade ( $R= -0,76$ ) e silicato ( $R= 0,73$ ), confirmando a estreita relação entre os nutrientes e os demais parâmetros.

SVERDRUP et al (1959) comentaram a similaridade entre o modelo de distribuição vertical do nitrato-N e fosfato-P. Apresentando uma variação semelhante à encontrada na área estudada: uma camada superficial em que a concentração é baixa e relativamente uniforme; uma camada em que a concentração aumenta rapidamente com o fundo e uma camada de máxima concentração que é usualmente localizada entre os 500 e 1.500 m.

Os resultados encontrados neste trabalho confirmam o modelo acima citado e o de BATURIN (2002), que diz que as concentrações de fosfato aumentam com a profundidade, fato que pode ser confirmado pelas FIGURAS 70a, 70b, 70c e 101.



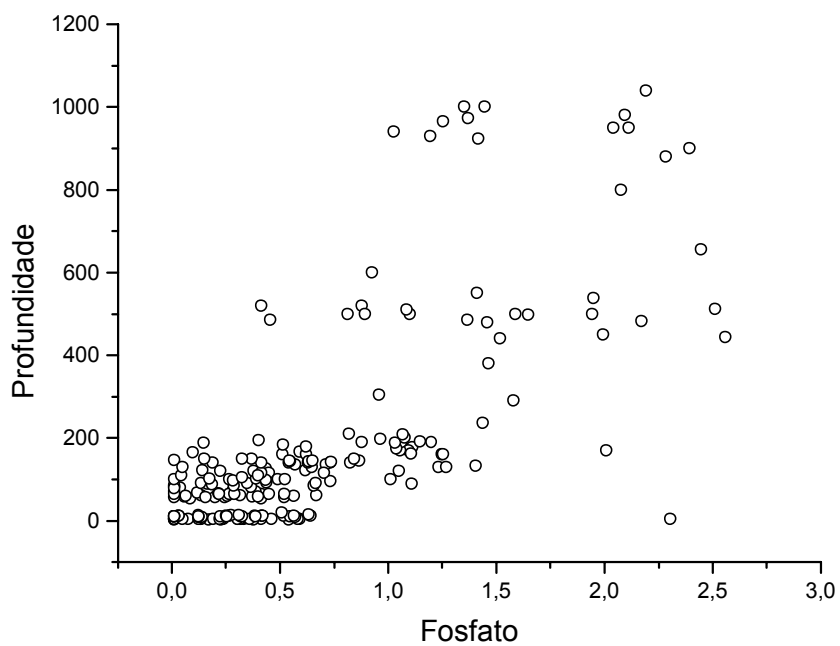


FIGURA 101 – Curva de correlação entre fosfato e profundidade para dados coletados durante a primavera de 2000.

A estreita relação entre o fosfato e nitrato e fosfato e temperatura pode ser visualizada nas FIGURAS 102 e 103, respectivamente.

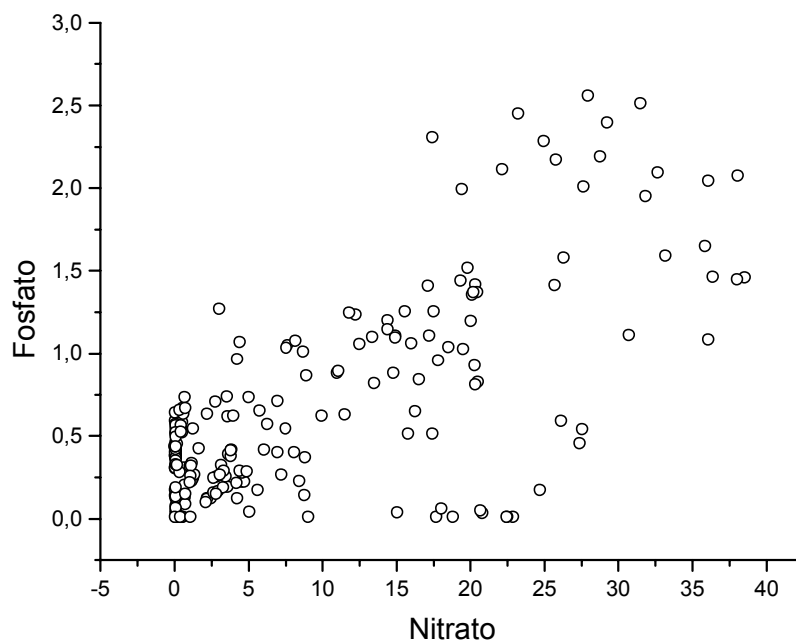


FIGURA 102 – Curva de correlação entre fosfato e nitrato para dados coletados durante a primavera de 2000.

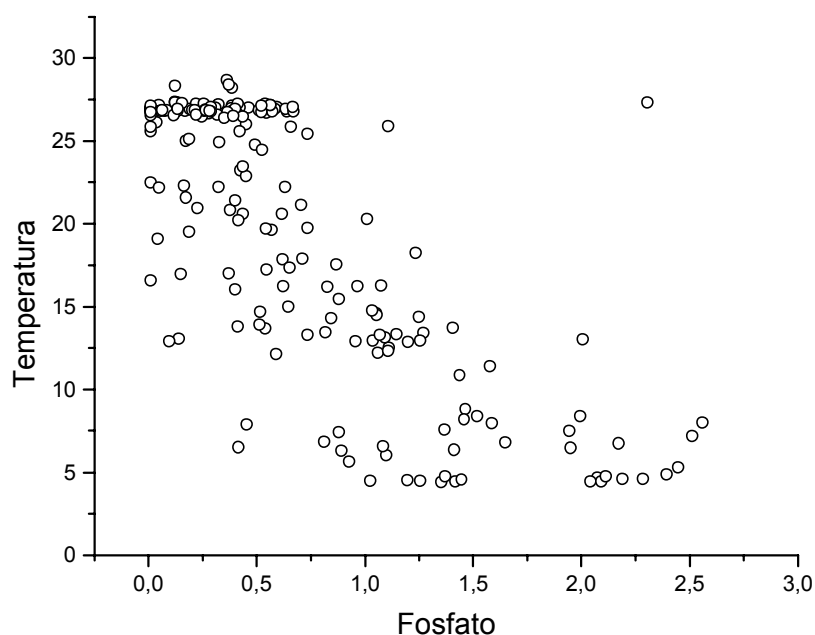


FIGURA 103 – Curva de correlação entre fosfato e temperatura para dados coletados durante a primavera de 2000.

O silício é o nutriente que participa da composição do esqueleto de certas espécies da biota (diatomáceas, radiolárias, etc). Sua entrada nos oceanos pode ser, tanto na forma particulada como dissolvida, por descarga fluvial, deposição atmosférica e intemperismo

A concentração de silício na superfície oceânica é muito baixa, menor que  $1 \mu\text{mol.L}^{-1}$  (BECKER, 2001)

Bioquimicamente, o silicato em comparação com os demais nutrientes não se enquadra nos mais utilizáveis, como também é menos rápida a sua degradação. As bactérias desnitrificantes e redutoras podem provocar a diminuição da concentração de nitrato em profundidades maiores que 500 m o que não acontece com o silicato que apresenta deste modo na coluna d'água uma variação sem máximos e mínimos intermediários.

POSTMA (1971), explica o aumento gradual do silicato devido ao fato que esta substância já está em solução nas águas abissais e parte dela tem origem no fundo dos oceanos.

Assim como encontrado por COSTA (1991), as variações mais acentuadas do silicato foram registradas em profundidades maiores do que o fosfato e o nitrato. Enquanto aqueles apresentam altas concentrações a partir da camada de meio da termoclina sazonal (134 m), o silício só começa a apresentar valores em média significativamente diferentes da superfície, de acordo com o teste de Dunnet (nível de significância de 0,05) (TABELA 17), a partir da camada de fim da termoclina permanente (385 m). Além disso, a concentração máxima de 105,27  $\mu\text{mol/L}$  demonstrou que este nutriente apresentou valores bastante elevados. COSTA (1991) também encontrou valores altos para este parâmetro, porém seu valor máximo foi aproximadamente a metade do que aqui encontrado.

As correlações lineares, abaixo da termoclina, mostram que o silicato se correlaciona de maneira significativa tanto com a temperatura ( $R = -0,67$ ) quanto com os parâmetros profundidade ( $R = 0,73$ ) e salinidade ( $R = -0,67$ ). Indicando igualmente o aumento gradativo na coluna d'água deste nutriente.

As correlações entre o silício e os parâmetros profundidade os parâmetros profundidade, podem ser visualizadas na FIGURA 104. Já com a temperatura e salinidade, o silício decresceu com uma curva polinomial cúbica (ver FIGURAS 105 e 106, respectivamente).

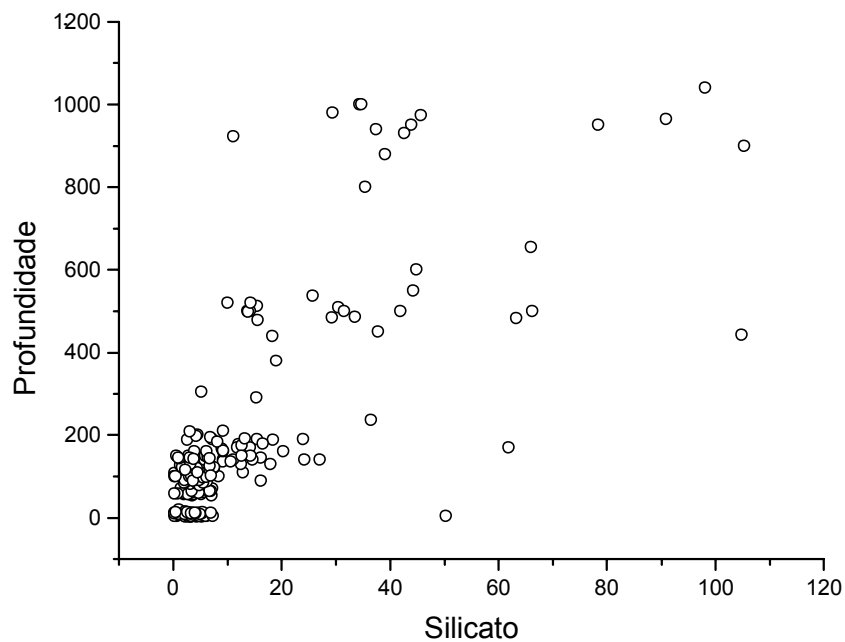


FIGURA 104 – Curva de correlação entre silicato e profundidade para dados coletados durante a primavera de 2000.

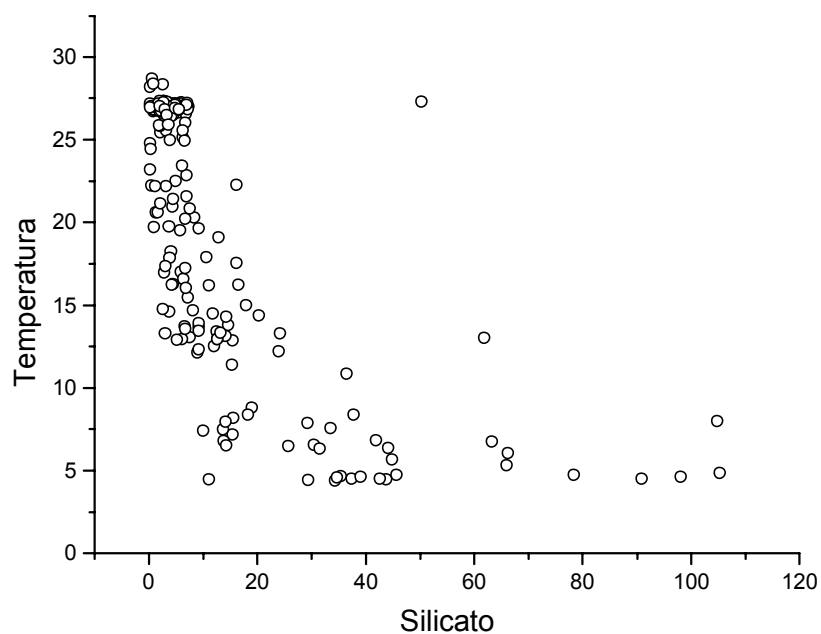


FIGURA 105 – Curva de correlação entre silicato e temperatura para dados coletados durante a primavera de 2000.

