

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E
RECURSOS NATURAIS

**HIDROLOGIA DOS BANCOS E ILHAS
OCEÂNICAS DO NORDESTE
BRASILEIRO. UMA CONTRIBUIÇÃO AO
PROGRAMA REVIZEE**

HELENA BECKER*

Tese de doutoramento
apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do
título de DOUTORA EM
ECOLOGIA E RECURSOS
NATURAIS.

ORIENTADOR: Antônio Aparecido Mozeto

CO-ORIENTADOR: Sílvio José Macêdo

* Bolsista CAPES-PICDT

São Carlos
2001

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária/UFSCar**

B395HB	<p>Becker, Helena. Hidrologia dos bancos e ilhas oceânicas do nordeste brasileiro. Uma contribuição ao programa revizee / Helena Becker . -- São Carlos : UFSCar, 2002. 158 p.</p> <p>Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2001.</p> <p>1. Oceanografia. 2. Nutrientes. 3. Brasil – nordeste. 4. Temperatura. 5. Oxigênio dissolvido. 6. pH. I. Título.</p> <p>CDD: 551.46 (20ª)</p>
--------	---

**" A vida bloqueada
instiga o teimoso viajante
a abrir nova estrada"**

Helena Kolody

***A mãe BETA, que me
ensinou a ser uma guerreira!***

***Ao pai ALFREDO, que me
ensinou a ser
paciente e perseverante!***

(in memorium)

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, Senhor de todas as coisas, que me deu força, coragem e determinação para terminar este trabalho.

Ao meu orientador, prof. Antônio Aparecido Mozeto, que me aceitou sem restrições e me deu o maior apoio nos momentos mais difíceis.

Ao meu co-orientador, prof. Sílvio José de Macedo, que me acompanhou nesta longa jornada e deu suporte científico e técnico, principalmente nas coletas, durante as campanhas do REVIZEE.

Aos meus filhos, Rafael, Marina e Renata. Sem vocês eu não teria futuro e meu presente não seria TÃO dinâmico. Não esquecendo do Toby!!!!!!

Família é coisa não escolhida mais a minha é para sempre amar! Cláudio, Alfredo, Nilma, Eliana, Ângela, Sandra e Emília. Pessoas que me deram amor, respeitando meu momento; irmãs e cunhadas tomando meu lugar em momentos difíceis, para que eu pudesse trabalhar. OBRIGADO! Em especial a Márcia e Alfredo que se fizeram de pai e mãe para que eu pudesse viajar.

Amigos a gente guarda no coração e na mente. Belmino, Ruth, Sandro, Izaura, Ícaro. Pessoas lindas!

Prof. George Satander que torna tudo fácil.

Prof. Robson, da estatística, que eu "aleatoriamente" achei com um nível de significância 0,01.

Ao Laboratório de Química Ambiental (LAQA), representado pelos bolsistas que lá passaram e que hoje estão, com quem eu tive e tenho o prazer de conviver, ensinar, aprender e embarcar nas coisas da vida e do mar...

Ao Manuel Flores, da UFPE, que fez do celular um instrumento de ensino à distância.

Ao Leonardo, Sávio e Sâmia, bolsistas do Laboratório de Geologia Marinha (LGMA-UFC), que me ensinaram a surfar.

A toda a tripulação do Navio Oceanográfico ANTARES, navio onde civis e militares se encontraram, se adaptaram e deu certo.

Ao SCORE-NE do REVIZEE na pessoa do prof. Fábio Hazin, representante de uma equipe "danada de boa" que faz o sucesso deste Score.

Ao Departamento de Química Analítica e Físico-Química, por entender a importância da qualificação, liberar e arcar com a ausência de um professor nestes dias tão difíceis para as Universidades.

A Naza, representando todos os funcionários do Departamento de Química Analítica e Físico-Química, por tornar a vida mais fácil dentro do difícil.

Ao programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais por compreender as dificuldades por quais passei e acreditar, especialmente o prof. Eduardo e prof^a Odete; aos funcionários desta Coordenação que sempre me trataram com gentileza, principalmente a Renata, Roseli e João.

A SECIRM/CIRM/MMA por darem todo apoio ao REVIZEE.

A CAPES/PICDT pela concessão da bolsa.

A quem aqui esqueci, porque a vida passa muito rápida e meu "disco rígido" está congestionado, meu MUITO OBRIGADO!

A **VOCÊ** que foi invisível, mais que faz parte desta teia que é a vida e, às vezes, ocupando uma parte crítica do dia a dia, um agradecimento especial.

HIDROLOGIA DOS BANCOS E ILHAS OCEÂNICAS DO NORDESTE DO BRASIL. UMA CONTRIBUIÇÃO AO PROGRAMA REVIZEE

Este trabalho tem como objetivos fornecer dados sobre a temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, pH e nutrientes (nitrito, nitrato, fosfato e silício), das regiões dos bancos e ilhas oceânicas da Zona Econômica Exclusiva nordestina, descrever sazonalmente a variação horizontal e vertical destes parâmetros e sistematizar os dados obtidos, através da elaboração de um banco de dados, com vistas a facilitar e possibilitar uma posterior análise, integrada com as demais áreas do conhecimento, de regiões reconhecidamente importantes do ponto de vista econômico e carentes, do ponto de vista científico, deste tipo de informação, para que possa ser estabelecida a relação entre os sais nutrientes e os elementos responsáveis pela produtividade do meio aquático. A área pesquisada está inserida na subárea II / setor 1 e 2 do Programa REVIZEE e delimitada pelas seguintes coordenadas geográficas: 1°N e 5°S de latitude e entre 29° e 40°W de longitude, incluindo a Cadeia Norte do Brasil, arquipélago de Fernando de Noronha, Atol das Rocas e arquipélago de São Pedro e São Paulo, abrangendo 67 estações e 443 amostras no verão de 1997 e 66 estações e 418 amostras no outono de 1998, perfazendo um total de 133 estações e 861 amostras e uma área pesquisada de 600.000 km². A região estudada apresentou uma marcada termoclina permanente, tanto no verão como no outono, com a profundidade variando com a latitude e com as estações do ano, sendo mais superficial e com maior gradiente no outono, de acordo com o padrão típico das regiões equatoriais e tropicais. A camada de mistura foi mais homogênea no verão, de menor espessura no outono e diminuindo em latitudes mais altas. A distribuição horizontal superficial da temperatura do mar apresentou maior grau de homogeneidade no verão e maior amplitude de variação térmica no outono. As menores temperaturas foram registradas na área do arquipélago de São Pedro e São Paulo e região Oceânica próxima a este arquipélago, nas duas estações do ano. Horizontalmente, a área do arquipélago de São Pedro e São Paulo foi a que apresentou os menores valores de salinidade, nas duas estações do ano. Um máximo de salinidade sub-superficial esteve presente na profundidade aproximada do início da termoclina, sendo mais acentuado nas latitudes mais baixas, tanto no verão como no outono. Os diagramas T-S indicam a presença de três massas d'água características da região: A Água Superficial Tropical, com salinidade de 35,5 a 36,5 UPS e temperatura superiores a 26°C, que ocupa uma faixa muito estreita na região; a Água de Máxima Salinidade, com temperatura entre 20° e 26°C e salinidade entre 36,0 e 37,0 UPS ocupando uma faixa entre os 50 e 200 m; a Água Central do Atlântico Sul, com temperaturas entre 20° e 5°C e salinidade 36,00 a 34,34 UPS, situada abaixo da Água de Salinidade Máxima. Ressurgência foi observada, nas estações localizadas na região Oceânica próximas ao arquipélago São Pedro e São Paulo, baseada nas elevações das isothermas, baixo oxigênio e alta concentração superficial dos nutrientes, nos dois períodos do ano. A concentração do oxigênio

dissolvido esteve próximo da saturação nas camadas superficial e sub-superficial e condições anaérobicas não foram observadas na coluna d'água. Na camada superficial, o pH esteve sempre na faixa alcalina e com valores mais elevados na região do arquipélago de São Pedro e São Paulo. A forma mais abundante do nitrogênio foi o nitrato, principalmente no verão onde os valores obtidos, na camada eufótica, foram maiores do que no outono. A mesma distribuição vertical foi obtida para o nitrato, fosfato e silício, ao longo da coluna d'água, tanto no verão como no outono e a distribuição vertical do nitrito está associada com a nitraclina, em ambos os períodos estudados. A análise estatística dos resultados mostrou que a temperatura não apresentou influência sazonal, enquanto que a salinidade e os nutrientes, principalmente o silício, variaram sua distribuição com as estações do ano pesquisadas. A região que mostrou maior variabilidade, para os períodos estudados, nos testes de contrastes, foi a da Cadeia Norte do Brasil, sugerindo uma influência sazonal com a descarga do rio Amazonas. Pelos resultados obtidos verificou-se que existem, física e quimicamente, três regiões estatisticamente diferentes: (a) Região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil, (b) Região da cadeia de Fernando de Noronha e (c) Região agora denominada Leste de São Pedro e São Paulo, que engloba a área de domínio oceânico leste do arquipélago de São Pedro e São Paulo e o arquipélago de São Pedro e São Paulo.

HYDROLOGY OF THE BANKS AND OCEANIC ISLANDS OF THE NORTH-EAST BRAZIL. A CONTRIBUTION TO THE PROGRAM REVIZEE

This work has as objectives to supply data on the temperature, salinity, dissolved oxygen, pH and nutrients (nitrite, nitrate, phosphate and silicate), of the areas of the banks and oceanic islands of the Zone Economic Exclusive of North-East Brazil, to describe seasonal and the spatial variations of these parameters and to systematize the obtained data, through the elaboration of a database, with views to facilitate a posterior analysis, integrated with the other areas of the knowledge, of areas thankfully important of the economic and lacking point of view, of the scientific point of view, of this type of information, so that the relationship can be established between the nutrients salts and the responsible elements by the productivity of the aquatic way. The researched area is inserted in the sub-area II / section 1 and 2 of the Program REVIZEE at 1°N e 5°S and 29° e 40°W , including the North Chain of Brazil, Fernando of Noronha chain and Saint Peter and Saint Paul archipelago, embracing 67 stations and 443 samples the summer of 1997 and 66 stations and 418 samples in the fall of 1998, profaned a total of 133 stations and 861 samples and a researched area of 600.000 Km^2 . The studied area presented a marked permanent termocline, so much in the summer as in the fall, with the depth varying with the latitude and with them season, being more superficial and with larger gradient in the fall, in agreement with the typical pattern of the areas equatorial and tropical. The mixture layer was more homogeneous in the summer, of smaller thickness in the fall and decreasing in higher latitudes. The superficial distribution of the temperature of the sea presented larger homogeneity degree in the summer and larger width of thermal variation in the fall. The smallest temperatures were registered in the area of Saint Peter and Saint Paul archipelago and close Oceanic area to this archipelago, in the two seasons. The area of Saint Peter and Saint Paul archipelago went to that presented the smallest salinity values, in the two seasons. A maximum of sub-surface salinity was present in the approached depth of the I begin of the termoclina, being more accentuated in the lowest latitudes, so much in the summer as in the fall. The diagrams T-S indicates the presence of three characteristic masses of water of the area: The Equatorial Surface Water, with salinity of 35,5 to 36,5 UPS and temperature $>26^{\circ}\text{C}$, that occupies a strip very it narrows in the area; the Subtropical Salinity Maximum, with temperature between 20° and 26°C and salinity between 36,0 and 37,0 UPS, occupying a strip between the 50 and 200 m; South Atlantic Central Water, with temperatures between 20° and 5°C and salinity 36,00 to 34,34 UPS, placed below the Subtropical Salinity Maximum. Upwelling was observed, in the stations located in the close Oceanic area to the Saint Peter and Saint Paul archipelago, based on the elevations of the isotherms, low oxygen and high superficial concentration of the nutrients, in the two periods of the year. The concentration of the dissolved oxygen was close of the saturation in the superficial and sub-

superficial layers and conditions anaerobic they were not observed in the column of water. The pH was always in the alkaline strip and with values more elevated in the area of Saint Peter and Saint Paul archipelago. The most abundant form of the nitrogen was the nitrate, mainly in the summer where the obtained values, in the layer eufotic, they were larger than in the fall. The same vertical distribution was obtained for the nitrate, phosphate and silicate, along the column of water, so much in the summer as in the fall and the vertical distribution of the nitrite is associated with the nitracline, in both studied periods. The statistical analysis of the results showed that the temperature didn't present seasonal influence, while the salinity and the nutrients, mainly the silicate, varied its distribution with them researched season. The area that showed larger variability with the periods of the studied year, in the tests of contrasts, went the one of to North Chain of Brazil, suggesting a seasonal influence with the discharge of the Amazonas River. For the obtained results it was verified that three areas statistical different exist: (the) Area of the banks of the North Chain of Brazil, (b) Area of Fernando of Noronha chain and (c) Area now denominated East of Saint Peter and Saint Paul archipelago, that includes the area of oceanic domain and Saint Peter and Saint Paul archipelago.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	Erro! Indicador não definido.
1.1. Programa de Avaliação do Potencial Sustentável dos Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva (REVIZEE).....	Erro! Indicador não definido.
1.2. Grau do conhecimento químico da área de estudo.....	6
2. OBJETIVOS	Erro! Indicador não definido.
3. DESCRIÇÃO DA ÁREA	Erro! Indicador não definido.
3.1. Arquipélago de São Pedro e São Paulo	19
3.2. Cadeia Norte do Brasil	22
3.3. Cadeia de Fernando de Noronha	24
4. METODOLOGIA.....	Erro! Indicador não definido.8
4.1. Comissões e estações de coleta.....	28
4.2. Hidrologia	30
4.3. Normalização do texto.....	33
4.3. Tratamento estatístico	Erro! Indicador não definido.4
5. RESULTADOS	36
5.1. Validação da metodologia	36
5.2. Limites de detecção e precisão dos métodos	547
5.3. Hidrologia	39
5.3.1. Temperatura.....	41
5.3.2. Salinidade.....	53
5.3.3. Massas d'água	63
5.3.4. Oxigênio dissolvido	65
5.3.5. Potencial hidrogeniônico (pH)	72
5.3.6. Nitrito	925
5.3.7. Nitrato.....	969
5.3.8. Fosfato	90
5.3.9. Silício.....	101
6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	112
7. CONCLUSÕES.....	138
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	142
APÊNDICES	

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 -	Estrutura do Programa REVIZEE	3
FIGURA 2 -	Áreas da Zona Econômica Exclusiva prospectadas pelo Programa REVIZEE	13
FIGURA 3 -	Correntes superficiais do oceano Atlântico Equatorial Oeste	17
FIGURA 4 -	Mapa batimétrico da Zona Econômica Exclusiva do nordeste brasileiro	19
FIGURA 5 -	Arquipélago de São Pedro e São Paulo	20
FIGURA 6 -	Localização dos Bancos da Cadeia Norte do Brasil	23
FIGURA 7 -	Localização dos bancos da Cadeia de Fernando de Noronha	25
FIGURA 8 -	Navio oceanográfico ANTARES da Marinha do Brasil	28
FIGURA 9 -	Mapa contendo a localização das estações das comissões REVIZEE Nordeste II e Nordeste III	29
FIGURA 10-	CTD, rosseti e montagem dos dois, respectivamente, usados nas coletas, a bordo do Noc. ANTARES	31
FIGURA 11-	Curvas de calibração médias para os nutrientes	38
FIGURA 12-	Localização da divisão das áreas de estudo	39
FIGURA 13-	Localização dos transectos escolhidos para estudo da distribuição das várias propriedades nas seções verticais	40
FIGURA 14-	Variação da temperatura, na camada superficial, para o verão de 1997 - Operação Nordeste II	42
FIGURA 15-	Variação da temperatura, na camada superficial, para o outono de 1998 - Operação Nordeste III	42
FIGURA 16-	Variação da temperatura, em 1% da luminosidade, para o verão de 1997 - Operação Nordeste II	43
FIGURA 17-	Variação da temperatura, em 1% da luminosidade, para o outono de 1998 - Operação Nordeste III	43
FIGURA 18-	Variação da temperatura, no final da termoclina permanente, para o verão de 1997 - Operação Nordeste II	44
FIGURA 19-	Variação da temperatura, no final da termoclina permanente, para o outono de 1998 - Operação Nordeste III	45

FIGURA 20-	Variação vertical da temperatura para o verão de 1997 e outono de 1998	45
FIGURA 21-	Perfis verticais da temperatura no verão de 1997, na região nordeste do Brasil - transectos T1, T2, T3 e T4	47
FIGURA 22-	Perfis verticais da temperatura no verão de 1997, na região nordeste do Brasil - transectos T5, T6, T7 e T8	48
FIGURA 23-	Perfis verticais da temperatura no verão de 1997, na região nordeste do Brasil - transectos T9 e T10	49
FIGURA 24-	Perfis verticais da temperatura no outono de 1998, na região nordeste do Brasil - transectos T1, T2, T3 e T4	50
FIGURA 25-	Perfis verticais da temperatura no outono de 1998, na região nordeste do Brasil - transectos T5, T6, T7 e T8	51
FIGURA 26-	Perfis verticais da temperatura no outono de 1998, na região nordeste do Brasil - transectos T9 e T10	52
FIGURA 27-	Variação da salinidade, na camada superficial, para o verão de 1997 – Operação Nordeste II	54
FIGURA 28-	Variação da salinidade, na camada superficial, para o outono de 1998 – Operação Nordeste III	54
FIGURA 29-	Variação vertical da salinidade para o verão de 1997 e outono de 1998	55
FIGURA 30-	Variação da salinidade, no final da termoclina permanente, para o verão de 1997 – Operação Nordeste II	56
FIGURA 31-	Variação da salinidade, no final da termoclina permanente, para o outono de 1998 – Operação Nordeste III	56
FIGURA 32-	Perfis verticais do nitrato no verão de 1997, na região nordeste do Brasil - transectos T1 e T2	57
FIGURA 33-	Perfis verticais do nitrato no verão de 1997, na região nordeste do Brasil - transectos T3, T4, T5 e T6	58
FIGURA 34-	Perfis verticais do nitrato no verão de 1997, na região nordeste do Brasil - transectos T7, T8, T9 e T10	59
FIGURA 35-	Perfis verticais do nitrato no outono de 1998, na região nordeste do Brasil - transectos T1 e T2	60
FIGURA 36-	Perfis verticais do nitrato no outono de 1998, na região nordeste do Brasil - transectos T3, T4, T5 e T6	61
FIGURA 37-	Perfis verticais do nitrato no outono de 1998,	

	na região nordeste do Brasil - transectos T7, T8, T9 e T10	62
FIGURA 38-	Diagramas T-S para o verão de 1997	63
FIGURA 39-	Diagramas T-S para o outono de 1998	64
FIGURA 40-	Variação do oxigênio dissolvido, na camada superficial, para o outono de 1998 - Operação Nordeste III	66
FIGURA 41-	Variação vertical do Oxigênio Dissolvido no outono de 1998	66
FIGURA 42-	Variação do oxigênio dissolvido, em 1% da luminosidade, para o outono de 1998 - Operação Nordeste III	67
FIGURA 43-	Variação do oxigênio dissolvido, no início da termoclina sazonal, para o outono de 1998 - Operação Nordeste III	68
FIGURA 44-	Perfis verticais do nitrato no outono de 1998, na região nordeste do Brasil - transectos T1, T2, T3 e T4	69
FIGURA 45-	Perfis verticais do nitrato no outono de 1998, na região nordeste do Brasil - transectos T5, T6, T7 e T8	70
FIGURA 46-	Perfis verticais do nitrato no outono de 1998, na região nordeste do Brasil - transectos T9 e T10	71
FIGURA 47-	Variação do pH, na camada superficial, para o outono de 1998 - Operação Nordeste III	72
FIGURA 48-	Variação vertical do pH para o outono de 1998	73
FIGURA 49-	Variação do pH, no início da termoclina sazonal, para o outono de 1998 - Operação Nordeste III	74
FIGURA 50-	Variação do pH, no final da termoclina permanente, para o outono de 1998 - Operação Nordeste III	74
FIGURA 51-	Variação do nitrito, na camada superficial, para o verão de 1997 - Operação Nordeste II	75
FIGURA 52-	Variação do nitrito, na camada superficial, para o outono de 1998 - Operação Nordeste III	76
FIGURA 53-	Variação vertical do nitrito para o verão de 1997 e outono de 1998	77
FIGURA 54-	Variação do nitrito, no início da termoclina sazonal, para o verão de 1997 - Operação Nordeste II	78
FIGURA 55-	Variação do nitrito, em 1% da luminosidade, para o outono de 1998-Operação Nordeste III	78
FIGURA 56-	Variação do nitrato, na camada superficial, para o verão de 1997 - Operação Nordeste II	80
FIGURA 57-	Variação vertical do nitrato para o verão de 1997 e outono de 1998	80

FIGURA 58-	Variação do nitrato, no meio da termoclina sazonal, para o verão de 1997 - Operação Nordeste II	81
FIGURA 59-	Variação do nitrato, no final da termoclina permanente, para o verão de 1997 - Operação Nordeste II	82
FIGURA 60-	Variação do nitrato, no meio da termoclina permanente, para o outono de 1998 - Operação Nordeste III	83
FIGURA 61-	Variação do nitrato, no final da termoclina permanente, para o outono de 1998 - Operação Nordeste III	83
FIGURA 62-	Perfis verticais do nitrato no verão de 1997, na região nordeste do Brasil - transectos T1 e T2	84
FIGURA 63-	Perfis verticais do nitrato no verão de 1997, na região nordeste do Brasil - transectos T3, T4, T5 e T6	85
FIGURA 64-	Perfis verticais do nitrato no verão de 1997, na região nordeste do Brasil - transectos T7, T8, T9 e T10	86
FIGURA 65-	Perfis verticais do nitrato no outono de 1998, na região nordeste do Brasil - transectos T1 e T2	87
FIGURA 66-	Perfis verticais do nitrato no outono de 1998, na região nordeste do Brasil - transectos T3, T4, T5 e T6	88
FIGURA 67-	Perfis verticais do nitrato no outono de 1998, na região nordeste do Brasil - transectos T7, T8, T9 e T10	89
FIGURA 68-	Variação do fosfato, na camada superficial, para o verão de 1997 - Operação Nordeste II	90
FIGURA 69-	Variação do fosfato, na camada superficial, para o outono de 1998 - Operação Nordeste III	91
FIGURA 70-	Variação vertical do fosfato para o verão de 1997 e outono de 1998	92
FIGURA 71-	Variação do fosfato, no final da termoclina sazonal, para o verão de 1997 - Operação Nordeste II	93
FIGURA 72-	Variação do fosfato, no final da termoclina permanente, para o verão de 1997 - Operação Nordeste II	93
FIGURA 73-	Variação do fosfato, no final da termoclina sazonal, para o outono de 1998 - Operação Nordeste III	94
FIGURA 74-	Perfis verticais do fosfato no verão de 1997, na região nordeste do Brasil - transectos T1, T2, T3 E T4	95
FIGURA 75-	Perfis verticais do fosfato no verão de 1997, na	

	região nordeste do Brasil - transectos T5, T6, T7 e T8	96
FIGURA 76-	Perfis verticais do fosfato no verão de 1997, na região nordeste do Brasil - transectos T9 e T10	97
FIGURA 77-	Perfis verticais do fosfato no outono de 1998, na região nordeste do Brasil - transectos T1, T2, T3 e T4	98
FIGURA 78-	Perfis verticais do fosfato no outono de 1998, na região nordeste do Brasil - transectos T5, T6, T7 e T8	99
FIGURA 79-	Perfis verticais do fosfato no outono de 1998, na região nordeste do Brasil - transectos T9 e T10	100
FIGURA 80-	Variação do silício reativo, na camada superficial, para o verão de 1997 - Operação Nordeste II	101
FIGURA 81-	Variação do silício reativo, na camada superficial, para o outono de 1998 - Operação Nordeste III	102
FIGURA 82-	Variação vertical do silício reativo para o verão de 1997 e outono de 1998	103
FIGURA 83-	Variação do silício reativo, no meio da termoclina sazonal, para o verão de 1997 - Operação Nordeste II	104
FIGURA 84-	Variação do silício reativo, no final da termoclina permanente, para o verão de 1997 - Operação Nordeste II	105
FIGURA 85-	Variação do silício reativo, no final da termoclina permanente, para o outono de 1998 - Operação Nordeste III	105
FIGURA 86-	Perfis verticais do silício reativo no verão de 1997, na região nordeste do Brasil - transectos T1, T2, T3 e T4	106
FIGURA 87-	Perfis verticais do silício reativo no verão de 1997, na região nordeste do Brasil - transectos T5, T6, T7 e T8	107
FIGURA 88-	Perfis verticais do silício reativo no verão de 1997, na região nordeste do Brasil - transectos T9 e T10	108
FIGURA 89-	Perfis verticais do silício reativo no outono de 1998, na região nordeste do Brasil - transectos T1, T2, T3 e T4	109
FIGURA 90-	Perfis verticais do silício reativo no outono de 1998, na região nordeste do Brasil - transectos T5, T6, T7 e T8	110
FIGURA 91-	Perfis verticais do silício reativo no outono de 1998, na região nordeste do Brasil - transectos T9 e T10	111

FIGURA 92- Divisão estatística das regiões estudadas	141
ÍNDICE DE QUADROS E TABELAS	
QUADRO 1- Detalhes dos cruzeiros realizados	29
QUADRO 2- Limites de detecção, em $\mu\text{mol.L}^{-1}$	37
TABELA 1 - Resultados da intercomparação	36
TABELA 2 - Teste "T" de Student	37
TABELA 3 - Valores médios, mínimos e máximos da temperatura, em $^{\circ}\text{C}$	41
TABELA 4 - Valores médios, mínimos e máximos da salinidade, em USP	53
TABELA 5 - Valores médios, mínimos e máximos da concentração do oxigênio dissolvido, em mg L^{-1}	65
TABELA 6 - Valores médios, mínimos e máximos do pH	72
TABELA 7 - Valores médios, mínimos e máximos da concentração do nitrito, em $\mu\text{mol.L}^{-1}$	75
TABELA 8 - Valores médios, mínimos e máximos da concentração do nitrato, em $\mu\text{mol.L}^{-1}$	79
TABELA 9 - Valores médios, mínimos e máximos da concentração do fosfato, em $\mu\text{mol.L}^{-1}$	90
TABELA 10- Valores médios, mínimos e máximos da concentração do silício, em $\mu\text{mol.L}^{-1}$	101

1. INTRODUÇÃO

1.1. PROGRAMA DE AVALIAÇÃO DO POTENCIAL SUSTENTÁVEL DOS RECURSOS VIVOS DA ZONA ECONÔMICA EXCLUSIVA (REVIZEE)

A posição geográfica privilegiada do Brasil, ocupando quase metade da superfície terrestre da América do Sul, quarto país do mundo em área de terras contínuas (8.513.965 km²), com um litoral comparável a vastidão de suas fronteiras terrestres, de 8.500 km de linha real, circundado pelo Oceano Atlântico, nos vincula diretamente ao mar. "Num mundo interligado por macromercados, continentalizações político-estratégicas, e cadeias de produção regional com perspectiva de desenvolvimento da produção, os espaços oceânicos ganham novas dimensões de importância." (Comissão Nacional Independente sobre os Oceanos - CNIO, 1998). A pesca, prática secular mais ainda artesanalmente exercida em nosso país, vem se transformando rapidamente em uma técnica abrigada em inúmeras ciências. A maior biodiversidade disponível do planeta encontra-se no mar, no entanto, a poluição dos mares, através das ações antrópicas, está ameaçando seriamente este ecossistema, representando uma grave ameaça ao desenvolvimento.

Em dezembro de 1982, foi criada a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar - CNUDM, a qual tem como objetivo estabelecer um sistema legal, legitimada internacionalmente, que englobasse todos os aspectos relativos ao uso do mar e de seus

recursos, visando estabelecer uma ordem econômica internacional justa e equitativa em tudo que se relacionasse ao espaço marítimo.

Em 1971, com o Decreto-lei nº 1098, de 25 de março de 1970, o Brasil tomou a posição unilateral de estabelecer seu mar territorial de 200 milhas de largura. Após vários trâmites técnicos, políticos e diplomáticos em 1978, o Brasil se vinculou a CNUDM, e em 22 de dezembro, em Montego Bay - Jamaica, o Brasil foi o trigésimo sétimo estado a ratificar a CNUDM. Após essa ratificação, a legislação brasileira vigente precisava se ajustar à Convenção. Em 4 de janeiro de 1993 foi promulgada então a Lei nº 8617 que dispõe sobre o mar territorial, a zona contígua, a Zona Econômica Exclusiva - ZEE, e a plataforma continental brasileira, em harmonia com a CNUDM. Frente à série de direitos e deveres assumidos pelo país, uma nova versão do Programa de Avaliação do Potencial Sustentável dos Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva - REVIZEE, elaborada pelo Ministério do Meio Ambiente e Instituto do Meio Ambiente e da Amazônia Legal (MMA/IBAMA), e inserida no IV Plano Setorial para os Recursos do Mar - PSRM, foi reiterado como principal meta a ser alcançada; em julho de 1994 o Programa REVIZEE foi aprovado pela Comissão Interministerial para os Recursos do mar - CIRM. Devido a imensa área a ser pesquisada e para uma melhor operacionalização das pesquisas, a ZEE brasileira, dentro deste Programa, foi dividida em quatro regiões, cada uma coordenada por um Subcomitê Regional (SCORE):

COSTA NORTE - da fronteira marítima com a Guiana até a foz do rio Parnaíba;

COSTA NORDESTE - da 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;

COSTA CENTRAL - de Salvador ao Cabo de São Tomé, incluindo as ilhas de Trindade e Martim Vaz;

COSTA SUL - do Cabo de São Tomé até a fronteira marítima com o Uruguai.

A estrutura nacional e regional do Programa REVIZEE está mostrada na FIGURA 1.

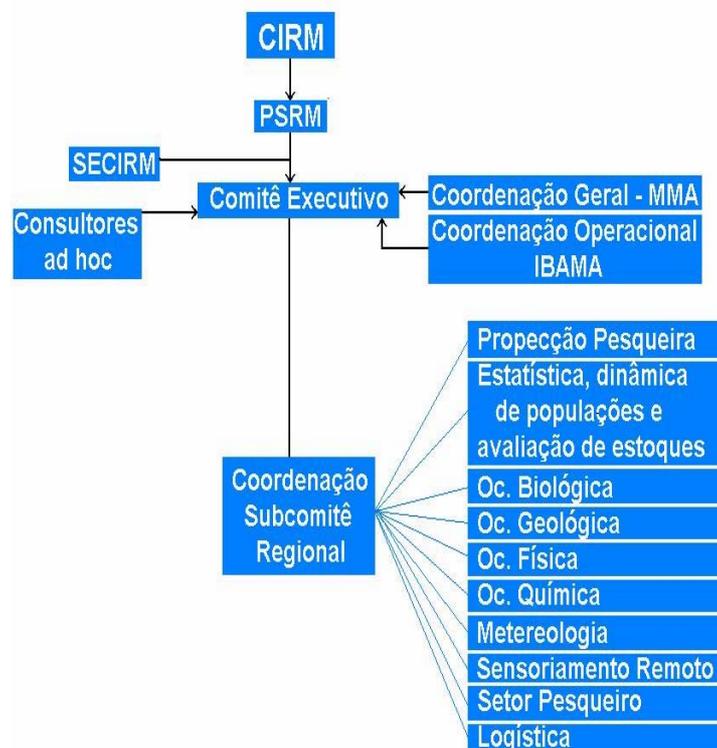


FIGURA 1 - Estrutura do Programa REVIZEE

Em 1995, as propostas regionais de trabalho dos SCORE's foram aprovadas e, nesse mesmo ano, foram realizadas as primeiras comissões do Navio Oceanográfico Antares, da Marinha do Brasil, nas regiões norte e nordeste.

O Programa REVIZEE tem como objetivo proceder ao 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 km².

O artigo 61 da CNUDM estabelece que:

- O Estado costeiro fixará as capturas permissíveis dos recursos vivos da ZEE

- O Estado costeiro, tendo em conta os melhores dados científicos de que dispõe, assegurará, por meio de medidas apropriadas de conservação e gestão, que a preservação dos recursos vivos da sua ZEE não seja ameaçado por um excesso de captura.

- Tais medidas devem ter também a finalidade de preservar ou restabelecer as populações das espécies capturadas em níveis que possam produzir o máximo rendimento sustentado, determinado a partir de fatores ecológicos e econômicos pertinentes.

Sendo assim, o Programa REVIZEE "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.

Para que a avaliação do potencial sustentável de captura dos recursos vivos seja feita, as seguintes etapas têm que ser cumpridas:

- Determinação das distribuições, sazonalidade, abundâncias e potenciais sustentáveis de recursos vivos na ZEE, utilizando técnicas de prospeção pesqueira e avaliação de estoques.
- Obtenção de um quadro referencial climatológico e de uma visão oceanográfica de caráter abrangente, para as áreas física, química, geológica e biológica, que subsidiem a compreensão da dinâmica dos recursos vivos na ZEE.
- Análise dos potenciais sustentáveis e suas perspectivas de exploração, a partir da integração das informações de abundância e características ambientais.

Como ficou evidenciado, o Programa REVIZEE é um programa interinstitucional e multidisciplinar, 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 será de fundamental importância para o desenvolvimento das ciências do mar no Brasil.

1.2. GRAU DO CONHECIMENTO QUÍMICO DA ÁREA DE ESTUDO

O Ministério do Meio Ambiente - MMA, do governo brasileiro financiou o 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. Dentro deste Programa, NIENCHESKI (1999) publicou um livro, além do relatório final, sobre a Oceanografia Química no Brasil, com um extenso e quase completo levantamento sobre o estado da arte deste ramo da Oceanografia, até o ano de 1998 e, conclui que poucos trabalhos na região de oceano aberto foram realizados. Particularmente na área do arquipélago de São Pedro e São Paulo, abordada neste trabalho, a carência é total.

Das 205 Comissões Oceanográficas cadastradas no Banco Nacional de Dados Oceanográficos - BNDO, e levantadas por NIENCHESKI (1996), abrangendo o período de 1911 a 1988, fizemos uma análise e observamos que somente 14 Comissões contemplaram a região da Cadeia Norte do Brasil, 17 a região dos bancos de Fernando de Noronha e 2 no arquipélago de São Pedro e São Paulo, correspondendo a 6,8%, 8,3% e 1%, respectivamente. Dentre essas Comissões, 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. CAPRICORNÝ no período de 1981 a 1984, que efetuou sete

comissões na área da Cadeia Norte do Brasil e da região de Fernando de Noronha, foram as mais representativas.

OKUDA (1961) foi o pioneiro com seu trabalho sobre a química oceanográfica no oceano Atlântico Sul adjacente ao nordeste do Brasil, onde caracteriza hidrologicamente a área compreendida entre 13° a 3,5°S de latitude e 30°W à costa do Brasil de longitude, no período de agosto a outubro de 1959.

COSTA (1991) em sua tese de mestrado descreve sobre a hidrologia e biomassa primária entre as latitudes 8° e 2°44'30"S e longitudes 35°56'30" e 31°48'W e classificou a região estudada como oligotófica e mesotrófica, de acordo com os resultados da produtividade primária obtidos na camada superficial.

O Noc. Alemão F/S Victor Hensen, realizou vários cruzeiros em 1995 durante o Projeto "JOPS II - Joint Oceanographic Projects – II", no âmbito do Acordo de Cooperação Bilateral Brasil-Alemanha, em Ciência e Tecnologia, e coletou dados na região do presente estudo, gerando vários trabalhos, descritos a seguir.

EKAU E KNOPPERS (1999) descrevem a tipologia das águas oceânicas, costeiras e da plataforma do Brasil, incluindo os bancos e ilhas oceânicas do nordeste brasileiro e comparam os resultados obtidos com outras áreas brasileiras melhores estudadas, visando elucidar alguns dos fatores responsáveis pela natureza oligotófica e a estrutura do plâncton desta região, através da combinação dos vários dados obtidos nos Programas Brasileiros (GERCO-PNMA, REVIZEE e

JOPS-II) e revisão da literatura, concluindo 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) estudaram a hidrografia, biomassa e abundância fitoplânctonica das águas do Nordeste brasileiro durante o JOPS-II-5 em 14 transectos defronte os principais sistemas de manguezais, entre as latitudes de 3° e 9°S e longitudes 34° e 38°W, em várias profundidades (0-400m) e verificaram que os níveis de nutrientes e biomassa fitoplânctonica foram muito baixos em toda a área, sendo menos reduzidos nas áreas da plataforma interna e em algumas áreas do talude, sugerindo 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.

NEUMANN-LEITÃO et al (1999) estudaram a composição e diversidade do mesozooplâncton costeiro e oceânico, na mesma área de MEDEIROS, acima citado, e concluíram que a diversidade das espécies foi alta, de acordo com a estabilidade ecológica da área; a baixa densidade correspondeu geralmente às massas de água oligotróficas e as diferenças na abundância foram afetadas localmente pelos manguezais nas áreas costeiras e/ou por ressurgências topográficas nas áreas oceânicas.

SCHWANBORN et al (1999a) em seu trabalho sobre zooplâncton ao longo da costa nordeste do Brasil, de Pernambuco até o

Ceará, confirmou a importância de ecossistemas de manguezais como fonte de alimentos para teias tróficas marinhas.

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

SCHWANBORN et al (1999b) estudaram na mesma área descrita em seu trabalho anterior, a composição isotópica estável da matéria orgânica particulada e do zooplâncton e observaram que não houve influência estuarina sobre o $\delta^{13}\text{C}$ da matéria orgânica particulada e do zooplâncton na plataforma.

TRAVASSO et al (1999) estudaram a influência das correntes e da topografia submarina sobre a estrutura termohalina nas proximidades dos bancos e ilhas oceânicas do nordeste brasileiro e observaram nitidamente esta influência 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. Não houve, segundo os autores, evidências de ressurgência na região do Arquipélago de São Pedro e São Paulo resultante da interação corrente-topografia.

BROCKER E MEYERHOFER (1999) pesquisaram sobre a influência do Arquipélago de São Pedro e São Paulo na quantidade e qualidade da matéria orgânica particulada, no verão de 1995, e acharam uma grande variabilidade horizontal e vertical dos dados biológicos; não observaram influência do Arquipélago na composição e biomassa das comunidades dos fitoplâncton, nem aumento da matéria orgânica particulada perto de São Pedro e São Paulo. Questionam então a concentração impressionante de grandes peixes, como atum e peixe-voador, nesta área e levantam algumas hipóteses, uma das quais é que poderia haver um enriquecimento de nutrientes, em outras épocas do ano e sob a influência de outros regimes de correntes locais.

LESSA et al (1999) pesquisaram a distribuição e abundância do ictionêuston nas áreas oceânicas e ilhas do nordeste do Brasil e concluíram que a abundância não pode ser correlacionada com nenhum parâmetro ambiental, com exceção da salinidade e cobertura de nuvens; as áreas de São Pedro e São Paulo e Fernando de Noronha são consideradas regiões reprodutivas independentes porque larvas eclodindo num local não são transportadas para o outro e que a alta abundância de larvas de peixe voador no Arquipélago de São Pedro e São Paulo é atribuída a presença física das rochas, pois elas necessitam de substrato para fixação de seus ovos.

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

RAMOS et al (1996) caracteriza as várias formas do fósforo na zona econômica exclusiva do nordeste do Brasil.

ZAGLAGIA (1998) apresentou uma monografia com os dados obtidos no JOPS II - Joint Oceanographic Projects - II e programa REVIZEE-Nordeste I (1995) sobre a caracterização termohalina dos bancos e ilhas oceânicas do nordeste brasileiro.

O Programa REVIZEE-NE promoveu três Workshops, (1996, 1998 e 2000) produzindo vasto material acerca da ZEE nordestina.

Em março de 2001 foi promovido o I Workshop sobre o Programa Arquipélago para avaliação dos resultados gerados pelas pesquisas desenvolvidas na Estação Científica do arquipélago de São Pedro e São Paulo.

A partir de 1996, o Laboratório de Química Ambiental da Universidade Federal do Ceará - UFC ficou responsável pela área dos bancos e ilhas oceânicas e toda a produção científica desta área ficou a cargo de SALES et al, que apresentaram vários trabalhos em congressos, nas regiões enfocadas no presente estudo, na área de oceanografia química, todos decorrentes do Programa REVIZEE.

No entanto, apesar dos trabalhos acima descritos, verifica-se que a maioria dos dados é pontual, em épocas isoladas do ano, não permitindo um diagnóstico da área.

2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivos fornecer dados sobre a temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, pH e nutrientes (nitrito, nitrato, fosfato e silício), das regiões dos bancos e ilhas oceânicas da Zona Econômica Exclusiva nordestina, descrever sazonalmente (verão e outono) a variação horizontal e vertical destes parâmetros e sistematizar os dados obtidos, através da elaboração de um banco de dados, com vistas a facilitar e possibilitar uma posterior análise, integrada com as demais áreas do conhecimento, de regiões reconhecidamente importantes do ponto de vista econômico e carentes, do ponto de vista científico, deste tipo de informação, para que possa ser estabelecida a relação entre os sais nutrientes e os índices responsáveis pela produtividade do meio aquático (clorofila, matéria orgânica e produção primária).

3. DESCRIÇÃO DA ÁREA

A área em estudo situa-se, dentro do Programa REVIZEE, na sub-área II, setor 1 e setor 2, conforme mostrado na FIGURA 2, e está localizada a 1°N e 5°S de latitude e entre 29° e 40°W de longitude, abrangendo uma área de 600.000 km², não contando aí a referente as 200 milhas em torno do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, a qual corresponde a 350.000 km².

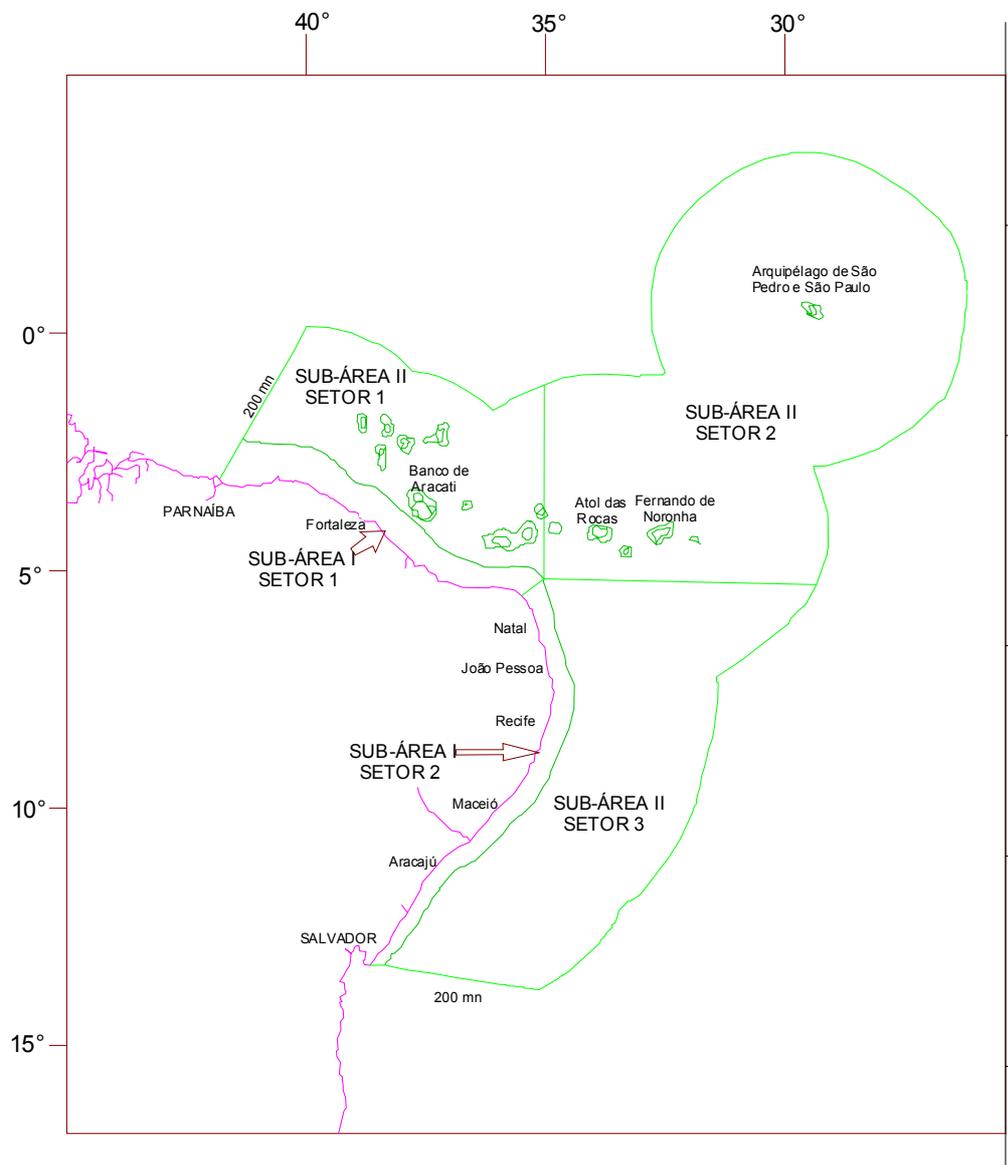


FIGURA 2 - Áreas da Zona Econômica Exclusiva do nordeste brasileiro prospectadas pelo Programa REVIZEE.

Os critérios utilizados para a divisão da Zona Econômica Exclusiva (ZEE) nordestina foram à distribuição da temperatura na profundidade de 150 m e a batimetria submarina.

O setor 1 está localizado a oeste de 35°W até a foz do rio Parnaíba, possuindo 250.000 km² de área. Esta região é de domínio da Corrente Norte do Brasil, com sentido E → W, com presença de bancos oceânicos rasos, com profundidade variando entre 50 e 350 m. Nas capturas com espinhel pelágico predominam a albacora laje, *Thunnus albacares*, e o tubarão toninha, *Carcharhinus signatus*.

O setor 2 está localizado a leste de 35°W e norte de 5°, com área de 350.000 km², incluindo o Arquipélago de Fernando de Noronha, Atol das Rocas e Arquipélago de São Pedro e São Paulo. A Corrente Sul Equatorial domina nesta área, com sentido E → W. Nas capturas com espinhel pelágico predominam a albacora laje, *Thunnus albacares*, e o tubarão azul, *Prionace glauca* (Projeto REVIZEE/Score NE, 1996).

Os ventos alísios do sudeste predominam durante quase todo o ano na região nordeste devido ao padrão de distribuição da pressão atmosférica no Oceano Atlântico Sul, com um centro de alta pressão localizado em torno de 30°S. Modificações sazonais sobre a posição e intensidade deste centro de alta pressão atmosférica associadas com anomalias na Temperatura da Superfície do Mar (TSM), alteram o padrão de ventos, bem como a qualidade e quantidade da precipitação no nordeste. GREISCHAR e HASTENRATH (2000) estudando a circulação atmosférica e o clima no Atlântico Tropical

encontraram que o posicionamento no extremo sul da Zona de Convergência Inter-Tropical (ITCZ), no curso do ciclo anual, coincide com a curta estação de chuva no nordeste do Brasil (março-abril). HASTENRATH (2000) verificou que durante os anos de seca nesta região, a ITCZ se posiciona anormalmente mais ao norte, em resposta aos gradientes inter-hemisféricos anômalos da Temperatura da Superfície do Mar.

Na área de Noronha predominam os ventos sudeste variando para nordeste com intensidade média de 4,8 m/s desde a superfície até o nível 750 mb. Na área do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, os ventos predominantes são mais intensos (5,3 m/s) e de leste-sudeste com variações para sudoeste para a mesma camada. A temperatura média da superfície do mar de cerca 28,0 C durante o verão com um índice de umidade relativa do mar de cerca de 78%, para o período de março de 1997.

O ambiente oceanográfico da ZEE é dominado pela Corrente Sul-Equatorial, com sentido E → W, que cruza o equador e divide-se nas proximidades do Brasil (5° a 10°) em dois ramos principais: o ramo rápido que flui para o norte entre 2° e 4°S e o ramo sul que bifurca-se na Corrente do Brasil (BC), que segue para o sul, e a Corrente Norte do Brasil (NBC), que é uma das três mais importantes correntes equatoriais, juntamente com a Corrente Equatorial Norte (NEC) e a Contracorrente Equatorial Norte (NECC).

A Corrente Norte do Brasil (NBC) segue rumo as Guianas, no sentido E → W, apresenta descontinuidade na foz do rio Amazonas e um dos seus braços vai ajudar a formar a Corrente das Guianas (GC), (GARRISON, 1995). Ela apresenta velocidades de 30 a 50 cm.s⁻¹ no início do ano, podendo chegar até a 100 cm.s⁻¹ no período do inverno (RICHARD, 1984).

A Corrente do Brasil (BC) é uma corrente oceânica de águas quentes, com temperatura média de 26°C, e salinas, que se desloca ao longo da costa leste para o sul do Brasil (GREENE, 1998).

A Corrente Equatorial Norte (NEC) é uma corrente de fluxo largo e uniforme que se dirige para oeste em aproximadamente 15°N, transportando águas quentes e salinas da Corrente das Canárias para os trópicos.

A Contracorrente Equatorial Norte (NECC) é sazonal, com sentido W → E permanecendo aproximadamente entre 3° e 10°N, sendo alimentada pela Corrente Norte do Brasil.

