



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
Centro de Tecnologia e Geociências
Departamento de Oceanografia
Programa de Pós-graduação em Oceanografia

**Estrutura Termohalina e Massas d'Água
na Zona Econômica Exclusiva do NE-Brasileiro**

Isaac Cristiano de Freitas

Recife
2003

Isaac Cristiano de Freitas

**Estrutura Termohalina e Massas d'Água
na Zona Econômica Exclusiva do NE-Brasileiro**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-graduação em
Oceanografia da Universidade
Federal de Pernambuco, como
requisito parcial para obtenção do
grau de Mestre em Ciências na área
de Oceanografia Abiótica.

Orientadora:

Dr^a. Carmen Medeiros de Queiroz

Recife
2003

F866e Freitas, Isaac Cristiano

**Estrutura Termohalina e Massas d'Água na Zona
Econômica Exclusiva do NE-Brasileiro / Isaac
Cristiano de Freitas. – Recife : O Autor, 2003.**

146 folhas : il., tab., fig.

**Dissertação (mestrado) – Universidade Federal
de Pernambuco. CTG. Oceanografia Abiótica, 2003.**

Inclui bibliografia.

**1. Oceanografia abiótica 2. Massas d'Água
3. Ressurgência de Talude. I. Título.**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
Centro de Tecnologia e Geociências
Departamento de Oceanografia
Programa de Pós-graduação em Oceanografia

Estrutura Termohalina e Massas d'Água na Zona Econômica Exclusiva do NE-Brasileiro

por

ISAAC CRISTIANO DE FREITAS

Dissertação aprovada em estilo e conteúdo em 29 de Agosto de 2003.

EXAMINADORES:

Dr^a. Carmen Medeiros de Queiroz
Orientadora

Dr. Moacyr Cunha de Araújo

Dr^a. Luci Cajueiro Carneiro Pereira

Dr. Jader Onofre de Moraes

Dr^a. Kátia Muniz Pereira da Costa

Ao meu saudoso pai

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, presença sentida em toda a minha vida, particularmente na minha formação, promovendo oportunidades e amigos que me fizeram chegar até aqui.

As mulheres da minha vida, Sara, Júlia e Marisa, que com paciência e carinho sempre me acompanharam.

À Prof. Dr^a. Carmen Medeiros, por sua amizade acima de qualquer coisa, como também pelo seu espírito educador, promovendo o incentivo e o apoio necessários.

Ao Prof. Moacyr Araújo, por sua amizade, apoio e colaboração, tanto pessoal como profissional.

Ao Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco, pessoalmente a Dr^a. Tereza Cristina Medeiros de Araújo, bem como a todos os professores e funcionários, os quais tenho com muita estima.

Ao Programa de Pós Graduação em Oceanografia, na pessoa da Dra. Lília Pereira de Souza Santos, pelo incentivo sempre presente.

As mais do que amigas Alayde Freitas e Cecília Queiroz.

Aos amigos Marcelo Rollnic, Marcus André e Cristina que diretamente contribuíram para realização deste trabalho.

Aos amigos Geraldo Júnior e José Vidal pelo apoio demonstrado em todo momento.

Aos lofequianos, de hoje e de outrora, que me incentivaram, procurando sempre alguma forma de ajudar, mas principalmente pela amizade sempre demonstrada e pela construção de um ambiente de trabalho com feições familiares.

Aos comandantes e tripulações do NOc. *Antares* nas várias expedições REVIZEE-NE e integrantes da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), pela presteza e cordialidade durante a realização das campanhas oceanográficas.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de mestrado a qual possibilitou a realização do curso.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
Centro de Tecnologia e Geociências
Departamento de Oceanografia
Programa de Pós-graduação em Oceanografia

**Estrutura Termohalina e Massas d'Água
na Zona Econômica Exclusiva do NE-Brasileiro**

Isaac Cristiano de Freitas
Orient.: Dr^a. Carmen Medeiros

RESUMO

No ambiente marinho, não só as relações térmicas e salinas são responsáveis pela distribuição da vida neste habitat, como também sua produtividade depende do suprimento de sais nutrientes em áreas com quantidade de luz suficiente. O presente trabalho enfoca a estrutura termohalina e as massas de água no ambiente da Zona Econômica Exclusiva (ZEE) do Nordeste brasileiro e os processos físico-oceanográficos ali atuantes, em particular, ressurgência de borda de plataforma. Os dados foram obtidos durante as campanhas oceanográficas NEI, NEII, NEIII e NEIV do programa REVIZEE/SCORE-NE, a bordo do NOC. Antares da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), Marinha do Brasil em ago-out/95 (inverno), jan-abr/97 (verão), abr-jul/98 (outono) e set-dez/00 (primavera) e compreenderam levantamentos em grande escala da estrutura termohalina (618 perfis de CTD e 396 perfis de XBT) e da microestrutura termohalina (25 perfis de SCAMP), para o trecho costeiro Recife-Salvador. Na ZEE-NE, o campo superficial de temperatura, é bastante homogêneo, com uma elevação global de 1,5 graus entre os períodos de primavera e verão/outono, com a maior variabilidade sendo registrada para o nível de 100 m de profundidade (amplitude=12 °C) devido a diferenças, ao longo da área, na profundidade de início da termoclina. Aos 200 m de profundidade, a amplitude térmica cai 9°C, sendo cerca de 3°C ao nível limite da ZEE (500 m) e comparável àquela de superfície aos 900 m de profundidade. A salinidade aumenta em direção à costa brasileira, com as isohalinas seguindo o contorno geral da costa para o trecho entre o Recife e a foz do Rio Parnaíba. No trecho Recife-Salvador a distribuição das isolinhas tem um caráter mais zonal, com a salinidade aumentando com a latitude. A camada mais superficial (primeiros 50 m) do trecho sul da ZEE-NE, apresentou um forte gradiente da salinidade, com os maiores valores sendo encontrados mais próximos à costa. Este padrão, no entanto, não foi verificado para as camadas mais profundas ou para o período de verão. Um máximo de salinidade sub-superficial cerca de 1 a 1,5 unidades superior aos valores da superfície esteve presente entre os 50 e 100 m de profundidade, correspondendo aproximadamente à profundidade de início da termoclina. O máximo de salinidade tende a ser mais acentuado para a área sul

da ZEE-NE ($\text{LAT} > 5^\circ$). Na camada mais superficial, os diagramas T-S indicaram a presença da Água Tropical Superficial (ATS), com salinidade superior a 36 usp e temperatura acima de 20°C . Esta massa ocupa os primeiros 150-200 m de profundidade. O primeiro ponto de inflexão do diagrama corresponde a região do máximo de salinidade subsuperficial. Abaixo da ATS, encontramos a Água Central do Atlântico Sul (ACAS) correspondendo ao trecho linear do diagrama T-S. Apresenta salinidade entre 34,5 e 36,0 usp e temperatura entre 5° e 20°C , ocupando a camada até os 800 m de profundidade. Abaixo dela, encontramos a Água Antártica Intermediária (AAI), caracterizada por uma salinidade mínima. Em toda a área a presença de uma termoclina permanente e bem definida é uma constante. Verifica-se um aprofundamento da termoclina com o aumento de latitude e contra a costa ao longo do trecho sul da ZEE-NE. Sazonalmente, para as áreas de ilhas e bancos oceânicos e ao longo do trecho sul da costa, entre Recife e Salvador, principalmente entre Aracaju e Salvador, verifica-se perturbações na estrutura termohalina, com soerguimento de sub-superfície das isotermas associado à formação de vórtices pela interação das correntes com o relevo marinho, ou ainda formação de ondas internas e/ou de remoinhos pelo desprendimento de meandros da corrente do Brasil.

Palavra-chave: estrutura termohalina, massas d'água, ressurgência

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
Centro de Tecnologia e Geociências
Departamento de Oceanografia
Programa de Pós-graduação em Oceanografia

**Estrutura Termohalina e Massas d'Água
na Zona Econômica Exclusiva do NE-Brasileiro**

Isaac Cristiano de Freitas
Orient.: Dr^a. Carmen M. de Queiroz

ABSTRACT

At the ocean, not only thermal and saline relationships are responsible for the distribution of life over this habitat as well as its productivity depends upon the supply of nutrient salts into areas where light is available in the needed level. The present work focus in the thermohaline structure and water masses present in the Exclusive Economic Zone (EEZ) of Northeastern Brazil, as well as on operating physical oceanographic, particularly, shelf-break upwelling. Field data was gathered during the oceanographic expeditions NEI, NEII, NEIII and NEIV within the REVIZEE/SCORE-NE Program, on board Noc. Antares from the Division of Hydrography and Navigation of the Brazilian Navy. Expeditions took place during aug-oct/95 (winter), jan-apr/97 (summer), apr-jul/98 (fall) and sep-dec/00 (spring) and comprehended large-scale surveys of the thermohaline structure (618 CTD and 396 XBT profiles) and survey of the microstructure (25 SCAMP profiles) along the shelf break between Recife and Salvador. At the EEZ-NE, temperature field is very homogeneous, presenting an overall temperature elevation of 1.5 °C between winter and summer/fall seasons. Large temperature variability was found at the 100 m depth (amplitude=12°C), due to differences in depth of thermocline top. At 200 m depth, thermal amplitude drops to 9°C, being circa of 3°C at the level limit of the EEZ (500 m) and has a range comparable to that at surface at the 900 m depth. Salinity increases towards the Brazilian coast, and the isohalines follows the general coast contours in the area from Recife to the mouth of the Parnaíba river. For the Recife-Salvador area, the distribution of the isolines follows a zonal pattern, with salinity increasing with latitude. The top layer (first 50 m) in the southern portion of the EEZ-NE presented a strong salinity gradient, with higher salinities values found near the coast. This pattern, however is not found at deeper layers neither during summer season. A sub-surface salinity maximum, 1 to 1.5 salinity units higher than surface values was present between 50 and 100 m depths, corresponding approximately to the depth of the thermocline top. The zone salinity maximum tends to be stronger in the southern portion of the EEZ-NE (LAT>5°). At the most surfacial layer, T-S diagrams indicated the presence the Tropical Surface Water (TSW) with salinity greater than 36 ups and temperature above 20°C. This water mass occupies the first 150-200 m layer. The first inflection point in the T-S diagram corresponding to the region of the sub-surfacial salinity maximum. Below the TSW, lays the Central South Atlantic water mass (SACW), corresponding to the linear portion of the T-S diagram, presenting salinities from 34.5 to 36.0 and temperatures from 5° to 20° C occupying a layer down to the 800 m depth. Below this mass, we can find the Antarctic Intermediate Water mass (AAIW), characterized for presenting a minimal salinity. In all

EEZ-NE area a permanent well thermocline is present. The thermocline tends to be deeper with increasing latitude and with approximation of the coast, along the southern portion of the area. Seasonally, for the areas near the oceanic islands and banks and along the southern portion of the shelf-break, from Recife to Salvador, particularly from Aracajú perturbations of the thermohaline structure was detected, with some sub-surface displacement of the isotherms associated to the formation of vortices due to the interaction between the currents and the bottom topography and also formation of internal waves and/or eddies by release of meanders of the Current of Brasil.

Key-word: thermohaline structure, water masses, upwelling

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

	Pág.
INTRODUÇÃO	01
OBJETIVOS	04
Objetivo Geral.	04
Objetivos Específicos	04
ESTADO DA ARTE	05
Propriedades Físicas da Água do Mar	05
Temperatura	05
Salinidade.	08
Pressão.	10
Densidade.	11
Circulação Oceânica	13
Ressurgência	19
Massas D'água	21
MATERIAL E MÉTODOS	26
Área de estudo	26
Trabalhos de Mar.	31
Trabalhos de Laboratório	34
RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
Estrutura Termohalina	37
Massas d'Água	68
Áreas de Plataforma e Talude	81
Microestrutura da Temperatura, Salinidade e Sigma-t.	134
CONCLUSÕES	141
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	142

LISTA DE TABELAS

		Pág.
Tabela 1	Relação do período das expedições oceanográficas, estações sazonais consideradas e tipo de dados obtidos.	31
Tabela 2	Valores mínimos, máximos e médios da temperatura, salinidade e s_t durante as estações sazonais de Inverno, verão, outono e primavera nas profundidades de 5, 50, 100, 150, 200, 300, 500 e 900m.	46
Tabela 3	Parâmetros conservativos das massas d'água considerados para a área em estudo e código de cores usado no diagrama T-S.	68
Tabela 4	Região de domínio (profundidades) das massas d'água ATS, ACAS e AAI nas sub-regiões da ZEE do NE-Brasileiro de acordo com o período da coleta dos dados.	72

LISTA DE FIGURAS

	Pág.	
Figura 1	Esquema do sistema de correntes no Atlântico Tropical em vista de topo e corte transversal. Adaptado de Stramma e Schott (1999).	16
Figura 2	Área de estudo e limites da Zona Econômica Exclusiva do NE-Brasileiro.	26
Figura 3	Localização das estações de CTD e XBT durante as expedições NEI (Inverno 95), NEII (Verão 97), NEIII (Outono 98) e NEIV (Primavera 00).	32
Figura 4	Localização dos perfis radiais e das estações da SCAMP.	35
Figura 5	Distribuição horizontal da temperatura a 5, 50, 100 e 150 m de profundidade durante o período de inverno/95.	38
Figura 6	Distribuição horizontal da temperatura a 200, 300, 500 e 900 m de profundidade durante o período de inverno/95.	39
Figura 7	Distribuição horizontal da temperatura a 5, 50, 100 e 150 m de profundidade durante o período de verão/97.	40
Figura 8	Distribuição horizontal da temperatura a 200, 300, 500 e 900 m de profundidade durante o período de verão/97.	41
Figura 9	Distribuição horizontal da temperatura a 5, 50, 100 e 150 m de profundidade durante o período de outono/98.	42
Figura 10	Distribuição horizontal da temperatura a 200 300, 500 e 900 m de profundidade durante o período de outono/98.	43
Figura 11	Distribuição horizontal da temperatura a 5, 50, 100 e 150 m de profundidade durante o período de primavera/00.	44
Figura 12	Distribuição horizontal da temperatura a 200, 300, 500 e 900 m de profundidade durante o período de primavera/00.	45
Figura 13	Distribuição da profundidade de topo da termoclina nos períodos de inverno/95, verão/97, outono/98 e primavera/00.	49
Figura 14	Distribuição horizontal da salinidade a 5, 50, 100 e 150 m de profundidade durante o período de inverno/95.	51
Figura 15	Distribuição horizontal da salinidade a 200, 300, 500 e 900 m de profundidade durante o período de inverno/95.	52
Figura 16	Distribuição horizontal da salinidade a 5, 50, 100 e 150 m de profundidade durante o período de verão/97.	53
Figura 17	Distribuição horizontal da salinidade a 200, 300, 500 e 900 m de profundidade durante o período de verão/97.	54
Figura 18	Distribuição horizontal da salinidade a 5, 50, 100 e 150 m de profundidade durante o período de outono/98.	55
Figura 19	Distribuição horizontal da salinidade a 200, 300, 500 e 900 m de profundidade durante o período de outono/98.	56
Figura 20	Distribuição horizontal da salinidade a 5, 50, 100 e 150 m de profundidade durante o período de primavera/00.	57
Figura 21	Distribuição horizontal da salinidade a 200, 300, 500 e 900 m de profundidade durante o período de primavera/00.	58

LISTA DE FIGURAS (Cont.)

	Pág.
Figura 22 Distribuição horizontal de σ_t a 5, 50, 100 e 150 m de profundidade durante o período de inverno/95.	60
Figura 23 Distribuição horizontal de σ_t a 200, 300, 500 e 900 m de profundidade durante o período de inverno/95.	61
Figura 24 Distribuição horizontal de σ_t a 5, 50, 100 e 150 m de profundidade durante o período de verão/97.	62
Figura 25 Distribuição horizontal de σ_t a 200, 300, 500 e 900 m de profundidade durante o período de verão/97.	63
Figura 26 Distribuição horizontal de σ_t a 5, 50, 100 e 150 m de profundidade durante o período de outono/98.	64
Figura 27 Distribuição horizontal de σ_t a 200, 300, 500 e 900 m de profundidade durante o período de outono/98.	65
Figura 28 Distribuição horizontal de σ_t a 5, 50, 100 e 150 m de profundidade durante o período de primavera/00.	66
Figura 29 Distribuição horizontal de σ_t a 200, 300, 500 e 900 m de profundidade durante o período de primavera/00.	67
Figura 30 Diagramas T-S para a região de Plataforma/Talude, Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Cadeia Norte Brasileira e Cadeia de Fernando de Noronha durante o Inverno/95.	73
Figura 31 Diagramas T-S para a região Oceânica Sul, Oceânica Leste e Oceânica Norte o Inverno/95.	74
Figura 32 Diagramas T-S para a região de Plataforma/Talude, Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Cadeia Norte Brasileira e Cadeia de Fernando de Noronha durante o Verão/97.	75
Figura 33 Diagramas T-S para a região Oceânica Sul, Oceânica Leste e Oceânica Norte o Verão/97.	76
Figura 34 Diagramas T-S para a região de Plataforma/Talude, Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Cadeia Norte Brasileira e Cadeia de Fernando de Noronha durante o Outono/98.	77
Figura 35 Diagramas T-S para a região Oceânica Sul, Oceânica Leste e Oceânica Norte o Outono/98.	78
Figura 36 Diagramas T-S para a região de Plataforma/Talude, Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Cadeia Norte Brasileira e Cadeia de Fernando de Noronha durante a Primavera/00.	79
Figura 37 Diagramas T-S para a região Oceânica Sul, Oceânica Leste e Oceânica Norte durante a Primavera/00.	80
Figura 38 Estrutura vertical termohalina ($^{\circ}\text{C}$ e usp) e de densidade ao longo da transessão 1 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no inverno/95. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	85

LISTA DE FIGURAS (Cont.)

	Pág.
Figura 39 Estrutura vertical termohalina (°C e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 2 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no inverno/95. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	86
Figura 40 Estrutura vertical termohalina (°C e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 3 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no inverno/95. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	87
Figura 41 Estrutura vertical termohalina (°C e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 4 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no inverno/95. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	88
Figura 42 Estrutura vertical termohalina (°C e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 5 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no inverno/95. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	89
Figura 43 Estrutura vertical termohalina (°C e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 6 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no inverno/95. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	90
Figura 44 Estrutura vertical termohalina (°C e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 7 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no inverno/95. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	91
Figura 45 Estrutura vertical termohalina (°C e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 8 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no inverno/95. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	92
Figura 46 Estrutura vertical termohalina (°C e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 9 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no inverno/95. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	93
Figura 47 Estrutura vertical termohalina (°C e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 10 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no inverno/95. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	94
Figura 48 Estrutura vertical termohalina (°C e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 11 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no inverno/95. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	95
Figura 49 Estrutura vertical termohalina (°C e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 12 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no inverno/95. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	96

LISTA DE FIGURAS (Cont.)

	Pág.
Figura 50 Estrutura vertical termohalina (°C e usp) e de densidade ao longo da transessão 13 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no inverno/95. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	97
Figura 51 Estrutura vertical termohalina (°C e usp) e de densidade ao longo da transessão 1 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no verão/97. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	98
Figura 52 Estrutura vertical termohalina (°C e usp) e de densidade ao longo da transessão 2 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no verão/97. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	99
Figura 53 Estrutura vertical termohalina (°C e usp) e de densidade ao longo da transessão 3 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no verão/97. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	100
Figura 54 Estrutura vertical termohalina (°C e usp) e de densidade ao longo da transessão 4 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no verão/97. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	101
Figura 55 Estrutura vertical termohalina (°C e usp) e de densidade ao longo da transessão 5 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no verão/97. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	102
Figura 56 Estrutura vertical termohalina (°C e usp) e de densidade ao longo da transessão 6 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no verão/97. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	103
Figura 57 Estrutura vertical termohalina (°C e usp) e de densidade ao longo da transessão 7 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no verão/97. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	104
Figura 58 Estrutura vertical termohalina (°C e usp) e de densidade ao longo da transessão 8 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no verão/97. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	105
Figura 59 Estrutura vertical termohalina (°C e usp) e de densidade ao longo da transessão 9 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no verão/97. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	106
Figura 60 Estrutura vertical termohalina (°C e usp) e de densidade ao longo da transessão 10 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no verão/97. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	107

LISTA DE FIGURAS (Cont.)

	Pág.
Figura 61 Estrutura vertical termohalina (°C e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 1 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no outono/98. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	108
Figura 62 Estrutura vertical termohalina (°C e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 2 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no outono/98. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	109
Figura 63 Estrutura vertical termohalina (°C e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 3 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no outono/98. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	110
Figura 64 Estrutura vertical termohalina (°C e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 4 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no outono/98. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	111
Figura 65 Estrutura vertical termohalina (°C e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 5 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no outono/98. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	112
Figura 66 Estrutura vertical termohalina (°C e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 6 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no outono/98. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	113
Figura 67 Estrutura vertical termohalina (°C e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 7 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no outono/98. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	114
Figura 68 Estrutura vertical termohalina (°C e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 8 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no outono/98. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	115
Figura 69 Estrutura vertical termohalina (°C e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 1 na ZEE-NE, com base nos dados coletados na primavera/00. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	116
Figura 70 Estrutura vertical termohalina (°C e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 2 na ZEE-NE, com base nos dados coletados na primavera/00. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	117
Figura 71 Estrutura vertical termohalina (°C e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 3 na ZEE-NE, com base nos dados coletados na primavera/00. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	118

LISTA DE FIGURAS (Cont.)

	Pág.
Figura 72 Estrutura vertical termohalina (°C e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 4 na ZEE-NE, com base nos dados coletados na primavera/00. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	119
Figura 73 Estrutura vertical termohalina (°C e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 5 na ZEE-NE, com base nos dados coletados na primavera/00. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	120
Figura 74 Estrutura vertical termohalina (°C e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 6 na ZEE-NE, com base nos dados coletados na primavera/00. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	121
Figura 75 Estrutura vertical termohalina (°C e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 7 na ZEE-NE, com base nos dados coletados na primavera/00. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	122
Figura 76 Estrutura vertical termohalina (°C e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 8 na ZEE-NE, com base nos dados coletados na primavera/00. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	123
Figura 77 Estrutura vertical termohalina (°C e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 9 na ZEE-NE, com base nos dados coletados na primavera/00. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	124
Figura 78 Estrutura vertical termohalina (°C e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 10 na ZEE-NE, com base nos dados coletados na primavera/00. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	125
Figura 79 Estrutura vertical termohalina (°C e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 11 na ZEE-NE, com base nos dados coletados na primavera/00. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	126
Figura 80 Estrutura vertical termohalina (°C e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 12 na ZEE-NE, com base nos dados coletados na primavera/00. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	127
Figura 81 Estrutura vertical termohalina (°C e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 13 na ZEE-NE, com base nos dados coletados na primavera/00. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	128
Figura 82 Estrutura vertical termohalina (°C e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 14 na ZEE-NE, com base nos dados coletados na primavera/00. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	129

LISTA DE FIGURAS (Cont.)

	Pág.
Figura 83 Estrutura vertical termohalina ($^{\circ}\text{C}$ e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 15 na ZEE-NE, com base nos dados coletados na primavera/00. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	130
Figura 84 Estrutura vertical termohalina ($^{\circ}\text{C}$ e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 16 na ZEE-NE, com base nos dados coletados na primavera/00. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	131
Figura 85 Estrutura vertical termohalina ($^{\circ}\text{C}$ e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 17 na ZEE-NE, com base nos dados coletados na primavera/00. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	132
Figura 86 Estrutura vertical termohalina ($^{\circ}\text{C}$ e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 18 na ZEE-NE, com base nos dados coletados na primavera/00. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.	133
Figura 87 Distribuições verticais de temperatura, salinidade, σ_t (σ_t), escala de Thorpe (L_T) e clorofila-a registrados com a SCAMP na estação 166. Primavera/00.	134
Figura 88 Distribuições verticais de temperatura, salinidade, σ_t (σ_t), escala de Thorpe (L_T) e clorofila-a registrados com a SCAMP na estação 167. Primavera/00.	135
Figura 89 Distribuições verticais de temperatura, salinidade, σ_t (σ_t), escala de Thorpe (L_T) e clorofila-a registrados com a SCAMP na estação 168. Primavera/00.	135
Figura 90 Distribuições verticais de temperatura, salinidade, σ_t (σ_t), escala de Thorpe (L_T) e clorofila-a registrados com a SCAMP na estação 169. Primavera/00.	136
Figura 91 Distribuições verticais de temperatura, salinidade, σ_t (σ_t), escala de Thorpe (L_T) e clorofila-a registrados com a SCAMP na estação 170. Primavera/00.	136
Figura 92 Distribuições verticais de temperatura, salinidade, σ_t (σ_t), escala de Thorpe (L_T) e clorofila-a registrados com a SCAMP na estação 174. Primavera/00.	137
Figura 93 Distribuições verticais de temperatura, salinidade, σ_t (σ_t), escala de Thorpe (L_T) e clorofila-a registrados com a SCAMP na estação 175. Primavera/00.	137
Figura 94 Distribuições verticais de temperatura, salinidade, σ_t (σ_t), escala de Thorpe (L_T) e clorofila-a registrados com a SCAMP na estação 185. Primavera/00.	138
Figura 95 Distribuição vertical de ϵ obtida pela SCAMP na estação 170. Primavera/00.	139
Figura 96 Distribuição vertical de ϵ obtida pela SCAMP na estação 185. Primavera/00.	139
Figura 97 Perfis verticais da distribuição da temperatura, salinidade e σ_t nas estações 170 e 185 obtidos com CTD na primavera/00. ...	140

INTRODUÇÃO

Mais do que nunca se tem verificado que os oceanos, ao interagirem com a atmosfera, desempenham papel fundamental na dinâmica das variabilidades climatológicas globais. A capacidade calorífica da água permite o controle das condições ambientais no planeta, atenuando inclusive, as diferenças de temperatura entre os períodos diurnos e noturnos e entre as regiões equatorial e polares e assim, possibilitando vida humana em uma larga faixa latitudinal (Ferreira, 2001).

A temperatura da superfície do oceano afeta as condições da camada limite da atmosfera, sendo seu conhecimento, essencial para as previsões do tempo. A precipitação em diversas regiões tropicais, por exemplo, está relacionada com as temperaturas da superfície do mar (TSM's) nos oceanos tropicais (Ferreira, 2001). Assim, o dipolo do Atlântico e a Oscilação do Sul do Oceano Pacífico, também chamado de “El Niño” (ENOS), parecem ser os fenômenos mais importantes para a região Nordeste do Brasil quanto as suas configurações atmosféricas e oceânicas, determinando períodos de secas e enchentes, e possivelmente também com reflexos importantes na produção pesqueira da região (Travassos *et al.*, 1997).

Ainda, as relações térmicas e salinas regulam toda a vida do ambiente marinho, pelo qual o conhecimento das causas e efeitos a elas relacionadas, é um requisito básico para o conhecimento de todos os ciclos abióticos e bióticos que se desenvolvem neste ambiente (Miranda, 1982).

Enquanto a penetração da luz diminui com a profundidade, a concentração de sais nutrientes aumenta. Segundo Riley (1947) e Sverdrup *et al.* (1942), a produtividade dos oceanos depende do suprimento de sais nutrientes em áreas com quantidade de luz suficiente (>1% da luz incidente), determinando um padrão geográfico e temporal. O transporte vertical dos diferentes compostos químicos naturais é intensificado pelo fenômeno da ressurgência, sendo a determinação de sua ocorrência de fundamental importância para os estudos de produtividade (Miranda, 1982). Assim, apenas 2 a 3% da área total dos oceanos são responsáveis pela maior

parte da produção pesqueira, sendo 0,1% resultado do fenômeno de ressurgência, que contribui com 50% da captura de peixes (Ryther, 1969; Advincula, 2000).

Em regiões tropicais, o fenômenos de ressurgência é minimizado devido, principalmente, à distribuição vertical de calor, responsável pela formação de uma verdadeira barreira física que impede o transporte de sais nutrientes para as camadas mais superficiais do oceano. A temperatura nas regiões tropicais apresenta uma grande estabilidade ao longo do ciclo sazonal, devido a sua dependência do período e grau de insolação, e das variações meteorológicas (Ferreira, 2001).

O mar adjacente ao nordeste brasileiro está localizado nesta região, caracterizada por elevadas temperaturas e intensa luminosidade, sendo uma região oligotrófica, que não experimenta ressurgências importantes que possam implicar no aumento da produtividade pesqueira, como é o caso das costas de fronteira leste. Entretanto, enriquecimentos localizados podem ocorrer em pequenas escalas, sendo nas águas próximas à quebra da plataforma através do mecanismo conhecido por ressurgência de talude, e em áreas próximas a altos fundos, bancos e ilhas oceânicas, por ressurgência orográfica, e ainda, pode ocorrer em áreas de meandramento e de divergência de correntes, hipótese a ser investigada no presente trabalho (Condie, 1995; Travassos *et al.*, 1997; Stramma e Schott, 1999).

Mais recentemente, o Oceano Atlântico Sul, tem sido palco de uma quantidade importante de esforços científicos voltados à ampliação do conhecimento de sua circulação e dinâmica (Ferreira, 2001). Programas e iniciativas, tanto nacionais ou em cooperações com outras nações, têm possibilitado a identificação de particularidades relacionadas às variabilidades das características dominantes e de suas influências nas vidas de milhões de pessoas (Hastenrath, 1985, *apud* Advíncula, 2000).

O Programa de Avaliação do Potencial Sustentável dos Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva - REVIZEE, coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (MMA), através da Secretaria de Coordenação dos Assuntos do Meio Ambiente (SMA)/Departamento de Gestão

Ambiental (DEGAM), é um programa brasileiro, voltado à execução de levantamentos dos potenciais sustentáveis de captura dos recursos vivos na Zona Econômica Exclusiva (ZEE). Os resultados que vêm sendo obtidos pelo programa, além de habilitarem o Brasil ao atendimento das disposições da Convenção das Nações Unidas sob o Direito do Mar, no que se refere aos recursos vivos, também permitirão o reordenamento do setor pesqueiro nacional com base em dados técnico-científicos consistentes e atualizados (PROGRAMA REVIZEE, 1996).

A região da Zona Econômica Exclusiva do Nordeste do Brasil destaca-se pela ocorrência de espécies marinhas de elevado valor comercial, como lagosta, vermelhos, atuns e afins, etc, muitas das quais podem já se encontrar sob risco de extinção, devido a um esforço de pesca excessivo e desordenado, em decorrência principalmente, ao desconhecimento dos estoques e de suas inter-relações e interdependência dos fatores abióticos.

Nesse panorama, o presente trabalho tem o intuito de contribuir para o desenvolvimento de uma exploração racional dos recursos vivos nesta região, enfocando a estrutura termohalina da região Nordeste como um todo, identificando as massas d'água presentes na região, sua variabilidade sazonal, e em mais detalhe, analisando as áreas de talude continental como áreas potenciais para a ocorrência de ressurgência.

Nas expedições oceanográficas e trabalhos realizados buscou-se não só obter e ampliar os conhecimentos existentes até então sobre o ambiente físico-oceanográfico da região, como também oferecer uma síntese das informações que, quando analisadas conjuntamente com os dados gerados por outras áreas de conhecimento (meteorologia, química, geologia, biologia, etc.), possibilitassem identificar correlações e relações causa-efeito entre o ambiente abiótico e biótico da região e, assim, obter uma maior capacidade de previsão sobre o comportamento do mesmo.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

O presente trabalho tem por objetivo geral a caracterização da estrutura termohalina e a compreensão dos processos físico-oceanográficos atuantes na Zona Econômica Exclusiva do Nordeste Brasileiro (ZEE-NE), desde a foz do rio Parnaíba (PI) até a cidade de Salvador (BA), com ênfase nos fenômenos de ressurgência de quebra de plataforma.

Objetivos Específicos

Mais especificamente, os trabalhos desenvolvidos estiveram voltados:

1. Ao levantamento em meso-escala da estrutura termohalina tridimensional na região da ZEE do Nordeste Brasileiro e ao estudo de sua variabilidade temporal sazonal e/ou interanual.
2. À identificação, posicionamento e caracterização das massas d'água presentes na área da ZEE do Nordeste Brasileiro e sua variabilidade espacial e temporal.
3. À identificação de área da ZEE do NE-Brasileiro passíveis do fenômeno de ressurgência de quebra de plataforma.

ESTADO DA ARTE

Propriedades Físicas da Água do Mar

As propriedades físicas da água do mar mais relevantes para o campo da oceanografia física dinâmica são a temperatura, a salinidade e a pressão, que juntas determinam a densidade da água. A distribuição da densidade nos oceanos está diretamente relacionada à distribuição dos gradientes horizontais de pressão e assim às correntes oceânicas. Fluxos de calor, evaporação, precipitação, descargas fluviais, degelos e formação de geleiras, influenciam a distribuição da temperatura e da salinidade na superfície dos oceanos e podem modificar a densidade das águas superficiais. Quando a densidade é reduzida, a estabilidade da coluna cresce. Quando a densidade aumenta, as águas superficiais afundam, porém retendo suas assinaturas de temperatura e salinidade, as quais podem então ser usadas para seguir e quantificar o movimento da massa de água. Em seguida detalharemos essas propriedades e seus padrões de distribuição.

Temperatura

A temperatura é a propriedade física utilizada para caracterizar o estado térmico de um sistema. Ela representa diretamente uma medida do nível energético, isto é, da quantidade de energia cinética (movimento) das moléculas que compõem uma substância. Embora muitos processos físicos dependam da temperatura, só uns poucos podem ser usados para definir a temperatura absoluta, cuja unidade é o Kelvin (K). Dentre eles, temos as flutuações de voltagem de uma resistência R . Como medições em escalas absolutas são difíceis e requerem condições laboratoriais específicas, as medições absolutas são apenas utilizadas para definir uma escala de temperatura prática com base em alguns pontos fixos e aparatos de interpolação que são então nesses pontos.

Para a faixa das temperaturas comumente encontradas nos oceanos, o aparato interpolador foi por muito tempo o termômetro de inversão. Modernamente, emprega-se termômetros de resistência de platina, os quais são calibrados para pontos fixos que cobrem o intervalo desde o ponto triplo de equilíbrio do Hidrogênio (13.80033 K) ao ponto de congelamento da prata (961.78 K), passando pelo ponto triplo de equilíbrio da água (0.060 °C) (Preston-Thomas, 1990). A relação entre as duas escalas de temperatura é dada por:

$$t [^{\circ}\text{C}] = T [\text{K}] - 273,15 \quad (01)$$

A escala pratica de temperatura foi revisada em 1887, 1927, 1948, 1968 e 1990, à medida que determinações mais acuradas de medição da temperatura absoluta são conseguidas. As duas escalas mais utilizadas na oceanografia são a International Practical Temperature Scales de 1968 (IPTS-68) e a International Temperature Scale (ITS-90).

A temperatura da água oceânica resulta do balanço entre as transferências de calor pela absorção da energia do Sol, pelo transporte por correntes, perdas por evaporação, etc. Esse fluxo de calor que varia com o tempo e o lugar.

As propriedades da água variam temporalmente em escalas diurnas ou sazonais, ou interanuais, estando esta variabilidade normalmente restrita aos primeiros 300 metros de profundidade. Espacialmente, as propriedades da água variam nas três dimensões (X, Y e Z), sendo o gradiente vertical da temperatura cerca de 5000 vezes superior ao horizontal (Pickard, 1968).

No plano horizontal, a temperatura apresenta uma distribuição zonal, como faixas próximas ao Equador, trópicos ou pólos, apresentando valores aproximados na direção leste-oeste e uma maior variação na direção norte-sul. A temperatura superficial do oceano varia de cerca de 28°C um pouco ao norte do Equador até -2° C próximo ao gelo formado nos pólos.

Verticalmente podemos distinguir três camadas de diferente evolução da temperatura. A superior com temperatura próxima a da superfície resultante da turbulência gerada pelas ondas, por isso chamada de camada de mistura, compreendendo os primeiros 50 a 200 metros de profundidade. As variações temporais e espaciais da profundidade da camada de mistura estão principalmente associadas às trocas de energia com a atmosfera através da superfície do mar.

É seguida por uma camada que apresenta rápida redução da temperatura com a profundidade, chamada de termoclina, alcançando os 500 ou até os 1000 metros de profundidade. E a última camada, que alcança o fundo da bacia oceânica, chamada camada profunda, apresentando um decréscimo mais lento da temperatura em relação ao aumento da profundidade.

A termoclina não é encontrada em águas polares, sendo sua presença mais forte e perene na região equatorial. Pode ser referida como termoclina permanente ou sazonal se encontrada durante todo o ano ou de acordo com a estação do ano, respectivamente, podendo ser encontradas ocorrendo conjuntamente, uma sobreposta a outra, nos períodos de maior insolação. A termoclina é uma zona de forte estabilidade promovendo uma barreira entre a camada de mistura e a profunda.

A temperatura sofre influência com o aumento da pressão, porém é comumente empregada a temperatura medida diretamente em determinada profundidade, ou seja, a chamada temperatura *in situ*. Isto se dá por geralmente estes dados serem usados para comparar massas d'água de mesma faixa de profundidade ou pressão. Quando a temperatura de uma massa d'água profunda tem seu valor corrigido para a superfície pela eliminação do efeito da compressão em uma transformação adiabática, passará a ser chamada de temperatura potencial.

Salinidade

Inicialmente a salinidade foi definida como “a quantidade total, em gramas, de sólidos dissolvidos em um quilograma de água do mar” (Sverdrup *et al.*, 1942). Essa definição no entanto, embora simples, apresentava muitos entraves para sua medição, como a dificuldade de medição de materiais voláteis e as perdas de cloretos durante a evaporação das amostras.

Em 1902, por recomendação da comissão do International Council for the Exploration of the Sea, a salinidade passou a ser definida como “a quantidade total, em gramas, de matéria sólida contida em um quilograma de água do mar quando todo o carbonato foi convertido a óxido, o bromo e o iodo substituídos por cloro e toda a matéria orgânica foi completamente oxidada”. Embora útil, esta definição também apresentava dificuldades para ser utilizada rotineiramente.

Posteriormente, com base na suposição de que a proporção com que os elementos encontrados na água dos oceanos se mantinham aproximadamente constante, passou-se a se determinar a salinidade com base na determinação de seu principal componente, o cloro, e a salinidade (S), passou a ser definida como:

$$S (\text{‰}) = 0,003 + 1,805 \text{ Cl} (\text{‰}) \quad (02)$$

onde o resultado era expresso em partes por mil (‰) e a clorinidade (Cl) era definida como “a massa de prata requerida para precipitar completamente os halogênios em 0,3285234 kg de uma amostra de água do mar”. Em 1966, o Joint Panel on Oceanographic Tables and Standards, com base em medições mais acuradas, recomendou a adoção do termo Salinidade Absoluta (S_A), e que a relação salinidade x clorinidade fosse atualizada (Wooster *et al.*, 1969) para:

$$S_A (\text{‰}) = 1,80655 \text{ Cl} (\text{‰}) \quad (03)$$

Ao mesmo tempo, condutivímetros começavam a ser utilizados pelos oceanógrafos para determinar em laboratório, a salinidade de amostras de água do mar. Os resultados eram obtidos com maior facilidade e precisão. Assim foi também recomendado pelo Joint Panel que a salinidade fosse relacionada às medições de condutividade pela expressão 04, que equivale a medir a clorinidade através da condutividade, relativa a água do mar padrão.

$$S = -0,08996 + 28,29729 R_{15} + 12,80832 R_{15}^2 - 10,67869 R_{15}^3 + 5,98624 R_{15}^4 - 1,32311 R_{15}^5 \quad (04)$$

$$\text{onde } R_{15} = \frac{C(S,15,0)}{C(35,15,0)} ;$$

$C(S,15,0)$ é a condutividade da amostra de água do mar a 15 °C e 1 atm,

$C(35,15,0)$ é a condutividade da água padrão de Copenhagen e

S a salinidade derivada pela Eq. 05.

No início dos anos 70, começaram a aparecer os CTDs, que permitiam medidas *in situ* da condutividade da água do mar a diferentes profundidades. Em 1978, o Joint Panel da UNESCO definiu a Escala de Salinidade Prática, internacionalmente referida como Practical Salinity Scale (PSS-78), na qual a salinidade passava a ser definida unicamente em função da condutividade, sem mais relaciona-la a clorinidade, válida para salinidades entre 2 e 42 , temperaturas de –2 a 35 °C e pressões equivalentes a profundidades de 0 a 1000 m (Pickard e Emery, 1984), e que vigora até hoje:

$$S = 0,0080 - 0,1692 R_T^{1/2} + 25,3851 R_T + 14,0941 R_T^{3/2} - 7,0261 R_T^2 + 2,7081 R_T^{5/2} + \Delta S \quad (05)$$

$$\text{onde } R_T = \frac{C(S,T,0)}{C(KCl,T,0)}$$

$C(S,T,0)$ é a condutividade da amostra de água do mar a uma temperatura T e pressão de 1 atm,

$C(KCl,T,0)$ é a condutividade de um padrão de KCl (32,4356g KCl em 1,000000 kg de solução) a uma temperatura T e pressão de 1 atm,

$$\Delta S = \left[\frac{(T-15)}{1+0.0162(T-15)} \right] + 0,0005 = 0,0056R_T^{1/2} - 0,0066R_T - 0,0375R_T^{3/2} + 0,636R_T^2 - 0,0144R_T^{5/2}$$

A salinidade nos oceanos oscila, em geral, entre 33 e 37, dependendo de diversos fatores de natureza meteorológica, topográfica e de aportes fluviais. Semelhante a temperatura, porém em menor intensidade, a salinidade apresenta uma distribuição zonal na superfície. Apresenta um mínimo logo ao norte do Equador e máximos em torno dos 25° de latitude Norte e Sul, e decresce no sentido dos pólos, resultado da evaporação e da precipitação sobre a camada superficial. A desembocadura de rios na região próxima à costa e a fusão do gelo em regiões polares terão efeito também sobre a salinidade da camada superficial.

Verticalmente também, a salinidade apresenta certa semelhança com a distribuição da temperatura. Uma camada superficial sob grande influência da interação com a atmosfera, a camada de mistura, seguida de outra com uma variação rápida da salinidade com o aumento da profundidade, chamada de haloclina. Por último uma terceira indo até o fundo com uma pequena variação da salinidade. Nas regiões equatorial e tropical do oceano Atlântico pode ser encontrado um mínimo de salinidade em torno dos 600 e 1000 metros de profundidade, apresentando um aumento até os 2000 metros e seguido de nova redução até o fundo.

Pressão

Pressão (p) é uma grandeza física que expressa a relação entre uma força aplicada normalmente sobre uma superfície. A unidade da pressão no Sistema Internacional (SI) é o Pascal (Pa), porém na oceanografia, é prática comum se referir às pressões em decibares (dbar), onde $1 \text{ dbar} = 10^4 \text{ Pa}$. Isso porque a pressão em decibares é aproximadamente igual à profundidade em metros, ou seja $1000 \text{ dbar} \approx 1000 \text{ m}$ de profundidade. Comumente, quando nos referimos a pressão na oceanografia, estamos nos referindo à pressão hidrostática, ou seja àquela resultante da coluna d'água acima de um dado ponto. Assim, $p=0$ indica que o ponto ou amostra esta sob 1 atmosfera, ou seja à superfície.

Densidade

A densidade de uma substância corresponde ao quociente de sua massa pelo seu volume. A densidade absoluta da água só poderia ser medida com a acuidade necessária para calcular o movimento das massas d'água em laboratórios espaciais.

Geralmente no oceano a temperatura é responsável pela variação da densidade, principalmente em baixas latitudes, enquanto em águas costeiras e altas latitudes a salinidade tem maior influência. Quanto mais fria a água, menor a energia cinética, menor o movimento das moléculas, menor o volume ocupado pelo mesmo número de moléculas, maior a densidade. Este fenômeno chamado de contração termal acontece com a água acompanhando a redução da temperatura até alcançar a temperatura de 4°C, a partir da qual a contração é interrompida e passa a ocorrer uma expansão, processo explicado pela organização assumida pela molécula de água.

Assim, na oceanografia, emprega-se uma densidade relativa àquela da água pura. Atualmente, a densidade $\rho(S, t, p)$, função da salinidade, temperatura e pressão, é definida usando uma Água Oceânica Média Padrão, de composição isotópica conhecida, e assumindo saturação dos gases atmosféricos. Na prática, ela não é medida, mas calculada usando a equação de estado da água do mar e as medições *in situ* da condutividade, da temperatura e da pressão.

A densidade típica da água do mar é de 1027 kg.m^{-3} ou $1,027 \text{ g.cm}^{-3}$ e suas variações são muito pequenas, ocorrendo dentro do intervalo de 1022 a 1030 kg.m^{-3} . Assim, na oceanografia física, adotou-se converter a densidade em gravidade específica (adimensional), bastando para tanto dividir a densidade da amostra pela densidade da água pura a 4°C e utilizar a grandeza Anomalia de Densidade ou simplesmente $\sigma(S, t, p)$ ou $s(S, t, p)$ onde

$$s(S, t, p) = \rho(S, t, p) - 1000 \text{ kg.m}^{-3} \quad (06)$$

Os valores σ calculados a partir apenas da temperatura e salinidade *in situ* são conhecidos como Densidade *in situ* ou σ_t (Sigma-t), sendo muito empregadas para comparação de massas d'água que se encontram aproximadamente à mesma profundidade, podendo, entretanto, promover distorções como a redução da densidade para grandes profundidades. Valores de densidade para os quais foi removido o aumento da temperatura causado pela compressão da água com o aumento da pressão é chamada de Densidade Potencial. Correntes sub-superficiais fluem ao longo de linhas de mesma densidade potencial.

Como tendência geral da natureza, todo sistema encontra o repouso em um estado de energia mínima. Normalmente a densidade aumenta com o aumento da profundidade e é responsável pela determinação da profundidade de equilíbrio de uma massa de água, como resultado da interação entre sua temperatura, salinidade e a pressão a que está submetida.

Nos trópicos, devido à evaporação e o conseqüente aumento da salinidade na água superficial, pode ser gerada uma instabilidade na camada subsuperficial com o decréscimo na densidade potencial com a profundidade. Portanto, pode ocorrer a presença de águas de maior salinidade nas camadas superiores sem o desequilíbrio da coluna, sendo observado um destacado máximo de salinidade logo acima da haloclina.

Horizontalmente, a camada profunda apresenta pequena variação enquanto a superficial sofre uma elevação no sentido dos pólos com um máximo em torno dos 60° de latitude.

Verticalmente, em baixas e médias latitudes pode ser observada uma camada de mistura com baixa densidade, seguida por uma camada que apresenta um rápido aumento da densidade com o aumento da profundidade, chamada de picnoclina. A camada mais profunda apresenta um lento aumento da densidade com a profundidade.

A taxa de variação da densidade com o aumento da profundidade determina a estabilidade da água que, conseqüentemente, define a resistência a deslocamentos verticais. A picnoclina é muito estável requisitando muita energia para seu deslocamento vertical, constituindo uma barreira para mistura das massas d'água adjacentes superior e inferior e suas respectivas propriedades. Entretanto, esta barreira depende da intensidade e interação entre a picnoclina, termoclina e haloclina.

Circulação Oceânica

As correntes oceânicas são as principais responsáveis pela mistura das águas de todos os oceanos, contribuindo para uma concentração de sais relativamente constante, e pelo padrão climático do Globo, reduzindo as variações causadas principalmente pela oscilação na quantidade de energia recebida do Sol, ao distribuí-la por todas as regiões. Ainda, as correntes oceânicas permitem a vida a grandes profundidades pelo transporte do suprimento de oxigênio a partir da superfície, e proporcionam o transporte de nutrientes desde o fundo até regiões mais rasas, onde há penetração de luz (zona fótica), para que sejam utilizados na produção biológica.

A circulação oceânica resulta indireta ou diretamente da energia do Sol. Indiretamente por agir sobre a atmosfera gerando o movimento de massas de ar (vento), as quais impulsionam a camada superior do oceano por fricção sobre sua superfície. Diretamente por promover a variação da temperatura e da salinidade da camada superficial, ou seja, através da interação atmosfera-oceano pela troca de calor e pela precipitação x evaporação (congelamento e fusão do gelo nos pólos), respectivamente.

A interação entre a temperatura e a salinidade de uma porção de água define sua densidade, e são estas três características juntas que identificam uma massa d'água. Alterações na densidade de uma massa d'água promovem sua instabilidade ao longo da coluna d'água, resultando em um movimento vertical e seu

subseqüente escoamento horizontal. A esta circulação dá-se o nome de circulação termohalina, responsável pelo deslocamento das camadas não superficiais.