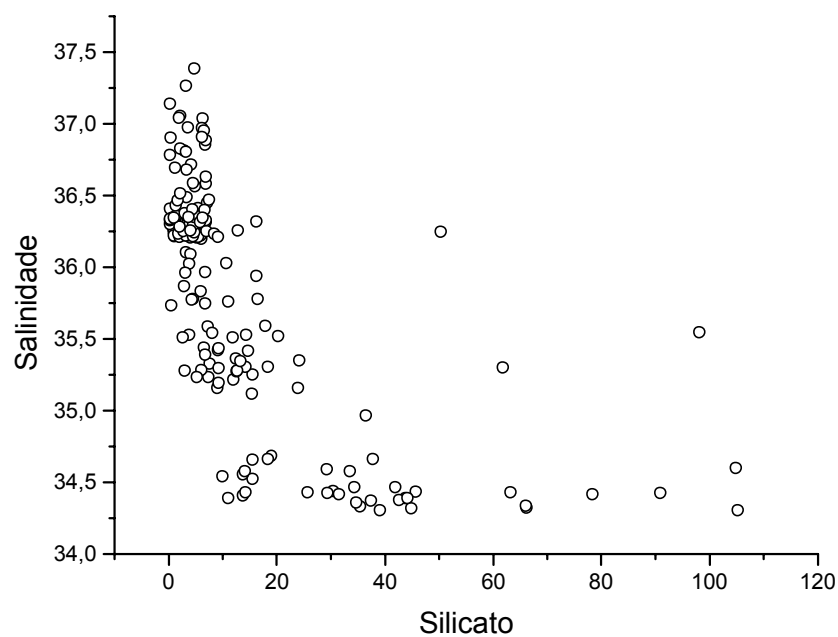


FIGURA 106 – Curva de correlação entre silicato e salinidade para dados coletados durante a primavera de 2000.

A estreita correlação em relação a distribuição na coluna d'água entre nitrato, fosfato e silício, que os fez permanecer no mesmo grupo quando da realização da análise multivariada e conseqüente construção do dendograma (FIGURA 90) e já tão demonstrada por vários autores pode ser visualizada nas FIGURAS 107 e 108, respectivamente.

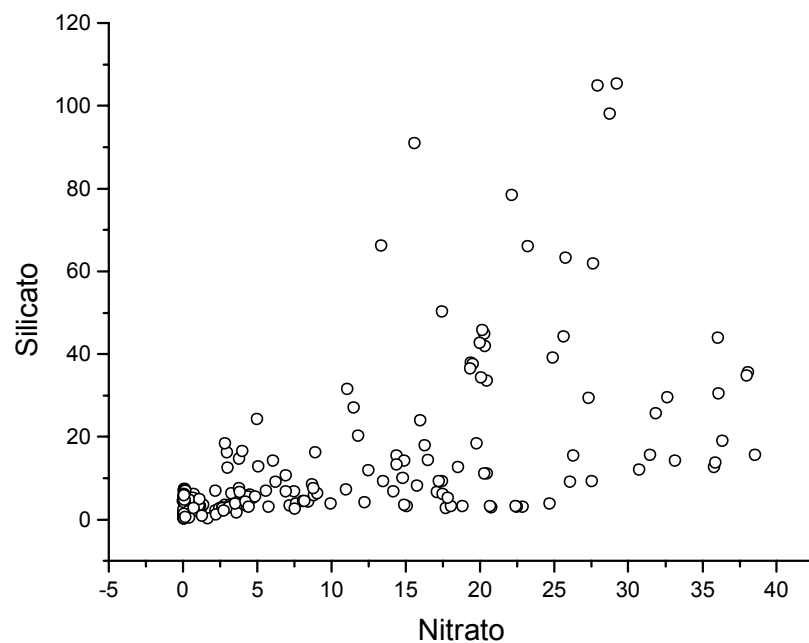


FIGURA 107 – Curva de correlação entre silicato e nitrato para dados coletados durante a primavera de 2000.

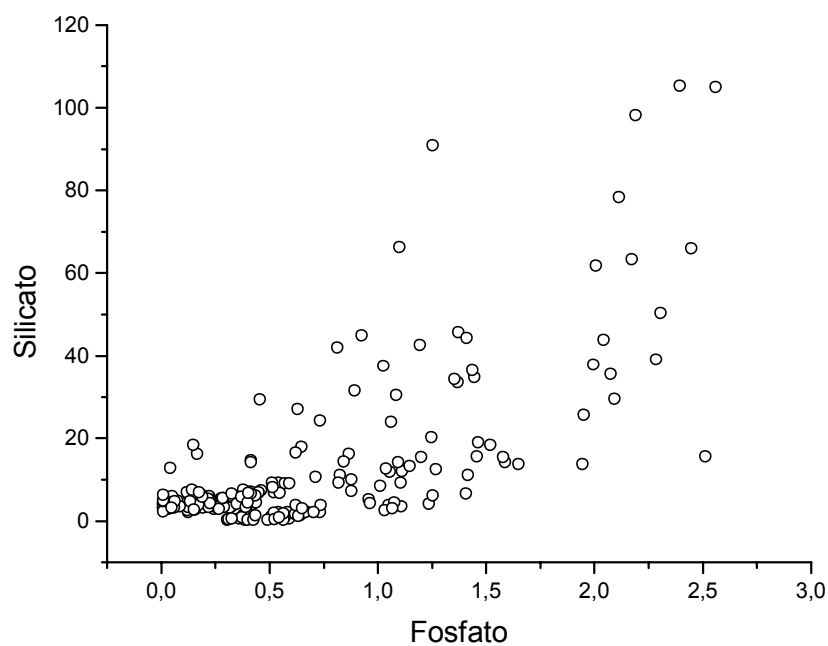


FIGURA 108 – Curva de correlação entre silicato e fosfato para dados coletados durante a primavera de 2000.

## 5.11. SEDIMENTOS

As amostras de sedimentos, quanto ao seu aspecto visual, são descritas a seguir:

### REVIZEE NE II – 3º CRUZEIRO

AM.43- Amostra de cor pérola, constituída basicamente de uma areia quartzosa, onde observamos raros fragmentos de conchas.

AM.47- Amostra de cor branca esverdeada, constituída de *Halimeda*s não calcificadas, na fração mais grossa e areia quartzosa na fração mais fina.

### REVIZEE NE III – 2º CRUZEIRO

AM.76 - Amostra de cor cinza clara composta de uma fração arenosa fina contendo fragmentos de *Halimeda*s não calcificadas.

AM.77 - Amostra de cor cinza clara composta predominantemente de areia contendo pequenas quantidades de *Halimeda*s, fragmentos de conchas e algas coralíneas. Apresentam-se também *Halimeda*s não calcificadas.

AM.78 - Amostra de cor cinza clara composta de um sedimento fino formado por areia clástica e fragmentos de conchas pequenas (foraminíferos) e também fragmentos maiores inclusos neste sedimento.

AM.86 - Amostra de cor clara composta de uma matriz rica em *Halimeda*s e foraminíferos com blocos de corais inclusos e presença de *Lithothamnium*.

## REVIZEE NE IV – 4º CRUZEIRO

AM.108 – Amostra de cor clara constituída por uma matriz rica em *Halimeda* com *Lithithamium* presente em moderada quantidade.

AM.110 - Amostra de cor pérola constituída por pequena quantidade de areia carbonática média com presença de esponjas, fragmentos de corais, algas e com presença de *Lithithamium* em moderada quantidade.

Nas amostras coletadas no final do verão de 1997 (REVIZEE NEII), encontrou-se frações de areia quartzosa, *Halimeda* e fragmentos de conchas. Na coleta no final do outono de 1998 (REVIZEE NEIII) detectou-se frações de areia quartzosa, *Halimeda*, areia carbonática, *Lithothamnium* e fragmentos de conchas, enquanto que as coletas realizadas no final da primavera de 2000 ((REVIZEE NEIV), forneceu frações de *Halimeda*, areia carbonática e *Lithothamnium*. A maior quantidade de amostras foi de *Halimeda*, o que corrobora os estudo de MONT'ALVERNE (1982), o qual descreveu a sedimentação da plataforma continental nordestina, dizendo que os sedimentos grossos da plataforma externa e média consistem de carbonatos biogênicos caracterizados principalmente pelos depósitos de *Halimeda*, ocorrendo também a presença de *Lithothamnium*.

Nas amostras foram realizadas análises de carbonato, matéria orgânica e metais (descrito na metodologia – areia, *Halimeda* e *Lithothamnium*), foram encontrados os resultados descritos nas TABELAS 19, 20, 21, 22 e 23:

TABELA 19 – Concentrações dos parâmetros analisados para a fração areia quartzosa das amostras de sedimento.

Est/Am	Cruz	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Cr (ppm)	MO (%)	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup> (%)
42/76	NeIII	267,8	9,1	7,5	< L.D	<L.D	2,4	0,3	5,8
42/77	NeIII	402,4	31,9	11,9	7,7	< L.D	6,2	0,2	3,2
43/78	NeIII	882,8	13,6	1,66	2,66	8,3	< L.D	0,4	30,5
50/43	NeII	367,5	20,7	< L.D	< L.D	< L.D	2,4	0,1	2,4
59/47	NeII	485,6	10,5	3,7	< L.D	< L.D	8,2	0,5	12,2



TABELA 20 – Concentrações dos parâmetros analisados para a fração *Halimeda* das amostras de sedimento.

Est/Am	Cruz	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Cr (ppm)	MO (%)	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup> (%)
42/76	NeIII	523,5	25,8	1,8	10,8	7,5	4,4	0,4	6,9
42/77	NeIII	508,3	27,5	14,4	6,0	< L.D	5,3	2,6	19,2
59/47	NeII	581,4	15,0	14,0	64,6	< L.D	3,0	0,4	26,6
72A/86	NeIII	843,5	21,5	< L.D	< L.D	< L.D	< L.D	0,7	87,8
130/108	NeIV	20,7	< L.D	< L.D	< L.D	< L.D	5,0	0,6	88,0
138/110	NeIV	358,4	17,5	0,8	< L.D	< L.D	4,2	1,4	88,0

TABELA 21 – Concentrações dos parâmetros analisados para a fração *Lithithamiumm* das amostras de sedimento.

Est/Am	Cruz	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Cr (ppm)	MO (%)	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup> (%)
72A/86	NeIII	209,2	19,1	< L.D	< L.D	< L.D	0,6	1,4	90,8
130/108	NeIV	6,5	< L.D	< L.D	< L.D	< L.D	5,0	1,0	92,4
138/110	NeIV	261,5	8,2	< L.D	< L.D	< L.D	7,3	0,6	92,6

TABELA 22 – Concentrações dos parâmetros analisados para a fração areia Carbonática das amostras de sedimento.