Conforme mostrado na FIGURA 3, no período de maio-outubro, que corresponde às estações de inverno-primavera no hemisfério sul, os ventos alísios do sudeste são mais fortes fazendo com que a SEC e a NBC sejam também mais fortes. Além disso, um rápido deslocamento em direção ao norte da ITCZ, leva a um forte aumento na intensidade do vento, levando a formação da NECC. Por sua vez, parte da NBC gira em direção ao leste, nas costas da Guiana, com redemoinhos anticiclônicos e instáveis, contribuindo também para a NECC. Aproximadamente 70% das

águas da descarga do rio Amazonas flui em volta desta área e é levada para o leste com a NECC.

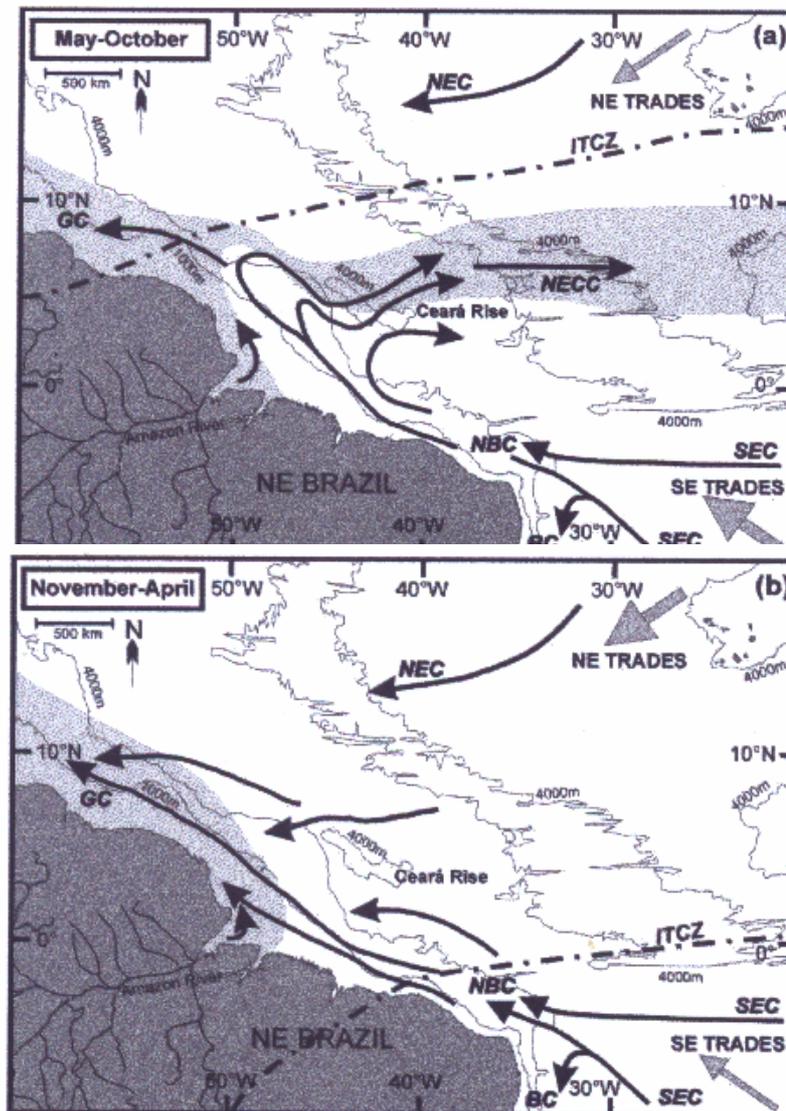


FIGURA 3 - Correntes superficiais do oceano Atlântico Equatorial Oeste (FONTE: Vink, A., Zonneveld, K. A. F., Willems, H., 2000)

Durante os meses de novembro-abril, que corresponde às estações de verão-outono no hemisfério sul, a ITCZ muda de posição para o sul e os ventos alísios do sudeste são agora mais fracos, levando a um enfraquecimento ou mesmo desaparecimento da NECC e retroflexão

da NBC; neste mesmo período, a NEC é mais forte e a NBC e a descarga do rio Amazonas fluem para o noroeste, fazendo então parte da Corrente das Guianas.

A área da ZEE-NE apresenta uma temperatura superficial relativamente homogênea com amplitude de variação inferior a $1,5^{\circ}$ C. Maiores valores foram encontrados no limite mais oceânico da ZEE e em torno da área do Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Verifica-se o mesmo padrão de distribuição para os meses de verão, porém com um aumento global da TSM de cerca de $1,5^{\circ}$ C relativo ao período da primavera.

A FIGURA 4 apresenta o mapa batimétrico da Zona Econômica Exclusiva do nordeste brasileiro. De um modo geral, pode-se observar que o relevo da plataforma continental é dominado por superfícies relativamente planas, alternadas com fundos ondulados, campos de dunas de areias e feições irregulares típicas dos recifes de algas e corais. O talude continental é interrompido pelo terraço do Ceará, localizado a profundidades que variam entre 2000 e 2500 m, com largura máxima de 30 cm e o platô do Ceará, com profundidades variando de 230 a 260 m. Vários montes submarinos se elevam acima do sopé continental, destacando-se o arquipélago de Fernando de Noronha e o Atol das Rocas. As cadeias Norte do Brasil de Fernando de Noronha regulam a morfologia e a sedimentação da região (COUTINHO, 1999).

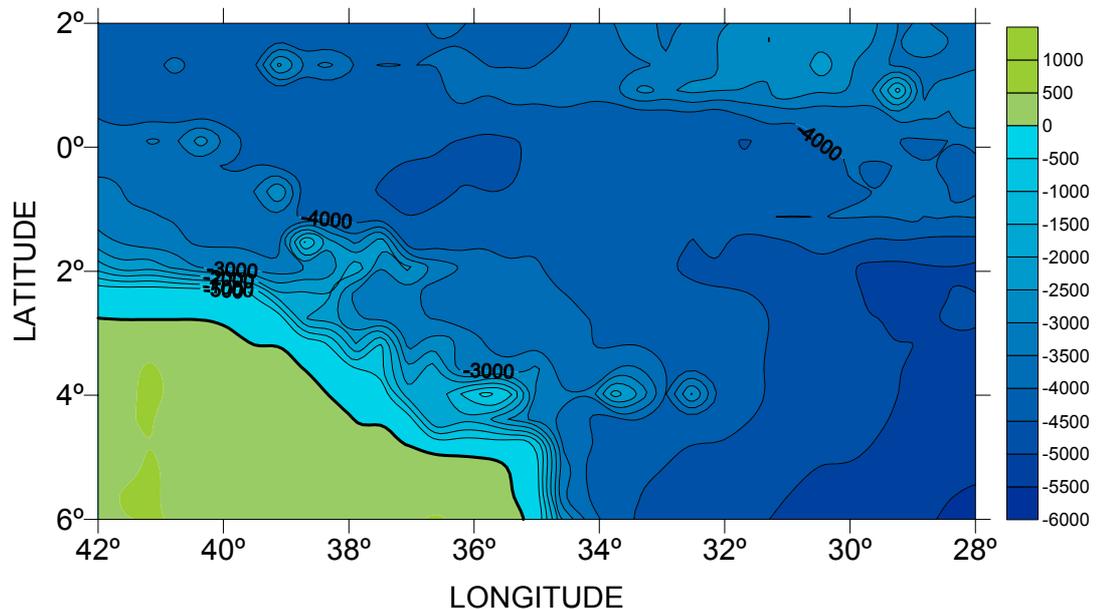


FIGURA 4 – Mapa batimétrico da Zona Econômica Exclusiva do nordeste brasileiro (FONTE: Freire, G.S.S., Santos, D.M., 2000)

As áreas de bancos e ilhas são geralmente caracterizadas por uma atividade pesqueira expressiva, segundo HAZIN (1993) e, apesar da grande importância econômica, continuam pouco conhecidas, por isso, detalharemos um pouco sobre os bancos e ilhas oceânicas existentes na região, enfatizando que estudos sobre as plataformas adjacentes as ilhas são praticamente existentes.

3.1. ARQUIPÉLAGO DE SÃO PEDRO E SÃO PAULO

Descoberto em 1511 pelo capitão Manuel de Castro Alcoforado, localizado a $0^{\circ}56,2'N$ de latitude e $29^{\circ}20,6'W$, ponto do Brasil mais próximo da África, a 1824 km de Guiné-Bissau e 937 km de Natal (Brasil), composto por rochas metabásicas, este minúsculo arquipélago é formado por cinco maiores e dez menores pontos rochosos, destacando-

se a de Belmonte, que tem 100 x 50 m, atingindo 20 m acima do nível do mar, a Challenger, a Nordeste e a Cabral, conforme mostra a FIGURA 5.



FIGURA 5 - Arquipélago de São Pedro e São Paulo

Não existem praias, e os blocos rochosos possuem seu embasamento a grandes profundidades. Em 25 de junho de 1998, a Marinha do Brasil inaugurou uma estação científica no local com o objetivo de fazer pesquisa, estabelecer a soberania brasileira e garantir os direitos de uma zona econômica exclusiva num raio de 200 milhas ao redor do arquipélago.

Considerado como um afloramento do manto sub-oceânico que emerge de profundidade acima de 4.000 m, o arquipélago constitui o ápice de uma falha transversal da Cadeia Meso-Atlântica, quando esta atravessa o equador (MALESOONE e COUTINHO, 1970) e é um caso raro no planeta onde houve formação natural de ilhas a partir de falha tectônica. Esta falha, além de possuir uma forma alongada, estende-se praticamente no sentido E→W, o mesmo da Corrente Sul Equatorial. O arquipélago de São Pedro e São Paulo está inserido em um complexo sistema de correntes devido a acentuadas variações sazonais, fazendo

com que sua hidrologia seja bem particular. Este sistema de correntes, por sua vez, está diretamente associado aos Ventos Alísios do Sudeste. No terceiro trimestre do ano, eles se tornam mais fortes devido ao aumento e deslocamento para Noroeste do centro de alta pressão atmosférica do Atlântico Sul, provocando assim uma intensificação do Sistema Equatorial de Correntes (TCHERNIA, 1980). A Corrente Equatorial Submersa provoca nesta área uma forte turbulência (PHILANDER, 1985) por ser a mais rápida das correntes equatoriais, flui ao longo do equador no sentido $W \rightarrow E$, contrário ao da Corrente Sul Equatorial, na profundidade de 60 a 100 m e alcançar velocidades acima de 100 cm.s^{-1} na parte superior da termoclina. No primeiro trimestre do ano, a Corrente Sul Equatorial é a única presente na região, com uma velocidade em torno de 20 cm.s^{-1} , desde a superfície até a profundidade de mais de 200 m (PETERSON E STRAMMA, 1991). Os ventos predominantes mostram uma intensidade média de $5,3 \text{ m.s}^{-1}$, com direção leste-sudeste e variações para sudoeste.

Este arquipélago apresenta uma grande variedade de sedimentos litificados, com um interessante tipo de conglomerado ultrabásico fosfático saliente no talude. Em profundidades abissais, são encontrados oólitos bem consolidados, calcários e margas. Depósitos de foraminíferos planctônico apresentam ser homogêneo, com abundância de *Globorotali truncatulinoidea*, uma espécie-guia do Quaternário (COUTINHO, 1995).

ANDRADE et al (2001) pesquisando os ictionêustons do arquipélago identificaram, ao nível taxonômico de família, a *Hemiramphidae* como a mais abundante. CARVALHO (2000) estudando a alça microbiana plantônica desta região mostrou que as cianobactérias foram os organismos mais representativos das densidades picoplantônica, com 77%, os picoflagelados representando o segundo grupo mais abundante e, em menor escala, os nanofagelados. As bactérias heterótrofas estiveram ausentes. MOURA (2000) analisando a biomassa primária fitiplantônica (clorofila-a) constatou que o arquipélago de São Pedro e São Paulo apresenta boa condição trófica, na faixa de 1% de luminosidade, no outono de 1998. NAVES et al (2001) estudaram a composição e abundância sazonal da avifauna do arquipélago e encontraram que a população residente soma em média 1000 aves sendo 411 *Sula leucogaster*, 237 *Anous stolidus* e 309 *A. minutus*. Outras nove espécies ocorreram como visitantes.

3.2. CADEIA NORTE DO BRASIL

Estes bancos estão situados entre 1°S e 3°S de latitude e 37°W e 39°W de longitude e são representados pelo banco de Aracati, o maior de todos, com 30 mn x 18 mn, localizado a 45 mn da costa, e por agrupamentos de bancos existentes à seu noroeste. A FIGURA 6 mostra a localização destes bancos. Eles estão inseridos na região onde a Corrente Norte do Brasil torna-se mais intensa, apresentando, no início do

ano, velocidades entre 30 a 50 $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$, podendo alcançar até 100 $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ no período do inverno (agosto) (RICHARD E MCKEE, 1984).

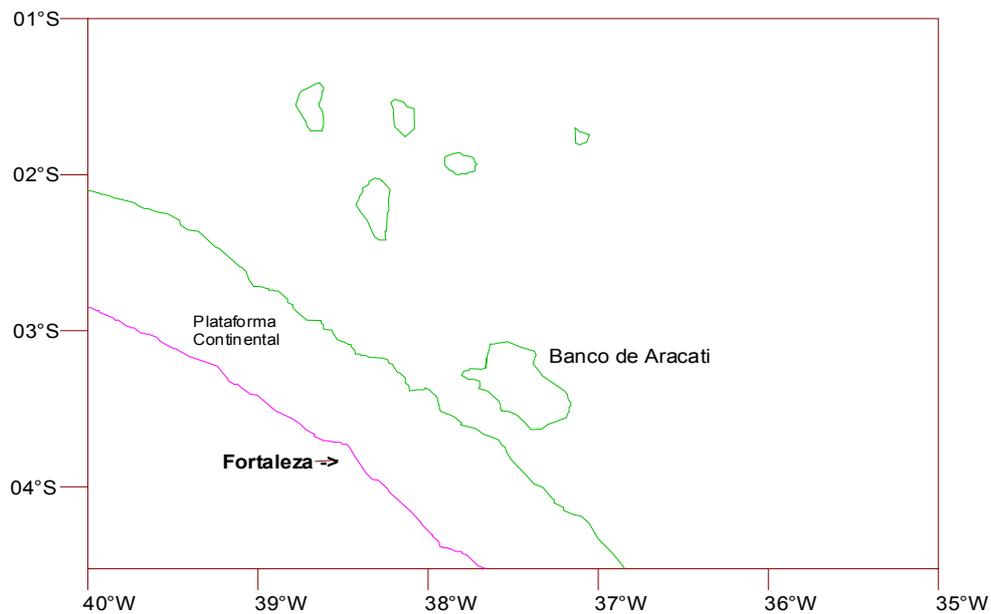


FIGURA 6 - Localização dos Bancos da Cadeia Norte do Brasil

COUTINHO (1996) descreve que "os montes submarinos desta cadeia tem topografia irregular, rochosa e estão dispostos paralelamente à base do talude continental, apresentando-se como uma crista estreita, alongando-se paralelamente à costa por 1300 km (46° a 35°W), a uma distância de aproximadamente 150 a 200 km do talude continental. A oeste de 39°W, sua continuidade é interrompida por passagens cada vez mais largas. A cadeia divide-se em dois segmentos, ambos com direção E → W, ligados por um segmento intermediário, de direção NW → SE. Esta feição eleva-se acima do sopé continental, com um relevo que varia de 300 a 400 m; geralmente tem largura em torno de

45 km na base, exceto em regiões com dois picos, onde se alarga para 75 km".

Os bancos da Cadeia norte do Brasil são recobertos por algas calcárias, principalmente *Lithothamnium*, além de estarem associados foramíniferos e brizóarios. O sedimento observado, para profundidades maiores que 70 m, foi biodetrítico, com uma maior mistura da parte biótica. MABESOONE E COUTINHO (1970) atribuíram uma idade recente para estes sedimentos e um embasamento provável de origem vulcânica que funcionaram até o Mioceno inferior como uma barreira de sedimentos.

CARVALHO (2000) observou que as cianobactérias predominam em 54% sobre os demais organismos da densidade picoplantônica, em segundo as bactérias heterotróficas com 31% do total, seguido dos picoflagelados com 10% e nanoplanctôn com 5% do total. O maior percentual dos organismos foi encontrado ao nível de 1% de luminosidade. MOURA (2000), acima citado, constatou que a região costeira e da Cadeia Norte do Brasil possuem as características mais eutroficas que as demais áreas da ZEE nordestina, na faixa iluminada da coluna d'água. Estes bancos são reconhecidamente locais de grande importância econômica para a atividade pesqueira.

3.3. CADEIA DE FERNANDO DE NORONHA

Esta cadeia está localizada entre 3° e 5°S de latitude e 32° e 38°W de longitude, conforme FIGURA 7, e é representada pelo

Arquipélago de Fernando de Noronha (03°30'S e 37°30'W), Atol das Rocas (03°30'S e 32°30'W), e diversos bancos como o Grande (03°50'S e 35°W) , o Sírius (04°S e 35°52'W, o Guará (03°55'S e 36°11'W) e o Drina (03°50'S e 32°40'W).

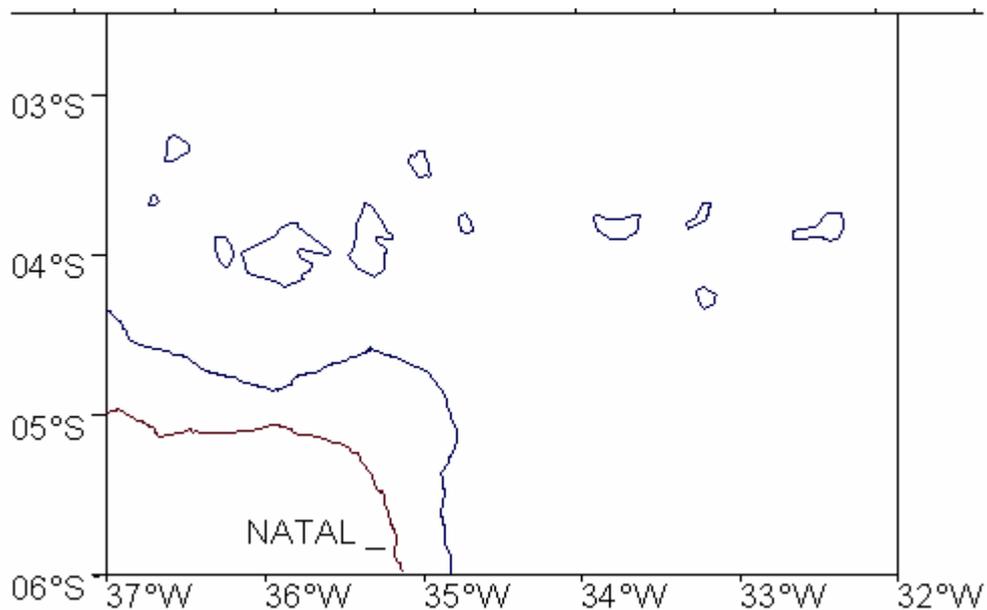


FIGURA 7 - Localização dos bancos da Cadeia de Fernando de Noronha

Situada no sopé continental, é constituída por um só segmento de montes, com direção E → W. Os montes elevam-se desde profundidades superiores a 400 m até quase a superfície. A cadeia estende-se do talude continental ao Arquipélago de Fernando de Noronha que é o topo de um monte submarino cuja base tem um diâmetro de aproximadamente 60 km. Alguns montes apresentam topo aplainado pela erosão marinha, formando bancos tipo “guyots”. Esta área sofre influência direta da Corrente Sul Equatorial e os ventos sudeste predominam,

variando para nordeste com intensidade média de $4,8 \text{ m.s}^{-1}$ desde a superfície até o nível de 750 mb.

O arquipélago de Fernando de Noronha tem uma área de $18,4 \text{ km}^2$ e, sua principal ilha, Fernando de Noronha, ocupa 91% da área total. Ele é um arquipélago vulcânico constituído por um substrato de rochas piroclásticas e cortado por rochas ígneas alcalinas e basálticas, com o pico capeado por arenitos calcários, constituídos em grande parte por fragmentos de alga. A idade do vulcanismo formador do arquipélago é de cerca de 2 a 12 m.a. (ALMEIDA, 1955). Os sedimentos são formados por material de origem eólica e marinha e cobrem menos de 7,5% deste arquipélago. OTTMANN (1959) observou a existência de fragmentos de algas do tipo *Lithothamnium* e *Halimeda* na profundidade de 58 m. Nas porções leste e sul do arquipélago os recifes existentes são constituídos por algas do tipo *Lithothamnium*.

O Atol das Rocas é um dos bancos da cadeia com topo quase a superfície (PALMA, 1984). KIKUCHI (1994), em sua tese de mestrado sobre o Atol, fornece uma descrição detalhada desta área:

O Atol das Rocas é o único atol no Oceano Atlântico Sul Ocidental, localizado a 144 milhas náuticas (cerca de 260 km) a E-NE da cidade de Natal, no Rio Grande do Norte, costa nordeste brasileira. Foi a primeira unidade de conservação marinha do Brasil. O Atol das Rocas é uma elipse semicircular, com área interna de $5,5 \text{ km}^2$, que ocorre na porção oeste do topo aplainado de um monte submarino. O seu eixo E-W tem aproximadamente 3,7 km, e o N-S, cerca de 2,5 km. Apesar de suas dimensões pequenas e a ausência de uma laguna profunda, ele é um atol pois além da forma anular, apresenta características encontradas nos demais atóis, como (i) a presença da laguna rasa e das ilhas arenosas

no lado a sotavento do recife (Caribe), (ii) a existência de uma crista algálica na borda recifal (Indo-pacífico) e (iii) a maior extensão do anel recifal no lado a barlavento.

Seu ponto médio situa-se entre 03°51'03" de latitude Sul e 33°40'29" de longitude Oeste de Greenwich, de acordo com a posição do farol da Reserva Biológica (SALES, 1991). De um modo geral, o sedimento predominante é constituído de resto de esqueletos de algas coralinas, testas de foraminíferos, fragmentos de conchas de moluscos, ossos de aves e peixes e excretas das aves (guano).

MABESOONE e COUTINHO (1970) descreveram a superfície do Atol das Rocas com 7,2 km² e um diâmetro de 3,2 km. SALES (1991) atribuiu uma área para a Reserva Biológica de 360 km², incluindo o Atol e as águas que o circundam até a isóbata de 1000 m.

4. METODOLOGIA

4.1. COMISSÕES E ESTAÇÕES DE COLETA

Em 1995, o navio oceanográfico Antares da Marinha do Brasil, FIGURA 8, iniciou uma série de comissões oceanográficas destinadas, dentro do âmbito do Programa REVIZEE, a obter informações da Zona Econômica Exclusiva do norte e nordeste brasileiro. Nas comissões que contemplaram o verão de 1997 e o outono de 1998, no hemisfério sul, foram desenvolvidas as atividades do presente estudo.



FIGURA 8 - Navio oceanográfico ANTARES da Marinha do Brasil.

A área pesquisada está inserida na subárea II / setor 1 e 2 do Programa REVIZEE e delimitada pelas seguintes coordenadas geográficas: norte de 5°S e oeste de 29°W, incluindo a Cadeia Norte do Brasil, arquipélago de Fernando de Noronha, Atol das Rocas e arquipélago de São Pedro e São Paulo, abrangendo 67 estações e 443 amostras no ano de 1997 e 66 estações e 418 amostras no ano de 1998, perfazendo um total de 133 estações e 861 amostras numa área de

600.000 Km². O QUADRO 1 mostra os detalhes dos cruzeiros realizados e a FIGURA 9 mostra a localização das estações de coleta.

QUADRO 1 - Detalhes dos cruzeiros realizados

Operação	Cruzeiro	Período	Área	Número de estações	Número de amostras
Nordeste II	P3	13/02 a 24/02/97	Cadeia Norte	24	155
Nordeste II	P4	27/02 a 07/03/97	Noronha/ Rocas	21	140
Nordeste II	P5	10/03 a 21/03/97	S. Pedro e S. Paulo	22	148
Nordeste III	P3	27/05 a 09/06/98	C. Norte/Noronha/Rocas	40	249
Nordeste III	P4	15/06 a 26/06/98	S. Pedro e S. Paulo	26	169
TOTAL				133	861

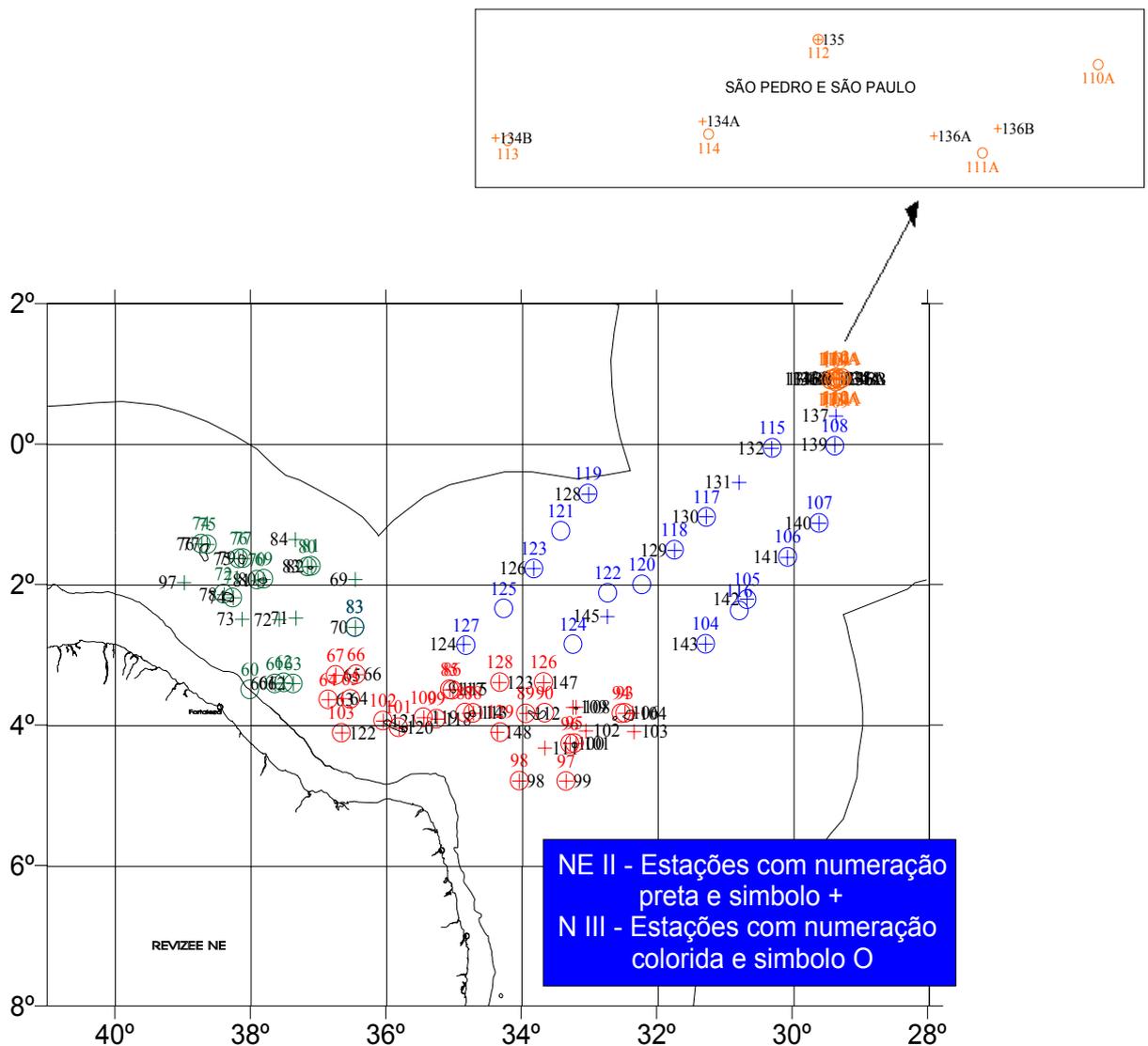


FIGURA 9 - Mapa contendo a localização das estações das comissões REVIZEE Nordeste II e Nordeste III.

4.2. HIDROLOGIA

As atividades de análise foram desenvolvidas tanto a bordo do navio como no Laboratório de Química Ambiental do Departamento de Química Analítica e Físico Química da Universidade Federal do Ceará e no Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco, que coletou e analisou as amostras referentes ao cruzeiro P3, Nordeste II. As seguintes variáveis foram analisadas: temperatura, salinidade, pH, oxigênio dissolvido, nitrito, nitrato, fosfato e silício reativo, gerando aproximadamente 8.000 parâmetros.

Os perfis de salinidade e temperatura foram obtidos através de um perfilador CTD (condutividade, temperatura e densidade) modelo SPE 911 plus, o qual estava acoplado a uma rosseti, conforme mostrado na FIGURA 10. As amostras foram coletadas por meio de uma rosseti, contendo 12 garrafas de Niskin com capacidade para 5 dm³ cada, modelo SBE 32. O equipamento era operado juntamente com o CTD; esta montagem tinha um cabo de aço contendo fibra ótica em seu interior enviando dados sobre a profundidade, condutividade, temperatura e densidade, permitindo assim que o monitoramento da profundidade da rosseti fosse 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.



FIGURA 10 - CTD, rosseti e montagem dos dois, respectivamente, usados nas coletas, a bordo do Noc. ANTARES

As amostras destinadas à análise dos nutrientes foram imediatamente congeladas em freezer (-18°C), existente no navio, para posterior análise, e o pH e oxigênio dissolvido foram analisados a bordo. Sete níveis de profundidade, em cada estação, foram definidos tanto em função da luminosidade como pelo comportamento da termoclina. O nível de luminosidade foi calculado através da Tabela de Extinção Percentual da Luz Solar, feita pela a Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), do Ministério da Marinha, através da profundidade de desaparecimento do disco de Secchi ($\Phi = 30$ cm), o qual era sempre lançado pela manhã. A máxima profundidade de coleta foi de 1000 metros. A medição da profundidade local foi feita por um ecobatímetro SINRAD EA-500. As nomenclaturas utilizadas para as profundidades coletadas estão 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.

A medida de pH foi efetuada com um potenciômetro da marca ORION modelo 420A e um eletrodo de vidro combinado marca ORION segundo GRASSHOF et al (1983). A calibração do equipamento era feita com padrões de pH 4,00 e 7,00 sempre antes de se efetuar as medidas. Infelizmente, todos os valores de pH obtidos na Comissão Nordeste II foram perdidos devidos a problemas no potenciômetro.

O oxigênio dissolvido foi analisado pelo método de Whinkler modificado e desenvolvido por STRICKLAND e PARSONS (1972). Uma bureta digital 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. Devido a problemas técnicos, os valores deste parâmetro também foram perdidos no ano de 1997.

Os valores das concentrações do fosfato (PO_4^{3-}), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-) foram 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.

As análises do nitrogênio amoniacal total não foram efetuadas devido a problemas de contaminação das amostras, durante o congelamento das mesmas.

As medidas das absorbâncias foram feitas em 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 foram analisadas, no mínimo, em duplicata, e uma curva de calibração sempre acompanhava o 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%.

4.3. NORMALIZAÇÃO DO TEXTO

Para elaboração deste trabalho as recomendações de DUPAS (1998), foram seguidas, segundo o Regimento Interno do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da

UFSCar. O texto foi digitado no Microsoft Word 97 SR-1, em fonte Arial, tamanho 12 e as tabelas no Microsoft Excel 97 SR-1, ambos da Microsoft Corporation.

Os gráficos da distribuição horizontal dos parâmetros, transectos verticais e os mapas foram elaborados no Surfer (Win 32) Version 6.01 da Gold Software, Inc.;

Os gráficos da variação vertical dos parâmetros e todos os cálculos efetuados na obtenção dos dados foram feitos no Microcal Origin Version 5.0 da Microcal Software. As fotos foram editadas no MGI PhotoSuite versão 1.05 starter edition, da MGI Software Corp..

O Banco de Dados "MARqui" foi criado no programa ACCESS 2000, da Microsoft Corporation.

4.3. TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Para as variáveis salinidade, temperatura, nitrito, nitrato, fosfato e silício reativo, utilizou-se Análise de Dados Longitudinais (Medida Repetida) onde a estatística usada, F de Snedecor, é calculada através do método de Máxima Verossimilhança Restrita, segundo o modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_j + \beta_i + \alpha\beta_{ij} + \delta_k + \alpha\delta_{ik} + \beta\delta_{jk} + \alpha\beta\delta_{ijk}$$

Para as variáveis oxigênio dissolvido e pH utilizou-se Análise de Dados Longitudinais (Medida Repetida) onde a estatística usada, F de

Snedecor, é calculada através do método de Máxima Verossimilhança Restrita, segundo o modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_j + \beta_i + \alpha\beta_{ij}$$

Nestas análises não houve observações no período de 1997 relativo a oxigênio dissolvido e pH em todas as regiões e profundidades.

O programa SAS, Copyright 1999, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA foi utilizado em todas as análises estatísticas.

5. RESULTADOS

5.1. VALIDAÇÃO DA METODOLOGIA

Com o objetivo de verificar a consistência dos resultados obtidos nas análises dos nutrientes, em janeiro de 1999, o Laboratório de Química Ambiental (LAQA/UFC) participou do Programa de Intercomparação e Capacitação em Química Analítica Marinha (PROQUIMAR), desenvolvido pelo Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM), do Ministério da Marinha, o qual distribuiu três amostras de água do mar para análise de nitrito, nitrato, fosfato e salinidade, a diversas Instituições. Os resultados obtidos encontram-se na TABELA 1.

TABELA 1 - Resultado da intercomparação

Amostras	Instituição	Salinidade (USP)	Fosfato ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)	Nitrito ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)	Nitrato ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)
A	IEAPM	24,27	0,60	0,11	2,20
	LAQA	24,29 \pm 0,01	0,52 \pm 0,04	0,10 \pm 0,01	1,74 \pm 0,02
B	IEAPM	35,02	1,10	0,64	7,10
	LAQA	34,76 \pm 0,04	0,98 \pm 0,04	0,64 \pm 0,01	6,93 \pm 0,01
C	IEAPM	19,53	3,00	1,40	15,55
	LAQA	19,40 \pm 0,01	2,69 \pm 0,03	2,35 \pm 0,02	13,34 \pm 0,37

A TABELA 2 mostra os resultados do teste "t" de Student, à nível de confiança de 95%. Quase todas as médias foram estatisticamente iguais, com exceção do nitrito, na concentração de 1,4 μM e nitrato, na concentração de 2,20 μM , que foram estatisticamente diferentes. As análises desses parâmetros foram repetidas e os problemas sanados.

TABELA 2 - Teste "t" de Student

	Concentração	t	p
Salinidade	24,25	1,1547	0,4544
	35,02	-3,7528	0,1658
	19,53	-7,5056	0,0843
Fosfato	0,60	-1,1547	0,4544
	1,10	-1,7321	0,3333
	3,00	-5,9660	0,1057
Nitrito	0,11	-0,5774	0,6667
	0,64	0,0000	1,0000
	1,40	27,4241	0,0232
Nitrato	2,20	-13,2791	0,0479
	7,10	-9,8150	0,0646
	15,55	-3,4485	0,1797

5.2. LIMITES DE DETECÇÃO E PRECISÃO DOS MÉTODOS

Os limites de detecção foram calculados, para os quatro nutrientes analisados, a partir dos valores obtidos para o desvio padrão do branco (mínimo de 20 resultados) e através das curvas de calibração, segundo MILLER e MILLER, (1993). O QUADRO 2, apresenta os resultados obtidos.

QUADRO 2 - Limites de detecção, em $\mu\text{mol.L}^{-1}$

Nitrito	Nitrato	Silício	Fosfato
0,022	0,123	0,237	0,01

A precisão dos métodos está indicada, nos vários níveis de concentração, nas curvas de calibração mostradas na FIGURA 11. Estas curvas foram obtidas através de uma média das curvas que sempre acompanhavam um lote de amostra.

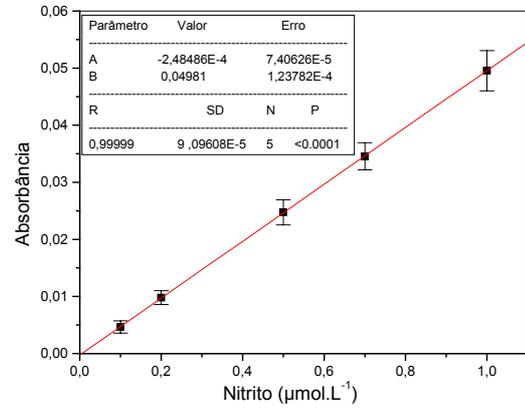
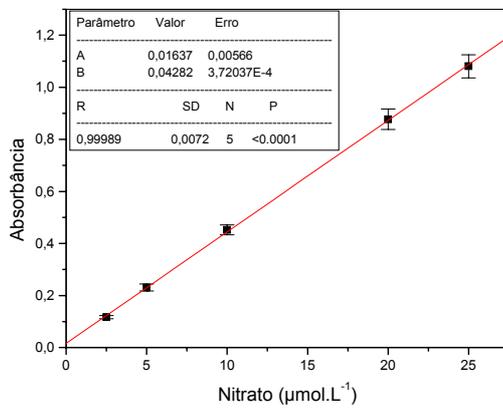
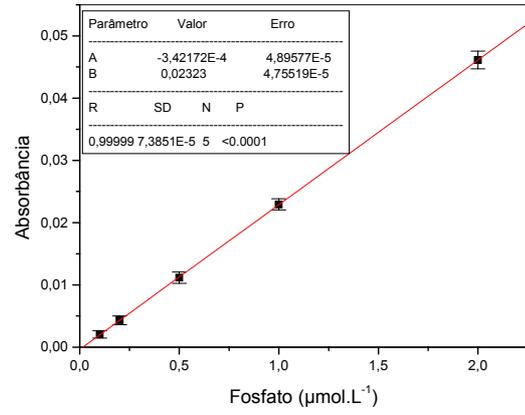
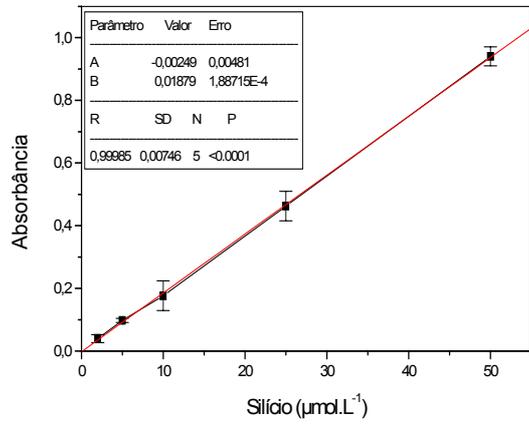


FIGURA 11 - Curvas de calibração médias para os nutrientes

5.3. HIDROLOGIA

Devido ao elevado número de dados e figuras obtidos neste estudo optou-se por colocar no texto somente alguns níveis de profundidade, na descrição da variação horizontal, assim como apenas as tabelas contendo as médias, desvio padrão, valores mínimos e máximos de cada parâmetro, em cada nível de profundidade. Todos os mapas e dados obtidos podem ser encontrados no CD room anexo a este trabalho.

Alguns mapas apresentaram valores iniciais negativos (nitrito, nitrato e fosfato) devido à interpolação pelo método de Kriging usado pelo Programa Surfer, o qual extrapola os valores, principalmente os muito baixos, quando faz a interpolação; isto foi uma limitação do Programa que não quisemos contornar já que teríamos que multiplicar os valores da concentração por algum fator (por exemplo, 10).

A FIGURA 12 mostra as áreas pertencentes a cada região estudada e que são citadas no texto.

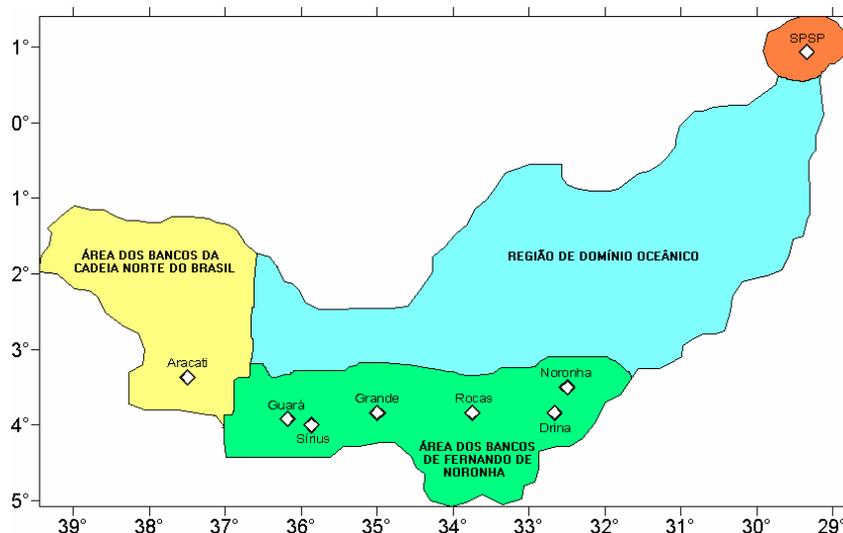


FIGURA 12 - Localização da divisão das áreas de estudo

Com o objetivo de conhecer os movimentos da água e a distribuição das várias propriedades nas seções verticais, na profundidade de até 200 metros, dez transectos foram selecionados, nominalmente T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9 E T10, conforme mostrados na FIGURA 13.

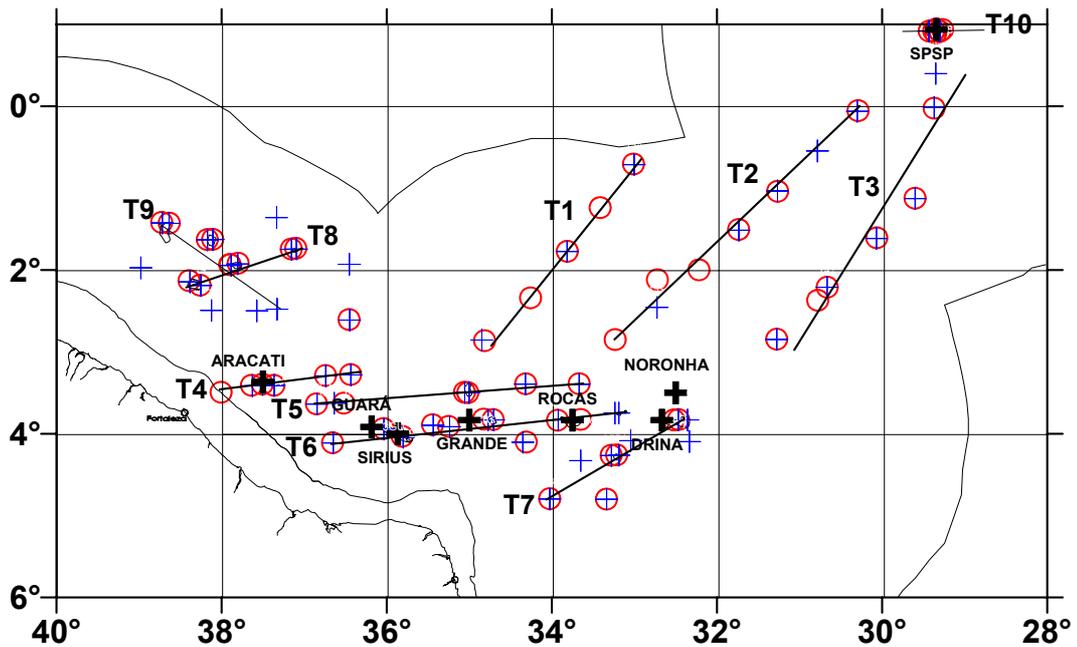


FIGURA 13 - Localização dos transectos escolhidos para estudo da distribuição das várias propriedades nas seções verticais.

5.3.1. TEMPERATURA

Os valores médios, com seus respectivos desvios, mínimos e máximos da temperatura, nos dois períodos de coleta e nas profundidades estudadas, estão mostrados na TABELA 3.

TABELA 3 - Valores médios, mínimos e máximos da temperatura, em °C

Profundidade	Temperatura-1997			Temperatura-1998		
	Mín	Média±sd	Máx	Mín	Média±sd	Máx
Superfície	27,12	27,68±0,18	28,26	26,86	28,08±0,48	28,80
50% de luminosidade	27,12	27,62±0,18	27,98	26,86	28,07±0,47	28,80
1% de luminosidade	21,94	26,17±1,73	27,84	19,94	26,09±2,20	28,93
Início da Termoclina Sazonal	22,36	26,59±1,14	27,84	16,16	26,37±2,39	28,93
Meio da Termoclina Sazonal	15,15	19,66±2,64	25,45	8,36	19,41±3,59	27,36
Final da Termoclina Sazonal	11,18	14,44±1,28	19,36	7,50	13,74±2,83	23,67
Final da Termoclina	6,74	9,14±1,48	13,13	5,06	7,94±2,62	16,36

A temperatura da camada superficial da água do mar apresentou, no verão (1997), um mínimo de 27,12°C e máximo de 28,26°C, com uma média de 27,68±0,18°C. No outono (1998), um mínimo de 26,86°C, máximo de 28,80°C e média de 28,08±0,48°C foram obtidos, mostrando assim uma maior amplitude de variação térmica nesta estação do ano. As FIGURAS 14 e 15 exibem temperaturas mais reduzidas na área próxima a São Pedro e São Paulo, nas duas estações do ano, em relação às outras áreas. Elas também indicam uma maior homogeneidade da temperatura no verão. Um gradiente crescente e suave pode ser observado na área oceânica ao norte da região dos bancos de Fernando de Noronha na FIGURA 14 e um vórtice de concentração máxima, no banco de Aracati é exibido na FIGURA 15.

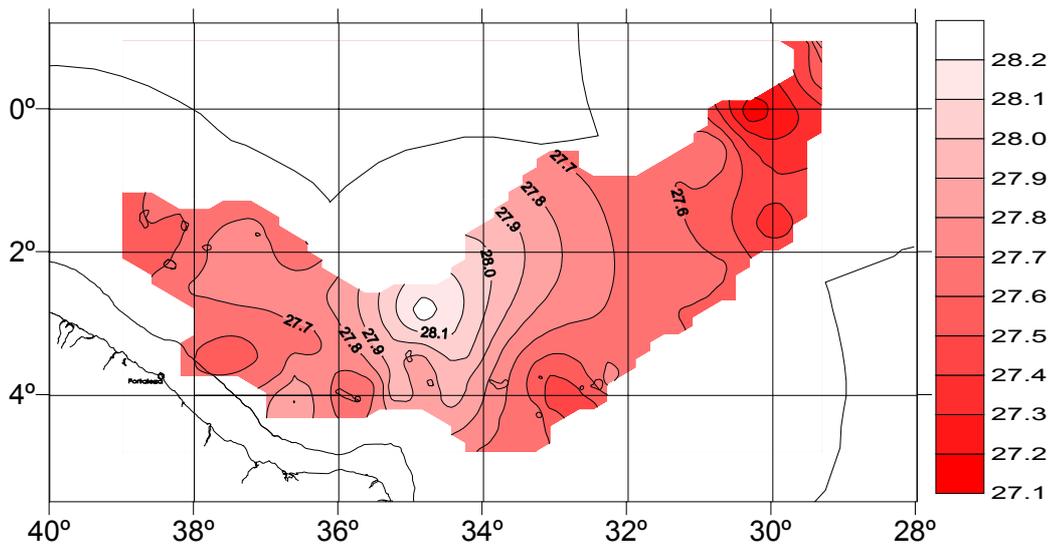


FIGURA 14 - Variação da temperatura, na camada superficial, para o verão de 1997 - Operação Nordeste II.

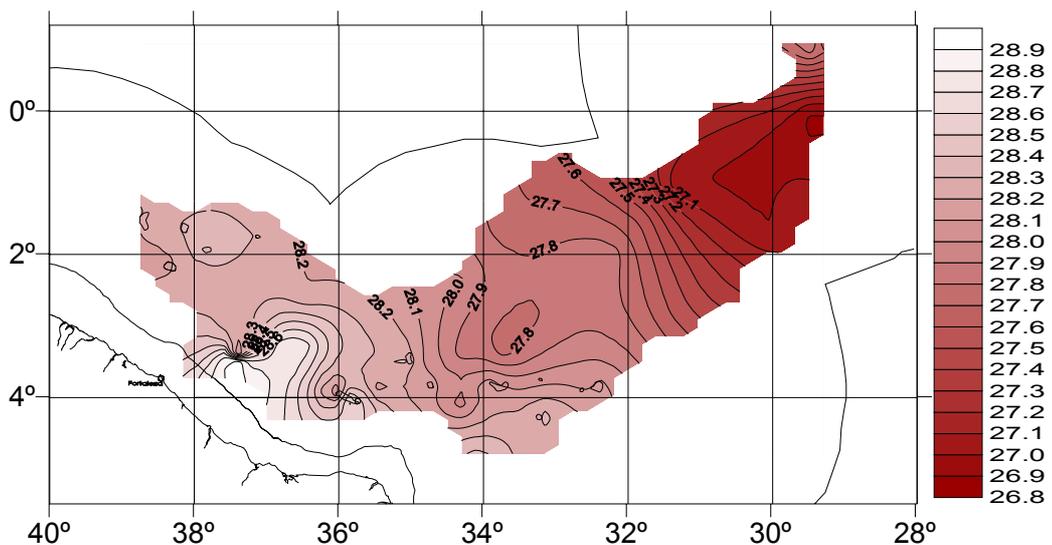


FIGURA 15 - Variação da temperatura, na camada superficial, para o outono de 1998 - Operação Nordeste III.