Uma vez em deslocamento, a massa de água sofrerá um desvio para esquerda ou direita, dependendo respectivamente do hemisfério Sul ou Norte em que se situe, causado pelo movimento de rotação da terra, sendo o processo atribuído a força ou efeito de Coriolis.

O vento soprando sobre a superfície oceânica promove o deslocamento de uma fina camada de água com uma velocidade equivalente a cerca de 3% da sua própria e com um desvio no sentido do deslocamento de cerca de 45° para a esquerda ou direita, dependendo do hemisfério sul ou norte em que se encontre, respectivamente, devido à força de Coriolis.

Esta camada mais superficial, ao mover-se impulsionará uma segunda logo abaixo que se deslocará com uma velocidade inferior e apresentando um desvio na direção em relação à primeira de aproximadamente mesmo índice. Assim as camadas se sucedem constituindo a Espiral de Ekman, que tem alcance em torno dos 100 m de profundidade a depender da intensidade do vento, vindo a formar a Camada de Ekman. Entretanto, o transporte gerado por toda a camada de Ekman é considerado com direção a 90° para a esquerda ou direita da direção do vento, dependendo do hemisfério.

Os ventos alísios são os principais promovedores do sistema de correntes superficiais dos oceanos. Eles impulsionam as águas entre os trópicos com direção paralela ao equador e no sentido oeste, formando as Correntes Equatoriais Sul e Norte em cada hemisfério.

A margem continental oeste das bacias oceânicas, juntamente com a força de Coriolis, desviam a trajetória destas correntes que passam a serem chamadas de Correntes de Limite Oeste. Estas sofrerão novo desvio entre as latitudes de 30° e 60° retornando no sentido leste por ação dos ventos predominantes. Sob influência agora

da margem continental leste do oceano, mas também do efeito de Coriolis, assumem a trajetória em direção ao equador formando a Corrente de Limite Leste, que vai realimentar a corrente Equatorial. Este processo se repete em todos os oceanos e em ambos os hemisférios, sendo chamados de Giros Subtropicais.

Os giros subtropicais promovem a convergência da água superficial para a sua região central como resultado do transporte de Ekman. O contínuo empilhamento de água para o centro do giro promove um desnível superficial de aproximadamente 2 metros entre o centro e a margem do giro. A partícula de água escoia pela superfície inclinada devido a ação da força gravitacional até que esta seja compensada pelo empilhamento gerado pela força de Coriolis, sendo este fluxo chamado de Corrente Geostrófica. Esta corrente ocorre também pelo desnível causado pelo empilhamento de água na margem oeste dos oceanos resultado da ação dos ventos alísios na camada superficial.

Uma representação aérea e em corte do sistema de correntes no Atlântico é apresentada na figura 1. O giro subtropical sul do Oceano Atlântico é formado pela Corrente Sul Equatorial (CSE) paralela ao equador com sentido oeste, resultado do efeito dos ventos alísios de sudeste, sendo a corrente mais forte, constante e extensiva, podendo ser observada desde os 20° S até 03° N. Segundo Stramma e Schott (1999), a velocidade aumenta em direção à costa oeste, começando com 30 cm.s^{-1} e alcançando 128,6 cm.s^{-1} nas proximidades da costa brasileira, com média de 42,9 cm.s^{-1} . Sua profundidade também aumenta ao longo do seu deslocamento, passando de 100 para 200 m, com um transporte médio de 23 Sv (unidade simplificadora empregada no transporte em volume e denominada Sverdrup, equivalendo a $10^6 \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$).

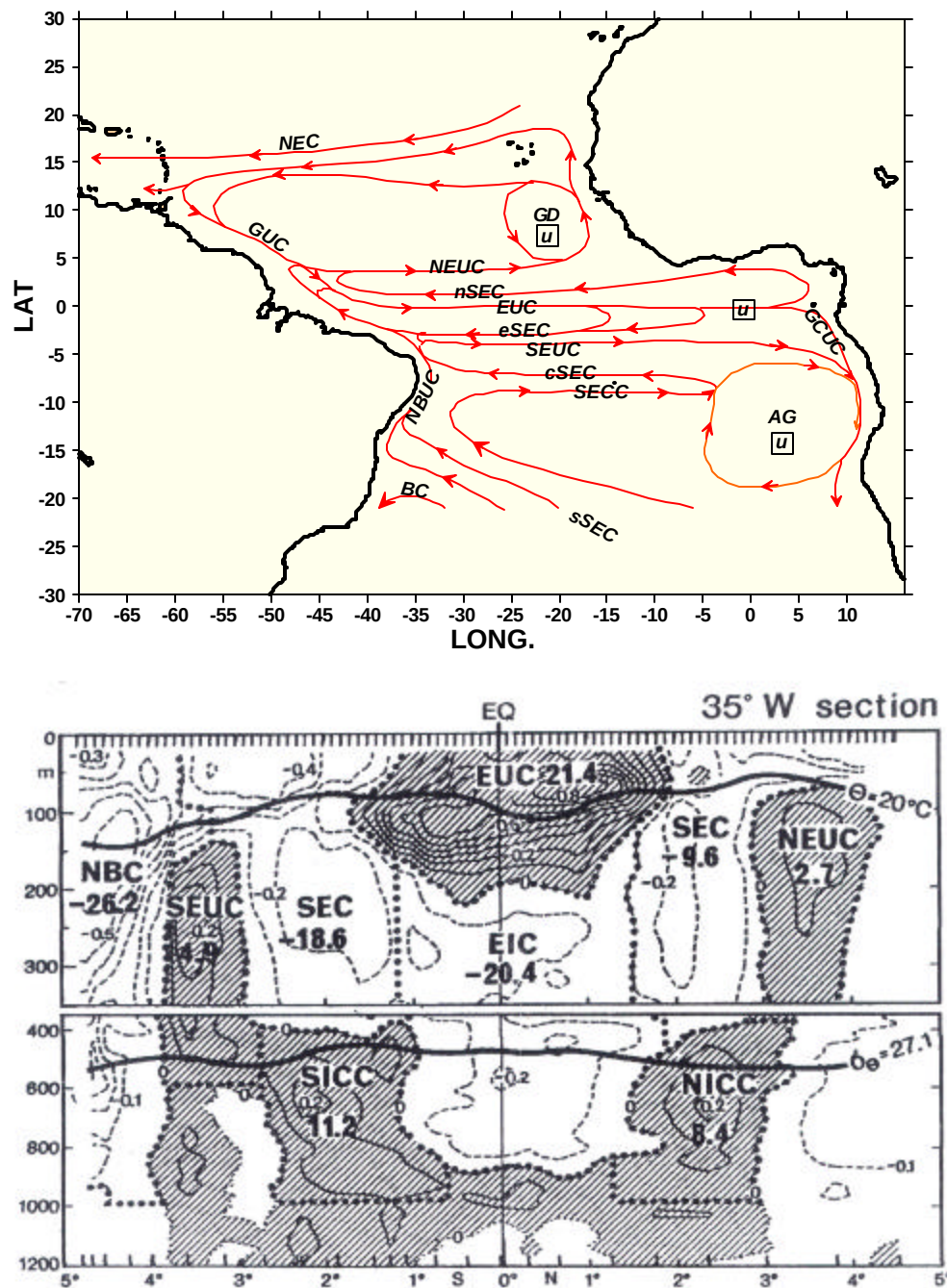


Figura 1. Esquema do sistema de correntes no Atlântico Tropical em vista de topo e corte transversal. Adaptado de Stramma e Schott (1999)

A CSE pode ser subdividida em faixas ao longo do seu fluxo oeste por outras correntes aproximadamente zonais, inclusive algumas de ocorrência sazonal. A

primeira faixa ao sul é chamada de Corrente Sul Equatorial sul (CSEs) que apresenta um fluxo largo e lento entre 10° e 25° S a leste dos 030° W. Quando atinge a costa do Brasil, uma parte da CSEs entre 10° e 20° S forma a Corrente do Brasil (CB) que segue o litoral sudeste do continente sul americano. (Molinari, 1982).

Outra parte, entre 12° e 20° S, alimenta a Sub-Corrente Norte do Brasil (SCNB) com fluxo subsuperficial no sentido norte acompanhando o litoral nordeste do Brasil entre os 10° e 05° S, com transporte próximo a 22,0 Sv para os primeiros 1000 m de profundidade. Apresenta, a cerca de 200 m de profundidade, uma velocidade de 80 cm.s⁻¹, tendo uma pequena intensidade próxima a superfície. (Silveira *et al.*, 1994; Stramma *et al.*, 1995; Schott *et al.*, 1995)

Uma parcela da CSEs retorna para leste na Contra Corrente Sul Equatorial (CCSE), entre os 07° e 09° S e entre os 030° e 025° W, que, por sua vez, recircula voltando para oeste na adjacente Corrente Sul Equatorial central (CSEc).

A CSEc forma a Corrente Norte do Brasil (CNB) em torno dos 035° W e é intensificada pela SCNB, que vem a perder sua componente subsuperficial após os 040° W. A CNB cruza o equador na direção noroeste entrando no Atlântico Norte podendo chegar até o Caribe.

A Corrente Norte do Brasil apresenta uma pequena amplitude sazonal no transporte, com média anual de 24,0 Sv aos 300 m de profundidade, com uma variação da ordem de 3,0 Sv. A oeste dos 044° W e próximo aos 03° N uma grande parcela da CNB retorna para leste alimentando a Sub Corrente Equatorial (SCE). Esta cruza todo o oceano seguindo a linha do Equador, com o centro numa profundidade entre 60 e 100 m e velocidade máxima de 100 cm.s⁻¹, perdendo intensidade e sofrendo ressurgência parcial ao longo do caminho, com um transporte de 21,4 Sv aos 035° W. A CNB vem também a contribuir com a Sub Corrente Equatorial Norte (Stramma e Schott, 1999).

No Atlântico tropical, o ciclo sazonal das correntes superficiais reflete o

campo de variação sazonal do vento e a migração da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Quando esta se desloca no sentido norte durante o período entre outono e inverno no hemisfério sul, é seguida pelas Correntes Norte Equatorial (CNE) e CSE, alterando o transporte de calor na superfície oceânica. No fim do inverno os ventos alísios de sudeste alcançam o outro lado do equador e a CNB passa a contribuir com a Contra Corrente Norte Equatorial (CCNE) no sentido leste.

A CSEc é separada da Corrente Sul Equatorial norte (CSEn) pela SCE durante a primavera no hemisfério sul. Entretanto, durante o outono, há a formação conjunta da Corrente Sul Equatorial equatorial (CSEe), que surge ao sul da SCE e flui no sentido oeste, e da Sub-Corrente Sul Equatorial (SCSE) que flui no sentido leste na região entre as latitudes 03° e 05° S, com um transporte de 15 Sv entre as longitudes 025° e 033° W, alcançando a camada superficial ao norte de 035° W, e que estabelece o limite norte da CSEc (Stramma e Schott, 1999).

No oeste do Atlântico tropical, abaixo da SCE, encontra-se a Corrente Intermediária Equatorial (CIE) fluindo para oeste com 19,0 Sv e $\sigma_\theta = 26,8$ aos 1000 m de profundidade. Também, outras duas subcorrentes zonais ao nível da SCNB, as Contra Correntes Intermediárias Norte (CCIN) e Sul (CCIS), fluindo no sentido leste aproximadamente entre 01,5° a 03,0° de latitude Norte e Sul. (Stramma e Schott, 1999).

A CB prolonga-se até encontrar as águas frias circumpolares, que predominam promovendo o desvio do deslocamento no sentido do continente africano, onde vai formar a corrente de Benguela de águas frias e lentas. Ao aproximar-se da região equatorial vem recompor a CSE completando o Giro Anticiclônico Subtropical do Atlântico Sul.

Ressurgência

O vento agindo sobre a superfície oceânica, gera correntes que transportam massas d'água, por vezes fazendo com que as mesmas se empilhem em uma região e causem o mergulho da mesma, por vezes fazendo com que as mesmas deixem uma região, promovendo então a emergência de água de camadas subsuperficiais, ou seja, ressurgência.

Vários são os mecanismos responsáveis pela ocorrência desses fenômenos, dentre os quais podemos citar a: ação dos ventos (inclusive a turbulência gerada pela tensão de cisalhamento), divergência de correntes, produção de jatos e remoinhos e a interação entre as feições topográficas com as correntes oceânicas (Travassos *et al.*, 1997).

Movimentos de águas superficiais induzidos pelo vento podem gerar movimentos verticais por diversos mecanismos. A ressurgência costeira que comumente ocorre em alguns pontos da margem leste dos oceanos resulta dos ventos que correm na direção do Equador paralelamente à costa. Como resultado ao transporte de Ekman gerado, a faixa de água superficial é afastada da costa causando a ressurgência costeira, ou seja, água subsuperficial ascende, mais fria e rica em sais nutrientes. No Equador há o afloramento de águas subsuperficiais causado pela ação dos ventos alísios impulsionando a camada superficial no sentido oeste em ambos os hemisférios resultando num transporte de Ekman com ação divergente sobre a superfície (Stramma e Schott, 1999).

As Correntes de Limite Oeste (CLO), com fluxo sobre o talude continental, podem formar meandros sobre a plataforma continental, trazendo águas ricas em nutrientes. Isto ocorre quando a CLO entra em contato direto com o fundo do talude e o transporte de Ekman é direcionado à plataforma continental, ou ainda, por instabilidades na própria CLO gerando oscilações sobre a plataforma, onde a fricção com fundo ou a mistura interna promovem a dispersão dos nutrientes (Condie, 1995).

Interações entre correntes oceânicas e o relevo submarino que produzam alterações na coluna d'água com o enriquecimento da camada fótica dependem da conjunção com outros fatores, como a topografia local, a força de Coriolis ou a velocidade e o volume do fluxo (Zagaglia, 1998).

Em regiões tropicais, os fenômenos de ressurgências são minimizados não só pela resistência da camada superficial (mais quente e menos densa) aos processos de mistura vertical, como também pela presença da picnoclina, que nessas regiões tem um caráter mais permanente ao longo do ano, atuando como uma verdadeira barreira física, impedindo a rápida circulação de sais nutrientes provenientes de camadas mais profundas. Além do que, a ressurgência no limite Oeste dos oceanos é contraposta pelo mergulho da termoclina causado pelo empilhamento das águas superficiais sob a ação dos ventos predominantes.

A interação entre o fluxo de maré barotrópica e a batimetria da quebra de plataforma e região de talude causa a perturbação vertical da estrutura termohalina, que se propaga como marés internas. Estas geralmente são de forma bastante simétricas, mas existem inúmeros casos de assimetria, até semelhantes a ondas de surf quebrando próxima da praia, ou seja, há a dissipação da energia. Isto pode ocorrer por interferência do fundo ou pela interação entre marés internas e movimentos inerciais. Sendo assim, um movimento vertical é gerado podendo temporariamente deslocar a picnoclina de sua posição de equilíbrio, ocasionando intensa mistura na coluna d'água (Pond e Pickard, 1983).

A região oceânica adjacente ao nordeste do Brasil no domínio das correntes de fronteira oeste, não constitui, a princípio, áreas propícias para ocorrência de ressurgência. No entanto, não estão completamente privadas da ocorrência de ressurgência em áreas de ilhas e bancos oceânicos, que se caracterizam como importantes pesqueiros além do que, existe também a possibilidade de um enriquecimento das águas próximas à quebra da plataforma através de um mecanismo conhecido por ressurgência de talude.

Massas d'Água

As massas d'água são corpos de água com propriedades físicas e químicas particulares, diferentes das águas adjacentes. Considera-se a água da camada superficial como origem das massas d'água, sendo os parâmetros nelas encontradas resultantes das condições ambientais que a cercavam à superfície. Entretanto, uma massa d'água superficial só refletirá as condições meteorológicas a que está sujeita quando isto ocorrer por um período significativo.

Geralmente, a temperatura e a salinidade, e conseqüentemente a densidade, são os principais parâmetros utilizados como identificadores das massas d'água, pelo fato que os mesmos só sofrem alterações significativas através da difusão ou mistura com outras massas d'água, além da camada limite oceânica, sendo por isso, chamados de parâmetros conservativos (Miranda, 1982).

Outros parâmetros como o teor de oxigênio dissolvido, sais nutrientes, etc., podem também ser usados na identificação das massas d'água, porém isso requer mais cautela, uma vez que a concentração dos mesmos podem ser também alteradas por processos biológicos, físicos e químicos no interior da massa d'água, ou seja por apresentarem um comportamento não conservativo.

A massa d'água superficial é composta pela camada de mistura - região com parâmetros praticamente homogêneos, devido a grande mistura gerada pela ação dos ventos - e a faixa superior da termoclina permanente. É uma camada de espessura variada e com grande influência das correntes superficiais.

Na região tropical do Atlântico, a massa d'água superficial é dominada pela Água Tropical Superficial (ATS), caracterizada por apresentar temperaturas e salinidades elevadas, com valores maiores que 20° C e que 36,0 respectivamente. A temperatura dessa massa d'água varia entre 26° C (inverno) e 30° C (verão) na superfície, até 20° C, no meio da termoclina. No início da termoclina, a temperatura cai de 25° C para 15° C em cerca de 50 m, sendo a isoterma de 20° C uma boa

representante do limite inferior da ATS. A região é caracterizada por uma forte estabilidade vertical que provoca a formação de apenas uma fina massa d'água (Schott *et al.*, 1998; Stramma e Schott, 1999, Ferreira, 2001).

A salinidade é geralmente constante ao longo da camada misturada, entre 35,5 e 36,5, sobe abruptamente no topo da termoclina para cerca de 37,5, declinando daí em diante. Esta Água de Máxima Salinidade contida na ATS é caracterizada por uma densidade ligeiramente abaixo de $\sigma_t = 25,0$ e salinidade acima de 37,0, em torno dos 100 m de profundidade, com valores próximos a 37,0 entre 05° e 10° S, e 36,7 ao norte do equador. É formada na região de transição tropical-subtropical por subducção, que ocorre no Atlântico tropical durante agosto a outubro ao sul dos 12° S, relacionada a formação de uma camada de barreira (profundidades diferentes para as camadas isotermal e isopícnal) ao norte. Segue para o equador como uma camada de máxima salinidade subsuperficial, devido a superior estar sob os efeitos da alta precipitação que ocorre nos trópicos (Schott *et al.*, 1998).

Entretanto, nas regiões centrais dos giros subtropicais a massa de água superficial apresenta uma espessura maior resultante da circulação convergente, com a elevação da camada superficial e o enfraquecimento da termoclina. Há o aumento da camada de mistura, promovendo o mergulho da massa d'água superficial. Este processo origina a Água Central do Atlântico Sul (ACAS), caracterizada por uma relação quase linear entre temperatura e salinidade com $\sigma_t = 26,0$.

Dois tipos de ACAS podem ser encontrados: um superior menos denso com origem na região sudoeste subtropical do Atlântico Sul, e outro mais profundo e de maior densidade tendo provavelmente origem ao sul do Atlântico Sul, onde recebe grande quantidade da Água Central do Índico (modificada), trazida por anéis e filamentos da Corrente das Agulhas, realçando o volume de água com temperatura próxima aos 13° C. Flui no sentido norte com a Corrente de Benguela e depois no sentido oeste com a CSE para o Atlântico tropical (Stramma e Peterson, 1990).

A ACAS constitui a camada superficial da região subtropical, estendendo-

se abaixo da ATS quando mais ao norte, podendo alcançar até os 600 m de profundidade. É transportada pela CSE em direção à plataforma continental brasileira, onde é conduzida para o equador com a SCNB, numa profundidade em torno dos 200 m e velocidade máxima de 80 cm s^{-1} , e depois pela CNB, espalhando-se com salinidade mínima de 35,2 na costa Norte do Brasil.

A CSEs na camada da ACAS é localizada mais ao sul que na camada superficial. A ACAS domina a circulação equatorial por apresentar a mesma variação de densidade da Água Central do Atlântico Norte, tendo seu encontro localizado em torno dos 15° N . A salinidade na ACAS é maior ligeiramente ao norte do equador, entretanto, na coluna d'água acompanha o declínio iniciado na ATS até atingir valores entre 34,5 e 35,0 em torno dos 500 m de profundidade, sendo a isopicna $\sigma_\theta = 27,1$ a marca da transição entre a ACAS e a adjacente abaixo.

No Atlântico equatorial durante a primavera do hemisfério sul, a oeste dos 44° W e próximo dos 03° N , uma grande parcela da CNB retorna para leste alimentando a SCE localizada na parte inferior da ATS e na parte superior da ACAS. No entanto, parte da CNB continua sua trajetória noroeste resultando em água do Atlântico tropical alcançando a parte noroeste do continente sul americano. A SCSE é tipicamente observada entre 03° e 05° S , apresentando-se como uma faixa de baixa salinidade (ACAS), com fluxo de baixa intensidade entre julho e setembro na região oeste do Atlântico Sul.

Entre a camada superficial e a profunda encontra-se a massa de água intermediária, geralmente formada na região subpolar onde a precipitação excede a evaporação, gerando baixa salinidade. No Atlântico Sul é constituída pela Água Antártica Intermediária (AAI) que é formada na superfície da camada circumpolar, sendo encontrada até a latitude de 24° N (traços perto dos 60° N). Pode ser identificada por um mínimo de salinidade, em torno de 34,5, encontrado próximo ao equador com densidade em torno de $\sigma_\theta = 27,28$ aos 700 m de profundidade aproximadamente, e apresenta temperaturas entre 2 e 4° C . É transportada pela parte inferior da SCNB, sendo também encontrada na CCIS e CCIN.

Abaixo da AAI, a partir dos 1000 m de profundidade, ocorre a Água Profunda Circumpolar superior (APCs), com mínimo de temperatura e maior salinidade a aproximadamente 1300 m próximo aos 10° S. Tem origem diferente da AAI, mas ambas fluem do Atlântico Sul em direção ao Atlântico Norte, tendo a APCs o limite norte próximo ao equador. Apresenta uma pequena extensão vertical, bem como velocidade e transporte, sendo seu escoamento incluído na AAI.

As correntes equatoriais, com uma distribuição zonal de velocidade, não são completamente confinadas para diferentes massas d'água, e a descrição do campo de fluxo por massa d'água é só uma aproximação para separar as diferentes distribuições das correntes verticais (Stramma e Schott, 1999).

A massa de água profunda flui entre a massa de água intermediária e o assoalho oceânico. Pode ser subdividida caso sua porção em direto contato com o fundo possua parâmetros distintos, sendo esta chamada de massa de água do fundo.

A maior massa de água profunda do Oceano Atlântico é a Água Profunda do Atlântico Norte (APAN), sendo formada nos giros ciclônicos subpolares dos mares da Noruega e Groelândia. Encontrada numa profundidade aproximada entre 1200 e 4000 m, caracterizada por uma temperatura entre 2 e 3 °C, um pouco acima que as adjacentes, e salinidade em torno dos 34,7. Tem um baixo teor de oxigênio dissolvido na região próxima a plataforma brasileira, por ter deixado a superfície a pelo menos 300 anos, em relação as massas adjacentes que iniciaram o mergulho mais recentemente.

A mais difundida e densa massa d'água dos oceanos, encontrada nas três bacias oceânicas, é a Água Antártica de Fundo (AAF). Esta se forma no inverno ao redor do continente antártico, particularmente no mar de Weddell e no mar de Ross. Quando há a formação de gelo, a água restante apresenta uma salinidade maior que a original (apesar dos cristais de gelo reterem alguma quantidade de sal) e uma baixa temperatura, conseqüentemente maior densidade, produzindo assim o mergulho de

toda a massa formada. A AAF apresenta temperatura de $-0,4^{\circ}\text{C}$ e salinidade de 34,66, com transporte estimado em 10 Sv, e flui através do Atlântico no sentido Norte, por baixo da Água Profunda do Atlântico Norte, pela bacia oceânica oeste compreendida entre o continente sul-americano e a cordilheira meso-oceânica.

Uma das ferramentas mais amplamente empregada para a identificação de massas d'água é o Diagrama T-S. Neste diagrama, a temperatura é representada no eixo vertical e a salinidade no eixo horizontal, sendo seus valores distribuídos de acordo com o aumento da profundidade. Através do diagrama T-S, é possível identificar e calcular a proporção de mistura resultante do encontro de duas ou mais massas d'água pela diluição de seus valores característicos. Isso possibilita a identificação da ocorrência de sucessivas massas d'água em toda a extensão de uma coluna de água. O emprego da temperatura *in situ* no diagrama T-S entretanto, pode levar a uma falsa impressão da redução de densidade das massas d'água em grandes profundidades quando representando dados de grandes profundidades

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo compreende a região de plataforma continental e oceânica ao longo da costa Nordeste do Brasil entre as LAT. $13^{\circ}54,13'S$ e $00^{\circ}56,73'N$ e LONG. $29^{\circ}17,75'W$ e $41^{\circ}45,58'W$, delimitada em sua porção oceânica pelo contorno de 200 milhas náuticas em relação à linha de costa do território brasileiro, incluindo o Arquipélago de São Pedro e São Paulo; a sul pelo paralelo que passa pela cidade de Salvador (BA) e a norte pelo meridiano que corta a foz do Rio Parnaíba (PI) (Fig 2).

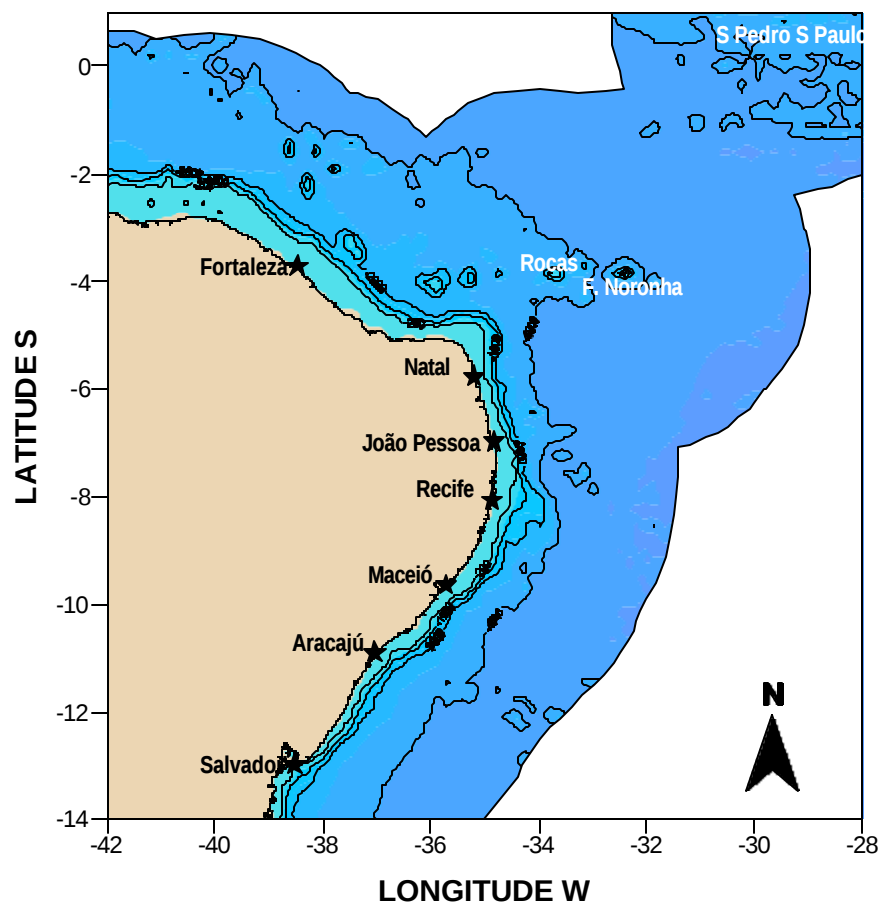


Figura 2. Área de estudo e limites da Zona Econômica Exclusiva do NE-Brasil.

Muito embora a região das 200 milhas de Zona Econômica Exclusiva deva ser contada a partir de áreas que permitam a habitação humana e vida econômica própria (art. 121, p. 3º, Convenção das Nações Unidas sobre os Direitos do Mar), a área da plataforma continental e faixa de ZEE em volta de áreas como a do Arquipélago de São Pedro e São Paulo foram aqui estudadas, devido a sua possível influência e importância para o potencial pesqueiro global como áreas de recrutamento de espécies pelágicas estratégicas da ZEE-NE. Neste sentido, a SECIRM, através do Programa Pró-Arquipélago, instalou uma base de pesquisas na ilha principal do arquipélago e vem treinando e mantendo um grupo de pesquisadores em sistema de rodízio.

A área considerada possui uma linha de costa de cerca de 2.000 km de extensão e uma área equivalente a 1.451.000 km² (1.101.000 km² + 350.000 km² em torno do Arquipélago de São Pedro e São Paulo). A rigor, o limite mais continental da ZEE seria o limite externo do mar territorial de 12 milhas. No entanto, as amostragens abrangeram também as áreas de plataforma dentro das 12 milhas para permitir um melhor detalhamento dessas áreas, em especial, nas regiões de talude.

Verticalmente, a área de estudo foi também mais abrangente que o limite da ZEE, estabelecido como os primeiros 500 m, indo desde a superfície até a profundidade de 1000 m, ou até o fundo, quando a profundidade local era inferior a 1000 m.

Na área de estudo, a margem continental é do tipo Atlântica (REMAC, 1975), caracterizada por costas relativamente baixas, com relevo moderado, tectonicamente estável com três províncias fisiográficas bem desenvolvidas desde a margem continental até a cordilheira Mesodorsal Atlântica: plataforma continental, talude continental e sopé (Heezen e Menard, 1966).

A margem continental ao longo da área de estudo pode ser subdividida em 2 setores, um da foz do Rio Parnaíba (PI) ao Cabo Calcanhar (RN) e outro do Cabo

Calcanhar a Salvador (BA). O setor Parnaíba-Cabo Calcanhar, apresenta uma linha de costa com orientação WNW-ESE, e margeia uma costa semi-árida, recebendo um baixo aporte fluvial e apresentando dunas costeiras móveis, lagunas e salinas.

O setor Cabo Calcanhar-Salvador, apresenta uma linha de costa com orientação predominante NE-SW, e margeia uma costa caracterizada pela presença de sedimentos da Formação Barreiras, com presença de algumas dunas e falésias em seu trecho mais norte, e de recifes de arenito de praia em linhas paralelas à costa, principalmente entre Natal e Maceió, sendo o mais notável deles o da área de Suape (PE) (Flores Montes, 2003).

A plataforma continental corresponde à faixa mais rasa da margem continental, representando um prolongamento da mesma. Embora representem menos de 10% da área das bacias oceânicas, é nesta região em que se concentram cerca de 90% do potencial econômico marinho em termos de pesca, depósitos de combustível fóssil e riquezas minerais (Zagaglia, 1998).

Na área de estudo, a plataforma apresenta um contorno que em linhas gerais, acompanha a linha de costa e é estreita, com uma largura de 50 km defronte do Cabo Calcanhar, largura de 40-50 km em seu trecho mediano, apresentando uma largura mínima de 8 km defronte do cânion de Salvador (BA) (REMAC, 1975). A plataforma é pouco profunda, estando o limite externo entre os 40 e 80 m de profundidade. A região apresenta um perfil relativamente regular, quebrado no extremo norte pelo delta do rio Parnaíba (PI) e ao sul pelo estuário do rio São Francisco (BA), os dois únicos rios de grande porte presentes na região.

O talude continental é uma faixa relativamente estreita, íngreme e com relevo irregular, que se estende desde a quebra da plataforma continental até o sopé continental, podendo apresentar platôs, terraços, cânions, vales e colinas, como resultado de processos erosivos, deposicionais, desmoronamento e diastrofismo. O talude ao longo da área de estudo apresenta uma largura média de 85-105 km, com um valor máximo de 140 km próximo ao Platô de Pernambuco. Na área de estudo, o

talude apresenta declive médio de 11° e alcança profundidades entre 1600 e 3600 m (Palma, 1984).

Ao largo da plataforma continental existe uma série de bancos oceânicos rasos, pertencentes às Cadeias Norte Brasileira e de Fernando de Noronha, notadamente em frente aos Estados do Ceará e Rio Grande do Norte. Segundo Palma (1984), a cadeia de Fernando de Noronha está situada no sopé continental formando um segmento de montes com direção leste-oeste entre o talude e o arquipélago, e que se elevam até profundidades entre 400 m acima da superfície, tendo o Atol das Rocas o topo quase a superfície. A Cadeia Norte Brasileira é formada por montes submarinos com topografia irregular, rochosa e dispostos adjacentes a base do talude continental.

Três platôs estão presentes na região, dois menores (Platô do Ceará e Platô do Rio Grande do Norte) e um bem mais extenso, o Platô de Pernambuco. O platô do Rio Grande do Norte está situado imediatamente ao sul da cadeia de Fernando de Noronha e forma estruturas complexas, inclusive numerosas montanhas submarinas ao sul. O platô de Pernambuco corresponde a uma área de embasamento (rochas magmáticas), formando montes submarinos nas partes sul e leste (Gorini e Carvalho, 1984).

A maior parte do domínio oceânico, é formada por áreas de grande profundidade que correspondem às Planícies Abissais do Ceará e de Pernambuco. Estas apresentam relevo notavelmente liso, em decorrência de depósitos de sedimentos transportados em correntes de fundo, onde são encontradas as maiores profundidades da área oceânica adjacente ao Brasil, próximos aos 5.700 m. Feições elevadas no relevo desta região são os montes submarinos que se distribuem desde o talude continental até a cordilheira mesoatlântica.

Uma característica notável da costa, especialmente entre Natal e Aracajú, é a presença de linhas paralelas de recifes formando uma barreira ao longo da costa. Vários grupos de ilhas e rochedos estão presentes, entre eles o Atol das Rocas (3°52'

S; 32°24' W), o Arquipélago de Fernando de Noronha (3°52' S; 32°24' W), e o Arquipélago de São Pedro e São Paulo (00°56' N; 29°22' W).

O clima da região Nordeste do Brasil apresenta grande variabilidade interanual. Anomalias na configuração atmosféricas e oceânicas, determinam períodos de secas e de enchentes sobre o Nordeste e acredita-se que possam também ter reflexos importantes em termos da produção pesqueira da região.

O regime sazonal de umidade no nordeste do Brasil revela uma diversificação climática muito particular, coexistindo na região desde os climas superúmidos até o clima semi-árido, quase desértico.

A distribuição pluviométrica sazonal apresenta uma estação seca nos meses de setembro a fevereiro, e uma chuvosa entre março e agosto. O clima e níveis de precipitação no Nordeste brasileiro parecem ser modulados por mecanismos de circulação geral da atmosfera e por mecanismos oceânicos externos à região.

O padrão geral de distribuição da pressão atmosférica no Oceano Atlântico Sul caracteriza-se pela presença de um centro de alta pressão que tem sua posição e intensidade modificadas sazonalmente. Em fevereiro, o anticiclone apresenta menor intensidade e está centralizado próximo a 28° S e 010° W, ou seja, mais próximo da costa africana do que da brasileira, resultando em ventos brandos de sudeste sobre a região.

Já em agosto, período de inverno, o desenvolvimento da Zona de Baixa Pressão Antártica força o centro de alta pressão do Atlântico Sul na direção noroeste. Este também se intensifica e divide-se em dois centros, estando o mais importante concentrado em torno dos 23° 30' S e 030° W, agora mais próximo da costa brasileira. O resultado é que a partir do segundo semestre do ano ocorre uma intensificação significativa dos ventos Alísios de Sudeste.

Trabalhos de Mar

Os trabalhos de mar compreenderam levantamentos em grande escala e em meso-escala da estrutura termohalina da área de estudo, através da realização de perfis de CTD e do lançamento de XBT (batitermógrafo descartável) para um maior detalhamento da estrutura térmica em pontos intermediários entre estações oceanográficas ou outros pontos de interesse como presença de vórtices, redemoinhos, meandros, etc. O perfilador CTD utilizado foi o SBE-911 Plus da SeaBird Eletrônica utilizado acoplado a um sistema de coleta de água do mar CARROSEL com capacidade para doze garrafas. Os perfis foram realizados até uma profundidade dos 1000 m ou até 90% da profundidade local em caso de áreas com profundidade inferiores a 1000 m. Para lançamento dos XBTs foi empregado o sistema MK-12.

Os levantamentos foram realizados durante as campanhas oceanográficas NEI, NEII, NEIII e NEIV do programa REVIZEE/SCORE-NE, a bordo do NOc. Antares da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), Marinha do Brasil entre 1995 e 2000. Os períodos específicos quando foram realizadas cada expedição são apresentados na Tabela 1, enquanto que a malha das estações de perfilagem com CTD, XBT e sonda SCAMP durante as mesmas é apresentada na Fig. 3.

Tabela 1. Relação do período das expedições oceanográficas, estações sazonais consideradas e tipo de dados obtidos.

Expedição	Período	Estação Sazonal	Dados
NEI	02ago – 26out95	Inverno	CTD, XBT
NEII	20jan – 17abr97	Verão	CTD, XBT
NEIII	28abr – 20jul98	Outono	CTD, XBT
NEIV	25set – 05dez00	Primavera	CTD, XBT, SCAMP

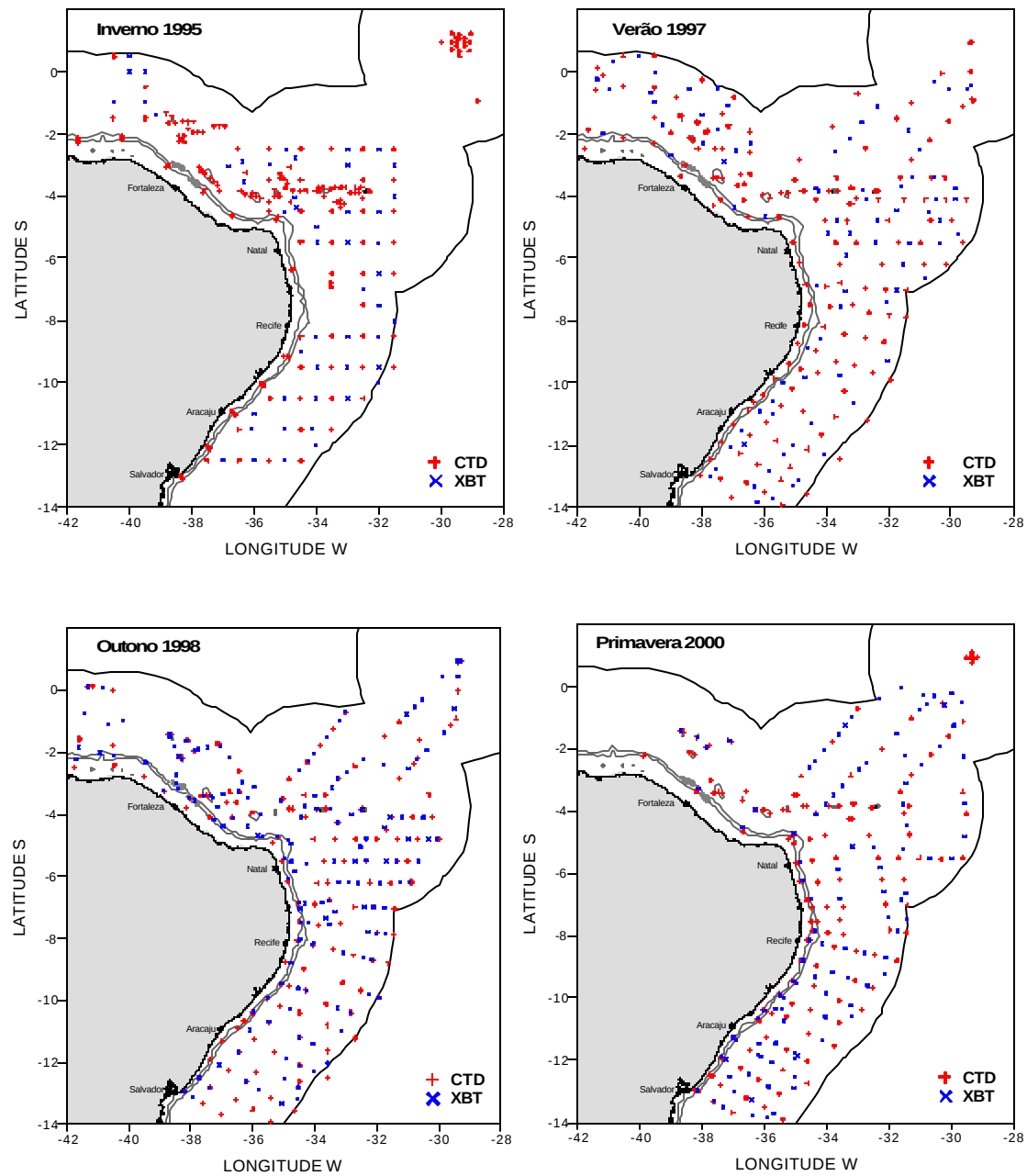


Figura 3. Localização das estações de CTD e XBT durante as expedições NEI (Inverno 95), NEII (Verão 97), NEIII (Outono 98) e NEIV (Primavera 00).

Durante o inverno/95, foram realizadas 181 estações oceanográficas e 49 lançamentos de XBT. Durante o verão/97, foram cobertas 124 estações oceanográficas e 65 estações de XBT, durante o outono/98 foram realizadas 156 estações oceanográficas e 162 lançamentos de XBT e durante a primavera/00 foram realizadas 157 estações oceanográficas e 120 lançamentos de XBT. O esquema de amostragem durante o inverno/95, foi semelhante aquele utilizado durante os cruzeiros do programa JOPSII (Medeiros *et al.*, 1998). Já para o verão/97, optou-se por um outro esquema de amostragem, com base nos resultados e observações para a expedição anterior e visando otimizar os esforços de amostragem e garantir uma cobertura mais ampla de toda a ZEE-NE (Fig. 3). Esse último esquema foi mantido durante os períodos de outono/98 e primavera/00, salvo pequenos ajustes, como intensificação da malha de XBT, principalmente em áreas do talude e de bancos oceânicos, visando se obter um refinamento espacial e temporal das informações.

Durante a primavera/00, foram também obtidos 25 perfis com sonda SCAMP em áreas ao longo do talude de Recife a Salvador nas mesmas estações de CTD. A SCAMP (Self-Contained Autonomous MicroProfiler) é uma sonda perfiladora, que permite medições *in situ*, de pequenas flutuações da temperatura, condutividade elétrica da água e de intensidade de clorofila-a, em uma escala espacial também extremamente pequena (da ordem de 1 mm). Assim, os resultados gerados pela mesma podem ser empregados para inferir os níveis de dissipação da energia cinética turbulenta ao longo da coluna d'água, assim como determinar os fluxos verticais de calor, sal, clorofila-a e o comportamento de suas respectivas microestruturas.

A SCAMP foi lançada no modo queda livre, tendo seu lastro sido calibrado de modo a permitir sua descida a uma velocidade de 10 m.min⁻¹. A camada amostrada correspondeu aos primeiros 70 m de profundidade, embora a profundidade máxima amostrada tenha variado em função da deriva do navio.

Trabalhos em laboratório

Inicialmente, os arquivos de dados de CTD e XBT coletados nas 4 expedições foram transferidos para um microcomputador, sendo em seguida filtrados, reduzidos, editados (eliminação de dados fora d'água, dados faltosos, etc.) e arquivados em preparação para sua análise. Foram consideradas apenas as leituras obtidas durante a descida do CTD, sendo os valores registrados, integrados a intervalos de 5 metros, com o primeiro intervalo, sendo referido como à superfície. Os cálculos das propriedades físicas foram realizados seguindo-se as especificações da UNESCO (1983, 1987).

Este banco de dados foi então utilizado como base para a elaboração de planilhas e de mapas temáticos com enfoque na distribuição horizontal e temporal (sazonal), da salinidade, temperatura e da densidade da água encontradas em profundidades determinadas (5, 50, 100, 150, 200, 300, 500 e 900 metros) para permitir a observação da estrutura termohalina tridimensional e sua variabilidade temporal sazonal.

Foram também traçadas as distribuições verticais daquelas propriedades ao longo de uma série de perfis radiais (Fig. 4) ao longo da ZEE-NE, abrangendo estações costeiras (sobre a plataforma), sobre o talude e oceânicas próximas (profundidades <1000m), a fim de se investigar a ocorrência de ressurgência de borda de talude.

Ainda a partir dos dados filtrados e para todas as estações, agrupadas de acordo com sua localização, foram confeccionados diagramas T-S de modo a facilitar a identificação das massas d'água que ocorrem na área de estudo, bem como, as misturas que ocorrem em suas propriedades e interfaces.

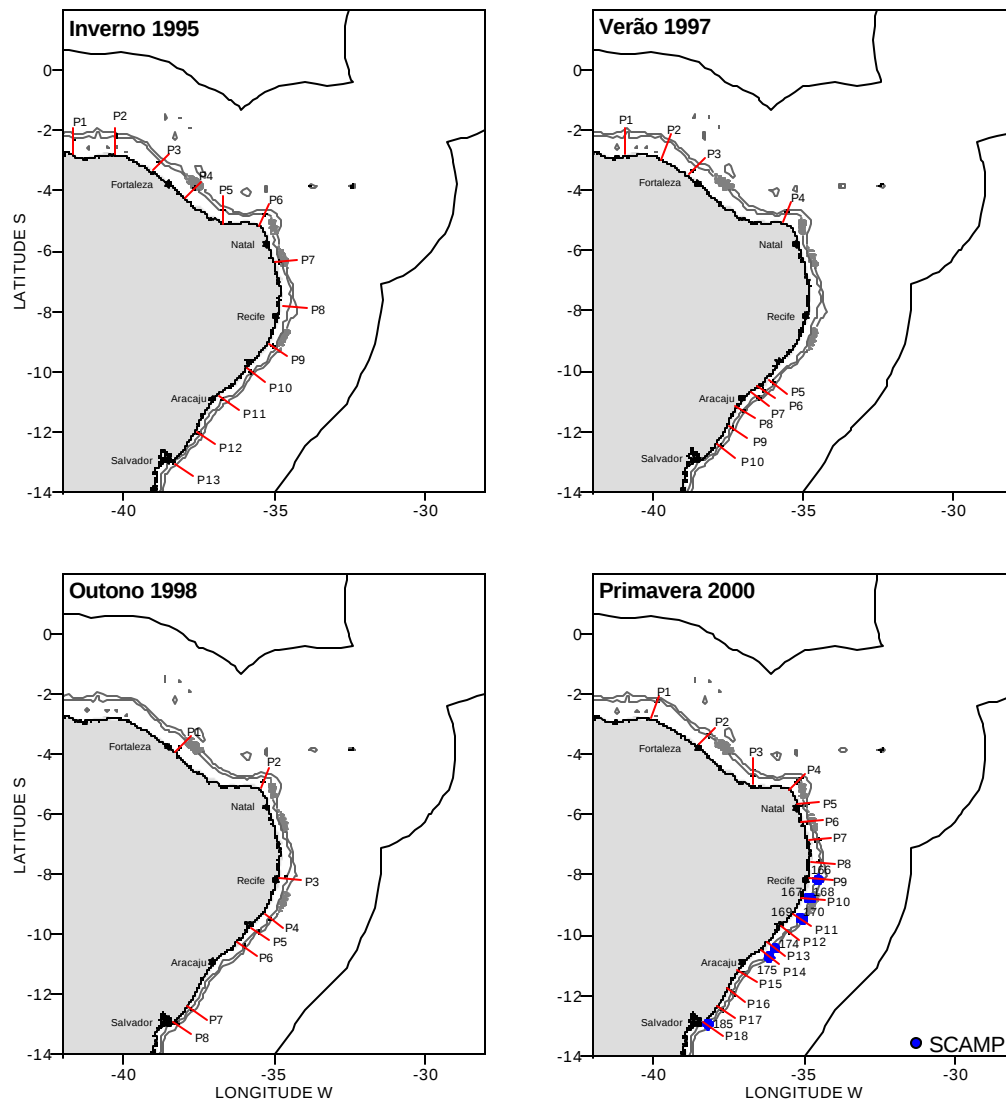


Figura 4. Localização dos perfis radiais e das estações da SCAMP.

Os dados obtidos com a SCAMP (Fig. 4 – Primavera 2000), foram também filtrados, reduzidos, e editados, para eliminação de dados faltosos e de registros correspondentes à fase de subida do instrumento. Os valores registrados nos primeiros cinco metros de descida foram também desconsiderados, uma vez que os mesmos poderiam ter sido afetados pelo movimento/presença do casco do navio próximo à sonda. Os valores de clorofila-a foram normalizados pelo valor da superfície, uma vez que não foi possível calibrar o sensor enquanto a bordo do Noc. Antares.