Est/Am	Cruz	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Cr (ppm)	MO (%)	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup> (%)
72A/86	NeIII	284,8	11,0	1,4	< L.D	< L.D	0,6	0,5	86,4
130/108	NeIV	< L.D	< L.D	< L.D	< L.D	< L.D	< L.D	0,6	86,0

TABELA 23 – Concentrações dos parâmetros analisados para a fração Fragmentos de Concha das amostras de sedimento.

Est/Am	Cruz	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Cr (ppm)	MO (%)	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup> (%)
42/77	NeIII	683,5	36,6	1,5	< L.D	< L.D	1,4	1,5	29,6
43/78	NeIII	1175,7	24,1	15,6	64,0	11,6	< L.D	0,6	31,5
50/43	NeII	533,5	25,6	14,3	65,0	35,0	3,5	0,6	7,0

De modo geral observa-se que as amostras de areia quartzosa são as que apresentam menores teores de carbonato com valores abaixo de 15%, exceção apenas para a amostra 78 que apresentou teor carbonato de 30,5%, provavelmente devido à presença de foraminíferos nesta amostra, seguidas das amostras de fragmentos de conchas com teores entre 7 e 11%. Em seguida vem as amostras de *Halimeda* que apresentaram teores de carbonato acima de 80% , excetuando-se as amostras 76,77 e 47, onde o teor de carbonato detectado foi menor que 45%, o que pode ser devido a presença, nessas amostras, de *Halimedas* ainda não calcificadas. As amostras de areia carbonática apresentaram teores de carbonato (86%) muito próximo aos das *Halimedas*. As amostras que detiveram os maiores teores deste parâmetro foram as de *Lithothanmium* com concentrações acima de 90%. Estes valores estão de acordo com MONT'ALVERN (1982) que encontrou valores de carbonato acima de 90% para as algas coralíneas da espécie *Lithothanmium*, na plataforma continental de Pernambuco também SALES (1994), encontrou valores de carbonato acima de 75% para as *Halimedas* e acima de 80% para as *Lithothanmuim*.

Para os teores de ferro, encontrou-se tendência praticamente oposta, pois enquanto areia e fragmentos de concha apresentam os menores teores de carbonato, para elas determinaram-se os maiores teores de ferro. Os menores teores desse metal foram encontrados nas amostras de areia carbonática e *Lithothanmium* que apresentaram por sua vez as maiores concentrações de carbonato. Para as *Halimedas* detectaram-se valores relativamente altos tanto de ferro, muito próximos aos da amostras de areia quartzosa, quanto de carbonato.

TABELA 24 – Concentrações médias dos parâmetros analisados para as amostras de sedimento.

Elemento	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Cr (ppm)	MO (%)	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup> (%)
Areia carb.	142,4	5,5	0,7	0,03	0,01	2,5	0,6	87
Litho	159,2	9,1	0,009	0,03	0,01	4,3	1,1	91,9
<i>Halimeda</i>	472,6	17,9	5,2	13,6	1,3	3,6	1,0	55,7
Areia	481,2	17,2	12,4	2,1	1,7	3,8	0,3	10,8
Frag.concha	797,6	28,8	10,5	43	15,5	1,6	0,9	30,9

Levando-se em consideração as concentrações médias dos parâmetros analisados nas amostras de frações da cobertura sedimentar da região em estudo, podemos dizer que os resultados obtidos mostraram que somente as amostras de areia quartzosa, fragmentos de concha e de *Halimedas* apresentaram concentrações detectáveis para todos os parâmetros analisados, enquanto que as amostras de areia carbonática apresentaram teores de chumbo e zinco abaixo do limite de detecção (0,03 µg/g e 0,01 µg/g, respectivamente), e amostras de *Lithothanmium* apresentaram teores de cobre chumbo e zinco também abaixo do L.D. (0,009 µg/g 0,03 µg/g e 0,01 µg/g, respectivamente) Os maiores teores de metais foram encontrados nas amostras de fragmentos de conchas, enquanto que as algas *Lithothanmium*, apresentaram maiores concentrações de carbonato. As algas *Halimedas* possuem matéria orgânica em maiores quantidades que as demais frações pesquisadas enquanto que as areias carbonáticas mostraram os menores teores de metais e as areias quartzosas apresentam os menores valores de matéria orgânica e carbonato. Em média, ferro e manganês apresentam maiores teores nos fragmentos de conchas enquanto que o cromo possui menor concentração nesta fração. Ferro e manganês mostram uma relação de aproximadamente 1:25 sendo essa relação individualmente a seguinte: areia quartzosa 1:28; fragmento de concha 1:28; *Halimeda* 1:26; areia carbonática 1:26 e *Lithithanmium* 1:18 (a média é 1:25).

Entre as amostras que apresentaram maiores teores de carbonato, ou seja excetuando-se a areia quartzosa, pode-se observar um comportamento semelhante entre carbonato e cromo, ou seja enquanto os fragmentos de concha

apresentam o menor valor de carbonato e cromo (30,9% e 1,6 ppm, respectivamente) *Lithothanmium* apresenta maiores valores de carbonato e cromo (91,9 e 4,3 respectivamente). No geral areia quartzosa, *Halimeda* e fragmentos de concha apresentam comportamento semelhante, o mesmo acontece entre areia carbonática e *Lithothanmium* (Ver FIGURA 109).

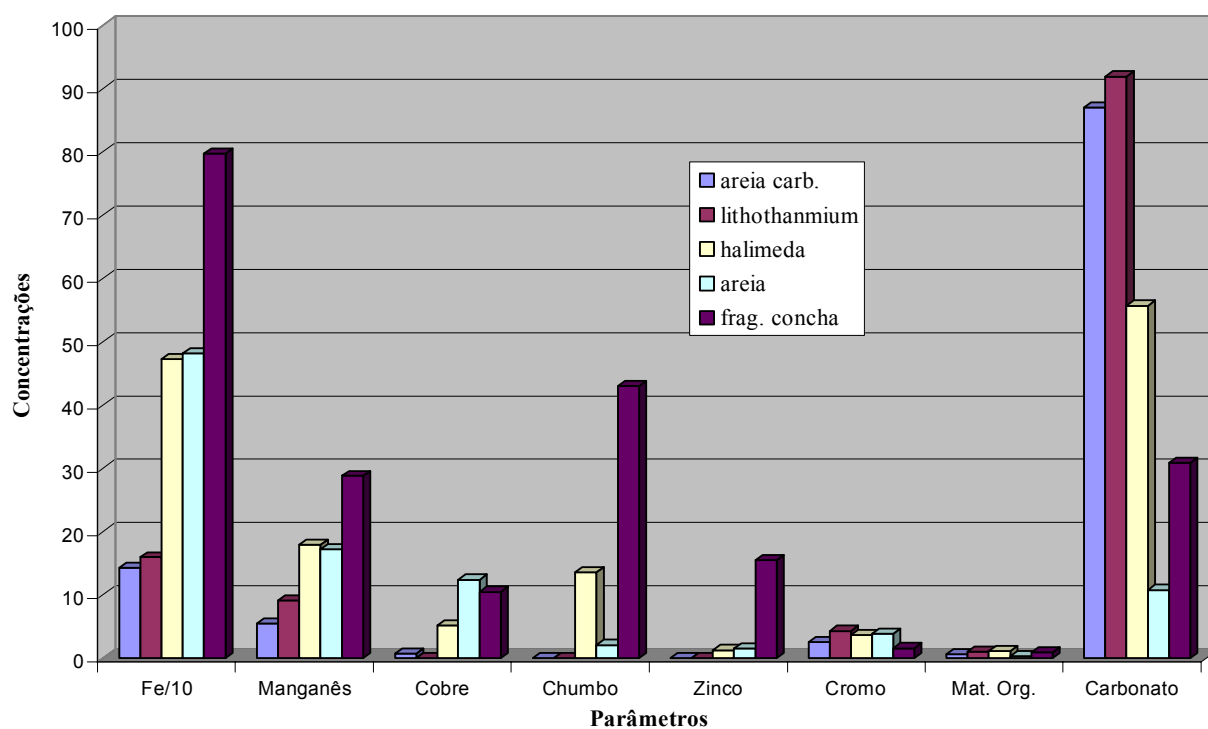


FIGURA 109 – Concentrações médias dos parâmetros analisados nas amostras de sedimento, coletadas no verão de 1997, outono de 1998 e primavera de 2000, durante as operações REVIZEE NE- II,III e IV.

As amostras que apresentaram maiores semelhanças com relação aos teores dos parâmetros analisados foram as de Areia quartzosa, fragmentos de concha e *Halimeda* (FIGURA 110).

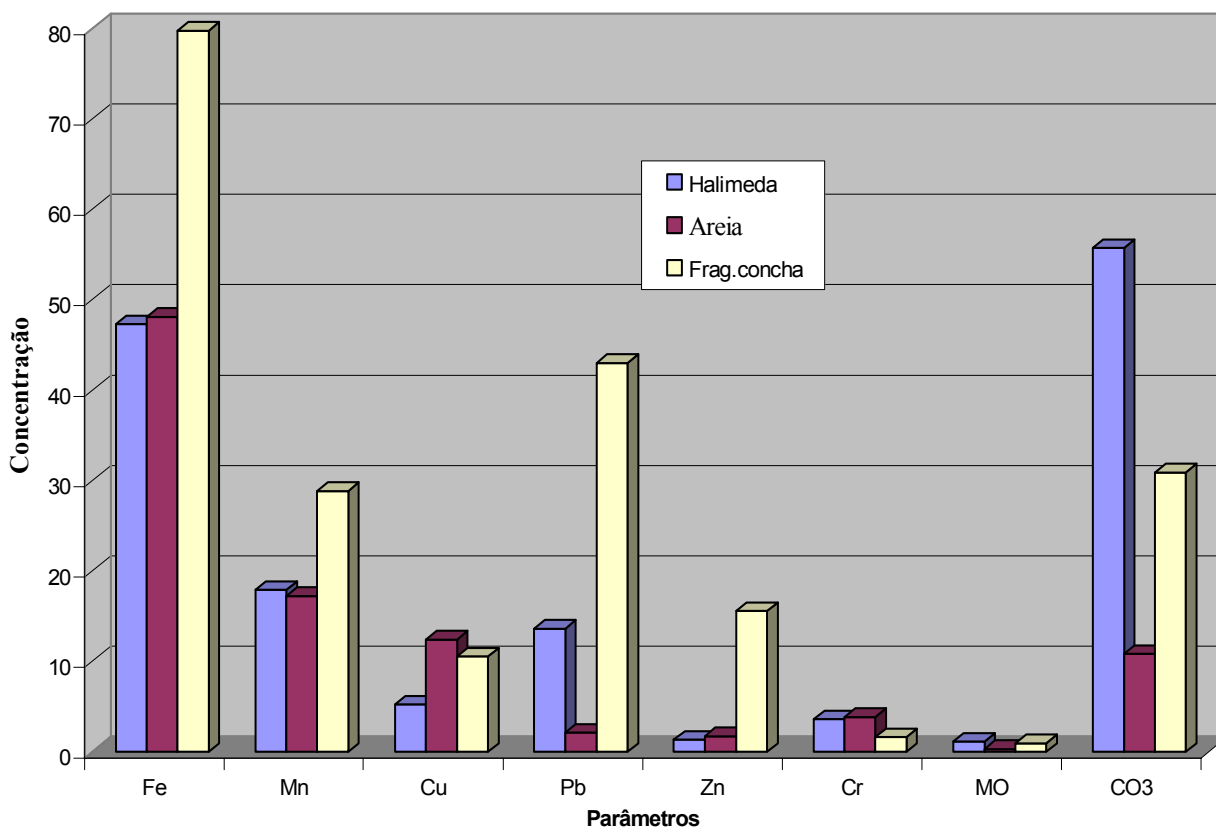


FIGURA 110 – Comparação das concentrações médias dos parâmetros analisados nas amostras de areia quartzosa, fragmentos de concha e *Halimeda*, coletadas no verão de 1997, outono de 1998 e primavera de 2000, durante as operações REVIZEE NE- II, III e IV.