Na profundidade de 1% de luminosidade, as FIGURAS 16 e 17 mostram um comportamento da temperatura bem diferenciado da camada superficial. No verão, a área dos Bancos da Cadeia Norte apresenta uma temperatura bastante elevada e uniforme, enquanto que em São Pedro e São Paulo há um gradiente negativo de $1,74^{\circ}\text{C}$.

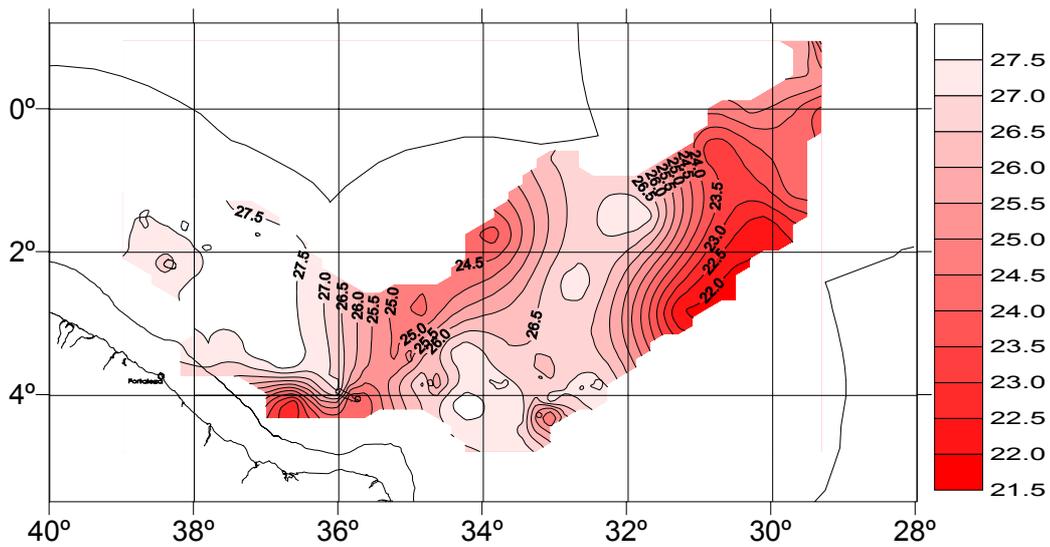


FIGURA 16 - Variação da temperatura, em 1% da luminosidade, para o verão de 1997 - Operação Nordeste II.

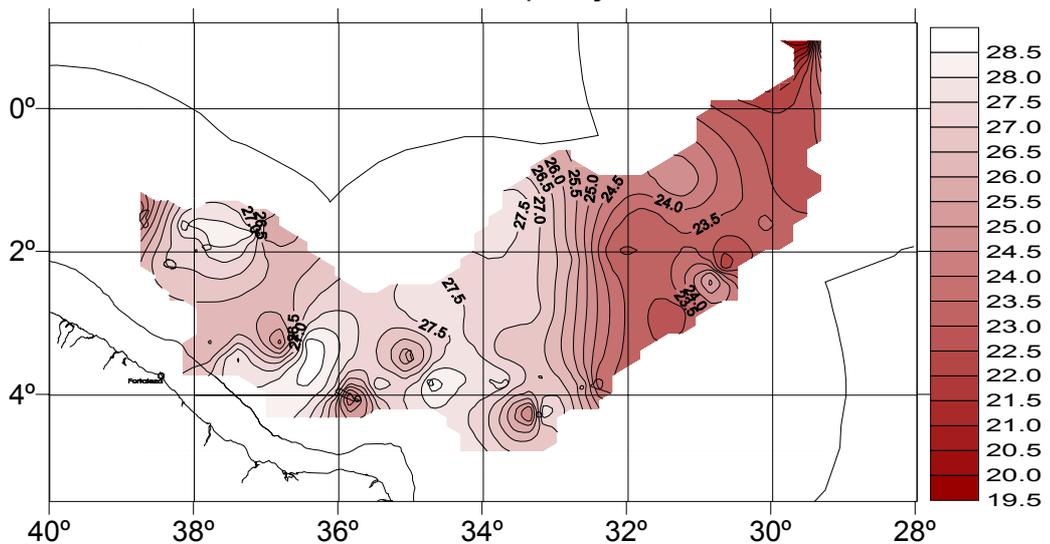


FIGURA 17 - Variação da temperatura, em 1% da luminosidade, para o outono de 1998 - Operação Nordeste III.

No outono, a temperatura se distribuiu irregularmente e numa amplitude mais elevada que no verão, com vários vórtices de mínima, principalmente na região dos bancos de Fernando de Noronha.

As FIGURAS 18 e 19 mostram a distribuição horizontal da temperatura nas profundidades de 435 ± 118 m e 463 ± 155 m, respectivamente.

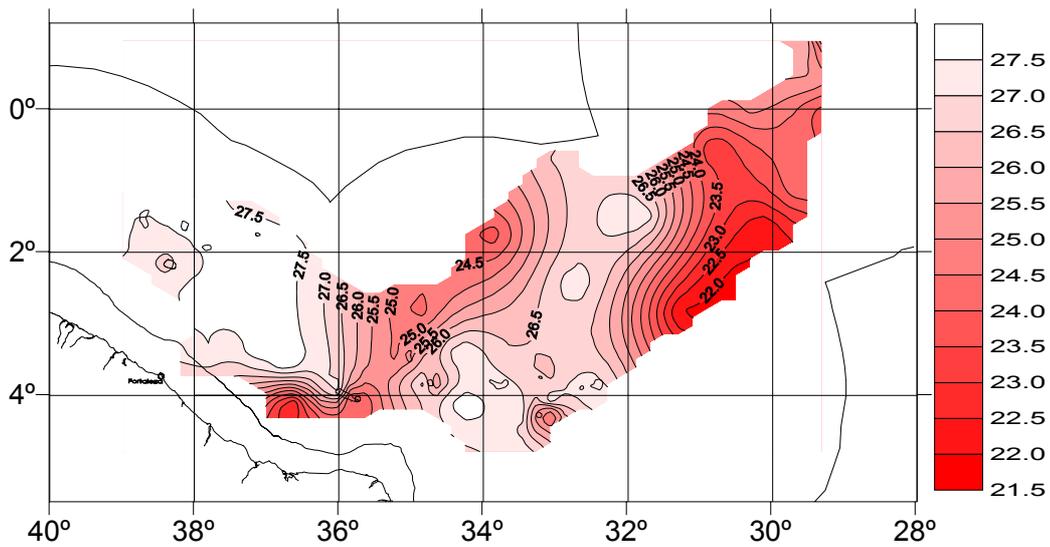


FIGURA 18 - Variação da temperatura, no final da termoclina permanente, para o verão de 1997 - Operação Nordeste II.

A FIGURA 18 apresenta um certo grau de homogeneidade na região ao leste de 32° e um grande número de isolinhas paralelas à plataforma continental na região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil; gradientes crescentes de concentração podem ser vistos na área dos bancos da Cadeia de Fernando de Noronha.

Na FIGURA 19 um vórtice de máxima é observado novamente no banco de Aracati e outro ao Norte da mesma região; largos vórtices de mínima são vistos na região de Fernando de Noronha e pequenas variações da temperatura na área de São Pedro e São Paulo.

No verão, o valor mínimo da temperatura foi de 6,74°C na profundidade de 679 m, na estação 148 e máxima de 28,26 °C na superfície da estação 124; no outono, a temperatura mínima foi de 5,06 °C, profundidade de 700 m, na estação 98 e máxima de 28,93 °C,

profundidade de 70 m, na estação 88, todas localizadas na região dos bancos da Cadeia de Fernando de Noronha.

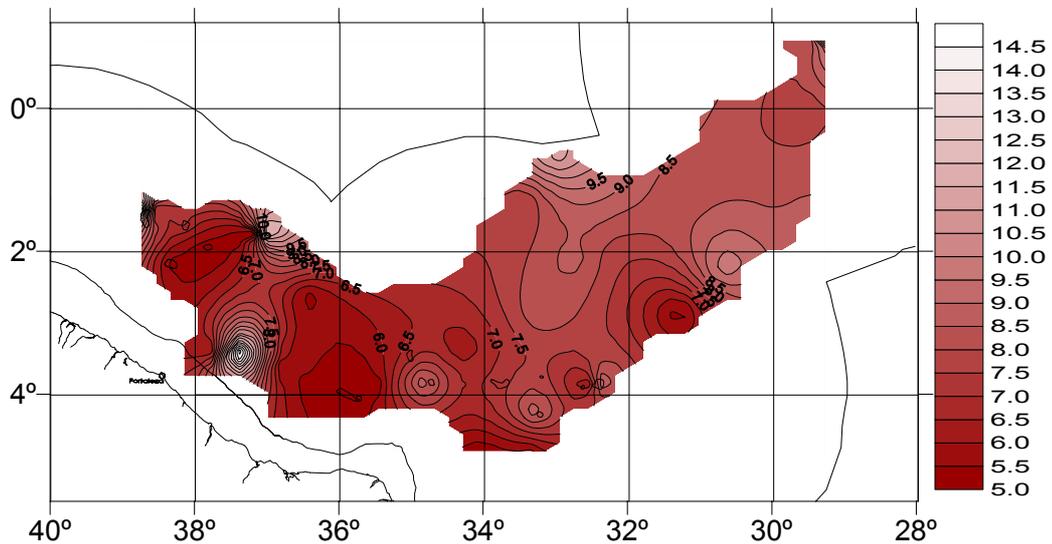


FIGURA 19 - Variação da temperatura, no final da termoclina permanente, para o outono de 1998 - Operação Nordeste III.

A FIGURA 20 mostra a variação vertical da temperatura, podendo-se observar uma diminuição com a profundidade, com uma variação térmica de $18,54^{\circ}\text{C}$ no verão e de $20,14^{\circ}\text{C}$ no outono.

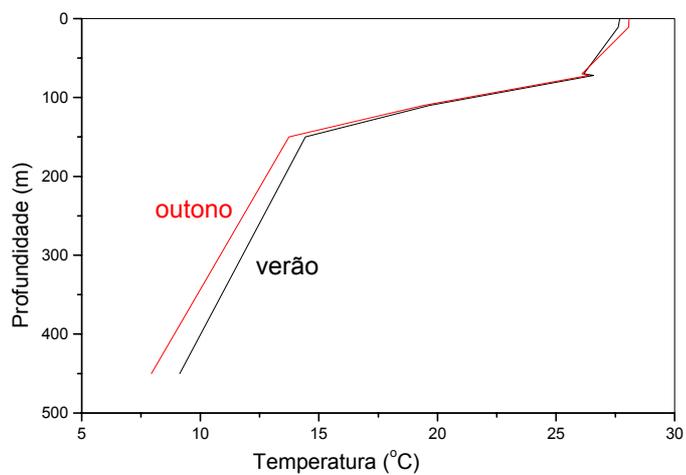


FIGURA 20 - Variação vertical da temperatura para o verão de 1997 e outono de 1998

Os dados verticais obtidos nas duas estações do ano indicam que a profundidade da camada de mistura diminui com a latitude, fato observado também no arquipélago de São Pedro e São Paulo, alcançando valores médios de 50 m, mesmo ele estando acima da linha do Equador. O início da termoclina, a qual está sempre presente em toda a área estudada, se dá por volta dos 70 m, com exceção da região de São Pedro e São Paulo, onde ela ocorre, em média, a 50 m no verão e a 35 m no outono, e da região oceânica, com início em torno dos 60 m, nos dois períodos estudados. Foi observado que a profundidade de 1% de luminosidade frequentemente coincidia com o início da termoclina sazonal, algumas vezes com o meio da termoclina sazonal e, em alguns casos, era maior que a profundidade do início da termoclina sazonal.

Os perfis da distribuição vertical da temperatura nos transectos do verão estão mostrados nas FIGURAS 21, 22 e 23, onde se pode observar elevações das isotermas no perfil T2, na faixa dos 50 e 100 m, e um afundamento da isoterma de 26°C na estação 129. No perfil T3 elevações de maiores amplitudes podem ser observadas nas estações 137 e 139, chegando a atingir a camada eufótica e um afundamento da isoterma de 17°C na estação 137. Conforme anteriormente verificado, a camada de mistura foi diminuindo com o aumento da latitude, embora o perfil T6 exiba uma espessura da camada de mistura de aproximadamente 40 m.

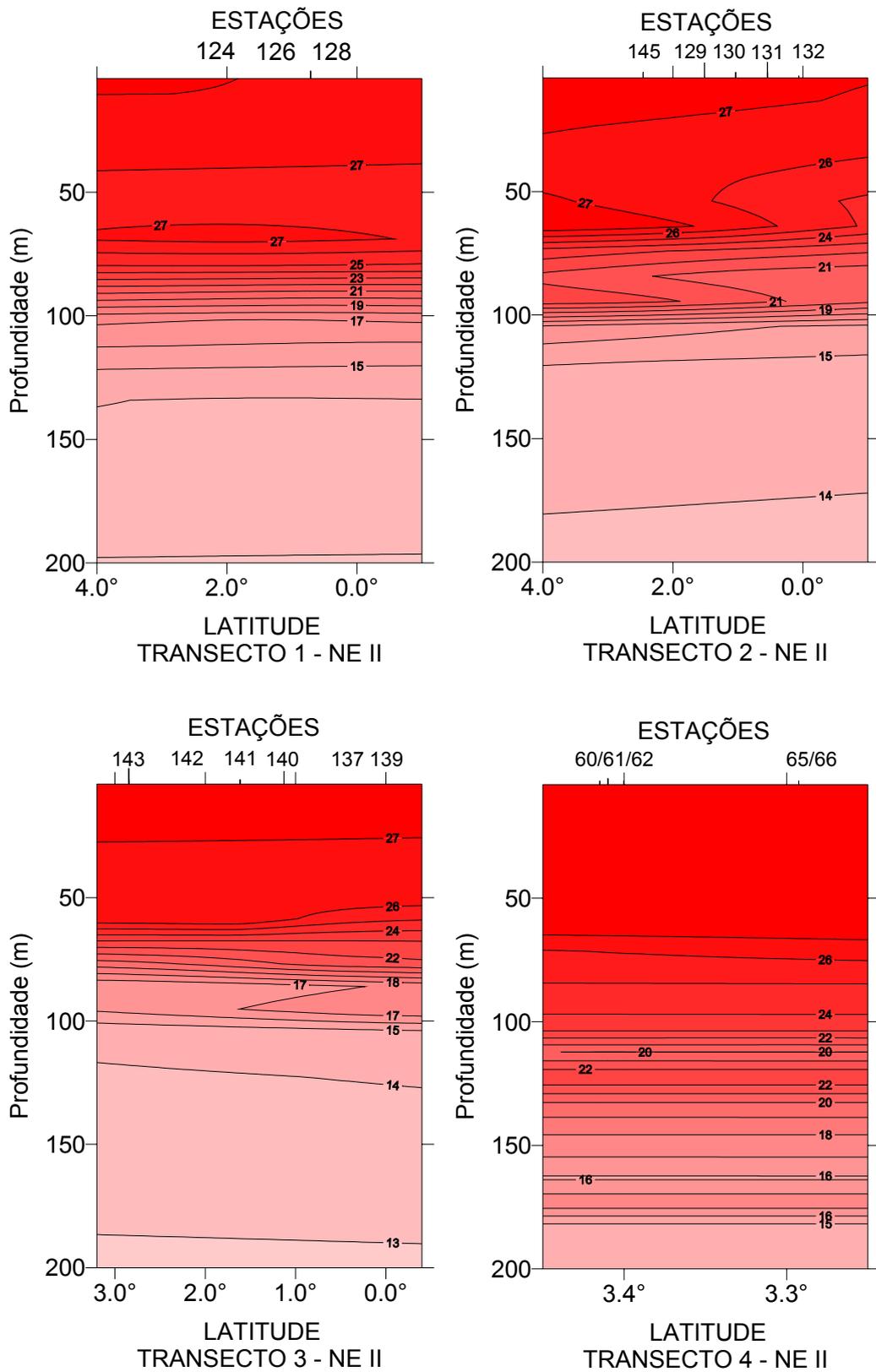


FIGURA 21 - Perfis verticais da temperatura no verão de 1997, na região nordeste do Brasil - transectos T1, T2, T3 e T4.

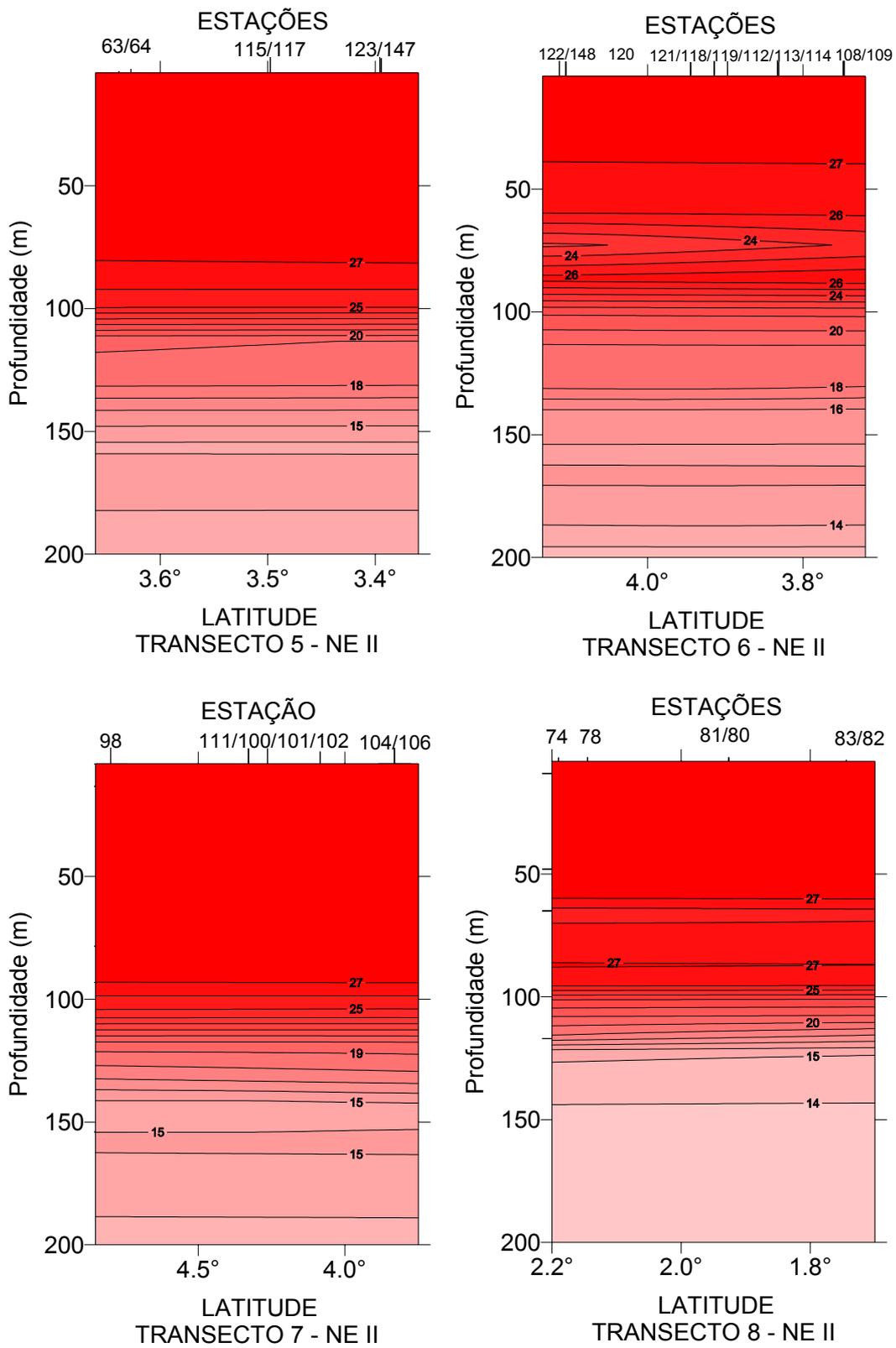


FIGURA 22 - Perfis verticais da temperatura no verão de 1997, na região nordeste do Brasil - transectos T5, T6, T7 e T8.

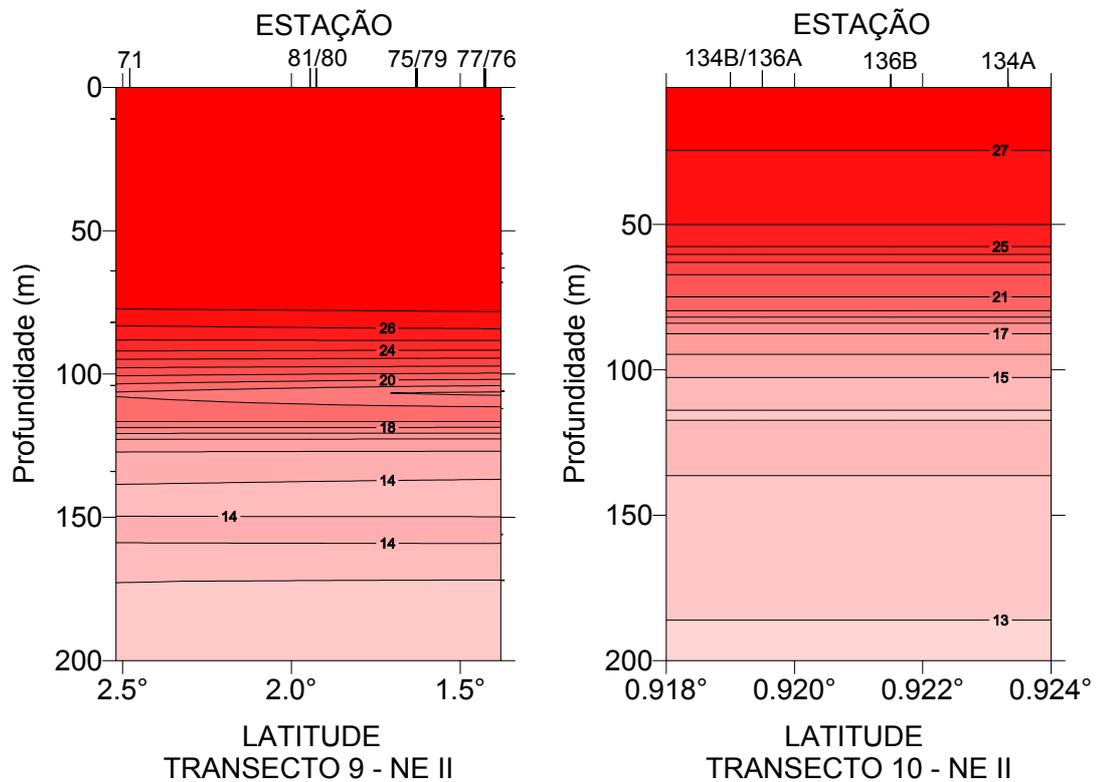


FIGURA 23 - Perfis verticais da temperatura no verão de 1997, na região nordeste do Brasil - transectos T9 e T10.

No outono, a camada de mistura se apresenta bem mais heterogênea conforme exibido nas FIGURAS 24, 25 e 26. Uma elevação nas isotermas de 15 e 16°C pode ser observado no perfil T1; no perfil T2 uma suave elevação das isotermas na faixa de profundidade de 50 a 100 m pode ser visto bem como uma elevação de aproximadamente 25 m na isoterma de 27°C; uma elevação das isotermas de 16 e 18°C nas imediações da estação 107 e um outro de cerca de 40 m na isoterma de 14°C também pode ser notado no perfil T3.

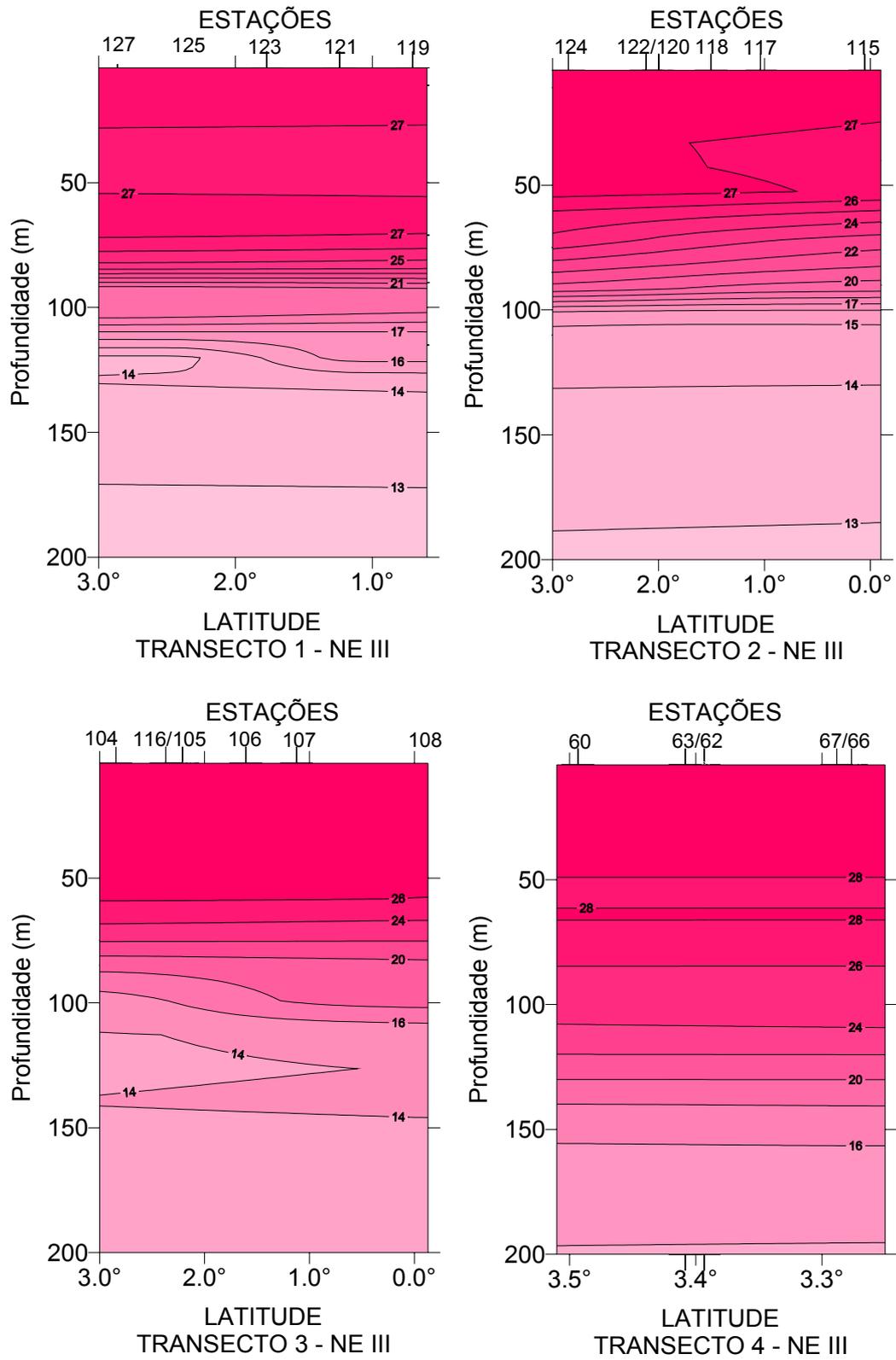


FIGURA 24 – Perfis verticais da temperatura no outono de 1998, na região nordeste do Brasil - transectos T1, T2, T3 e T4.

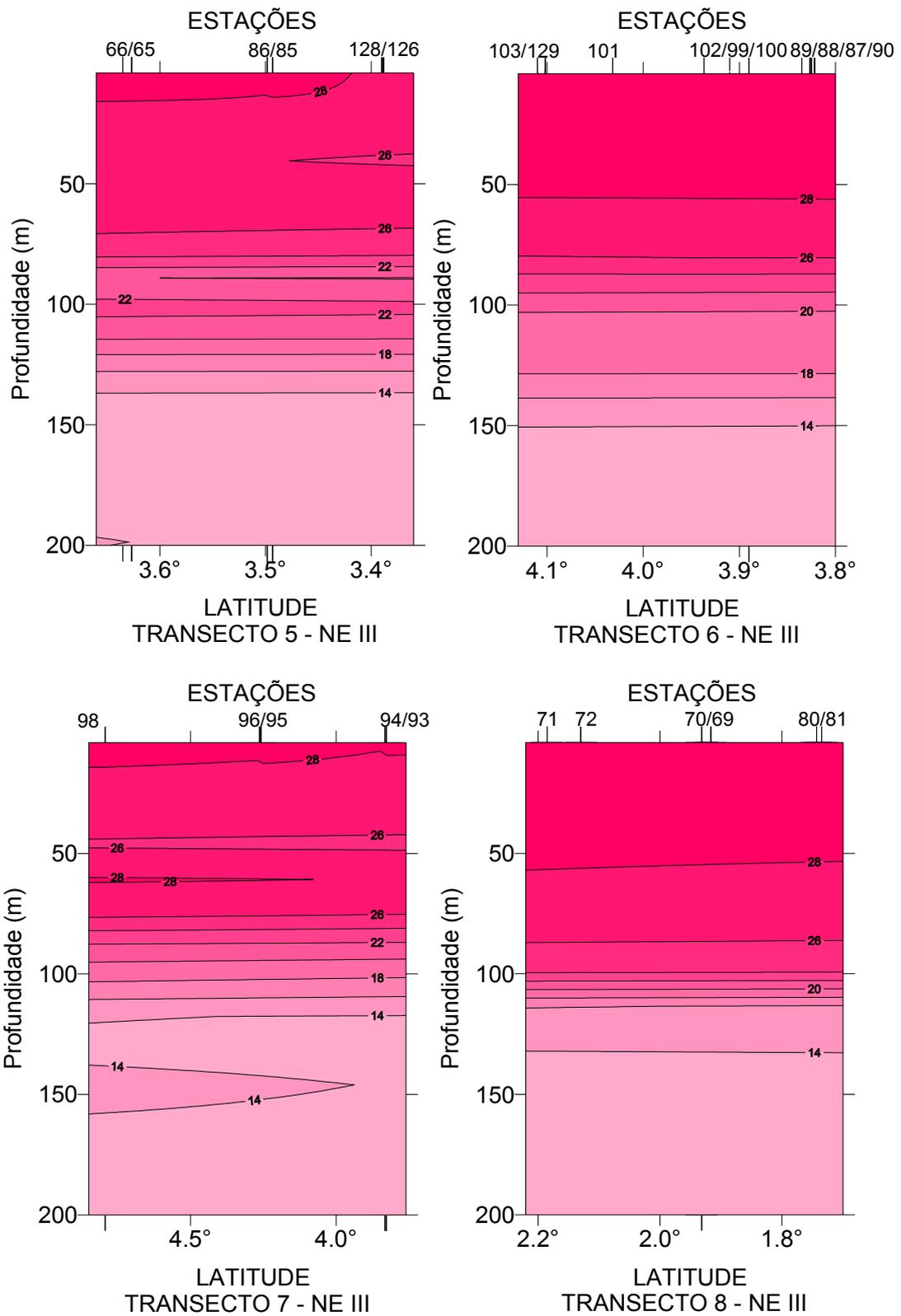


FIGURA 25 - Perfis verticais da temperatura no outono de 1998, na região nordeste do Brasil - transectos T5, T6, T7 e T8.

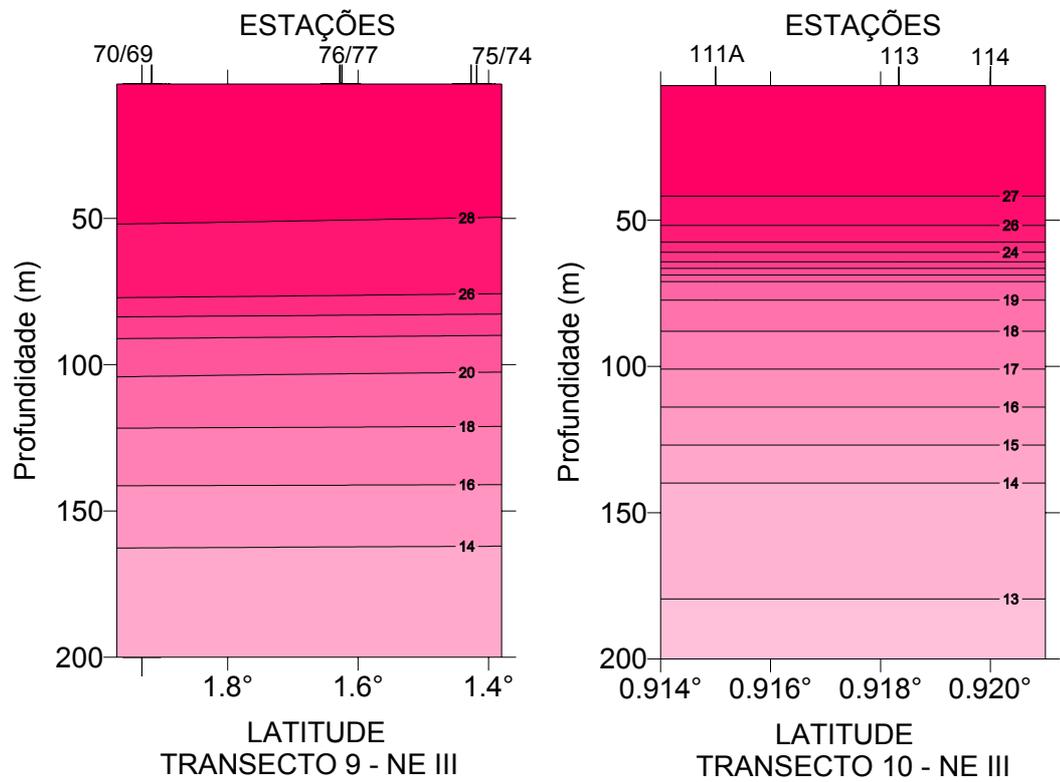


FIGURA 26 - Perfis verticais da temperatura no outono de 1998, na região nordeste do Brasil - transectos T9 e T10.

5.3.2. SALINIDADE

A TABELA 4 apresenta os valores médios, com seus respectivos desvios e os valores mínimos e máximos da salinidade, nos dois períodos estudados e nas profundidades de coleta.

TABELA 4 – Valores médios, mínimos e máximos da salinidade, em USP.

Profundidade	Salinidade-1997			Salinidade-1998		
	Mín	Média±sd	Máx	Mín	Média±sd	Máx
Superfície	35,56	35,89±0,12	36,09	35,52	36,12±0,21	36,70
50% de luminosidade	35,54	35,90±0,18	36,97	35,52	36,12±0,19	36,37
1% de luminosidade	35,67	35,98±0,19	36,65	35,67	36,38±0,33	37,03
Início da Termoclina Sazonal	35,638	35,98±0,19	36,59	35,54	36,35±0,36	37,03
Meio da Termoclina Sazonal	34,98	35,71±0,42	36,87	34,62	36,01±0,50	37,01
Final da Termoclina Sazonal	34,28	34,85±0,24	35,73	34,34	35,31±0,44	36,60
Final da Termoclina	33,17	33,84±0,33	34,55	34,35	34,62±0,29	35,63

As FIGURAS 27 e 28 mostram que a área de São Pedro e São Paulo é a que apresenta a salinidade mais baixa, em ambos os períodos estudados, com uma média de 35,64±0,13 USP e 35,59±0,04 USP no outono. No verão, os teores mais elevados da salinidade foram encontrados na área de Fernando de Noronha e bancos da Cadeia Norte do Brasil, com valores médios de 35,94±0,04 USP e 35,94±0,07 USP, respectivamente. No outono, a área oceânica apresentou os valores mais altos da salinidade, com uma média de 36,26±0,15 USP. Observa-se, como ocorrido com a temperatura, que a salinidade vai diminuindo em latitudes mais altas.

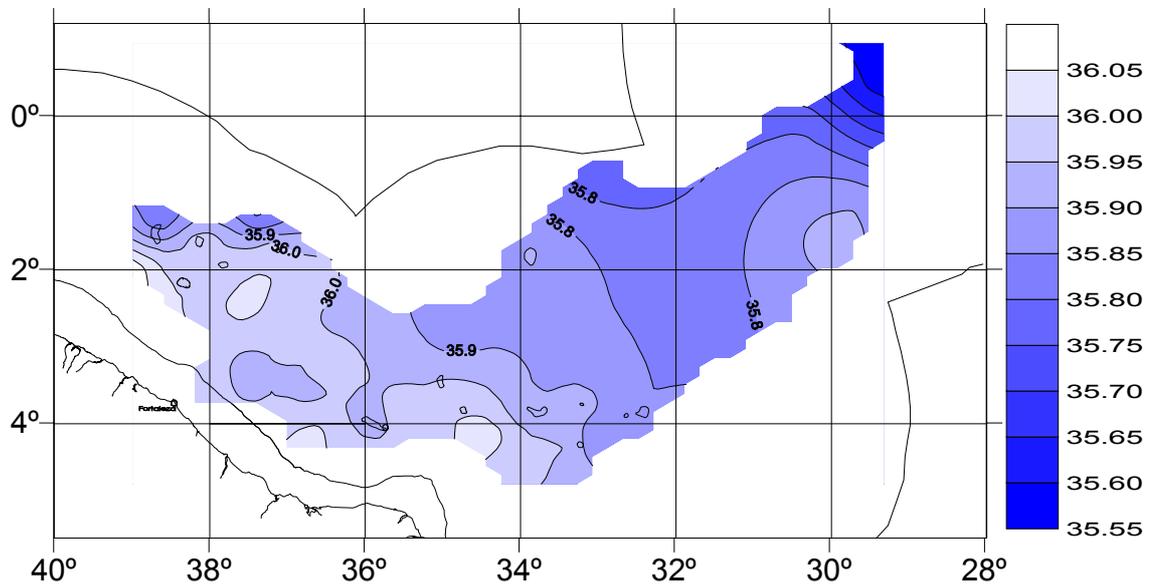


FIGURA 27 – Variação da salinidade, na camada superficial, para o verão de 1997 – Operação Nordeste II.

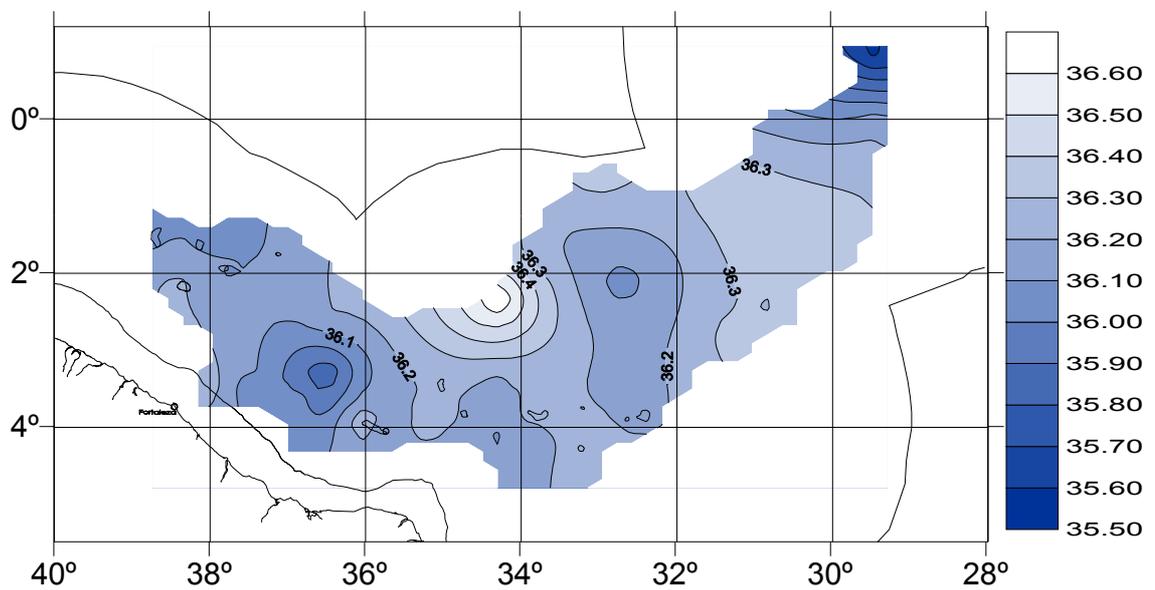


FIGURA 28 – Variação da salinidade, na camada superficial, para o outono de 1998 – Operação Nordeste III.

A variação vertical da salinidade está apresentada na FIGURA 29. Nota-se que há um aumento gradativo da salinidade para um valor máximo até, aproximadamente, o início da termoclina sazonal,

sendo que, na camada misturada, a profundidade deste máximo diminui com o aumento da latitude. Os valores de máximo oscilaram entre 61 e 84 m no verão e, com uma camada menos espessa, de 64 a 71 m, no outono.

Na termoclina, a salinidade diminui rapidamente e, gradualmente após o final da termoclina. Os valores da salinidade no outono foram bem mais elevados que no verão.

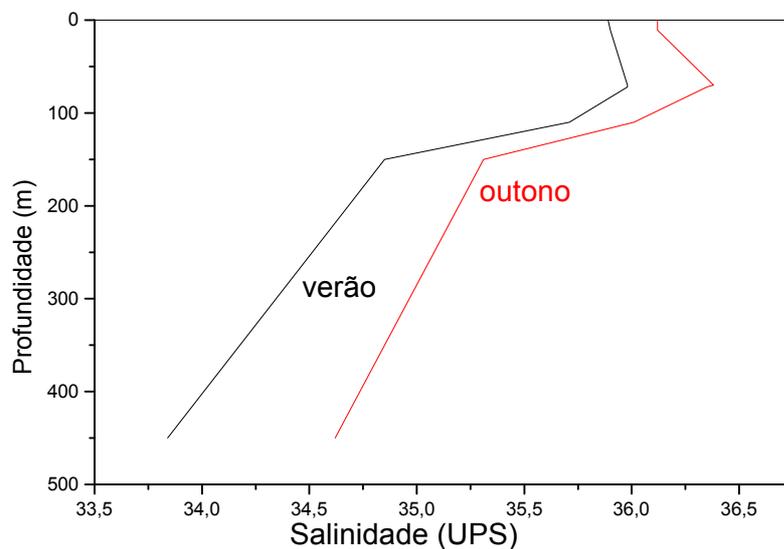


FIGURA 29 - Variação vertical da salinidade para o verão de 1997 e outono de 1998.

Os menores valores da salinidade foram encontrados na região do arquipélago de São Pedro e São Paulo, nos dois períodos estudados e os maiores, na área dos bancos de Fernando de Noronha. O verão apresentou uma camada de mistura com menor oscilação no valor da salinidade, no entanto, com uma maior variabilidade nas camadas abaixo enquanto que, a salinidade no outono, abaixo da camada de

mistura, teve uma distribuição bem mais definida, homogênea, com valores e distribuição bem semelhantes.

As FIGURAS 30 e 31 mostram a distribuição horizontal da salinidade em 434 ± 118 m e 463 ± 155 m, respectivamente.

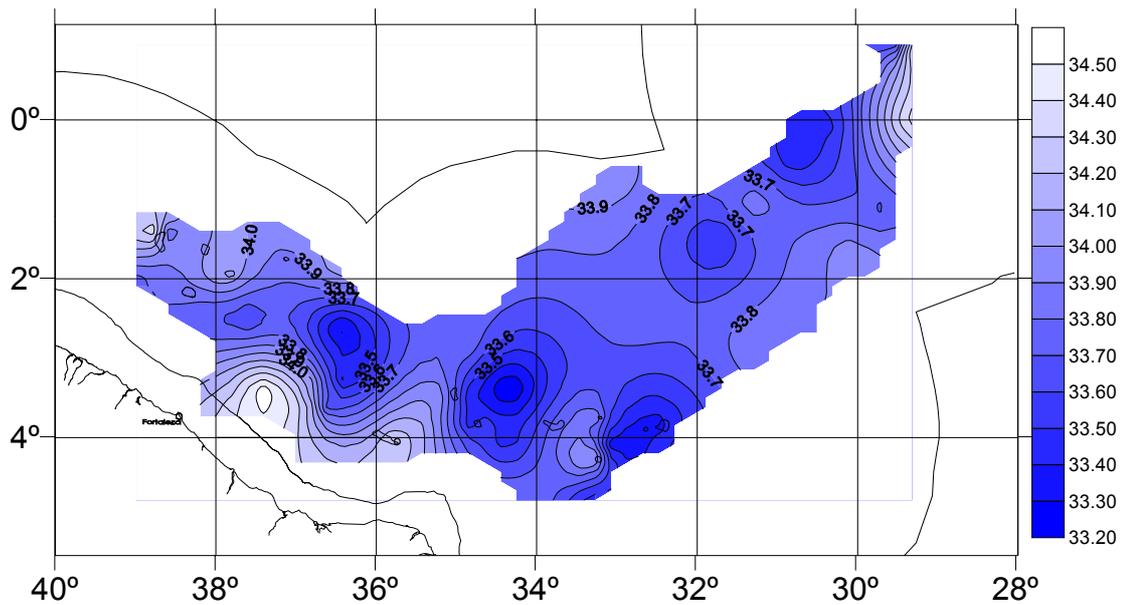


Figura 30 – Variação da salinidade, no final da termoclina permanente, para o verão de 1997 – Operação Nordeste II.

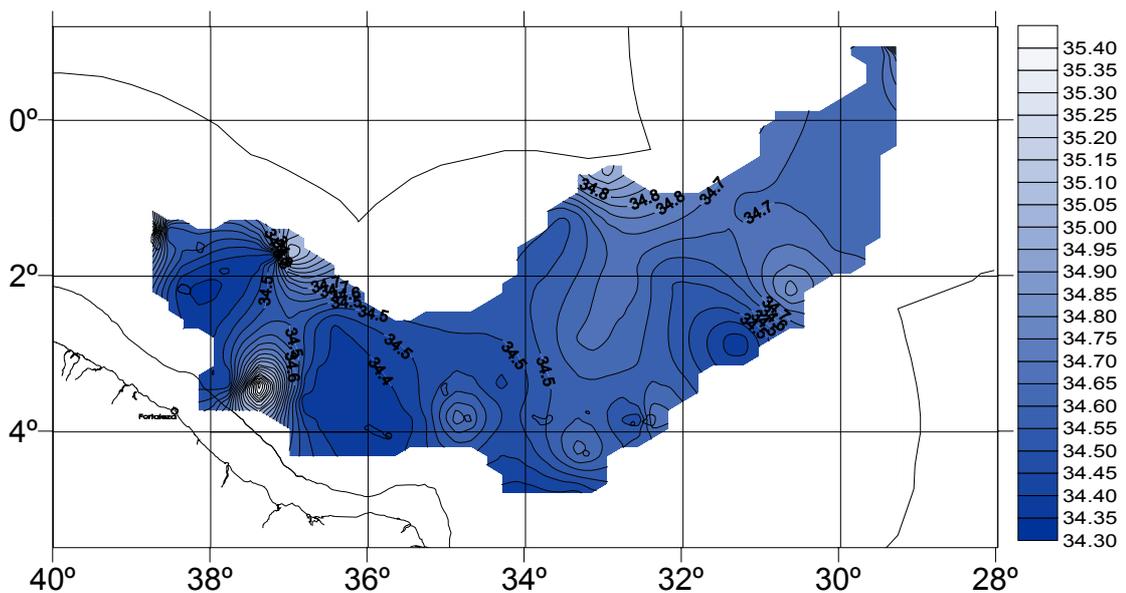


Figura 31 – Variação da salinidade, no final da termoclina permanente, para o outono de 1998 – Operação Nordeste III.

Nas duas estações do ano observa-se o mesmo vórtice de máxima no banco Aracati, da região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil, sendo mais intenso no outono. Regiões distintas com a mesma salinidade também são exibidas nas duas figuras.

Os perfis verticais dos transectos obtidos para esta variável, no verão, estão mostrados na FIGURAS 32, 33 e 34. Pode-se observar, pelo azul mais intenso, as profundidades de salinidade máxima. Um afundamento de aproximadamente 30 m na isohalina de 34,8 USP é visto no perfil T2 e, leves afundamentos das isohalinas, acima dos 100 m e nas latitudes mais altas, podem ser observados no perfil T3.