Os dados filtrados foram então submetidos à análise espectral pelo método da Transformada Rápida de Fourier (FFT), considerando-se intervalos de 1s, os quais equivaleriam a intervalos de 10 cm de profundidade, tendo em vista que a frequência de amostragem utilizada no instrumento foi de 100 Hz e a velocidade de descida de 10 cm.s⁻¹.

A partir dos dados filtrados, calculou-se os perfis verticais da taxa de dissipação de energia cinética turbulenta (ϵ), normalizando-se as mesmas pelo período de onda T dividido pela energia cinética turbulenta gerada pelos ventos (E_v), normalizando-se o eixo vertical pela profundidade da camada bem misturada Z_{mix} . Estes procedimentos foram conduzidos para permitir avaliar como a energia cinética turbulenta produzida pelo vento na interface oceano-atmosfera estava distribuída dentro da camada de mistura (Advíncula, 2000; Geber, 2003).

A escala de Thorpe (L_T) foi também calculada para se estimar a escala de comprimento associada aos eventos turbulentos e sua posição na coluna d'água nos perfis de SCAMP ao longo do Talude de Recife a Salvador.

A técnica de cálculo utilizada consiste na reordenação do perfil de densidade em um perfil monotônico estável. Considera-se a existência de N camadas com densidades ρ_j , onde $j = 1, 2, \dots, N$, estando a camada j localizada na profundidade Z_j , e que esta camada necessite ser movida para uma profundidade Z_k para gerar o perfil estável.

O deslocamento de Thorpe d_j é então computado como:

$$d_j = (Z_j - Z_k) \quad (07)$$

e a escala de Thorpe (L_T) calculada como:

$$L_T = (d_j^2)^{1/2} \quad (08)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estrutura Termohalina

Os campos horizontais de temperatura, às profundidades de 5, 50, 100, 150, 200, 300, 500, e 900 m, obtidos durante o inverno/95 são apresentados nas figuras 5 e 6, aqueles obtidos durante o verão/97, nas figuras 7 e 8, enquanto que os obtidos durante o outono/98 são apresentados nas figuras 9 e 10, e os obtidos durante a primavera/00 nas figuras 11 e 12. Valores extremos e médios de temperatura, para as quatro estações sazonais amostradas e para os mesmos seis níveis de profundidade, estão resumidos na Tabela 2.

A distribuição horizontal da temperatura do mar à superfície apresenta-se bastante homogênea, com valores oscilando entre 25,49 e 27,77 °C (média=26,57 °C) durante o inverno/95, entre 27,19 e 28,79 (média=28,05 °C) durante o verão/97, entre 25,85 e 29,49 (média=28,05°C) durante o outono e entre 25,25 e 27,54°C (média=26,74°C) durante a primavera, indicando uma elevação global da temperatura das águas superficiais de cerca de 1,5 graus entre os períodos de inverno e verão e valores médios semelhantes para as estações sazonais de verão e outono e para as de inverno e primavera. Comparando-se as amplitudes de variação da temperatura para as quatro estações sazonais (Tabela 2), verifica-se que o grau de homogeneidade em temperatura da camada mais superficial na ZEE do NE-brasileiro é maior no verão (1,6 °C), com a maior amplitude de variação térmica na área ocorrendo durante o outono (3,64°C).

Ao longo do ano, as distribuições horizontais da temperatura à superfície e aos 50 m de profundidade apresentam padrões semelhantes, por estarem contidos em muitos casos, na camada de mistura. Durante o inverno, a camada de 0 a 50m, na porção norte da área de estudo, apresenta um leve gradiente de temperatura em direção ao Equador, seguindo o padrão zonal de insolação, com temperaturas.

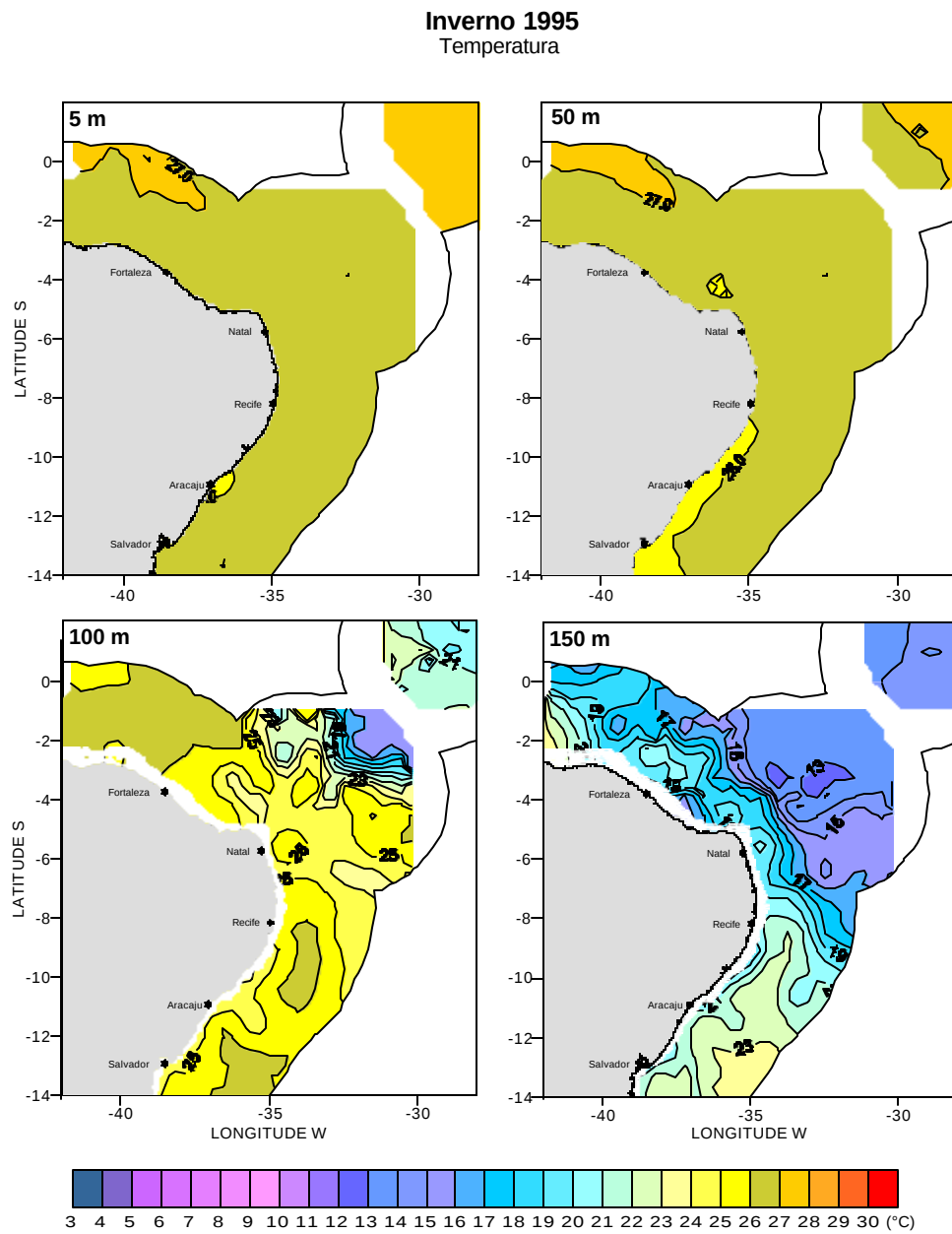


Figura 5. Distribuição horizontal da temperatura (°C) a 5, 50, 100 e 150 m de profundidade durante o período de inverno/95.

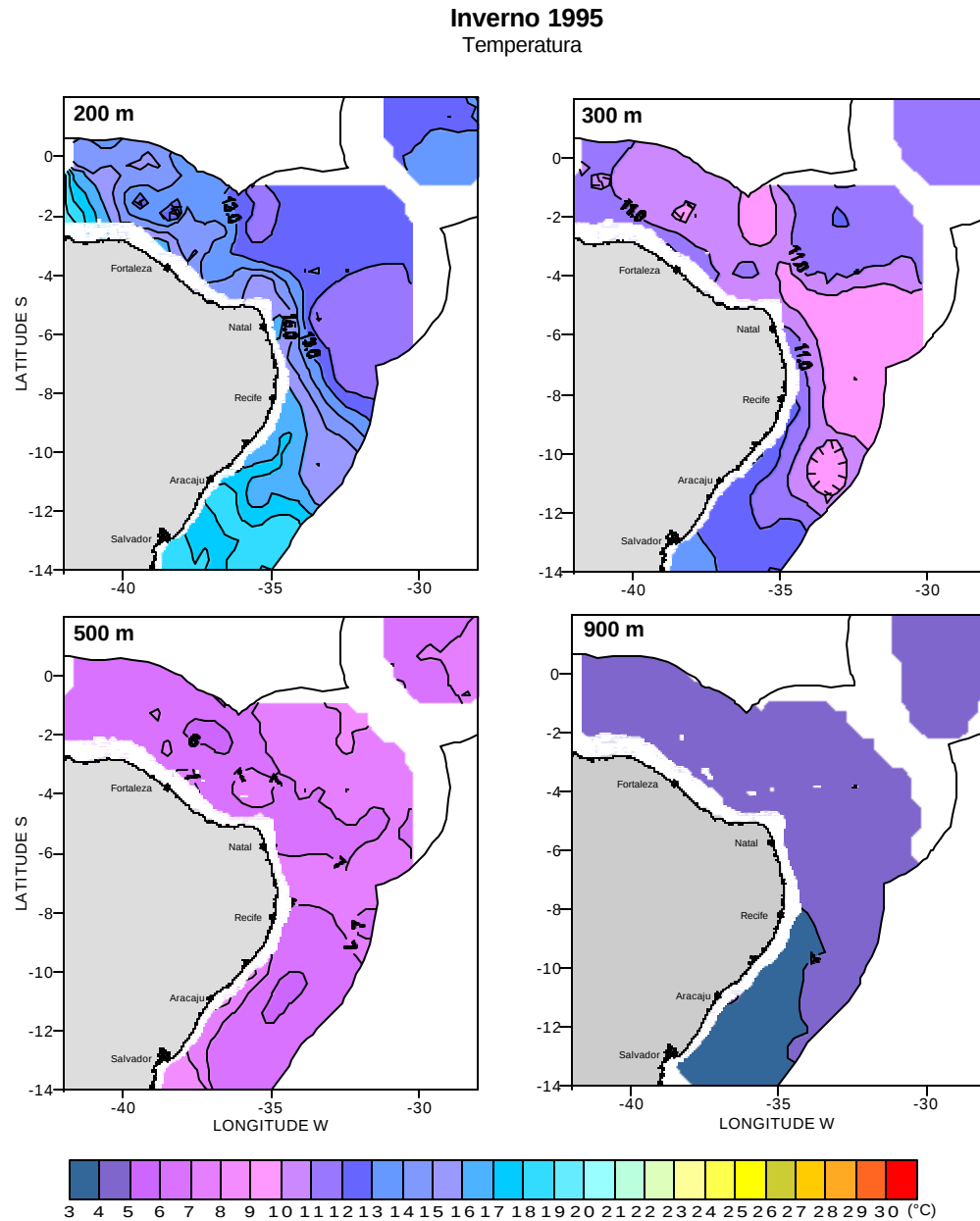


Figura 6. Distribuição horizontal da temperatura (°C) a 200, 300, 500 e 900 m de profundidade durante o período de inverno/95.

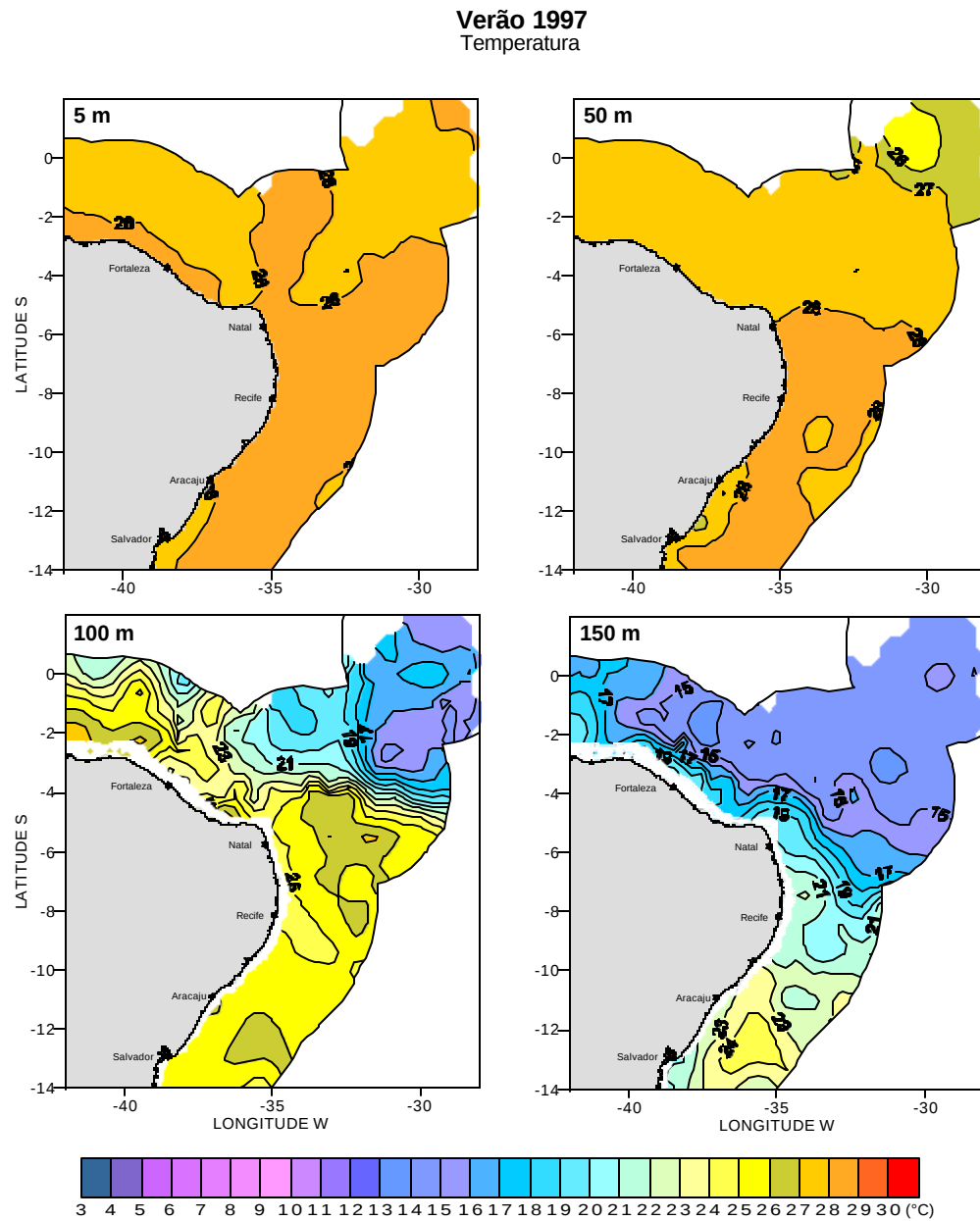


Figura 7. Distribuição horizontal da temperatura (°C) a 5, 50, 100 e 150 m de profundidade durante o período de verão/97.

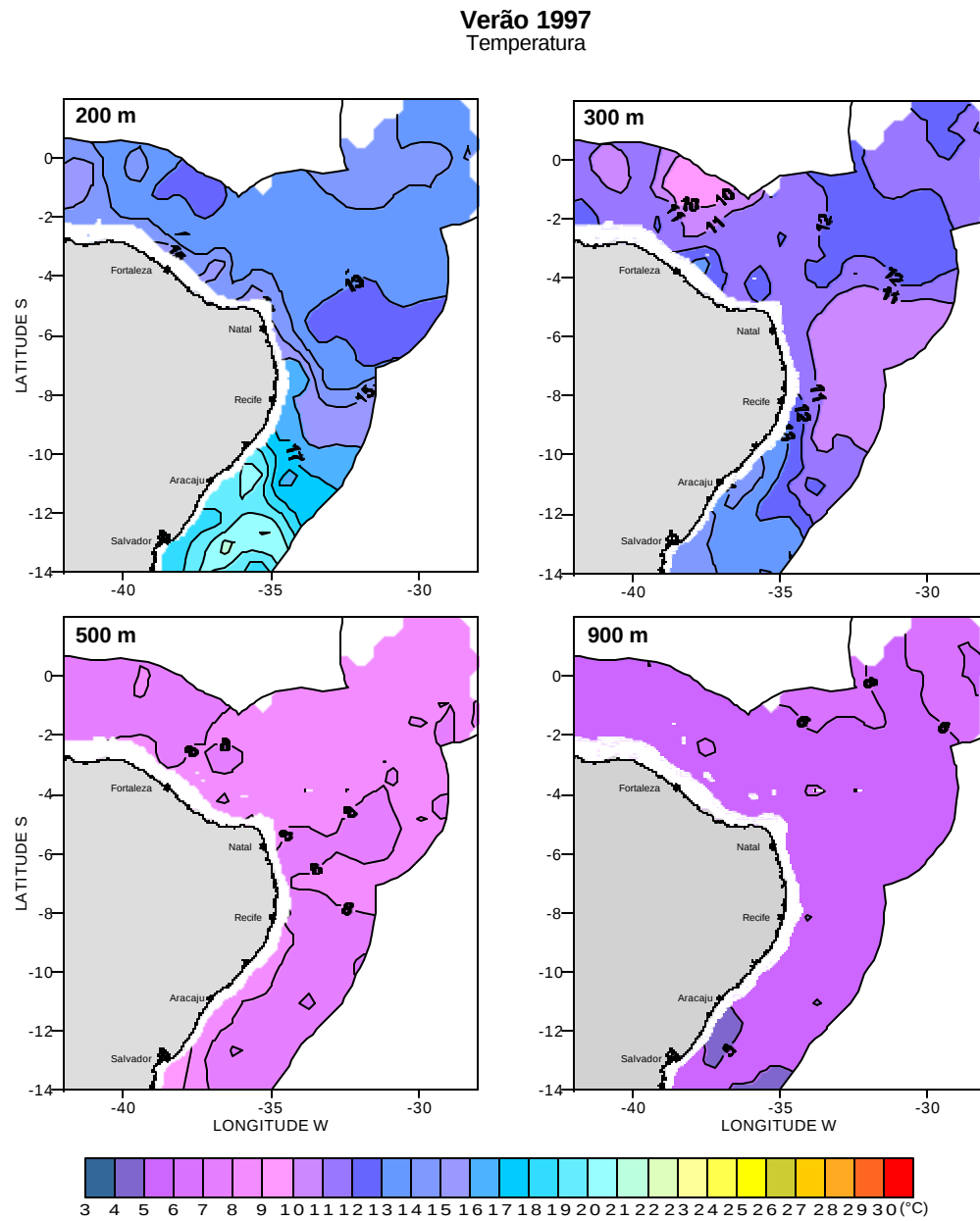


Figura 8. Distribuição horizontal da temperatura (°C) a 200, 300, 500 e 900 m de profundidade durante o período de verão/97.

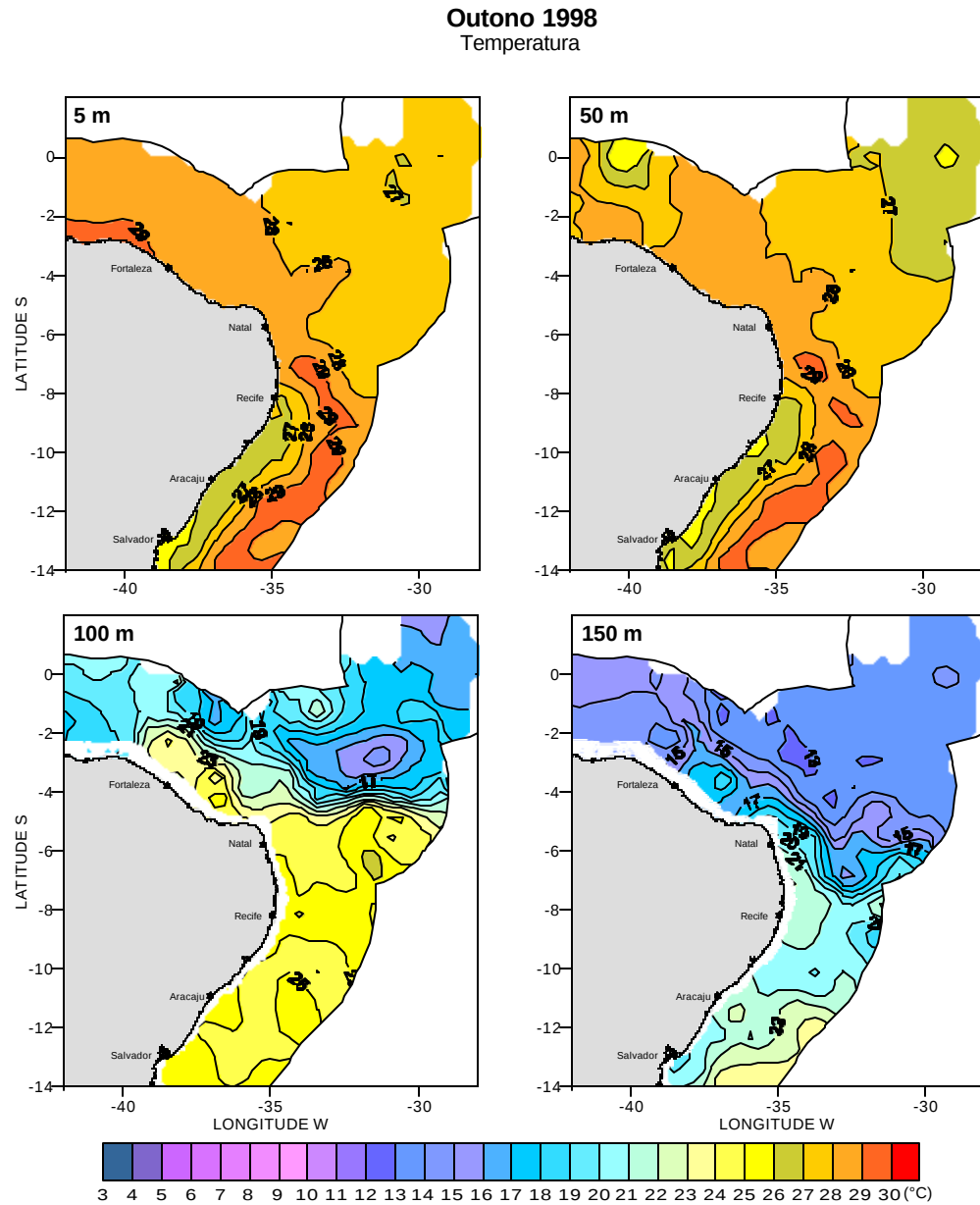


Figura 9. Distribuição horizontal da temperatura (°C) a 5, 50, 100 e 150 m de profundidade durante o período de outono/98.

Outono 1998
Temperatura

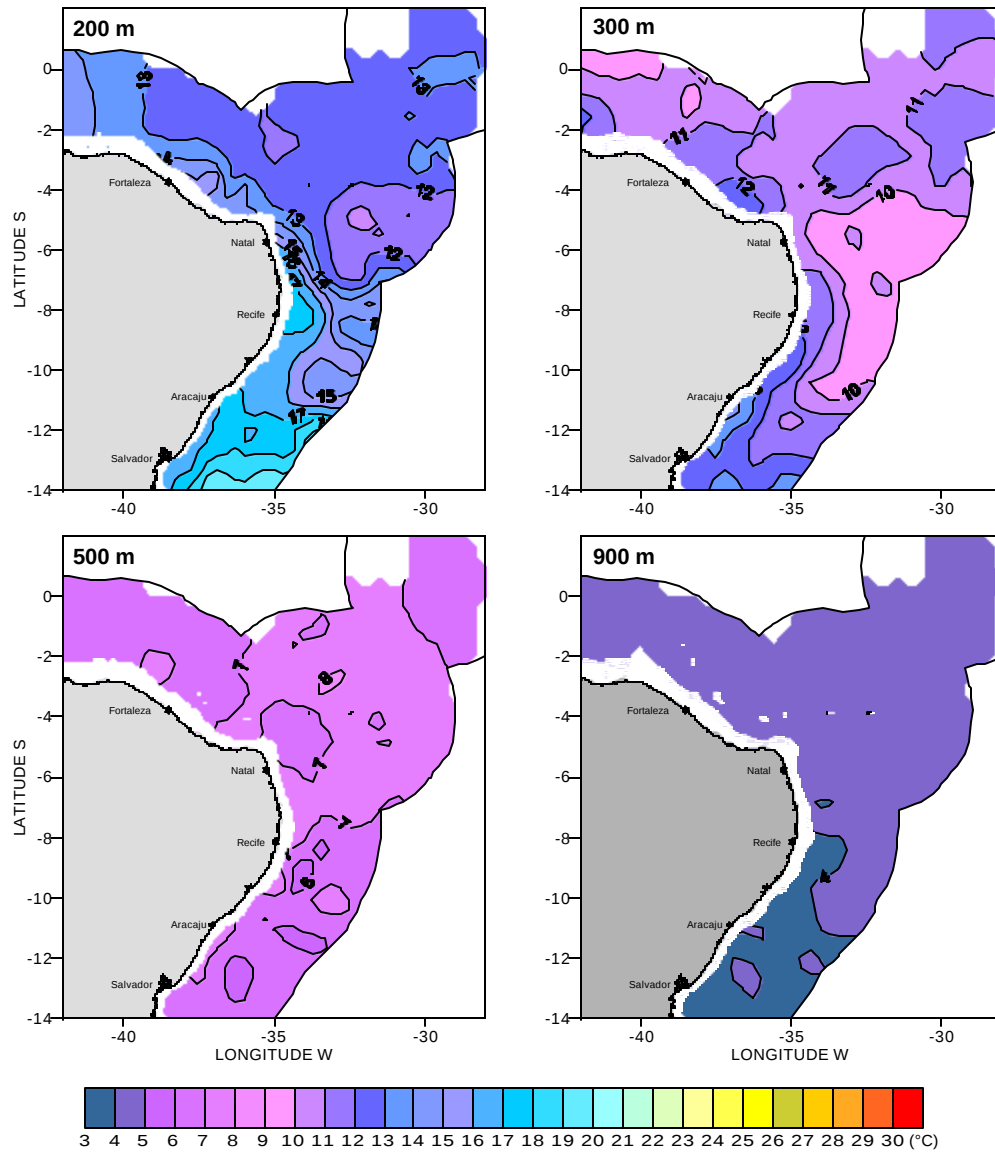


Figura 10. Distribuição horizontal da temperatura (°C) a 200 300, 500 e 900 m de profundidade durante o período de outono/98.

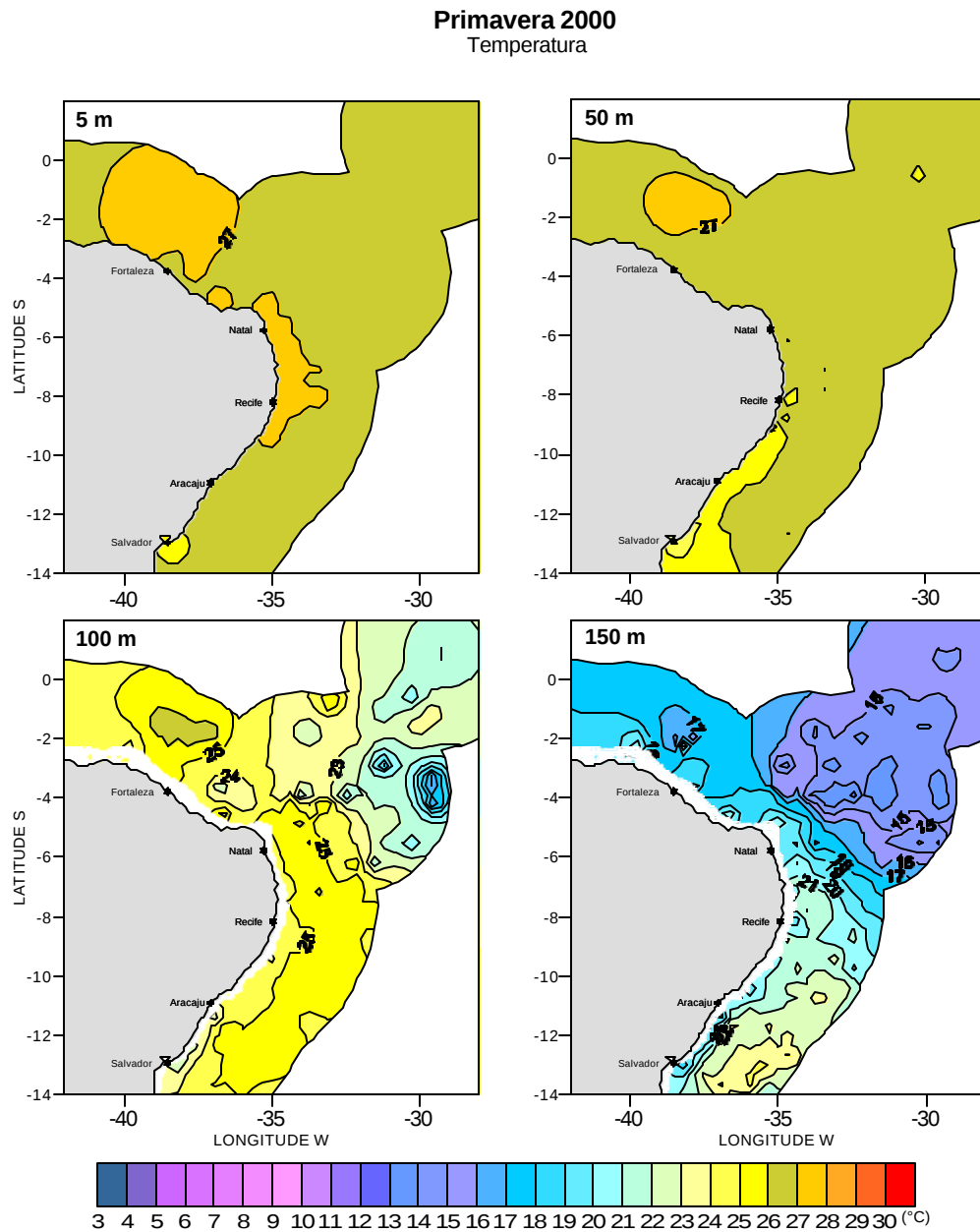


Figura 11. Distribuição horizontal da temperatura (°C) a 5, 50, 100 e 150 m de profundidade durante o período de primavera/00.

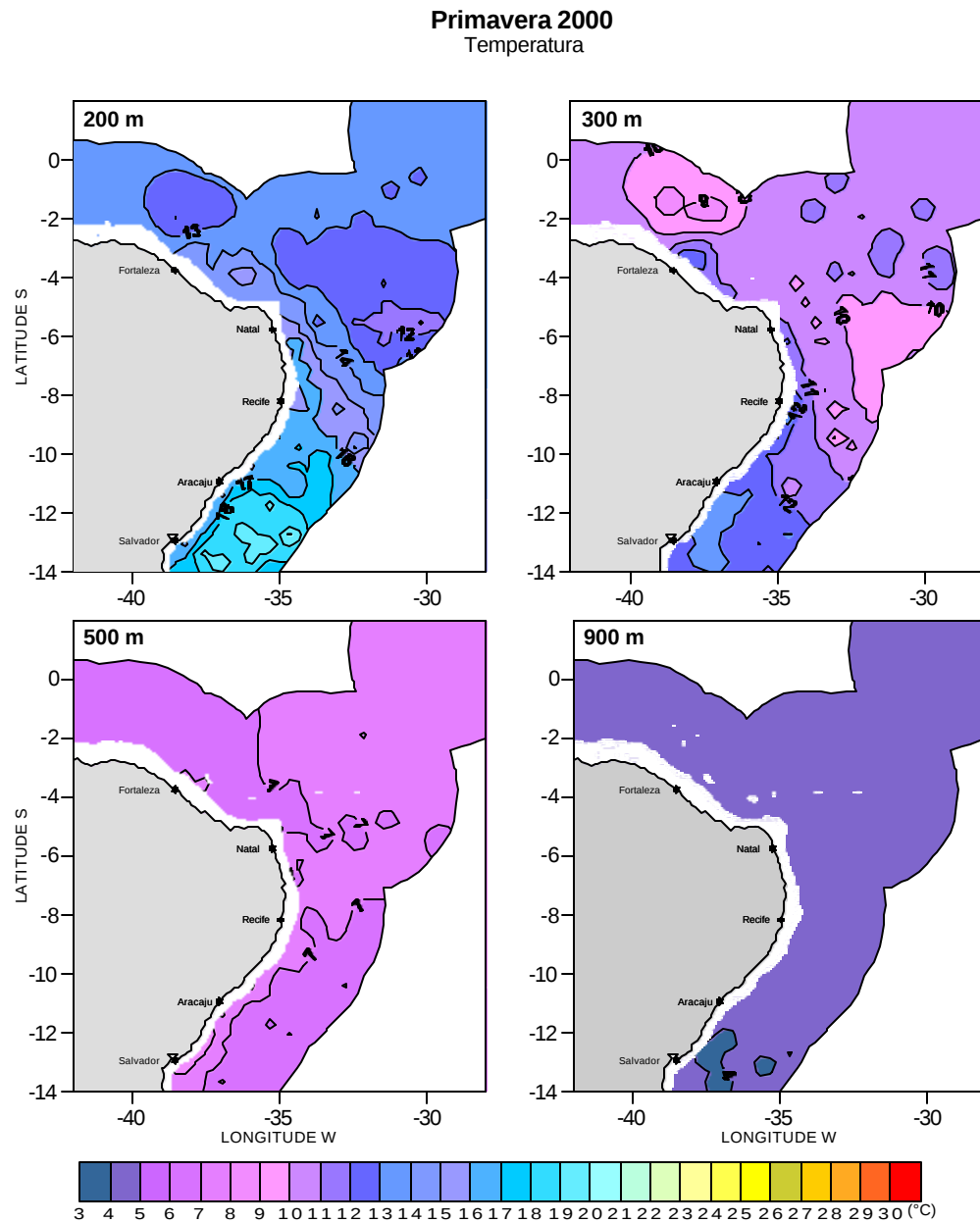


Figura 12. Distribuição horizontal da temperatura (°C) a 200, 300, 500 e 900 m de profundidade durante o período de primavera/00.

Tabela 2 Valores mínimos, máximos e médios da temperatura, salinidade e s_t durante as estações sazonais de inverno/95, verão/97, outono/98 e primavera/00 nas profundidades de 5, 50, 100, 150, 200, 300, 500 e 900m.

Prof.	Temperatura (°C)			Salinidade (usp)			s_t		
	Min.	Max.	Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.	Média
Inv/95									
5	25,49	27,77	26,57	35,49	37,24	36,19	22,85	26,68	23,76
50	25,06	27,71	26,43	35,60	37,32	36,24	22,98	25,03	23,83
100	15,04	26,52	24,43	35,48	37,35	36,52	23,79	26,35	24,65
150	12,76	23,55	17,14	35,19	36,87	35,84	24,66	26,60	26,08
200	10,89	19,12	13,87	34,92	36,10	35,34	27,78	26,76	26,76
300	8,77	13,93	10,85	34,73	35,28	34,94	26,42	26,96	26,75
500	5,65	8,96	6,92	34,40	34,69	34,54	26,88	27,15	27,07
900	3,78	4,66	4,29	34,37	34,58	34,47	27,27	27,43	27,34
Ver/97									
5	27,19	28,79	28,05	34,78	37,22	36,20	22,24	23,90	23,28
50	25,19	28,54	27,76	35,71	37,04	36,19	22,98	24,17	23,37
100	14,47	27,73	23,62	34,93	38,60	36,36	23,29	28,87	24,74
150	12,74	24,29	17,66	34,61	37,19	35,60	25,00	26,34	25,76
200	11,75	21,77	14,80	34,39	36,67	35,05	25,46	26,40	26,03
300	9,22	14,71	11,66	34,03	35,26	34,51	25,96	26,67	26,27
500	6,65	9,74	8,03	35,59	34,43	33,96	26,13	26,97	26,45
900	4,32	6,22	5,52	33,23	34,08	33,66	26,15	27,02	26,56
Out/98									
5	25,85	29,49	28,05	35,54	37,41	36,40	22,81	24,82	23,44
50	25,11	29,38	27,76	35,82	37,41	36,50	22,94	24,88	23,60
100	14,06	26,78	22,38	35,38	37,41	36,52	23,74	26,47	25,21
150	12,57	23,92	17,20	35,16	37,04	35,84	25,16	26,61	26,05
200	10,74	20,52	14,03	34,94	36,33	35,34	25,64	26,78	26,42
300	8,97	14,57	10,78	34,67	35,35	34,90	26,33	26,92	26,74
500	5,39	8,24	6,89	34,28	34,65	34,50	26,91	27,11	27,04
900	3,67	4,66	4,24	34,29	34,56	34,43	27,23	27,38	27,30
Pri/00									
5	25,25	27,54	26,74	35,10	37,27	36,35	22,95	24,95	23,82
50	23,64	27,34	26,48	36,01	37,45	36,47	23,56	25,39	23,99
100	14,75	27,12	24,08	35,58	37,45	36,76	23,67	26,48	24,93
150	12,34	24,87	18,42	35,20	37,46	36,16	25,10	26,68	25,99
200	10,69	20,47	14,70	34,97	36,49	35,54	25,77	26,81	26,42
300	8,04	14,23	11,00	34,59	35,39	37,98	26,44	26,95	26,75
500	5,61	9,20	7,07	34,27	34,68	34,49	26,84	27,07	27,00
900	3,86	4,84	4,38	34,25	34,46	34,35	27,18	27,27	27,23

Durante a primavera e o verão o campo de temperatura é relativamente homogêneo em toda a ZEE, exceto na região do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, onde a temperatura é cerca de 1 grau inferior ao restante da área à profundidade de 50 m. No outono, verifica-se que trecho da ZEE entre Recife e Salvador apresenta um gradiente de temperatura bem definido com temperaturas mais baixas próximas ao continente e as isotermas paralelas à costa (Fig. 9).

No restante do ano, este gradiente é menos marcado e está reduzido a faixa das primeiras 50-60 milhas entre Recife e Salvador, para a profundidade de 50 m e ao trecho de Aracajú a Salvador na camada mais superficial. Ao nível de temperaturas mais reduzidas foram também registradas para a área do Arquipélago de São Pedro e São Paulo e próximo ao limite oceânico norte da ZEE-NE.

A camada ao nível dos 100 m de profundidade (Figs. 5, 7, 9 e 11, e Tabela 2) foi aquela que apresentou maior variabilidade de temperatura (amplitude total de cerca de 12 °C). Isso se deve a diferenças, ao longo da área de estudo, da profundidade de início da termoclina. O plano traçado de 100 m de profundidade está ligeiramente acima da termoclina para a área mais ao norte da ZEE-NE e já na termoclina para a região de Rocas, Noronha e do Arquipélago de São Pedro e São Paulo. A partir dos 100 m de profundidade no verão e outono, e aos 150 m no inverno e primavera, é notável a presença de baixas temperaturas dominando a parte norte da região, indicando a ACAS e seu transporte sob a influência da CSEc.

Aos 200 m de profundidade, a amplitude de variação de temperatura cai para cerca de 9° C, sendo inferior a 5° C aos 300 m de profundidade, com valores da ACAS (Figs. 6, 8, 10 e 12, Tabela 2). Nestas profundidades, algumas isotermas tendem a se aproximar do Cabo Calcanhar, seguindo a trajetória da SCNB. Ao nível limite da ZEE (500 m) a ACAS é encontrada durante todo o ano e em toda a região, com amplitude de variação em temperatura de cerca de 3 °C. À profundidade de 900 m, a amplitude total de variação em temperatura é comparável a encontrada à superfície, ou seja, cerca de 1 °C, sendo nítido o domínio da AAI (Figs. 6, 8, 10 e 12, Tabela 2).

Diferenças na temperatura das águas da ZEE-NE entre as estações sazonais se fazem notar desde a superfície até a maior profundidade amostrada (900 m), porém, com os valores mínimos semelhantes entre a primavera, outono e inverno, e os valores máximos divergindo apenas na camada mais superficial durante o verão (Tabela 2).

Distribuição da profundidade de topo de termoclina na ZEE-NE para o períodos de inverno/95, verão/97, outono/98 e primavera/00 são apresentadas respectivamente na figura 13.

Em toda a área, a presença de uma termoclina permanente e bem definida é uma constante. A profundidade do topo da termoclina varia de um ponto a outro dentro da ZEE-NE, mostrando também alguma variabilidade sazonal (Fig. 13).

A profundidade de início da termoclina tende, de forma geral, a aumentar de este para oeste entre a área de Fernando de Noronha e a Costas dos estados do Rio Grande do Norte e Ceará. Neste trecho, o início da termoclina se dá entre 55 e 145 m (média=100 m) durante o período de inverno e entre 41 e 105 m de profundidade, média=77 m, durante o verão. Durante o outono, o início da termoclina está situado a uma profundidade média de 62,5 m (entre 44 e 74 m), enquanto que no período de primavera, o topo da termoclina esteve posicionado entre 30 e 195 m de profundidade, média=105 m,

Verifica-se também, um aprofundamento da termoclina com o aumento de latitude e contra a costa ao longo do trecho sul da ZEE-NE. Uma termoclina secundária, mais rasa e menos marcada foi por vezes encontrada em alguns perfis das áreas do Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

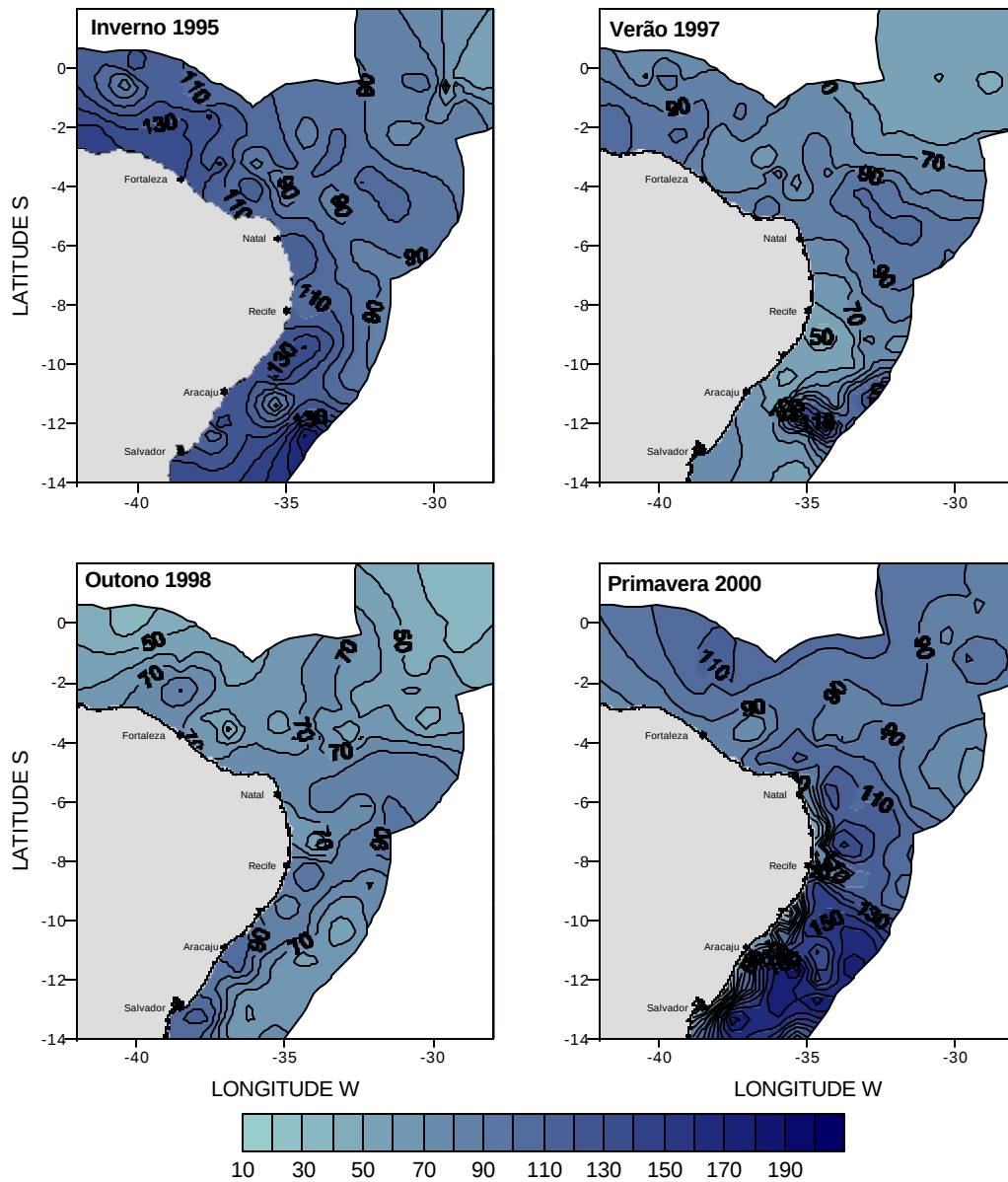


Figura 13. Distribuição da profundidade (m) de topo da termoclina nos períodos de inverno/95, verão/97, outono/98 e primavera/00.

Os campos de salinidade ao longo da ZEE-NE durante o inverno para as profundidades de 5, 50, 100 e 150 m e para 200, 300, 500 e 900 m são representados, respectivamente, nas figuras 14 e 15. As distribuições para esses mesmos níveis no verão são apresentadas nas figuras 16 e 17, para o outono nas figuras 18 e 19, e para a primavera nas figuras 20 e 21.

A salinidade nas camadas mais superficiais, oscilou entre 35,49 e 37,24 (média=36,19) durante o inverno, entre 34,78 e 37,22 (média=36,20) durante o verão, entre 35,54 e 37,41 (média=36,40) durante o outono, e entre 35,10 e 37,27 (média=36,35) durante a primavera (Figs. 14, 16, 18 e 20; Tabela 2).

A influência dos aportes fluviais, mesmo dos rios de maior porte como o São Francisco (SE/AL), o Itapicuru e o Sabaúna (BA) não ficou muito evidente, nas estações amostradas, já que a área da ZEE não inclui a faixa do mar territorial (primeiras 12 milhas) onde a influência continental se faria sentir mais. Horizontalmente, a área do Arquipélago de São Pedro e São Paulo é aquela com salinidades mais baixas (35,4 a 35,7).

A salinidade aumenta em direção à costa Brasileira, com as isohalinas seguindo o contorno geral da costa para o trecho entre o Recife e a foz do Rio Parnaíba (Figs. 14-21). Ao longo do trecho entre Recife e Salvador a distribuição das isohalinas tem um caráter mais zonal, com a salinidade aumentando com a latitude. Este comportamento responde à relação entre as taxas de evaporação e precipitação sobre a área, resultando em um cinturão de máximo de salinidade por volta dos paralelos 20° (Tchernia, 1980).

A camada mais superficial (primeiros 100 m) do trecho sul da ZEE-NE (Recife a Salvador), apresentou um forte gradiente da salinidade, com os maiores valores sendo encontrados mais próximos à costa (Figs. 14, 16, 18 e 20), no entanto, este padrão não foi verificado para as camadas mais profundas ou para o período de verão (Figs. 14-21). O mesmo padrão foi encontrado durante a expedição JOPSII (Medeiros et al., 1998).