As relações entre os teores de Fe, Mn, Zn e Cr para as amostras de *Halimeda*/areia quartzosa são: 0,98, 1,04, 0,9 e 0,94 respectivamente. Para as amostras de Fragmento de concha/*Halimeda* são: 1,69, 1,61, 11,9 e 0,44; e para as amostras de Fragmento de concha/areia quartzosa: 1,66, 1,67, 10,30 e 0,42. Os outros parâmetros analisados não apresentam relações semelhantes entres estas amostras.

Como podemos ver na FIGURA 111, percebe-se que há uma distribuição semelhante para todas as amostras de sedimento entre ferro, manganês, chumbo e zinco.

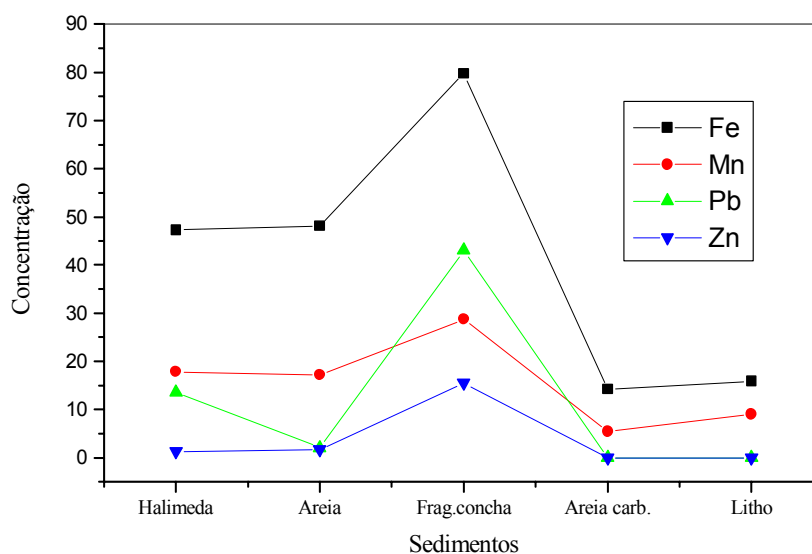


FIGURA 111 – Correlação entre as concentrações médias de ferro, manganês, chumbo e zinco, nas amostras de sedimento, coletadas no verão de 1997, outono de 1998 e primavera de 2000, durante as operações REVIZEE NE- II,III e IV.

Existe também uma forte tendência de distribuição semelhante entre, cobre e cromo nas amostras de *Halimeda*, areia quartzosa e fragmento de concha, enquanto que nas amostras de *Lithothamnium* e areia carbonática, a tendência é exatamente a oposta, observa-se ainda que em todas as frações analisadas há uma semelhança de distribuição entre cobre, cromo e matéria orgânica, sendo que esta apresenta variação oposta a dos metais, como fica claro na FIGURA 112. O mesmo fato é observado quanto à tendência entre os teores determinados de carbonato, ferro, manganês e chumbo. Nota-se que além da forte semelhança de distribuição entre ferro e manganês, existe entre o carbonato e estes metais uma tendência de variação inversa, excetuando-se as amostras de areia quartzosa e de fragmentos de conchas, onde carbonato acompanha ferro e manganês, como pode ser visualizado na FIGURA 113.

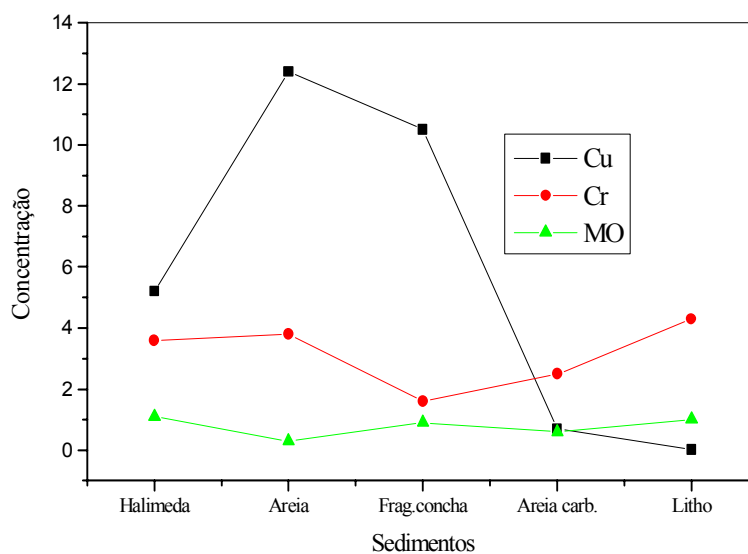


FIGURA 112 – Correlação entre as concentrações médias de cobre, cromo e matéria orgânica, nas amostras de sedimento, coletadas no verão de 1997, outono de 1998 e primavera de 2000, durante as operações REVIZEE NE- II,III e IV.

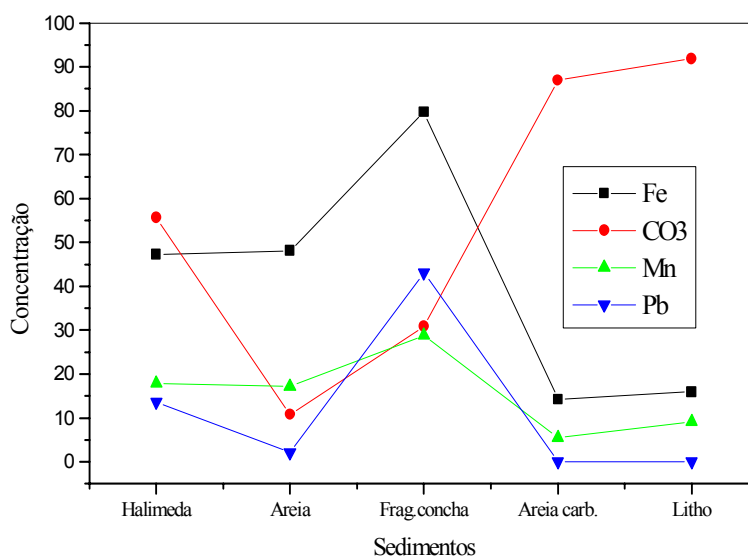


FIGURA 113 - Correlação entre as concentrações médias de ferro, carbonato e manganês e chumbo, nas amostras de sedimento, coletadas no verão de 1997, outono de 1998 e primavera de 2000, durante as operações REVIZEE NE- II,III e IV.

## DISCUSSÃO

Os granulados marinhos podem ser compostos por areia e cascalho litoclásticos (siliciclásticos), areias calcárias e algas calcárias (*maerle Lithothamnium*) DIAS (2001).

Os granulados bioclásticos marinhos são aqueles de composição carbonática, constituídos por algas calcárias ou por fragmento de conchas (coquinas e areias carbonáticas).

MONT'ALVERNE (1982) encontrou para amostras carbonáticas biodetríticas, os seguintes valores de concentrações de metais (TABELA 25):

TABELA 25. Valores das concentrações de metais para sedimentos carbonáticos biodetríticos.

Tipo de sedimento	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Cr (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)
Sedimento Biodetrítico carbonático	10 - 200	10 - 95	<L.D. - 30	9 - 500	200 - 1900

De acordo com BATURIN (1988), análises efetuadas no oceano Atlântico, mostraram que nos sedimentos a concentração de manganês é muito variável, como se pode ver na TABELA 26.

TABELA 26. Concentração de Manganês em sedimentos do Oceano Atlântico

Tipo de sedimento	Mn (ppm)	Nº de amostras
Terrígeno com baixo teor de calcáreo (10-30% de calcáreo)	1 - 325	54
Biogênico com alto teor de calcáreo (> 50% de calcáreo)	1 - 298	110

Já BORG & JONSSON (1996) estudando amostras do Mar Báltico, encontraram concentrações de metais nos sedimentos bem distintas, com menores teores de ferro e manganês e maiores teores dos outros metais, do que foi detectado neste trabalho, como podemos ver na TABELA 27



TABELA 27 – Concentrações de metais em sedimentos do mar Báltico

Metal	Concentração (ppm)
Fe	33,5
Mn	0,38
Cu	18
Pb	28,2
Zn	138
Cr	76

Ferro e manganês apresentam processos de remoção bastante semelhantes, pois em meio ricos em oxigênio dissolvido, como na água do mar, estes metais, forma óxidos ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e  $\text{MnO}_2$ ) insolúveis e precipitam, os demais metais, contemplados neste trabalho, podem ser adsorvidos pelos óxidos de ferro e manganês formados, a única exceção é o cromo que é removido da coluna d'água por precipitação de seu hidróxido ou por redução localizada.

Os maiores teores de ferro e manganês em relação aos outros metais são devidos à própria geologia da região que é composta por minérios ricos nesses metais.

O fato de o ferro ser o mais abundante também nos sedimentos biogênicos, se deve à necessidade deste metal para o metabolismo de todos os seres marinhos. A semelhança entre os processos de remoção de ferro e manganês, além de explicar a forte correlação que existe entre estes metais, faz com que o manganês também se apresente de maneira abundante em todos os tipos de sedimentos analisados. Vale ressaltar que segundo BATURIN (1988), o manganês só é incorporado aos sedimentos biogênicos depois da morte do organismo em questão.

A tendência semelhante entre ferro, manganês chumbo e zinco pode ser explicada, pelo fato destes metais serem adsorvidos, como já citado anteriormente, pelos óxidos de ferro e manganês, portanto, quanto maior a concentração destes óxidos, maior a adsorção e por consequência maior o teor dos outros metais no sedimento.

Nas amostras de *Halimeda*, fragmentos de conchas e areia quartzosa, existe semelhança na distribuição dos metais, sendo porém a concentração de cobre

sempre maior que a de cromo, confirmando o fato de que como cromo não é adsorvido pelos óxidos formados, este aparecerá em menores concentrações.

Nas amostras de *Lithothamnium* e areia carbonática (rica em foraminíferos e outras formas de organismos), o cobre e cromo variam de maneira oposta e o cromo aparece em concentrações maiores que o cobre o que pode sugerir que para esses organismos o cromo é mais importante, sendo portanto, absorvido em maior quantidade. Este fato parece também ser confirmado quando se verifica que a matéria orgânica nestes dois tipos de amostra tem tendência semelhante ao cromo, ou seja quanto mais matéria orgânica, maior absorção, conseqüentemente, maior concentração de cromo.

O tratamento estatístico realizado limitou-se às amostras de *Halimeda* e areia quartzosa. Os outros tipos de amostra não foram tratados estatisticamente devido à pequena quantidade de dados.

Com base nos dados estatísticos confirma-se que as amostras de areia quartzosa e *Halimeda* apresentam realmente grande semelhança quanto à distribuição dos parâmetros analisados. Pois de acordo com os resultados obtidos com o teste de Mann – Whitney, com nível de significância de 0,05 ou 5%, e observou-se que apenas as variáveis M.O. e CO<sub>3</sub> se mostraram diferentes ( $p > 0,05$ ) em distribuição em relação aos sedimentos (*Halimeda* e areia quartzosa). Ver TABELA 28.