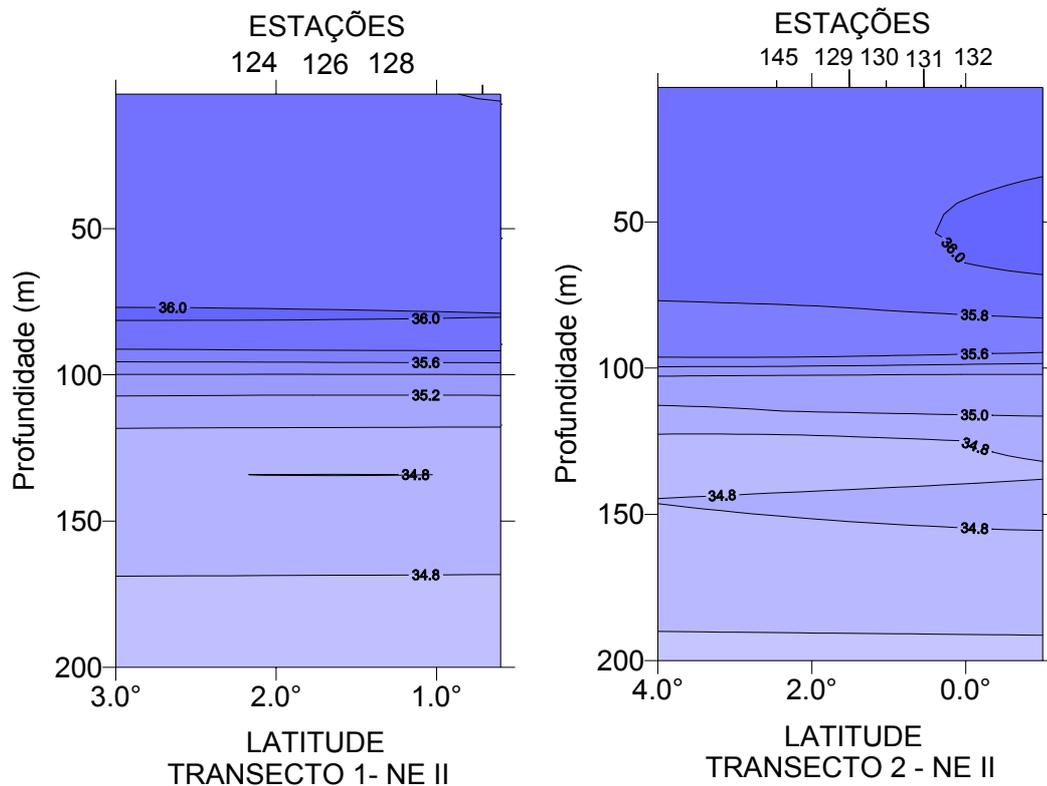


FIGURA 32 - Perfis verticais do nitrato no verão de 1997, na região nordeste do Brasil - transectos T1 e T2.

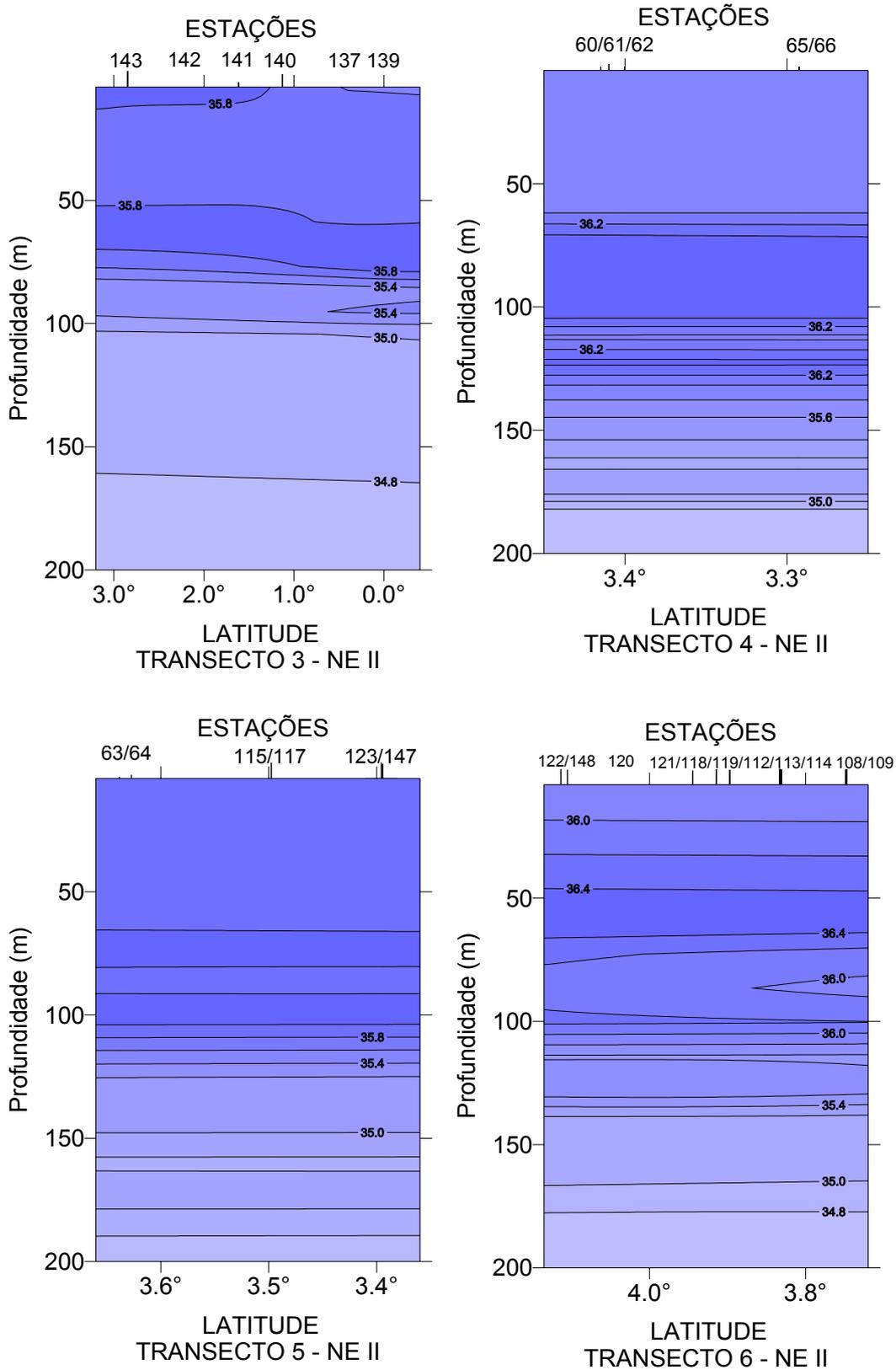


FIGURA 33 - Perfis verticais do nitrato no verão de 1997, na região nordeste do Brasil - transectos T3, T4, T5 e T6.

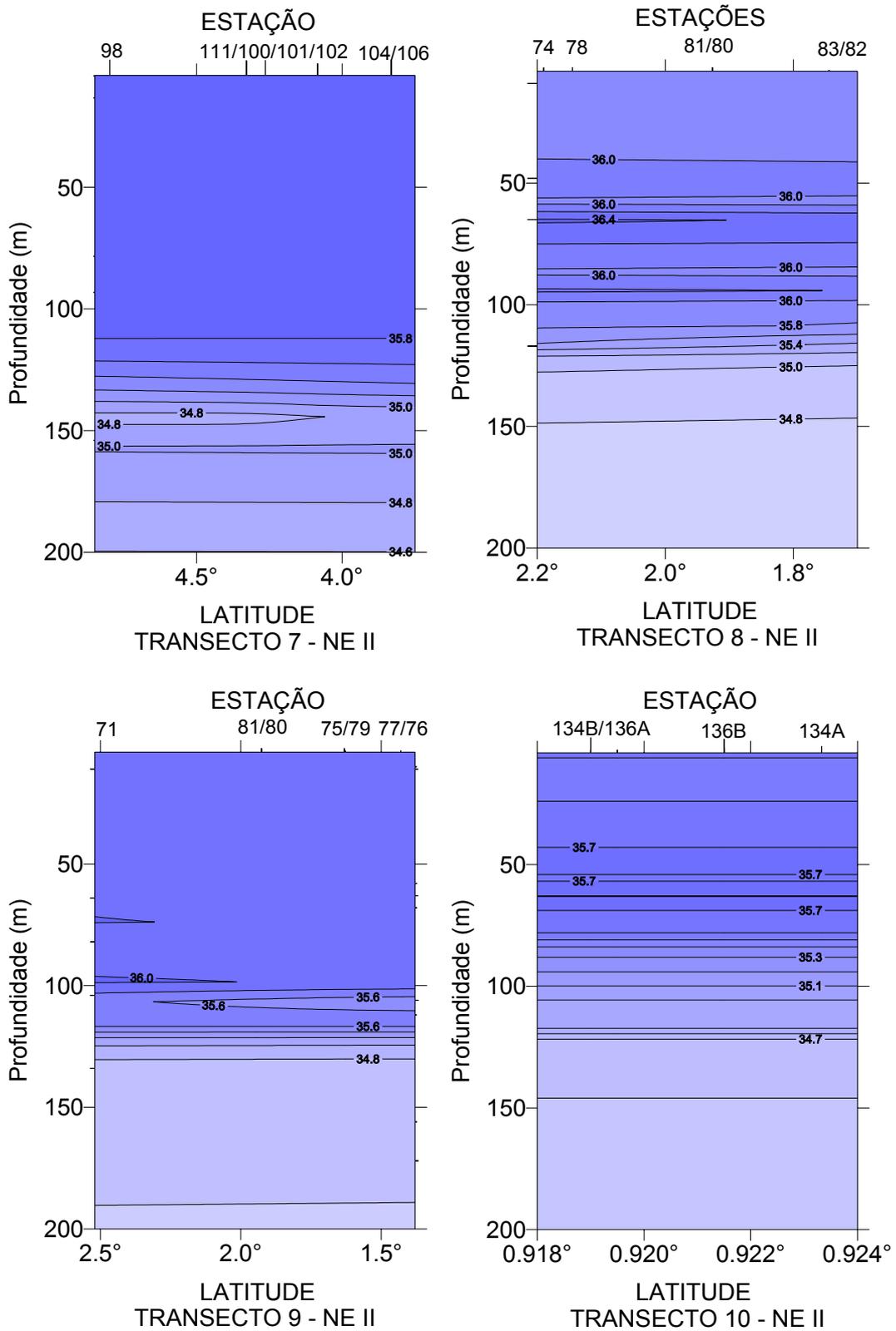


FIGURA 34 - Perfis verticais do nitrato no verão de 1997, na região nordeste do Brasil - transectos T7, T8, T9 e T10.

No outono, como também observado para a temperatura, a camada misturada é bem mais perturbada que no verão, conforme visto nas FIGURAS 35, 36 e 37. Vários afundamentos das isohalinas podem ser notados cós perfis T1, T2 e T4. Elevação das isohalinas de 36,4 e 36,6 USP podem ser vistas no perfil do transecto T3, bem como outra, mais suave, na isohalina de 35,0 USP, pode ser vista no perfil do transecto T5, na profundidade de 200 m.

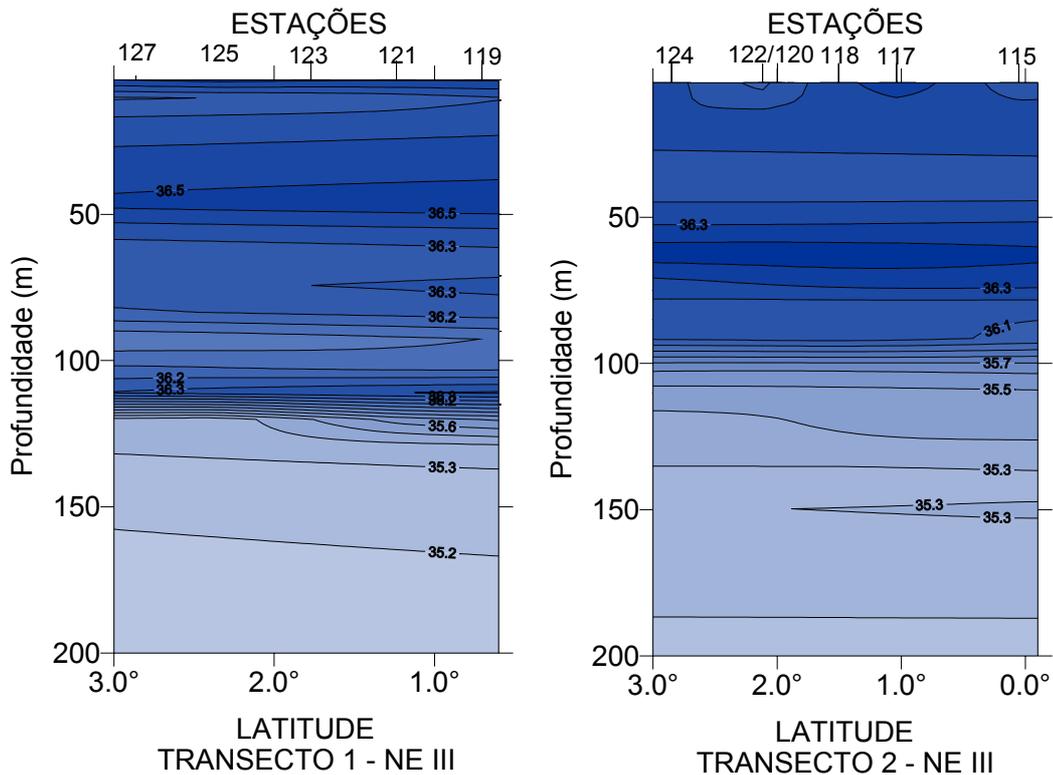


FIGURA 35 - Perfis verticais do nitrato no outono de 1998, na região nordeste do Brasil - transectos T1 e T2.

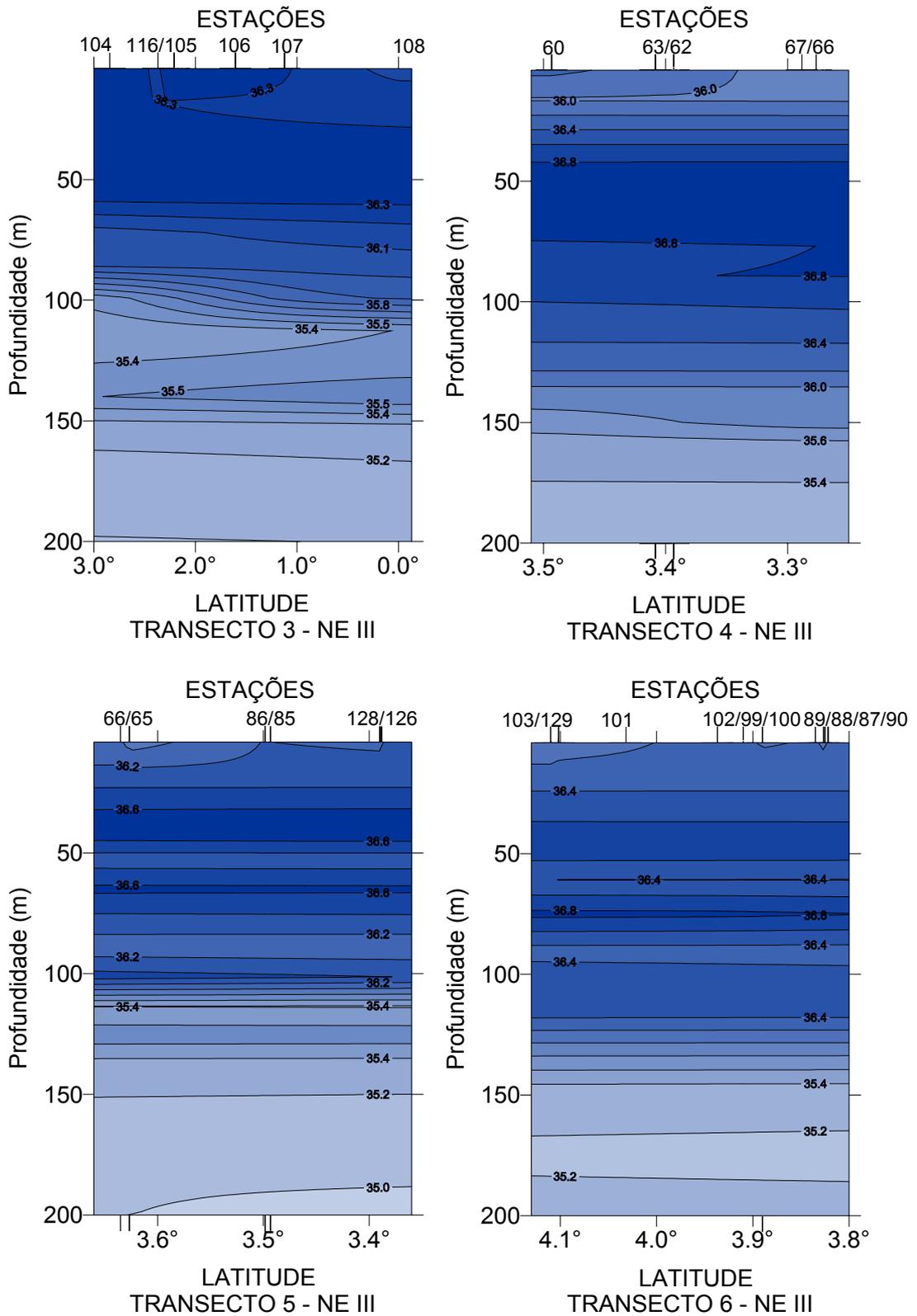


FIGURA 36 - Perfis verticais do nitrato no outono de 1998, na região nordeste do Brasil - transectos T3, T4, T5 e T6.

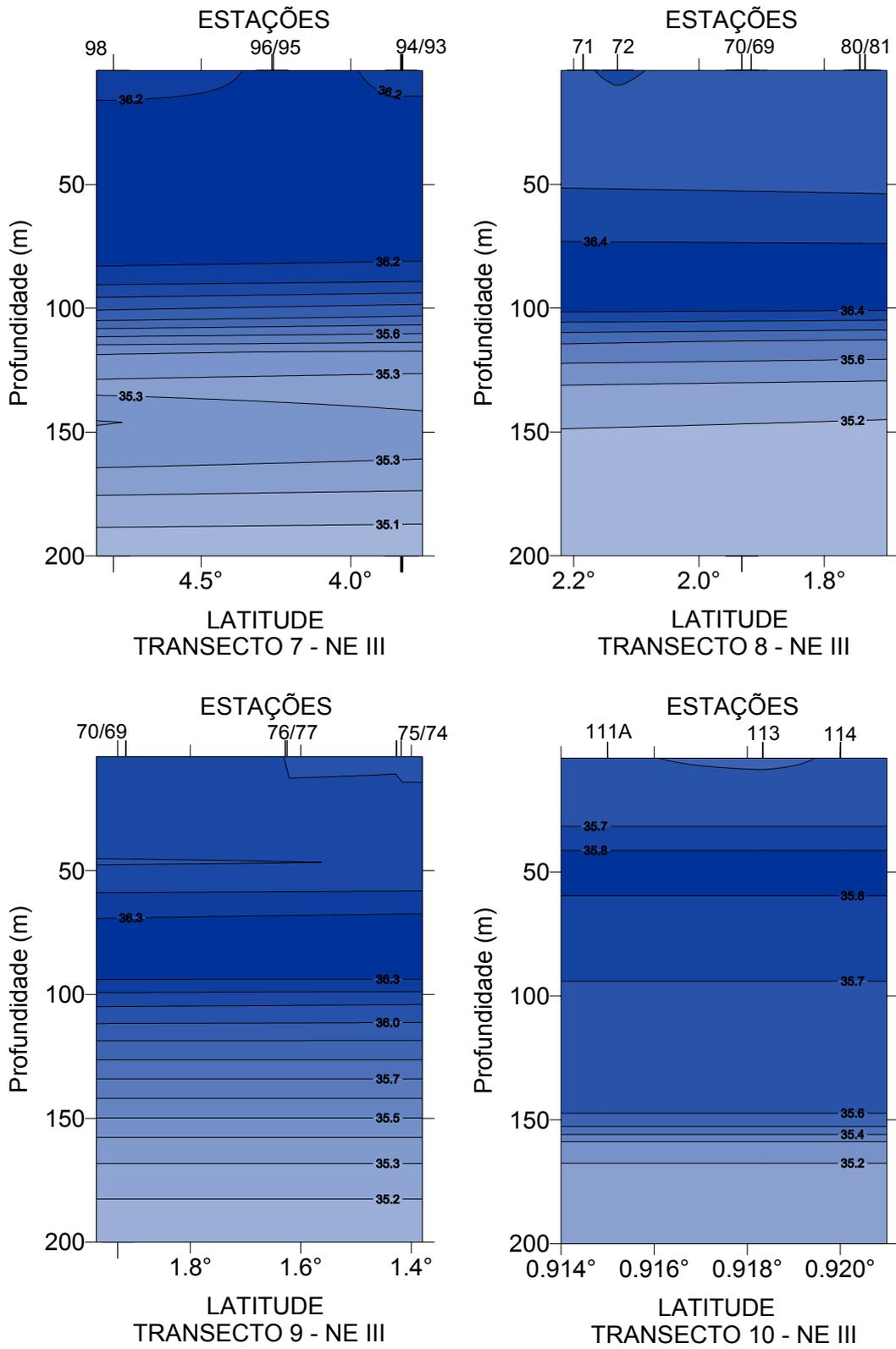


FIGURA 37 - Perfis verticais do nitrato no outono de 1998, na região nordeste do Brasil - transectos T7, T8, T9 e T10.

5.3.4. OXIGÊNIO DISSOLVIDO

A TABELA 5 apresenta os valores médios, com seus respectivos desvios, mínimos e máximos obtidos para a concentração de oxigênio dissolvido, em porcentagem de saturação e mg L^{-1} , nas profundidades e estação do ano pesquisada (1998).

TABELA 5 - Valores médios, mínimos e máximos da concentração do oxigênio dissolvido (em mg.L^{-1} e % de saturação)

Profundidade	OD (mg/L)-1998			%OD-1998		
	Mín	Média \pm sd	Máx	Mín	Média \pm sd	Máx
Superfície	2,56	3,84 \pm 0,35	4,41	57,6	86,01 \pm 7,85	98,4
50% de luminosidade	2,60	3,84 \pm 0,31	4,16	58,1	85,99 \pm 7,01	92,8
1% de luminosidade	2,37	3,70 \pm 0,48	4,13	52,0	80,33 \pm 11,34	93,9
Início da Termoclina Sazonal	2,37	3,75 \pm 0,49	4,32	52,0	81,78 \pm 11,51	97,8
Meio da Termoclina Sazonal	1,46	3,29 \pm 0,60	4,10	25,0	63,66 \pm 14,03	93,5
Final da Termoclina Sazonal	1,59	2,89 \pm 0,65	3,95	27,4	49,49 \pm 12,43	80,3
Final da Termoclina	1,83	2,85 \pm 0,54	3,87	27,9	42,71 \pm 8,86	70,2

As concentrações do oxigênio dissolvido variaram de 2,56 a 4,41 mL.L^{-1} , média de 3,84 \pm 0,35 mL.L^{-1} , com uma pequena oscilação e abaixo da saturação, conforme exibido na FIGURA 40. Vários vórtices de mínima podem ser observados sendo os mais intensos ao norte da região oceânica e bancos da Cadeia Norte do Brasil, dois outros de máxima, mais fracos, estão localizados na região dos bancos de Fernando de Noronha, um no banco Grande e outro próximo ao Atol das Rocas.

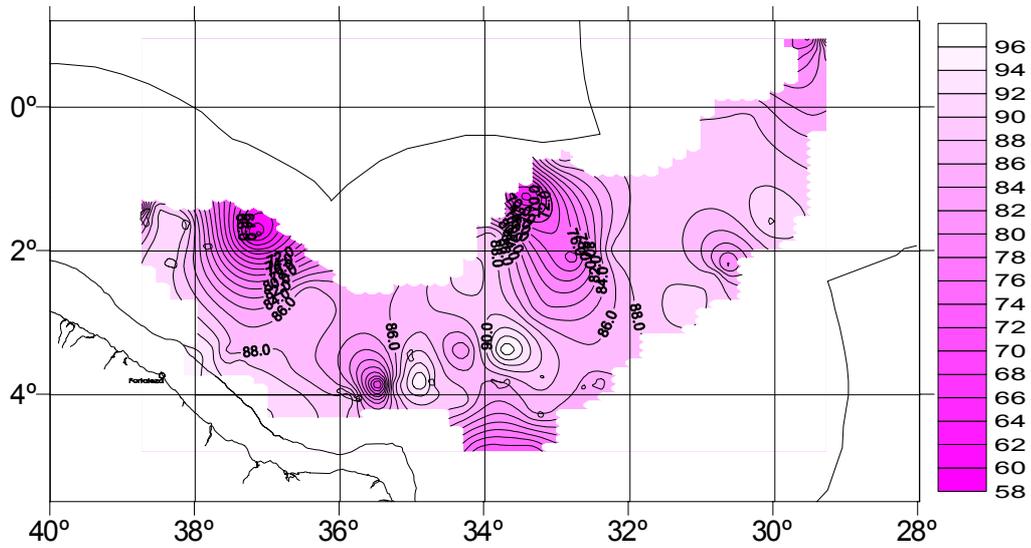


FIGURA 40 - Variação da % de saturação do oxigênio dissolvido, na camada superficial, para o outono de 1998 - Operação Nordeste III.

A distribuição vertical da concentração do oxigênio dissolvido (em porcentagem de saturação) está mostrada na FIGURA 41.

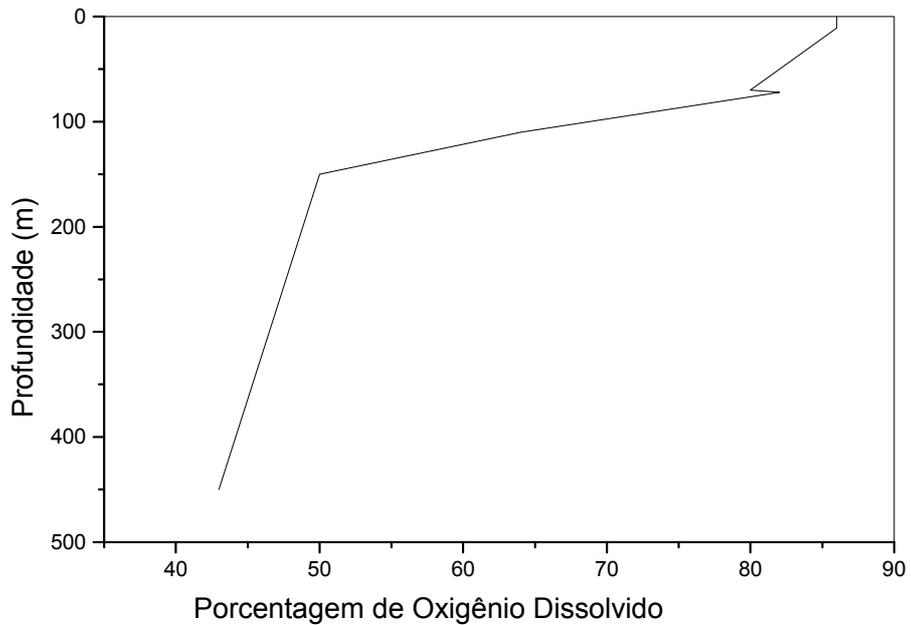


FIGURA 41 - Variação vertical do oxigênio dissolvido no outono de 1998

Verifica-se que as concentrações se apresentaram praticamente constantes, da camada superficial até 50% da luminosidade, passando então a diminuir com a profundidade, até 1% da luminosidade onde se observa um ligeiro aumento no início da termoclina sazonal, após esta profundidade, o comportamento é muito similar ao da temperatura.

As FIGURAS 42 e 43 mostram isso de uma maneira mais detalhada, onde se observa que as regiões dos bancos da cadeia de Fernando de Noronha e Cadeia Norte do Brasil são as principais responsáveis por este pico de oxigênio no início da termoclina sazonal.

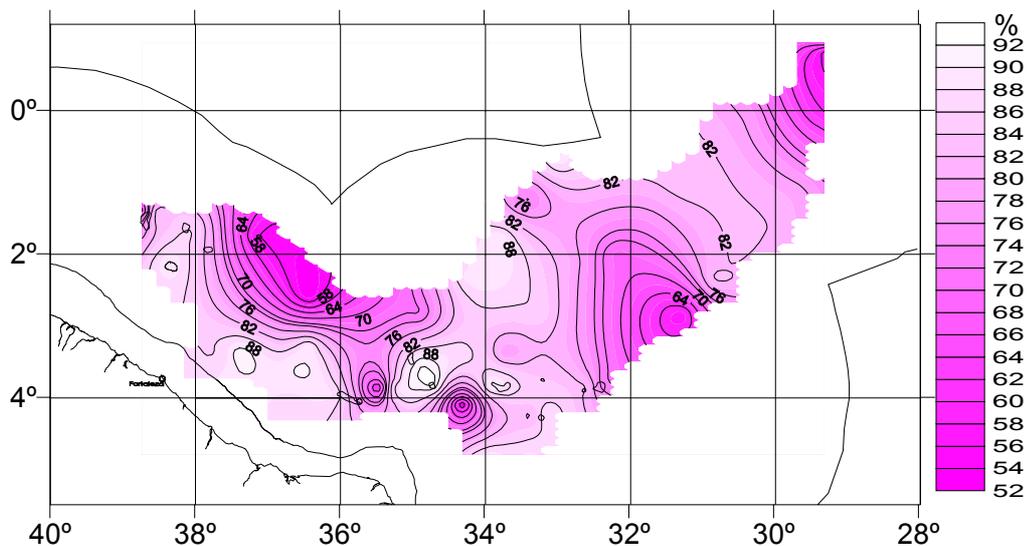


FIGURA 42 - Variação da % de saturação do oxigênio dissolvido, em 1% da luminosidade, para o outono de 1998 - Operação Nordeste III.

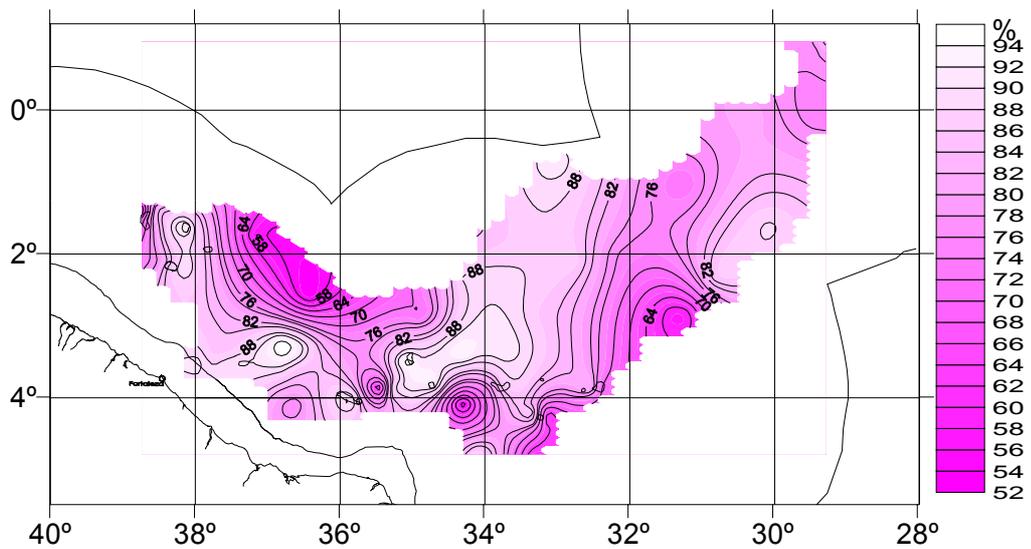


FIGURA 43 - Variação da % de saturação do oxigênio dissolvido, no início da termoclina sazonal, para o outono de 1998 - Operação Nordeste III.

As FIGURAS 44, 45 e 46 mostram a distribuição da porcentagem de saturação do oxigênio dissolvido nos transectos.

Observa-se nos perfis dos transectos T1, T2, T3 e T10, nas proximidades dos 100 m de profundidade, zonas com concentrações mínimas de oxigênio, o mesmo ocorrendo nos transectos T5, T6, T7 e T9 só que em maiores profundidades. Nos transectos T2, T3, T7, T8 e T9 várias isolinhas de baixa concentração se elevando, os demais transectos mostram as camadas estáveis, com concentrações de oxigênio dissolvido bem definidas e diminuindo com a profundidade.

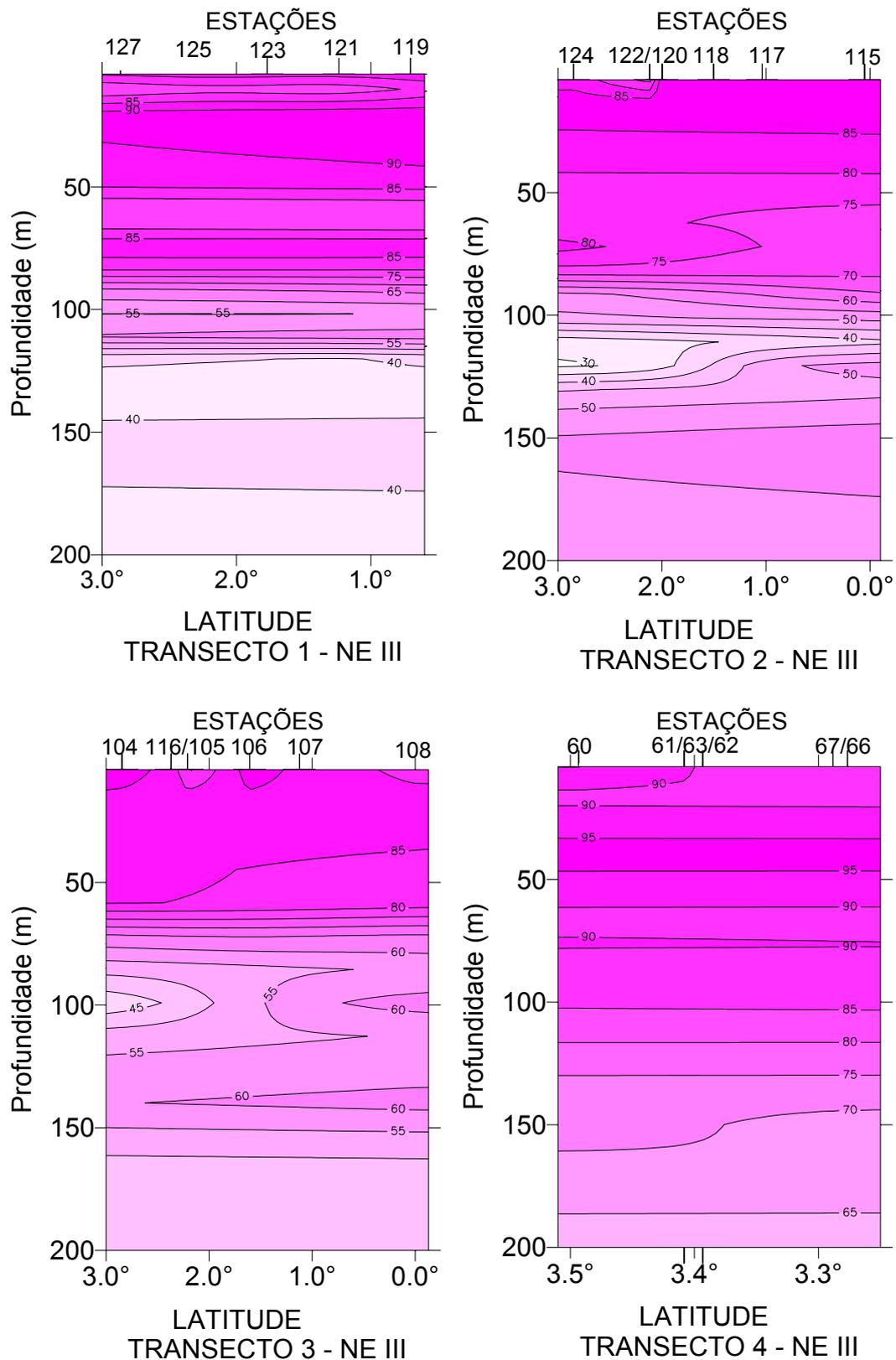


FIGURA 44 - Perfis verticais do oxigênio dissolvido no outono de 1998, na região nordeste do Brasil - transectos T1, T2, T3 e T4.

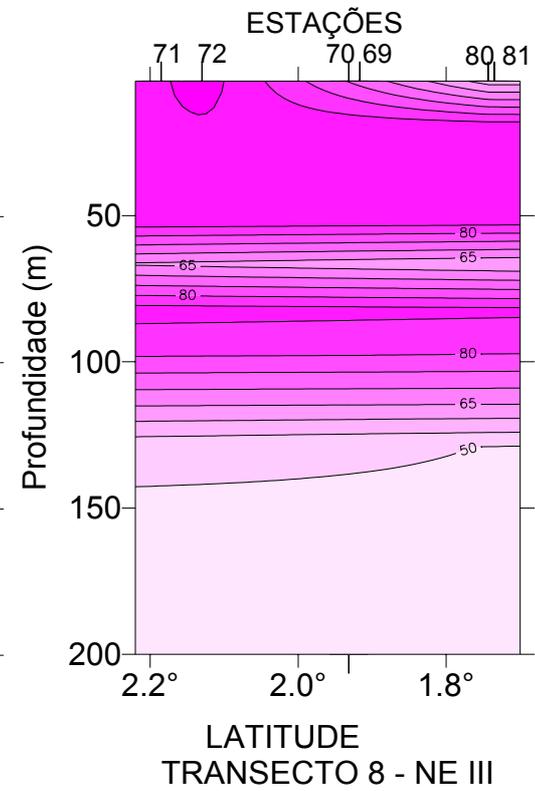
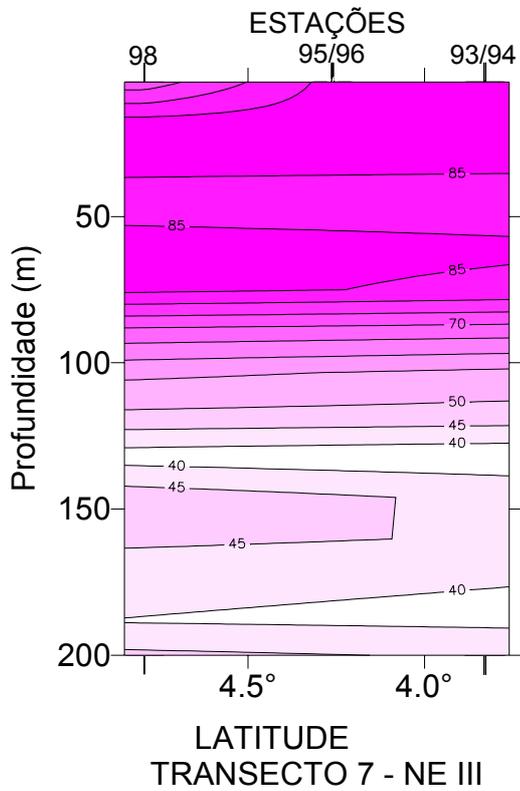
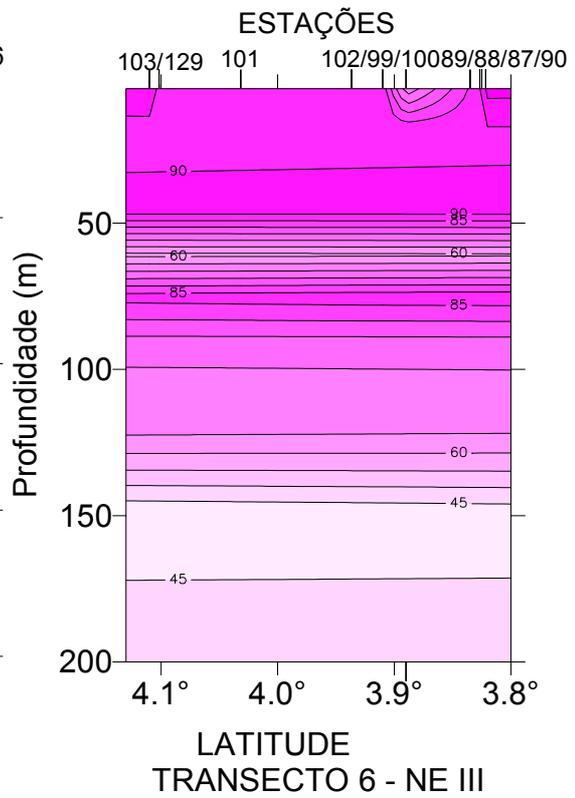
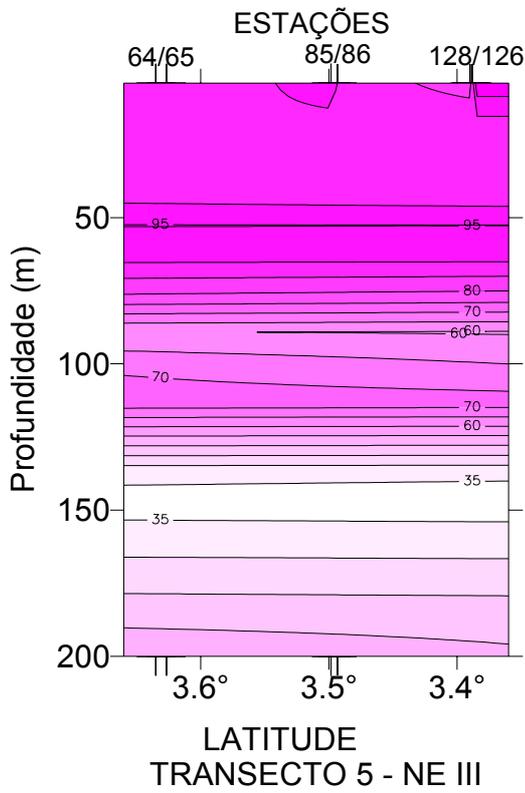


FIGURA 45 - Perfis verticais do oxigênio dissolvido no outono de 1998, na região nordeste do Brasil - transectos T5, T6, T7 e T8.

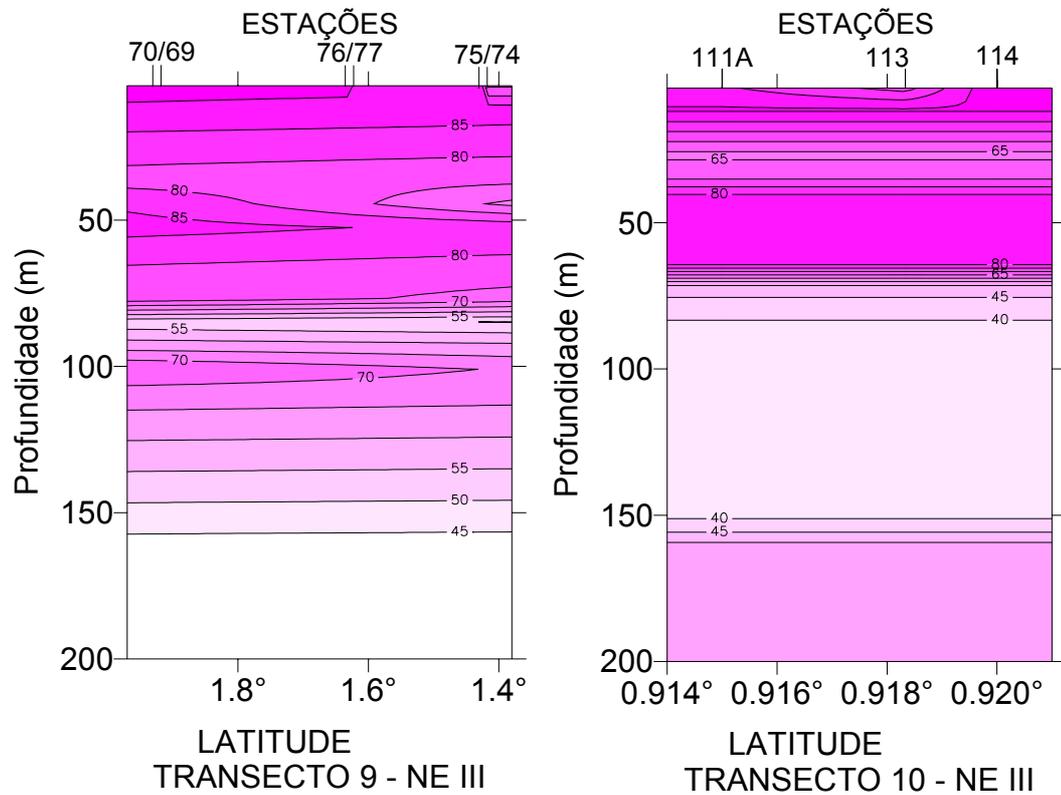


FIGURA 46 - Perfis verticais do oxigênio dissolvido no outono de 1998, na região nordeste do Brasil - transectos T9 e T10.

5.3.5. POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)

Os valores obtidos para o pH, no outono de 1998, estão apresentados na TABELA 6, com médias, mínimos e máximos, nas profundidades pesquisadas.

TABELA 6 - Valores médios, mínimos e máximos do pH

Profundidade	pH - 1998		
	Mín	Média±sd	Máx
Superfície	7,90	8,17±0,13	8,44
50% de luminosidade	7,90	8,16±0,12	8,51
1% de luminosidade	7,83	8,13±0,10	8,35
Início da Termoclina Sazonal	7,83	8,14±0,12	8,42
Meio da Termoclina Sazonal	7,60	8,02±0,14	8,28
Final da Termoclina Sazonal	7,70	7,90±0,12	8,20
Final da Termoclina	6,70	7,79±0,19	8,20

A FIGURA 47 mostra a distribuição horizontal do pH na camada superficial onde se verifica que a região de São Pedro e São Paulo é a que se apresenta com maiores valores de pH.

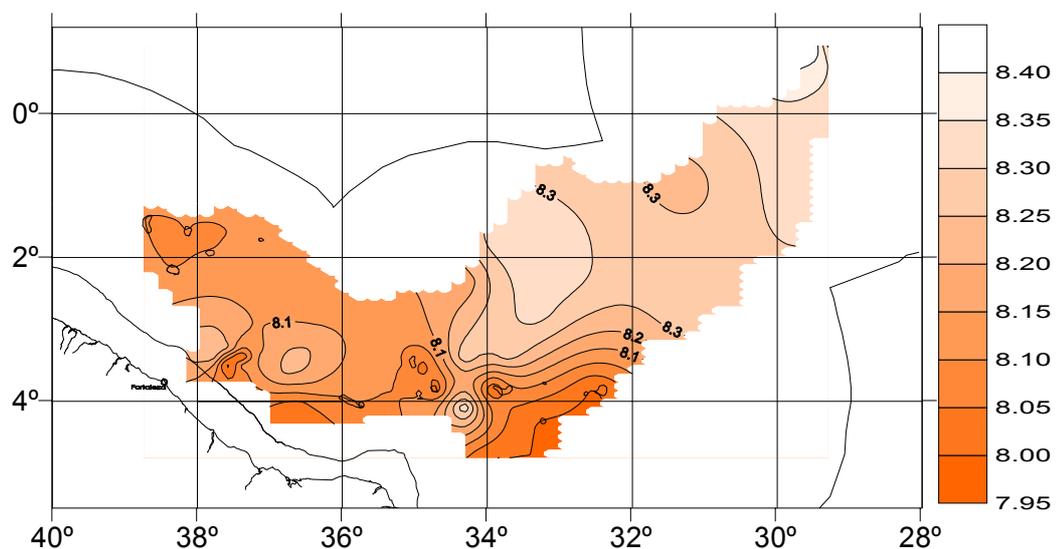


FIGURA 47 - Variação do pH, na camada superficial, para o outono de 1998 - Operação Nordeste III.

Um pequeno vórtice de máxima pode ser observado próximo ao Atol das Rocas, assim como grandes regiões de pH constante.

A variação vertical deste parâmetro está mostrada na FIGURA 48, onde observamos o mesmo perfil da temperatura; na profundidade de 700 m (estação 98) foi obtido o menor valor de pH (6,70).

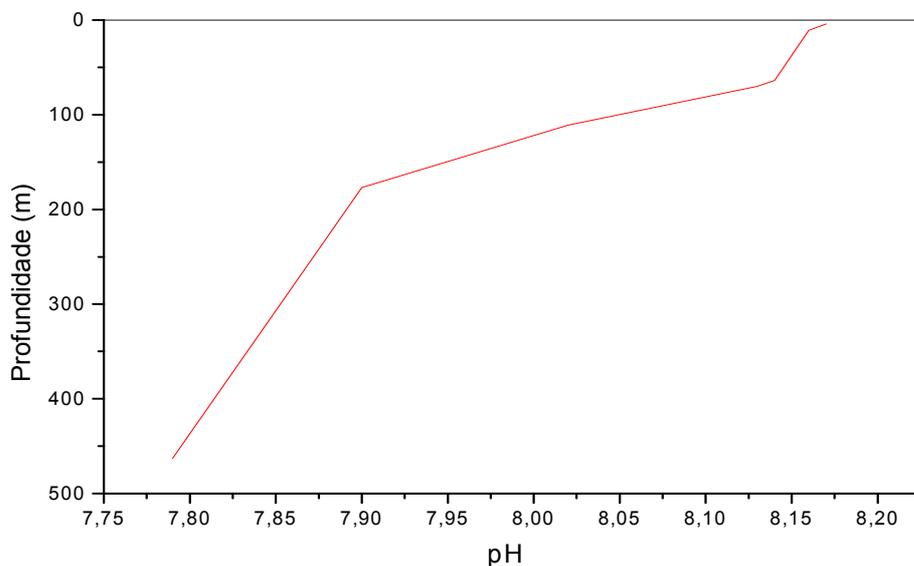


FIGURA 48 - Variação vertical do pH para o outono de 1998

A FIGURA 49 mostra a distribuição horizontal do pH na profundidade de 64 ± 21 m, onde ocorrem muitas inversões entre o início da termoclina sazonal e a camada de 1% de luminosidade (74 ± 10 m).

Valores mais altos do pH sempre são observados na região do arquipélago de São Pedro e São Paulo; vórtices de mínima e máxima são observados na região dos bancos de Fernando de Noronha e oceânica, embora com pequena intensidade.