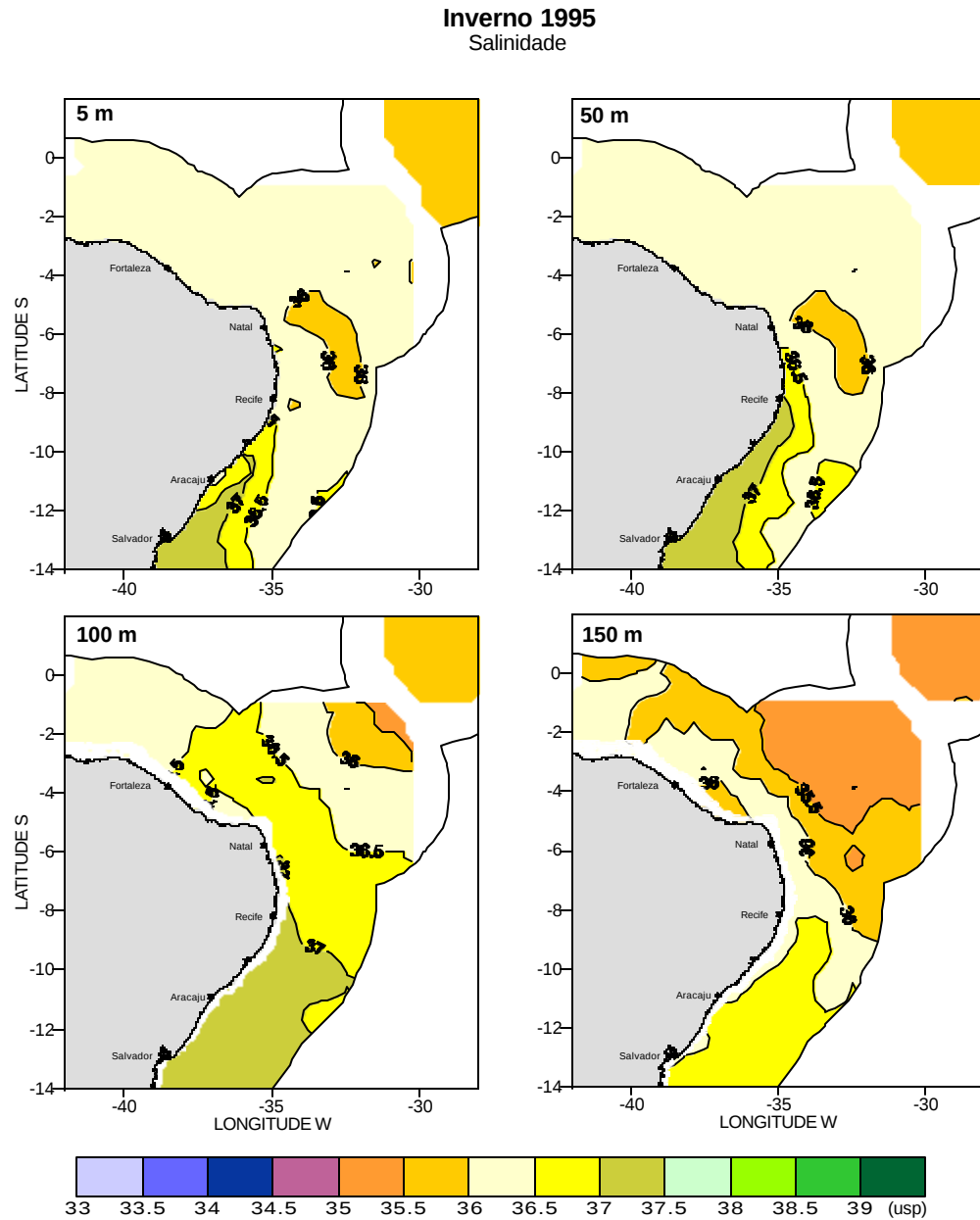


Figura 14. Distribuição horizontal da salinidade (usp) a 5, 50, 100 e 150 m de profundidade durante o período de inverno/95.

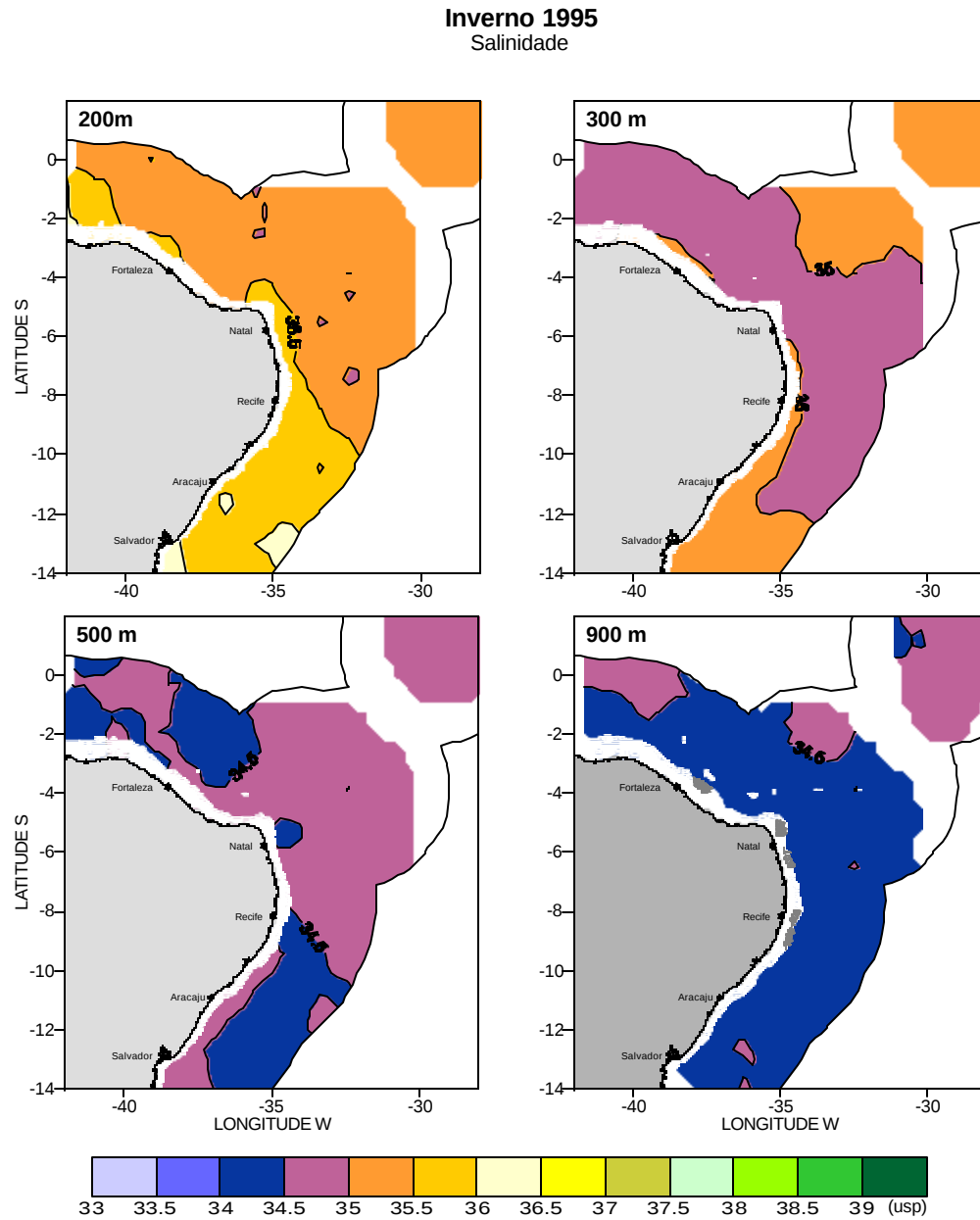


Figura 15. Distribuição horizontal da salinidade (usp) a 200, 300, 500 e 900 m de profundidade durante o período de inverno/95.

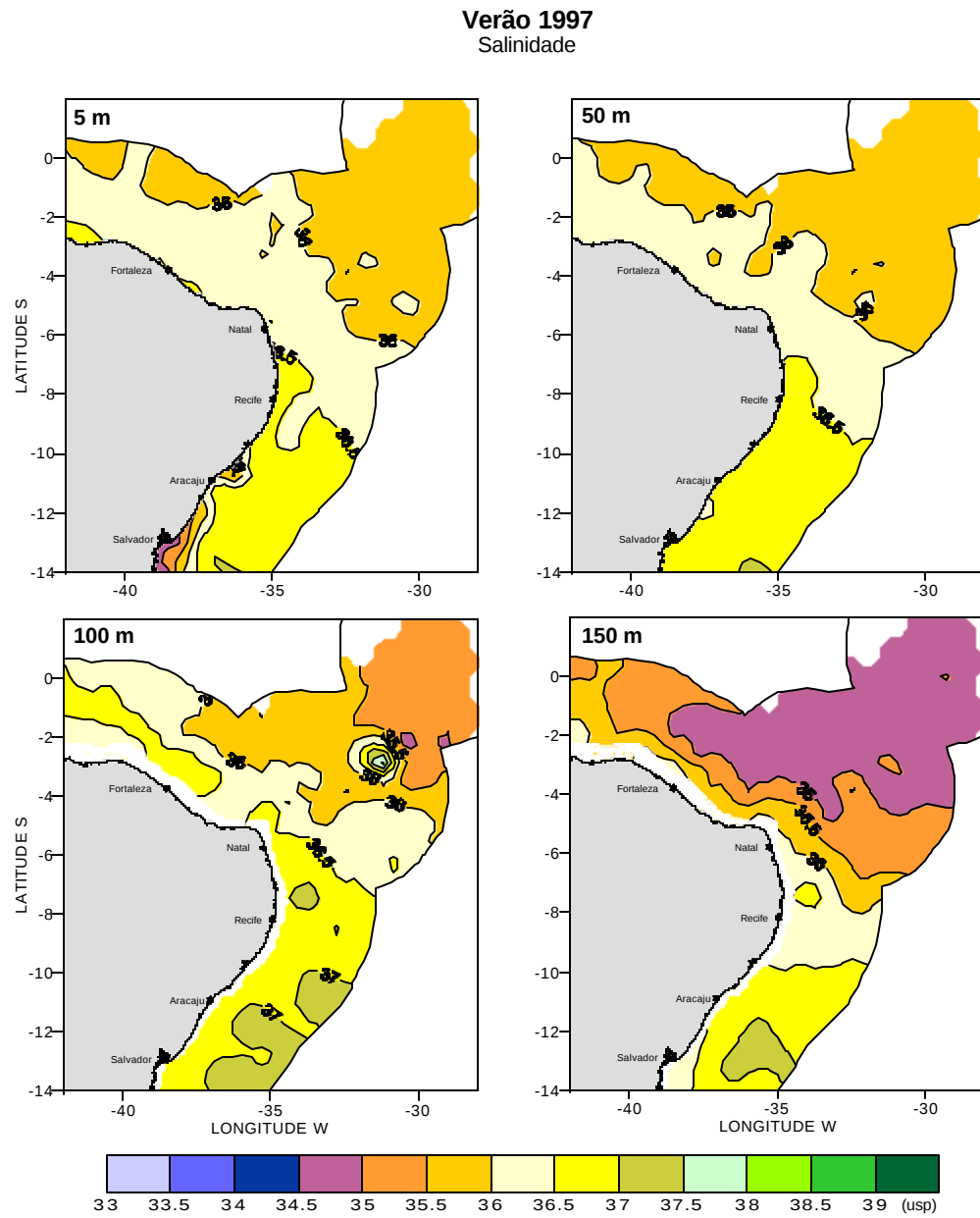


Figura 16. Distribuição horizontal da salinidade (usp) a 5, 50, 100 e 150 m de profundidade durante o período de verão/97.

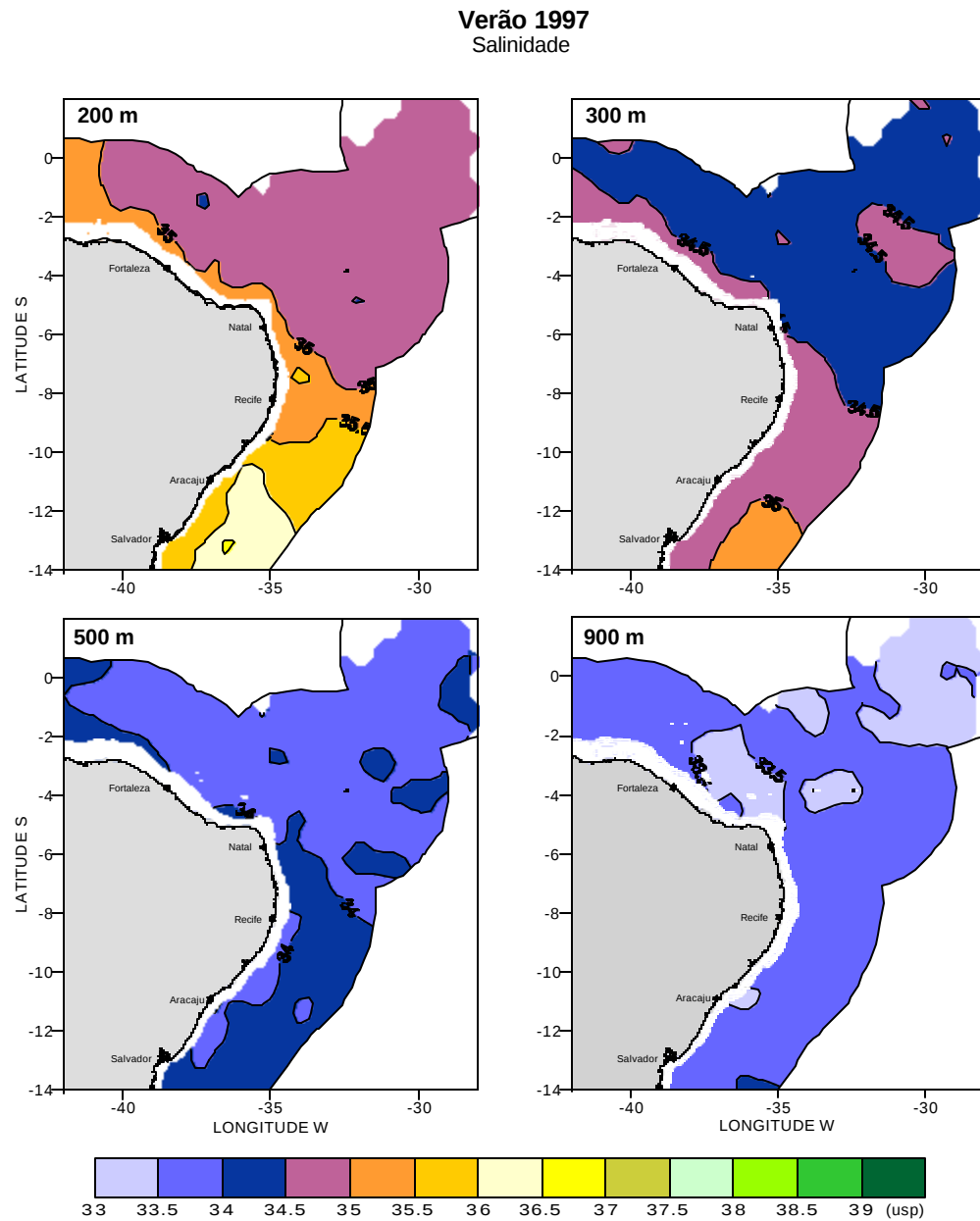


Figura 17. Distribuição horizontal da salinidade (usp) a 200, 300, 500 e 900 m de profundidade durante o período de verão/97.

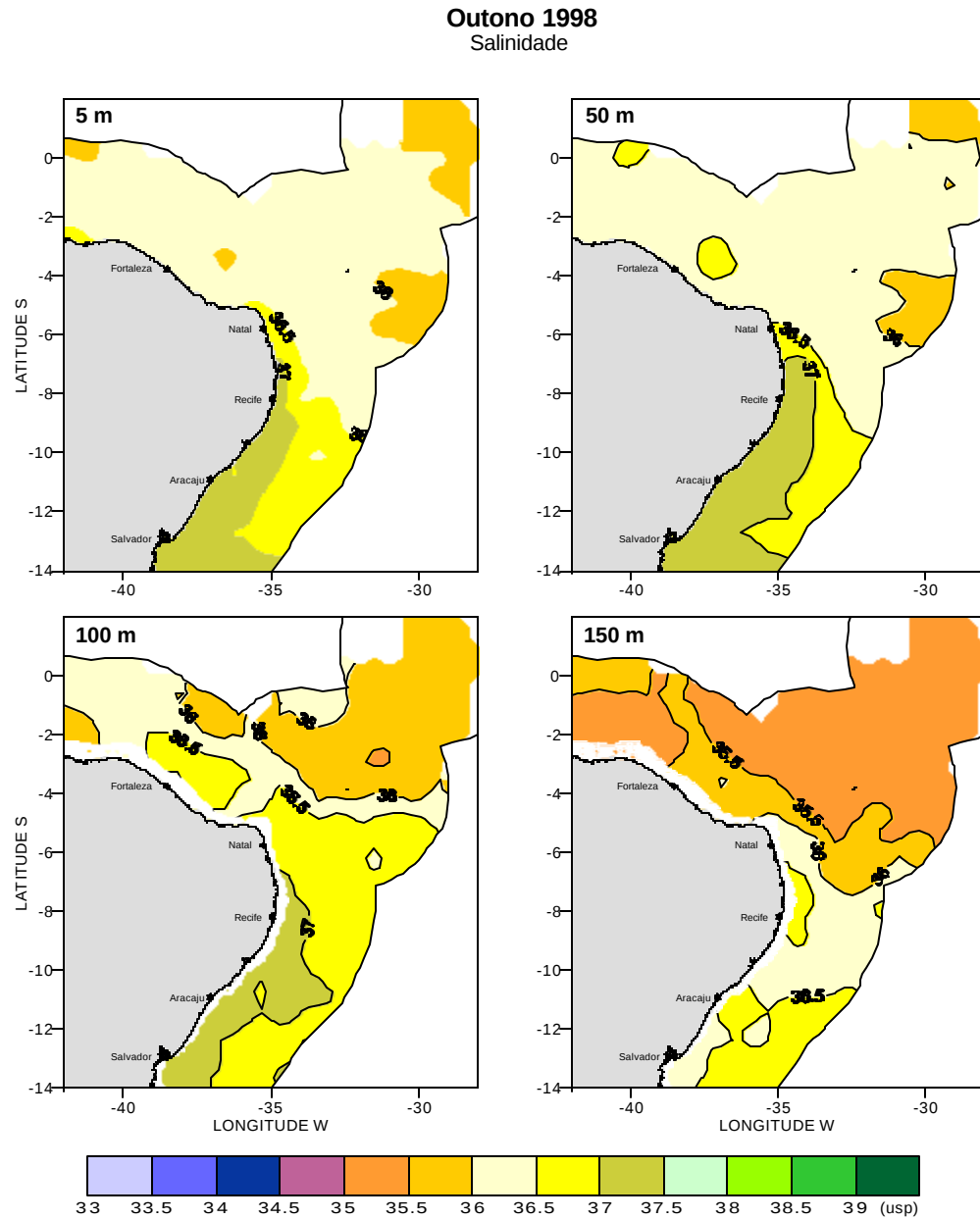


Figura 18. Distribuição horizontal da salinidade (usp) a 5, 50, 100 e 150 m de profundidade durante o período de outono/98.

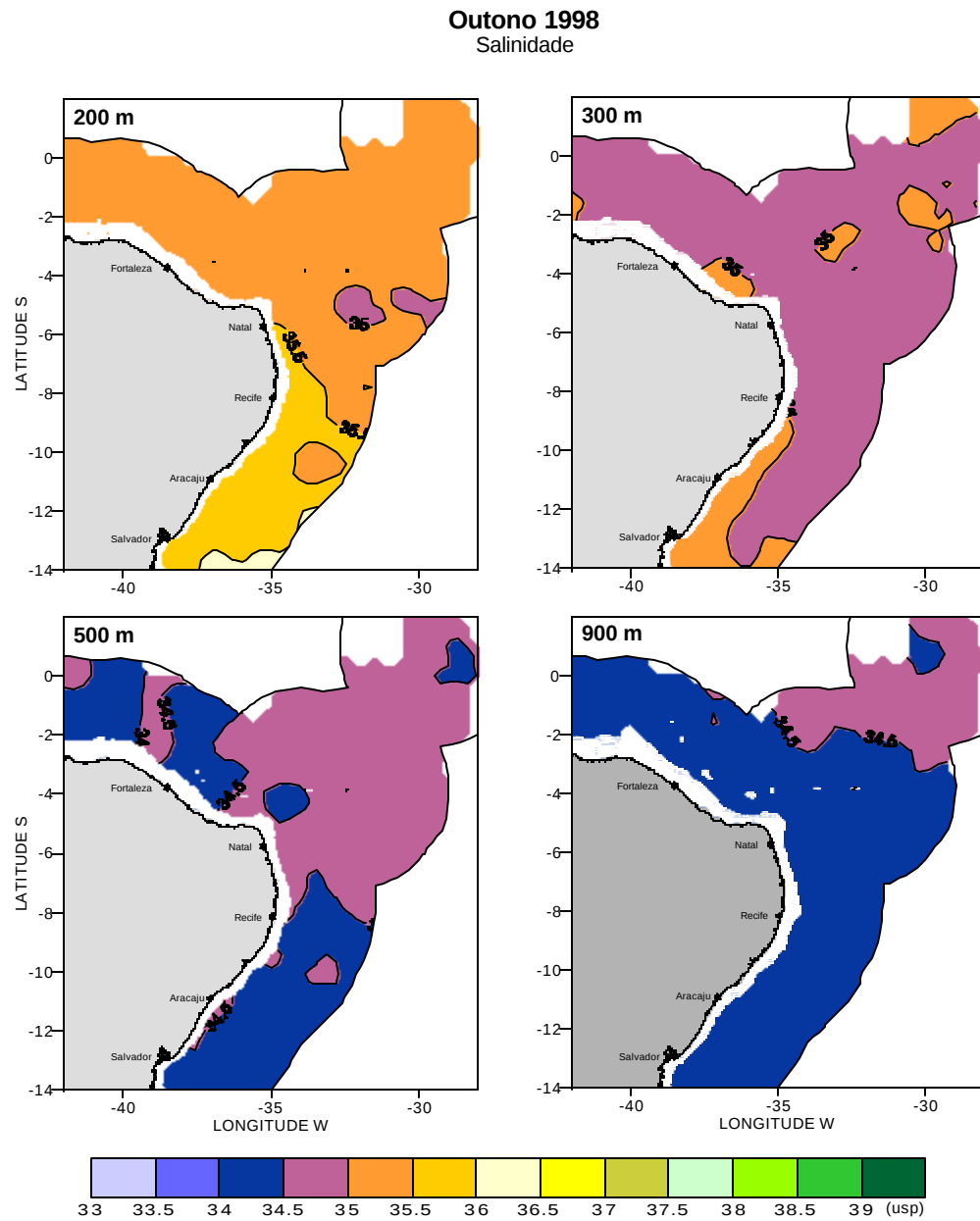


Figura 19. Distribuição horizontal da salinidade (usp) a 200, 300, 500 e 900 m de profundidade durante o período de outono/98.

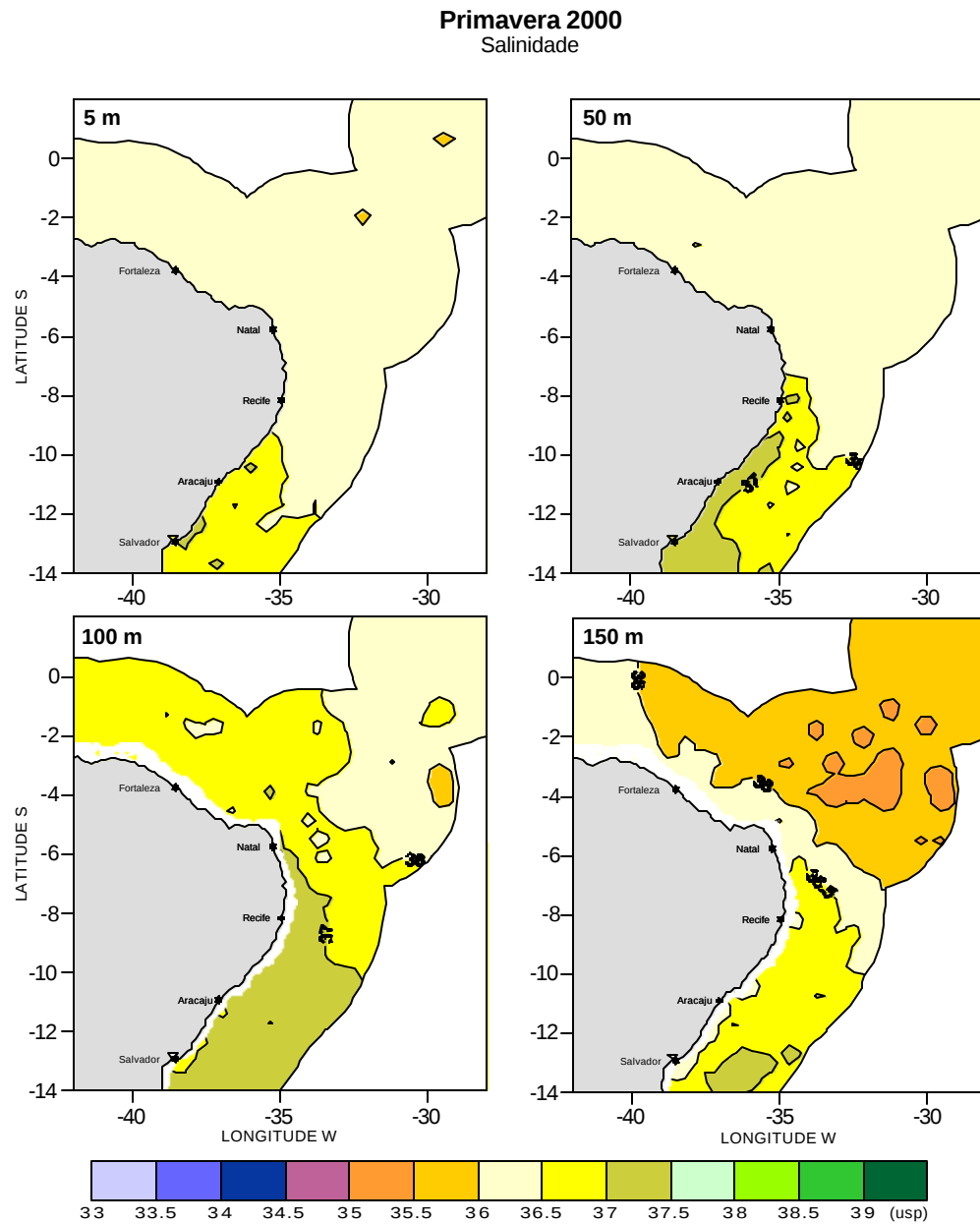


Figura 20. Distribuição horizontal da salinidade (usp) a 5, 50, 100 e 150 m de profundidade durante o período de primavera/00.

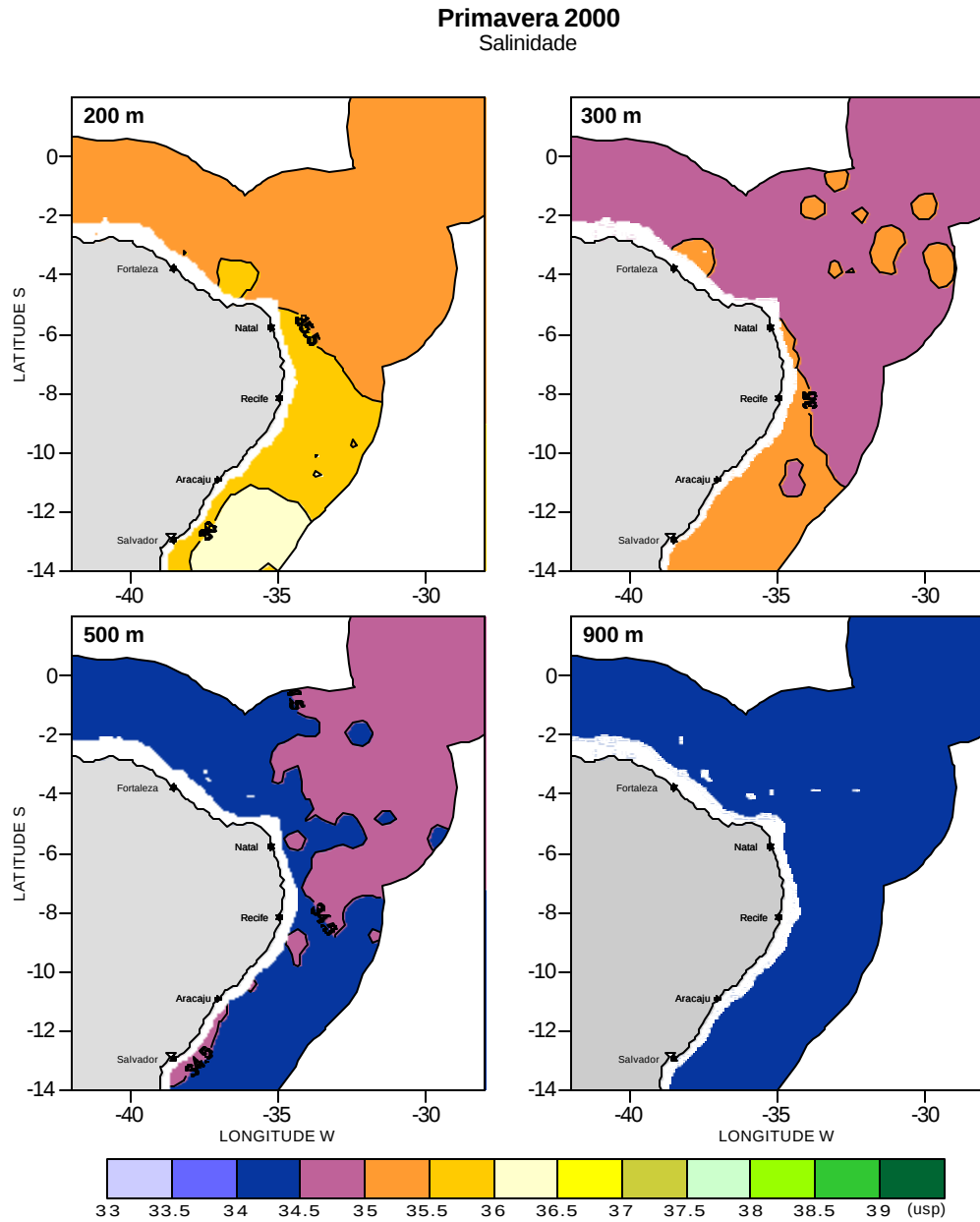


Figura 21. Distribuição horizontal da salinidade (usp) a 200, 300, 500 e 900 m de profundidade durante o período de primavera/00.

Um máximo de salinidade sub-superficial, cerca de 1 a 1,5 unidades superior aos valores de superfície, esteve presente entre os 50 e 100 m de profundidade (Tabela 2), correspondendo, aproximadamente, à profundidade de início da termoclina.

O máximo de salinidade tende a ser mais acentuado para a área sul da ZEE-NE ($\text{LAT} > 5^\circ$), principalmente no período de inverno amostrado. Esta camada resulta da subsidência de águas mais salinas, devido a uma evaporação mais intensa à superfície, e que encontrariam seu nível de equilíbrio justo acima da termoclina. Abaixo da termoclina, a amplitude de variação da salinidade é mais reduzida (inferior a 1 usp), devido a menor influência do continente e da atmosfera (Figs. 15, 17, 19 e 21), com os menores valores encontrados no período de verão e menores valores no outono. Como na temperatura, a presença da ACAS se faz notar entre os 100 e 150 m.

A distribuição da densidade, aqui representada por σ_t , para os níveis de 5, 50, 100, 150, 200, 300, 500 e 900 m de profundidade é apresentada nas figuras 22 e 23 para o período de inverno/95, nas figuras 24 e 25 para o período de verão/97, e nas figuras 26 e 27 e 28 e 29, respectivamente para os períodos de outono/98 e primavera/00.

Como resultado da temperatura e salinidade, σ_t , possui grande estabilidade nas camadas superficiais durante todo o ano, apresentando menores valores aos 100 m de profundidade no outono (Fig. 26). Ainda durante o outono, verifica-se a presença de águas com maiores σ_t para o trecho de Recife a Salvador, principalmente para as primeiras 50 milhas.

No período de verão pode ser notado um ponto de máxima densidade localizado a nordeste do Arquipélago de Fernando de Noronha, resultado de uma faixa de máxima salinidade que alcançou esta cota apenas nesta estação oceanográfica.

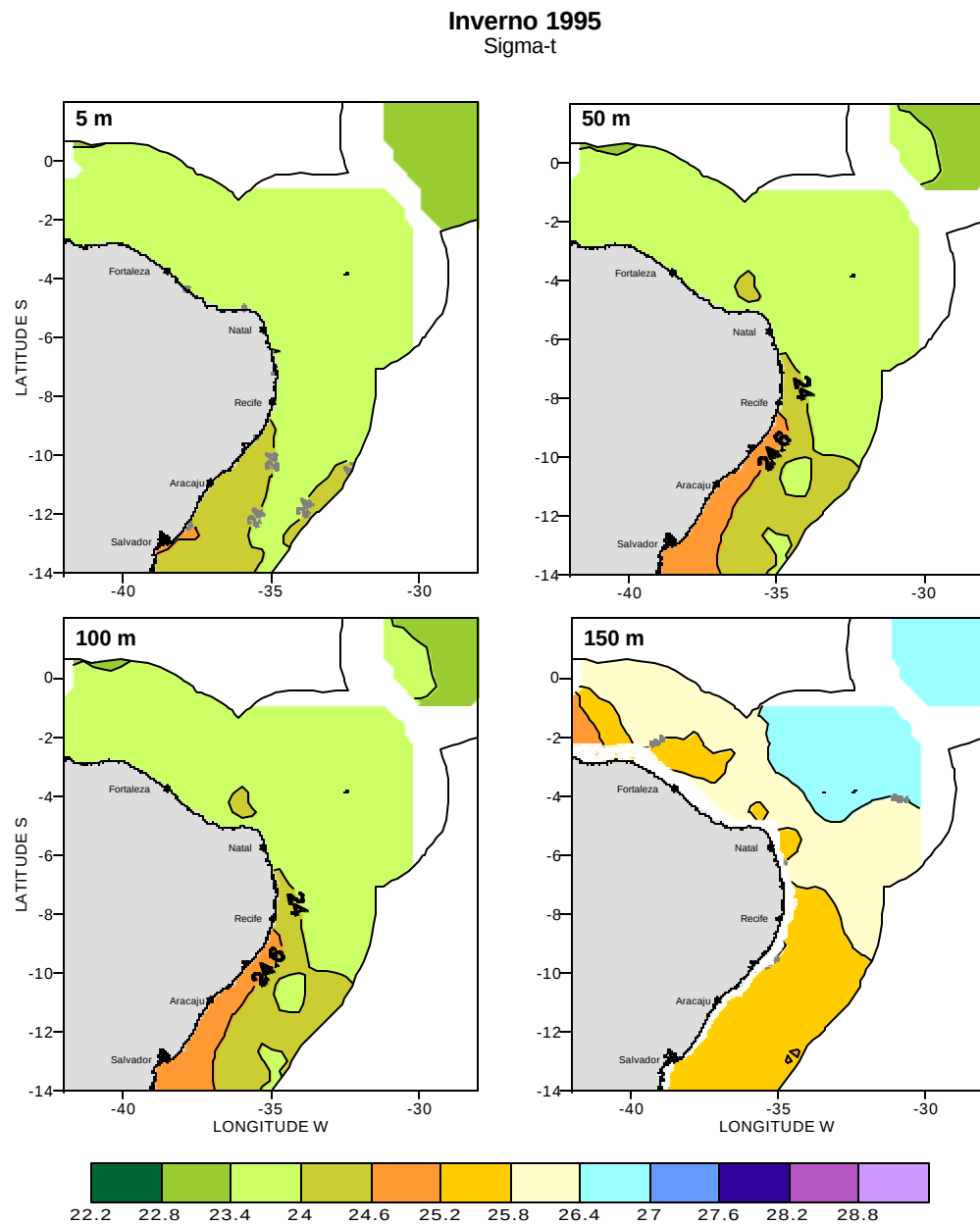


Figura 22. Distribuição horizontal de σ_t a 5, 50, 100 e 150 m de profundidade durante o período de inverno/95.

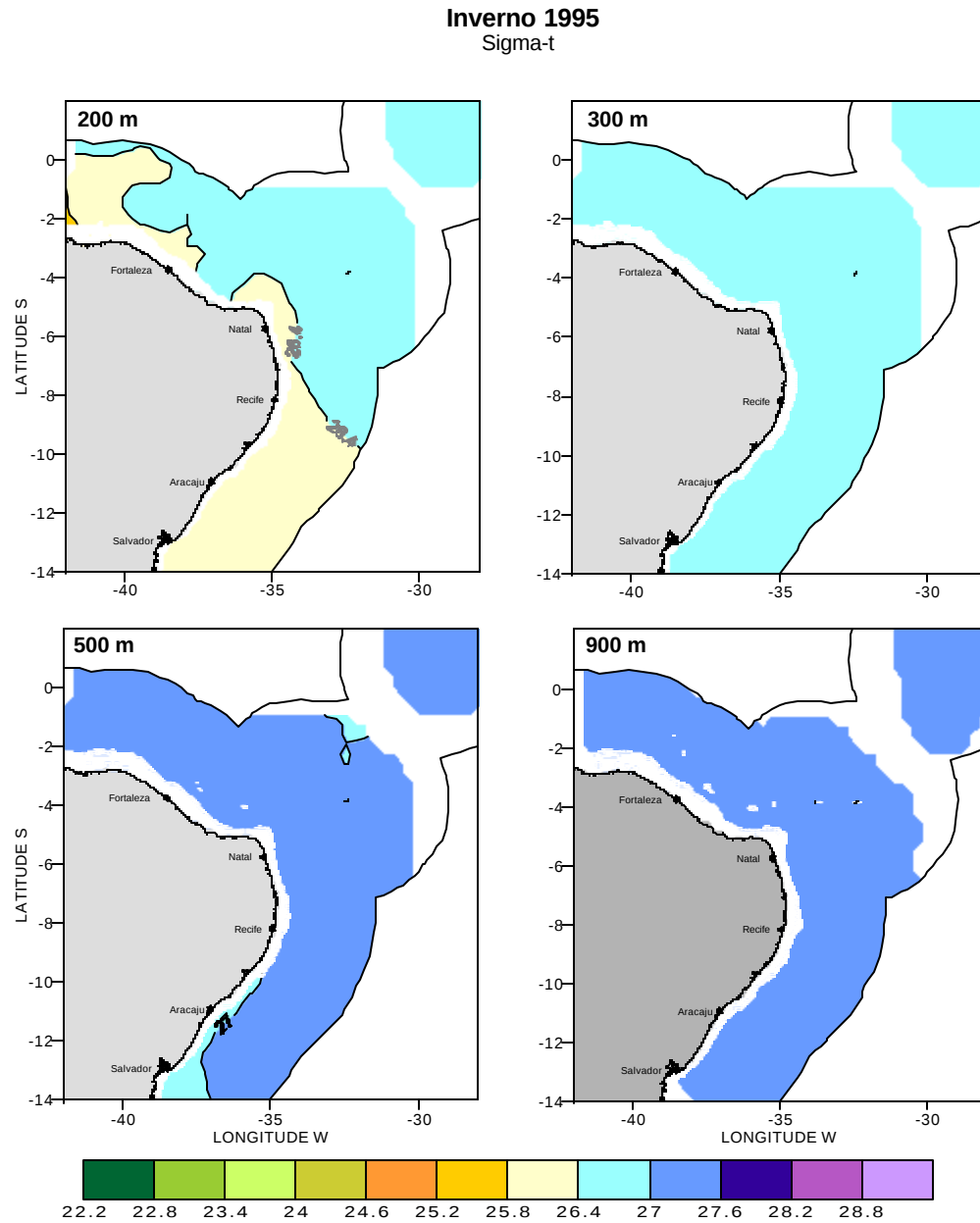


Figura 23. Distribuição horizontal de σ_t a 200, 300, 500 e 900 m de profundidade durante o período de inverno/95.

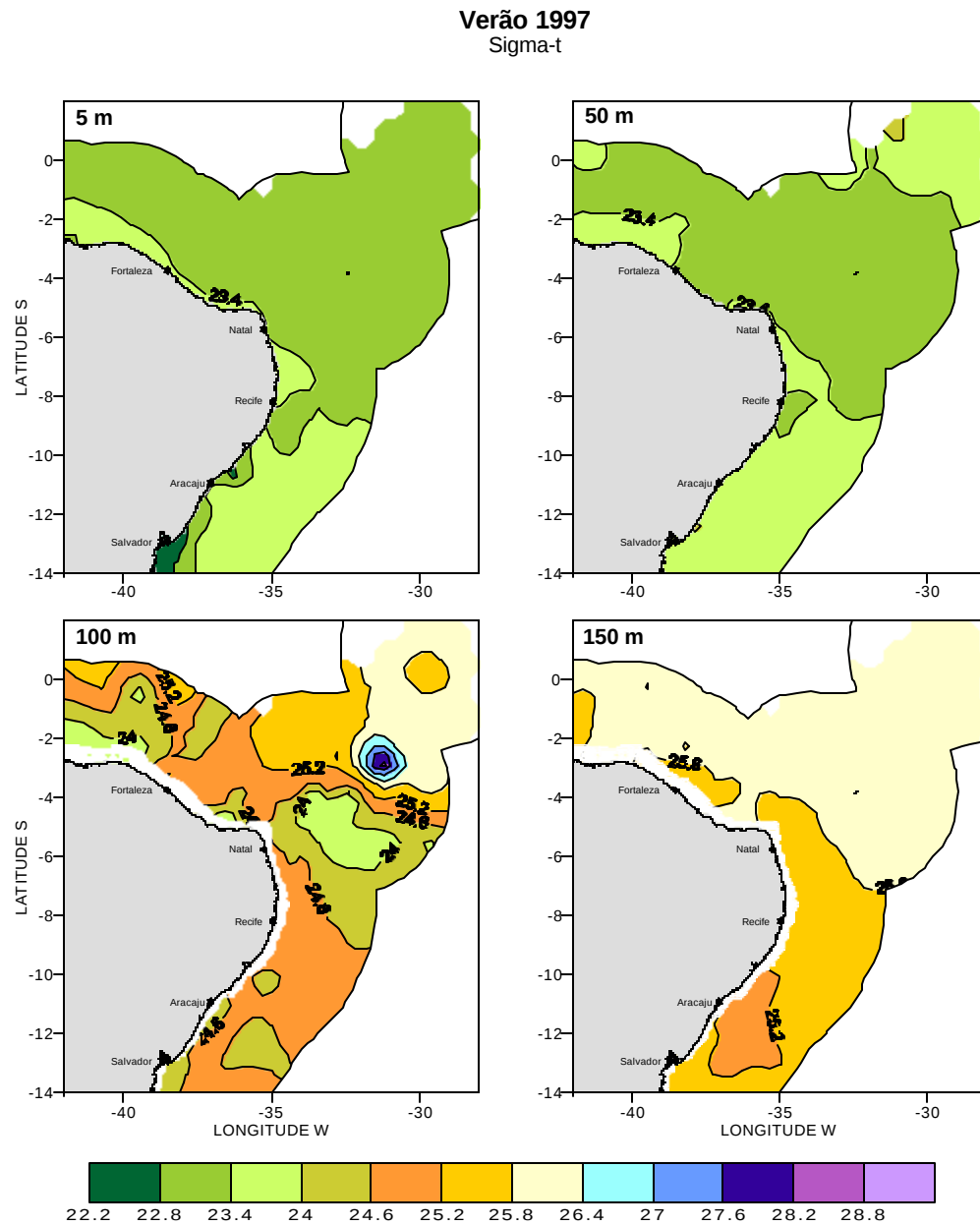


Figura 24. Distribuição horizontal de σ_t a 5, 50, 100 e 150 m de profundidade durante o período de verão/97.

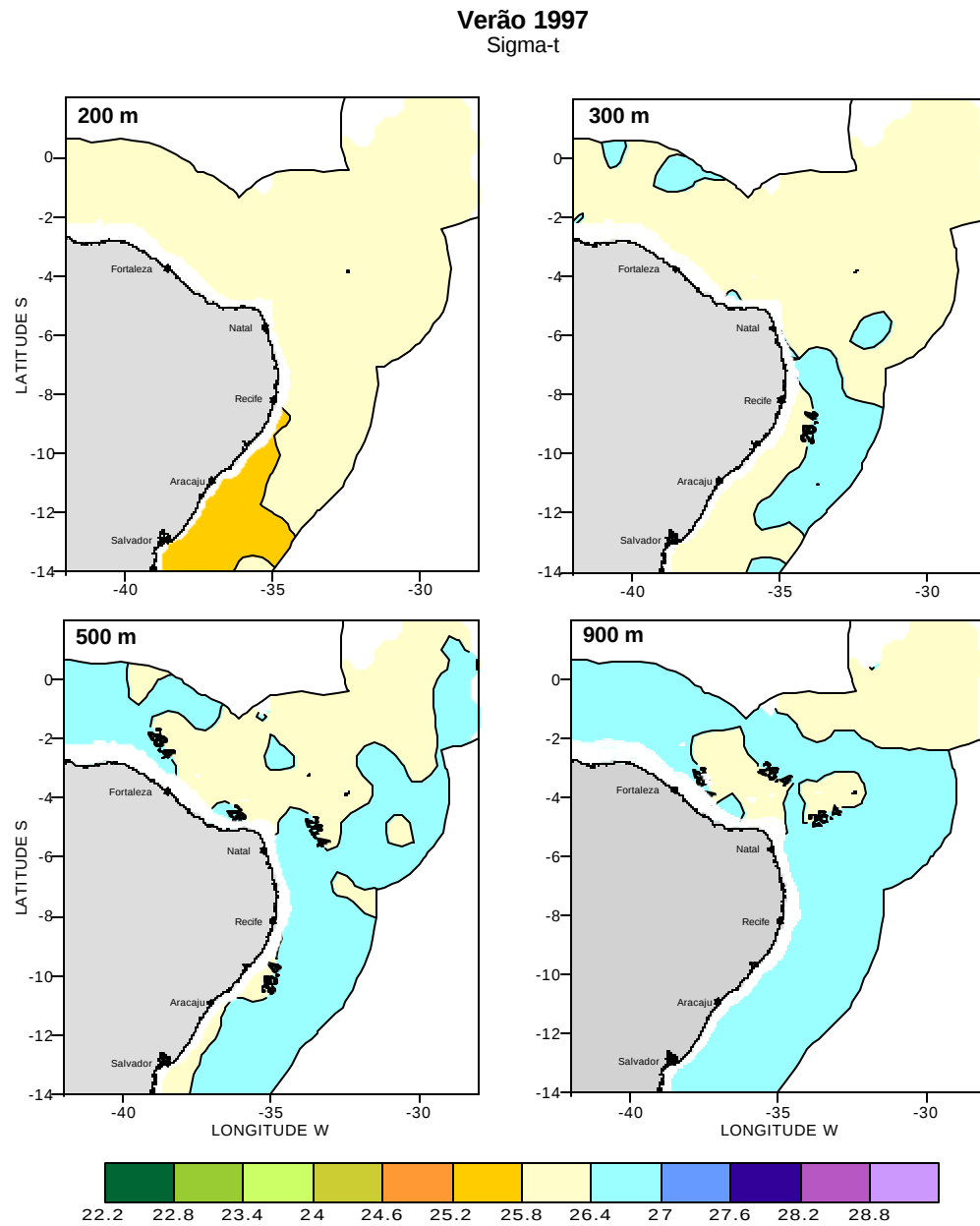


Figura 25. Distribuição horizontal de σ_t a 200, 300, 500 e 900 m de profundidade durante o período de verão/97.