TABELA 28. Teste de Mann-Whitney

	<b>P</b>
Fe	0,7150
Mn	0,5839
Cu	0,8538
Pb	0,4859
Zn	0,7865
Cr	0,9269
M.O.	0,270
CO <sub>3</sub>	0,0441

Construiu-se para as amostra de areia quartzosa e *Halimeda* uma matriz de correlação de baseada no coeficiente de correlação de Spearman. (usou-se este coeficiente por ter número relativamente pequeno de informações).

De acordo com a matrizes podemos afirmar que na amostras de *Halimeda* verifica-se uma forte correlação inversa entre carbonato e manganês, cobre, chumbo, e zinco. Também se verifica forte correlação positiva entre chumbo e cobre e negativa entre ferro e cromo. Ver TABELA 29

TABELA 29. Matriz de correlação para as amostras de *Halimeda*.

	Fe	Mn	Cu	Pb	Zn	Cr	M.O.	CO <sub>3</sub>
Fe	1,000							
Mn	0,314	1,000						
Cu	0,116	0,522	1,000					
Pb	0,394	0,212	0,770	1,000				
Zn	0,130	0,393	0,133	0,417	1,000			
Cr	-0,714	0,257	0,377	0,030	0,131	1,000		
M.O.	-0,190	0,406	0,088	-0,554	-0,531	0,319	1,000	
CO <sub>3</sub>	-0,464	-0,725	-0,691	-0,770	-0,664	-0,203	0,265	1,000

Já nas amostras de areia quartzosa verifica-se a forte correlação positiva existente entre carbonato e ferro, zinco e matéria orgânica. E negativa entre carbonato e manganês. Pode-se perceber ainda a forte correlação positiva entre ferro e zinco e matéria orgânica.

O manganês por sua vez, correlaciona-se muito bem com chumbo (positivamente) e com matéria orgânica e levemente com carbonato (negativamente). E o zinco correlaciona-se positivamente com carbonato e negativamente com cromo. Ver TABELA 30.

TABELA30. Matriz de correlação para as amostras de areia quartzosa.

	Fe	Mn	Cu	Pb	Zn	Cr	M.O.	CO <sub>3</sub>
Fe	1,000							
Mn	0,200	1,000						
Cu	-0,200	0,000	1,000					
Pb	0,447	0,671	0,447	1,000				
Zn	0,707	0,000	-0,354	0,395	1,000			
Cr	-0,513	0,513	0,462	-0,115	-0,726	1,000		
M.O.	0,600	-0,600	0,100	-0,112	0,354	0,205	1,000	
CO <sub>3</sub>	0,700	-0,500	0,000	0,112	0,707	0,205	0,900	1,000

## 5.12. METAIS NA ÁGUA

Foram analisadas amostras coletadas de 5 estações (121; 125; 127; 128 e 129 (FIGURA 09), em diversas profundidades da coluna d'água. Os metais determinados foram os mesmos analisados no sedimento, ou seja, ferro, manganês, cobre, cromo, chumbo e zinco.

Os resultados obtidos podem ser visualizados na TABELA 31.

Observou-se que em todas as estações e profundidades as concentrações de cromo e chumbo encontradas estão abaixo do L.D. (7,3 µg/L e 0,65 µg/L, respectivamente)

As concentrações de manganês e cobre permaneceram praticamente constantes (em torno de 0,09 ppm para Mn e  $1,1 \times 10^{-3}$  ppm para Cu), em todas as estações e profundidades analisadas. Sendo que na estação 128 todos os metais mantiveram suas concentrações praticamente constantes ao longo da coluna d'água.

Na estação 127 foi detectada na camada de meio da termoclina sazonal, a maior concentração de ferro (1,01 ppm), assim como de manganês – 0,10 ppm e para o zinco e cobre os valores encontrados aqui foram o segundo maior Zn – 0,062 ppm e Cu –  $1,1 \times 10^{-3}$  ppm, sendo a maior concentração de zinco detectada na estação 129, na camada de fundo – 0,15 ppm e de cobre na estação 125 na camada superficial – Cu –  $1,25 \times 10^{-3}$  ppm. Ainda na estação 127 determinou-se na média a maior concentração para o ferro (0,38 ppm), como também para o zinco (0,033 ppm),

talvez por se encontrar localizada bem acima do banco Aracati, portanto interagindo mais com o sedimento, efetuando maiores trocas.

TABELA 31 - Concentrações dos metais analisados para as amostras de água.

Estação	Camada	Concentração dos metais (ppm)					
		Fe	Mn	Cu	Zn	Cr	Pb
121	50%	0,25	0,093	1,13x10 <sup>-3</sup>	0,023	<L.D.	<L.D.
121	1%	0,22	0,091	1,12 x10 <sup>-3</sup>	0,021	<L.D.	<L.D.
121	ITS	0,2	0,092	1,12 x10 <sup>-3</sup>	0,021	<L.D.	<L.D.
121	MTS	0,22	0,091	1,1 x10 <sup>-3</sup>	0,019	<L.D.	<L.D.
121	FTS	0,23	0,092	1,14 x10 <sup>-3</sup>	0,019	<L.D.	<L.D.
121	FT	0,22	0,092	1,12 x10 <sup>-3</sup>	0,022	<L.D.	<L.D.
121	F	0,24	0,092	1,11 x10 <sup>-3</sup>	0,019	<L.D.	<L.D.
125	S	0,39	0,098	1,25 x10 <sup>-3</sup>	0,039	<L.D.	<L.D.
125	50%	0,31	0,091	1,11 x10 <sup>-3</sup>	0,023	<L.D.	<L.D.
125	1%	0,23	0,091	1,12 x10 <sup>-3</sup>	0,022	<L.D.	<L.D.
125	ITS	0,2	0,093	1,12 x10 <sup>-3</sup>	0,019	<L.D.	<L.D.
125	FTS	0,22	0,091	1,12 x10 <sup>-3</sup>	0,018	<L.D.	<L.D.
125	FT	0,28	0,091	1,13 x10 <sup>-3</sup>	0,023	<L.D.	<L.D.
125	F	0,27	0,092	1,13 x10 <sup>-3</sup>	0,02	<L.D.	<L.D.
127	S	0,39	0,092	1,13 x10 <sup>-3</sup>	0,034	<L.D.	<L.D.
127	50%	0,28	0,094	1,12 x10 <sup>-3</sup>	0,035	<L.D.	<L.D.
127	1%	0,26	0,094	1,14 x10 <sup>-3</sup>	0,022	<L.D.	<L.D.
127	ITS	0,31	0,09	1,13 x10 <sup>-3</sup>	0,024	<L.D.	<L.D.
127	MTS	1,01	0,1	1,14 x10 <sup>-3</sup>	0,062	<L.D.	<L.D.
127	FTS	0,28	0,092	1,15 x10 <sup>-3</sup>	0,026	<L.D.	<L.D.
127	FT	0,2	0,092	1,14 x10 <sup>-3</sup>	0,018	<L.D.	<L.D.
127	F	0,32	0,098	1,2 x10 <sup>-3</sup>	0,039	<L.D.	<L.D.
128	S	0,19	0,09	1,14 x10 <sup>-3</sup>	0,018	<L.D.	<L.D.
128	1%	0,2	0,091	1,15 x10 <sup>-3</sup>	0,018	<L.D.	<L.D.
128	ITS	0,2	0,09	1,15 x10 <sup>-3</sup>	0,019	<L.D.	<L.D.
128	FT	0,2	0,09	1,16 x10 <sup>-3</sup>	0,017	<L.D.	<L.D.
129	50%	0,25	0,092	1,16 x10 <sup>-3</sup>	0,019	<L.D.	<L.D.
129	1%	0,73	0,092	1,17 x10 <sup>-3</sup>	0,021	<L.D.	<L.D.
129	ITS	0,24	0,096	1,17 x10 <sup>-3</sup>	0,063	<L.D.	<L.D.
129	FTS	0,22	0,091	1,17 x10 <sup>-3</sup>	0,15	<L.D.	<L.D.

Assim como nos sedimentos observa-se aqui que há uma forte correlação na distribuição das concentrações de ferro e manganês, assim como entre ferro e zinco, este fato pode ser observado nas FIGURAS 114 e 115.

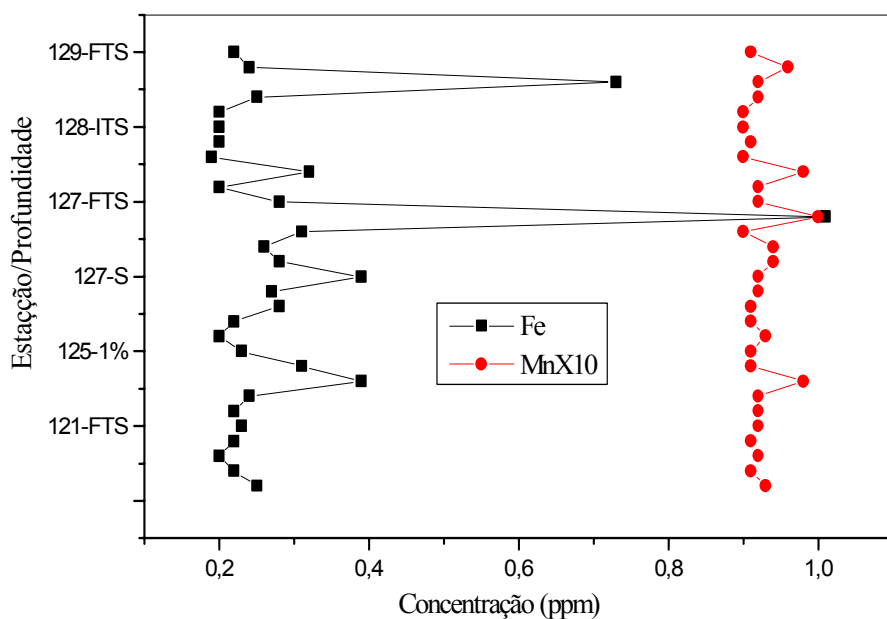


FIGURA 114 – Distribuição das concentrações de ferro e manganês ao longo da coluna d'água nas 5 estações de coleta para a primavera de 2000 – operação REVIZEE NE – IV.

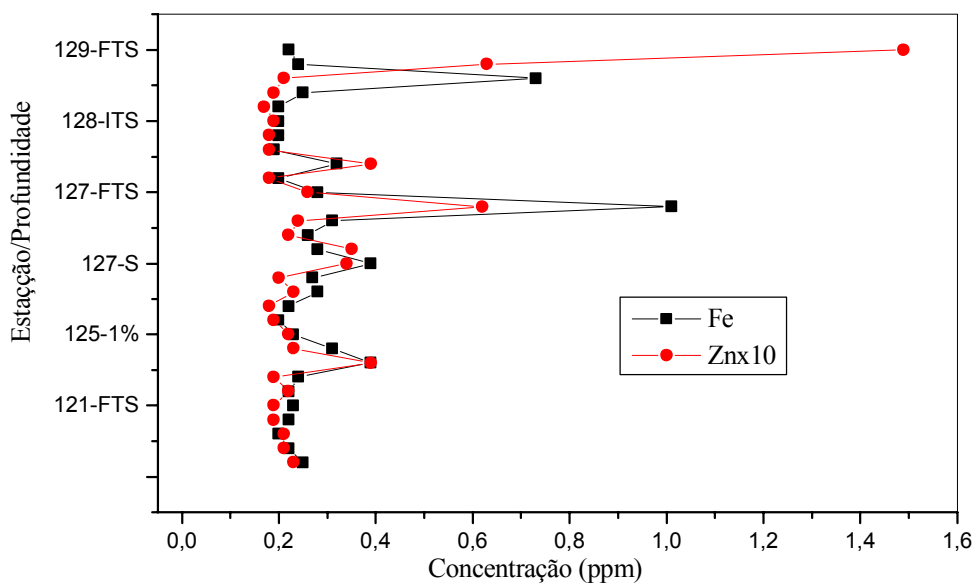


FIGURA 115 – Distribuição das concentrações de ferro e zinco ao longo da coluna d'água nas 5 estações de coleta para a primavera de 2000 – operação REVIZEE NE – IV.