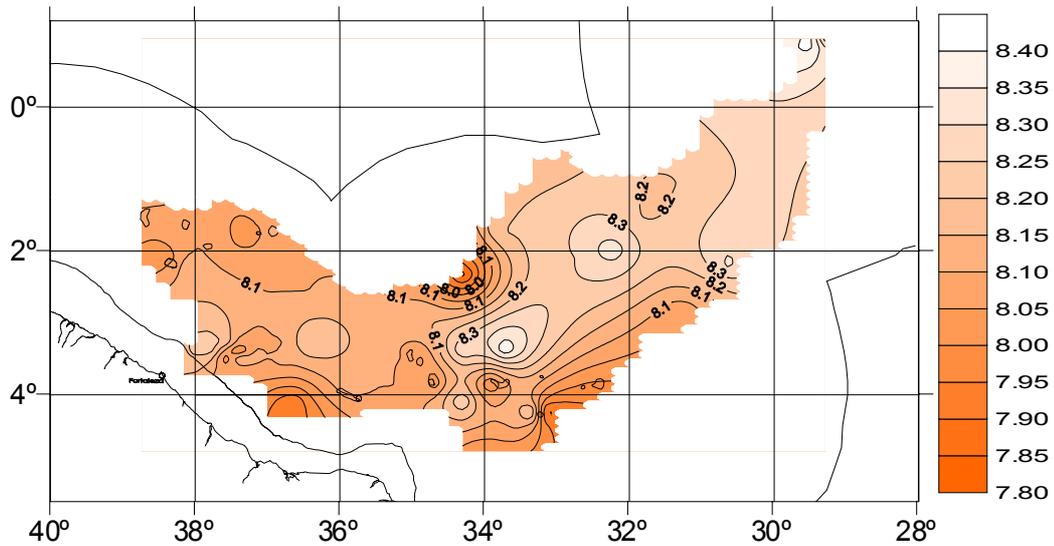


FIGURA 49 - Variação do pH, no início da termoclina sazonal, para o outono de 1998 - Operação Nordeste III.

A distribuição do pH na profundidade de 463 ± 155 m pode ser observada na FIGURA 50. Uma homogeneidade parcial pode ser conferida a área, com um ligeiro gradiente decrescente de concentração ao sul da região dos bancos de Fernando de Noronha.

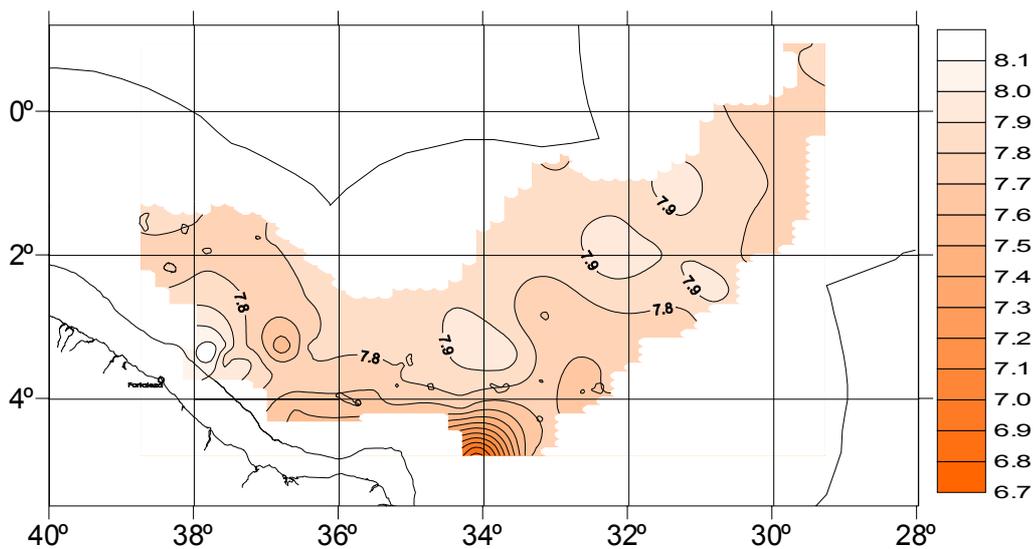


FIGURA 50 - Variação do pH, no final da termoclina permanente, para o outono de 1998 - Operação Nordeste III.

5.3.3. MASSAS D'ÁGUA

Os diagramas T-S acumulados, para as quatro áreas de estudo, no verão de 1997, estão apresentados na FIGURA 38.

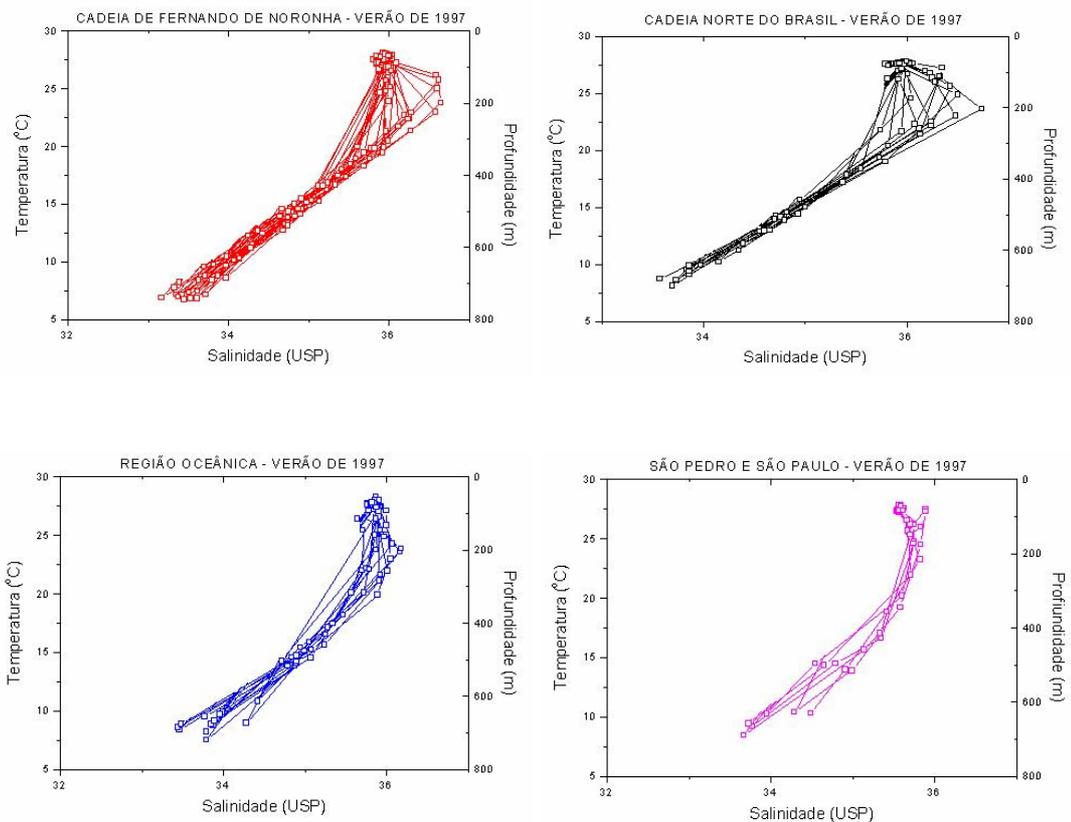


FIGURA 38 - Diagramas T-S para o verão de 1997

A FIGURA 39 mostra os diagramas TS acumulados, relativos ao outono de 1998.

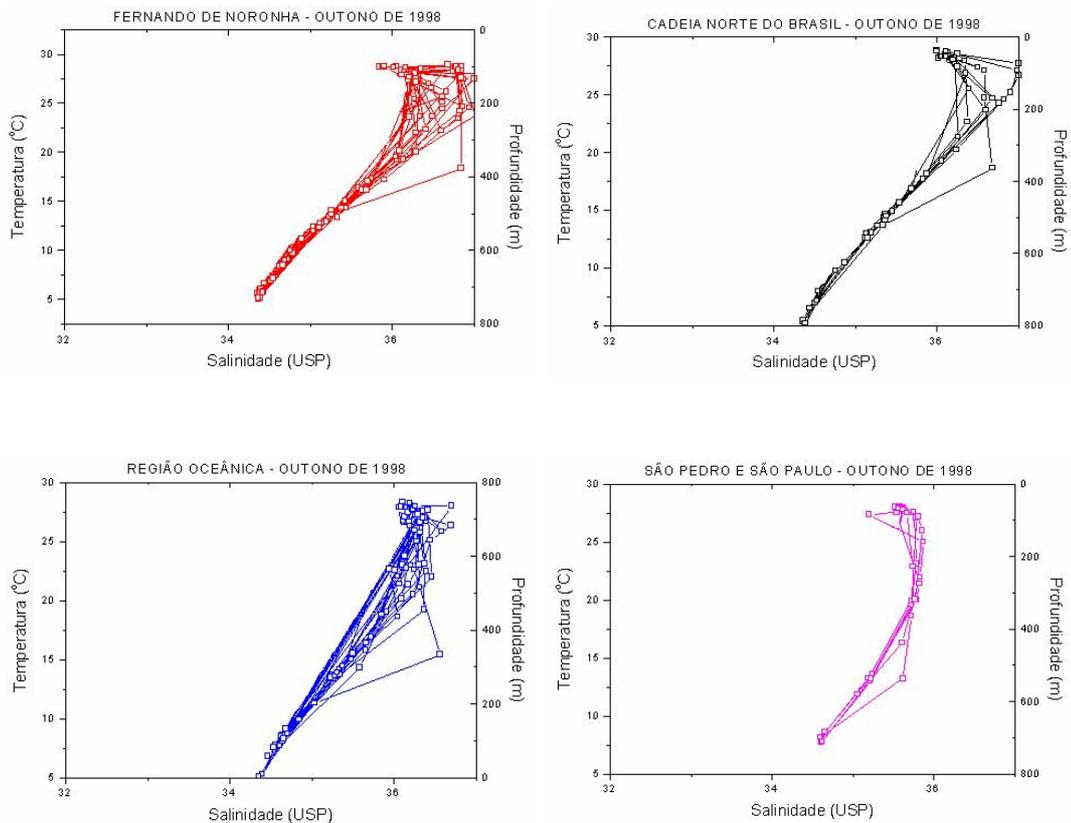


FIGURA 39 – Diagramas T-S para o outono de 1998

A Água Tropical Superficial, caracterizada por temperaturas superiores a 26°C e salinidade entre 35,5 e 36,5 UPS, segundo CSANADY (1987), foi encontrada na superfície; Logo abaixo da Água Tropical Superficial observa-se a ocorrência da Água de Máxima Salinidade, com temperatura entre 20 e 26°C e salinidade entre 36,00 e 37,00 UPS, segundo PETERSON E STRAMMA (1991); a Água Central do Atlântico Sul localizou-se abaixo da Água de Máxima Salinidade, com temperaturas e salinidades inferiores a 20°C e 35,00 UPS, respectivamente. (STRAMMA e ENGLAND, 1999; MÉMERY et al, 2000; SCOTT e STRAMMA, 1998).

5.3.6. NITRITO

As concentrações médias, mínimas e máximas obtidas para o nitrito, estão apresentadas na TABELA 7, para o verão de 1997 e outono de 1998, em todos os níveis de profundidade pesquisados.

TABELA 7 - Valores médios, mínimos e máximos da concentração do nitrito, em $\mu\text{mol.L}^{-1}$.

Profundidade	Nitrito - 1997			Nitrito - 1998		
	Mín	Média±sd	Máx	Mín	Média±sd	Máx
Superfície	≤ LD	0,052±0,132	0,725	≤ LD	0,035±0,023	0,144
50% de luminosidade	≤ LD	0,026±0,052	0,421	≤ LD	0,038±0,025	0,115
1% de luminosidade	≤ LD	0,029±0,051	0,396	≤ LD	0,084±0,105	0,461
Início da Termoclina Sazonal	≤ LD	0,028±0,036	0,276	≤ LD	0,071±0,076	0,355
Meio da Termoclina Sazonal	≤ LD	0,491±0,864	3,841	≤ LD	0,107±0,089	0,419
Final da Termoclina Sazonal	≤ LD	0,295±0,269	0,904	≤ LD	0,049±0,039	0,198
Final da Termoclina	≤ LD	0,349±0,282	1,051	≤ LD	0,046±0,039	0,155

A variação do nitrito, na camada superficial, para as duas épocas de coleta, está mostrada nas FIGURAS 51 e 52.

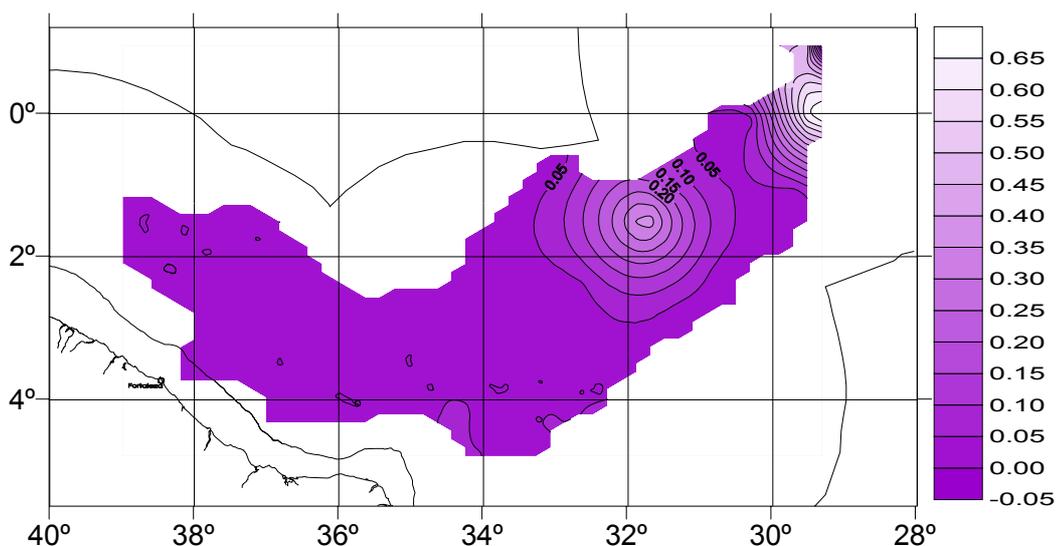


FIGURA 51 - Variação do nitrito, na camada superficial, para o verão de 1997 - Operação Nordeste II.

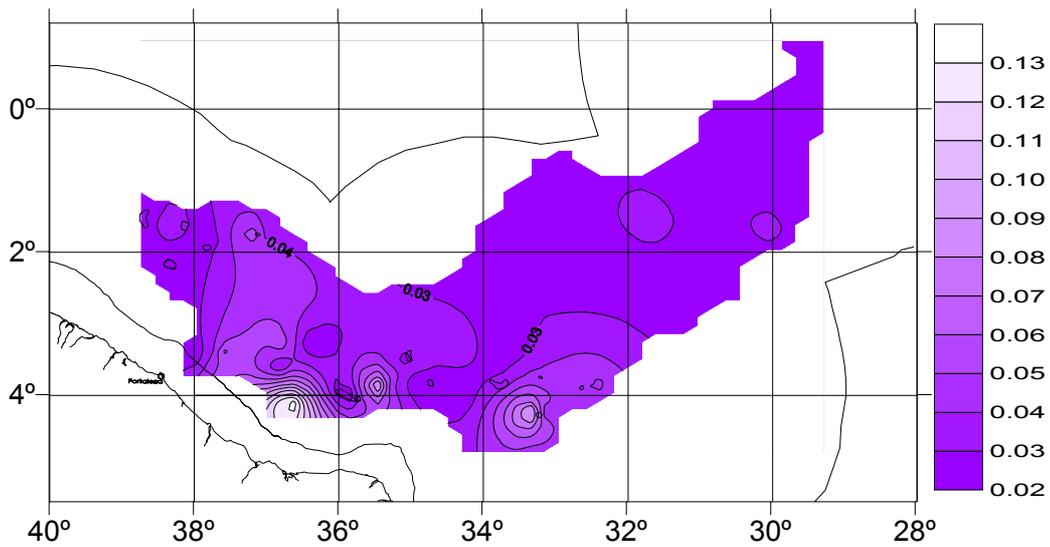


FIGURA 52 - Variação do nitrito, na camada superficial, para o outono de 1998 - Operação Nordeste III.

Na FIGURA 51, um vórtice de concentração máxima está localizado na região oceânica e um gradiente crescente de concentração é observado na região do arquipélago de São Pedro e São Paulo, a qual apresentou os valores mais elevados. Observa-se ainda que, no verão, a concentração do nitrito foi mais elevada e com um grau de homogeneidade muito maior que no outono.

A FIGURA 52 exibe fracos gradientes de concentração e um grande adensamento de isolinhas na região dos Bancos da Cadeia Norte do Brasil e dois vórtices de concentração máxima na região dos bancos de Fernando de Noronha; a concentração deste parâmetro na região do Arquipélago de São Pedro e São Paulo foi muito baixa e uniforme.

A FIGURA 53 mostra que a variação vertical da concentração do nitrito, com a profundidade, na camada de mistura, teve menores valores e foi mais uniforme no verão que no outono. A variação

deste parâmetro foi diferente nas duas estações do ano; ambos apresentaram um máximo de concentração por volta dos 110 m de profundidade (meio da termoclina sazonal), decrescendo até o final da termoclina sazonal, aumentando com a profundidade no verão, e permanecendo praticamente constante no outono. No outono outro pico pode ser observado, no final da camada eufótica, de menor intensidade.

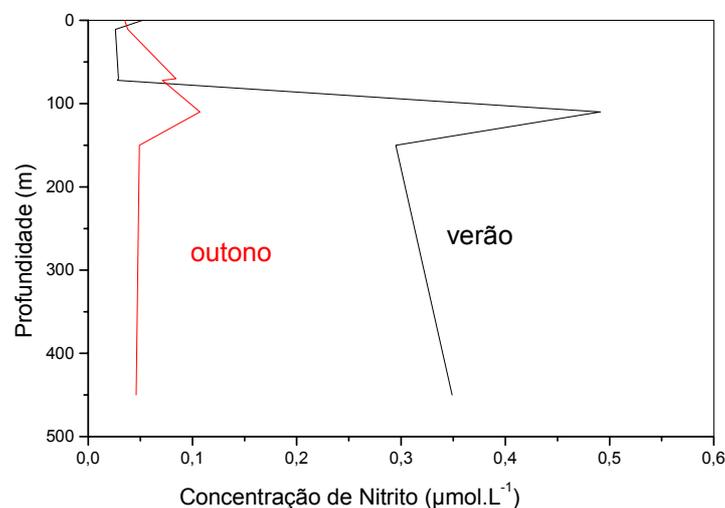


FIGURA 53 - Variação vertical do nitrito para o verão de 1997 e outono de 1998

A FIGURA 54 mostra a distribuição do nitrito na profundidade de 72 ± 19 m (início da termoclina sazonal), no verão, onde observamos um vórtice de concentração máxima no Atol das Rocas e um grande grau de uniformidade no restante das outras áreas.

A FIGURA 55 apresenta a variação da concentração de nitrito na profundidade de 70 ± 10 m (1% de luminosidade), no outono. Vórtices crescentes, de grande amplitude e pouco intensos podem ser visto na região oceânica e São Pedro e São Paulo. Um gradiente

crescente de concentração, com isolinhas paralelas a plataforma continental, pode ser observado na região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil.

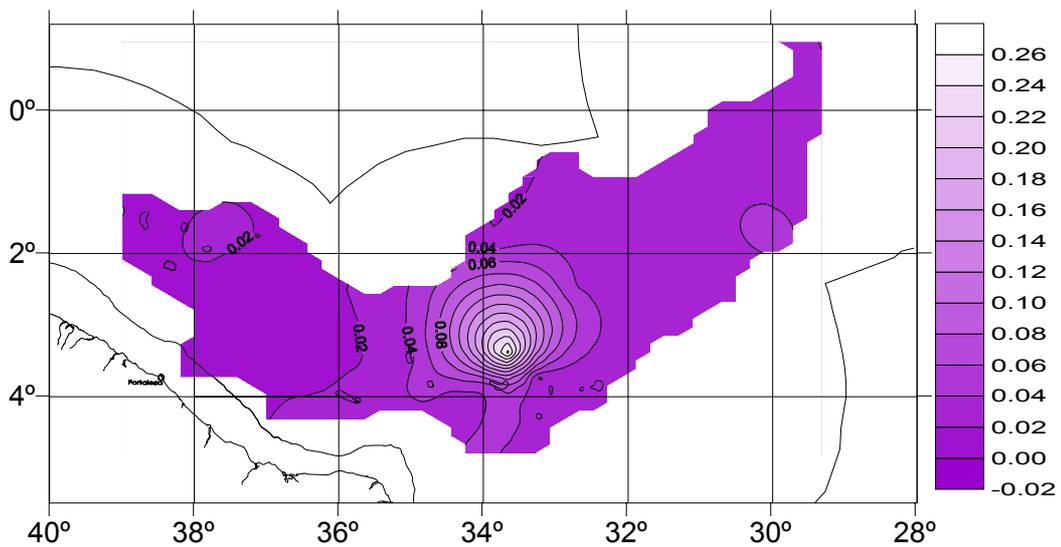


FIGURA 54 - Variação do nitrito, no início da termoclina sazonal, para o verão de 1997 - Operação Nordeste II.

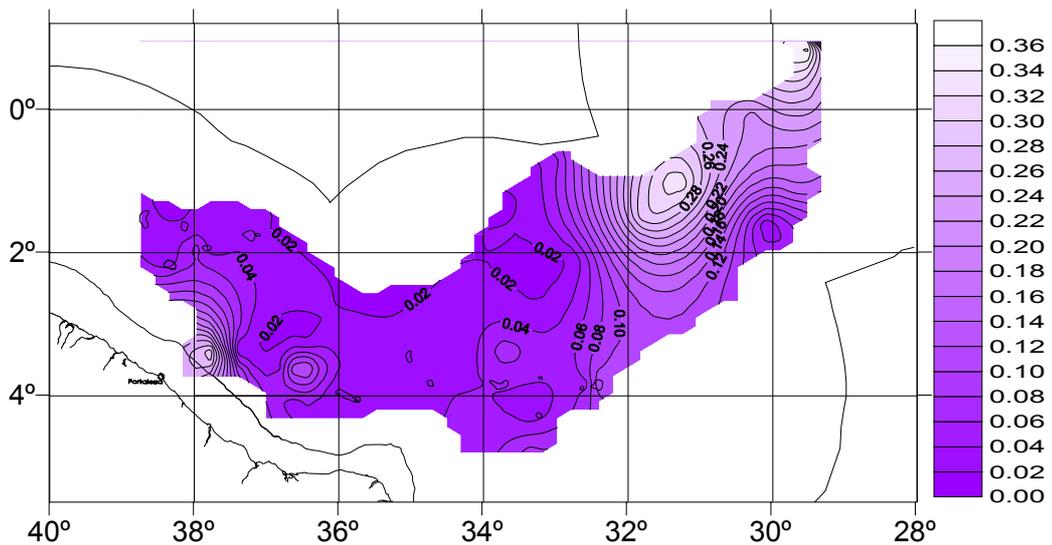


FIGURA 55 - Variação do nitrito, em 1% da luminosidade, para o outono de 1998 - Operação Nordeste III.

5.3.7. NITRATO

A TABELA 8 mostra os valores médios, mínimos e máximos obtidos para as concentrações de nitrato, para o verão de 1997 e outono de 1998, em todos os níveis de profundidade pesquisados.

TABELA 8 - Valores médios, mínimos e máximos da concentração do nitrato, em $\mu\text{mol.L}^{-1}$.

Profundidade	Nitrato - 1997			Nitrato - 1998		
	Mín	Média \pm sd	Máx	Mín	Média \pm sd	Máx
Superfície	\leq LD	0,218 \pm 0,135	0,584	\leq LD	0,123 \pm 0,000	\leq LD
50% de luminosidade	\leq LD	0,374 \pm 0,831	6,763	\leq LD	0,123 \pm 0,000	\leq LD
1% de luminosidade	\leq LD	0,569 \pm 1,326	10,002	\leq LD	0,645 \pm 1,131	6,838
Início da Termoclina Sazonal	\leq LD	0,556 \pm 0,882	3,813	0,082	0,896 \pm 2,210	13,928
Meio da Termoclina Sazonal	\leq LD	2,941 \pm 3,533	12,292	0,121	7,153 \pm 6,380	28,540
Final da Termoclina Sazonal	\leq LD	9,750 \pm 6,041	23,560	0,123	15,007 \pm 7,368	32,729
Final da Termoclina	\leq LD	16,781 \pm 8,502	30,989	1,269	24,547 \pm 7,872	36,729

A distribuição de nitrato, na camada superficial, está mostrada na FIGURA 56 para o verão de 1997 onde podemos observar um adensamento de isolinhas, geralmente paralelas a plataforma continental, na região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil, com um vórtice de concentração máxima no banco Aracati; alguns gradientes leves de concentração também são observados nesta região. As outras áreas mostram uma grande homogeneidade, com as concentrações de nitrato menores ou iguais ao limite de detecção do método de análise deste parâmetro.

No outono, nenhuma variação na concentração de nitrato foi observada, com toda a região apresentando valores \leq 0,123 $\mu\text{mol.L}^{-1}$, conforme mostra a TABELA 8. O mesmo fato ocorreu na profundidade de 50% de luminosidade.

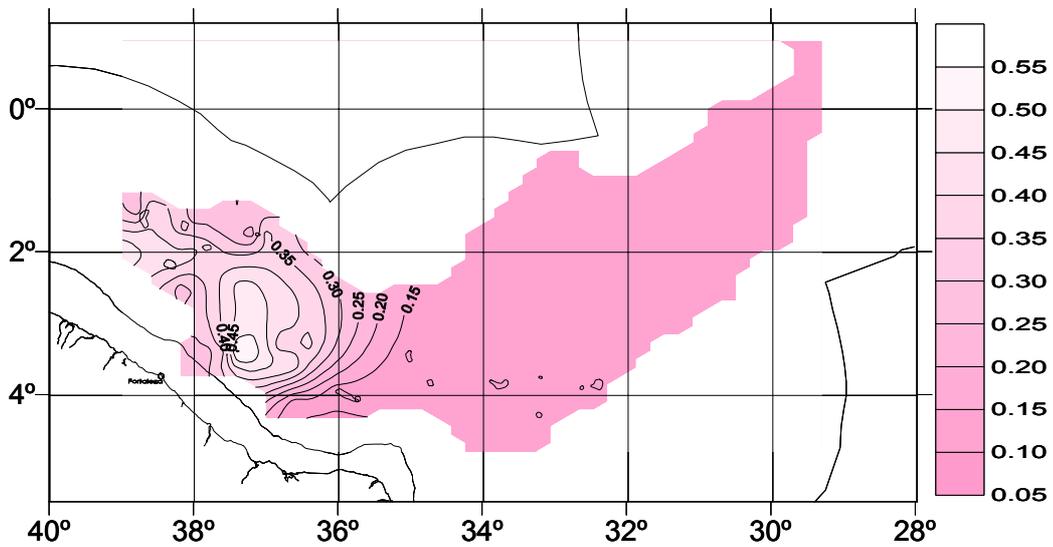


FIGURA 56 - Variação do nitrato, na camada superficial, para o verão de 1997 - Operação Nordeste II.

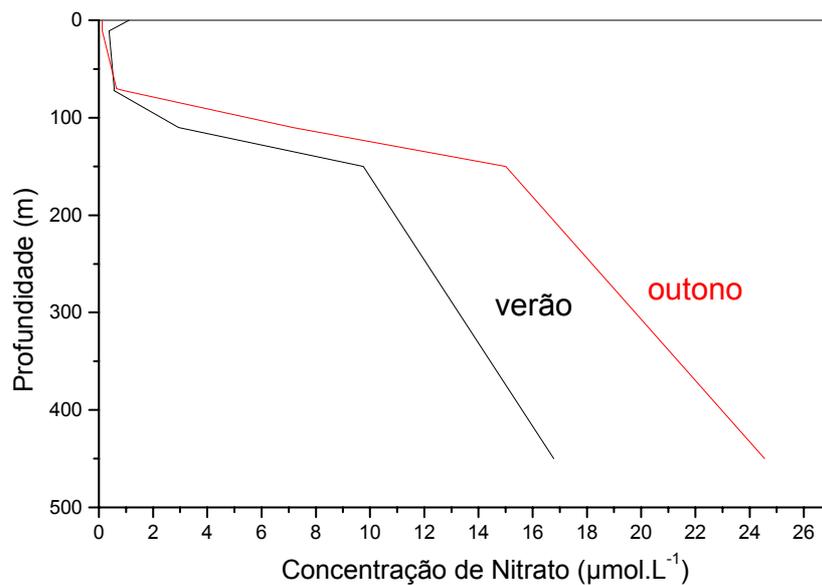


FIGURA 57 - Variação vertical do nitrato para o verão de 1997 e outono de 1998

A FIGURA 57 apresenta a variação vertical do nitrato, mostrando que a concentração geralmente cresceu com a profundidade, sendo praticamente constante na camada de mistura, aumentando rapidamente na termoclina e, mais lentamente em direção ao fundo, com concentrações sempre maiores no outono do que no verão.

A FIGURA 58 mostra a variação deste parâmetro no verão, na profundidade de 109 ± 20 m (meio da termoclina sazonal), onde observamos um extenso vórtice de concentração máxima na região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil e outro mais intenso, no banco Grande, da região de Fernando de Noronha. As outras áreas apresentam vórtices mais fracos, principalmente de concentração mínima.

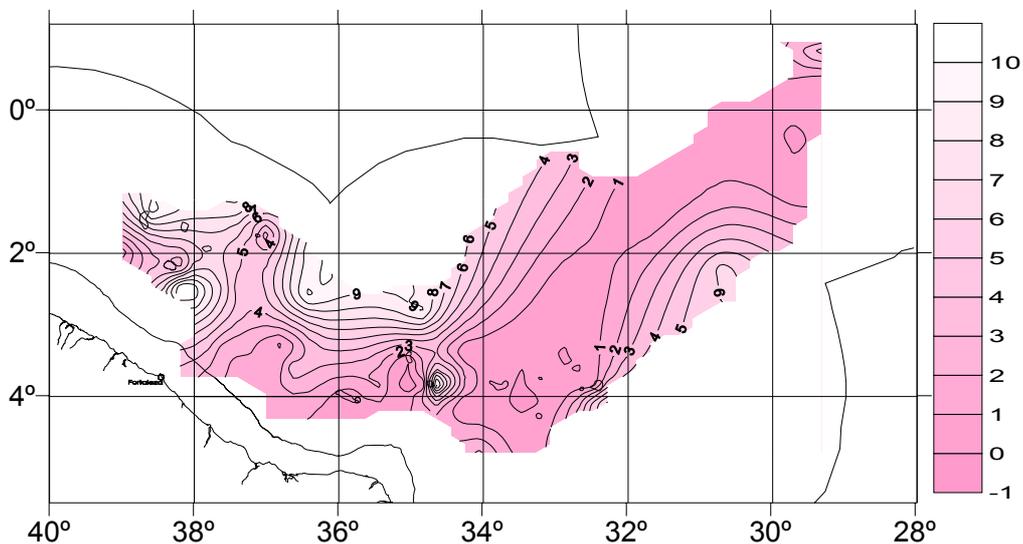


FIGURA 58 - Variação do nitrito, no meio da termoclina sazonal, para o verão de 1997 - Operação Nordeste II.

A distribuição do nitrito no verão, na profundidade de 435 ± 118 m (final da termoclina sazonal) está exibida na FIGURA 59. Vários vórtices de concentrações mínimas, com intensidades variadas, estão apresentados nesta figura, com os mais fortes ocorrendo na região dos bancos de Noronha.

Embora no outono as concentrações de nitrito na camada superficial tenham sido menores que no verão, este fato se inverteu após

o início da termoclina sazonal, alcançando uma concentração máxima de $36,729 \mu\text{mol.L}^{-1}$, a 700 m de profundidade da estação 100, pertencente à região dos bancos de Fernando de Noronha.

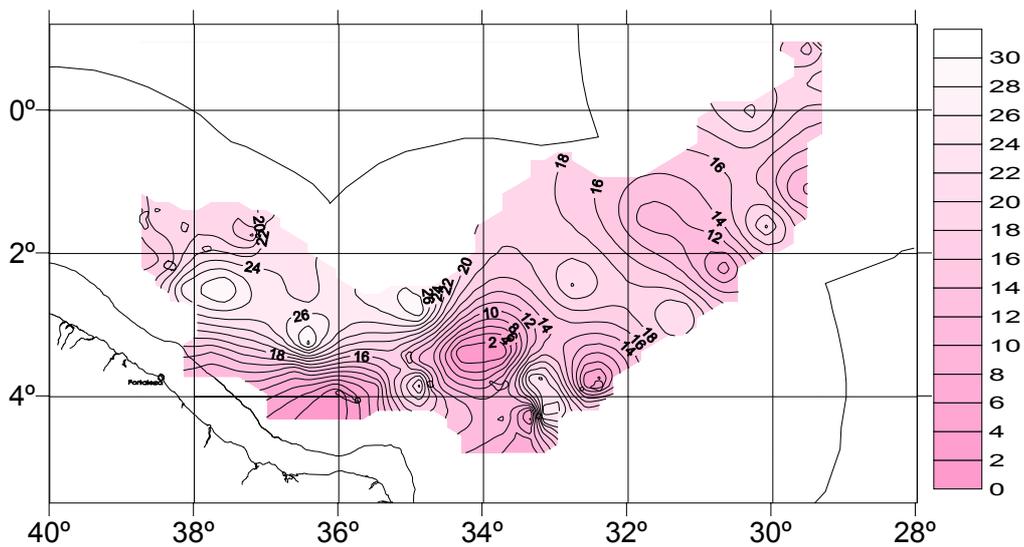


FIGURA 59 - Variação do nitrito, no final da termoclina permanente, para o verão de 1997 - Operação Nordeste II.

Podemos observar no outono, na profundidade de 111 ± 49 m (meio da termoclina sazonal), mostrada na FIGURA 60, grandes áreas bem definidas e de mesma concentração. O mesmo não ocorre na profundidade de 463 ± 155 m, onde vários vórtices, principalmente de mínima, ocorrem em latitudes mais baixas, conforme FIGURA 61. O arquipélago de São Pedro e São Paulo mostrou, no verão, um comportamento vertical bastante interessante em relação ao nitrito. Na camada de mistura sua concentração foi diminuindo, até um ponto mínimo, por volta dos 50 m, ficando praticamente constante entre 1% da luminosidade e início da termoclina sazonal, e só então passando a

aumentar com a profundidade, embora de uma maneira menos intensa que nas outras regiões.

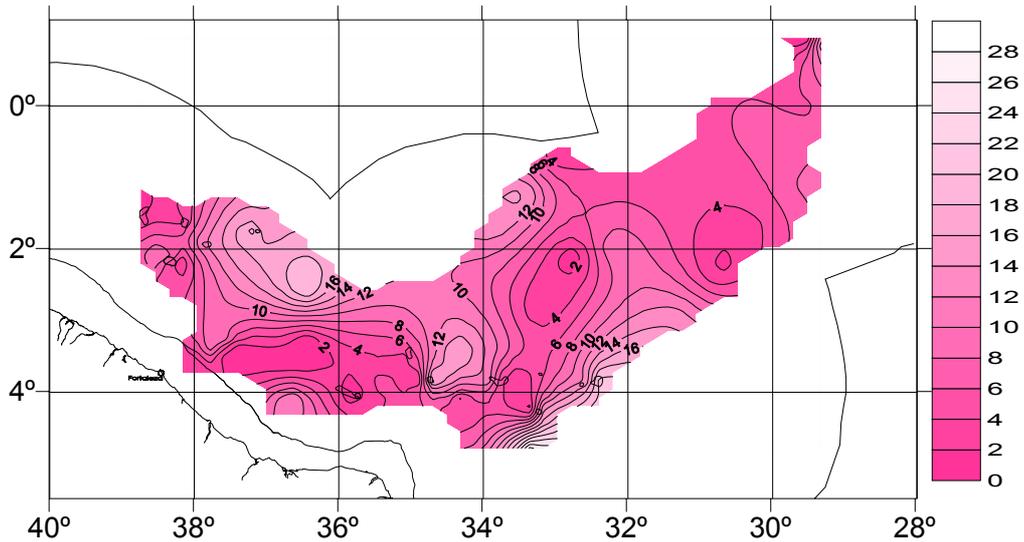


FIGURA 60 - Variação do nitrato, no meio da termoclina permanente, para o outono de 1998 - Operação Nordeste III.

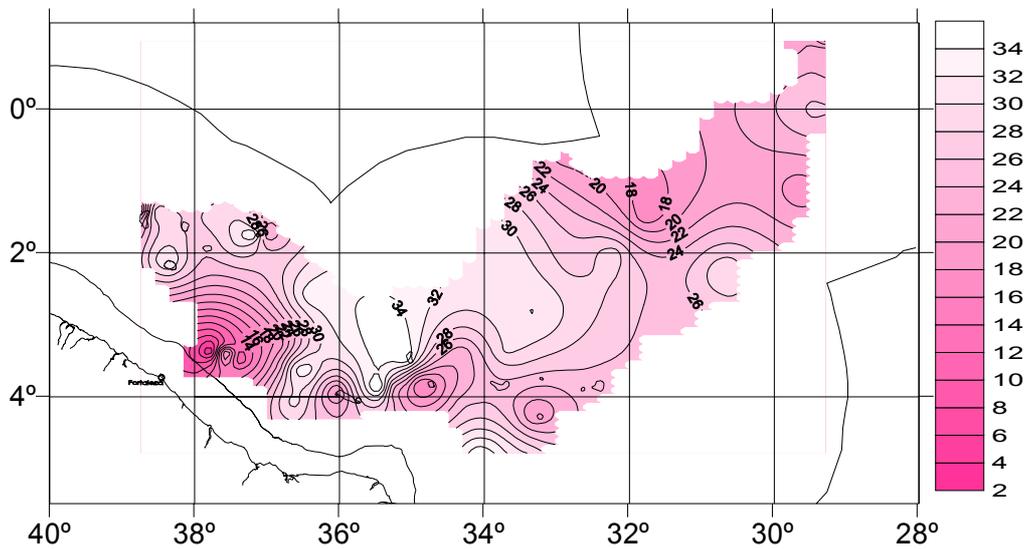


FIGURA 61 - Variação do nitrato, no final da termoclina permanente, para o outono de 1998 - Operação Nordeste III.

Os perfis verticais da distribuição do nitrato, no verão de 1997 estão apresentados nas FIGURAS 62, 63 e 64. Observa-se que em

aproximadamente 120 m, 70 m, 200 m e 150 m, para os perfis T1, T3, T6 e T7, respectivamente, áreas com concentrações elevadas de nitrato; nas camadas acima dos 100 m, a concentração desta variável é muito baixa, com exceção dos perfis T3, T5, T9 E T10. O perfil T3 apresentou, nas latitudes mais elevadas, uma alta densidade de isolinhas na camada superficial, bem como uma camada de mistura bastante heterogênea.

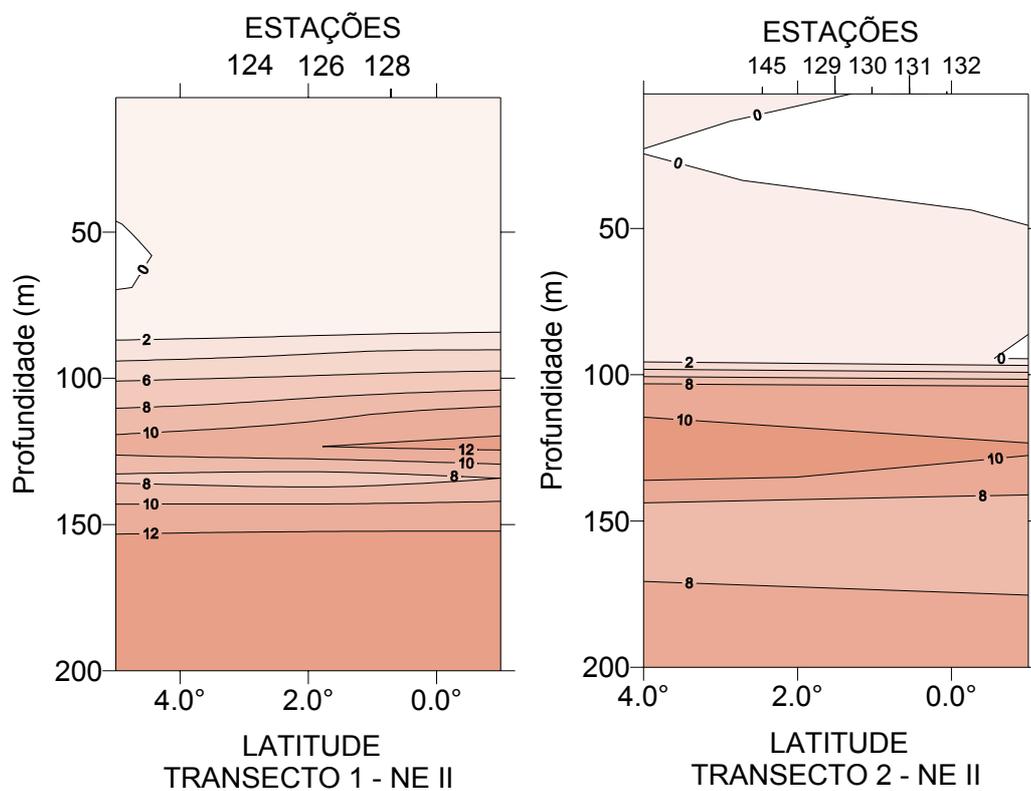


FIGURA 62 - Perfis verticais do nitrato no verão de 1997, na região nordeste do Brasil - transectos T1e T2.

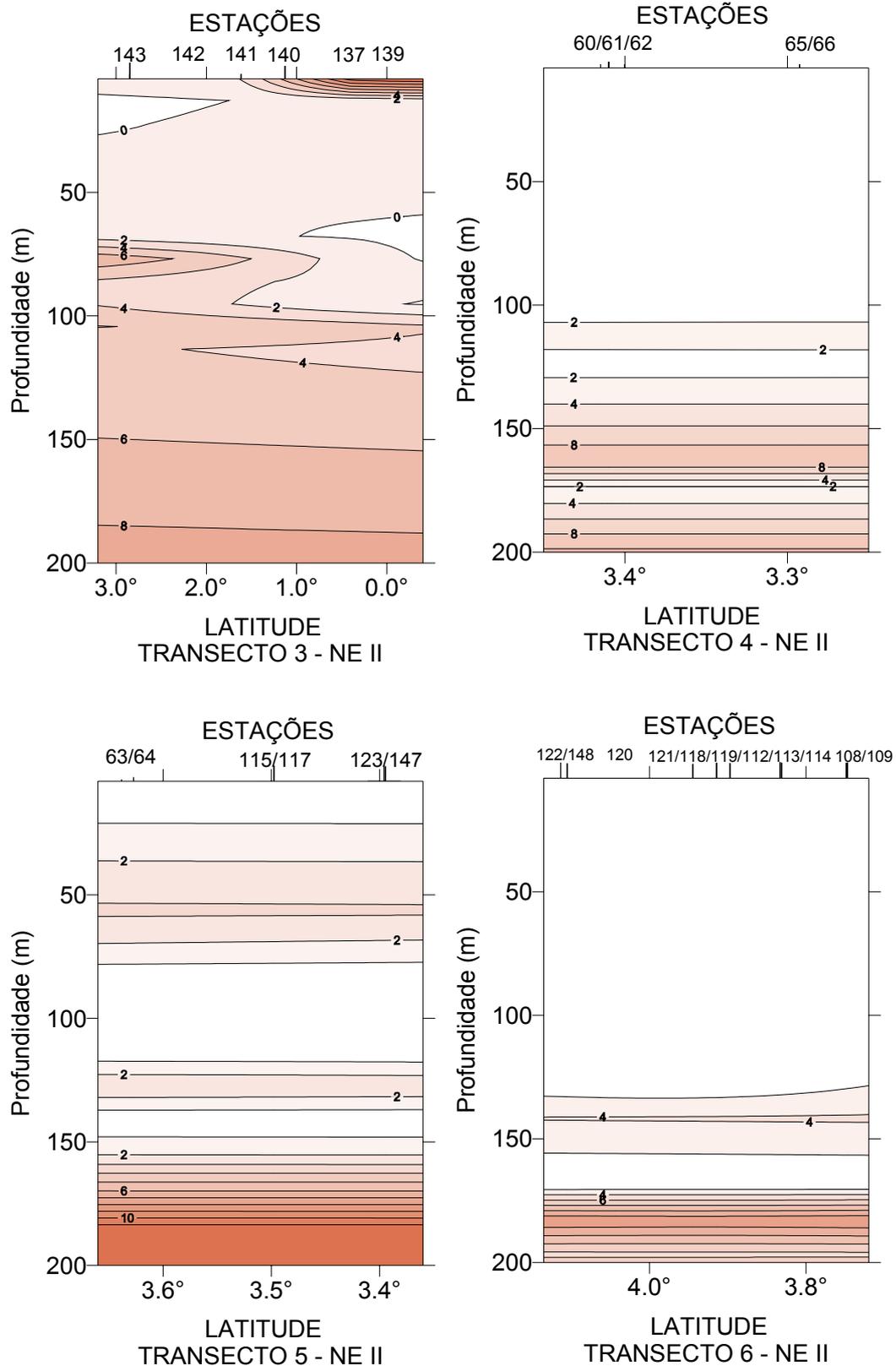


FIGURA 63 - Perfis verticais do nitrato no verão de 1997, na região nordeste do Brasil - transectos T3, T4, T5 e T6.

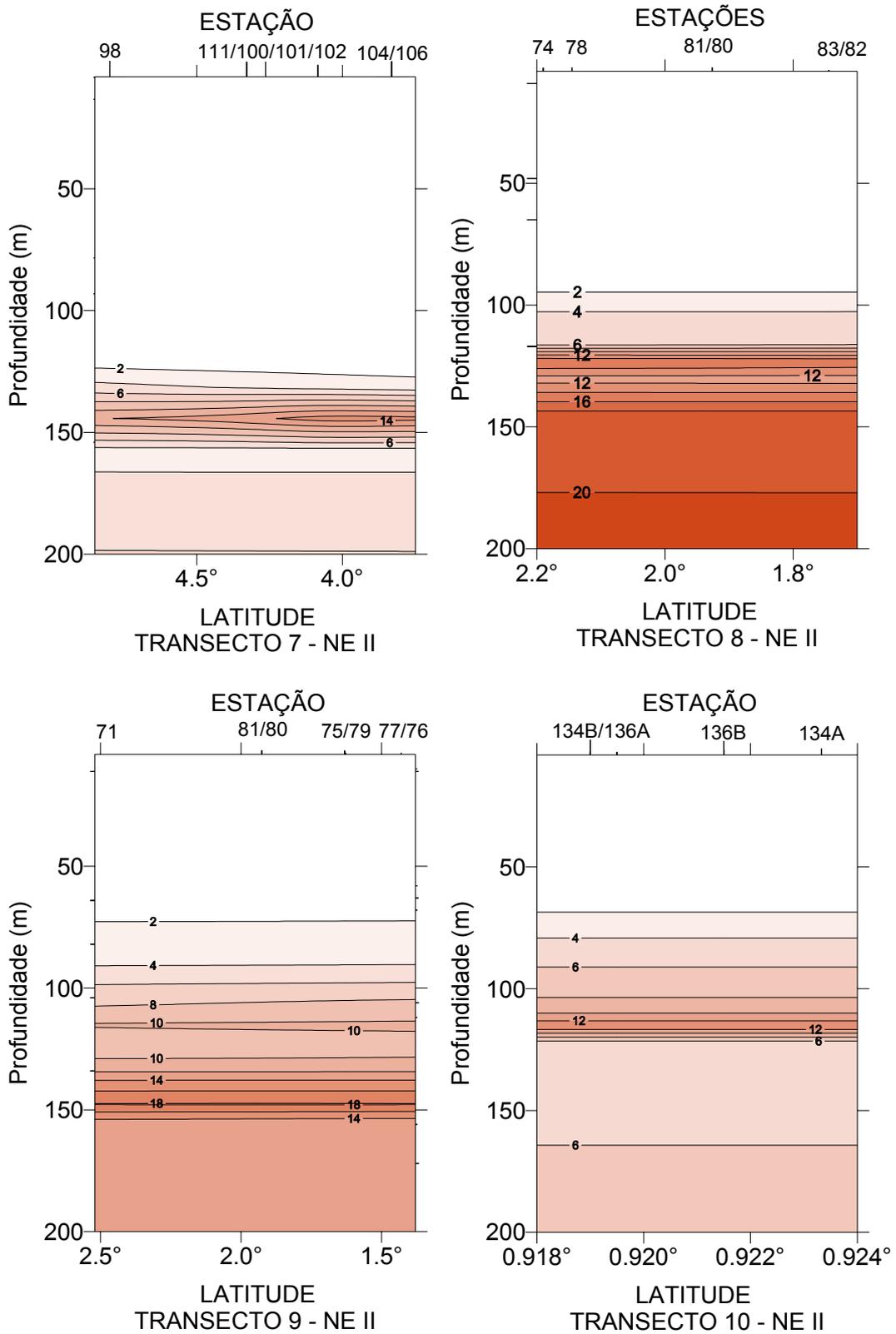


FIGURA 64 - Perfis verticais do nitrato no verão de 1997, na região nordeste do Brasil - transectos T7, T8, T9 e T10.