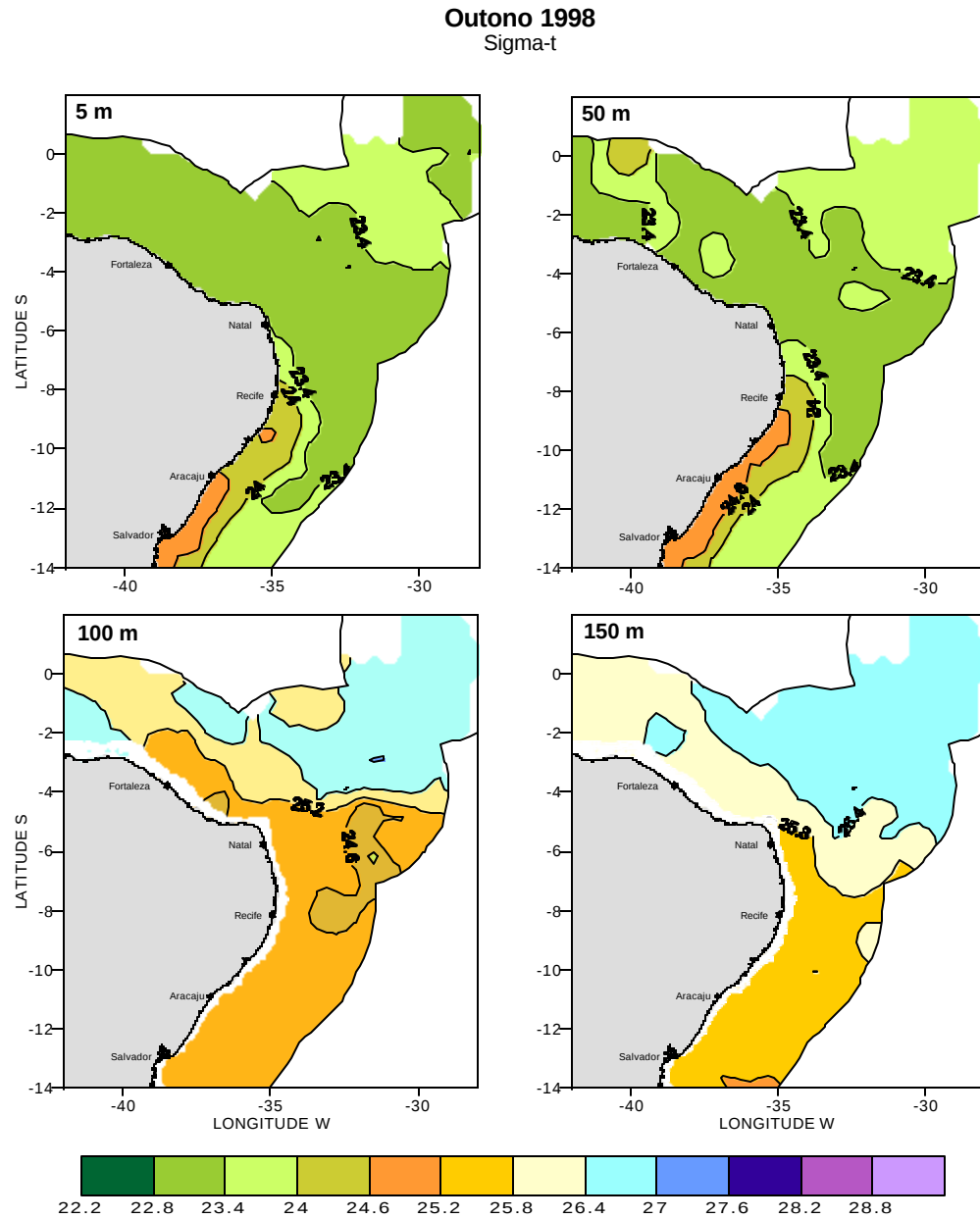


Figura 26. Distribuição horizontal de σ_t a 5, 50, 100 e 150 m de profundidade durante o período de outono/98.

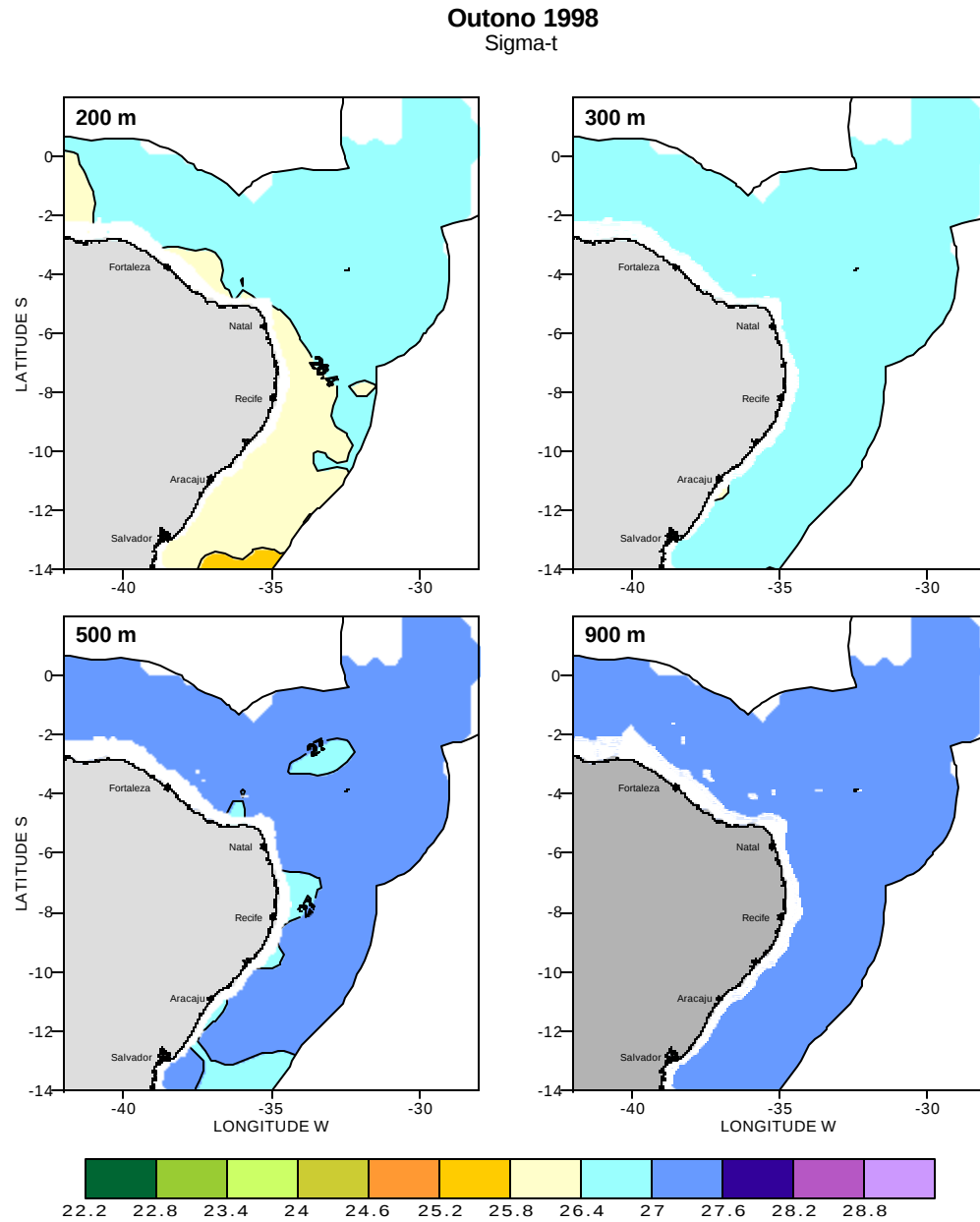


Figura 27. Distribuição horizontal de σ_t a 200, 300, 500 e 900 m de profundidade durante o período de outono/98.

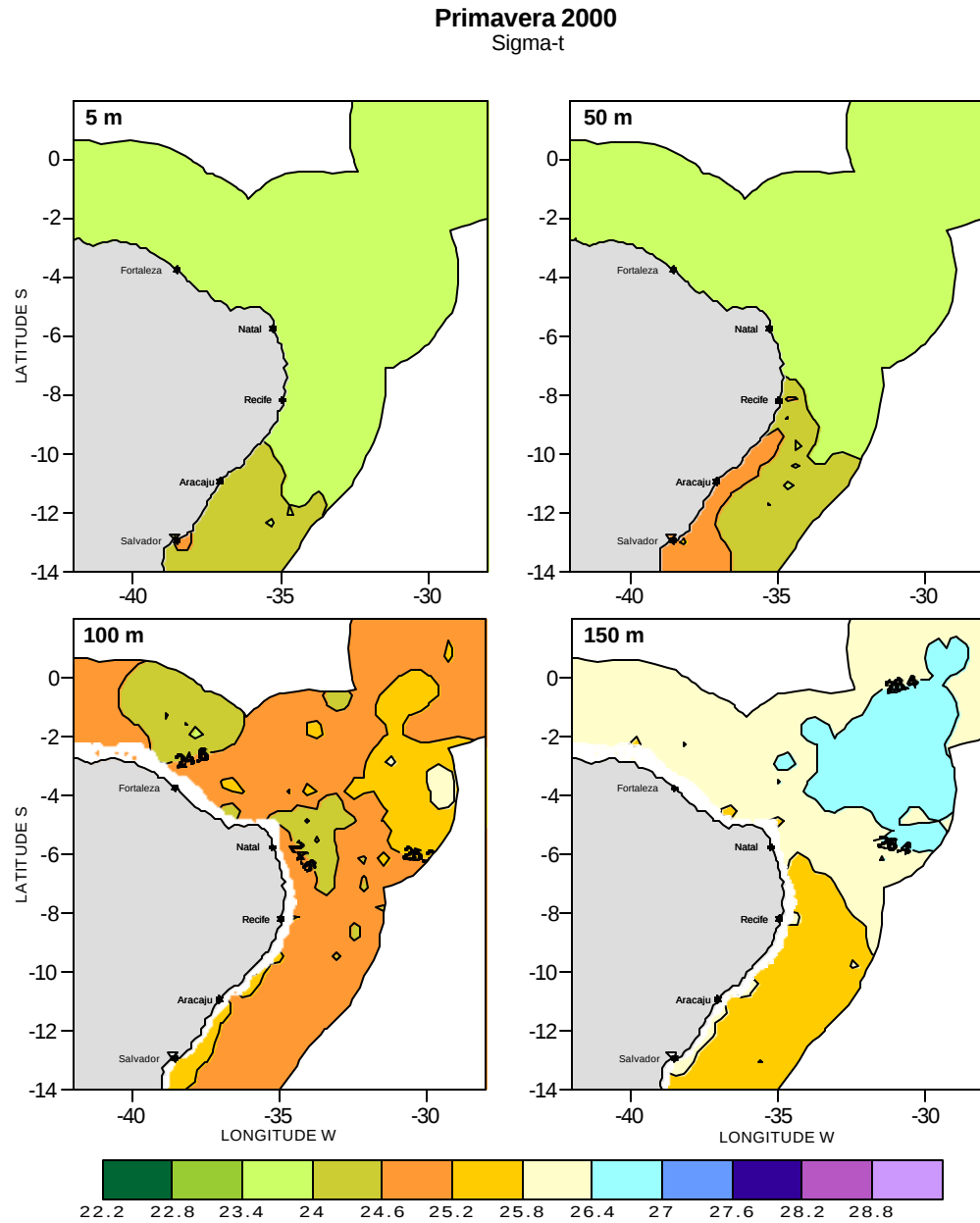


Figura 28. Distribuição horizontal de σ_t a 5, 50, 100 e 150 m de profundidade durante o período de primavera/00.

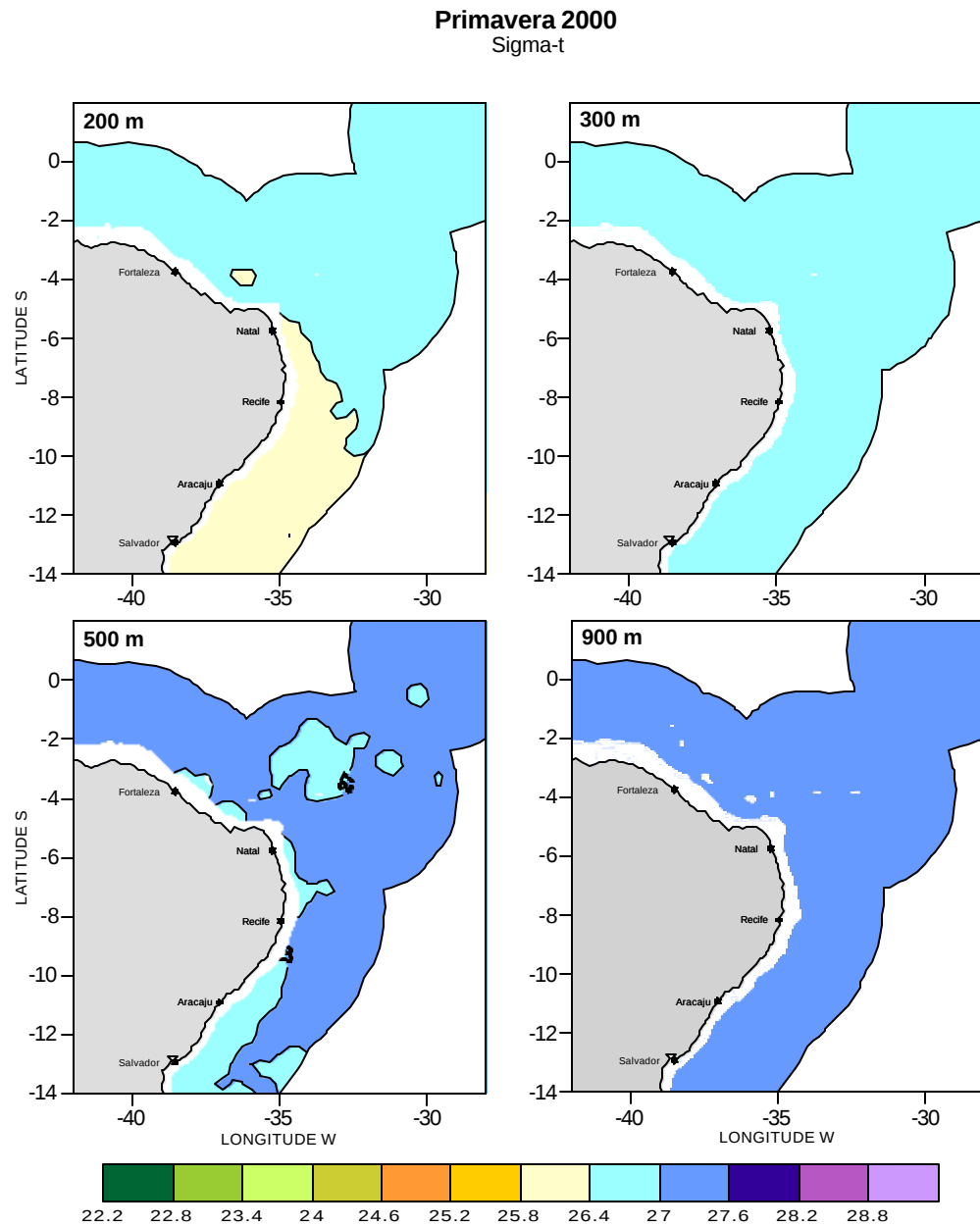


Figura 29. Distribuição horizontal de σ_t a 200, 300, 500 e 900 m de profundidade durante o período de primavera/00.

Massas D'água

Cinco massas de água são reportadas para a área: a Água Tropical Superficial (ATS), a Água Central do Atlântico Sul (ACAS), a Água Antártica Intermediária (AAI), a Água Profunda do Atlântico Norte (APAN) e a Água Antártica de Fundo (AAF) (Miranda, 1982; Stramma e Schott, 1999).

Diagramas T-S confeccionados com base nos perfis de CTD obtidos durante os períodos de inverno/95, verão/97, outono/98 e primavera/00 na ZEE-NE são apresentados nas figuras 30 a 37. O universo de dados foi agrupado em 7 sub-regiões, a saber, área costeira e de talude, área do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, área dos bancos da Cadeia Norte do Brasil, área da Cadeia de Rocas-Fernando de Noronha, e áreas oceânicas Norte, Leste e Sul, para facilitar sua visualização e análise.

Os dados estão representados com coloração diferenciada de acordo com seus índices de temperatura e salinidade em relação aos valores considerados identificadores das massas d'água encontradas na região, segundo o critério de proposto por Stramma e Schott (1999) (Tabela 3).

Diversos autores, como Miranda (1982), Ferreira da Silva *et al.* (1984) e Csanady (1987), têm sugerido índices alternativos, embora seus valores não difiram muito daqueles propostos por Stramma e Schott (1999). A escolha dos índices de Stramma e Schott (1999) para o presente trabalho, se deveu ao fato de ser este o critério que mais se aproximava da característica dominante das Águas Centrais, que é a existência de uma quase linearidade na relação T-S num intervalo considerável de valores (Ferreira, 2001).

Tabela 3. Parâmetros conservativos das massas d'água considerados para a área em estudo e código de cores usado no diagrama T-S.

	Temperatura (°C)	Salinidade	Código de Cor
ATS	20°	36,0	Vermelho
ACAS	5° ~ 20°	34,5 ~ 36,0	Marrom
AAI	5°	34,5	Azul

Nos diagramas T-S, empregou-se ainda uma coloração diferenciada para aqueles dados do perfil em que um dos parâmetros, temperatura ou salinidade, encontra-se com valor característico para uma massa d'água, mas com o outro parâmetro apresentando valor próprio da massa d'água adjacente inferior. Água com temperatura abaixo de 20° C (ACAS), mas com salinidade acima de 36,0 (ATS), bem como, água com temperatura abaixo de 5° C (AAI) e salinidade acima de 34,5 (ACAS), foram indicados por pontos com cor laranja. Da mesma forma, água com salinidade abaixo de 36,0 (ACAS) ou 34,5 (AAI), mas que apresentavam valores de temperatura acima de 20° C (ATS) ou 5° C (ACAS), respectivamente, foram indicados no diagrama na cor turquesa.

Água Tropical Superficial (ATS)

A ATS ocupa a camada misturada e a porção superior da termoclina. Sua temperatura varia de 26 °C (inverno) a 30 °C (verão) na superfície, e até 20 °C, no meio da termoclina. Apresenta salinidade relativamente constante ao longo da camada misturada, com valores entre 35,5 e 36,5. No topo da termoclina, esse valor sobe abruptamente para cerca de 37,5, e com salinidades gradativamente menores daí em diante (Figs. 30-33).

O limite inferior da ATS na área de estudo esteve situado a uma profundidade de 95 a 190 m durante o período de inverno/95, a profundidades de 75 a 215 m durante o verão/97, entre 125 e 200 m durante o outono/98 e entre 105 e 205 m durante a primavera/00 (Tabela 4). Esta massa d'água foi encontrada na camada superficial durante as quatro estações sazonais amostradas e em toda a área de estudo. Entretanto, no Arquipélago São Pedro e São Paulo, a ACAS apresentou seus menores valores de salinidade a superfície (Figs. 30, 32, 34 e 36). Esta diluição, pode está associada ao alto índice pluviométrico associado a ZCIT (Travassos *et al.*, 1997). Na área do Arquipélago, não foram identificadas águas com valores de salinidade próprios da ATS nos primeiros 50 m durante o inverno/95 e o verão/97, e

esta massa d'água esteve completamente ausente na coluna d'água durante o outono/98. Notavelmente, a ATS apresenta maior espessura na região oceânica sul, e menor no Arquipélago São Pedro e São Paulo.

O ponto superior de inflexão do diagrama TS corresponde à região do máximo de salinidade sub-superficial, com valores 1 a 1,5 unidades superiores aos valores encontrados à superfície.

Ferreira da Silva *et al.* (1984), Barnier *et al.*, (2001), Ferreira (2001), dentre outros, consideram a ATS distinta da Água de Máxima Salinidade, vindo as duas a formar a Água Tropical. Alguns como Pickard (1968), Stramma e Schott (1999), Flores Montes (2003), admitem a água de máxima salinidade contida dentro da ATS, que, portanto, tem o seu domínio até a parte inicial da termoclina.

Água Central do Atlântico Sul (ATS)

Logo abaixo da ATS encontramos a massa d'água ACAS, correspondendo ao trecho linear do diagrama T-S. Segundo Lozier *et al* (1995) *apud* Stramma e Schott (1999), a ACAS pode ser encontrada até os 15° N de latitude, onde encontra a Água Central do Atlântico Norte. Esta massa tende a apresentar salinidades mais reduzidas com o aumento da profundidade, a partir do início da termoclina

A ATS vem ocupar a camada entre os 85 e os 660 m de profundidade durante o inverno/95, entre 75 e 480 m durante o verão/97, dos 70 aos 625 m durante o outono/98 e a camada dos 90 aos 610 m no período de primavera/00 (Tabela 4). A ATS apresenta sua maior espessura durante o outono/98, na região oceânica leste, e menor durante o verão/97, na região em torno do Arquipélago São Pedro e São Paulo. Durante as quatro estações sazonais a ATS é encontrada em menor profundidade também na região oceânica leste, alcançando a maior profundidade durante o inverno/95 na região oceânica sul.

Os diagramas T-S durante o período de verão/97 (Figs. 32 e 33), apresentam uma discreta dispersão dos valores em relação às outras estações sazonais em que a ACAS se apresenta mais compactada formando quase uma linha. Verifica-se também uma maior quantidade de pontos em que os valores de salinidade encontram-se abaixo de 34,5 (AAI), mas com valores de temperatura acima de 5° C (ACAS). Na figura 33, o diagrama T-S para a região oceânica leste apresenta pontos com salinidade crescente e temperatura em torno dos 15° C, representando os dados da estação oceanográfica localizada em 02°51' S e 31°17' W, que também pôde ser observada nos mapas temáticos. Nesta estação, em torno dos 70 m de profundidade há uma elevação dos valores de salinidade até 44,3 aos 80 m, com 38,6 aos 100 m e 36,7 aos 120 m. Porém, as estações oceanográficas mais próximas apresentaram valor máximo de salinidade de 36,1 em todo o perfil. Na região de talude continental, a ACAS tem seu limite superior dentre as maiores profundidades de todas as regiões amostradas e em toda amplitude sazonal (Figs. 30, 32, 34 e 36).

Água Antártica Intermediária (AAI)

Encontrada abaixo da ACAS, com a interface correspondente ao início do segundo ponto de inflexão do diagrama, onde se observa a salinidade mínima e uma temperatura de cerca de 5 °C, visível para os perfis de CTD mais profundos. A AAI possui temperatura entre 3 e 5 °C, apresentando uma redução de salinidade e atingindo profundidade máxima em torno dos 1300 m.

É encontrada na faixa de profundidade, dentro do limite amostrado, entre os 575 e 1000 m no período de inverno/95, entre 695 e 1000 m durante o verão/97, entre 530 e 1000 m durante o outono/98, e entre 545 e 1000 m durante a primavera/00 (Tabela 4). Apresenta profundidades mais baixas na região oceânica sul através de todas as estações sazonais, onde alcança sua maior espessura no período do outono/98. Durante o verão/97, nota-se uma redução da presença da AAI nas regiões oceânicas sul e norte, e sua ausência nas demais regiões, para a camada amostrada (1000 m).

Tabela 4. Região de domínio (profundidades) das massas d'água ATS, ACAS e AAI nas sub-regiões da ZEE do NE-Brasileiro de acordo com o período da coleta dos dados.

Período	Sub-região	ATS	ACAS	AAI
Inverno/95	Oceânica S	0 a 190	125 a 660	575 a 1000
	Oceânica E	0 a 150	85 a 590	920 a 990
	Oceânica N	0 a 150	135 a 590	625 a 930
	Plataforma/Talude	0 a 170	135 a 610	685 a 958
	Cadeia F.Noronha	0 a 155	105 a 585	670 a 990
	Cadeia Norte Brás.	0 a 155	140 a 540	635 a 965
	A SPedroSPaulo	55 a 95	95 a 620	725 a 900
Verão/97	Oceânica S	0 a 215	135 a 460	695 a 1000
	Oceânica E	0 a 135	75 a 480	--
	Oceânica N	0 a 140	105 a 375	965 a 1000
	Plataforma/Talude	0 a 195	130 a 440	--
	Cadeia F.Noronha	0 a 135	110 a 345	--
	Cadeia Norte Brás.	0 a 155	105 a 340	--
	A SPedroSPaulo	55 a 75	80 a 300	--
Outono/98	Oceânica S	0 a 200	135 a 605	530 a 1000
	Oceânica E	0 a 140	70 a 625	660 a 1000
	Oceânica N	0 a 140	100 a 540	665 a 1000
	Plataforma/Talude	0 a 170	140 a 620	655 a 960
	Cadeia F.Noronha	0 a 125	90 a 555	975 a 1000
	Cadeia Norte Brás.	0 a 130	115 a 540	710 a 920
	A SPedroSPaulo	--	75 a 585	775 a 940
Primavera/00	Oceânica S	0 a 205	135 a 540	545 a 1000
	Oceânica E	0 a 155	90 a 545	670 a 1000
	Oceânica N	0 a 140	130 a 480	685 a 1000
	Plataforma/Talude	0 a 180	150 a 610	595 a 1000
	Cadeia F.Noronha	0 a 145	105 a 545	680 a 1000
	Cadeia Norte Brás.	0 a 160	135 a 485	740 a 1000
	A SPedroSPaulo	0 a 105	100 a 560	770 a 1000

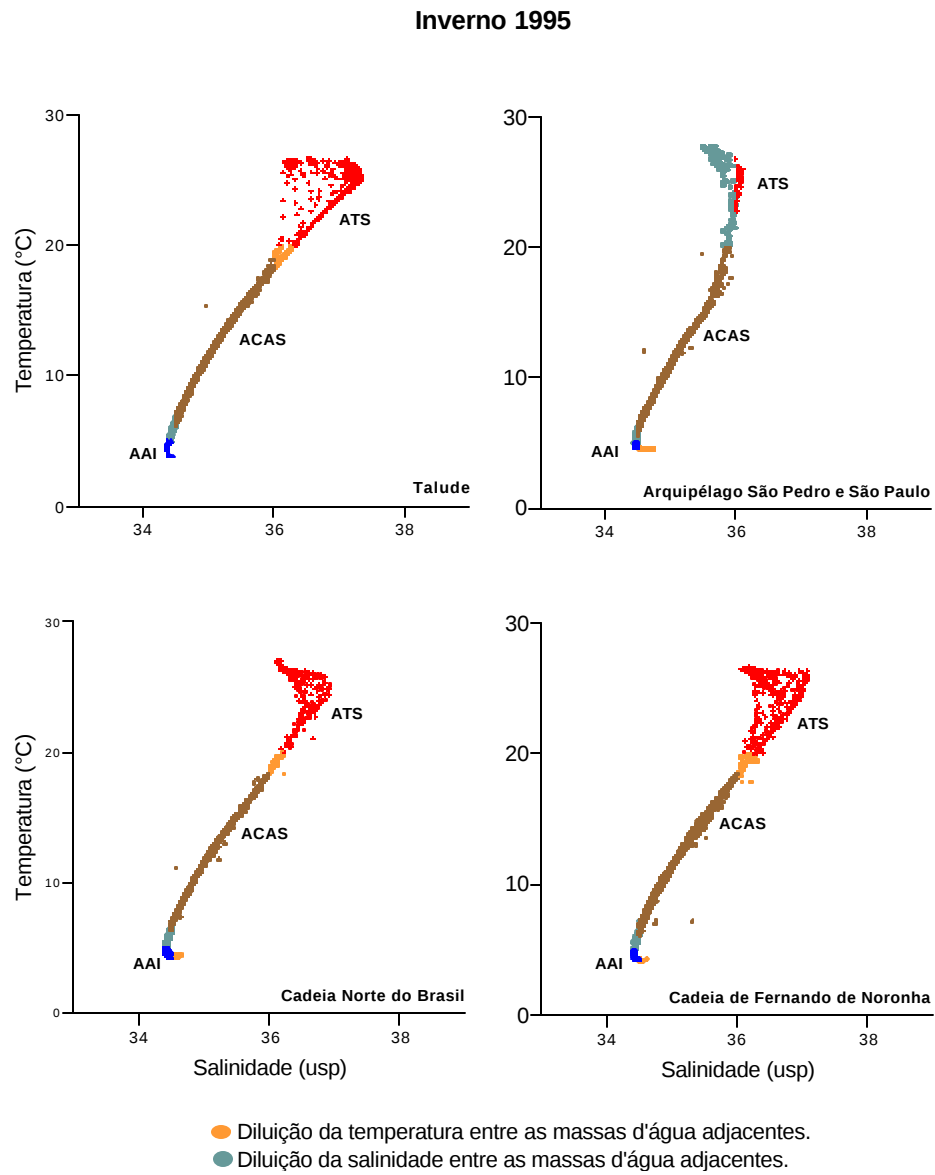


Figura 30. Diagramas T-S para a região de Plataforma/Talude, Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Cadeia Norte Brasileira e Cadeia de Fernando de Noronha durante o Inverno/95.

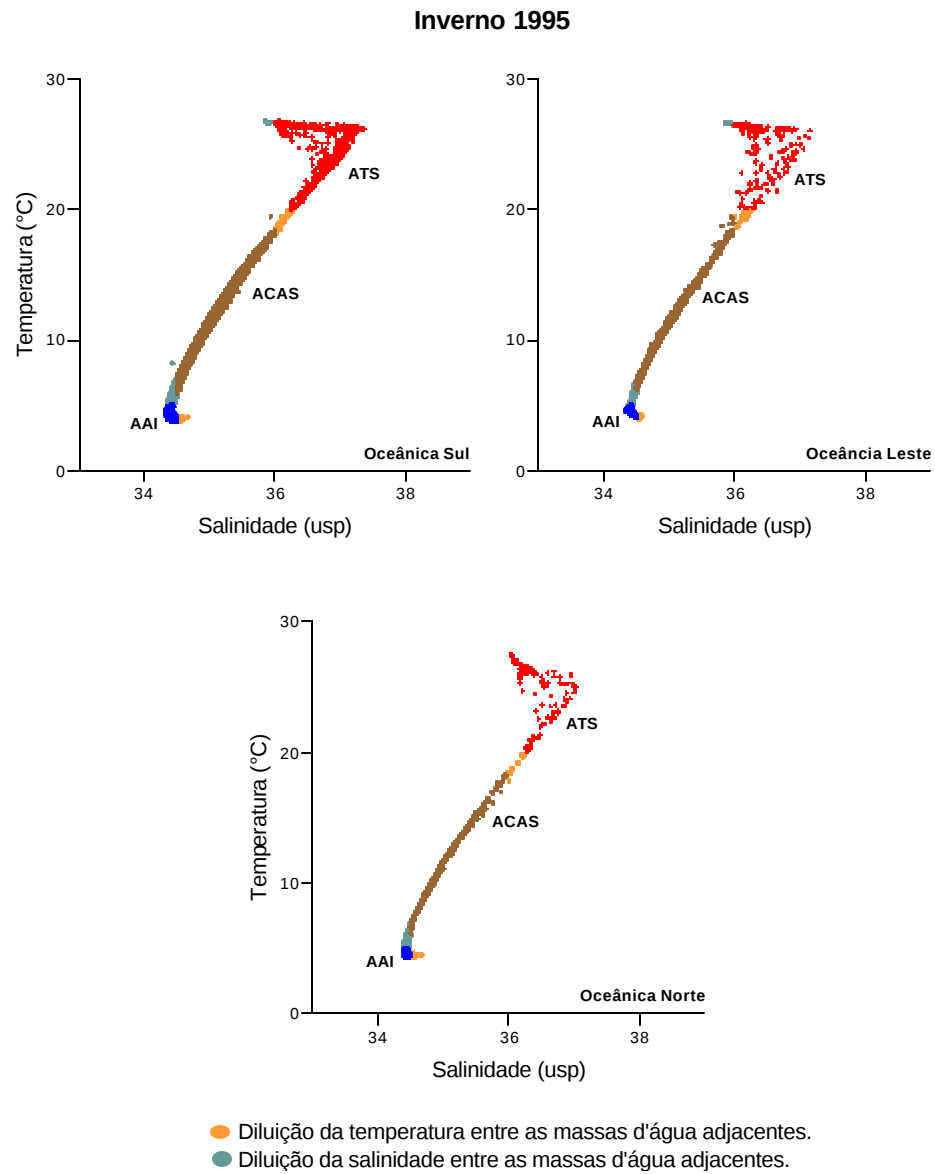


Figura 31. Diagramas T-S para a região Oceânica Sul, Oceânica Leste e Oceânica Norte o Inverno/95.

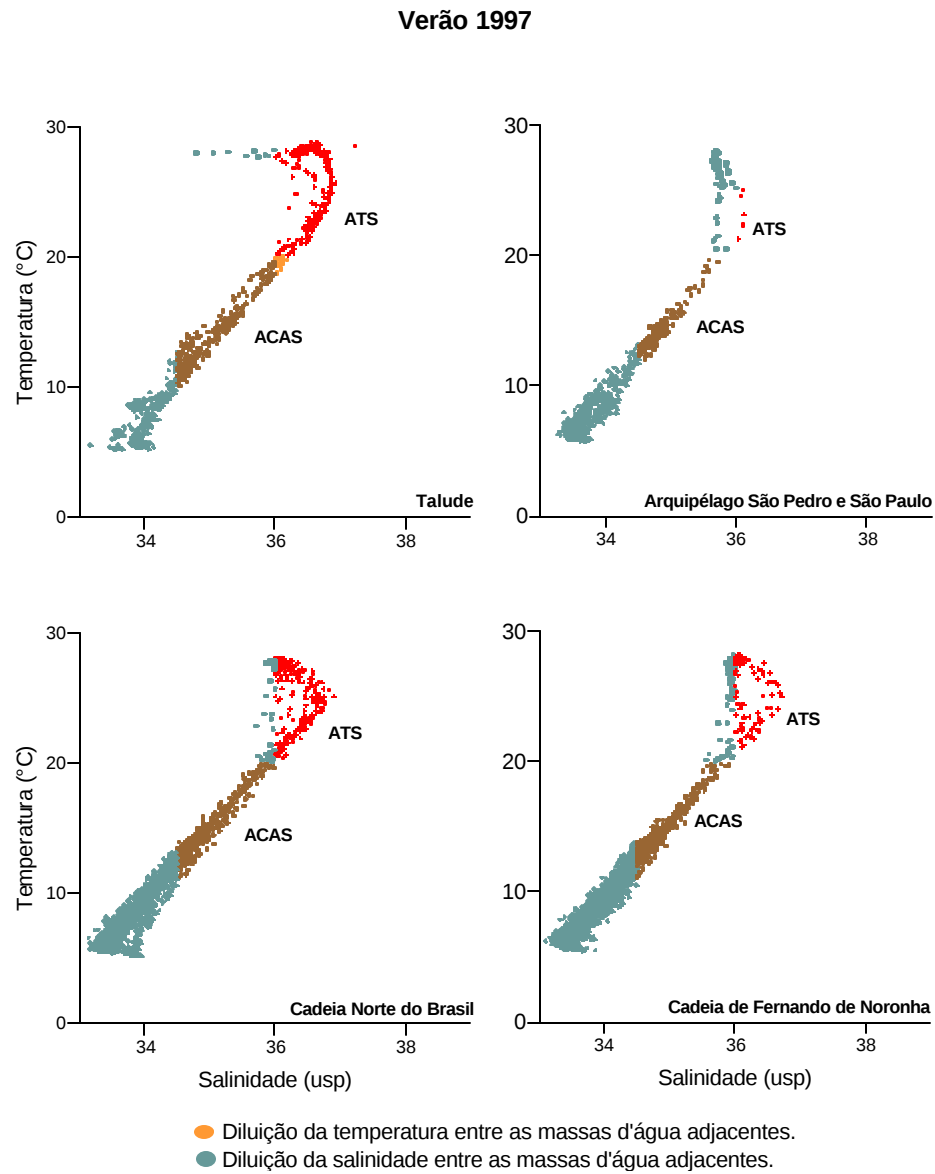


Figura 32. Diagramas T-S para a região de Plataforma/Talude, Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Cadeia Norte Brasileira e Cadeia de Fernando de Noronha durante o Verão/97.

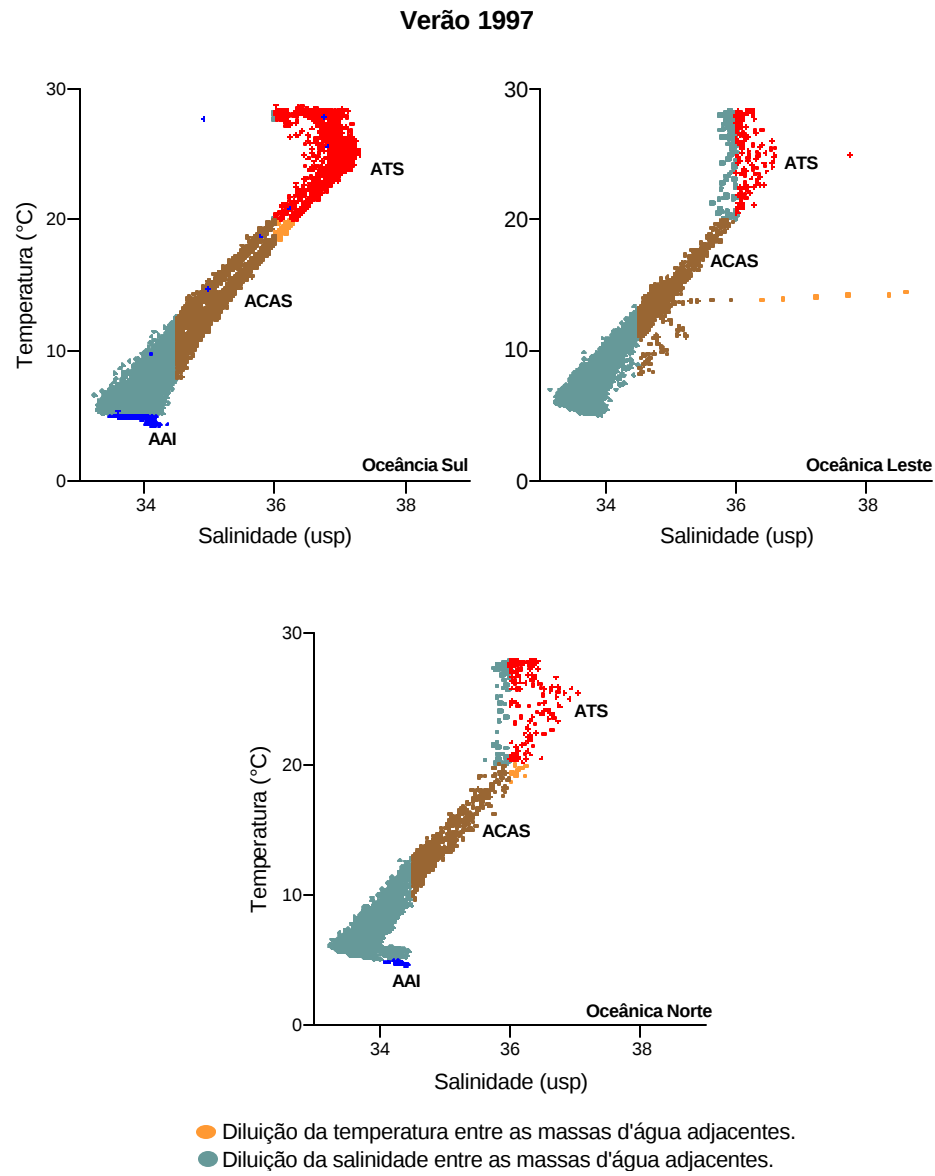


Figura 33. Diagramas T-S para a região Oceânica Sul, Oceânica Leste e Oceânica Norte durante o Verão/97.

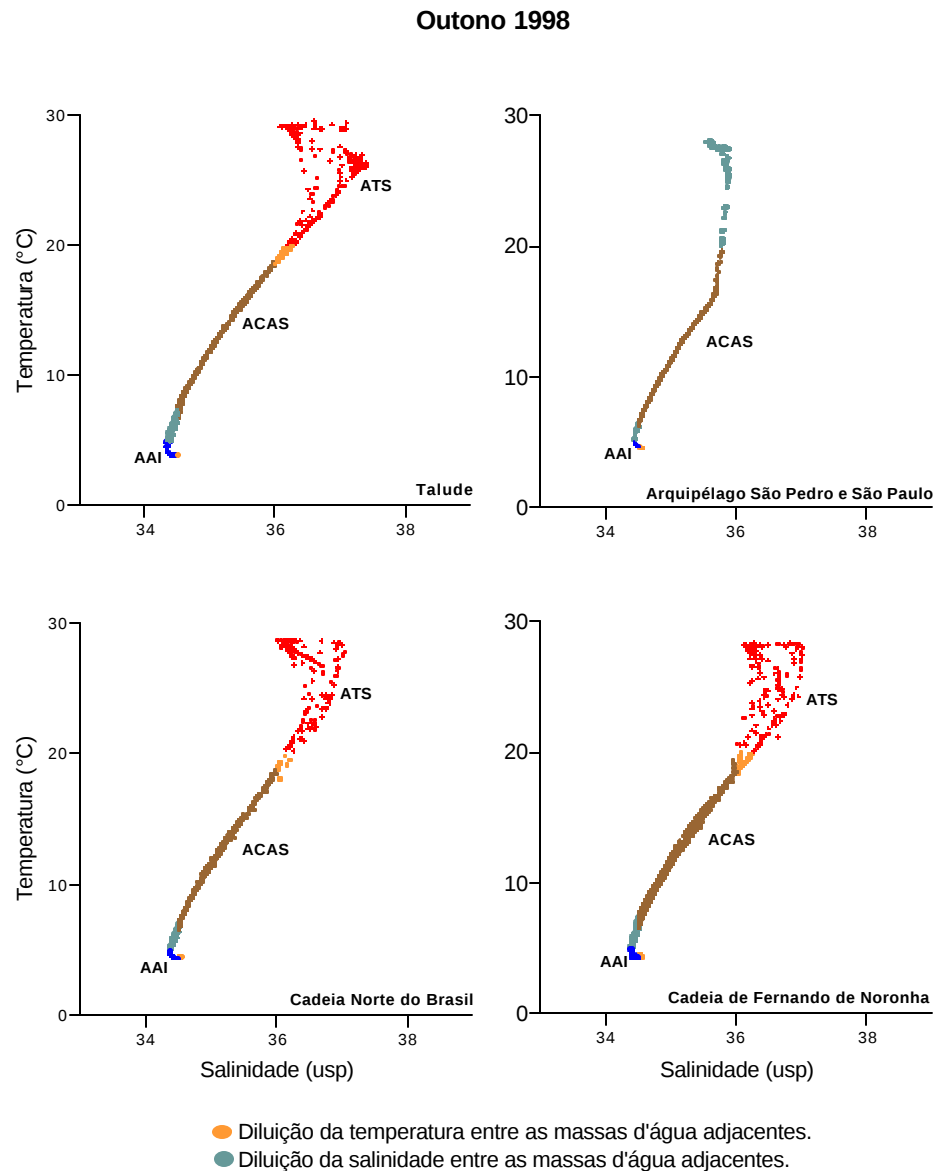


Figura 34. Diagramas T-S para a região de Plataforma/Talude, Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Cadeia Norte Brasileira e Cadeia de Fernando de Noronha durante o Outono/98.

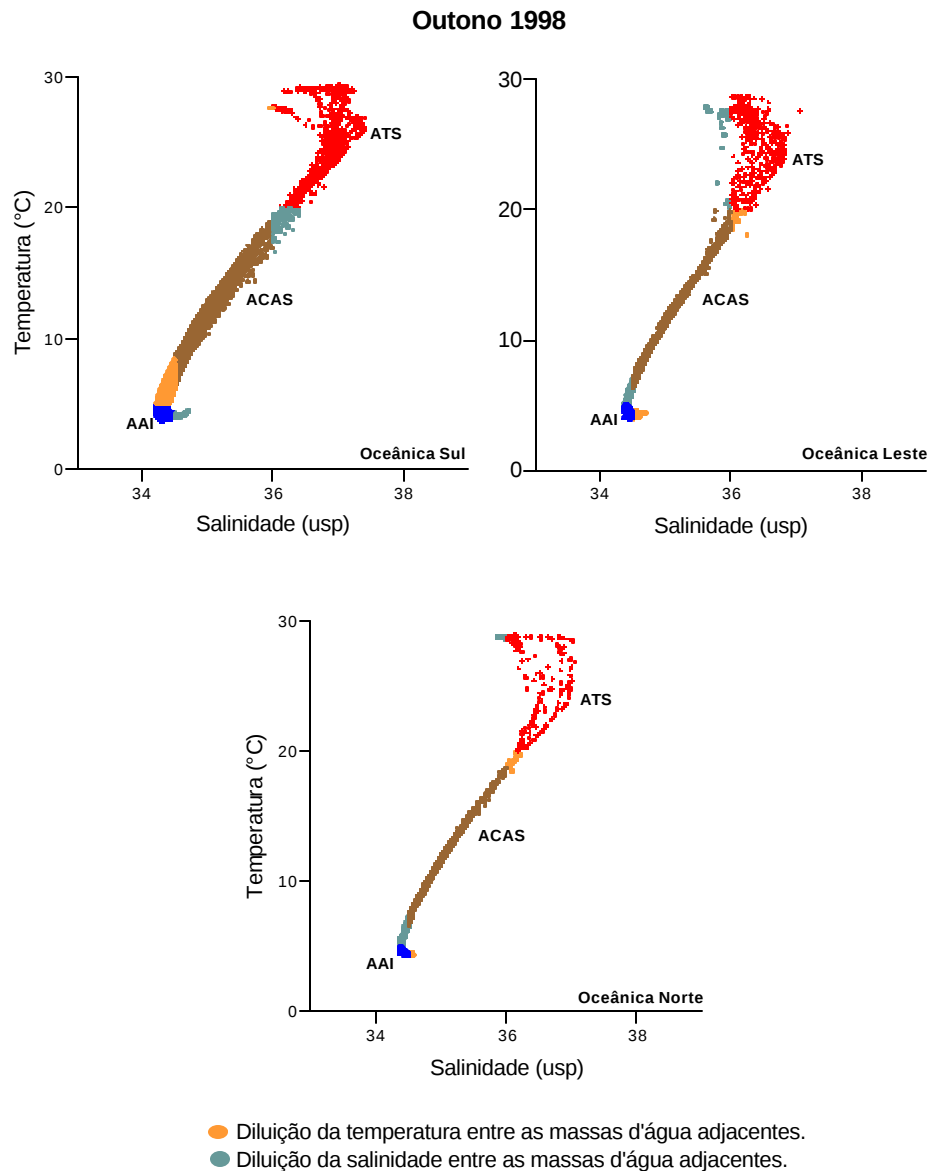


Figura 35. Diagramas T-S para a região Oceânica Sul, Oceânica Leste e Oceânica Norte durante o Outono/98.

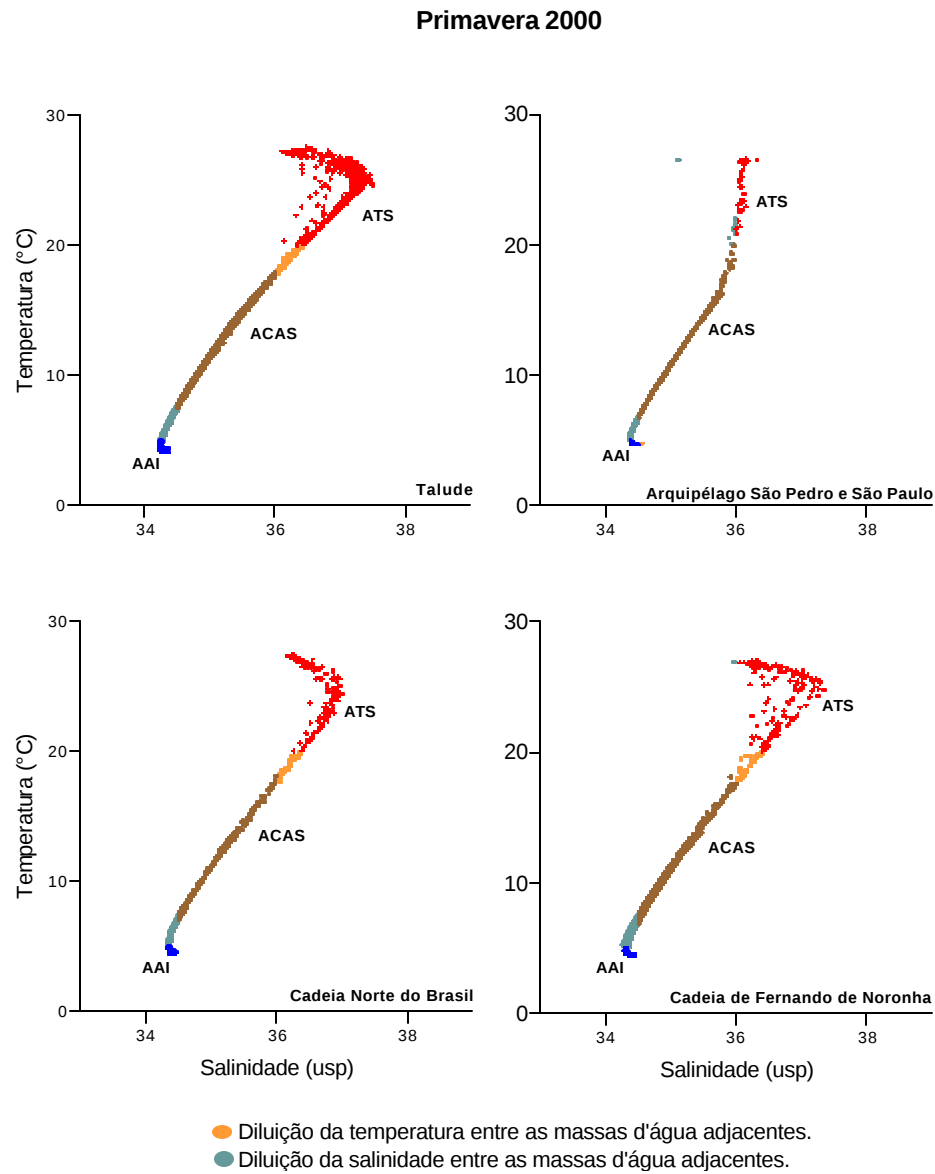


Figura 36. Diagramas T-S para a região de Plataforma/Talude, Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Cadeia Norte Brasileira e Cadeia de Fernando de Noronha durante a Primavera/00.