Segundo CABO (1983) ferro, manganês, cobre e zinco, são elementos oligodinâmicos, biogênicos, sendo alguns essenciais, ao ciclo biogeoquímico, e participando da síntese orgânica de vários organismos.

Comparando-se as concentrações de metais na água em relação às concentrações de metais dos sedimentos nota-se que na água as concentrações de metais são relativamente baixas. No entanto, pode se afirmar que estes elementos não se encontram em quantidades insuficientes na área, pois se nota que as concentrações dos elementos supracitados, são relativamente altas nos diversos tipos de sedimento analisados.

A cobertura sedimentar da região deve estar provendo os metais necessários aos biomecanismos dos organismos marinhos já que NEUMANN-LEITÃO et al (1999), estudaram a área no que diz respeito a composição e diversidade do mesozooplâncton costeiro e oceânico, e concluíram que a diversidade das espécies foi alta, de acordo com a estabilidade ecológica da área, além disso estas áreas onde se situam os bancos e ilhas oceânicos em geral, segundo HAZIN, 1993, são áreas onde se observa intensa atividade pesqueira.

## DISCUSSÃO

As concentrações dos metais analisados, encontradas na água, foram bem abaixo daquelas encontradas no sedimento, essa mesma tendência foi observada por diversos autores, que estudando metais em água do mar, encontraram baixas concentrações destes parâmetros, como é o caso de ESSLEMONT (2000); TANG et al (2002). O valor médio encontrado por estes autores, em diversas regiões do globo, pode ser visto na TABELA 32.

TABELA 32. Concentração de metais em água do mar

Localização	Concentração (ppm)					
	Fe	Mn	Cu	Zn	Pb	Cr
Baía de Galvestone	0,1	0,002	0,001	0,01	$1 \times 10^{-4}$	---
Townsville – Austrália	---	---	0,002	---	$1,6 \times 10^{-4}$	---

Os metais são encontrados na água em concentrações bem abaixo do que se encontra nos sedimentos devido aos processos naturais que acontecem em

ambiente marinho, onde a água é rica em oxigênio dissolvido, ou seja não se encontra ambiente anóxico na coluna d'água. Os íons metálicos presentes em solução, especialmente os de ferro e manganês, o pH alcalino do ambiente marinho, propicia as condições ideais para que se formem seus óxidos/hidróxidos, que são insolúveis e, portanto são retirados da coluna d'água indo encontrar abrigo nos sedimentos.

Os outros íons metálicos, são adsorvidos pelos óxidos de ferro e manganês, sendo também retirados da coluna d'água, daí a tendência semelhante na distribuição existente entre ferro/manganês e os outros íons metálicos presentes na coluna d'água e estudados neste trabalho.

Outro processo importante e que influencia na retirada dos íons metálicos da coluna d'água é o processo de biossíntese, do fito e zooplâncton, onde os metais são parte essencial na formação destes organismos, sendo, portanto retirados da coluna d'água para a realização dos seus processos de formação e crescimento.

Realizou-se um tratamento estatístico para as amostra de água aplicando-se o teste de Kruskal – Wallis, com nível de significância de 0,05 ou 5%, para identificar possíveis diferenças em distribuição entre as estações para cada variável.

Todas as variáveis que mostraram  $p < 0,05$ , apresentam diferenças nas suas distribuições em relação as estações. Ver TABELA 33.



TABELA 33. Teste de Kruskal-Wallis

	<b>P</b>
NO <sub>2</sub>	0,0014
NO <sub>3</sub>	0,3990
NH <sub>3</sub>	0,3075
SiO <sub>2</sub>	0,0039
PO <sub>4</sub>	0,2028
O.D.	0,2367
Salinidade	0,3611
Temperatura	0,1922
pH	0,6072
Fe	0,0115
Mn	0,0496
Cu	0,0383
Zn	0,0106

Os resultados do teste de Kruskal-Wallis mostraram através da tabela de ranks (proximidade dos valores de rank) quais estações (duas a duas) apresentam distribuição semelhante para os parâmetros analisados. Com os resultados obtidos observa-se que para os metais detectados houve diferença na distribuição entre as estações, de modo que se pode afirmar que as estações 128 e 129 que são as estações que se encontram localizadas exatamente sobre o banco Aracati apresentam semelhança de distribuição para os metais analisados (ver TABELA 34), sendo esta distribuição diferente das demais estações de amostra analisadas (121, 125 e 127), fato que vem confirmar a grande influência da cobertura sedimentar da região na remobilização dos metais analisados para a coluna d'água.

Construiu-se ainda uma matriz de correlação para os metais em água. Utilizou-se o coeficiente de correlação de Spearman por se pequeno número de informações.

Baseado na matriz de correlação pode se confirmar, o que fora citado anteriormente como tendência de distribuição semelhante entre ferro, zinco e

manganês, através que a boa correlação positiva entre estes metais. Verifica-se também uma leve correlação entre ferro e manganês. Ver TABELA 35.

TABELA 34. Tabela dos ranks para o teste de Kruskal-Wallis

Parâmetro	Estação	N	rank
Fe	121	7	11,57
	125	7	21,07
	127	7	3,36
	128	4	17,29
	129	4	17,65
Mn	121	7	15,71
	125	7	14,79
	127	7	3,63
	128	4	17,75
	129	4	17,14
Cu	121	7	7,93
	125	7	16,83
	127	7	13,36
	128	4	19,63
	129	4	20,38
Zn	121	7	16,64
	125	7	21,50
	127	7	2,50
	128	4	14,14
	129	4	14,75

TABELA 35. Matriz de correlação de Spearman

	Fe	Mn	Cu	Zn
Fe	1,000			
Mn	0,436	1,000		
Cu	0,080	-0,112	1,000	
Zn	0,758	0,592	-0,029	1,000

A estreita semelhança de distribuição entre zinco, ferro e manganês também pôde ser confirmada através da construção do dendograma para os parâmetros analisados nas amostra de água do mar. Onde este três metais foram classificados no mesmo grupo. Ver FIGURA 116.

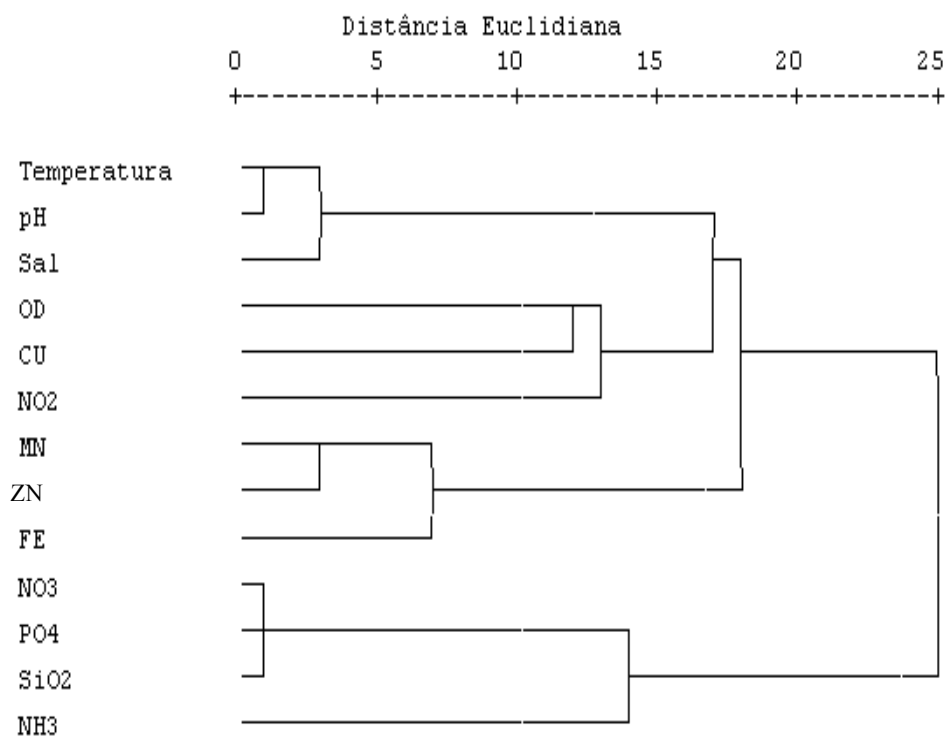


FIGURA 116 – Dendograma para os parâmetros analisados na água do mar.

## 6. CONCLUSÃO

A área estudada seguiu o modelo de temperatura e salinidade de uma área tropical, pois detectou-se na região uma termoclina bem marcada tanto na primavera como no verão e outono, sendo na primavera mais profunda que nas outras estações do ano, apresentando-se com uma zona transicional na coluna d'água entre as profundidades de 75 e 100 m, sendo que seu início se localiza na profundidade de 97 m.

A costa tem grande influência na distribuição dos parâmetros analisados, visto que as concentrações máximas dos parâmetros físicos e químicos analisados, nas amostras de água se localizam próximos à costa, mais especificamente entre as longitudes de 36°W e 38°W, a única exceção foi o fosfato, cujos máximos se encontram entre as longitudes de 32°W e 33°W.

Nas camadas superficiais da coluna d'água detectou-se temperaturas menores na primavera que no outono e verão, sendo as amplitudes da primavera maiores que das outras duas estações. Nas camadas mais profundas as maiores amplitudes foram no outono.

A termoclina separa uma camada quente, salina, com valores mais elevados de oxigênio dissolvido e pH de uma inferior e fria, com elevados teores de nutrientes (nitrato, fosfato e silicato).

A camada de mistura na primavera é bastante homogênea como nas outras estações, sendo porém mais espessa.

As correlações obtidas entre a temperatura e alguns parâmetros hidrológicos como salinidade, nitrato, fosfato e silicato, foram significativas na coluna d'água, indicando a marcante influência da temperatura na distribuição dos parâmetros analisados.

O pH medido encontra-se na faixa alcalina em toda a área e nas diversas profundidades da coluna d'água, sendo que na primavera os valores de pH são maiores que nas outras estações. Os resultados encontrados para este parâmetro demonstram um perfeito efeito tampão no ambiente.

Assim como no outono e verão, se verifica na primavera um máximo de salinidade na camada de início da termoclina sazonal, formando uma camada sub-superficial de salinidade máxima.

As concentrações máximas de Oxigênio Dissolvido foram na primavera maiores que no outono, porém na média as concentrações da primavera são menores que do outono. Em nenhuma profundidade da coluna d'água verificou-se condição anaeróbica.

A distribuição de fosfato, nitrato e silicato, apresenta-se de forma muito semelhante nas três estações, sendo que na primavera as concentrações de fosfato e nitrato são maiores que nas outras estações, nas primeiras cinco camadas da coluna d'água, enquanto que o silício é maior na primavera apenas na camada superficial. Estes três parâmetros, apresentaram-se para a região num sistema de distribuição semelhante.