No outono, os perfis verticais do nitrato se apresentaram bem mais complexos como pode ser visto nas FIGURAS 65, 66 e 67; o perfil T2 apresenta altas concentrações de nitrato entre as profundidades de 100 a 140m, nas latitudes mais baixas, com as isolinhas decrescendo com o aumento da latitude. O perfil T3 apresentou o mesmo comportamento do verão só que com concentrações mais altas de nitrato. O perfil T4 mostra uma faixa de altas concentrações de nitrato na profundidade de aproximadamente 150 m.

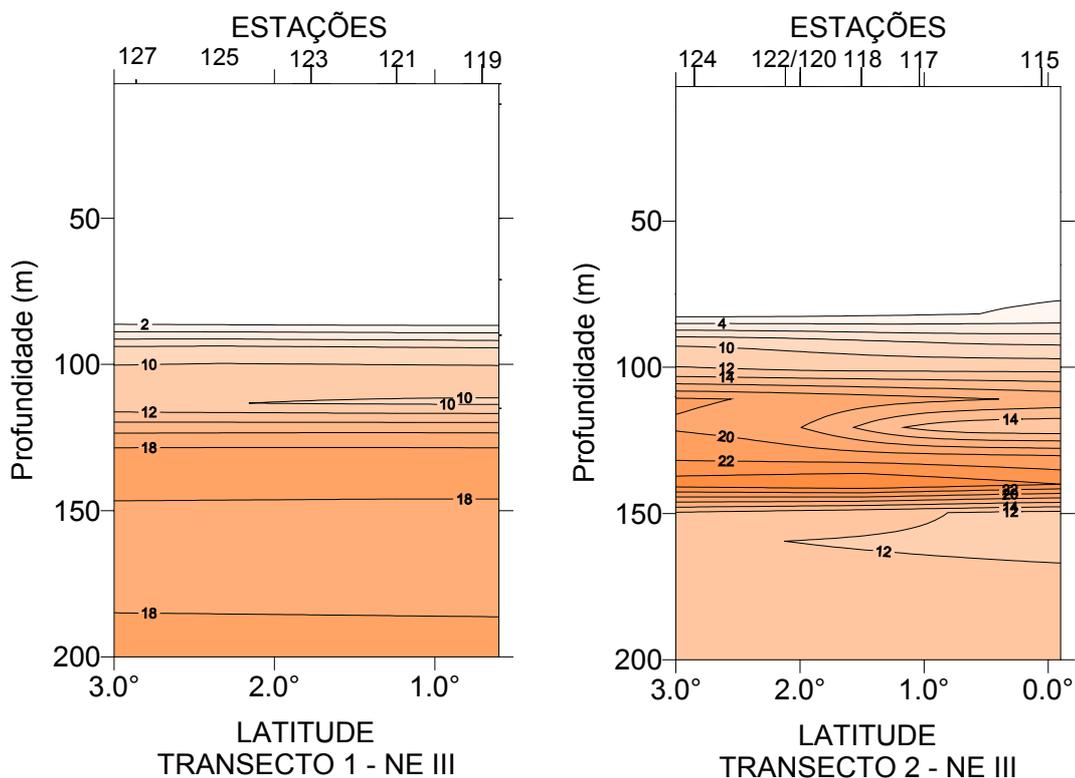


FIGURA 65 - Perfis verticais do nitrato no outono de 1998, na região nordeste do Brasil - transectos T1 e T2.

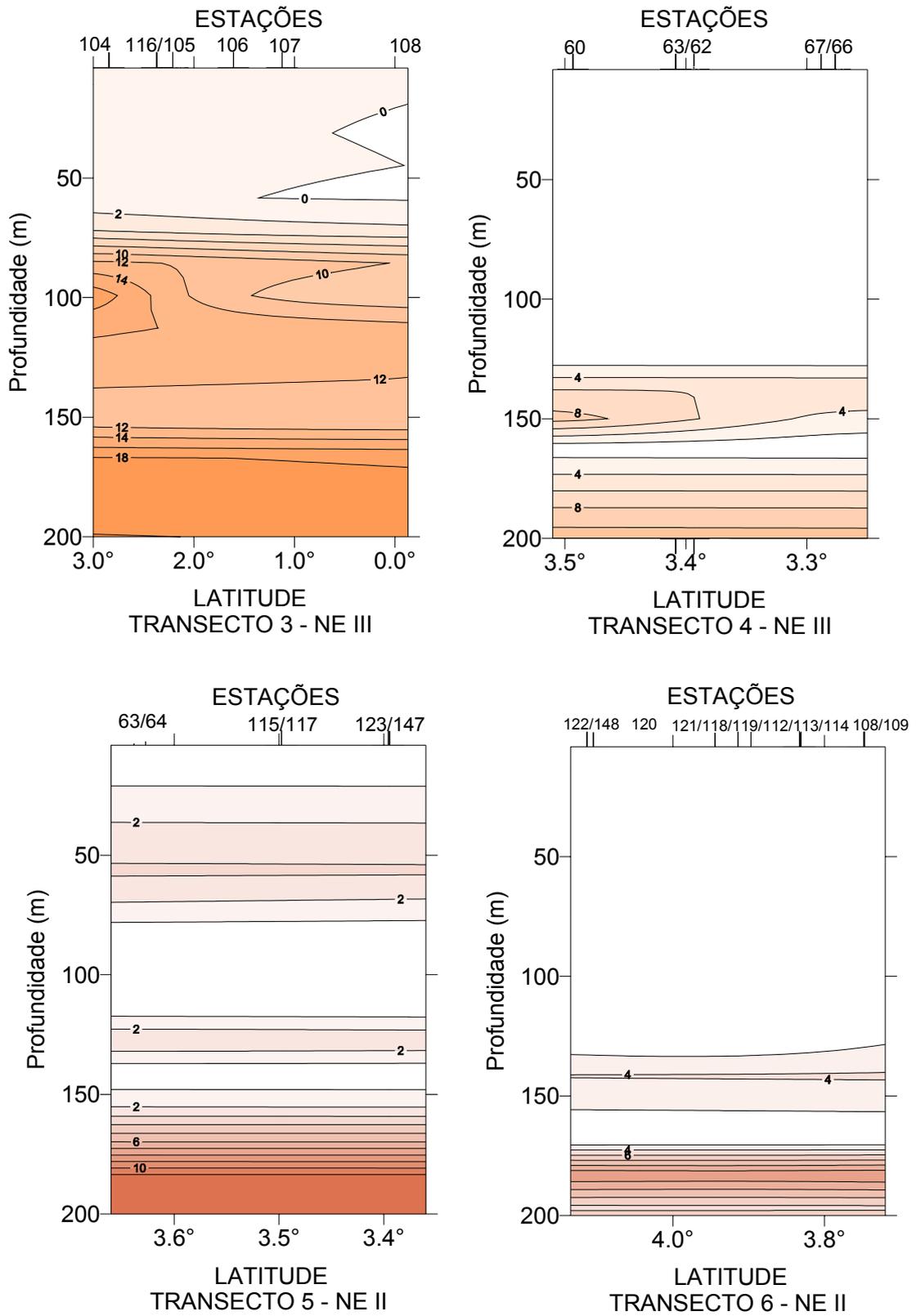


FIGURA 66 - Perfis verticais do nitrato no outono de 1998, na região nordeste do Brasil - transectos T3, T4, T5 e T6.

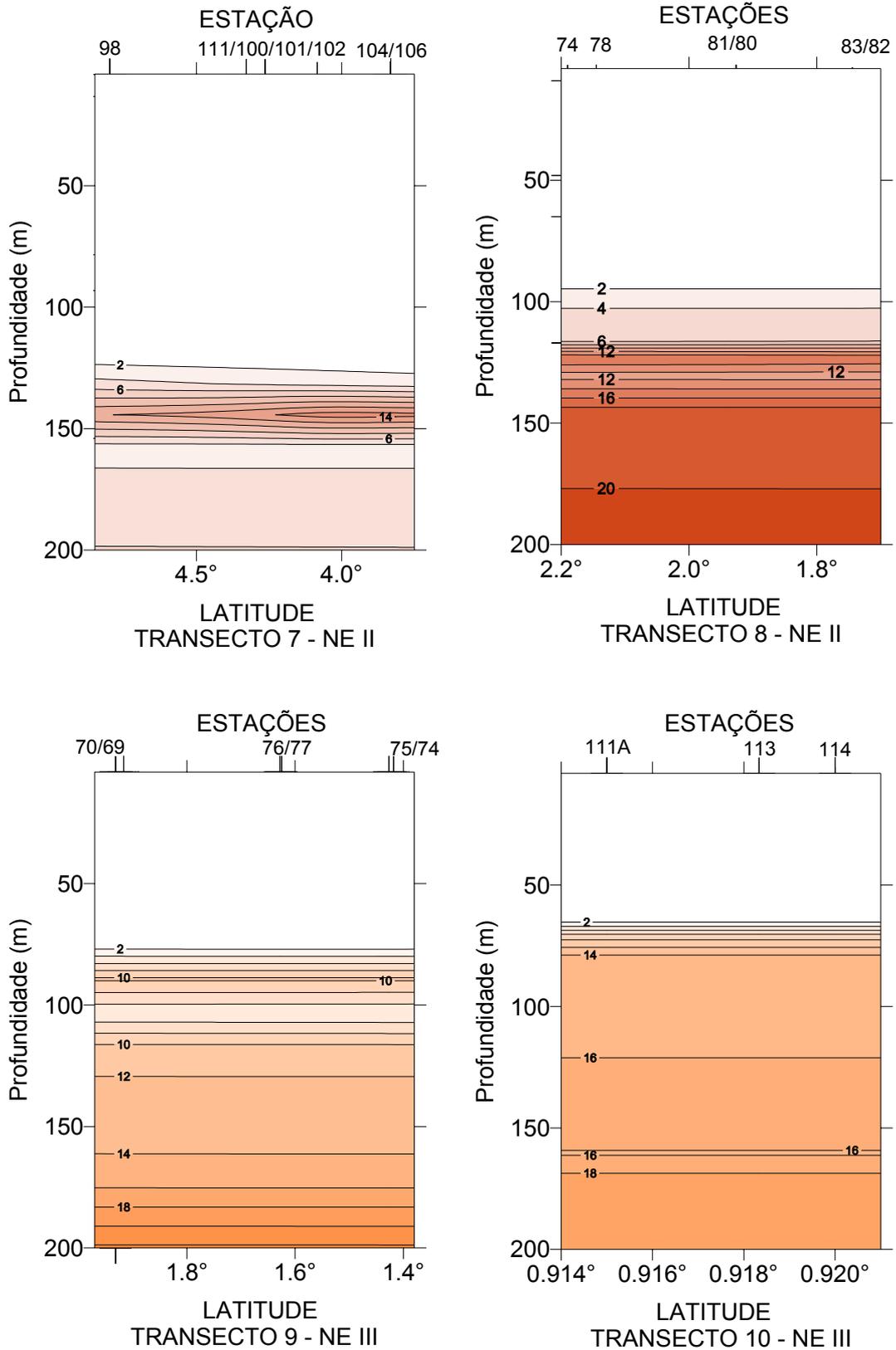


FIGURA 67 - Perfis verticais do nitrato no outono de 1998, na região nordeste do Brasil - transectos T7, T8, T9 e T10.

5.3.8. FOSFATO

As concentrações do fosfato estão apresentadas na TABELA 9, com seus valores médios, mínimos e máximos, para os períodos e profundidades estudados.

TABELA 9 - Valores médios, mínimos e máximos da concentração do fosfato, em $\mu\text{mol.L}^{-1}$.

Profundidade	Fosfato - 1997			Fosfato - 1998		
	Mín	Média \pm sd	Máx	Mín	Média \pm sd	Máx
Superfície	\leq LD	0,108 \pm 0,181	0,836	\leq LD	0,202 \pm 0,307	1,540
50% de luminosidade	\leq LD	0,071 \pm 0,051	0,324	\leq LD	0,193 \pm 0,236	1,179
1% de luminosidade	\leq LD	0,095 \pm 0,077	0,479	\leq LD	0,221 \pm 0,233	1,344
Início da Termoclina Sazonal	\leq LD	0,137 \pm 0,176	1,034	\leq LD	0,259 \pm 0,353	2,060
Meio da Termoclina Sazonal	\leq LD	0,276 \pm 0,242	1,098	\leq LD	0,635 \pm 0,411	1,834
Final da Termoclina Sazonal	0,096	0,656 \pm 0,330	1,310	\leq LD	1,109 \pm 0,466	2,494
Final da Termoclina	0,199	1,078 \pm 0,438	1,916	0,607	1,722 \pm 0,561	3,818

A distribuição do fosfato na camada superficial está mostrada nas FIGURAS 68 e 69.

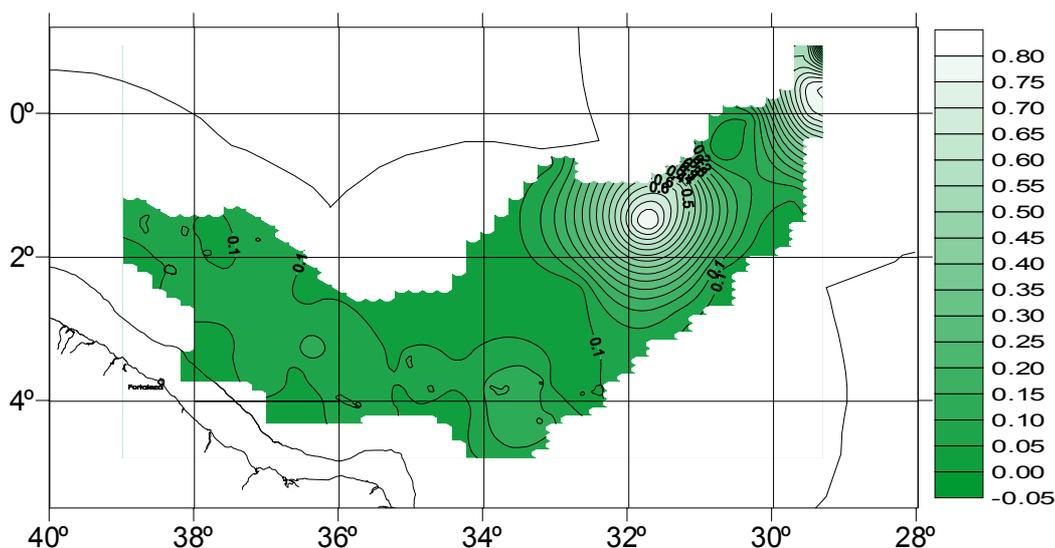


FIGURA 68 - Variação do fosfato, na camada superficial, para o verão de 1997 - Operação Nordeste II.

No verão, FIGURA 68, semelhante ao observado para o nitrato, dois vórtices crescentes, um na região oceânica e outro na região do arquipélago de São Pedro e São Paulo aparecem. Nas outras regiões a concentração foi muito baixa e uniforme.

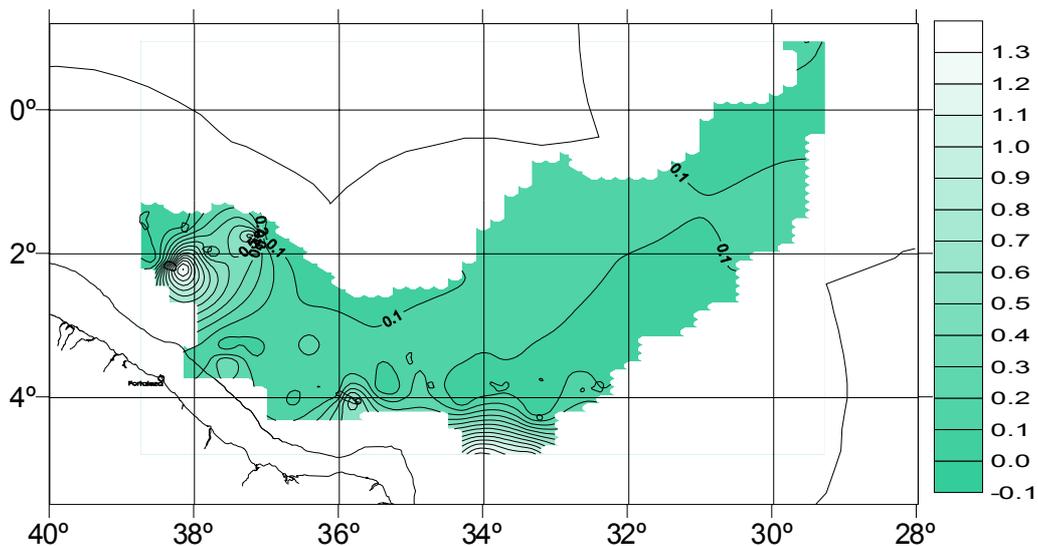


FIGURA 69 - Variação do fosfato, na camada superficial, para o outono de 1998 - Operação Nordeste III.

No outono, FIGURA 69, verifica-se dois vórtices de máximo na região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil, um forte e outro mais fraco; uma certa densidade de isolinhas aparece na região dos bancos de Fernando de Noronha. Diversamente do verão, a região oceânica e do arquipélago de São Pedro e São Paulo são as que mostraram concentrações homogêneas.

A distribuição vertical deste parâmetro está mostrada na FIGURA 70 e verifica-se grande semelhança com a distribuição do nitrato. No verão, a concentração aumentou lentamente com a profundidade até o

início da termoclina sazonal, passando então a aumentar mais rapidamente na termoclina e, sempre crescendo em direção ao fundo. Na camada sub-superficial a concentração do fosfato também diminuiu, devido principalmente à variação do fosfato na região da Cadeia Norte do Brasil.

No outono, a mesma variação foi obtida, só que com concentrações mais elevadas.

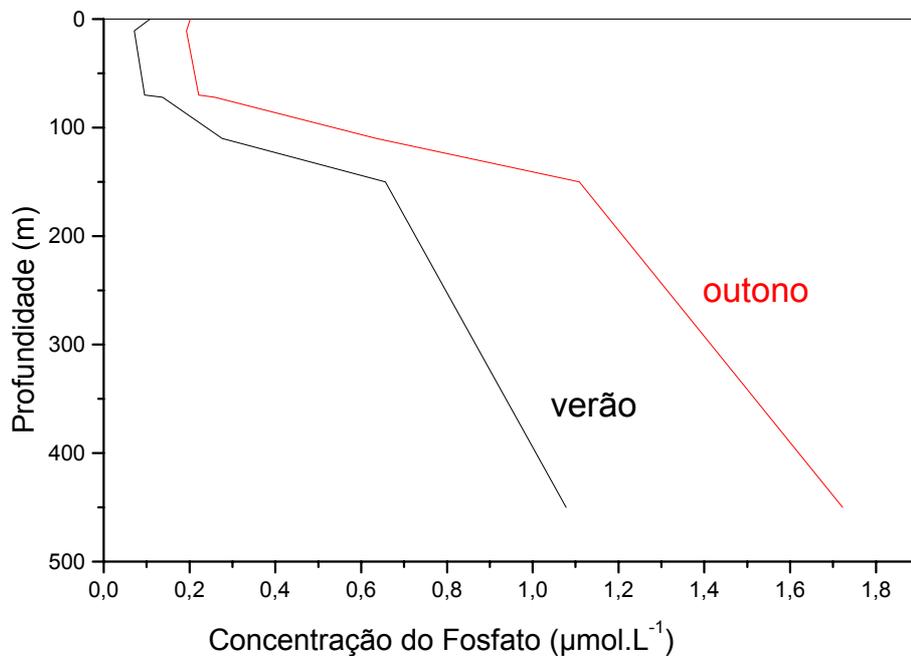


FIGURA 70 - Variação vertical do fosfato para o verão de 1997 e outono de 1998

As FIGURAS 71 e 72 mostram a distribuição deste parâmetro, no verão, nas profundidades médias de 149 ± 33 m e 435 ± 118 m, respectivamente.

A FIGURA 71 exibe que a região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil é que apresentou as concentrações mais altas de fosfato.

Vários vórtices de máxima e mínima podem ser observados. Um gradiente decrescente de concentração é verificado em direção ao arquipélago de São Pedro e São Paulo, onde a concentração foi constante, baixa e uniforme.

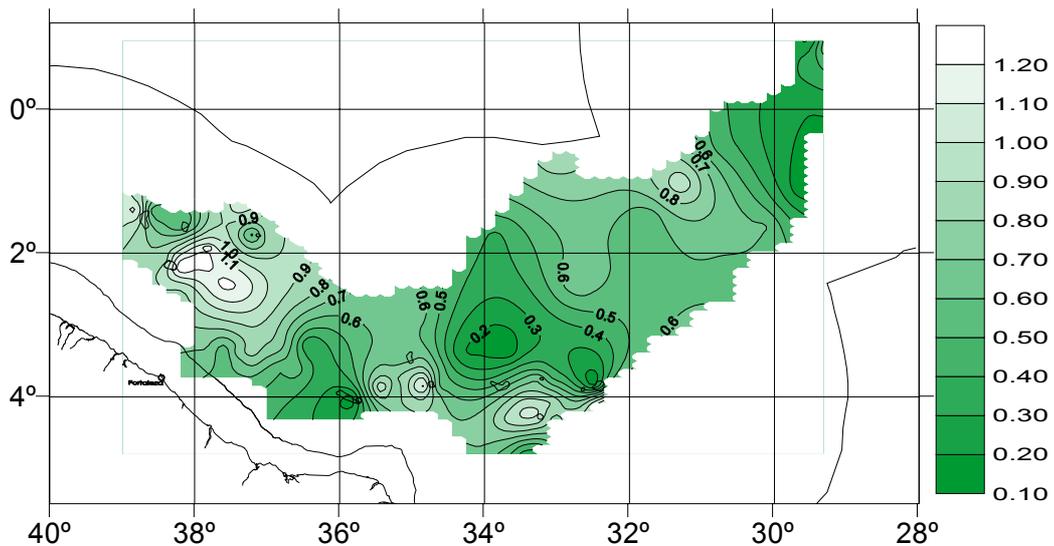


FIGURA 71 - Variação do fosfato, no final da termoclina sazonal, para o verão de 1997 - Operação Nordeste II.

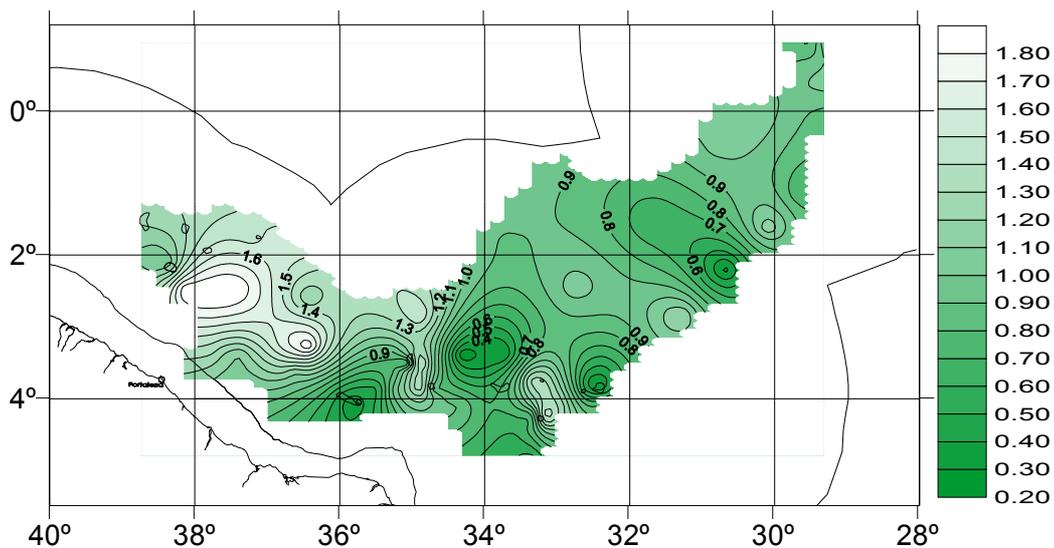


FIGURA 72 - Variação do fosfato, no final da termoclina permanente, para o verão de 1997 - Operação Nordeste II.

Podem ser observados, na FIGURA 72, uma grande densidade de isolinhas e um número acentuado de vórtices convergindo para concentrações mínimas. Uma grande zona de alta concentração é encontrada na região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil.

A FIGURA 73 mostra a distribuição da concentração de fosfato, no outono, na profundidade de 177 ± 74 m. Vários vórtices podem ser observados, a maioria de concentração mínima, com gradiente mais acentuado no Atol das Rocas.

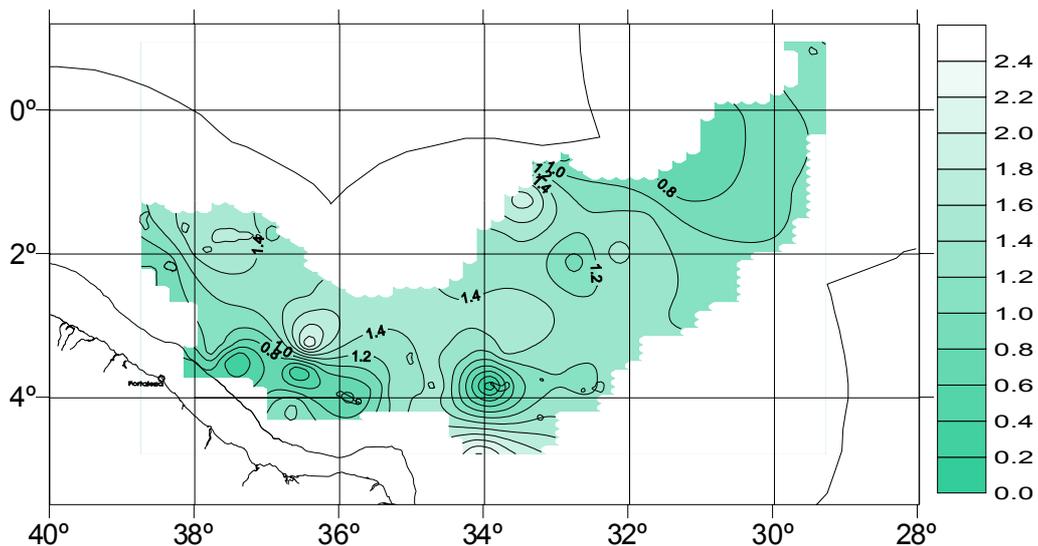


FIGURA 73 - Variação do fosfato, no final da termoclina sazonal, para o outono de 1998 - Operação Nordeste III.

As FIGURAS 74, 75 e 76 exibem os perfis dos transectos obtidos no verão de 1997. O perfil T3 mostra isolinhas decrescendo com o aumento da latitude nas profundidades acima dos 200 m; altas concentrações de fosfato são exibidas na camada superficial bem como um afundamento de cerca de 20 m, na isolinha de $0,1 \mu\text{M}$, nas proximidades da estação 137.

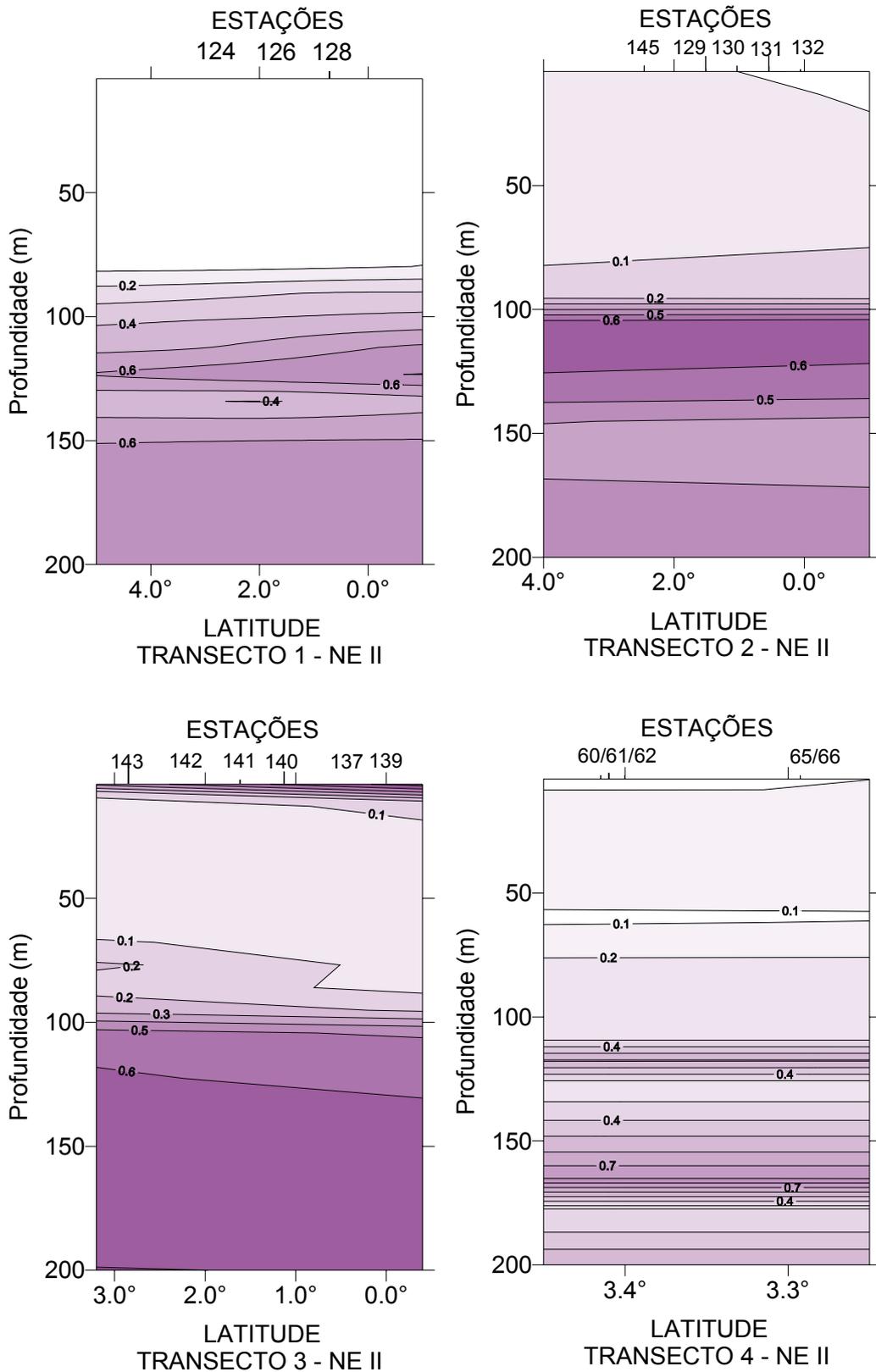


FIGURA 74 - Perfis verticais do fosfato no verão de 1997, na região nordeste do Brasil - transectos T1, T2, T3 E T4.

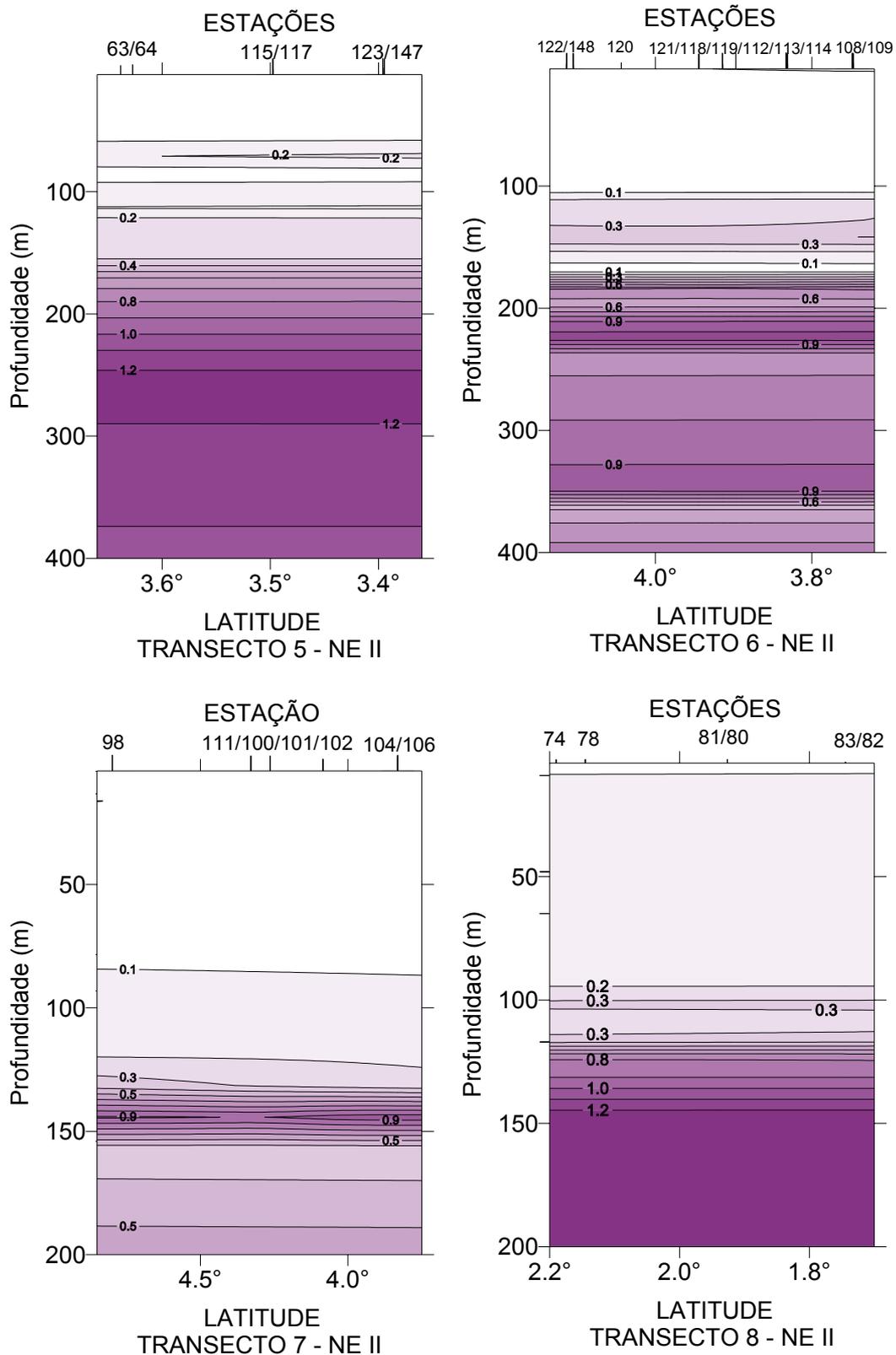


FIGURA 75 - Perfis verticais do fosfato no verão de 1997, na região nordeste do Brasil - transectos T5, T6, T7 e T8.

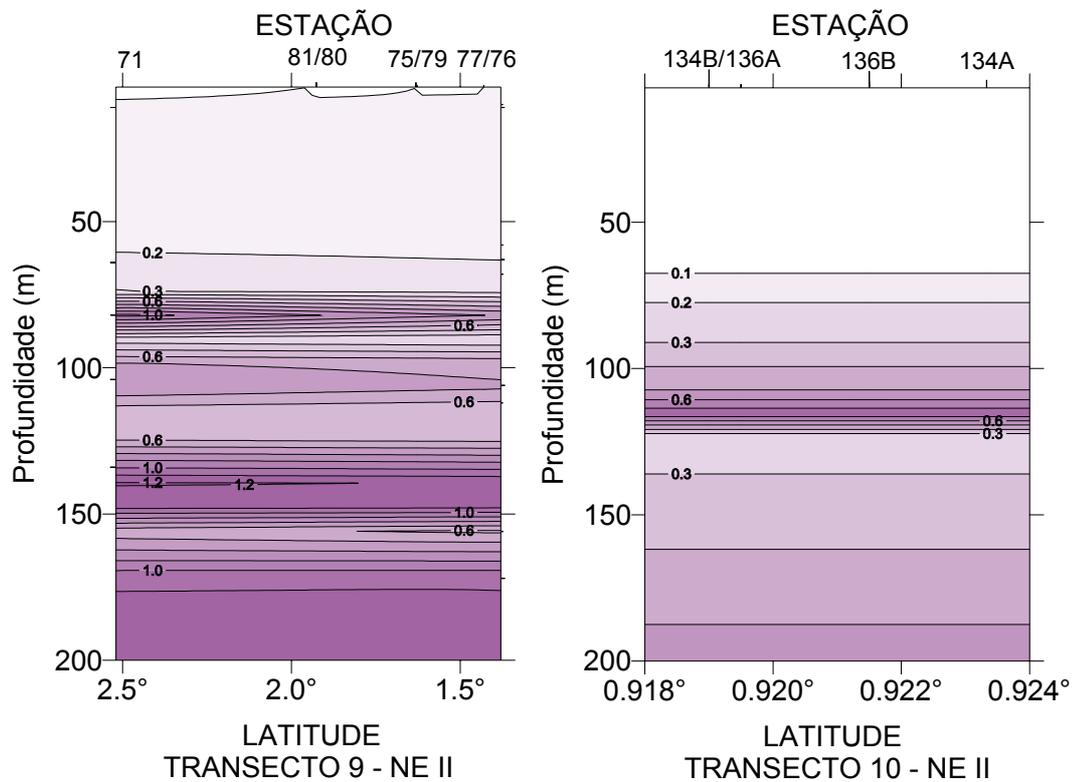


FIGURA 76 - Perfis verticais do fosfato no verão de 1997, na região nordeste do Brasil - transectos T9 e T10.

No outono, como na distribuição do nitrato, os perfis se apresentaram mais complexos do que no verão. As FIGURAS 77, 78 e 79 mostram a distribuição do fosfato nestes perfis. No perfil T2, uma zona crescente da concentração do fosfato pode ser observada na faixa dos 120 a 160 m; no perfil T3 verifica-se um afundamento das isolinhas de 0,8 e 1,0 μM a partir da estação 106 e alta concentração de fosfato na camada superficial. Uma grande variabilidade pode ser observada no perfil T2, na região onde se verificou ressurgência.

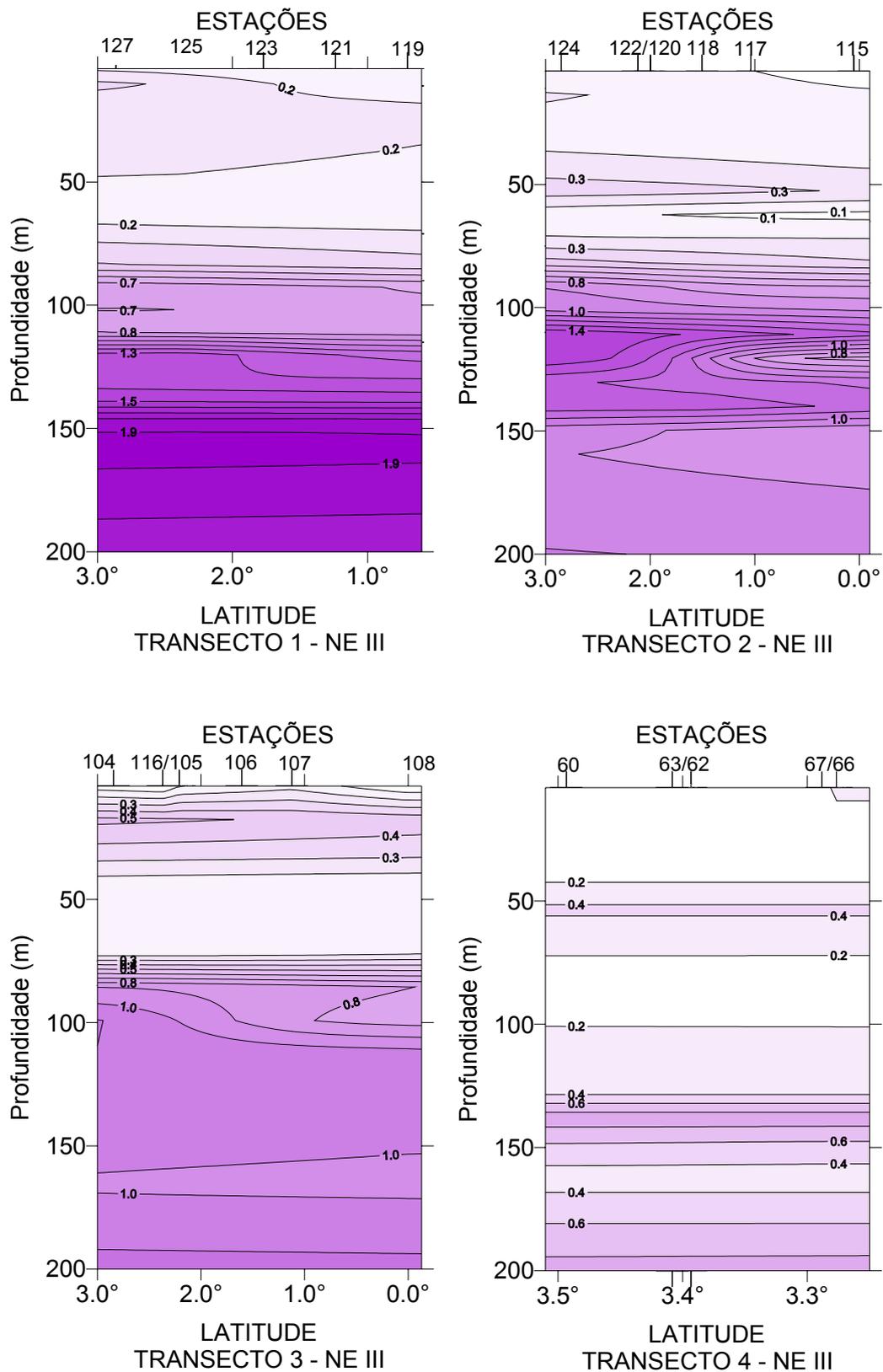


FIGURA 77 - Perfis verticais do fosfato no outono de 1998, na região nordeste do Brasil - transectos T1, T2, T3 e T4.

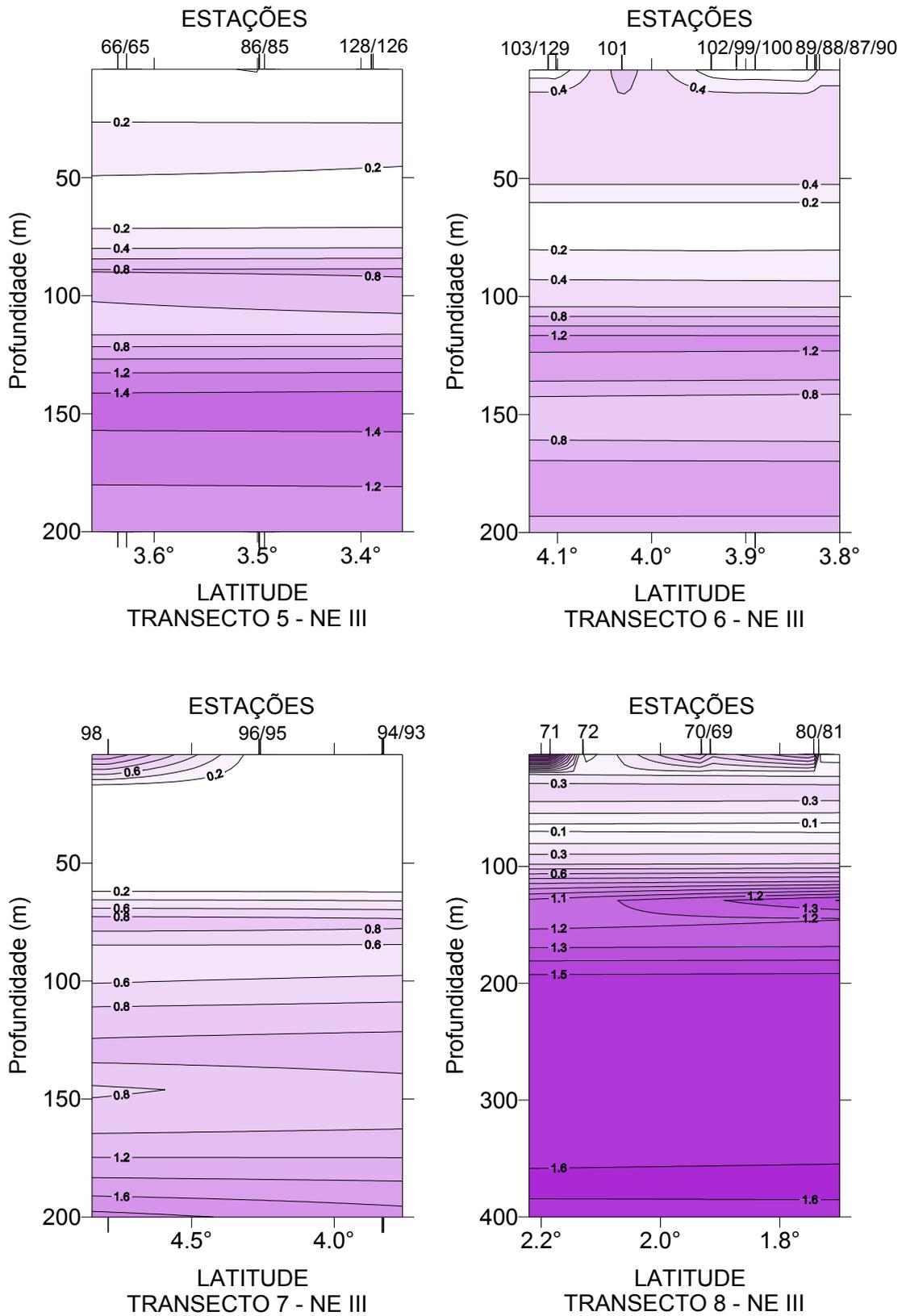


FIGURA 78 - Perfis verticais do fosfato no outono de 1998, na região nordeste do Brasil - transectos T5, T6, T7 e T8.

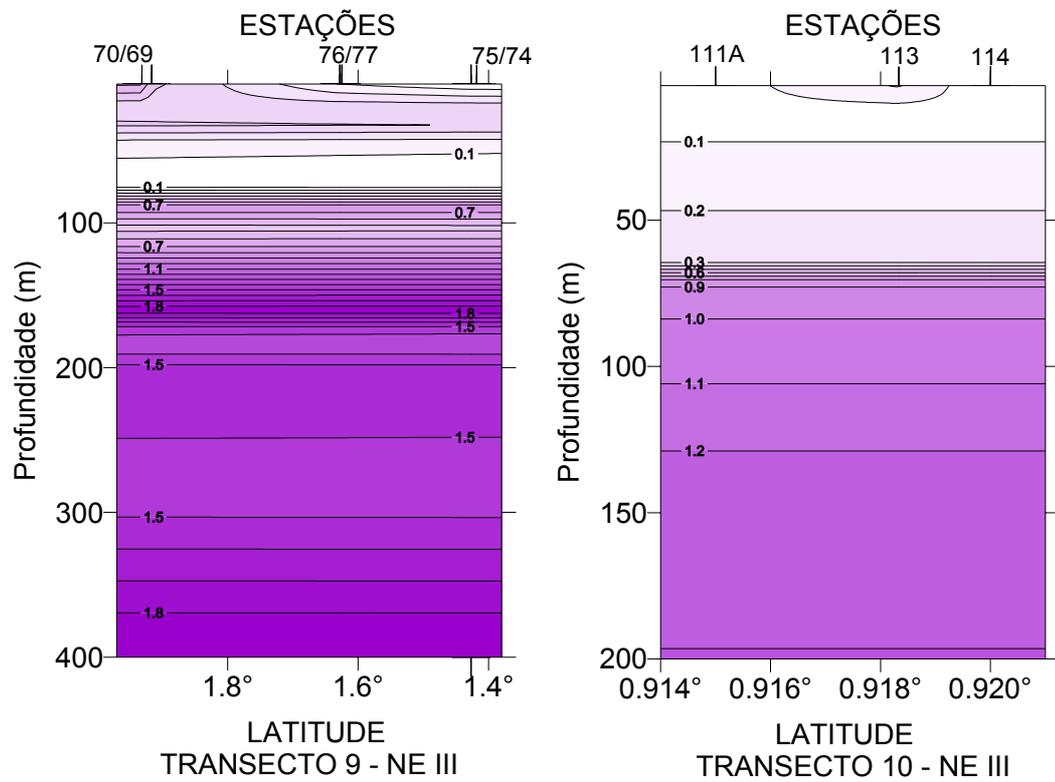


FIGURA 79 – Perfis verticais do fosfato no outono de 1998, na região nordeste do Brasil - transectos T9 e T10.

5.3.9. SILÍCIO REATIVO

As concentrações médias, mínimas e máximas do silício reativo estão mostradas na TABELA 10, para os períodos e profundidades estudadas.

TABELA 10 - Valores médios, mínimos e máximos da concentração do silício reativo, em $\mu\text{mol.L}^{-1}$.

Profundidade	Silício - 1997			Silício - 1998		
	Mín	Média \pm sd	Máx	Mín	Média \pm sd	Máx
Superfície	\leq LD	3,602 \pm 3,982	15,387	\leq LD	3,691 \pm 2,857	10,050
50% de luminosidade	\leq LD	3,922 \pm 4,064	14,929	\leq LD	4,133 \pm 3,075	10,356
1% de luminosidade	\leq LD	4,863 \pm 5,019	17,519	\leq LD	4,359 \pm 2,922	10,667
Início da Termoclina Sazonal	\leq LD	4,808 \pm 5,436	19,953	\leq LD	4,270 \pm 2,798	10,356
Meio da Termoclina Sazonal	\leq LD	6,947 \pm 6,031	19,757	\leq LD	6,262 \pm 3,419	15,420
Final da Termoclina Sazonal	1,087	10,708 \pm 6,413	25,634	\leq LD	9,383 \pm 5,992	40,273
Final da Termoclina	1,682	15,987 \pm 8,050	35,485	0,763	18,820 \pm 8,903	49,592

As FIGURAS 80 e 81 mostram a variação desta variável na camada superficial, no verão e outono, respectivamente.