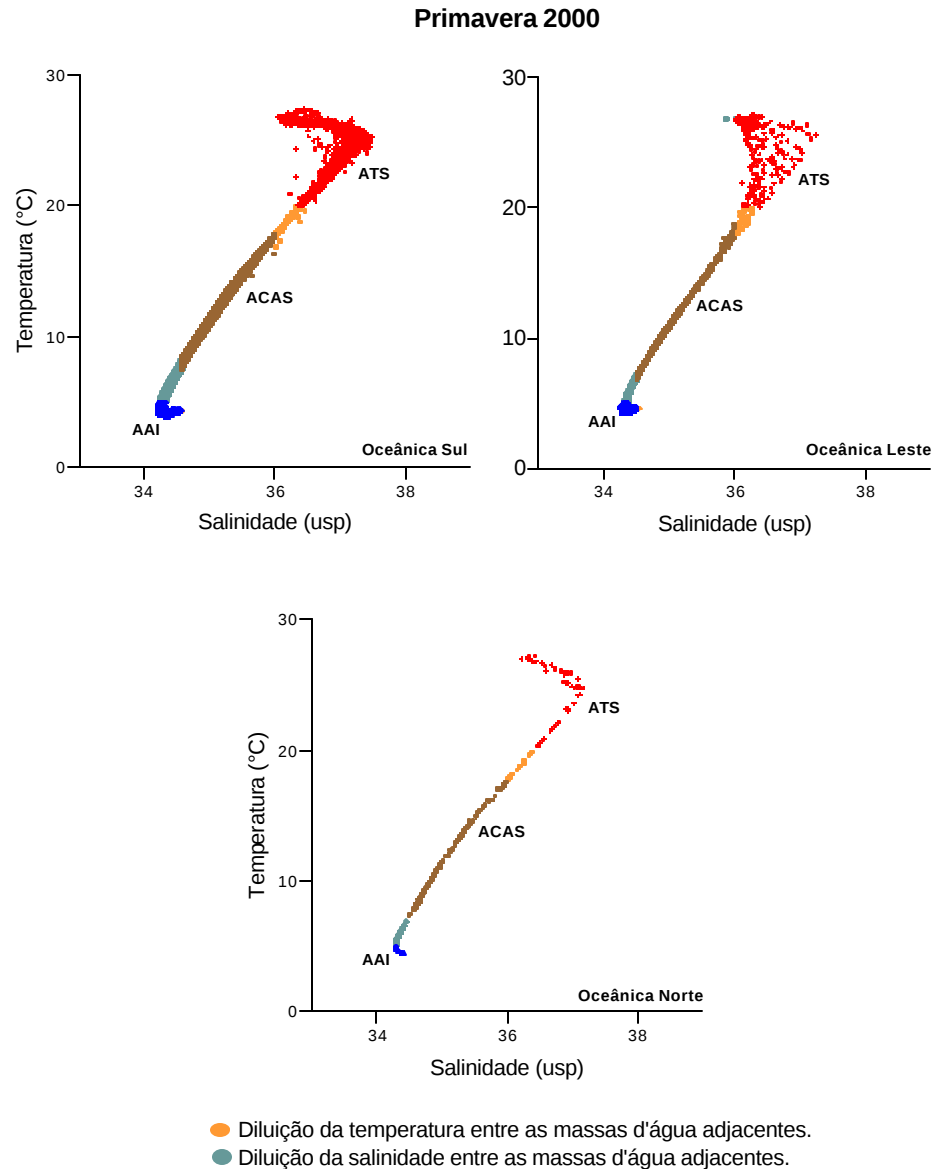


Figura 37. Diagramas T-S para a região Oceânica Sul, Oceânica Leste e Oceânica Norte durante a Primavera/00.

Áreas de Plataforma e Talude

Com base na disponibilidade de estações amostradas, foram traçadas 49 transessões, sendo 13 para o período de inverno/95, 10 para o de verão/97, 8 para o de outono/87 e 18 para o de primavera/00, de modo a permitir uma visão mais detalhada da estrutura vertical termohalina e da densidade ao longo da região de talude da ZEE-NE.

As localizações das transessões estão indicadas na Figura 4. A malha amostral disponível foi de 3 a 5 estações, incluindo perfis obtidos com CTD e XBT. Entretanto, em alguns casos, pode ter sido limitada a detecção de fenômenos de ressurgência de pequena escala. A extensão das transessões foi determinada pelo número e posição das estações de coleta.

As figuras 38 a 50 representam as transessões traçadas a partir dos levantamentos durante o inverno/95, as figuras 51 a 60, aquelas com base nos dados coletados durante o verão/97. As figuras 61 a 68 e figuras 69 a 86 representam, respectivamente, as transessões para os períodos de outono/98 e primavera/00. Nestas figuras os limites superiores e inferiores da ACAS é ressaltado na cor vermelha.

As áreas de ressurgência são de grande interesse para a atividade pesqueira, por representarem áreas de elevada produção primária e, conseqüentemente, de maior produção pesqueira. A manutenção da alta produtividade biológica nestas regiões se dá através de um aporte de nutrientes para a área, a partir de camadas mais profundas.

Vários mecanismos podem operar propiciando a ressurgência em áreas de talude, dentre os quais o cisalhamento do vento, a interação entre ondas costeiras e a topografia de fundo, a formação de pequenos vórtices ligados às correntes de fronteira oeste, a interação entre ondas internas e o talude, etc (Pond e Pickard, 1983; Condie, 1997; Travassos, 1997).

Apesar de sua importância para a pesca, o número de trabalhos que focalizam o fenômeno da ressurgência de borda de talude ao longo da costa brasileira é ainda reduzido, principalmente para o trecho Nordeste. A maioria dos trabalhos foi realizada ao longo das costas este-sudeste (Castro Filho et al., 1987; Campos et al., 1995). Na região Sul, as ressurgências de borda de plataforma chegam à superfície e tem sido freqüentemente evidenciadas através de imagens de satélite (Podestá, 1990) e perfis hidrográficos (SHN, 1969).

Para a região do Nordeste brasileiro, o panorama é justo o oposto. As imagens de satélite normalmente indicam a não ocorrência de ressurgência de superfície com exceção de algum indicativo para a região da bifurcação da corrente Sul Equatorial e de áreas muito limitadas próximo a alguns bancos oceânicos. Isso se deve a maior estabilidade das águas tropicais, devido à presença de uma termoclina acentuada e profunda que age como uma barreira entre as águas superficiais e profundas.

A região do talude seria uma das regiões do Atlântico tropical passível de ressurgência por sua condição de área de correntes de fronteira oeste e através da interação entre morfologia da área e ondas internas ou costeiras aprisionadas.

Exames das várias transessões traçadas através da região de talude ao longo da costa NE brasileira, com base nos perfis hidrográficos obtidos durante as 4 expedições do Noc. Antares na ZEE-NE, indicam que ao longo da porção mais norte da área (litorais do Piauí e Ceará, Figs. 38-41, 51-53, 61 e 69-71), as isotermas acham-se dispostas de forma paralelas, verificando-se uma compressão das isotermas mais superficiais, e um ligeiro rebaixamento das mesas, mais próximo à costa. Por volta dos 600-800 m, encontra-se a zona de salinidade mínima (34,2). Os valores de σ_t variam entre 23,0 próximo a superfície e 27,4 aos 1000 m de profundidade. Exceto para o período de primavera, a massa d'água presvalente sobre a plataforma continental é a ATS. Na primavera, o limite ATS/ACAS corresponde por vezes à borda do talude, com as isotermas mais espaçadas e

mostrando alguma expansão sobre a plataforma.

Ao longo da costa do Rio Grande e norte da Paraíba (Figs. 42-45, 54, 61-62 e 71-76), a camada de termoclina apresenta igualmente uma redução em sua espessura com a aproximação da costa, embora relativamente de menor intensidade. A posição da termoclina relativa a quebra de plataforma acha-se mais superficial, sobretudo ao longo da transessão correspondente ao Cabo Calcanhar.

A zona de máximo de salinidade, com média de 36,6 usp, está situada em torno dos 100 m de profundidade. As isohalinas e isopícnias apresentam um leve grau de soerguimento em direção à costa, estando o nível da haloclina muito próximo ao da borda da plataforma, principalmente durante o período de primavera. Para a sessão norte da ZEE-NE, esta seria possivelmente uma das áreas mais propícias a ressurgência de borda de plataforma.

Ao longo da costa pernambucana (Figs. 63, 77-78), as isotermas acham-se mais expandidas, sobretudo, nos 300 m mais superficiais. A isoterma de 26 °C é encontrada mais superficialmente relativa à área norte da ZEE. Há um gradiente de salinidade superficial este-oeste bem definido com um aumento da salinidade em direção à costa. A região do máximo de salinidade é mais acentuada estando situada por volta dos 100 m de profundidade e com salinidades de cerca de 37,0 usp. Os valores de sigma variam entre 23,8 e 27,4. As flutuações em densidade responderam principalmente às flutuações em salinidade.

Na região de talude da costa alagoana (Figs. 46-47, 55, 64-66 e 79-81), a posição da termoclina ocorre relativamente próxima a da borda de talude. O máximo de salinidade (37,3) é menos acentuado e ocorre mais próximo à costa e superficialmente. Verifica-se um ligeiro soerguimento das isotermas de 24 e 25 °C próximo ao talude, que por serem de águas muito superficiais talvez não sejam relevantes em termos de aportes de nutrientes. Esta seria outra região a ser estudada em mais detalhe para elucidar a ocorrência ou não da ressurgência.

O trecho mais sul da ZEE-NE, litoral de Sergipe e Bahia, apresenta um gradiente vertical de temperatura e salinidade, e conseqüentemente densidade menos acentuado, refletido por um maior distanciamento entre as isotermas e isohalinas (Figs. 48-50, 56-60, 67-68 e 82-86).

A região de máximo de salinidade na área oceânica situa-se a profundidade superior aos 100 m, enquanto que próximo à costa a salinidade de 37,0 usp ocorre desde a superfície até os 100 m de profundidade. Uma região de salinidade mínima é encontrada entre os 600 e 900 m de profundidade. Valores superficiais de σ_t são mais reduzidos na latitude dos $34,4^\circ$ (cerca de 23,8) e aumentam em direção à costa (24,4). Durante o período do verão verifica-se um aumento da temperatura e da salinidade superficial e a presença de um máximo de salinidade sub-superficial, mesmo próximo à costa.

Notavelmente para o perfil P13 no inverno (Fig. 50), perfil P8 no outono/98 (Fig. 68), ambos nas proximidades de Salvador, verifica-se um soerguimento acentuado das isotermas de 24,5 a 27 $^\circ\text{C}$ e em menor intensidade das isotermas de 19 a 24 $^\circ\text{C}$ nas primeiras 70 milhas da costa e principalmente entre 10 e 30 milhas da costa.

O mesmo padrão é identificado nas isohalinas e isopícnias, com valores de σ_t na superfície próximo à costa de 24,5. Dados sobre a concentração de nutrientes e de organismos planctônicos nesta área, obtidos por outros grupos que atuam junto ao programa REVIZEE, apontam igualmente para um maior nível de nutrientes e produtividade da área. Durante a primavera (Fig. 86), no entanto, este padrão não ficou evidente.

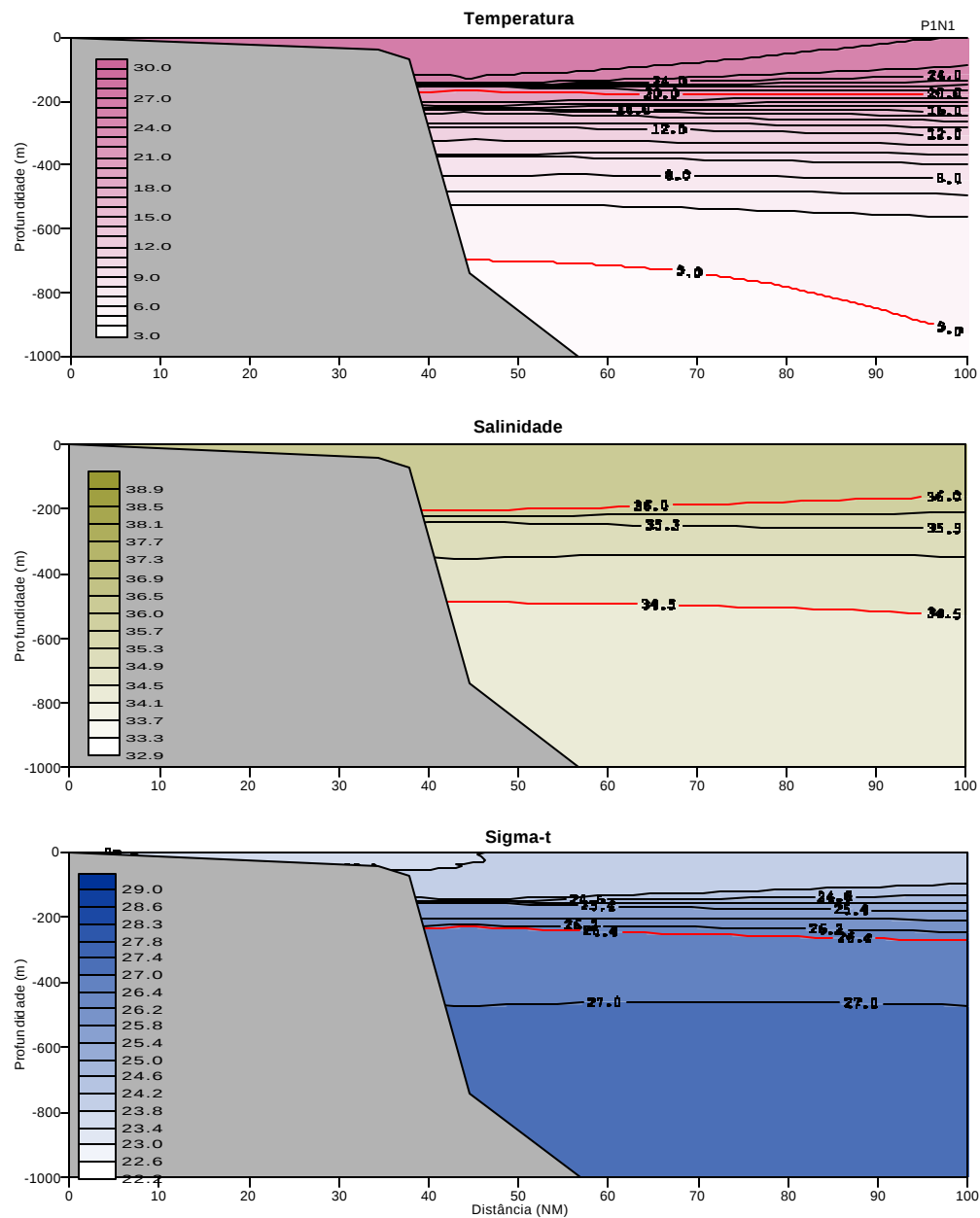


Figura 38. Estrutura vertical termohalina ($^{\circ}\text{C}$ e usp) e de densidade ao longo da transessão 1 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no inverno/95. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

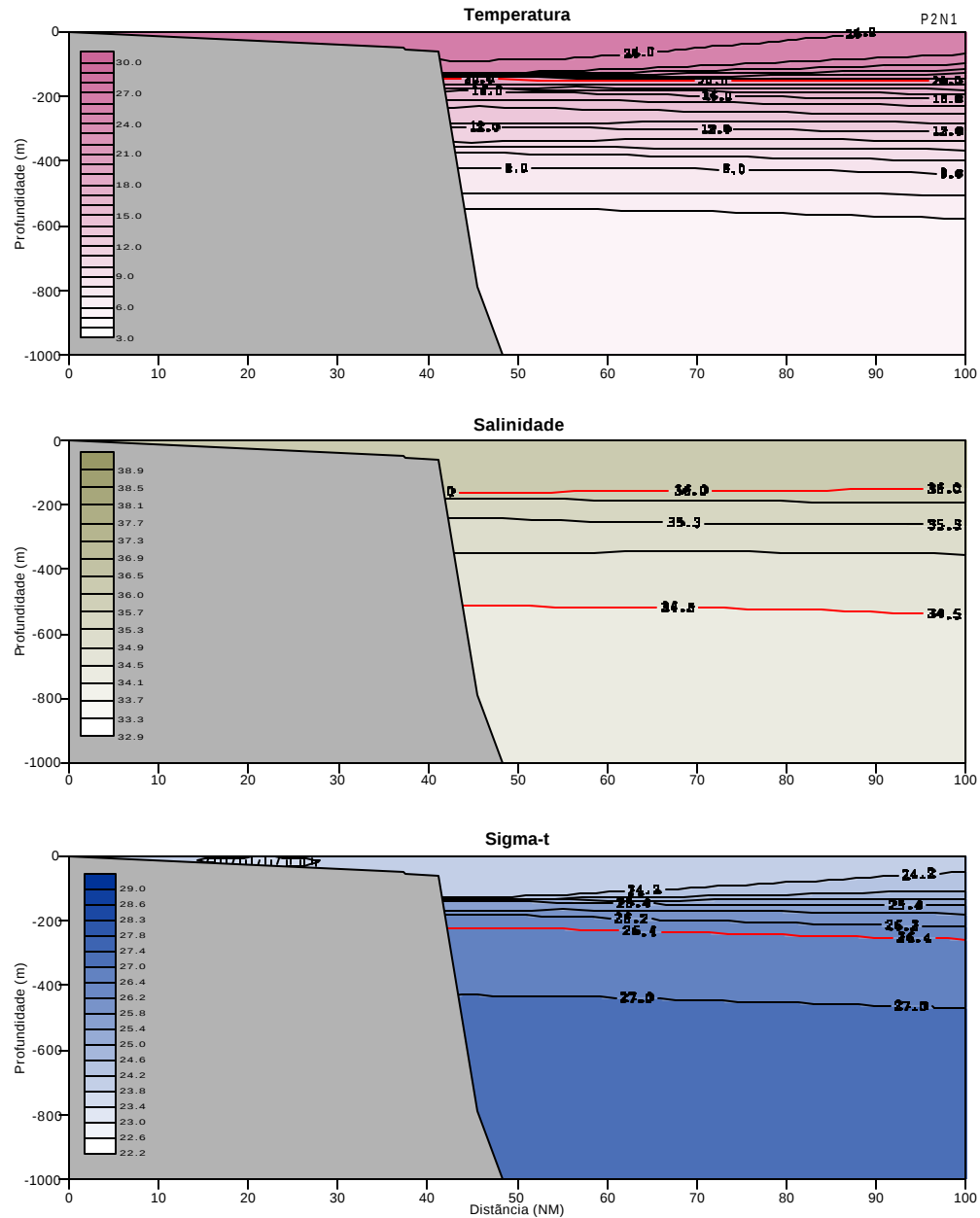


Figura 39. Estrutura vertical termohalina ($^{\circ}\text{C}$ e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 2 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no inverno/95. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

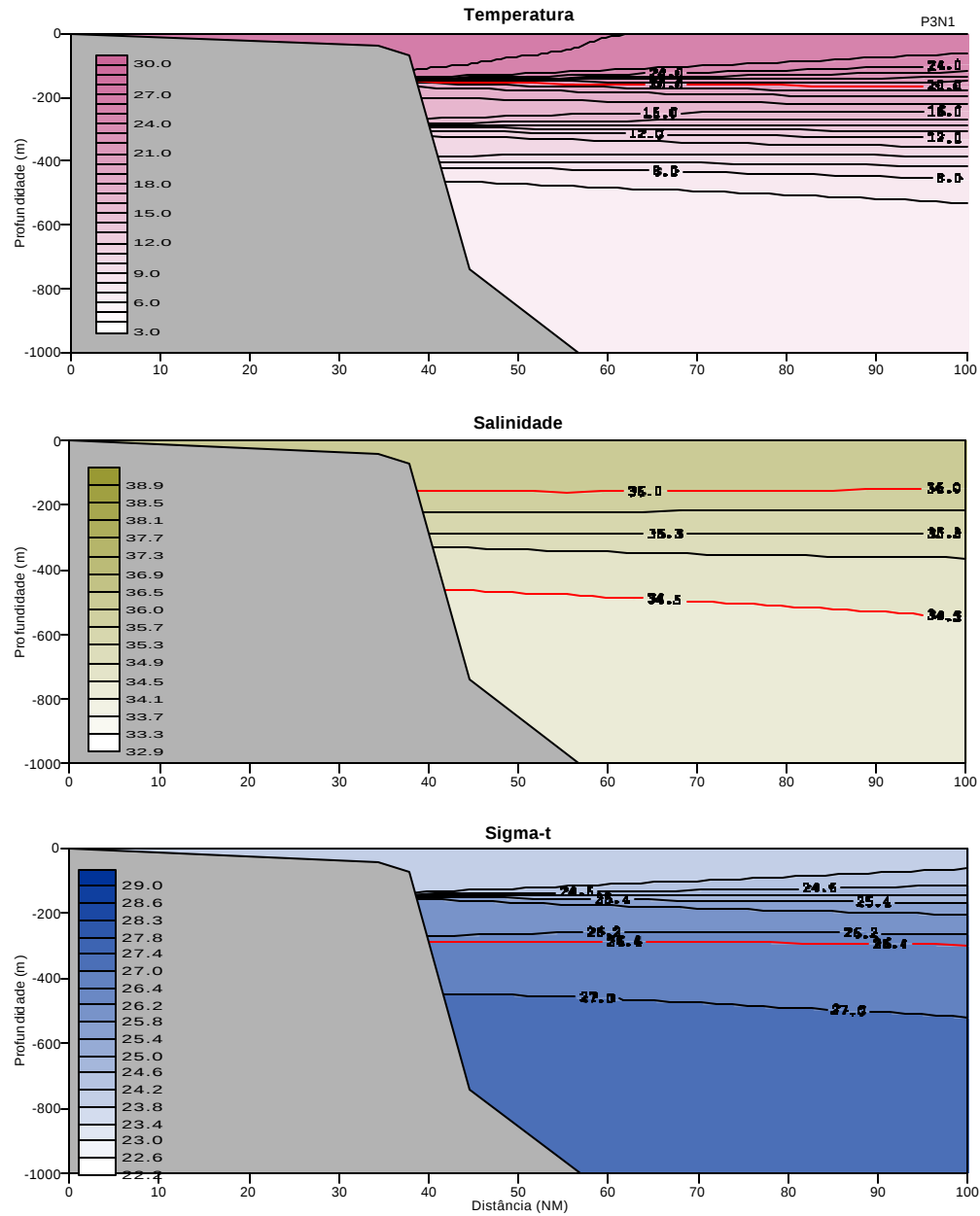


Figura 40. Estrutura vertical termohalina (°C e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 3 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no inverno/95. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

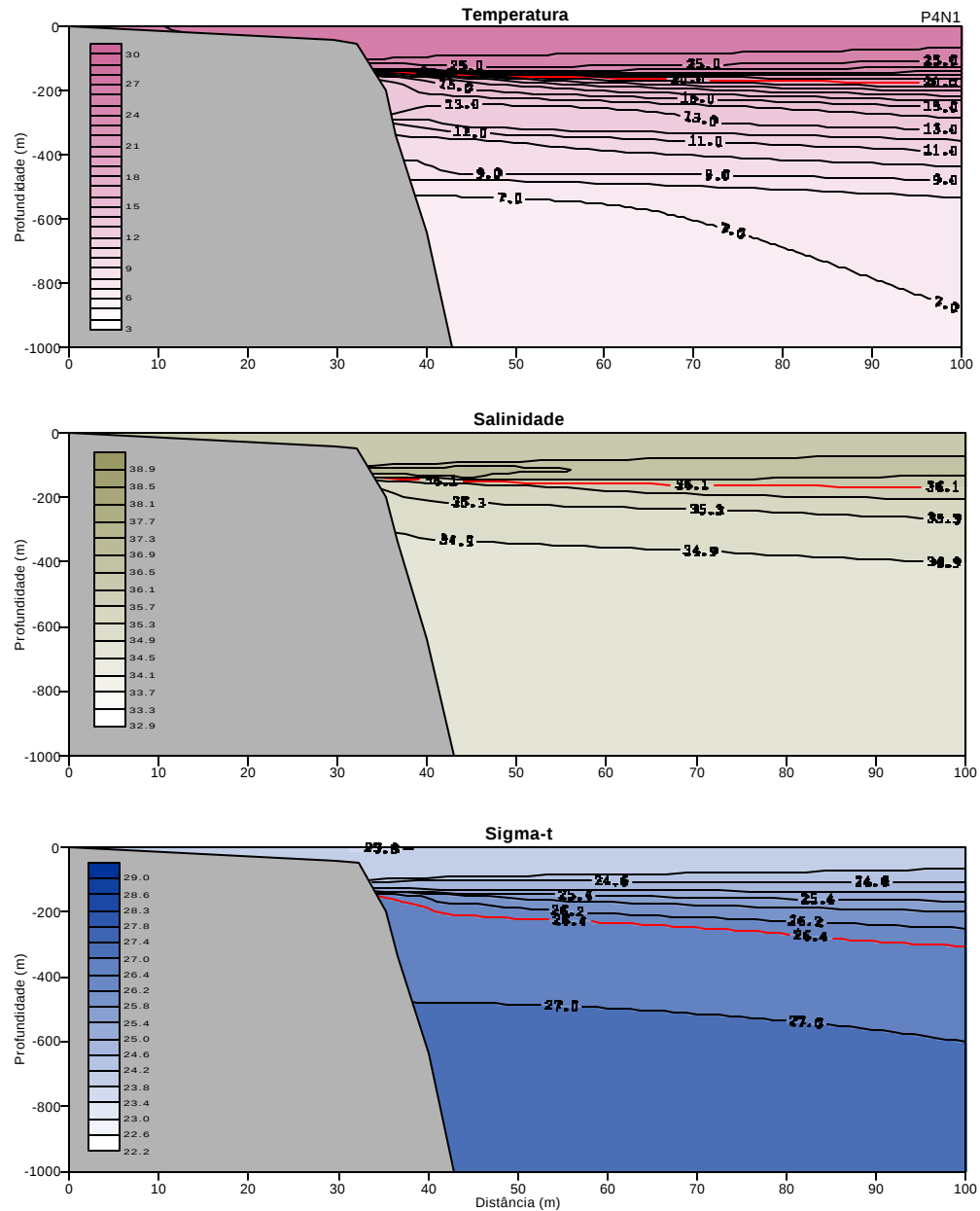


Figura 41. Estrutura vertical termohalina ($^{\circ}\text{C}$ e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 4 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no inverno/95. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

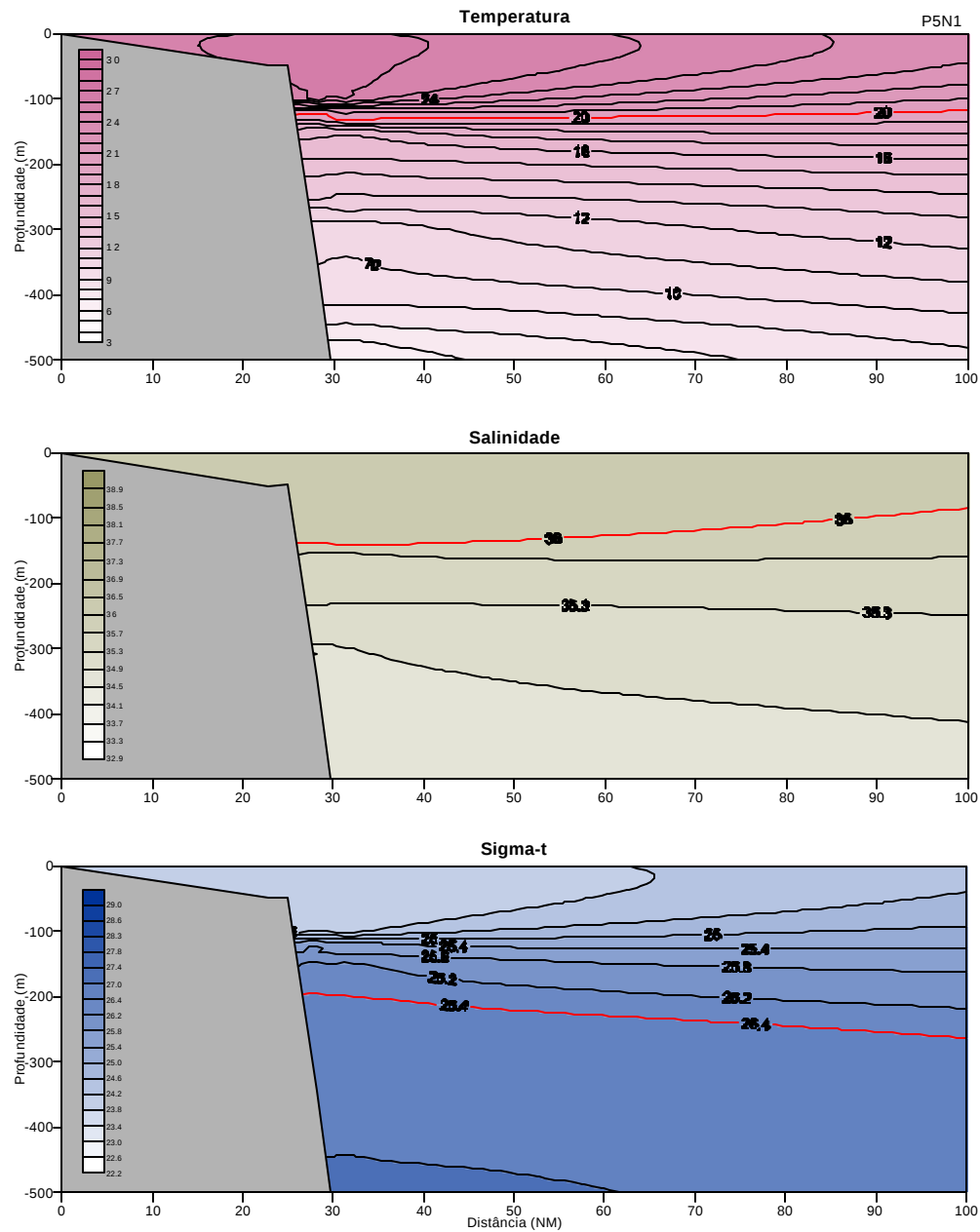


Figura 42. Estrutura vertical termohalina ($^{\circ}\text{C}$ e usp) e de densidade ao longo da transessão 5 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no inverno/95. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

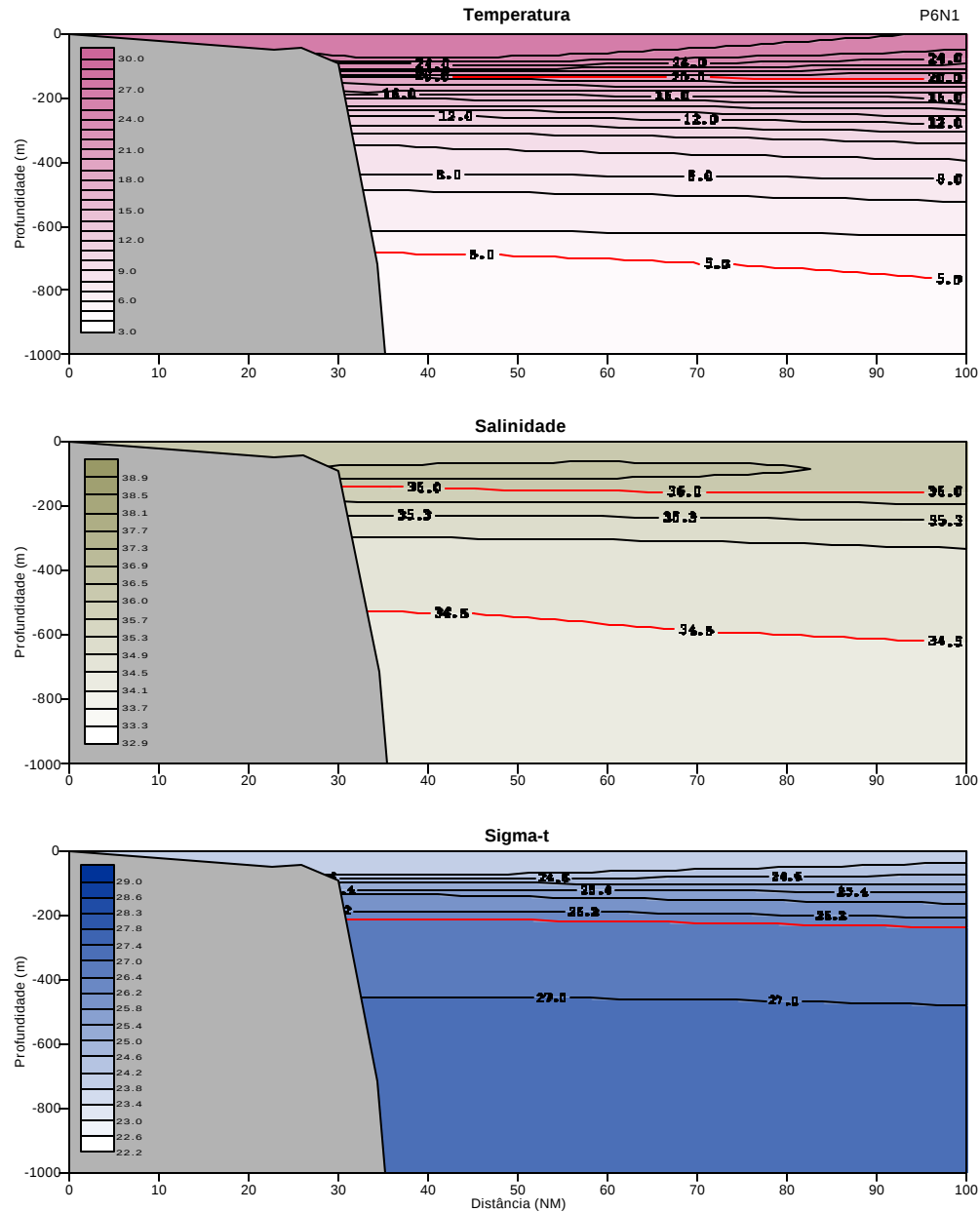


Figura 43. Estrutura vertical termohalina ($^{\circ}\text{C}$ e usp) e de densidade ao longo da transessão 6 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no inverno/95. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

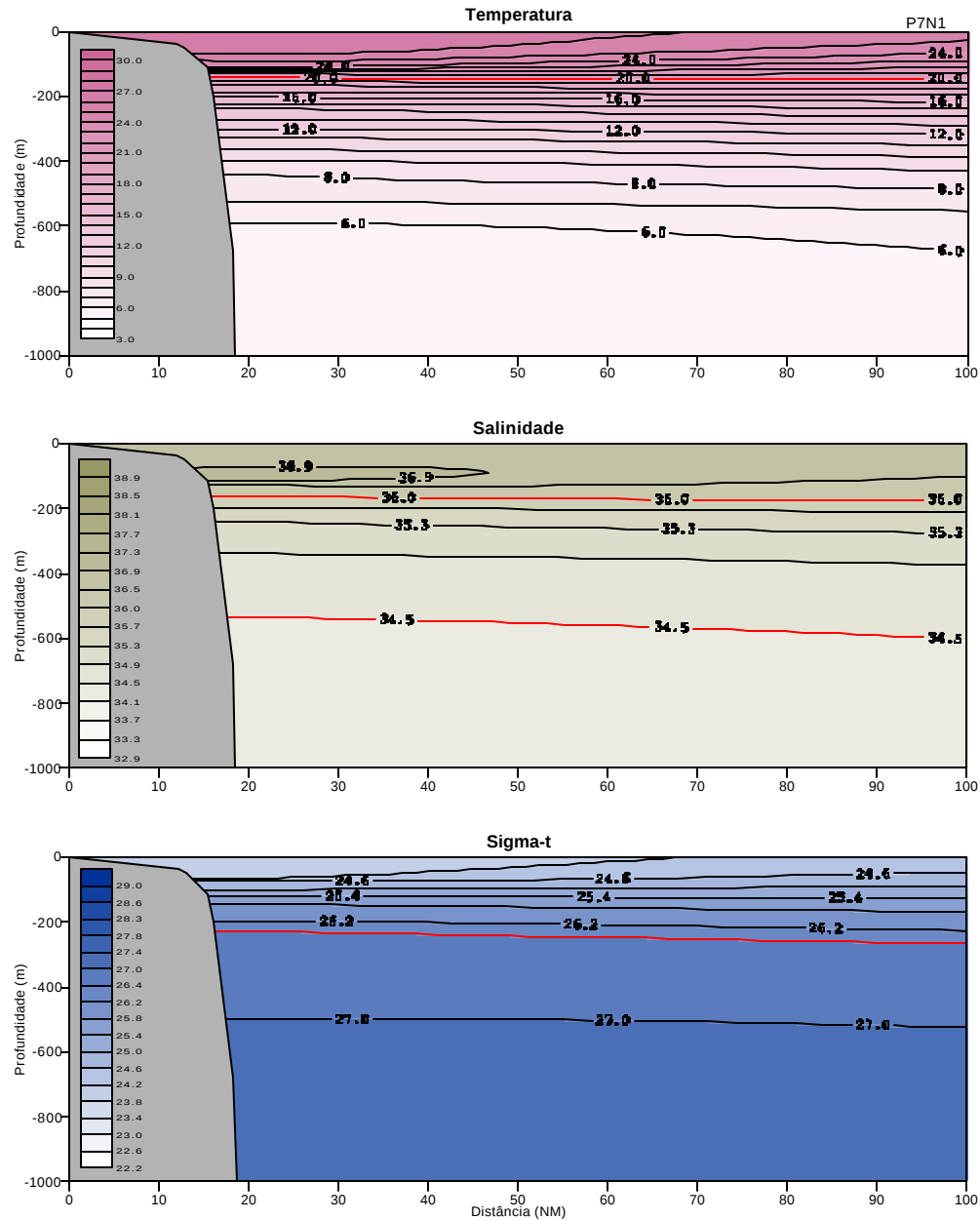


Figura 44. Estrutura vertical termohalina (°C e usps) e de densidade ao longo da transessão 7 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no inverno/95. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

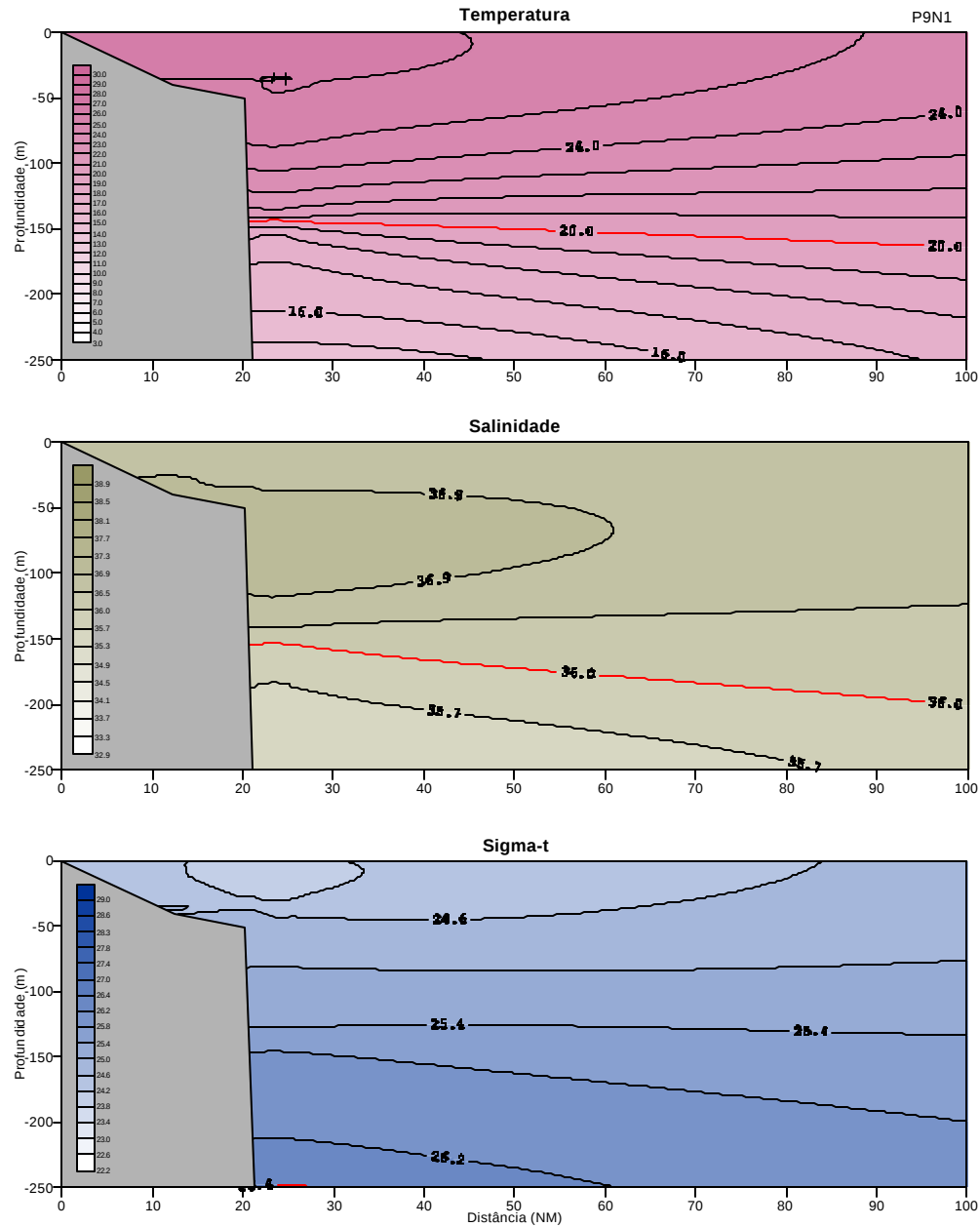


Figura 46. Estrutura vertical termohalina ($^{\circ}\text{C}$ e usp) e de densidade ao longo da transessão 9 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no inverno/95. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

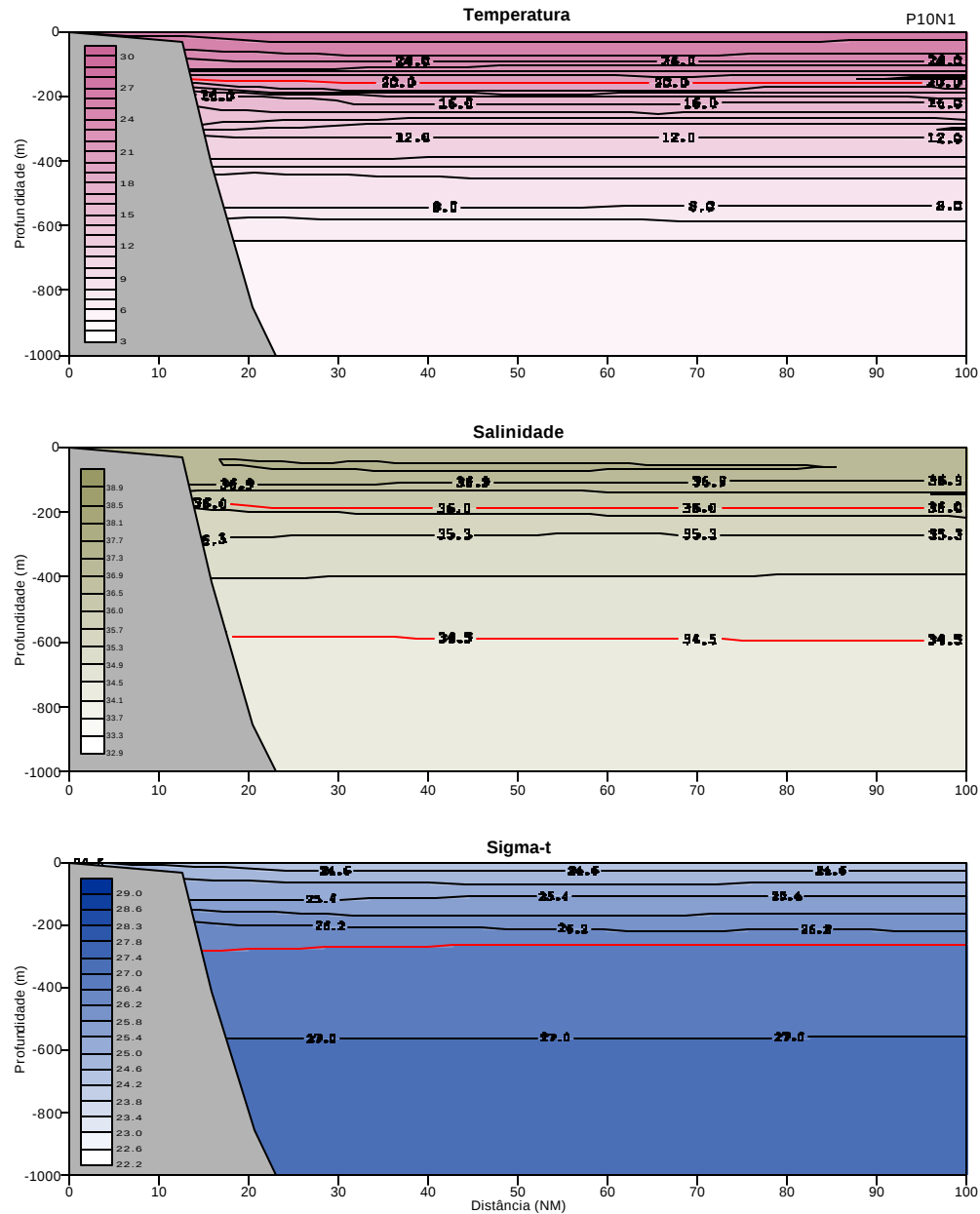


Figura 47. Estrutura vertical termohalina (°C e usp) e de densidade ao longo da transessão 10 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no inverno/95. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

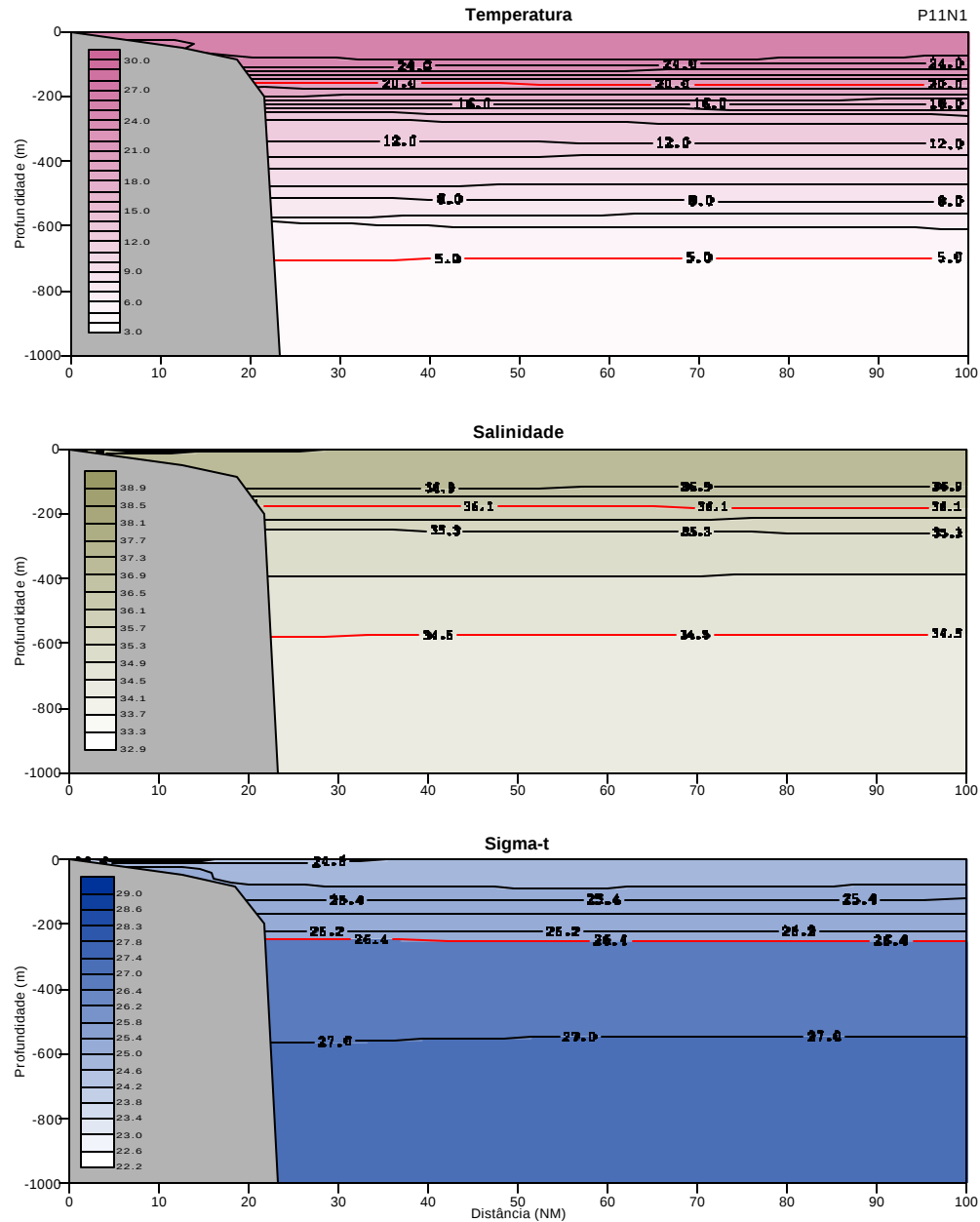


Figura 48. Estrutura vertical termohalina (°C e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 11 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no inverno/95. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