A variação de nitrito e amônia também se apresenta bastante semelhante, com concentrações relativamente baixas. A distribuição do nitrito segue a mesma tendência verificada no outono.

A cobertura sedimentar da plataforma continental adjacente aos bancos da cadeia norte, se compõe de areia quatzosa, areia carbonática, fragmentos de concha, *Lithothanmium* e *Halimeda*.

Entre os tipos de sedimentos analisados, o que apresentou maiores concentrações totais de metais, foi o fragmento de concha.

*Lithothanmium* apresentou o maior teor de carbonato entre todos os sedimentos.

Nota-se que há uma semelhante relação entre ferro e manganês em todas as frações de sedimentos analisadas, sendo que a relação média entre estes

elementos é da ordem de 1:25. A menor relação é encontrada no *Lithothamnium*, sendo de 1:17.

Existe forte correlação entre cromo e carbonato nas amostras que apresentam teor de carbonato maior que 20%.

As amostras de areia quatzosa, fragmentos de concha e *Halimeda*s, apresentam-se muito semelhantes quanto a distribuição de ferro, manganês, zinco e cromo.

Existe forte correlação nas amostras de sedimento entre zinco e ferro e manganês confirmando a semelhança de tendência destes metais no ambiente marinho.

Nas amostras de água as concentrações de cromo e chumbo estão abaixo do limite de detecção.

Assim como nas amostras de sedimento também se verificou que nas amostras de água há forte correlação entre ferro, manganês e zinco.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALOUPI, M.; ANGELIDIS, M. O. Geochemistry of natural and anthropogenic metals in coastal sediments of the island of Lesbos, Aegean Sea. *Environmental Pollution*. N° 113. 2001. pp. 211-219.

AMINOT, A., CHAUSSEPIED, M. *Manuel des analyses chimiques en milieu marin*. Centre National pour L'Exploitation des Océans. 1983, 325 p.

BAIRD, C. *Química Ambiental*. 2.ed. – Porto Alegre: Bookman, 2002, 622 p.

BATURIN, G. N. *The Geochemistry of Manganese and Manganese Nodules in the Ocean*. D. Reidel Publishing Company, 1988, 342p.

BECKER, H. *Hidrologia dos bancos e ilhas oceânicas do nordeste brasileiro. Uma contribuição ao programa REVIZEE*. Tese de Doutorado. Departamento de Ecologia, Universidade Federal de São Carlos, 2001, 158 p.

BORG, H.; JONSSON, P. Large-Scale Metal Distribution in Baltic sea Sediments. *Marine Pollution Bulletin*. Vol 32. N° 1. 1996. pp.8-21

CABO, F. L. *Oceanografía, Biología Marina y Pesca*. Tomo I. 4ª edición. Madrid, Paranifo S.A., 1983, 134 p.

CALLIARI; L.J.; CORRÊA, I.C.S; Aap. N.E.: Inner shelf and beach seashell resources in southern Brazil. Non living resources of southern Brazilian costal zone and continental margin. 1999 p. 39-49

CARVALHO, I. B. *Alça microbiana planctônica de águas oceânicas do nordeste do Brasil*. Dissertação de mestrado. Departamento de Zoologia, Universidade Federal de Pernambuco, 2000, 99 p.

CHESTER, R. *Marine Geochemistry*. London, Chapman & Hall, 1993, 698p.

COMISSÃO NACIONAL INDEPENDENTE SOBRE OS OCEANOS. Os usos dos oceanos no século 21 - A contribuição brasileira. Relatório final à Comissão Mundial Independente sobre os Oceanos, 1998, 133 p.

CONKRIGHT, M. E., GREGG, W. W., LEVITUS, S. Seasonal cycle of phosphate in the open ocean. *Deep Sea Research I*. v. 47, p. 159-175, 2000.

CORRÊA, I. C. S., 1986. Evidence de la fluctuation du niveau de la mer dans la plateforme continentale e du Rio Grande do Sul, Brésil. *Int. Symp. on Sea Level Changes and Quaternary Shorelines*. São Paulo-SP. Special Publication. São Paulo-SP, (3):27-28.

CORRÊA, I. C. S., 1987. Plataforma continental do Rio Grande do Sul: Síntese de Conhecimentos. *Atas Simp. Sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira*. Cananéia-SP, (2): 50-73.

CORRÊA, I. C. S., 1990. Analyse morphostructurale et evolution paleogeographique de la plateforme continentale e Atlantique Sud Bresilienne (Rio Grande do Sul-Brési. Université de Bordeaux I, France. Tese de Doutorado. Bordeaux-France. 314p.

CORRÊA, I. C. S., Ponzi, V. R & Trindade, L. A. F., 1980. Níveis marinhos quaternários da plataforma continental do Rio de Janeiro. *Anais XXXI Cong. Bras. Geologia, Camboriú*, (1): 578-587.

CORRÊA, I. C. S., Baitelli, R, Ayoup-Zouain, R N. & Toldo Jr., E. E., 1991. Translation de la ligne de rivage sur la plateforme continentale e du Rio Grande do Sul-Brésil pendant l'holocene. *PESQUISAS*, Porto Alegre, 18(2): 161-163.

CORRÊA, I. C. S., Baitelli, R, Ketzer, J. M. & Martins, L. R, 1992. Translação horizontal e vertical do nível do mar sobre a plataforma continental do Rio Grande do Sul nos últimos 17.500 anos B. P. In: *Anais Cong. Associação Bras. de Estudos do Quaternário*, Belo Horizonte, (3):225-240.

COSTA, K. M. P. Hidrologia e biomassa primária da região nordeste do Brasil entre as latitudes de 8°00'00" e 2°44'30"S e as longitudes 35°56'30" e 31°48'00"W. Dissertação de mestrado. Departamento de Oceanografia. Universidade Federal de Pernambuco, 1991, 217p.

COUTINHO, P.N. Levantamento do estado da arte da pesquisa dos recursos vivos marinhos do Brasil - Oceanografia Geológica Programa REVIZEE. Rio de Janeiro, FEMAR/SECIRM, 1996, 79 p.

COUTINHO, P.N. Sedimentos carbonáticos da plataforma continental brasileira. *Revista Geologia*. Fortaleza, p. 65-73, 1995.

COUTINHO, P.N. Levantamento do estado da arte da pesquisa dos recursos vivos marinhos do Brasil. Oceanografia Geológica (Costa Nordeste). Rio de Janeiro,



FEMAR/SECIRM, 1999,70 p.

COUTINHO, P.N. & MORAIS, J. O. Distribution de los sedimentos em la plataforma continental norte-nordeste do Brasil. Symposium on Investigations and Resources of the Caribbean Sea and Adjacent Regions, UNESCO, 261-284, 1968.

DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO - DHN. XXXV Comissão Oceanográfica. Operação Norte/Nordeste I. Noc "Almirante Saldanha," (02/04 a 01/06, 1968). Rio de Janeiro, Marinha do Brasil, p. 236, 1968.

DORE , J. E., KARL, D. M. Nitrite distributions and dynamics at Station ALOHA. Deep-Sea Research II, V. 43 (2-3), p. 385-402, 1996.

EKAU, W., KNOPPERS, B. An introduction to the pelagic system of the North-East and East Brazilian shelf. Archive of Fishery and Marine Research. v. 47, n. 2/3, p. 113-132, 1999.

EKAU, W., WESTHAUS-EKAU, r., MEDEIROS, C. Large scale distribution of fish larvae in the continental shelf waters off NorthEast Brasil. Archive of Fishery and Marine Research. v. 47, n. 2/3, p. 183-200, 1999.

ESSLEMONT, G. Heavy metals in seawater, marine sediments and corals from the townsville section, Great Barrier Reef Marine park, Queensland. Marine Chemistry. nº 71. 2000. pp. 215-231.

FREIRE, G.S.S., CAVALCANTI; V.M.M. A cobertura sedimentar quaternária da plataforma continental do Estado do Ceará. 1998, 42 p.

FREIRE, G.S.S., SANTOS, D.M. Estudo sedimentológico e mineralógico dos bancos oceânicos do Programa REVIZEE. In: III WORKSHOP DO PROGRAMA REVIZEE-NORDESTE, 2000, Aquiraz. Resumos... Aquiraz. MMA/CIRM/SCORE-NE/FINEP/FAOURPE, 2000. 101 p.

FUNCEME – Fundação cearense de Meteorologia – <http://www.funceme.com.Br> – acessado em 02 de maio de 2004.

GALVÃO, I.B. O namoplancton e o microplanton da Zona Econômica Exclusiva do Nordeste do Brasil. Dissertação de Mestrado Departamento de Zoologia, Universidade Federal de Pernambuco, 2000; 99 p.

GRANELI, E., SCHULZ, S., SCHIEWER, U. et al. Is the same nutriente limiting potential phytoplankton biomassa formation in different coastal areas of the southern Baltic. Kiele Meeresforsob, Kiel, n. 6, p. 191-202, 1988.

GRASSHOFF, M., EHRHARDT, M., KREMLING, K. Methods of Seawater Analysis. Second, revised and extended edition. New York, Verlag Chemie, 1983, 317 p.

HAZIN, F. H. V. Fisheries-Oceanographical study on tunas, billfishes and sharks in

the Southwestern Equatorial Atlantic ocean. D.Sc These. Tokyo University of Fisheries. Department of Marine Science and Technology. 1993.286 p.

IUPAC, Analytical Chemistry Division, Commission on Spectrochemical and Optical Procedures for Analysis. Nomenclature, symbols, units and their usage in spectrochemical analysis-II. Data interpretation, Spectrochim. Acta Part B56 (2201) 101-112.

I WORKSHOP CIENTÍFICO AMBIENTAL-PROGRAMA ARQUIPÉLAGO, 2001. Natal. Resumos... Natal: SECIRM/CIRM/UFRPE, 2001. 42. p.

I WORKSHOP DO REVIZEE NORDESTE, 1996. Recife. Resumos... Recife: MMA/IEH/UFRPE, 1996. 120 p.

III WORKSHOP DO REVIZEE NORDESTE, 1998. Genipabú. Resumos... Genipabú: MMA/IEH/CIRM/SCORE-NE, 1998. 111 p.

III WORKSHOP DO REVIZEE NORDESTE, 2000. Aquiraz. Resumos... Aquiraz: MMA/CIRM/SCORE-NE/FINEP/FADURPE, 2000. 101 p.

KELLER, A. A. Modeling the effect of temperature, light and nutrients on primary productivity: An empirical and mechanistic approach compared. Limnol. And Oceanogr, Baltimore, v. 34, n. 1 p. 82-95, 1989.

KIEFER, D.A., KREMER, J. N. Origins of vertical patterns of phytoplankton and nutrients in the temperate, open ocean: A stratigraphic hypothesis. Deep-Sea Research. v. 28, p. 1087-1105, 1981.

LESSA, R. P., MAFALDA-Jr, P., ADVÍNCULA, R. LUCCHESI, R. B., BEZERRA-Jr, J. L., VASKE-Jr, T., HELLEBRANDT, D. Distribution and abundance of ichthyoneuston at seamounts and islands off North-Eastern Brasil. Archive of Fishery and Marine Research. v. 47, n.2/3, p.239-252, 1999.

LOUANCHI, F., NAJJAR, R. G. Annual cycles of nutrients and oxygen in the upper layers of the North Atlantic Ocean. Deep-Sea Research II. v. 48, p. 2155-2171, 2001.

MABESSOONE, J. M., COUTINHO, P. N. Littoral and shallow marine geology of northern and northeastern Brazil. Trabalhos oceanográficos. Universidade Federal de Pernambuco, v. 12, p. 1-214, 1970.