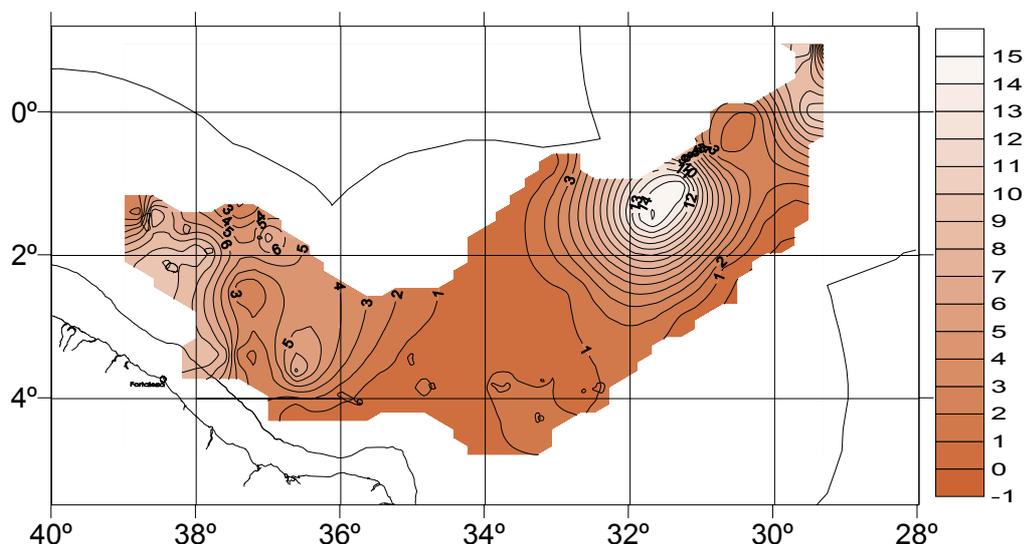


FIGURA 80 - Variação do silício reativo, na camada superficial, para o verão de 1997 - Operação Nordeste II.

No verão, FIGURA 80, observa-se claramente que a concentração de silício é bastante elevada na região oceânica, com um vórtice de alta intensidade, seguida do arquipélago de São Pedro e São Paulo. A região dos bancos de Fernando de Noronha e área oceânica adjacente mostrou-se bastante homogênea em relação a este parâmetro.

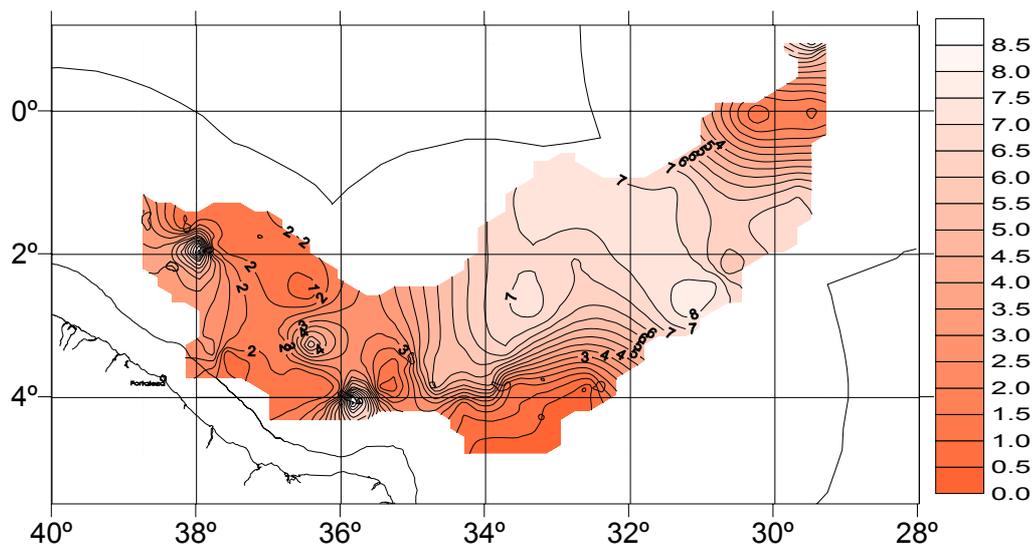


FIGURA 81 - Variação do silício relativo, na camada superficial, para o outono de 1998 - Operação Nordeste III.

No outono, FIGURA 81, ao contrário do verão, a região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil foi a que exibiu as concentrações mais baixas de silício e com um certo grau de homogeneidade em sua distribuição. Nota-se um gradiente crescente, do arquipélago de São Pedro e São Paulo para a região oceânica, a qual apresentou os valores mais altos e com grandes áreas de mesma concentração, passando a diminuir para latitudes mais baixas. Um vórtice intenso, de concentração máxima é observado no banco SÍrius e outros de menor intensidade na Cadeia Norte do Brasil.

A FIGURA 82 mostra a variação vertical deste parâmetro, no verão e outono.

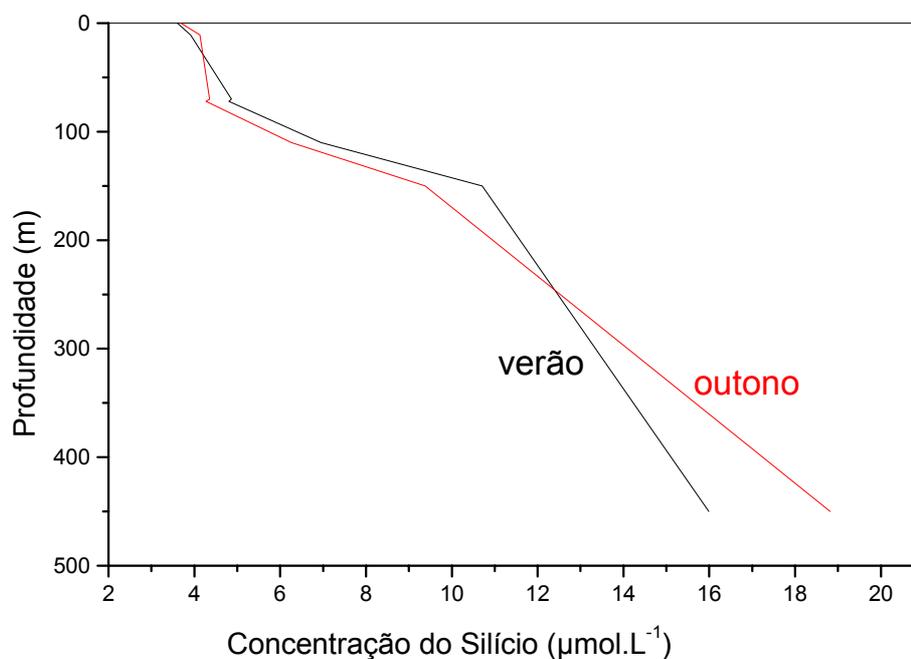


FIGURA 82 - Variação vertical do silício reativo para o verão de 1997 e outono de 1998

No verão, a concentração do silício, na camada superficial, foi praticamente igual a do outono, aumentando gradativamente e ultrapassando a do outono na profundidade de 1% da luminosidade, crescendo rapidamente na termoclina e mais lentamente com a profundidade, exibindo concentrações menores que no outono nas profundidades superiores a 250 m. No outono, a variação foi similar ao do verão. De uma maneira geral, a concentração do silício sempre cresceu com a profundidade.

A distribuição da concentração do silício, no verão, na profundidade de 109 ± 20 m está apresentada na FIGURA 83. Vários

vórtices de máxima e de mínima podem ser observados na região dos Bancos da Cadeia Norte do Brasil, a qual apresentou os maiores valores. As demais áreas apresentaram grande homogeneidade e baixos valores.

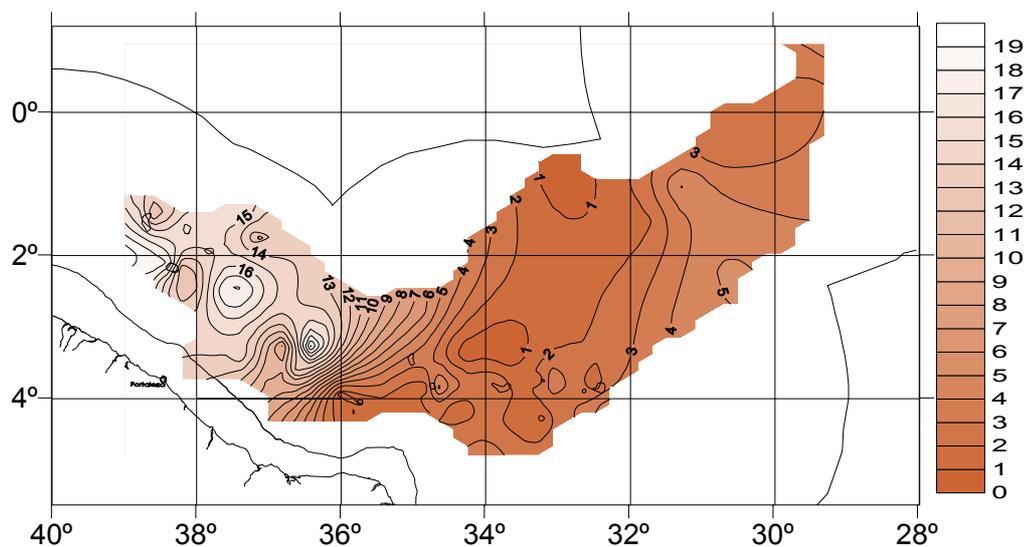


FIGURA 83 - Variação do silício reativo, no meio da termoclina sazonal, para o verão de 1997 - Operação Nordeste II.

A FIGURA 84 mostra valores elevados nas concentrações do silício reativo, grande densidade de isolinhas e vários vórtices de máxima e mínima, com intensidade mediana, na profundidade de 435 ± 118 m.

A FIGURA 85 apresenta a distribuição do silício na profundidade de 177 ± 74 m. No banco Guará há um intenso vórtice crescente, atingindo uma concentração máxima de $32,729 \mu\text{mol.L}^{-1}$ e outro no banco Sírius. Nas demais áreas, os valores foram bem menores que no verão, apresentando faixas bem definidas de concentração.

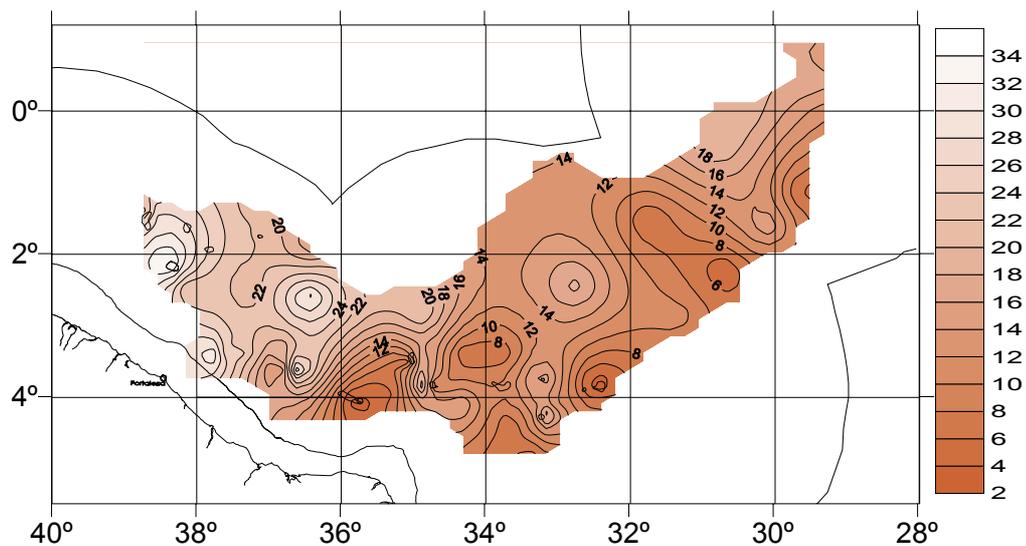


FIGURA 84 - Variação do silício reativo, no final da termoclina permanente, para o verão de 1997 - Operação Nordeste II.

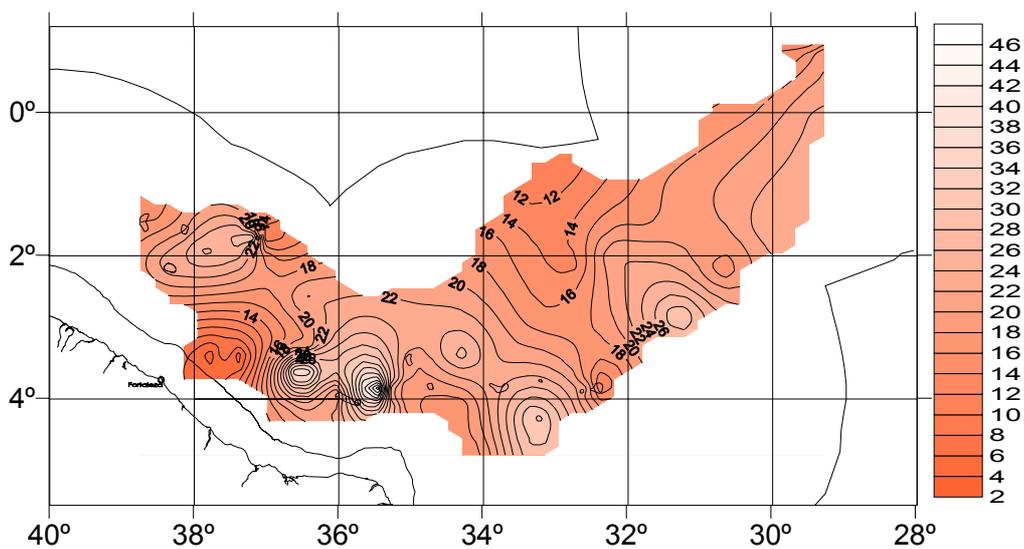


FIGURA 85 - Variação do silício reativo, no final da termoclina permanente, para o outono de 1998 - Operação Nordeste III.

As FIGURAS 86, 87 e 88 apresentam a distribuição do silício nos transectos escolhidos para estudo, para o verão de 1997.

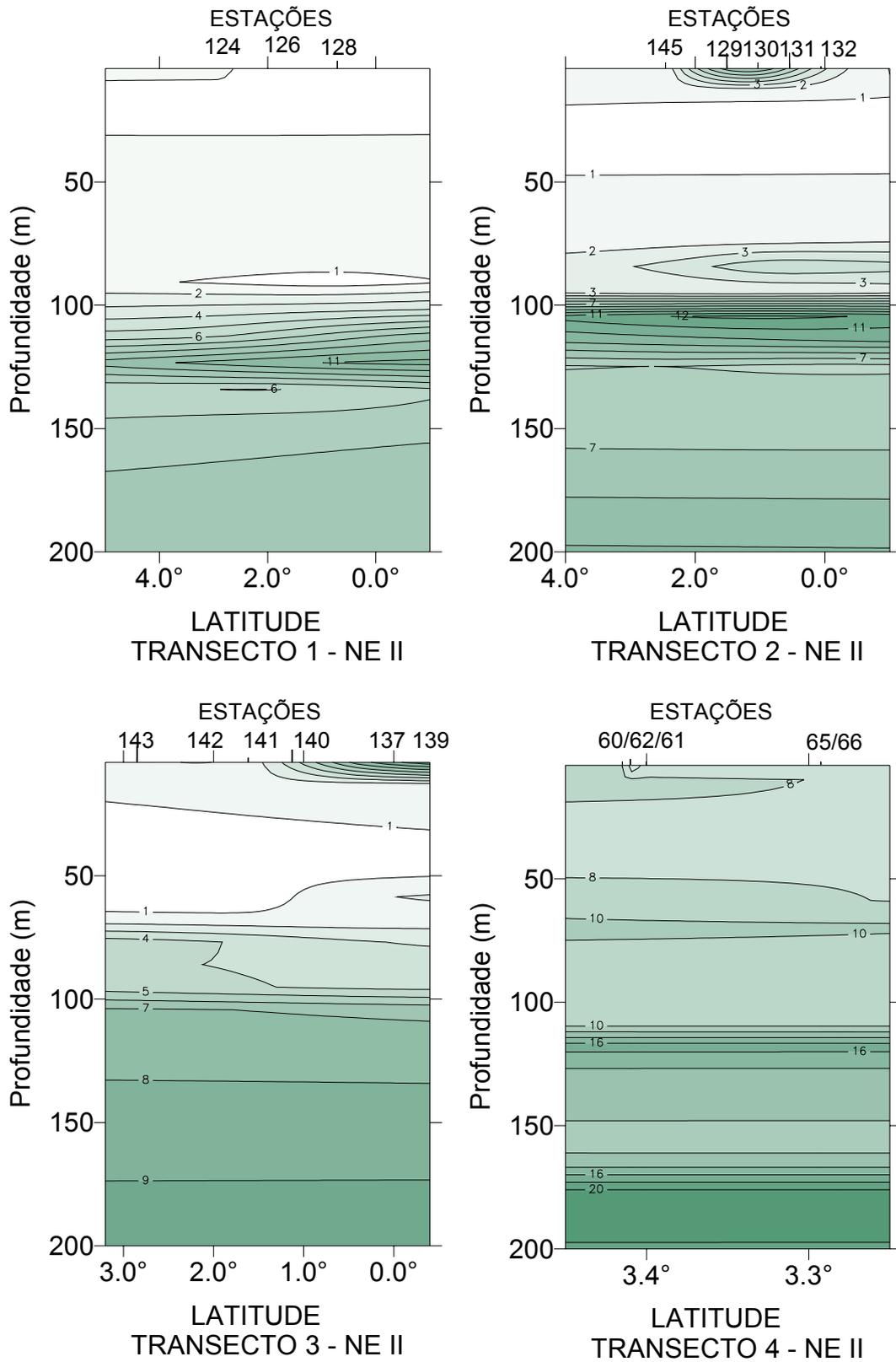


FIGURA 86 - Perfis verticais do silício reativo no verão de 1997, na região nordeste do Brasil - transectos T1, T2, T3 e T4.

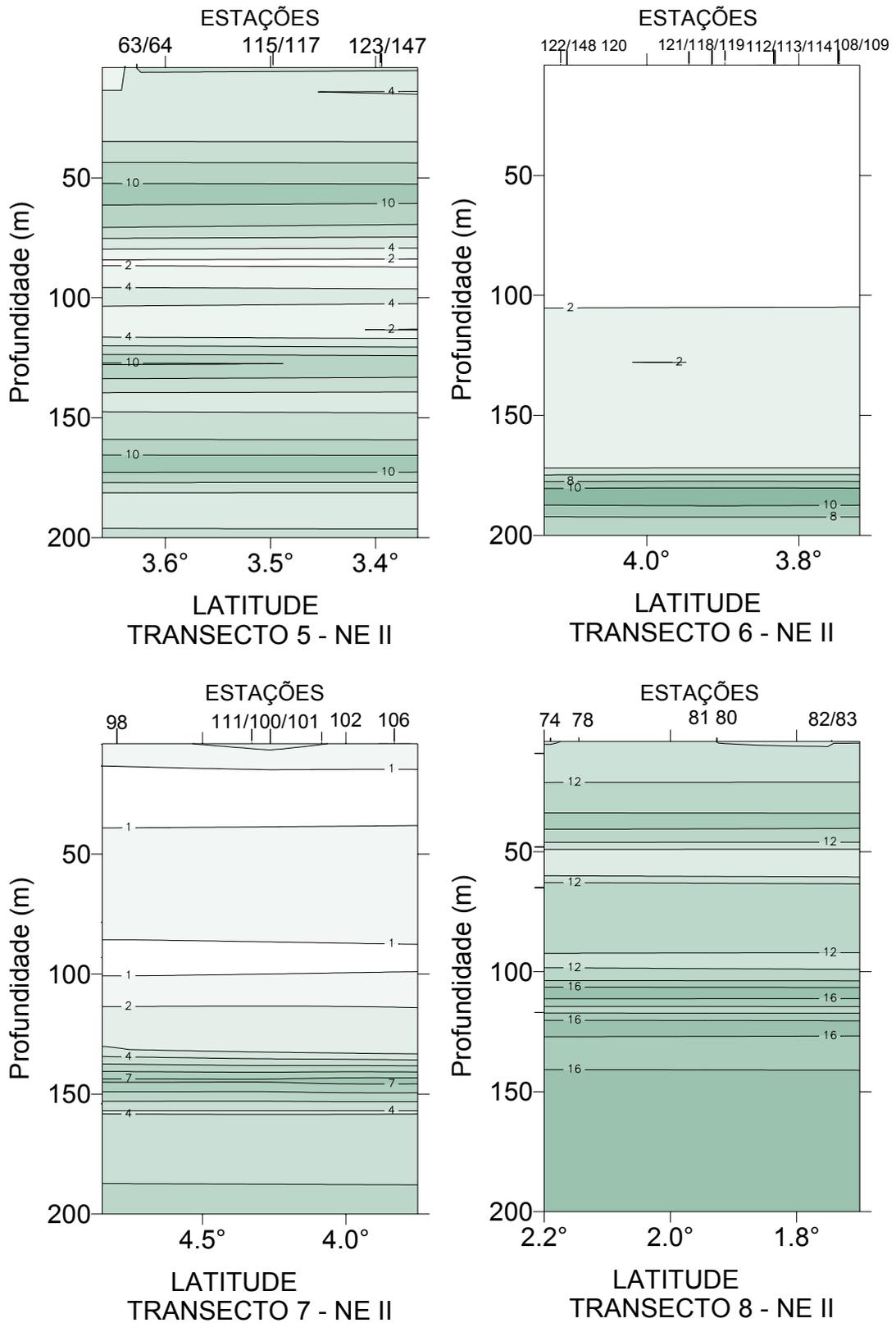


FIGURA 87 - Perfis verticais do silício reativo no verão de 1997, na região nordeste do Brasil - transectos T5, T6, T7 e T8.

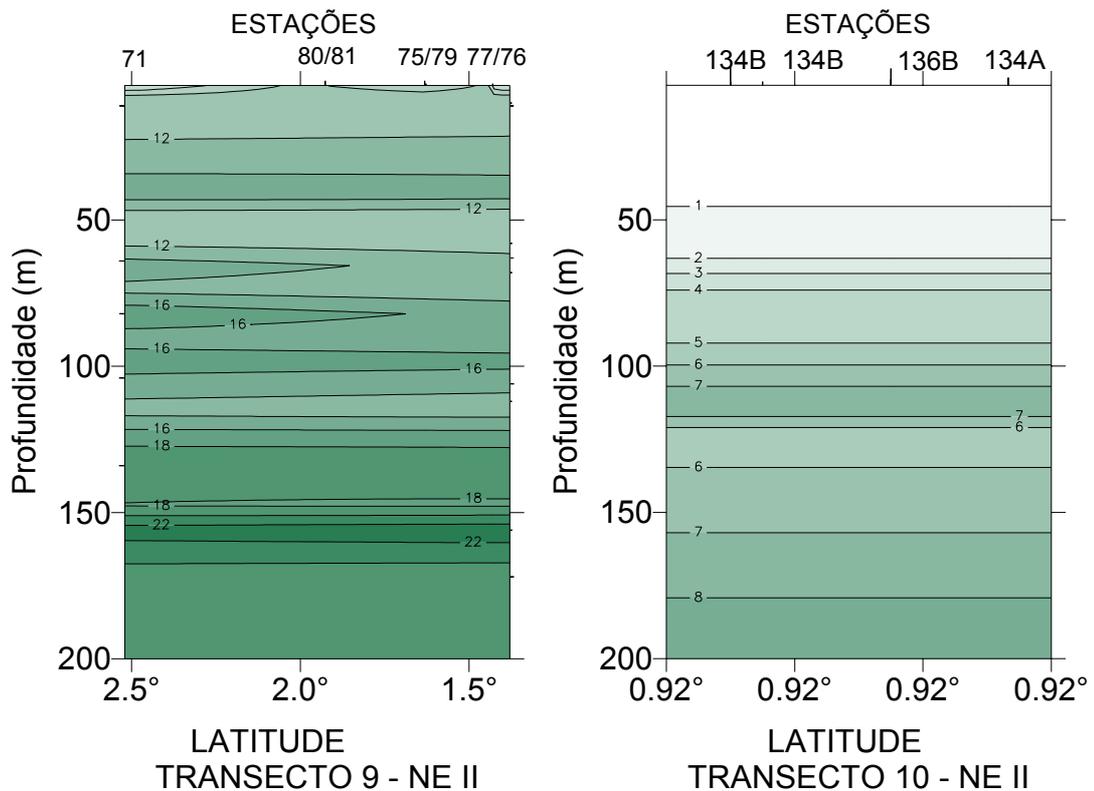


FIGURA 88 - Perfis verticais do silício reativo no verão de 1997, na região nordeste do Brasil – transectos T9 e T10.

Verifica-se, neste período, uma alta concentração superficial deste elemento nos perfis T2 e T3; no perfil T2 também podemos visualizar uma zona de concentração crescente na faixa localizada um pouco abaixo dos 100 m. As maiores concentrações desta variável, na camada eufótica, podem ser observadas nos perfis T4, T5, T8 e T9.

As FIGURAS 89, 90 e 91 mostram os perfis verticais do silício no outono de 1998. A concentração superficial deste parâmetro, nos transectos T2 e T3 também é elevada embora, com uma distribuição mais localizada; uma camada de descontinuidade nos transectos T2, T4 e T7 também é observada. O transecto T4 apresenta uma zona de concentração máxima nas proximidades dos 200 m de profundidade.

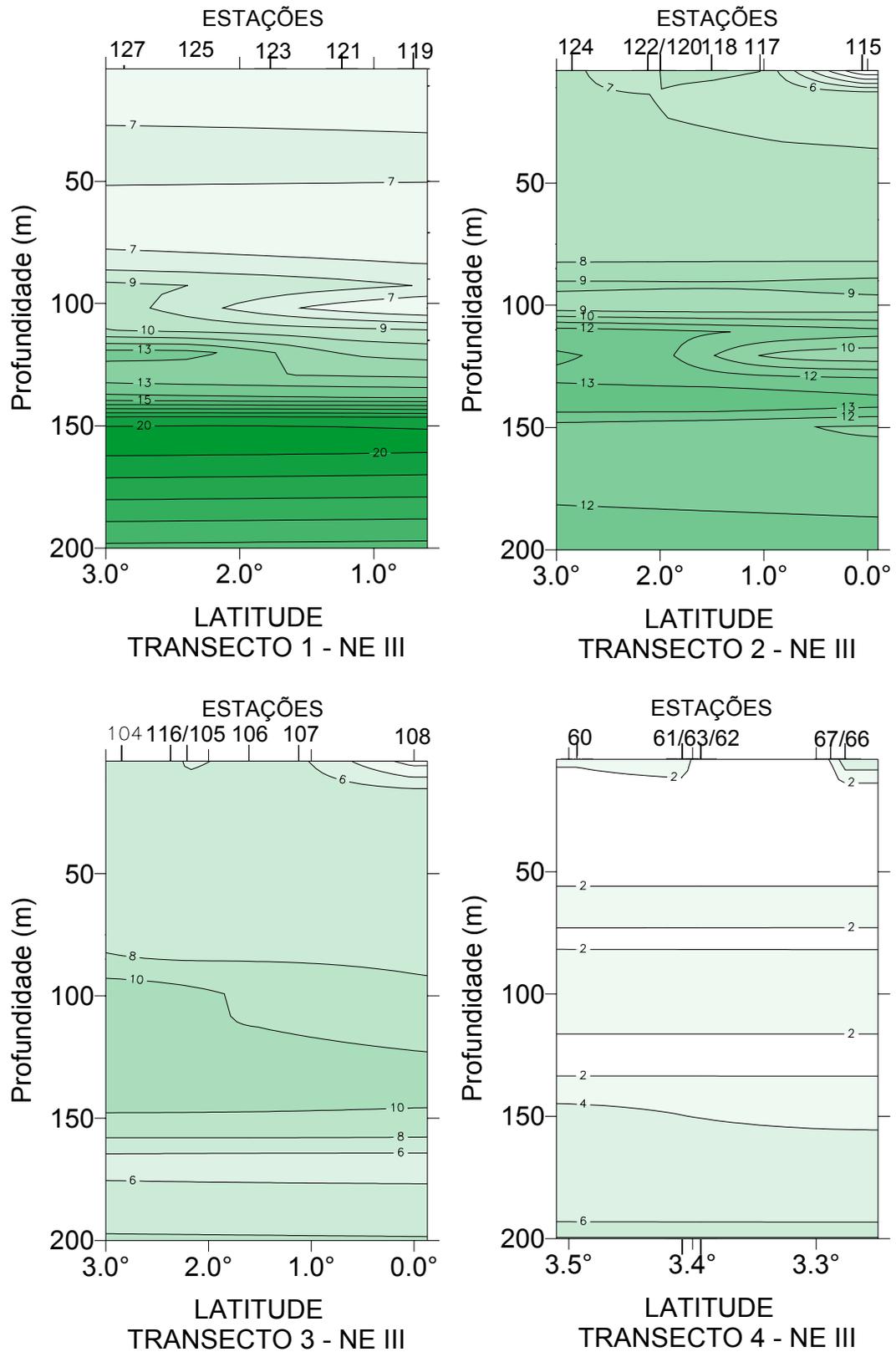


FIGURA 89 - Perfis verticais do silício relativo no outono de 1998, na região nordeste do Brasil - transectos T1, T2, T3 e T4.

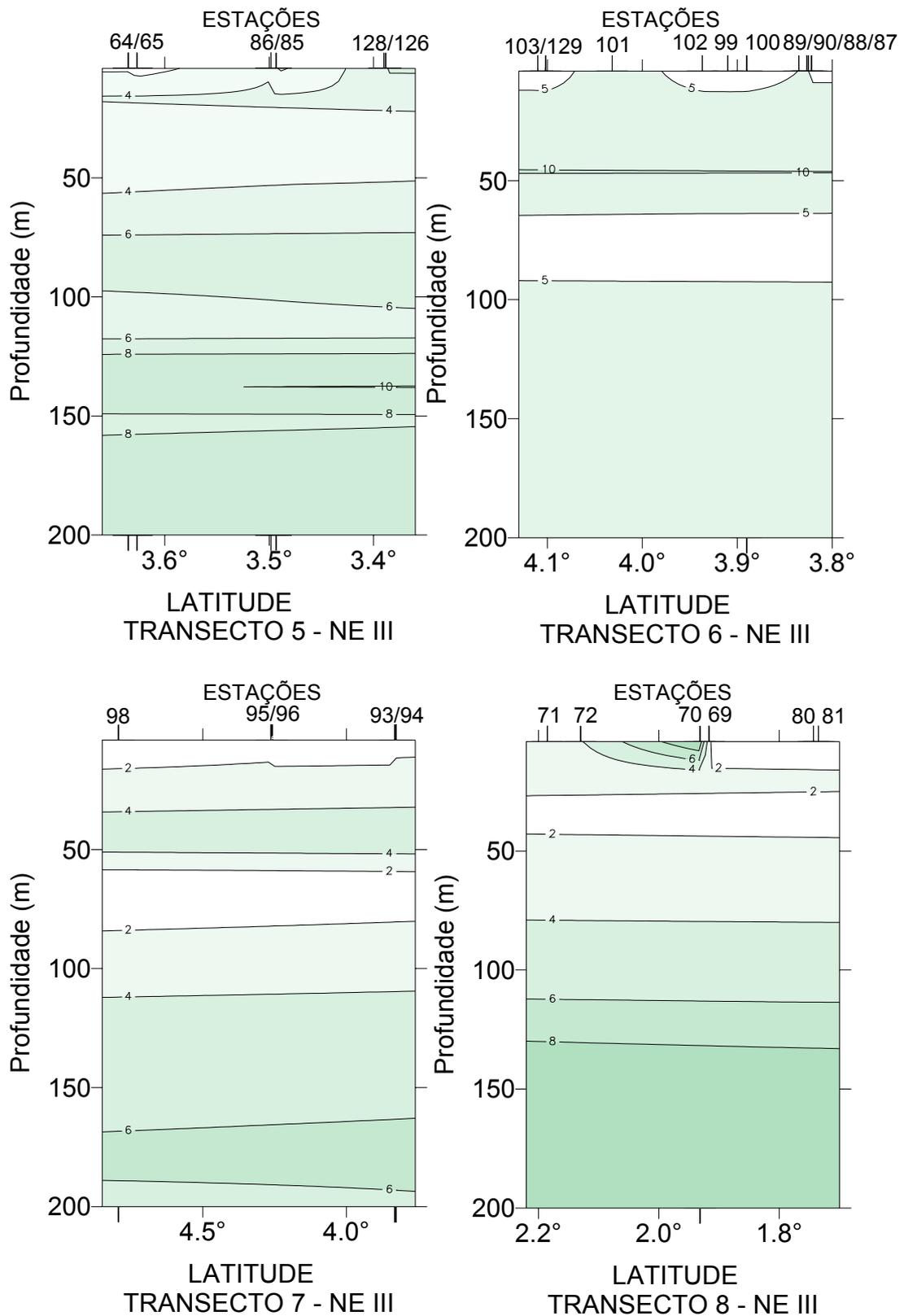


FIGURA 90 - Perfis verticais do silício relativo no outono de 1998, na região nordeste do Brasil - transectos T5, T6, T7 e T8.

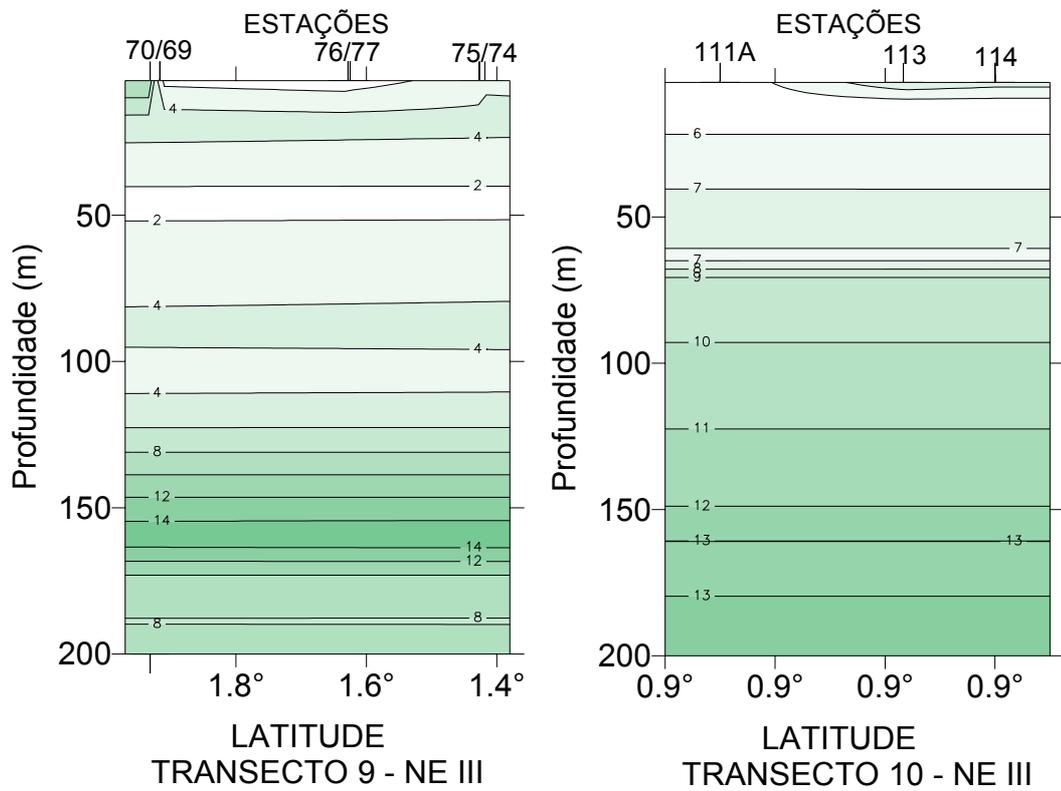


FIGURA 91 - Perfis verticais do silício reativo no outono de 1998, na região nordeste do Brasil - transectos T9 e T10.

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os oceanos distribuem o calor fazendo com que ele circule do Equador para os Pólos, através de baixas para altas latitudes principalmente através das correntes.

O sistema de correntes superficiais do Atlântico Sul é caracterizado pelo transporte de águas quentes ($>24^{\circ}\text{C}$) para o norte através do Equador, as quais alimentam a corrente do Golfo e do Atlântico Norte e é extremamente importante para a circulação termohalina global.

Na área deste estudo, as correntes superficiais são dominadas pelo giro anticiclônico subtropical. Acima dos 50-100 m, as águas do fluxo noroeste da Corrente Equatorial Sul formam o ramo oriental do giro subtropical. A Corrente Equatorial Sul consiste de dois ramos, o principal fluindo ao sul de 10°S e outro, fluindo rapidamente entre 2 e 4°S . Na área equatorial, estes dois ramos são separados pela Contracorrente Sul Equatorial, que dirige-se para o leste e, em aproximadamente 10°S do Brasil divide-se na Corrente do Brasil, que flui para o sul e, na Corrente Norte do Brasil, que flui para o norte, a qual contribui para a Contracorrente Equatorial Norte, que segue para o leste (PETERSON e STRAMMA, 1991). A interação da Contracorrente Equatorial Norte com a Corrente Equatorial Sul leva a uma forte convergência das massas d'água em aproximadamente $3-5^{\circ}\text{N}$, resultando num afundamento das águas superficiais, as quais alimentam a Contracorrente Equatorial, que flui para o leste, estendendo-se numa

profundidade de 50-125 m, alimentando as correntes superficiais da Costa Africana e presente em todo o Equador. Na zona de contato entre a Contracorrente Equatorial e a Corrente Equatorial Sul há a formação da divergência equatorial, onde águas frias são elevadas acima da termoclina (KINKEL et al, 2000).

A temperatura e a salinidade são consideradas os parâmetros mais importantes da Oceanografia Física porque por meio deles pode-se identificar as massas d'água, sua evolução e propagação, embora os parâmetros químicos também sejam importantes traçadores de massas de água abaixo da zona eufótica, e os biológicos e sedimentológicos sejam também bastante úteis.

De extrema importância para o ambiente marinho, a temperatura influencia diretamente a atividade metabólica e comportamento dos organismos bem como a solubilidade dos gases, densidade e viscosidade da água do mar.

Geograficamente, 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 toda a área e nos dois períodos do ano aqui estudados foi verificada a presença de uma termoclina bem definida, característica dos oceanos tropicais, devido à existência de uma camada superficial

quente, acima de uma camada sub-superficial densa e fria (TRAVASSOS et al, 1999), formando assim uma barreira térmica, conseqüentemente dificultando as trocas químicas e biológicas com a camada superficial (CABO, 1983).

No verão, a camada de mistura se apresentou homogênea, com temperatura média de $28,68 \pm 0,18^{\circ}\text{C}$, decrescendo para as regiões de latitudes mais altas e com a profundidade, onde se verifica um acentuado gradiente térmico (termoclina) e, um gradual decréscimo até alcançar valores de $9,14 \pm 1,48^{\circ}\text{C}$, nas maiores profundidades de coleta (435 ± 118 m).

A camada de mistura foi mais superficial nas proximidades do Equador, nas regiões do arquipélago de São Pedro e São Paulo e Oceânica, 50 e 60 m, respectivamente, dos que nas outras áreas, que apresentaram uma profundidade média de 100 m. Segundo KINKEL et al (2000) o aumento da profundidade da termoclina no oeste do Atlântico Equatorial é devido ao aumento do transporte das águas superficiais nesta direção, como consequência da intensidade dos ventos.

O termo "ressurgência" (upwelling), na sua definição tradicional é o processo pelo qual águas profundas são transferidas para a superfície trazendo nutrientes (CHESTER, 1993). Este termo também é visto como o afloramento de isotermas profundas ou soerguimento destas isotermas até proximidades da superfície com conseqüente enriquecimento da camada eufótica (ZAGAGLIA, 1998). Na região Oceânica, nas estações próximas ao arquipélago de São Pedro e São

Paulo (transecto T2), verifica-se uma elevação das isotermas e altos teores de nutrientes na superfície, sugerindo uma ressurgência, dentro de todos os conceitos deste termo.

No outono, a camada de mistura apresentou uma maior variabilidade, com a temperatura mais elevada, média de $28,08 \pm 0,48^\circ\text{C}$ e um gradiente vertical de $20,14^\circ\text{C}$, maior que no verão, indicando uma elevação global da temperatura das águas superficiais de aproximadamente $0,4^\circ\text{C}$ entre os períodos verão e outono. As temperaturas mais reduzidas e com maior amplitude de variação térmica foram registradas na região Oceânica ($27,56 \pm 0,45^\circ\text{C}$).

As profundidades da camada de mistura foram menores nesta estação do ano, com a região do arquipélago de São Pedro e São Paulo atingindo $35,00 \pm 5,48$ m e as demais áreas com aproximadamente 70 m. RICHARDSON e McKEE (1984) associam esta diminuição da profundidade desta camada a intensificação dos Ventos Alísios do Sudeste que vai modificando o sistema equatorial de correntes, principalmente o da Contracorrente Equatorial Norte e da Corrente Equatorial Subsuperficial, correntes estas que praticamente não existem a oeste de 20°S no início do ano.

No norte da região Oceânica (transecto T3) também observamos elevação das isotermas, baixos valores de oxigênio, com a elevação da isolinha de 75% de oxigênio dissolvido, bem como alta concentração de nutrientes na camada superficial, indicando uma

ressurgência nesta área, também próxima ao arquipélago de São Pedro e São Paulo.

Não foi verificada ressurgência nas outras áreas, nos dois períodos do ano estudados embora COSTA (1991) tenha observado uma discreta ressurgência da Água Central do Atlântico Norte, próximo ao arquipélago de Fernando de Noronha, concordando com os dados obtidos pelo Noc. Almirante Saldanha na 1^a operação norte/nordeste em 1997 (DHN,1968) e TRAVASSOS et al (1999) tenha achado ressurgência em um dos bancos da Cadeia Norte do Brasil em 1995.

Efetuando-se a análise estatística da temperatura verificou-se que existe influência conjunta dos fatores região e profundidade e região e período para esta variável a níveis de significância superiores ou iguais a 0,0016 e 0,0015, respectivamente, e que não existe influência conjunta dos fatores região, profundidade e período a níveis de significância menores do que 0,3052. Por esse motivo, novos testes foram feitos para as médias da variável temperatura, das regiões dentro de cada profundidade. Nestes testes, as médias da variável temperatura diferem significativamente em pelo menos uma região na superfície e no final da termoclina permanente, a níveis de significância superiores ou iguais a 0,0001 e 0,0005, respectivamente. Desta forma, comparou-se as médias duas a duas e definiu-se que a região de São Pedro e São Paulo e região Oceânica são estatisticamente iguais entre si e estatisticamente diferente das demais, na superfície e, no final da termoclina permanente e, apenas a região dos bancos de Fernando de Noronha é estatisticamente diferente

da região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil, ao nível de significância de 0,05.

A salinidade, como a temperatura, também é um parâmetro conservativo da água do mar. Os principais elementos que contribuem para os valores das salinidades possuem razões de concentrações constantes e, suas concentrações totais somente variam por processos físicos porisso, fenômenos como evaporação, formação e fusão do gelo, precipitação atmosférica e contribuição fluvial podem alterar a salinidade nos oceanos. De uma maneira geral, a salinidade da superfície do mar varia entre 32 a 37,5 UPS embora outros diferentes possam ser encontrados. Os valores máximos ocorrem em latitudes tropicais onde a intensidade dos ventos e altas temperaturas se combinam para produzir evaporação e posterior precipitação. A salinidade mínima é encontrada nas regiões equatoriais por conta dos altos ventos e alta precipitação atmosférica. Devido a sua influencia na densidade da água do mar a salinidade é uma boa indicadora da circulação oceânica e da origem das massas d'água.

No verão, a salinidade variou de $35,89 \pm 0,12$ UPS, com os valores mais baixos encontrados na região do arquipélago de São Pedro e São Paulo ($35,59 \pm 0,03$ UPS) e mostrou uma distribuição compatível com a das regiões tropicais. A profundidade de salinidade máxima normalmente ocorreu na faixa de 1% da luminosidade ou início da termoclina, entre os 50-100 m, sendo mais superficial na região do arquipélago de São Pedro e São Paulo. A ocorrência de um máximo de

salinidade entre 50 e 150 m é o resultado do afundamento de águas superficiais, em função da evaporação e conseqüente elevação da salinidade, em torno da latitude de 20°S, seguindo assim um padrão típico de regiões equatoriais (TCHERNIA, 1980). Uma região de salinidade mínima é normalmente encontrada nas maiores profundidades, em toda a área de estudo.

No outono, a salinidade média foi mais elevada e com maior variabilidade ($36,12 \pm 0,21$ UPS), com o máximo de salinidade também registrado na faixa de profundidade entre 50 e 100 m.

Em ambos os períodos pesquisados podemos verificar uma distribuição semelhante com a profundidade: A camada superficial, a camada de salinidade máxima, a camada com um grande gradiente na salinidade e a camada de salinidade mínima. As salinidades mínimas foram registradas nas profundidades de 435 ± 118 m e 446 ± 155 m, para o verão e outono, respectivamente, concordando com OKUDA (1960), COSTA (1991), ZAGLAGIA (1998) e TRAVASSOS (1999).

Na análise estatística verificou-se uma influência conjunta dos fatores região e profundidade, região e período do ano e, profundidade e período do ano na variável salinidade, para níveis de significância superiores ou iguais a 0,0001, 0,0032 e 0,0001, respectivamente. Nos testes de médias para as profundidades observou-se que a média da salinidade da região de São Pedro e São Paulo é significativamente diferente das demais regiões, na superfície e início da termoclina sazonal; na profundidades do final da termoclina permanente

(FT), a região dos bancos de Fernando de Noronha mostrou uma média diferenciada das demais, ao nível de significância igual a 0,05.

Nos testes de médias para se verificar como cada período do ano influencia as médias de salinidade nas regiões obteve-se que no verão, a região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil difere estatisticamente das demais e, no outono, a região do Arquipélago de São Pedro e São Paulo é a que se apresenta com a salinidade média estatisticamente diferente das outras regiões de estudo, ao nível de significância de 0,05.

Os diagramas T-S obtidos mostraram uma maior variabilidade para o outono de 1998 e, dentro da mesma época do ano, o arquipélago de São Pedro e São Paulo apresentou uma maior homogeneidade enquanto que as regiões da Cadeia Norte do Brasil e Cadeia de Fernando de Noronha apresentaram uma grande dispersão. TRAVASSOS et al, 1999 verificaram o mesmo e atribuíram este fato a maior variedade na forma, tamanho e distribuição dos bancos e ilhas dessas cadeias, ocasionando uma maior diversidade de efeitos na estrutura hidrológica local.

A estrutura oceânica do Oceano Atlântico tem sido estudada intensivamente pela identificação das massas d'água. STRAMMA e ENGLAND (1999) examinaram a distribuição das massas d'água e esquema de circulação em diferentes profundidades do Oceano Atlântico Sul e propuseram uma representação qualitativa da distribuição dos fluxos nesta região, após constatarem que o esquema de circulação superficial

dos oceanos geralmente usados como referência, proposto por PETERSON e STRAMMA (1991), não resolviam as dependências da profundidade e algumas complicações nas bandas de correntes tropicais. MÉMERY et al (2000) também estudaram as massas d'água ao longo da fronteira ocidental do Atlântico Sul e Equatorial. Vários outros autores também construíram os diagramas T-S para parte da região aqui pesquisada (OKUDA, 1961; DHN, 1968; COSTA, 1991, ZAGLAGIA, 1998, TRAVASSOS et al, 1999) e os dados obtidos no presente estudo concordam com os autores acima citados.

O primeiro tipo de massa d'água representa a parte compreendida entre a superfície e a profundidade com valores de salinidade de 35,5 a 36,5 UPS e temperaturas superiores a 26°C, indicando a presença da Água Tropical Superficial, a qual ocupa uma faixa muito estreita na região em estudo.

A Água de Máxima Salinidade, com temperaturas entre 20 e 26°C e salinidade entre 36,0 e 37,0 UPS, é uma massa d'água mais salina e quente que se forma na superfície dos trópicos, em ambos os hemisférios, como resultado do excesso da evaporação sobre a precipitação. Como a localização do máximo sub-superficial praticamente coincide com o início da termoclina, esta água se localiza abaixo da Água Tropical Superficial e numa faixa entre os 50-200 m.

Nos diagramas T-S a Água Central do Atlântico Sul pode ser vista pela reta aproximada entre os pontos T-S de 5°C, 34,3 UPS e 20°C, 36,0 UPS. Esta massa d'água se situa entre a Água de Máxima

Salinidade e a Água Intermediária da Antártica, a qual não pode ser vista nos diagramas T-S devido às profundidades pesquisadas neste trabalho. A Água Central do Atlântico Sul origina-se na região de convergência subtropical, na parte sudoeste do Oceano Atlântico e desloca-se submersa em direção norte, ao longo da costa brasileira; próximo ao Equador atinge a profundidade de 300 m, porém é encontrada entre 600-900 m em altas latitudes.