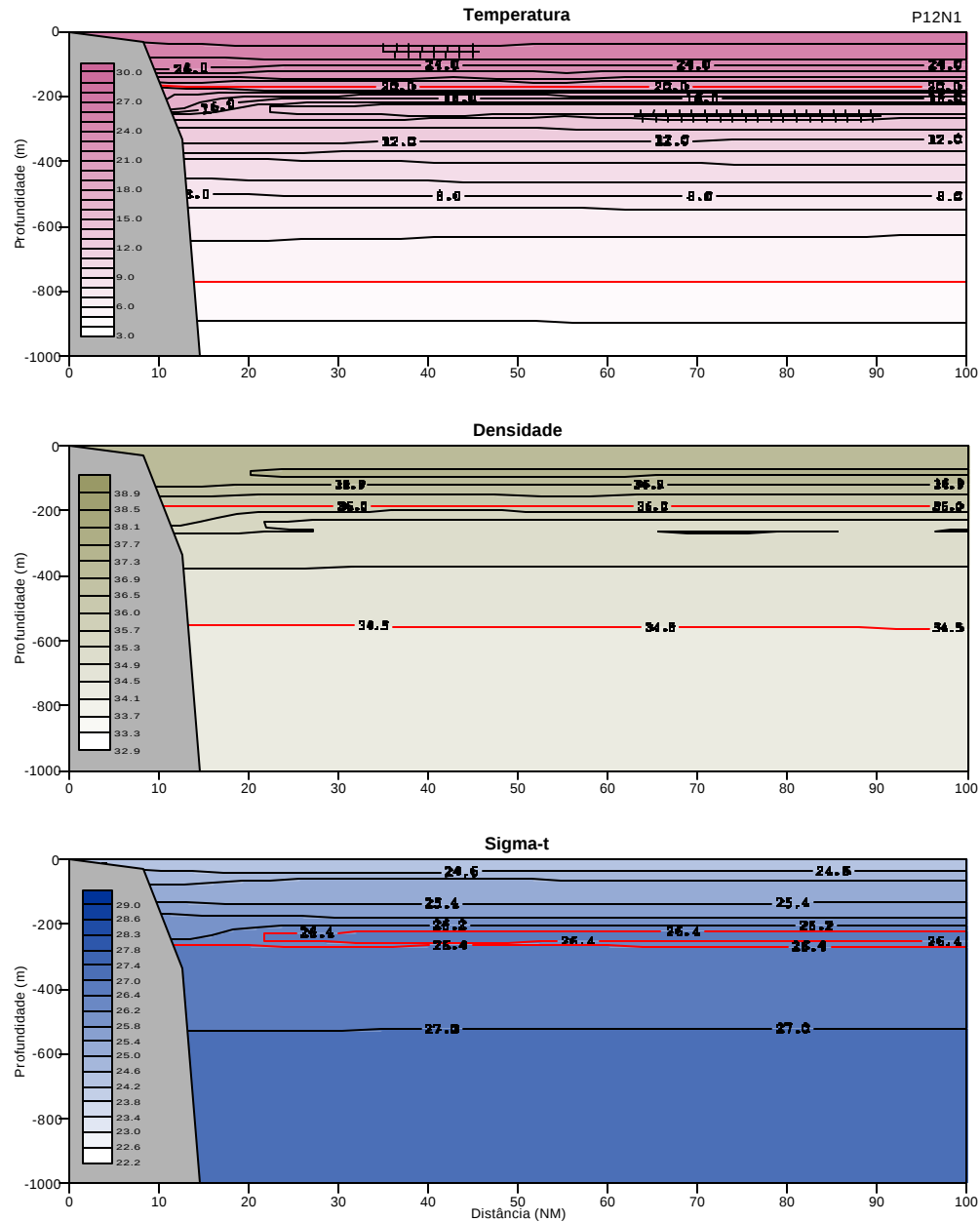


Figura 49. Estrutura vertical termohalina ($^{\circ}\text{C}$ e usp) e de densidade ao longo da transessão 12 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no inverno/95. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

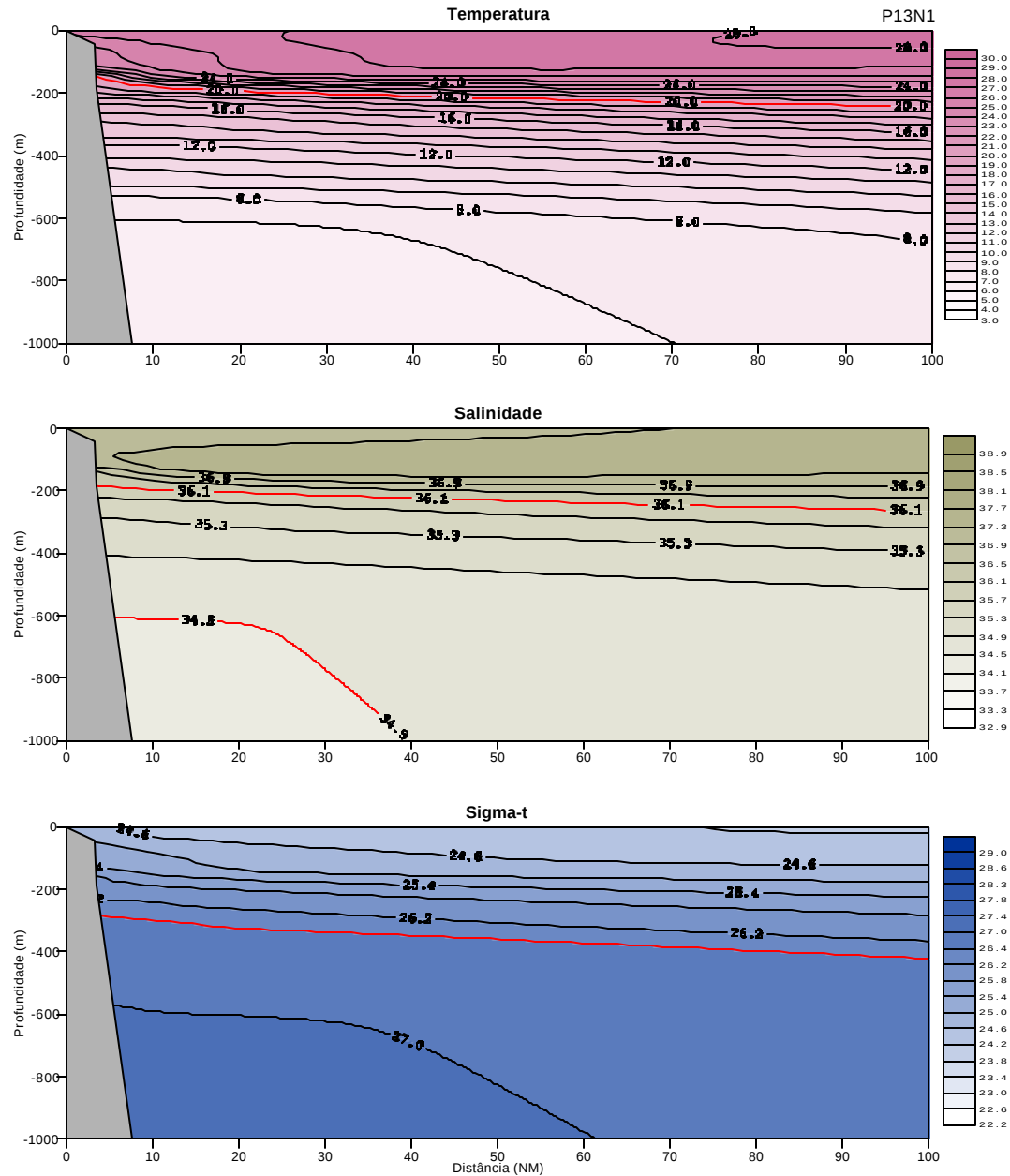


Figura 50. Estrutura vertical termohalina ($^{\circ}\text{C}$ e usp) e de densidade ao longo da transessão 13 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no inverno/95. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

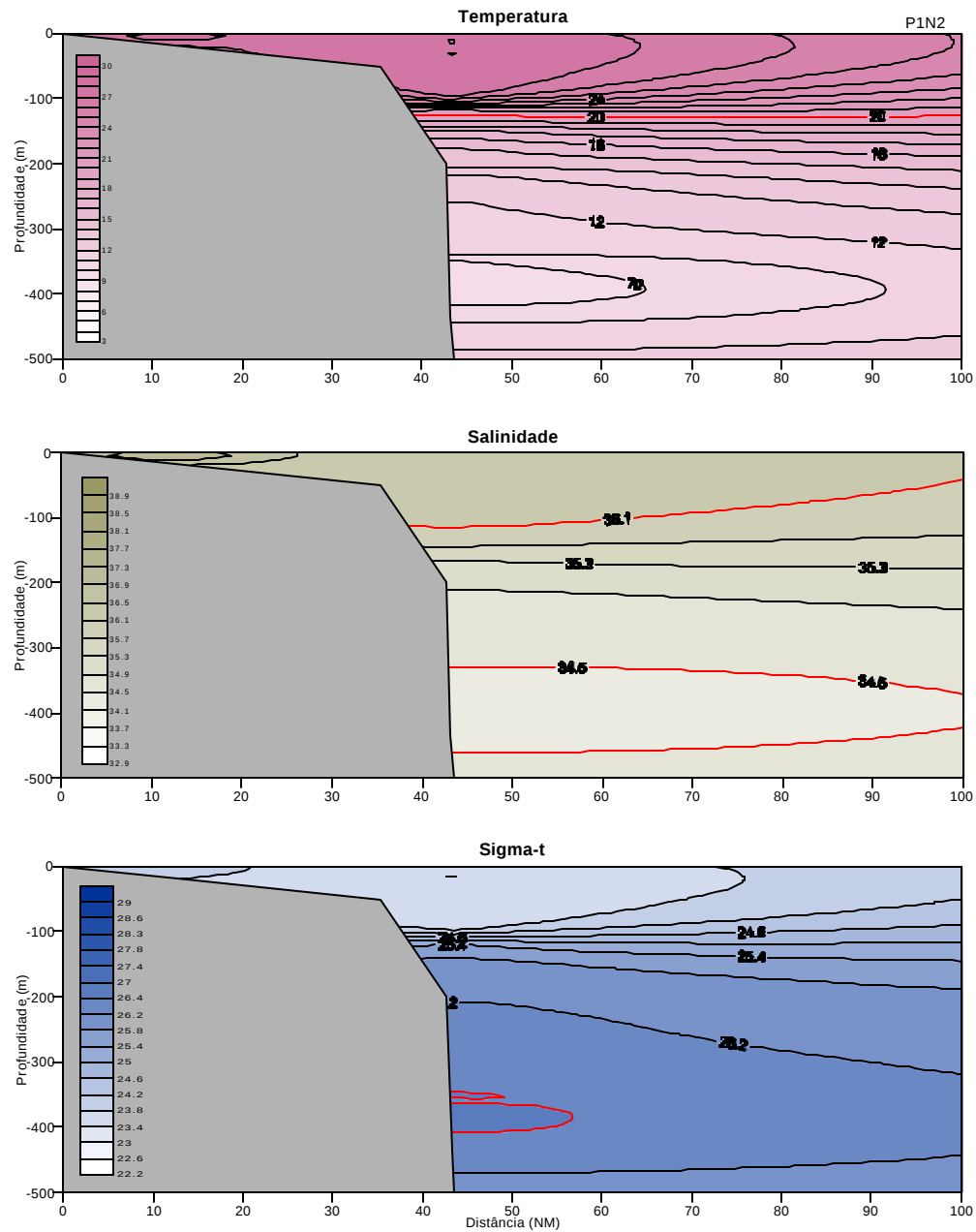


Figura 51. Estrutura vertical termohalina ($^{\circ}\text{C}$ e usp) e de densidade ao longo da transessão 1 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no verão/97. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

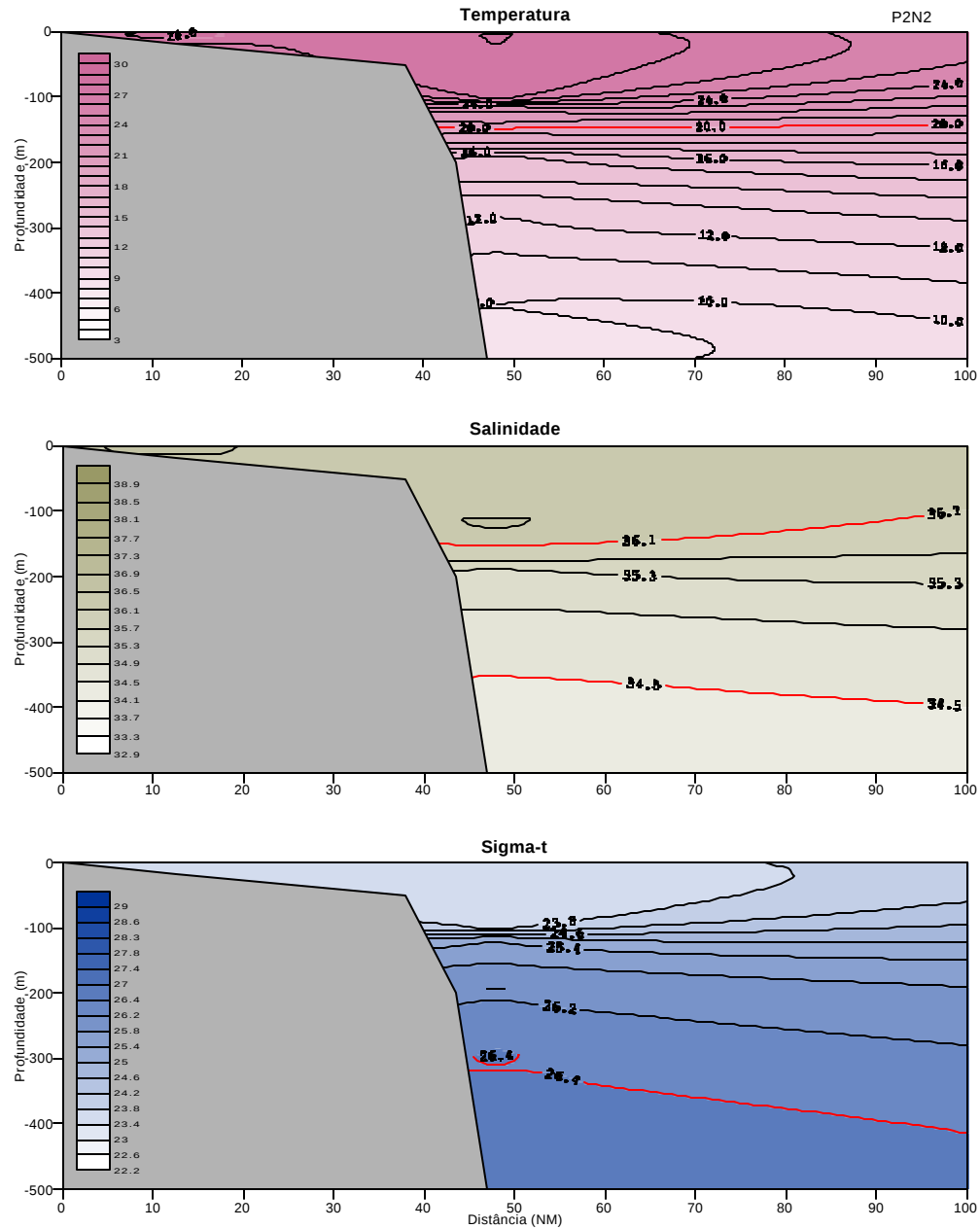
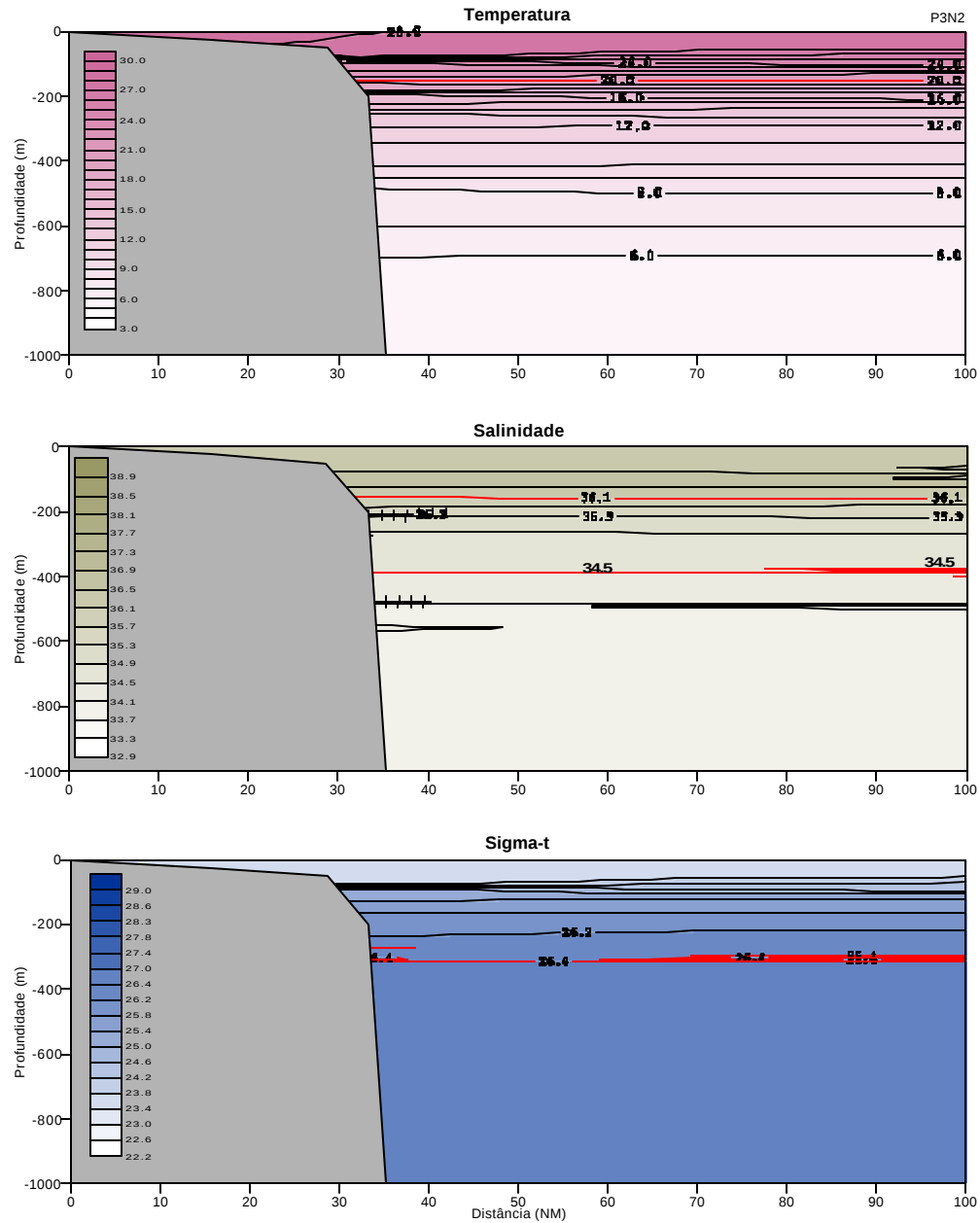


Figura 52. Estrutura vertical termohalina ($^{\circ}\text{C}$ e usp) e de densidade ao longo da transessão 2 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no verão/97. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.



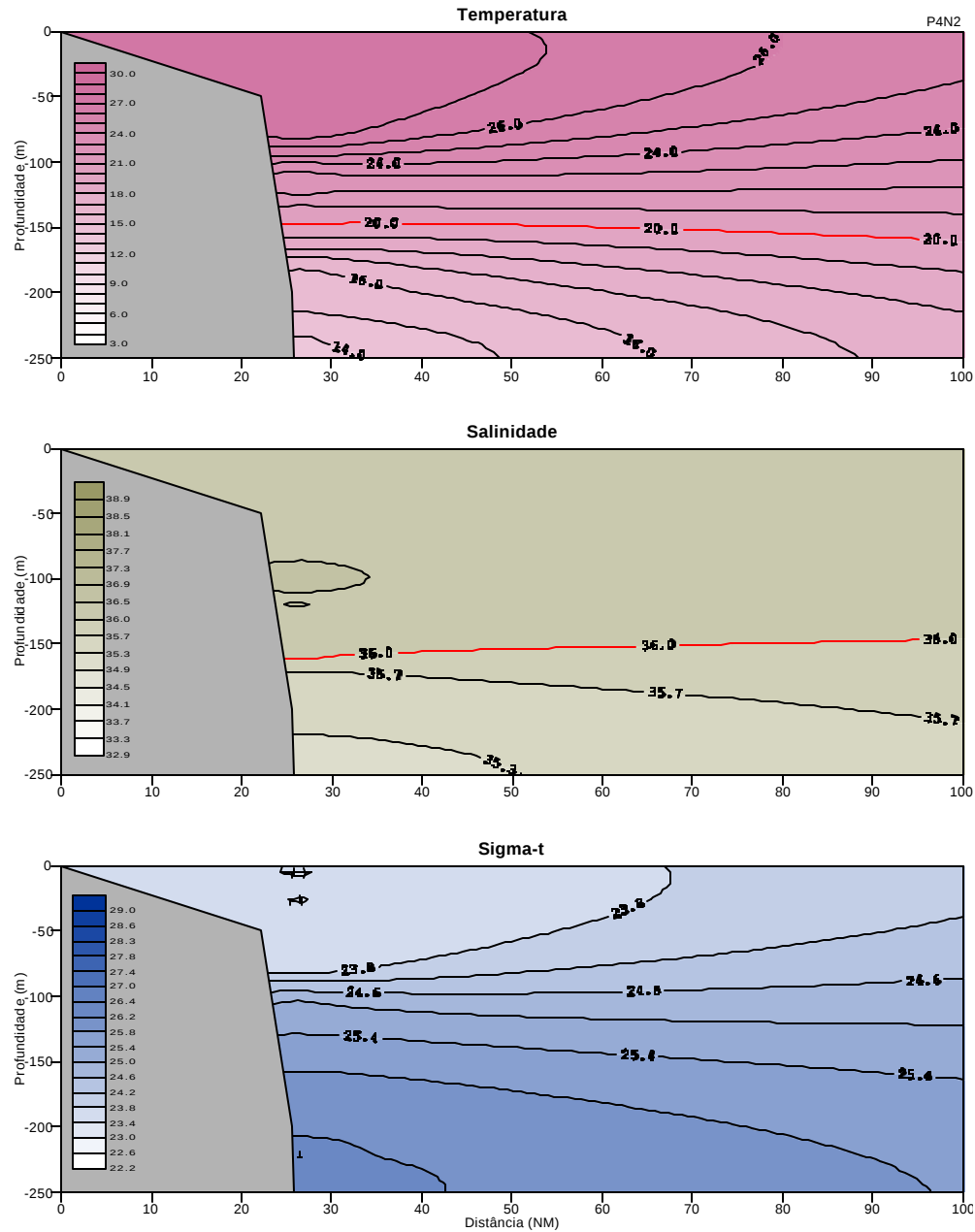


Figura 54. Estrutura vertical termohalina ($^{\circ}\text{C}$ e usp) e de densidade ao longo da transessão 4 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no verão/97. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

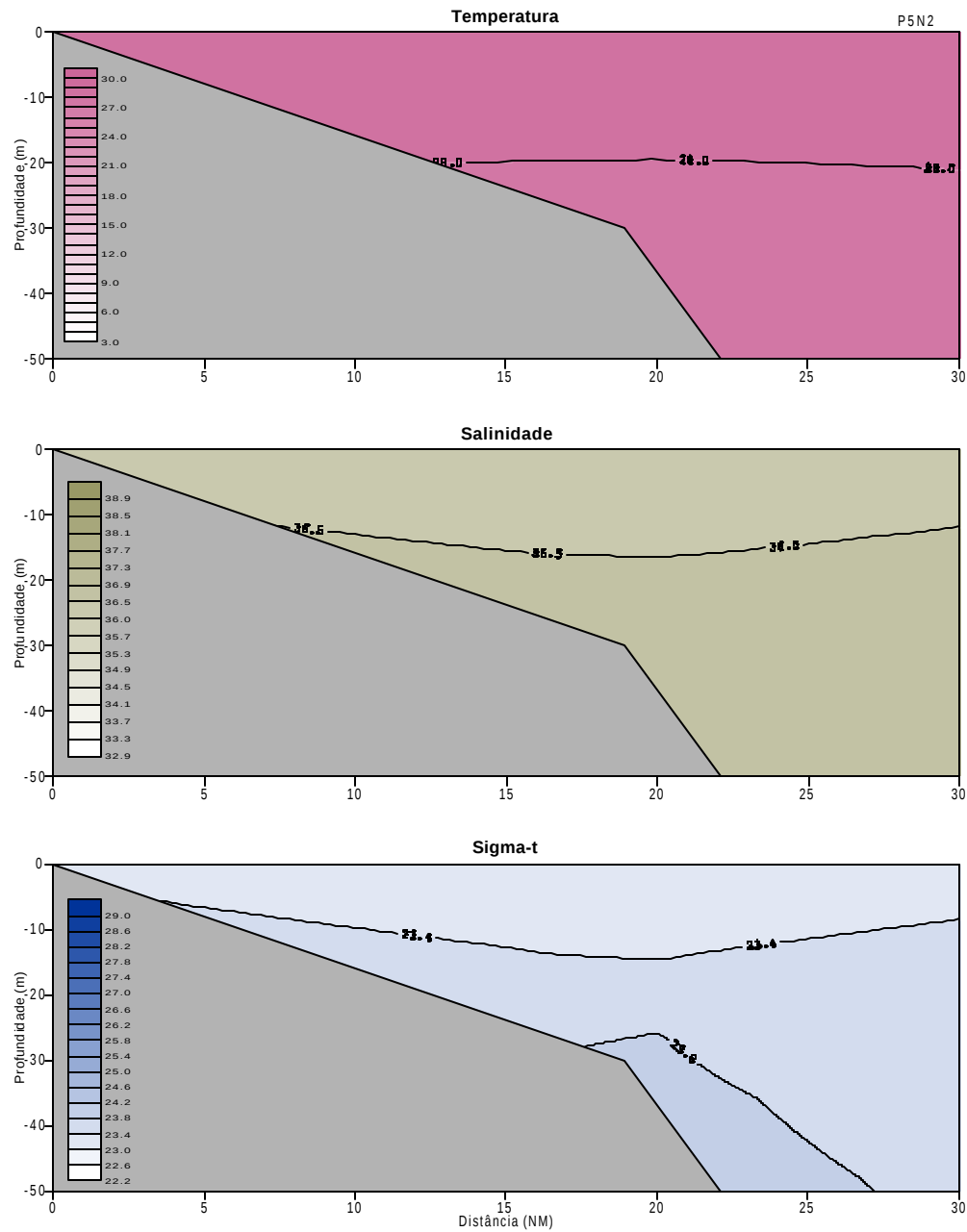


Figura 55. Estrutura vertical termohalina ($^{\circ}\text{C}$ e usp) e de densidade ao longo da transessão 5 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no verão/97. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

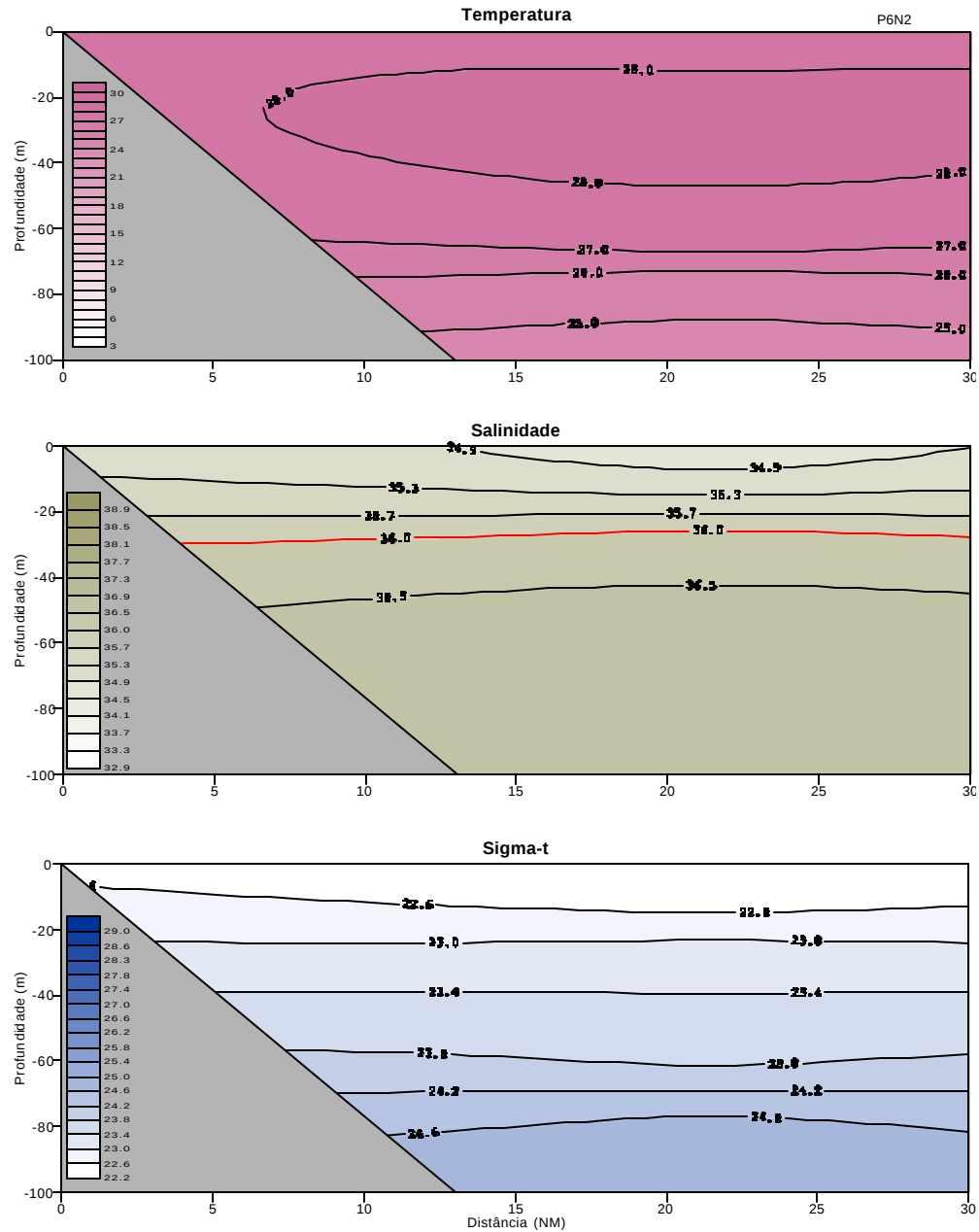


Figura 56. Estrutura vertical termohalina (°C e usp) e de densidade ao longo da transessão 6 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no verão/97. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

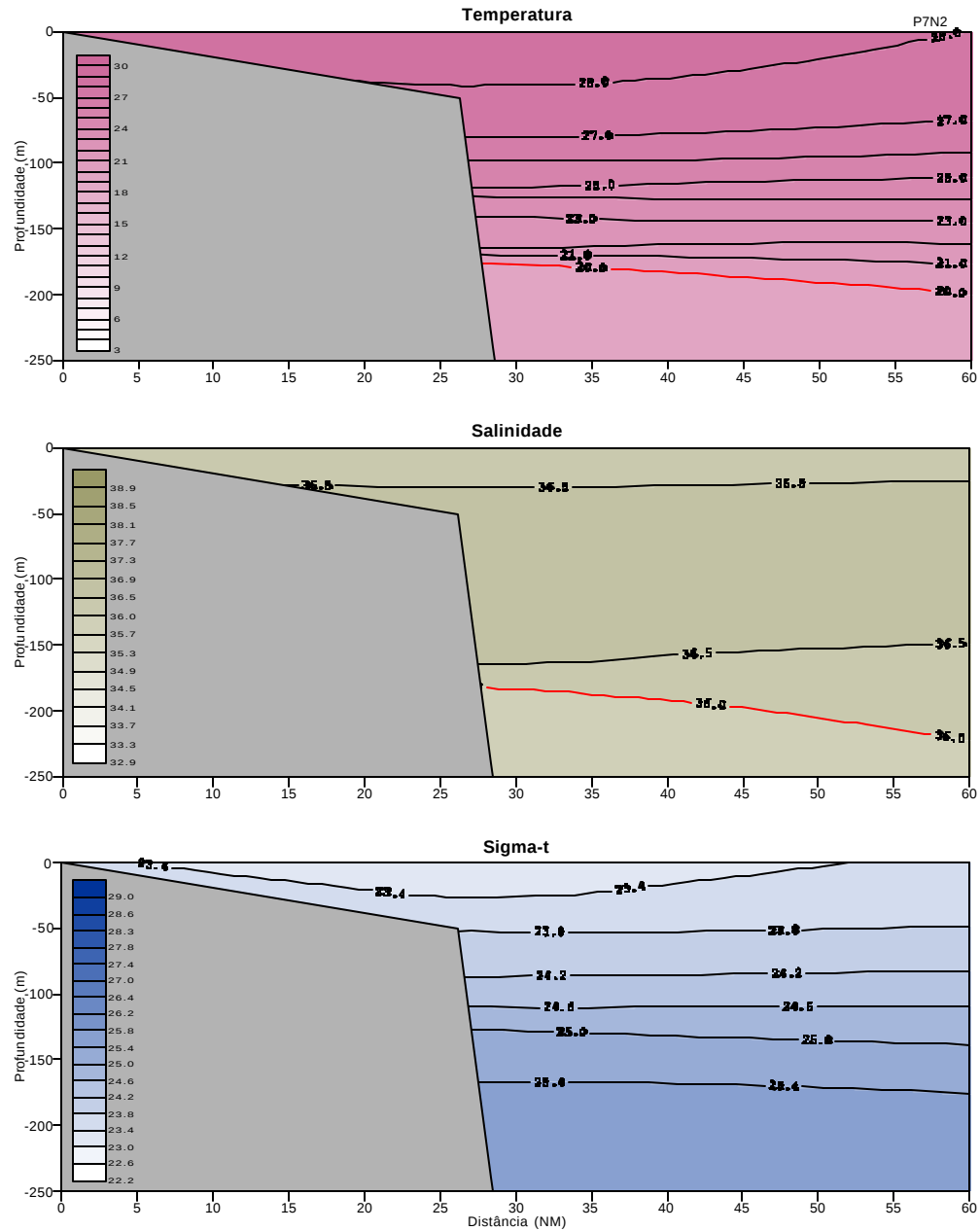
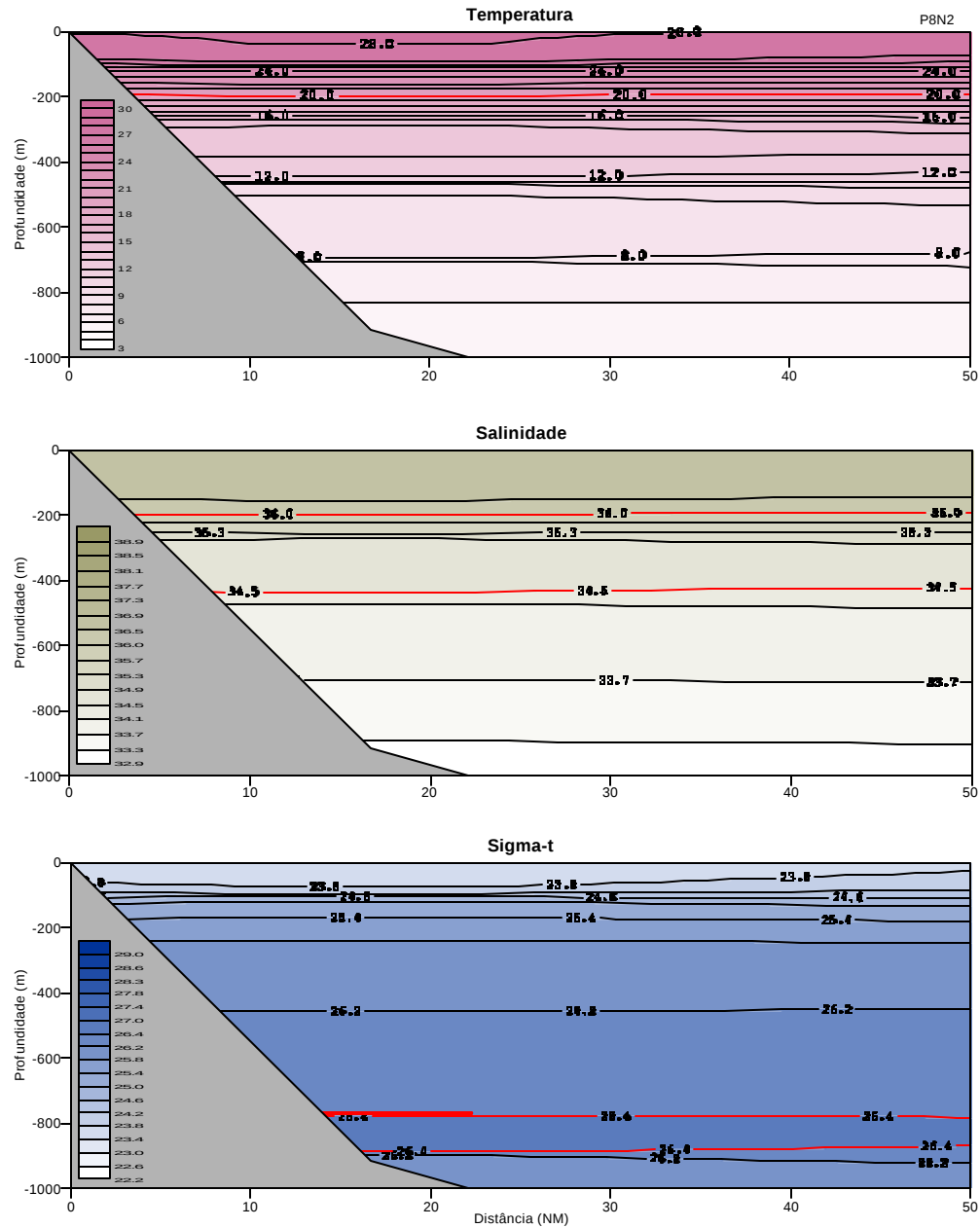


Figura 57. Estrutura vertical termohalina (°C e usp) e de densidade ao longo da transessão 7 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no verão/97. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.



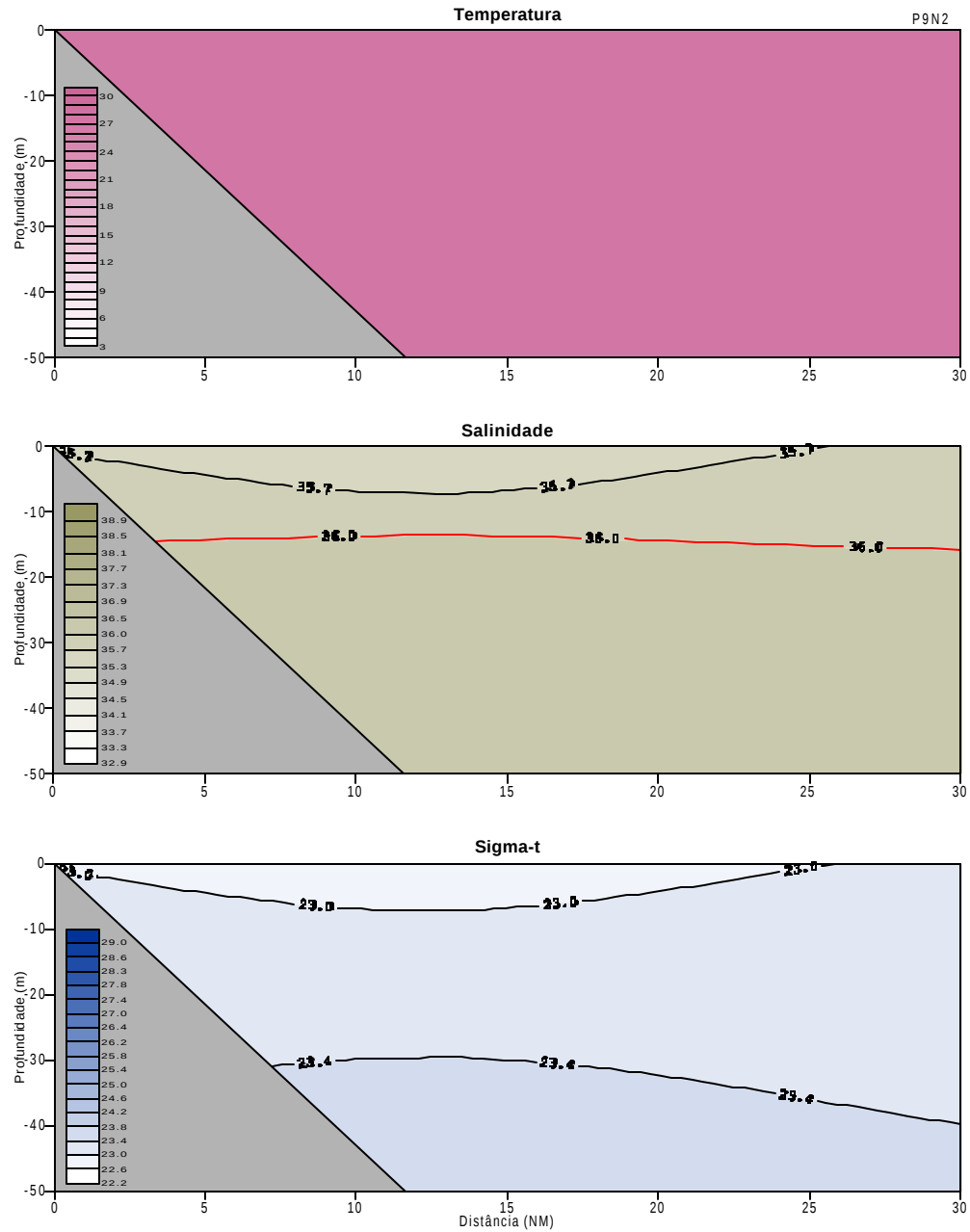


Figura 59. Estrutura vertical termohalina ($^{\circ}\text{C}$ e usp) e de densidade ao longo da transessão 9 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no verão/97. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

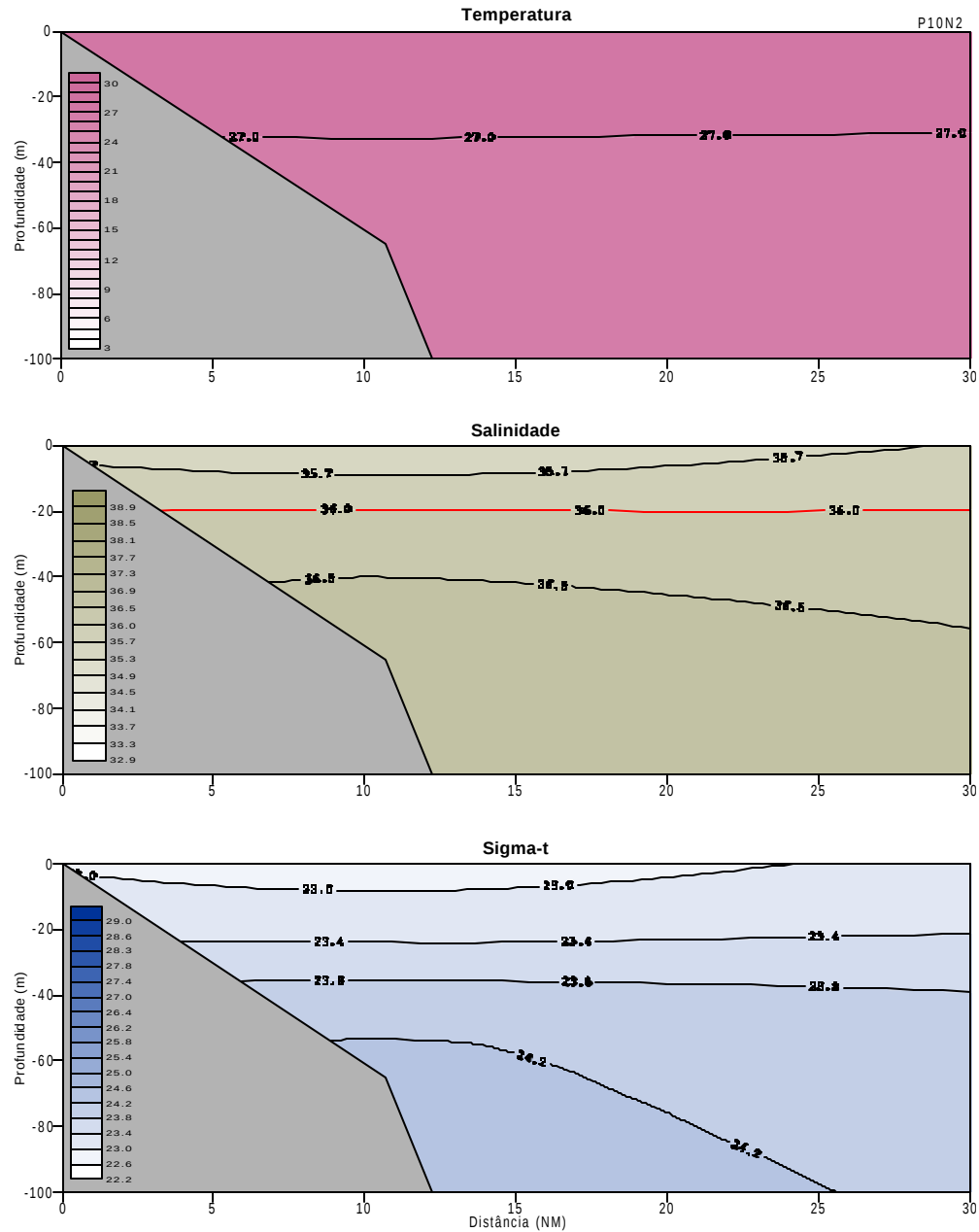


Figura 60. Estrutura vertical termohalina (°C e usp) e de densidade ao longo da transessão 10 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no verão/97. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