MACÊDO, S.J., MONTES, M.J.F., LINS, I.C.S., ROSSITER, K.W.L. Aspectos hidrológicos das regiões costeiras e oceânicas do nordeste brasileiro. In: I Workshop do REVIZEE-NE., 1996. Recife. Resumos... Recife: MMA/IEH/UFRPE, 1996. 120 p.

MASON, B. Princípios de Geoquímica. Primeira edição. Tradução: Rui Ribeiro Franco. Ed. da Universidade de São Paulo. Ed. Polígono. 1971, 403 p.

MASSERINI Jr., R. T., FANNING, A. A sensor package for the simultaneous determination of nanomolar concentrations of nitrite, nitrate and ammonia in seawater by fluorescence detection. *Marine Chemistry*, v. 68, p. 323-333, 2000.

MEDEIROS, C. MACÊDO, S. J. FEITOSA, F. A. N. KOENING, M. L. Hydrography and phytoplankton biomass and abundance of north-East Brazilian waters. *Archive of Fishery and Marine Research*. V. 47, n. 2/3, p. 133-151, 1999.

MONT'ALVERNE, A.A.F. Estudos dos calcários na plataforma Continental de Pernambuco. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geologia. Universidade federal de Pernambuco, 1982; 197 p.

MOURA, G. F. Relatório da Biomassa Primária Fitoplantônica (REVIZEE-NE III). Recife, REVIZEE-SCORE NE. 2000, 21 p.

MILLIMAN, J. D. & BARRETTO, H. T. Upper continental margin sedimentation off Brazil. Part I. Background. *Contr. Sedimentology*, Stuttgart. (4):1-10. 1975a.

NEUMANN-LEITÃO, S. et al. Mesozooplankton biomass and diversity in coastal end oceanic waters of North-Eastern Brazil. *Archive of Fishery and Marine Research*. v. 47, n. 2/3, p. 153-165, 1999.

NIENCHESKI, L. F. Levantamento do estado da arte da pesquisa dos recursos vivos marinhos do Brasil - Oceanografia Química Programa REVIZEE. Rio de Janeiro, FEMAR/SECIRM, 1996, 192 p.

NIENCHESKI, L. F., BAUMGARTEN, M. G. Z. Levantamento bibliográfico e identificação do estado atual do conhecimento. Rio de Janeiro, FEMAR, 1999, 172 p.

OKUDA, T. Chemical oceanography in the South Atlantic Ocean, adjacent to north-eastern Brazil. *Trabalhos do Instituto de Biologia Marinha e Oceanografia*. Universidade do Recife, V. 2, n. 1, p. 155-174, 1960.

OLSEN, R. J. Differential photoinhibition of marine nitrifying bacteria: A possible mechanism for the formation of primary nitrite maximum. *Journal of Marine Research*. v. 39, p. 227-238, 1981.

OTTMANN, F. Estudo das amostras do fundo recolhidas pelo N. E. Almirante Saldanha, na região da embocadura do Rio Amazonas. *Trab. Inst. Biol. Marit. Oceanogra.*, Universidade de Recife, v. 1, n. 1, p. 77-106, 1959.

POSTMA, H. Distribution of nutrients in the sea and the oceanic nutrient cycle. In: COSTLOW, J. D. (ed.). *Fertility of the sea*, New York. Gordon & Breach Science Publication v. 2, p. 337-350, 1971.

PROJETO REVIZEE/ SCORE NORDESTE. Proposta regional de trabalho para a região nordeste do Programa de Avaliação do Potencial Sustentável dos Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva. Recife, MMA/SECIRM, 1996.

RAMOS E SILVA, C.A, MACEDO, S.J., SALES, H.B., ALBUQUERQUE, F.M.F. Caracterização hidrogeoquímica do fósforo na zona econômica exclusiva do nordeste brasileiro. In: I Workshop do REVIZEE-NE., 1996. Recife. Resumos... Recife: MMA/IEH/UFRPE, 1996.120 p.

REID, J. L., SCHULENBERGER, E. Oxygen saturation and carbon uptake near 28°N, 155°W. Deep-Sea Research, v. 33, p. 267-271, 1986.

RESSUREIÇÃO, M. G. Vriação anual da biomassa fitoplanctônica na plataforma continental de Pernambuco: Perfil em frente ao porto da cidade de Recife (08° 03' 38" Lat. S. 34° 42' 28 a 34° 52' 00" Long. W). Recife, 1990. 36 p. (Dissertação de Mestrado em Oceanografia Biológica, Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco).

RICHARDSON, P. L., McKEE, T. K. Average seasonal variation of the Atlantic equatorial currents from historical ship drifts. Journal of Physical oceanography, v.14 (7), p. 1226-1238, 1984.

RILEY, J. P., CHESTER, R. Introduction to Marine Chemistry. London, Academic Press Inc. Ltd., 1971, 465 p.

SALES, G. Plano de Implantação da Reserva Biológica do Atol das Rocas-RN. Natal, p. 13, 1991.

SALES, H.B.; MELO, L.M; SAMPAIO, R.L. e FREIRE, G.S.S. 1994°. Otimização de abertura de algas calcáreas de plataforma continental do Ceará. IN: XXXIII Congresso Brasileiro de Química, 1994. Fortaleza. Revista de Química Industrial. Rio de Janeiro. Nº 3, p. 03-06.

SALES, H.B., VIDAL, R.M.B., CAVALCANTE, A.P., FREIRE, R.H.F., OLIVEIRA, F.W., ROSA, P.C.P. Parâmetros químicos: uma realidade incontestável. In: I Workshop do REVIZEE-NE., 1996. Recife. Resumos... Recife: MMA/IEH/UFRPE, 1996. 120 p.

SALES, H.B., VIDAL, R M. B., CORDEIRO, L. S. Distribuição do íon fluoreto nos bancos e ilhas oceânicas do nordeste brasileiro. In: XL CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 2000, Recife. Resumos... Goiânia: XL Congresso Brasileiro de Química, 2000. 436p.

SALES, H.B., OLIVEIRA, L. C. C. Comportamento dos nutrientes no arquipélago de São Pedro e São Paulo. In: III WORKSHOP DO PROGRAMA REVIZEE-NORDESTE, 2000, Aquiraz. Resumos... Aquiraz: MMA/CIRM/SCORE-NE/FINEP/FADURPE, 2000. 101 p.

SALES, H.B., VIDAL, R. M. B. Concentração da alcalinidade total: uma contribuição ao sistema carbonato na região do arquipélago de São Pedro e São Paulo In: III WORKSHOP DO PROGRAMA REVIZEE. NORDESTE, 2000, Aquiraz. Resumos... Aquiraz: MMA/CIRM/SCORENE/FINEP/FADURPE,2000. 101 p.

SALES, H.B., BONFIM, I. C. V. Especificação do nitrogênio amoniacal - REVIZEE nordeste III. In: III WORKSHOP DO PROGRAMA REVIZEE-NORDESTE, 2000, Aquiraz. Resumos... Aquiraz: MMA/CIRM/SCORENE/FINEP/FADURPE, 2000.101 p.

SALES, H. B., VIDAL, R. M. B., PONTES, D. L., CORDEIRO, L. S. Distribuição do nitrito e nitrato na região do Arquipélago de São Pedro e São Paulo. In: XXXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 1999, Goiânia. Resumos... XXXIX Congresso Brasileiro de Química, 1999. 436 p.

SALES, H. B., VIDAL, R. M. B., OLIVEIRA, L. C. C. Determinação e Especificação do Nitrogênio Amoniacal na Região do Arquipélago de São Pedro e São Paulo In: 10º ENCONTRO NACIONAL DE QUÍMICA ANALÍTICA, 1999, Santa Maria. Resumos... 10º Encontro Nacional de Química Analítica, 1999.

SALES, H. B., SANTOS JUNIOR, C., GUILHERME, D. N. Distribuição horizontal e vertical de parâmetros físicos e químicos nas áreas dos Rochedos de São Pedro e São Paulo. In: II WORKSHOP REVIZEE NORDESTE, 1998, Genipabu. Resumos... REVIZEE/MMA/CIRM/SCORE-NE/IEH, 1998. 115 p.

SALES, H. B., VIDAL, R. M. B., PONTES, D. L., OLIVEIRA, L. C. C., MOZETO, A. A. Distribuição do fosfato inorgânico dissolvido na região do Arquipélago de São Pedro e São Paulo. In: XXXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 1999, Goiânia. Resumos... XXXIX Congresso Brasileiro de Química, 1999.436 p.

SCHWAMBORN, R, EKAU, W., SILVA, T.A., SAINT-PAUL, U. The contribution of estuarine dacapod larvae to marine zooplankton communities in North-East Brazil. *Archive of Fishery and Marine Research*. v.47, n.2/3, p. 167-182, 1999a.

SCHWAMBORN, R, VOSS, M., EKAU, W., SAINT-PAUL, U. Stable isotope composition of particulate organic matter and zooplankton in North-East Brazilian shelf waters. *Archive of Fishery and Marine Research*. v. 47, n. 2/3, p. 201-210, 1999b.

STRICKLAND, J.D.H., PARSONS, T.R. A manual of seawater analysis. *Bull. Fish. Board Cano* v. 125, 1972, 205 p.

SVERDRUP, H. V., JOHNSON, M. W., FLEMING, R. H. *The Oceans : Their physics, chemistry and general biology*. New York: Prentice-Hall, 1959. 1087 p.

TANG, D.; WARNKEN, K.W.; SANTSCHI, P.H. distribution and partitioning of metals (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) in Galveston Bay Waters. *Marine Chemistry*. n° 78. 2002. pp. 29-45.

TINOCO, I.M., 1959. Classificação sistemática dos foraminíferos dos testemunhos de sondagens submarinas recolhidas pelo N.E. Almirante Saldanha na embocadura do Rio Amazonas. *Trab. Inst. Biol. Marit. Oceanogr., Univ. Recife*, 1(1):107-112.

TRAVASSOS, P., HAZIN, F.H.v., ZAGAGLIA, J.R., ADVÍNCULA, R., SHOBER, J. Thermohaline structure around seamounts and islands off North-Eastern Brasil. *Archive of Fishery and Marine Research*. v. 47, n. 2/3, p. 211-222, 1999.

UNESCO. International Oceanographic Table. Wormly, n. 2, p. 141, 1973.

VIDAL, R.M.B. Comportamento de manganês, ferro, matéria orgânica e fosfato nos sedimentos do estuário do rio Piranjí, Ceará – Comparação com dados do sudeste do Brasil. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geoquímica, Universidade Federal Fluminense, 1996, 65 p.

VINK, A., ZONNEVELD, K. A. F., WILLEMS, H. Organic-walled dinoflagellate cysts in western equatorial Atlantic surface sediments: distributions and their relation to environment. **Review of Paleobotany and Palynology**, v. 112, p. 247-286, 2000.

[www.ruschicolibri.com.br](http://www.ruschicolibri.com.br), RUSCHI, A. – [http:// www. Ruschicolibri.com.br](http://www.Ruschicolibri.com.br) – acessado em 09 de outubro de 2003.

ZAGAGLIA, R. Z. Caracterização da estrutura termohalina da Zona Econômica Exclusiva do nordeste brasileiro. Monografia. Recife, Universidade Federal de Pernambuco. 1998. 130 p.

ZHANG, X., BOYER, D. L. Current deflections in the vicinity of multiple seamounts. *Journal of Physical Oceanography*, v.21, p. 1122-1138, 1991.