A Água Intermediária da Antártica é uma água fresca, fria, com salinidades menores do que 34,4 UPS. Em alguns perfis verticais dos transectos observamos alguma influencia dessa massa d'água, nas maiores profundidades.

Nos processos biológicos o oxigênio desempenha uma função importante, seja como subproduto da fotossíntese ou como fazendo parte do metabolismo dos organismos. As variações em sua concentração são governadas tanto por sua atividade biológica como por suas propriedades físicas. Por ser um parâmetro semi-conservativo, alguns pesquisadores o usam como traçador das massas d'água (WORTHINGTON, 1976), da profundidade da camada de mistura (REID, 1982), da atividade biológica (WILLIAMS e PURDUE, 1991) e correlacionando-o com o carbono orgânico dissolvido, como agente oxidante (OGURA, 1970).

O oxigênio na superfície ou camada misturada é derivado das trocas entre a atmosfera e suas concentrações são determinadas por sua solubilidade na água do mar, e exibe maiores valores, em termos

globais, nas águas frias de altas latitudes do que nas regiões subtropicais, de águas quentes. A fotossíntese aumenta a concentração do oxigênio e, abaixo da área em que os processos fotossintéticos ocorrem, há um decréscimo gradual na concentração deste parâmetro devido ao seu consumo para oxidação da matéria orgânica; áreas com teor mínimo de oxigênio podem ocorrer devido a intensos processos oxidativos de decomposição de detritos que tenham se acumulado em determinadas profundidades.

SKJELVAN et al (2001) comenta que a concentração do oxigênio dissolvido na superfície dos oceanos é afetada pelo transporte do oxigênio para dentro ou fora desta camada; o oxigênio será transportado horizontalmente pelas forças advectivas e verticalmente tanto pelas trocas gás-água como pela mistura da coluna d'água; a produção biológica ou remineralização também afetam a concentração deste parâmetro na coluna d'água.

No presente estudo, a concentração de oxigênio dissolvido se apresentou da maneira característica descrita na literatura, na maioria das estações de coleta, ou seja: a superfície apresentando valores próximos a saturação, com valores mais altos nas regiões de maiores latitudes e, decrescendo com a profundidade, com maior gradiente na termoclina e de uma forma mais gradual nas maiores profundidades. No entanto, a região Oceânica apresentou algumas peculiaridades. Nos transectos T2 e T3 verifica-se a subida de isolinhas de menores concentrações dentro da zona eufótica confirmando o processo de

ressurgência nesta área. Na faixa de 100-150 m verifica-se zonas de concentrações mínimas de oxigênio, provavelmente devido a taxa de utilização biológica do oxigênio ser mais alta do que a entrada via advecção ou difusão (PACKARD et al, 1988) e/ou devido a remineralização da matéria orgânica (LOUANCHI e NAJJAR, 2001).

Na análise estatística verificou-se que existe influência conjunta dos fatores região e profundidade para a variável OD a níveis de significância superiores ou iguais a 0,0043. Por esse motivo os testes realizados foram feitos para as médias da variável OD nas regiões dentro de cada profundidade. Nestes testes as médias do Oxigênio Dissolvido diferem significativamente em pelo menos uma região, somente dentro das profundidades do final da termoclina sazonal, a níveis de significância superiores ou iguais a 0,0008. Desta forma, comparam-se as médias duas a duas e definiu-se que as regiões do São Pedro e São Paulo e Oceânica são distintas entre si e, estatisticamente diferentes das regiões de Fernando de Noronha e Cadeia Norte do Brasil, as quais não podemos afirmar que existem diferenças significativas ao nível de significância iguais a 0,05.

Embora a medida do pH não seja usada diretamente para quantificar a concentração de determinadas espécies inorgânicas, este parâmetro está relacionado diretamente com o estado de equilíbrio do sistema CO₂ portanto, a variação no pH da água do mar é resultante dos processos do ciclo do carbono dos oceanos (RILEY e CHESTER, 1981).

O pH da água do mar é portanto governado principalmente pelo teor do dióxido de carbono total e o equilíbrio iônico entre o íon hidrônio (H_3O^+) e várias espécies do carbono inorgânico existentes na água do mar (CO_2 , HCO_3^- e CO_3^{2-}) e seu valor, na superfície dos oceanos, varia de 7,5 a 8,4, dependendo da temperatura, salinidade e pressão parcial do dióxido de carbono na atmosfera. Em camadas mais profundas, onde as trocas de gases com a atmosfera não ocorram, o pH varia também em função da concentração do dióxido de carbono (CO_2) dissolvido resultante da atividade biológica anaeróbia.

Os processos biogeoquímicos envolvendo a transferência de hidrogênio também alteram o valor do pH; os processos de oxidação e redução envolvendo o oxigênio molecular tais como fotossíntese, desnitrificação e redução do sulfato aumentam o valor do pH enquanto que a respiração e nitrificação diminuem seu valor (ZHANG, 2000).

Os resultados obtidos seguiram a distribuição do pH como acima descrito, com valores mais elevados na superfície, seguido da zona eufótica e diminuindo com a temperatura, mostrando a mesma tendência de variação vertical deste parâmetro.

Na análise estatística deste parâmetro verificou-se que existe influência conjunta dos fatores região e profundidade para a variável pH, a níveis de significância superiores ou iguais a 0,0167. Assim, testes foram realizados para as médias desta variável nas regiões, dentro de cada profundidade. Nestes testes, as médias do pH diferem significativamente em pelo menos uma região dentro de cada uma das

profundidades estudadas (superfície, início da termoclina sazonal e final da termoclina), a níveis de significância superiores ou iguais a 0,0001, 0,0003 e 0,0001, respectivamente. Desta forma, comparam-se as médias duas a duas e definiu-se, para a superfície e início da termoclina sazonal que não há diferença significativa entre as regiões de São Pedro e São Paulo e Oceânica e que estas, são estatisticamente diferentes da região da Cadeia Norte do Brasil ao nível de significância ou igual a 0,05.

Para região dentro da profundidade FT, a Cadeia Norte do Brasil mostrou-se estatisticamente diferente da região Oceânica enquanto que a região de Fernando de Noronha apresentou-se com média estatisticamente diferente das regiões do arquipélago de São Pedro e São Paulo e Oceânica. Não se constatou diferenças significativas entre as outras áreas ao nível de significância de 0,05.

O conhecimento da distribuição dos nutrientes nos oceanos é primordial para descrever os processos biogeoquímicos. As variações nas concentrações do carbono nos oceanos são influenciadas pela disponibilidade dos nutrientes, os quais são essenciais para o crescimento fitoplânctônico (CONKRIGHT et al, 2000).

A concentração dos nutrientes normalmente aumenta com a profundidade porque, na camada eufótica eles são rapidamente consumidos pelo fitoplâncton; com a morte dos organismos, eles afundam e sua remineralização, na maioria das vezes, ocorre em profundidades elevadas, dificultando assim sua reintrodução na cadeia trófica, fazendo com que a camada produtiva sofra um constante processo de

empobrecimento de nutrientes e, conseqüentemente, na produtividade primária.

A produtividade primária dos oceanos tropicais e equatoriais mantém-se normalmente baixa, com pequenas variações localizadas, devido possuírem uma piconclina acentuada e mais permanente ao longo do ano. EKAU e KNOPPERS (1999a) mostram que o nordeste e leste do Brasil são as regiões menos produtivas do sistema pelágico brasileiro e atribuem este fato ao impacto das águas oligotóficas da Corrente Equatorial Sul e suas correntes derivadas. Nesses oceanos, a reposição dos nutrientes podem ocorrer pela ação dos ventos, pela divergência de correntes e, principalmente pela ressurgência.

Os mais importantes nutrientes são o nitrogênio e o fósforo, que estão envolvidos na nutrição e são incorporados aos organismos e o silício, o qual faz parte da construção das carapaças das diatomáceas, principais constituintes do fitoplâncton oceânico.

O nitrogênio está presente na água do mar como (a) nitrogênio molecular; (b) sais inorgânicos como nitrato, nitrito e amônia; (c) inúmeros compostos orgânicos, tais como aminoácidos e uréia, associados com organismos, e (d) nitrogênio particulado. Os organismos marinhos preferem as formas de nitrito, nitrato e amônia para fixar o nitrogênio, e o nitrato, dentre esses, é considerado como limitante para a produção primária nos ecossistemas oceânicos (RILEY e CHESTER, 1981; CHESTER, 1993; CONKRIGHT, 2000).

O íon nitrato é a forma oxidada estável do nitrogênio em solução aquosa e sua concentração na porção iluminada da coluna d'água é controlada pelo transporte advectivo das camadas mais profundas, oxidação microbiana da amônia e absorção pelos produtores primários, a qual é geralmente mais rápida que os processos de transporte.

A concentração superficial do nitrato, em áreas oceânicas, normalmente é muito baixa, situando-se na faixa do nmol.L^{-1} em regiões oligotróficas (MASSERINI e FANNING, 2000).

Na área compreendida entre 13° a $3,5^\circ\text{S}$ de latitude e 30°W à costa do Brasil de longitude, vários pesquisadores reportaram valores da concentração de nitrato: OKUDA (1961) na primavera de 1959, encontrou o valor mínimo de $0,2 \mu\text{M}$ de N-nitrato e concluiu que a camada eufótica estaria relativamente esgotada em relação a este nutriente; COSTA (1991) no outono de 1986, encontrou um valor mínimo de $1,22 \mu\text{M}$ de N-nitrato, concluindo que este não seria o nutriente limitante para a área, sugerindo o fosfato, por não ter sido detectado, principalmente acima da termoclina; MEDEIROS et al (1999) encontrou valores mínimos de $\leq 0,10 \mu\text{M}$ de nitrato (limite de detecção) e valores bem mais altos do que encontrados por COSTA (1991) para este parâmetro e bem mais baixos para fosfato, no verão de 1995. Sugere então que esta discrepância merece mais investigações para elucidar se isto representa uma tendência temporal, uma mudança sazonal na disponibilidade N-P ou problemas na metodologia de análise.

No presente estudo, as concentrações de nitrato, no outono de 1998, apresentaram valores mínimos de $\leq 0,123 \mu\text{M}$ na superfície e 50% da luminosidade. A concentração do nitrato aumentou com a profundidade chegando ao valor máximo de $36,729 \mu\text{M}$, com uma variação vertical semelhante a da temperatura.

No verão, as concentrações médias de nitrato foram mais baixas que no outono, nas profundidades abaixo de 1% da luminosidade; na camada eufótica as médias foram um pouco mais elevadas do que no outono devido principalmente as concentrações encontradas na Cadeia Norte do Brasil (média na camada superficial de $0,367 \pm 0,098 \mu\text{M}$).

Verifica-se, na análise estatística, que existe influência conjunta dos fatores região, profundidade e período para variável nitrato a níveis de significância superiores ou iguais 0,0017, por isso novos testes foram feitos para as médias da variável nitrato das regiões dentro de cada profundidade e de cada período, simultaneamente. Nestes testes verificou-se que as médias da variável nitrato diferem significativamente em pelo menos uma região dentro da profundidade do final da termoclina permanente e período do verão de 1997, e dentro desta mesma profundidade e período do outono de 1998, a níveis de significância superiores ou iguais a 0,0001 e 0,0044, respectivamente. Desta forma, comparam-se as médias, duas a duas, e definiu-se que a região de Fernando de Noronha é estatisticamente diferente das demais, no final da termoclina permanente e verão de 1997, não se constatando diferenças

significativas entre as médias das demais regiões ao nível de significância de 0,05.

Para região dentro da profundidade anterior e outono de 1998, a região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil mostrou-se estatisticamente diferente das regiões oceânicas e de Fernando de Noronha; não se verificaram diferenças significativas entre as demais regiões, ao nível de significância de 0,05.

O íon nitrito, por causa de sua posição redox intermediária entre amônia e nitrato, é um excelente indicador do estado de equilíbrio dos processos oxidativos e redutivos no ciclo marinho do nitrogênio. A acumulação do nitrito em determinadas camadas indica onde ocorreu variação no nitrogênio combinado por mediação biológica.

Os processos marinhos conhecidos por produzir nitrito são: (a) redução do nitrato com assimilação incompleta pelos fitoplâncton e bactérias; (b) oxidação da amônia por bactérias nitrificantes e (c) redução do nitrato por bactérias desnitrificantes. Em águas oceânicas bem oxigenadas, o último processo não é muito significativo na produção do nitrito contudo, em áreas com mínimo de oxigênio, a contribuição desse processo aumenta (DORE e KARL, 1996).

Nos oceanos abertos e principalmente em ambientes oligotóficos, a concentração de nitrito é muito baixa, da ordem de $0,1 \mu\text{mol.L}^{-1}$ e somente atingindo valores mais altos numa estreita camada próxima a base da zona eufótica, chamado de nitrito primário máximo, no nível do gradiente do nitrato e um máximo secundário, o qual está

associado a baixas concentrações de oxigênio. ZAFIRIOU et al (1992) mostra que a distribuição do nitrito primário máximo é assimétrica, com um pronunciado pico superior que decai lentamente com a profundidade, pendendo como uma "cauda" em águas profundas. Esta distribuição assimétrica é consistente com os resultados obtidos por KIEFER e KREMER (1981) que assumiram como fonte de nitrito a redução do nitrato pelos fitoplâncton.

Os resultados obtidos para nitrito neste presente estudo mostraram uma variação vertical diferentes para os períodos pesquisados.

No verão, valores superficiais mais baixos que no outono foram obtidos e um pico bastante pronunciado, chegando à concentração aproximada de $0,5 \mu\text{mol.L}^{-1}$, associado com a nitraclina, e depois caindo com a profundidade, com valores bem mais altos que no outono, com uma variação considerada como clássica.

No outono, observamos concentrações bem mais reduzidas e um duplo pico. DORE e KARL (1996) estudando o comportamento desse parâmetro na estação ALOHA ($22^{\circ}45'N$, $158^{\circ}W$) durante quatro anos obtiveram ambas as estruturas, clássica e duplo pico, e chegaram a conclusão de que estes picos são consistentes com a separação vertical dos processos microbiológicos oxidativos e redutivos responsáveis pela produção do nitrito. OLSEN (1981) sugere a nitrificação bacteriológica e excreção fitoplânctônica do nitrito durante a redução algal do nitrato.

OKUDA (1961), bem como COSTA (1991), não mostraram a distribuição deste nutriente. MEDEIROS et al (1999), encontraram no verão, na área pesquisada em seu trabalho, valores muito baixos, o que também foi encontrado aqui, onde as áreas da Cadeia Norte do Brasil e Cadeia de Fernando de Noronha apresentaram concentrações muito reduzidas; a maior contribuição para os valores de nitrito foi proveniente da região Oceânica, na área onde se detecta ressurgência.

Verificou-se, na análise estatística, que existe influência conjunta dos fatores região, profundidade e período para variável nitrito a níveis de significâncias superiores ou iguais 0,0001. Por esses motivos, novos testes foram feitos para as médias da variável nitrito das regiões dentro de cada profundidade e de cada período, simultaneamente. Nestes testes as médias da variável nitrito diferem significativamente em pelo menos uma região na superfície e verão de 1997, na superfície e outono de 1998 e no final da termoclina permanente e verão de 1997, a níveis de significância superiores ou iguais a 0,004, 0,0398 e 0,0001, respectivamente. Comparando as médias duas a duas obteve-se que a região do Arquipélago de São Pedro e São Paulo é distinta das regiões dos bancos de Fernando de Noronha e Cadeia Norte do Brasil, na superfície e verão, a nível de significância de 0,05.

Para região na superfície e outono de 1998, a nível de significância de 0,05, verifica-se apenas diferença significativa entre as médias da região de Fernando de Noronha e da região do arquipélago de São Pedro e São Paulo, não podendo tirar conclusões relativas as outras

médias (devido a limitações do método de comparação). Se considerarmos níveis de significância de 0,1 podemos concluir que as regiões de São Pedro e São Paulo e Oceânica são estatisticamente diferentes da região de Fernando de Noronha, não constando-se diferenças significativas entre as médias das demais regiões.

Para região dentro da profundidade FT e período do verão de 1997, podemos concluir que as regiões dos bancos da Cadeia Norte do Brasil e de Fernando de Noronha são estatisticamente diferentes da região Oceânica e para as demais regiões não constatou-se diferenças significativas ao nível de significância de 0,05.

O fósforo é um abundante elemento traço e um dos nutrientes mais importantes. Existem inúmeras formas de fósforo na água do mar, incluindo o fósforo orgânico, particulado e inorgânico; no inorgânico predomina a forma dos íons ortofosfatos (HPO_4^{2-}), que é assimilado diretamente pelo fitoplâncton. A concentração média do fosfato em água do mar é da ordem de $2 \mu\text{mol.L}^{-1}$, embora na zona eufótica níveis mais baixos sejam usualmente encontrados porque ele é retirado pelo fitoplâncton e entra na cadeia alimentar do mar.

Fosfato, como o nitrato, é liberado para a coluna d'água durante a destruição dos tecidos orgânicos principalmente por decomposição bacteriológica e, geralmente ele não é considerado limitante para a produção primária nos ecossistemas oceânicos devido a sua rápida reciclagem dentro do sistema.

Neste estudo, as concentrações médias para este parâmetro foram de $0,108 \pm 0,181$ e $0,202 \pm 0,307$ $\mu\text{mol.L}^{-1}$, no verão e outono, respectivamente. CONKRIGHT et al (2000) reportaram médias de $0,16 \pm 0,04$ $\mu\text{mol.L}^{-1}$ para o verão e $0,24 \pm 0,11$ $\mu\text{mol.L}^{-1}$ para o inverno, na faixa compreendida entre 10°N e 10°S de latitude e 40°W e 20°E de longitude. Entretanto, estes valores ficaram um pouco comprometidos devido a poucos estudos realizados nesta área.

Os valores obtidos para o verão tiveram a maior contribuição da região Oceânica, a qual apresentou altas concentrações na região onde se observa ressurgência; a Cadeia Norte do Brasil apresentou os menores valores de fosfato nesta estação do ano.

No outono, a região da Cadeia Norte do Brasil foi a principal responsável pela alta concentração superficial do fosfato. Este fato pode ser atribuído a influência sazonal da descarga do rio Amazonas, onde uma pluma de concentração de fosfato de $0,2$ $\mu\text{mol.L}^{-1}$ se estende para do norte para 15°N e 30°W no inverno e fica praticamente ausente no verão, conforme constatado por CONKRIGHT(2000).

OKUDA (1961) na primavera, achou valores muito baixos para este parâmetro, desde a superfície até os 100 m; COSTA (1991) no outono, reportou uma média de $0,24$ $\mu\text{mol.L}^{-1}$ para a superfície e MEDEIROS et al (1999), no verão indicou valores que seriam a metade dos obtidos por COSTA (1991).

Neste estudo, os valores obtidos para ambas as estações do ano foram concordantes com os valores encontrados pelos autores

anteriormente citados, e mostram que existe realmente uma forte variação sazonal nesta área de estudo.

Nos testes de comparação, verificou-se que existe influência conjunta dos fatores região, profundidade e período para a variável fósforo a níveis de significância superiores ou iguais a 0,0041. Por esse motivo os testes realizados foram feitos para as médias desta variável nas regiões dentro de cada profundidade e cada período, simultaneamente. Nestes testes as médias do fósforo diferem significativamente em pelo menos uma região na superfície e período do verão e dentro da profundidade do final da termoclina permanente e período do outono, a níveis de significância superiores ou iguais a 0,029 e 0,0233, respectivamente. Assim sendo, comparam-se as médias, duas a duas, obtendo-se que para região na superfície e verão podemos verificar apenas que existe diferença significativa entre as médias da região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil e da região do arquipélago de São Pedro e São Paulo, ao nível de significância de 0,05. Não houve possibilidade de se tirar conclusões para as demais comparações a esse nível de significância, embora isso possa ser feito para níveis de significância superiores a 0,15. A este nível de significância temos que a região da Cadeia Norte do Brasil é estatisticamente diferente das demais e a do arquipélago de São Pedro e São Paulo difere das regiões da Cadeia Norte do Brasil e Fernando de Noronha, não se constatando diferenças significativas entre esta e a região Oceânica, ao nível de significância de 0,05.

Para região dentro das profundidades do final da termoclina permanente, a região dos bancos de Fernando de Noronha difere estatisticamente das demais, ao nível de significância de 0,05.

O silício é o nutriente que participa da composição do esqueleto de certas espécies da biota (diatomáceas, radiolárias, etc.) e sua concentração na superfície oceânica é muito baixa, menor que $1 \mu\text{mol.L}^{-1}$. Sua entrada nos oceanos pode ser, tanto na forma particulada como dissolvida, por descarga fluvial, deposição atmosférica e intemperismo.

No pH normalmente encontrado na água do mar (8,2), 95% do silício dissolvido está presente na forma de Si(OH)_4 . A concentração deste elemento aumenta com a profundidade da coluna d'água devido a dissolução dos esqueletos dos organismos, retornando então ao meio; no fundo dos oceanos sua concentração permanece aproximadamente constante. Silício é muito utilizado com traçador das massas d'água abaixo da camada eufótica.

Os valores encontrados para este parâmetro foram, em média, praticamente iguais nas duas estações do ano, no entanto, as maiores concentrações máximas obtidas no verão, até o meio da termoclina, foram maiores do que no outono; dessa profundidade em diante, os maiores valores máximos foram encontrados no outono.

Uma maior variabilidade foi encontrada no verão e os maiores valores superficiais foram encontrados na região Oceânica, onde se verifica ressurgência.

No outono, a camada sub-superficial da região Oceânica também apresentou altos valores mais, a região do arquipélago de São Pedro e São Paulo exibiu valores maiores.

A alta concentração média superficial 3,602 e 3,691 $\mu\text{mol.L}^{-1}$, para o verão e outono, respectivamente, são um pouco mais elevadas que as obtidas por COSTA (1991) e MEDEIROS (1999) (3,0 e 3,06 $\mu\text{mol.L}^{-1}$, respectivamente) provavelmente devido aos altos valores da região Oceânica e arquipélago de São Pedro e São Paulo, que não foram analisadas por estes pesquisadores.

Verificou-se, na análise estatística, que existe influência conjunta dos fatores região, profundidade e período para variável silício a níveis de significância superiores ou iguais a 0,0001. Testes então foram realizados para as médias desta variável nas regiões dentro de cada profundidade e cada período, simultaneamente. Nestes testes as médias do silício diferem significativamente em pelo menos uma região na superfície e verão, na superfície e outono, no início da termoclina sazonal e verão, no início da termoclina sazonal e outono e, no final da termoclina permanente e verão, a níveis de significância superiores ou iguais a 0,0012, 0,0004, 0,0001, 0,0038 e 0,0001, respectivamente. Desta forma, comparam-se as médias duas a duas e obtêm-se os seguintes resultados:

Para região na superfície e verão, houve diferença significativa apenas entre a região dos bancos de Fernando de Noronha e a região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil. Para região na superfície

e outono, as regiões dos bancos da Cadeia Norte do Brasil e dos bancos de Fernando de Noronha, diferem estatisticamente das demais.

Para região dentro das profundidades do início da termoclina sazonal e verão, a região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil é estatisticamente diferente das outras regiões.

Para região dentro das profundidades do início da termoclina sazonal e outono, apenas a região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil mostrou-se estatisticamente diferente da região Oceânica.

Para região dentro das profundidades do final da termoclina permanente e verão, a região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil difere estatisticamente das outras regiões.

As comparações acima foram ao nível de significância de 0,05.

7. CONCLUSÕES

A região estudada apresentou uma marcada termoclina permanente, tanto no verão como no outono, com a profundidade variando com a latitude e com as estações do ano, sendo mais superficial e com maior gradiente no outono, de acordo com o padrão típico das regiões equatoriais e tropicais.

A camada de mistura foi mais homogênea no verão, de menor espessura no outono e diminuindo em latitudes mais altas.

A distribuição horizontal superficial da temperatura do mar apresentou maior grau de homogeneidade no verão e maior amplitude de variação térmica no outono.

As menores temperaturas foram registradas na área do arquipélago de São Pedro e São Paulo e região Oceânica próxima a este arquipélago, nas duas estações do ano.

Horizontalmente, a área do arquipélago de São Pedro e São Paulo foi a que apresentou os menores valores de salinidade, nas duas estações do ano.

Um máximo de salinidade sub-superficial esteve presente na profundidade aproximada do início da termoclina, sendo mais acentuado nas latitudes mais baixas, tanto no verão como no outono.

Os diagramas T-S indicam a presença de três massas d'água características da região: A Água Superficial Tropical, com salinidade de 35,5 a 36,5 UPS e temperatura superiores a 26°C, que ocupa uma faixa muito estreita na região; a Água de Máxima Salinidade, com temperatura entre 20° e 26°C e salinidade entre 36,0 e 37,0 UPS ocupando uma faixa entre os 50 e 200 m; a Água Central do Atlântico Sul, com temperaturas entre 20° e 5°C e salinidade 36,00 a 34,34 UPS, situada abaixo da Água de Salinidade Máxima.

Ressurgência foi observada, nas estações localizadas na região Oceânica próximas ao arquipélago São Pedro e São Paulo, baseada nas elevações das isotermas, baixos teores de oxigênio dissolvido e alta concentração superficial dos nutrientes, nos dois períodos do ano.

A concentração do oxigênio dissolvido esteve próximo da saturação nas camadas superficial e sub-superficial e condições anaérobicas não foram observadas na coluna d'água.

Na camada superficial, o pH esteve sempre na faixa alcalina, e com valores mais elevados na região do arquipélago de São Pedro e São Paulo. Baixos valores superficiais foram obtidos, na região da Cadeia Norte do Brasil, sugerindo uma possível influência da descarga do Rio Amazonas.

A forma mais abundante do nitrogênio foi o nitrato, principalmente no verão onde os valores obtidos, na camada eufótica, foram maiores do que no outono.

As distribuições verticais obtidas para o nitrato, fosfato e silício reativo, ao longo da coluna d'água, foram semelhantes, em profundidades próximas uma das outras, tanto no verão como no outono e a distribuição vertical do nitrito está associada com a nitraclina, em ambos os períodos estudados.

A análise estatística dos resultados mostrou que a temperatura, nos períodos estudados, não apresentou influência sazonal, enquanto que a salinidade e os nutrientes, principalmente o silício, variaram sua distribuição com as estações do ano pesquisadas.

A região que mostrou maior variabilidade com os períodos do ano estudados, nos testes de contrastes, foi a da Cadeia Norte do

Brasil, sugerindo uma influência sazonal com a descarga do rio Amazonas.

Pelos resultados obtidos verificou-se que existem, física e quimicamente, três regiões estatisticamente diferentes: (a) Região dos bancos da Cadeia Norte do Brasil, (b) Região da cadeia de Fernando de Noronha e (c) Região agora denominada Leste de São Pedro e São Paulo, que engloba a área de domínio oceânico leste do arquipélago de São Pedro e São Paulo e o arquipélago de São Pedro e São Paulo, conforme aproximadamente mostrada na FIGURA 92 abaixo.

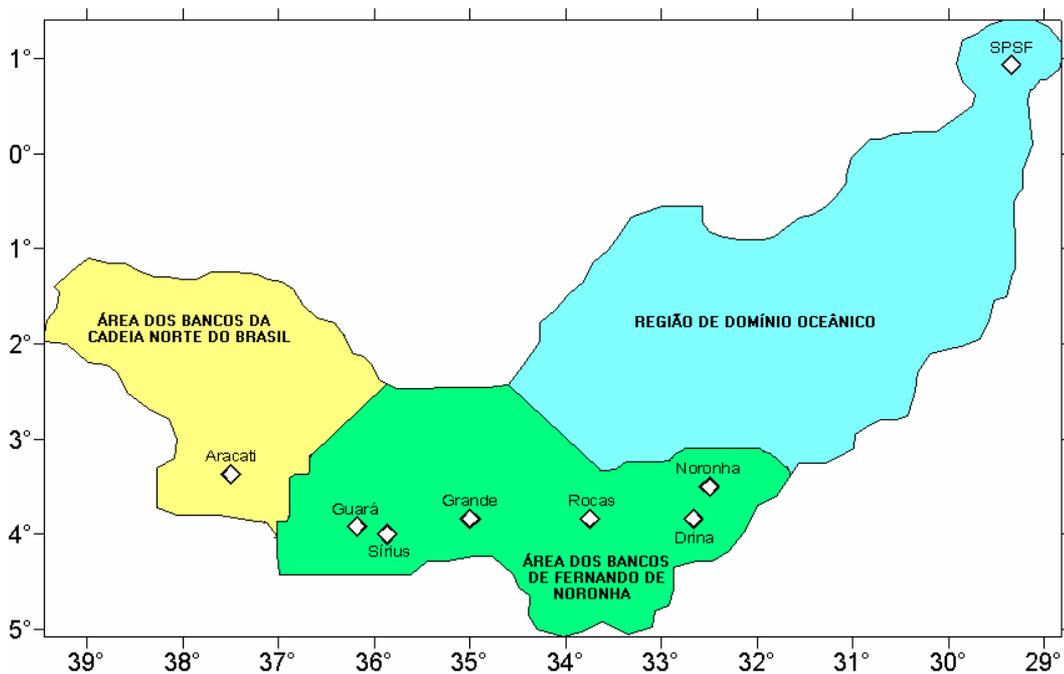


FIGURA 92 – Divisão estatística das regiões estudadas.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. F. M. **Geologia e Petrologia do Arquipélago de Fernando de Noronha**. Monografia. Departamento Nacional de Produção Mineral. 1955, 181 p.
- ANDRADE, A. P., LESSA, R.P.T., JÚNIOR, J.L.B. Ictionêuston do arquipélago de São Pedro e São Paulo (PROGRAMA ARQUIPÉLAGO) In: I Workshop Científico Ambiental. 2001. Natal. **Resumos...**Natal: SECIRM/UFRPE/CIRM, 2001. 42 p.
- AMINOT, A., CHAUSSEPIED, M. **Manuel des analyses chimiques en milieu marin**. Centre National pour L'Exploitation des Océans. 1983, 325 p.
- BENTLEY, D., HART V., GUARY, J.C., STATHAM, P.J. Dissolved nutrient distributions in the Central English Channel. **Continental Shelf Research**, v. 19, p. 2083-2099, 1999.
- BOYER, T., CONKRIGHT, M. E., LEVITUS, S. Seasonal variability of dissolved oxygen, percent oxygen saturation, and aparent oxygen utilization in the Atlantic and Pacific Oceans. **Deep-Sea Research I**, v. 46, p. 1593-1613, 1999.
- BRÖCKEL, K. V., MEYERHOFER, M. Impact of the Rocks of São Pedro and São Paulo upon the quantity and quality of suspended particulate organic matter. **Archive of Fishery and Marine Research**. v. 47, n. 2/3, p. 223-238, 1999.
- CABO, F. L. **Oceanografia, Biologia Marina y Pesca**. Tomo I. 4a edição. Madrid, Paranifo S.A., 1983, 134 p.
- 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, 698 p.

- 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.
- 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, 217 p.
- 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.
- 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, 1969.
- 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, P., MEDEIROS, C. Large scale

distribution of fish larvae in the continental shelf waters off North-East Brasil. **Archive of Fishery and Marine Research**. v. 47, n. 2/3, p. 183-200, 1999.

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/FADURPE, 2000. 101 p.

GARRISON, T. **Essentials of Oceanography**. Belmont, CA. Wadsworth Publishing Company. 1995.

GLEITZ, M., LOEFF, M.R.V.D., THOMAS, D.N., DIECKMANN, G.S., MILLERO, F.J. Comparison of summer and winter inorganic carbon, oxygen and nutrient concentrations in Antarctic sea ice brine. **Marine Chemistry**, v. 51, p. 81-91, 1995.

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

GREENE, T. F. **Marine Science**. New York, AMSCO School Publications Inc. 1998.

GREISCHAR, L., HASTENRATH, S. The rain seasons of the 1990s in northeast Brazil: Real-time forecast and verification. **Journal of Climate**, v. 13, p. 3821-3826, 2000.

HASTENRATH, S. Interannual and longer-term variability of upper air circulation in the Northeast Brazil-Tropical Atlantic setor. **Journal of Geophysical Research**, v. 105 (D6), p.7327-7335, 2000.

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 Tecnology. 1993. 286 p.

- 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.
- II 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.
- 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.
- KIKUCHI, R. K. P. **Geomorfologia, estratigrafia e sedimentologia do Atol das Rocas (Rebio/Ibama/RN), Atlântico sul ocidental equatorial**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal da Bahia. 1994.
- KINKEL, H., BAUMANN, K. -H., CEPEK, M. Coccolithophores in the equatorial Atlantic Ocean: response to seasonal and Late Quaternary surface water variability. **Marine Micropaleontology**. v. 39, p. 87-112, 2000.
- LESSA, R.P., MAFALDA-Jr, P., ADVÍNCULA, R., LUCCHESI, R.B., BEZERR-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.

MAMAYEV, O. I. **Temperature-Salinity Analysis of World Ocean Waters**. Elsevier Oceanography Series. 1975, 374 p.

MASSERINI Jr., R. T. ,FANNING, K. 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.

MÉMERY, L., ARHAN, M., ALVAREZ-SALGADO, X.A., MESSIAS, M.-J., MERCIER, H., CASTRO, C.G., RIOS, A.F. The waters masses along the western boundary of the south and equatorial Atlantic. **Progress in Oceanography**, v. 47, p. 69-98, 2000.

MILLER, J. C., MILLER, J. N. **Statistic For Analytical Chemistry**. 3. ed. New York: Ellis Harwood/PTR Prentice Hall, Analytical Chemistry Series, 1993.

MILLERO, F. J. Effect of changes in the composition of seawater on the density-salinity relationship. **Deep-Sea Research I**, v. 47, p. 1583-1590, 2000.

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

- NAVES, L.C., VOOREN, C.M., BRUSQUE, L.F. Ocorrência, abundância sazonal e reprodução de aves marinhas nos Penedos de São Pedro e São Paulo. In: I Workshop Científico Ambiental. 2001. Natal. **Resumos...**Natal: SECIRM/UFRPE/CIRM, 2001. 42 p.
- NETTO, S. A, ATTRILL, M. J., WARWICK, R. M. The effect of a natural water-movement related disturbance on the structure of meiofauna and macrofauna communities in the intertidal sand flat of Rocas Atoll (NE, Brazil). **Journal of Sea Research**, V. 42, p. 291-302, 1999.
- NEUMANN-LETÃO, 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.
- OGURA, N. The relation between dissolved organic carbon and apparent utilization in the Western North Pacific. **Deep-Sea Research**, v. 17, 221-231, 1970.
- 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.

LOUDOT, C., MORIN, P., BAURAND, F., WAFAR, M., LE CORRE, P.
Northern and southern water masses in the equatorial Atlantic:
distribution of nutrients on the WOCE A6 and A7 lines. **Deep Sea
Research I**. v. 45, p. 873-902, 1998.

PACKARD, T. T. et al. Formation of the Alboran oxygen minimum zone.
Deep-Sea Research. v. 35, p. 1111-1118, 1988.

PALMA, J.J.C. Geomorfologia da plataforma continental norte brasileira.
In: Projeto REMAC-Geomorfologia da margem continental brasileira
e das áreas oceânicas adjacentes. PETRÓBRAS, Rio de Janeiro,
Série Projeto REMAC, v. 7, p 25-51, 1979.

PETERSON, R.G., STRAMMA, L. Upper-level circulation in the South
Atlantic Ocean. **Progress in Oceanography**, v. 26, p.1-75, 1991.

PHILANDER, S. G. H. Unusual conditions in the Tropical Atlantic Ocean
in 1984. **Nature**. v. 322, p. 236-238, 1986.

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.

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., 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. 436 p.

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/SCORE-NE/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/SCORE-NE/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: 10^o ENCONTRO NACIONAL DE QUÍMICA ANALÍTICA, 1999, Santa Maria. **Resumos...** 10^o 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...** Genipabú: 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.
- SCHOTT, F. A., FISCHER, J., STRAMMA, L. Transports and pathways of the upper-layer circulation in the western tropical Atlantic. **Journal of Physical Oceanography**. v. 28, n.10, p. 1904-1928, 1998.
- SCHWAMBORN, R., EKAU, W., SILVA, T.A., SAINT-PAUL, U. The contribution of estuarine decapod 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.
- SKJELVAN, I., FALK, E., ANDERSON, L.G., REY, F. Oxygen fluxes in the Norwegian Atlantic Current. **Marine Chemistry**, v. 73, p. 291-

303, 2001.

SPOKES, L. J., LISS, P. S. Photochemically induced redox reactions in seawater, II. Nitrogen and iodine. **Marine Chemistry**, v.54, p. 1-10, 1996.

STRAMMA, L., ENGLAND, M. On the water masses and mean circulation of the South Atlantic Ocean. **Journal of Geophysical Research**. v. 104, n. C9, p. 20863-20883, 1999.

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

TCHERNIA, P. **Descriptive regional oceanography**. London, Pergamon Press, 1980, 253 p.

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.

VALENTIN, J. L. A ressurgência - fonte de vida dos oceanos. **Ciência Hoje**. v. 102, p. 19-25, 1994.

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.

VONESH, E. F., CHINCHILLI, V. M. **Linear and Nonlinear Models for the Analysis of Repeated Measurements**. New York, Marcel Dekker, Inc., 1997, p. 235-292.

WILLIAMS, P. J. leB, PURDUE, D. A. In vitro and in situ derived rates of production and respiration of oxygen in the oligotrophic subtropical gyre of the North Pacific Ocean. **Deep-Sea Research**, v. 38, p. 891-

910, 1991.

WOODWARD, E. M. S., REES, A. P. Nutrients distributions in na anticyclonic eddy in the northeast Atlantic Ocean, with reference to nanomolar ammonium concentrations. **Deep-Sea Research II**. v. 48, p. 775-793, 2001.

ZAFIRIOU, O. C., BALL, L.A., HANLEY, Q. Trace nitrite in oxic waters. **Deep-Sea Research**. v. 39, p. 1329-1347, 1992.

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

ZHANG, J. Z. The use of pH and buffer intensity to quantify the carbon cycle in the ocean. **Marine Chemistry**, v. 70, p. 121-131, 2000.

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

APÊNDICE I

CONTEÚDO DO CD ROOM

O CD room contido neste trabalho possui as seguintes pastas e arquivos:

- Pasta GRÁFICOS NE II – Esta pasta contém seis arquivos: FOSFATO, NITRATO, NITRITO, SALINIDADE, SILÍCIO REATIVO E TEMPERATURA; cada arquivo contém a distribuição horizontal do parâmetro que denomina o arquivo, nos sete níveis de profundidade pesquisados, em toda a área, para o verão de 1997.
- Pasta GRÁFICOS NE III – Esta pasta contém oito arquivos: % OXIGÊNIO DISSOLVIDO, FOSFATO, NITRATO, NITRITO, pH, SALINIDADE, SILÍCIO E TEMPERATURA; cada arquivo contém a distribuição horizontal do parâmetro que denomina o arquivo, nos sete níveis de profundidade pesquisados, em toda a área, para o outono de 1998.
- Arquivos DADOS DAS REGIÕES-NE II e DADOS DAS REGIÕES-NE III, que contém todos os dados obtidos, para o verão e outono, respectivamente, compilados em planilhas eletrônica do EXCEL 97, para as quatro regiões estudadas. Cada região possui três planilhas, contendo o valor do parâmetro na distribuição horizontal, vertical e a média com desvio, para cada parâmetro nos sete níveis de profundidade.
- Arquivo MARqui – BANCO DE DADOS, explicado no apêndice II.

APÊNDICE II

USANDO O BANCO DE DADOS

MARqui

O banco de dados **MARqui** foi desenvolvido no programa ACCESS 2000, e é muito simples de ser utilizado. As operações básicas deste banco de dados serão dadas a seguir.

A tela de abertura é somente para dar informações acerca das Instituições envolvidas no presente trabalho. Clicar em fechar (opcional, a tela será sobreposta quando se abrir uma nova).



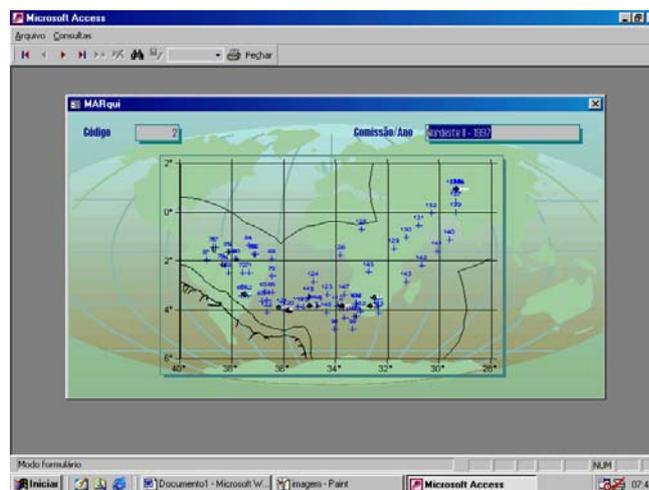
TELA 1 – Tela de abertura do banco de dados.

CONSULTANDO ÁREA – Serve para dar uma idéia ao usuário da distribuição das estações na área pesquisada, nos dois períodos. Na barra de menu clicar em **arquivo** e depois em **área**



TELA 2 – Consultando áreas

A tela abaixo aparecerá e pode-se escolher a Comissão (Nordeste II ou III) clicando em  , da barra de ferramentas (estas setas podem ser usadas em todo o banco para seleção, bem como o mouse), para alternar entre os mapas. Fechar (opcional, a tela será sobreposta quando se abrir uma nova).



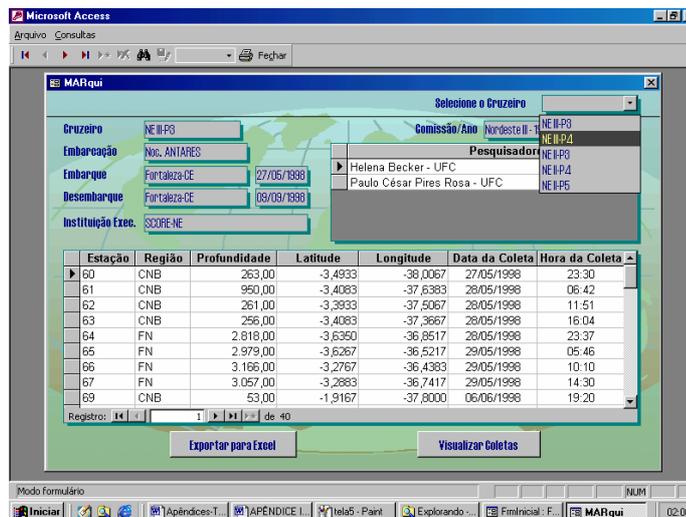
TELA 3 – Localização das estações

CONSULTANDO AS ESTAÇÕES – Verificar todos os dados obtidos para as duas comissões, nos seus cinco cruzeiros (pernadas). Na barra de menu escolher **Consultas** e depois **Estações**.



TELA 4 – Consultando estações.

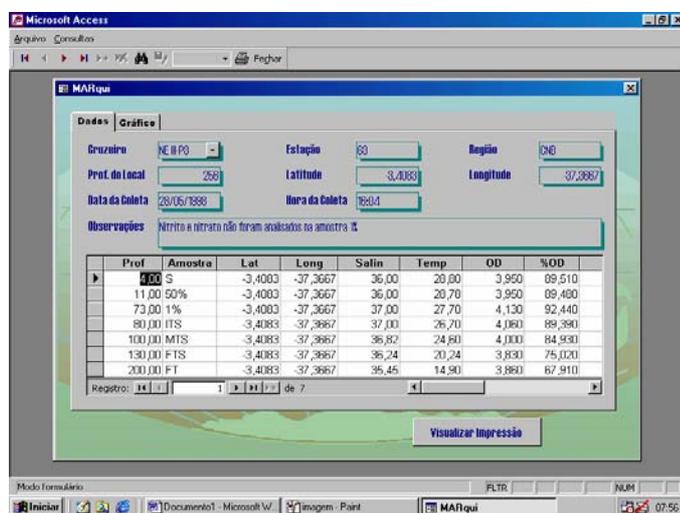
No canto superior direito, TELA 5, em **Selecionar o Cruzeiro**, utilizar o mouse para selecionar o cruzeiro desejado.



TELA 5 – Selecionando o Cruzeiro (pernada)

A opção **Exportar para o Excel**, vista na TELA 5, exporta para o EXCEL todos os dados, da estação selecionada (na TELA, estação 60), para a pasta “Meus Documentos” com o nome do arquivo de “coleta”. Aconselha-se, no caso da exportação de várias estações, renomear os arquivos pois, a cada exportação, o arquivo “coleta” vai sendo substituído.

A opção **Visualizar Coletas** leva para a TELA 6, onde pode-se imprimir os dados da estação selecionada, clicando em **Visualizar Impressão** para verificar o layout da impressão – TELA 7.



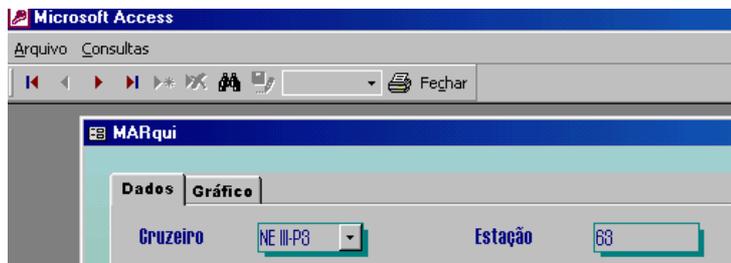
TELA 6 – Consultando estações

MARqui - REY EZE EINE

Curso	HC18-71	Problemas de Física I	301	Data de Coleta	21/07/2018
Disciplina	M	Localidade	(4911)	Data de Coleta	21/07
Explosão	CPD	Longitude	(0,881)		
Curso					

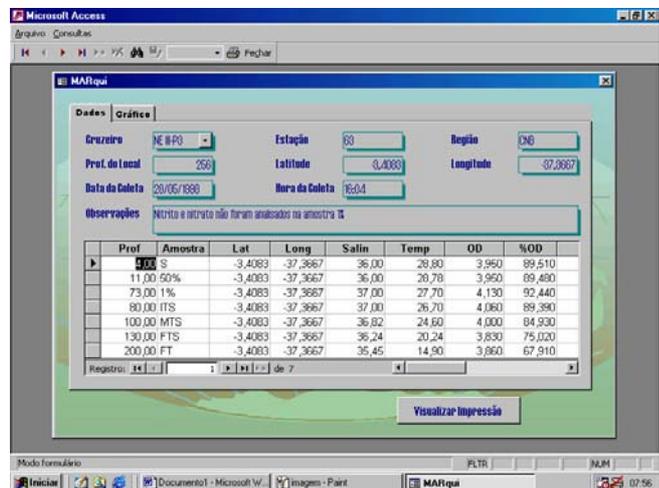
Prof	Amostra	Lat	Long	Salin	Temp	OD	%OD	FTS	FTM	FTD	FTI
11,00	50%	-3,4083	-37,3667	36,00	28,80	3,950	89,510				
73,00	1%	-3,4083	-37,3667	37,00	27,70	4,130	92,440				
80,00	ITS	-3,4083	-37,3667	37,00	26,70	4,060	89,390				
100,00	MTS	-3,4083	-37,3667	36,82	24,60	4,000	84,930				
130,00	FTS	-3,4083	-37,3667	36,24	20,24	3,830	75,020				
200,00	FT	-3,4083	-37,3667	35,45	14,50	3,860	67,910				

TELA 7 – Layout da impressão dos dados.

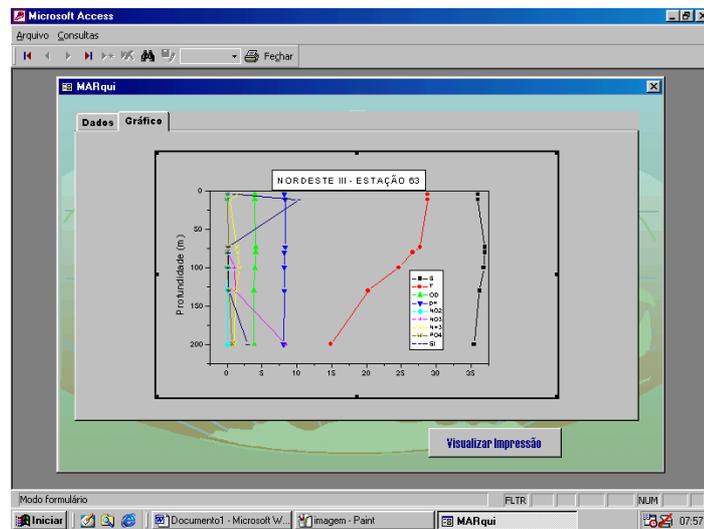


TELA 8 – Opção dados ou gráficos.

A opção **Dados**, da TELA 6, mostrada em detalhes na TELA 8, mostrará todos os dados referentes a estação escolhida; a opção **Gráficos** exibirá o gráfico da variação vertical com a profundidade, dos parâmetros analisados, conforme mostrado nas TELAS 9 e 10.



TELA 9 – Dados referentes a uma estação



TELA 10 – Gráfico da variação vertical dos parâmetros analisados em uma estação

A qualquer momento, qualquer tela poderá ser fechada, bastando clicar em fechar , na tela que estiver aberta.