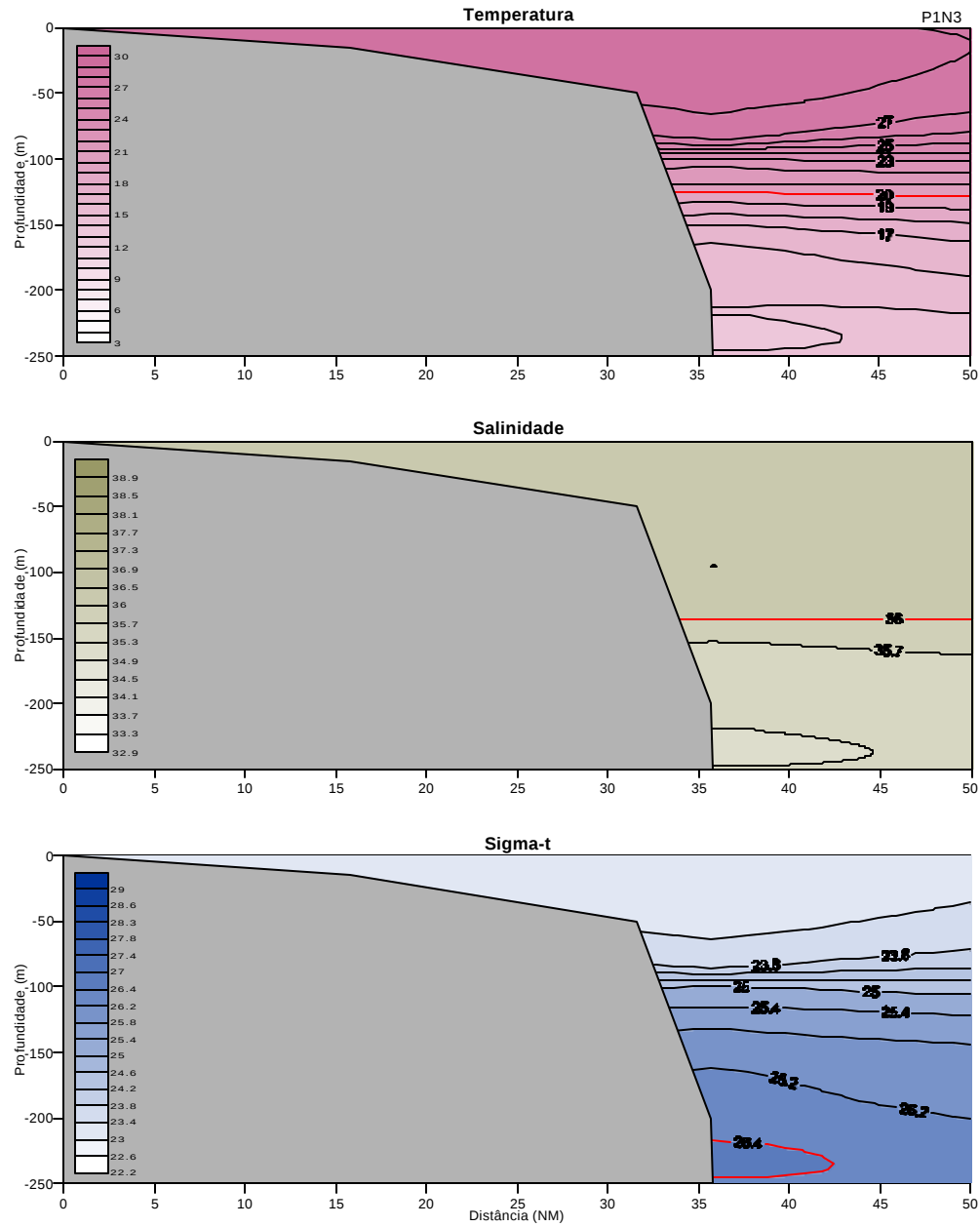


Figura 61. Estrutura vertical termohalina ($^{\circ}\text{C}$ e usp) e de densidade ao longo da transessão 1 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no outono/98. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

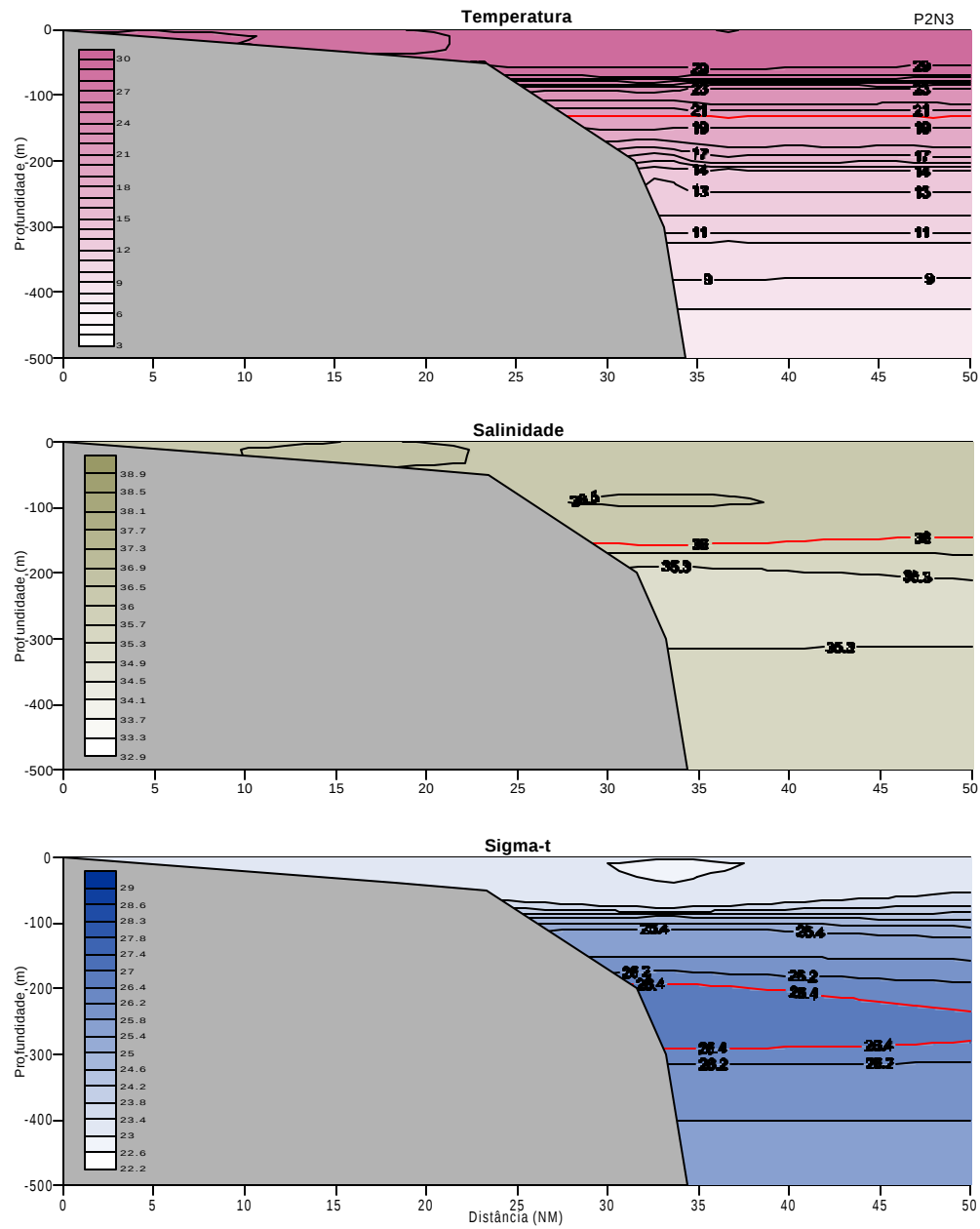


Figura 62. Estrutura vertical termohalina (°C e usp) e de densidade ao longo da transessão 2 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no outono/98. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

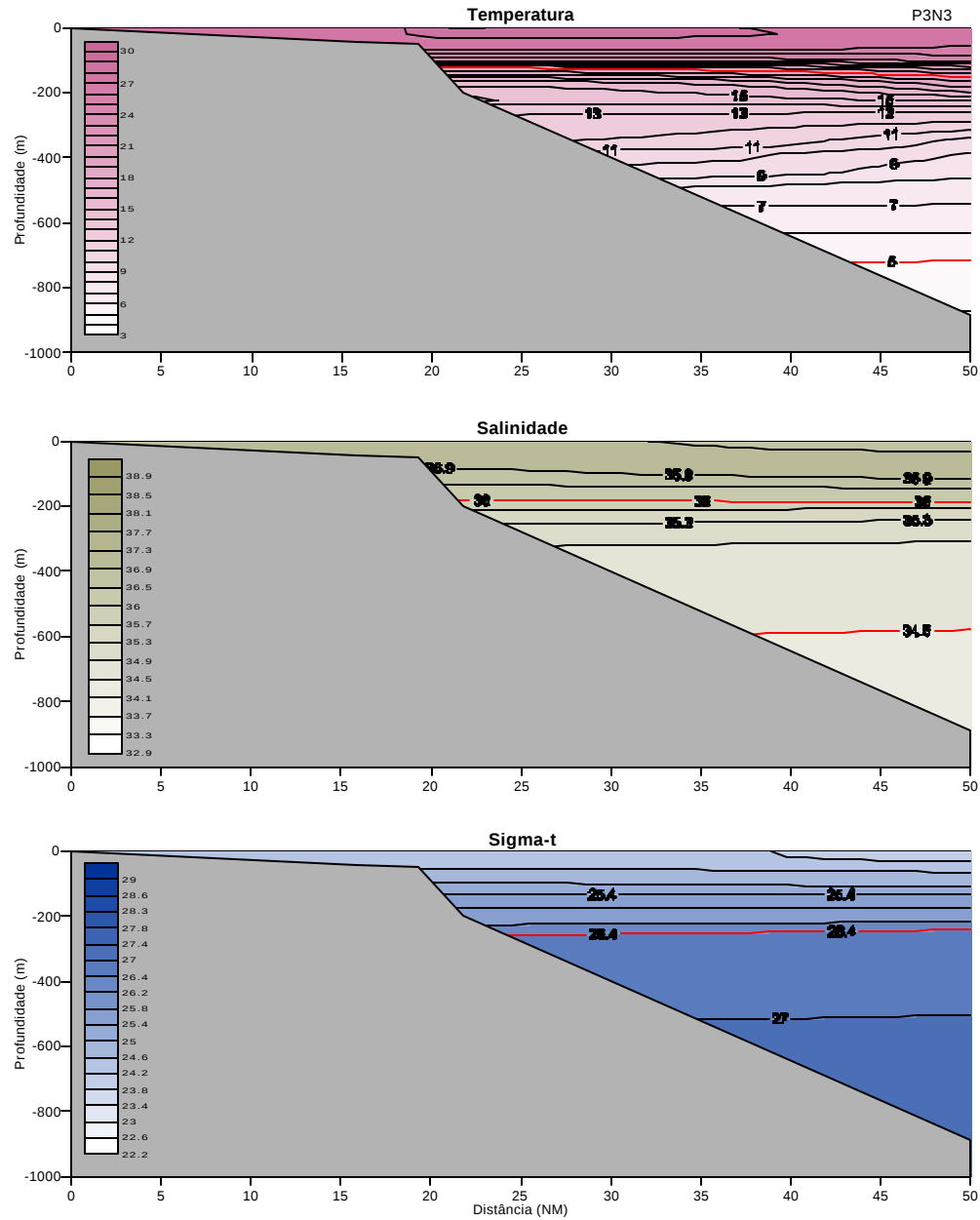


Figura 63. Estrutura vertical termohalina ($^{\circ}\text{C}$ e usp) e de densidade ao longo da transessão 3 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no outono/98. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

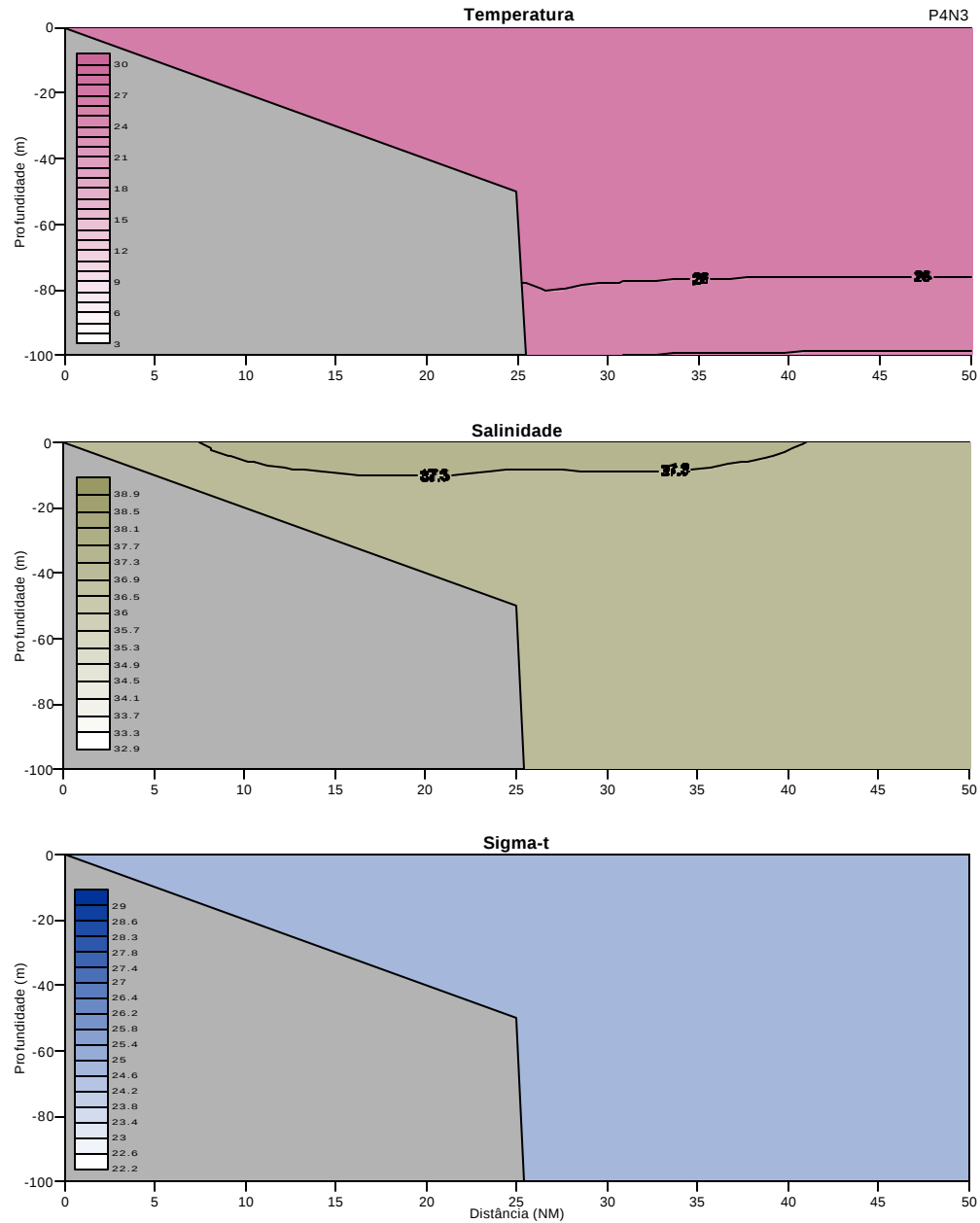


Figura 64. Estrutura vertical termohalina ($^{\circ}\text{C}$ e usp) e de densidade ao longo da transessão 4 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no outono/98. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

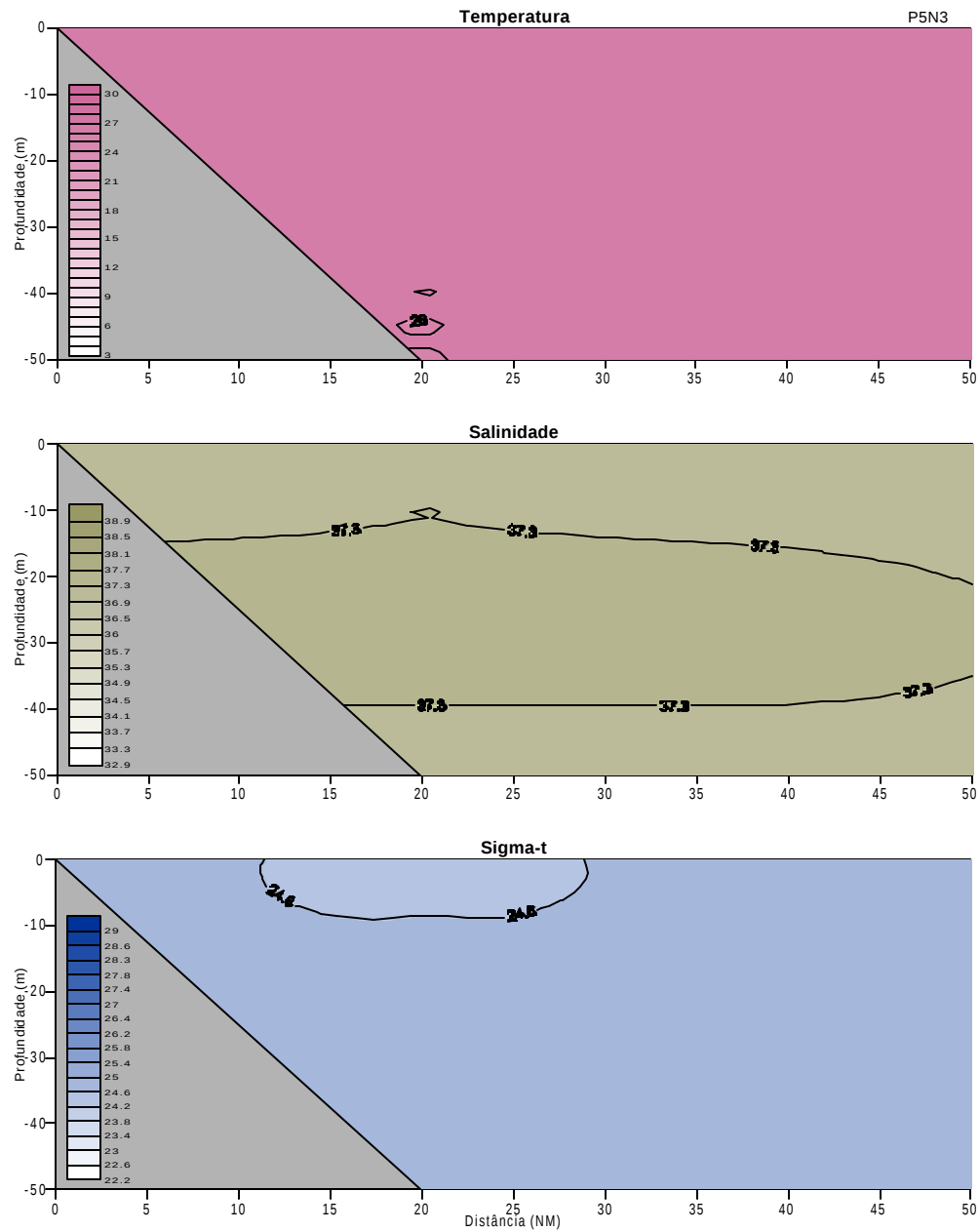


Figura 65. Estrutura vertical termohalina (°C e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 5 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no outono/98. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

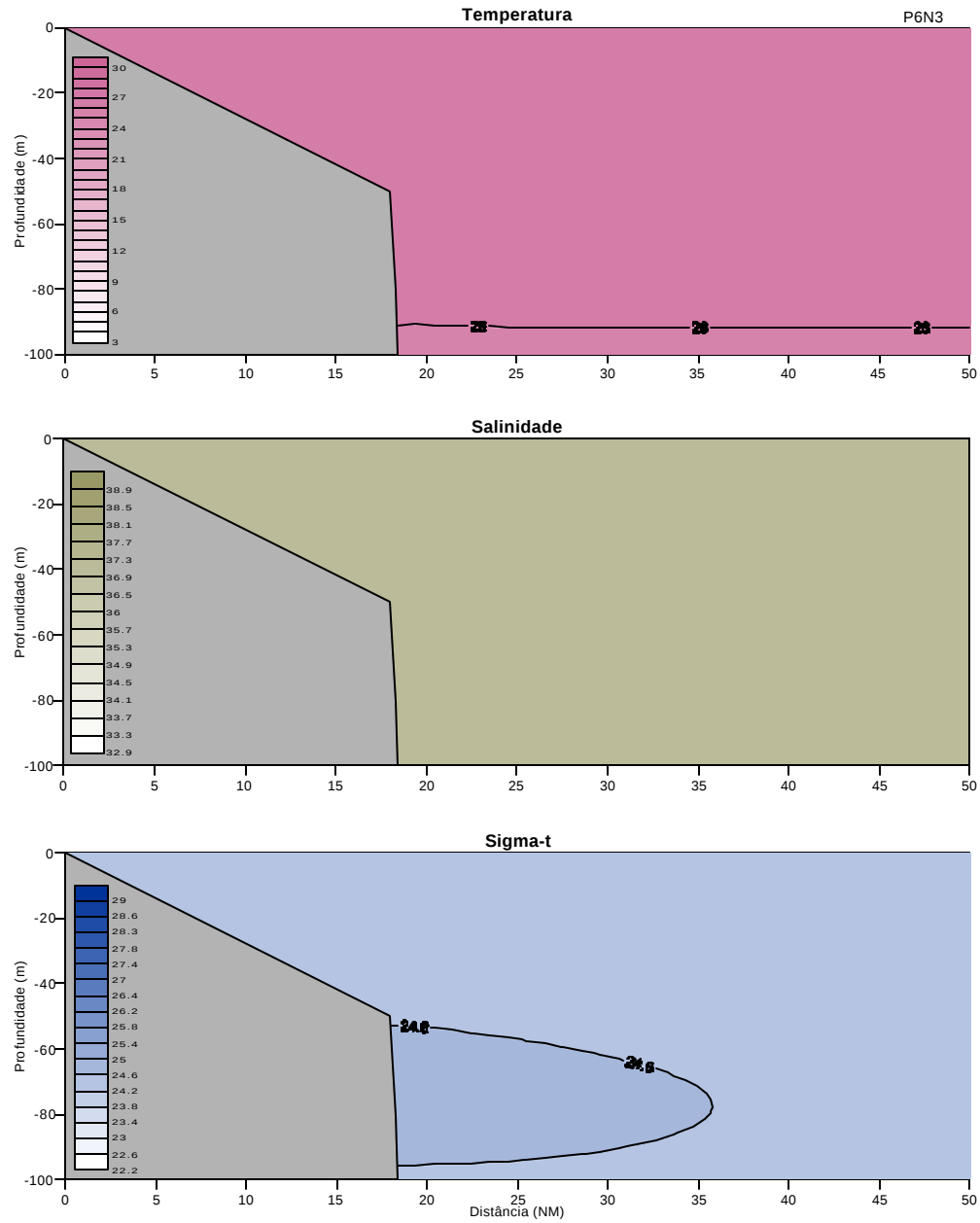


Figura 66. Estrutura vertical termohalina ($^{\circ}\text{C}$ e usp) e de densidade ao longo da transessão 6 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no outono/98. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

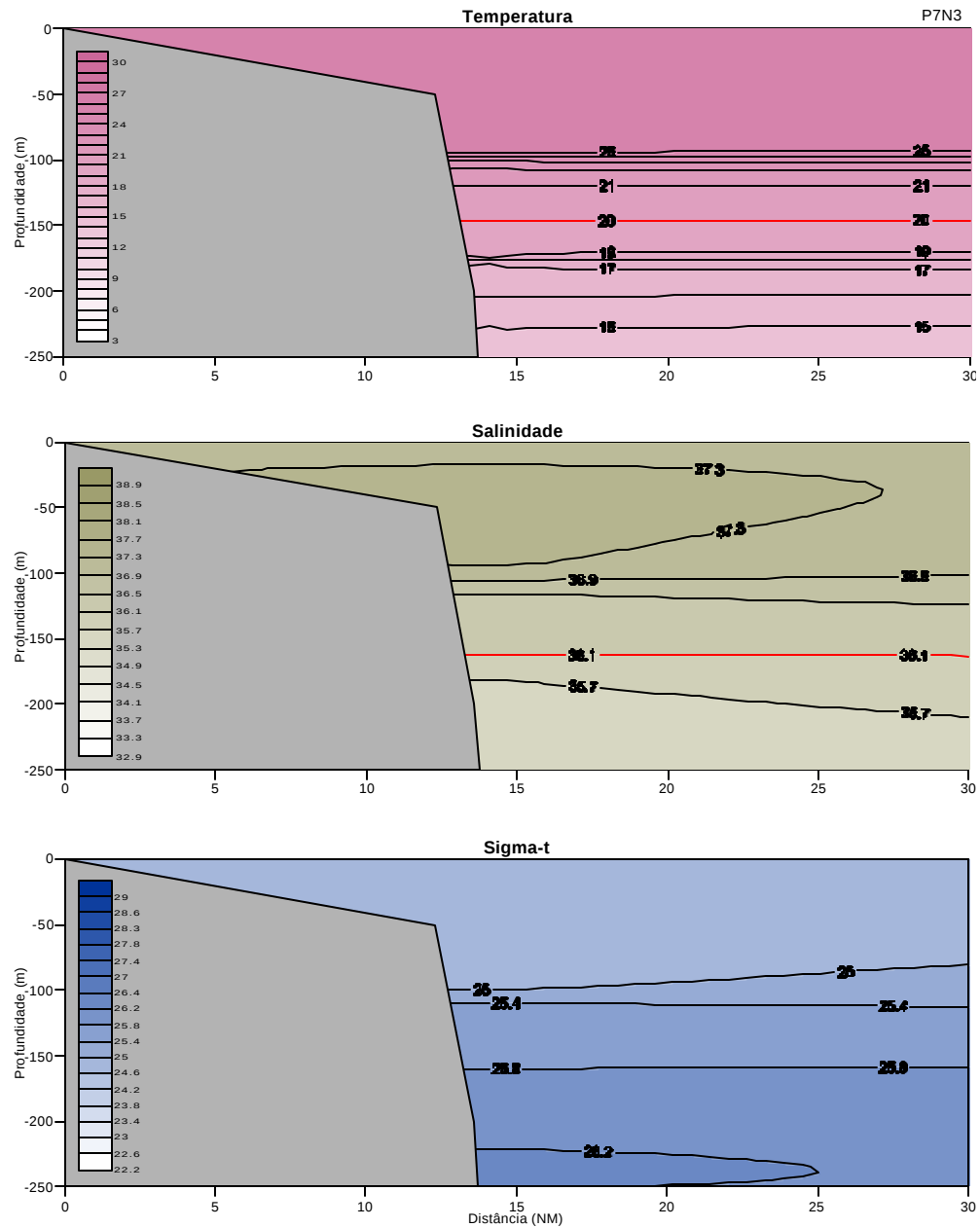


Figura 67. Estrutura vertical termohalina ($^{\circ}\text{C}$ e usp) e de densidade ao longo da transessão 7 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no outono/98. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

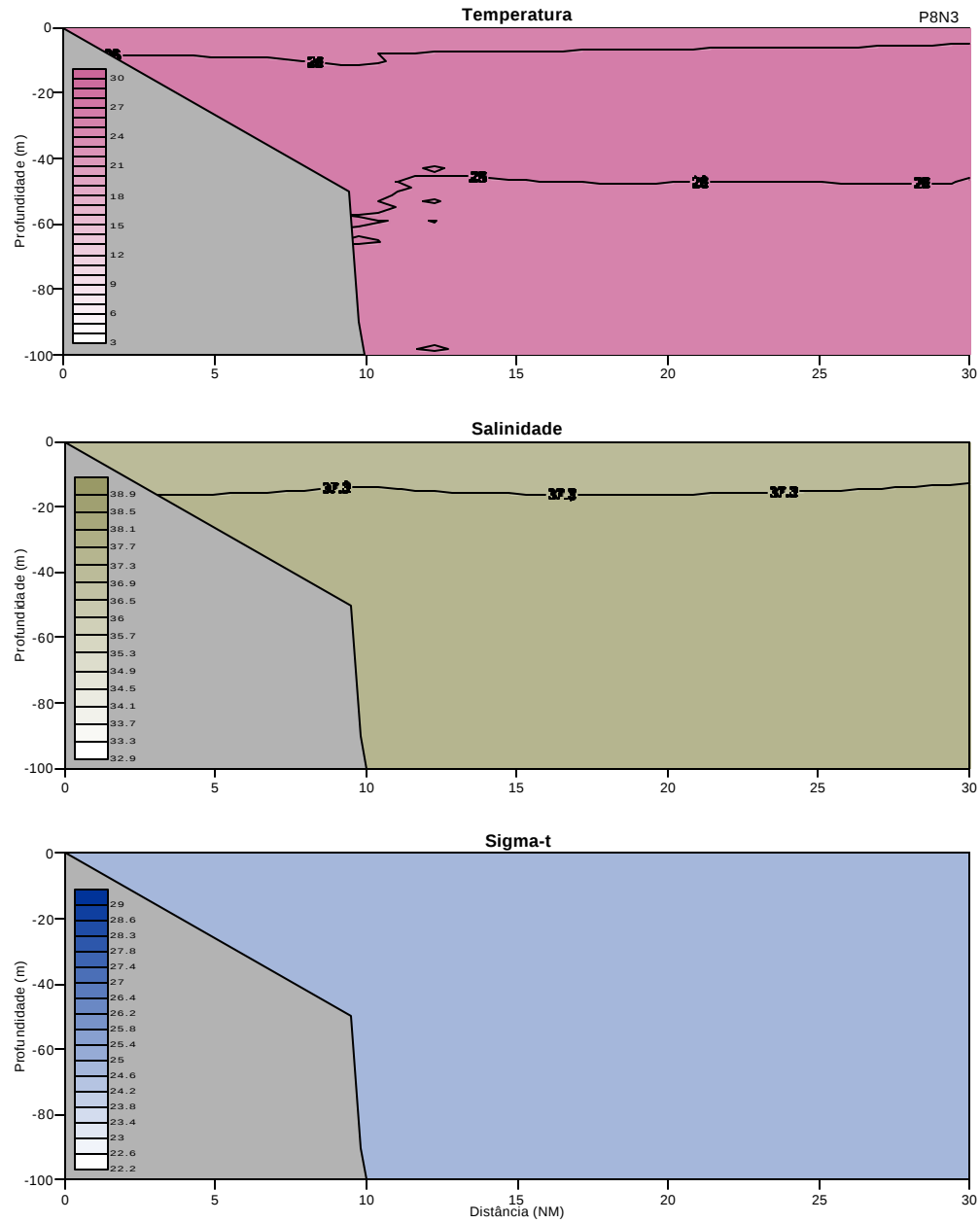


Figura 68. Estrutura vertical termohalina ($^{\circ}\text{C}$ e usp) e de densidade ao longo da transessão 8 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no outono/98. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

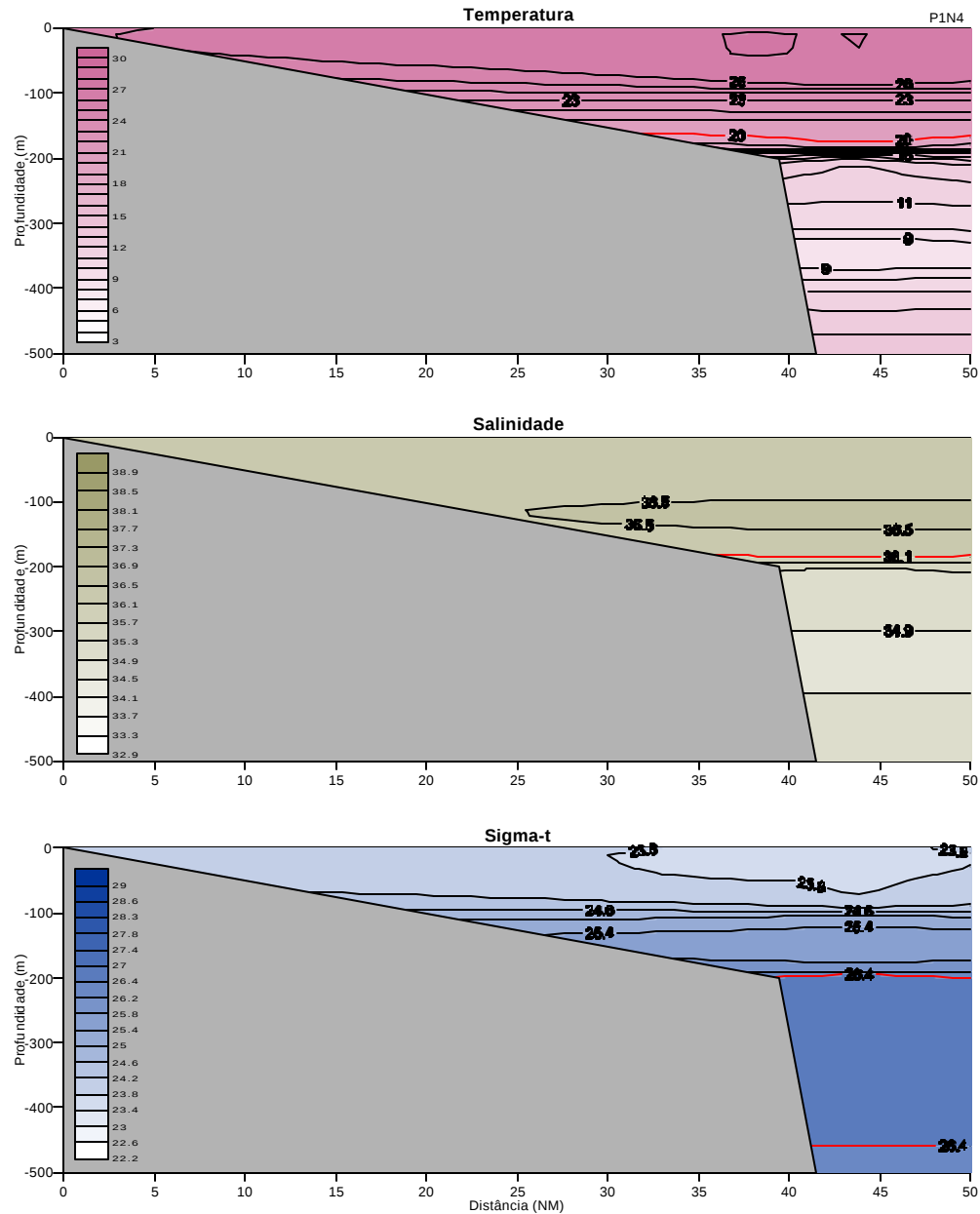


Figura 69. Estrutura vertical termohalina ($^{\circ}\text{C}$ e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 1 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no primavera/00. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

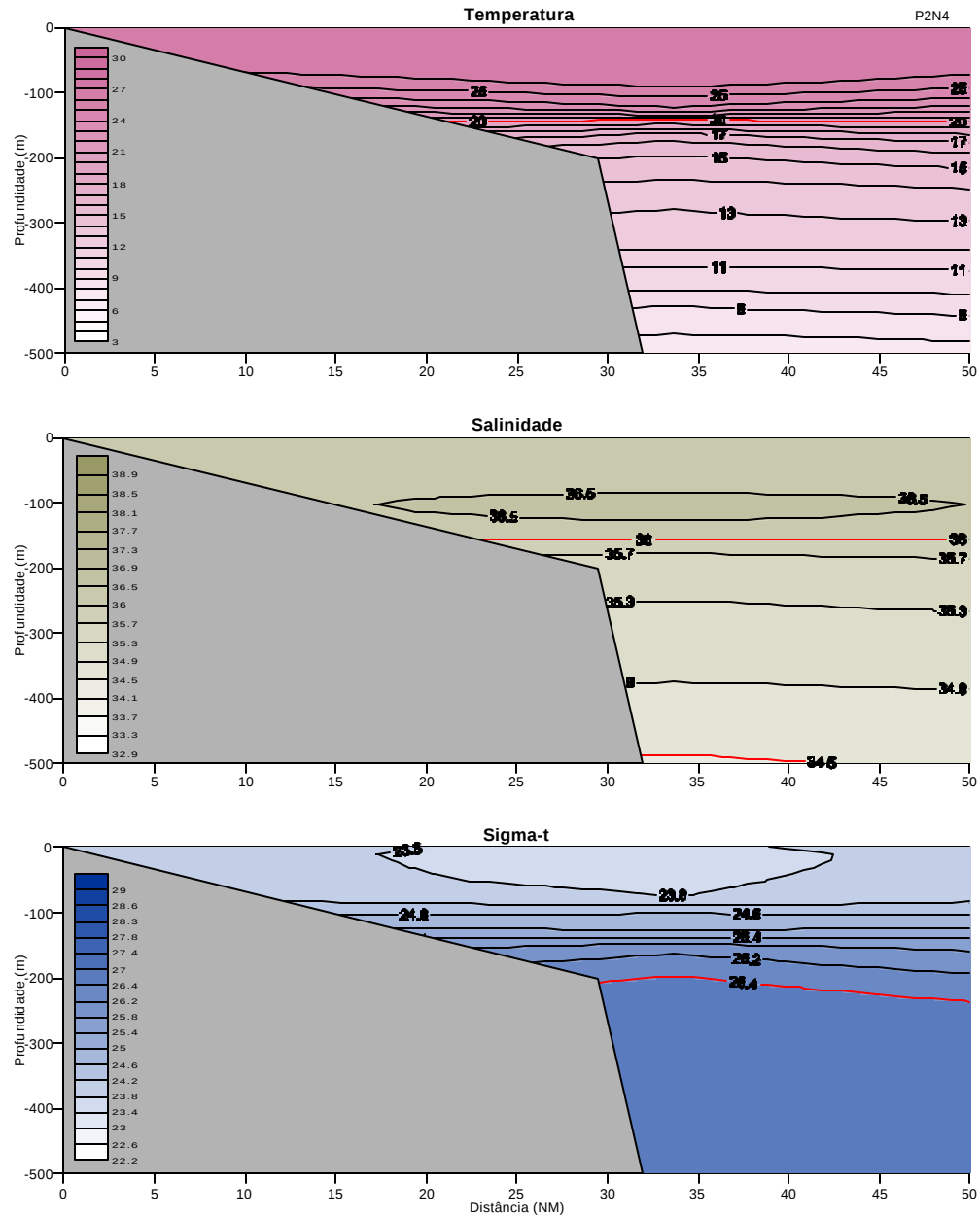


Figura 70. Estrutura vertical termohalina (°C e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 2 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no primavera/00. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

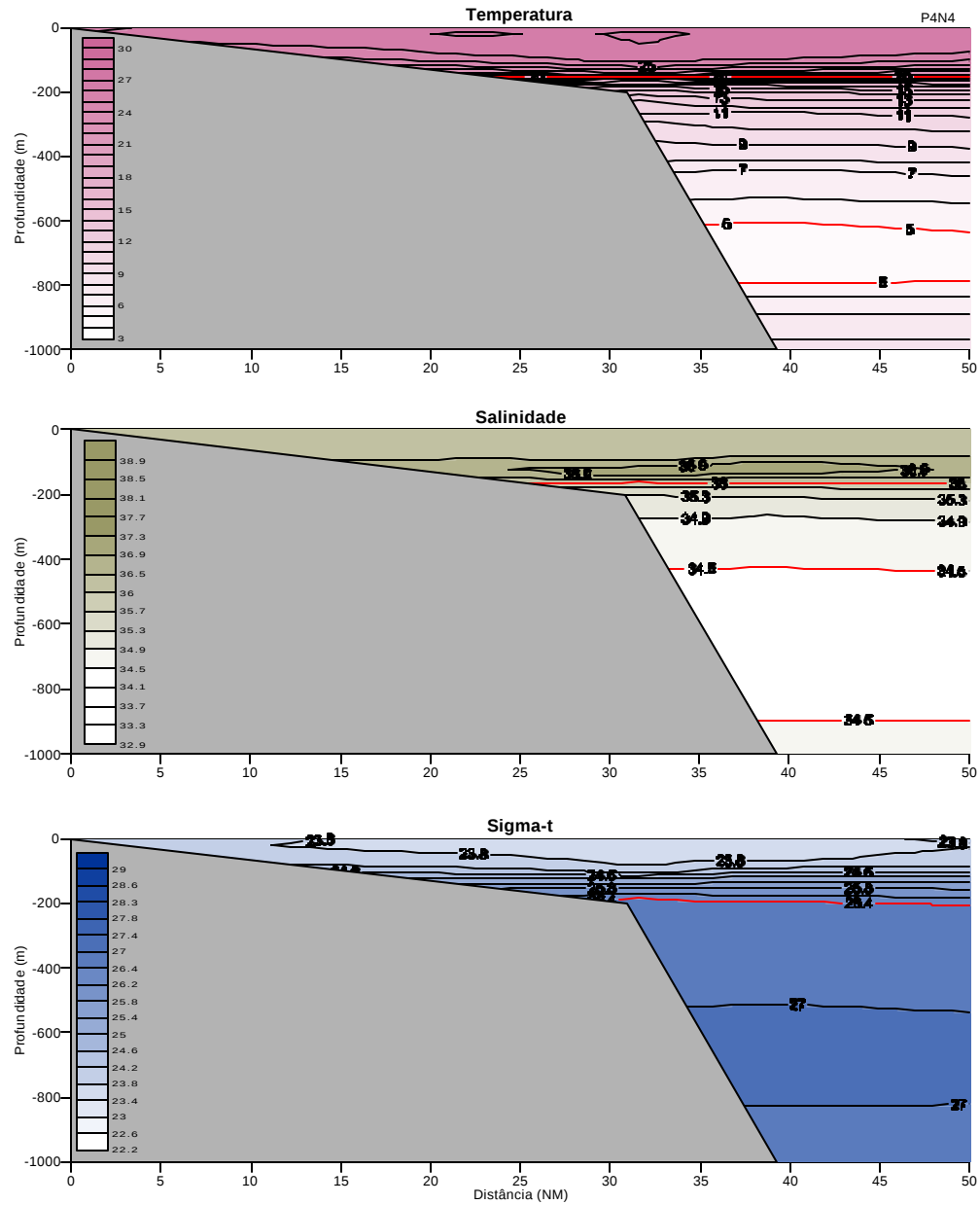


Figura 72. Estrutura vertical termohalina (°C e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 4 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no primavera/00. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

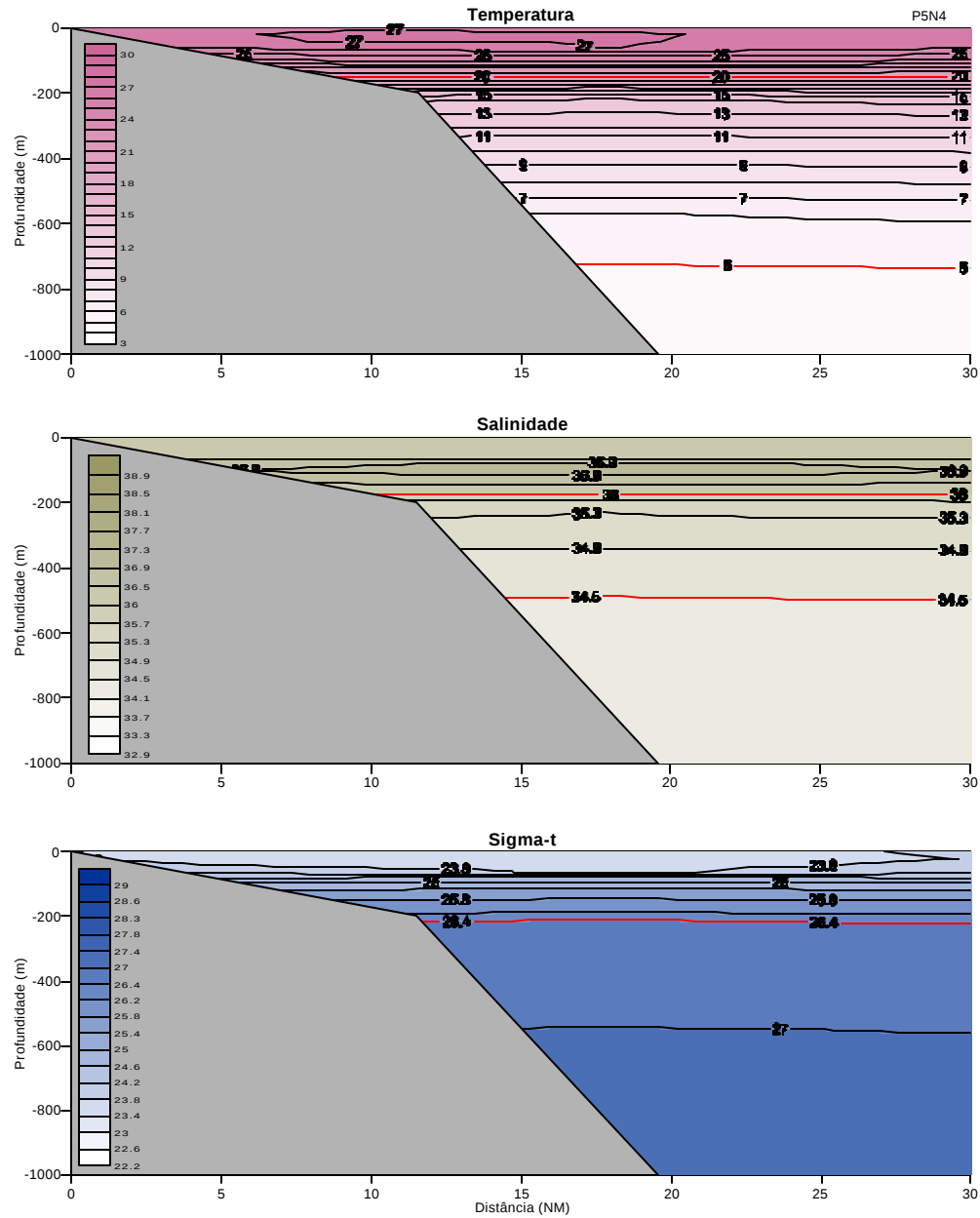


Figura 73. Estrutura vertical termohalina (°C e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 5 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no primavera/00. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

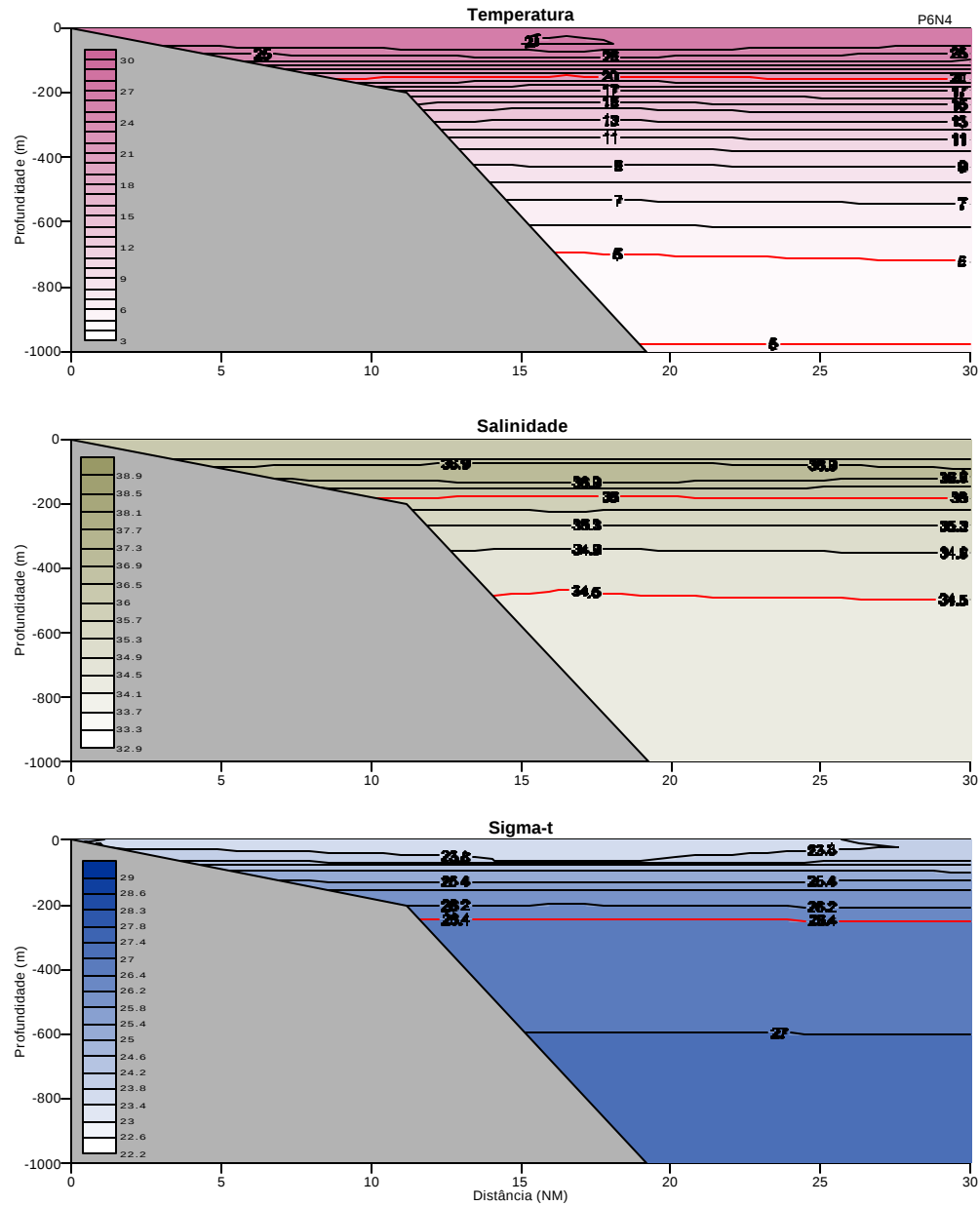


Figura 74. Estrutura vertical termohalina ($^{\circ}\text{C}$ e usp) e de densidade ao longo da transessão 6 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no primavera/00. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

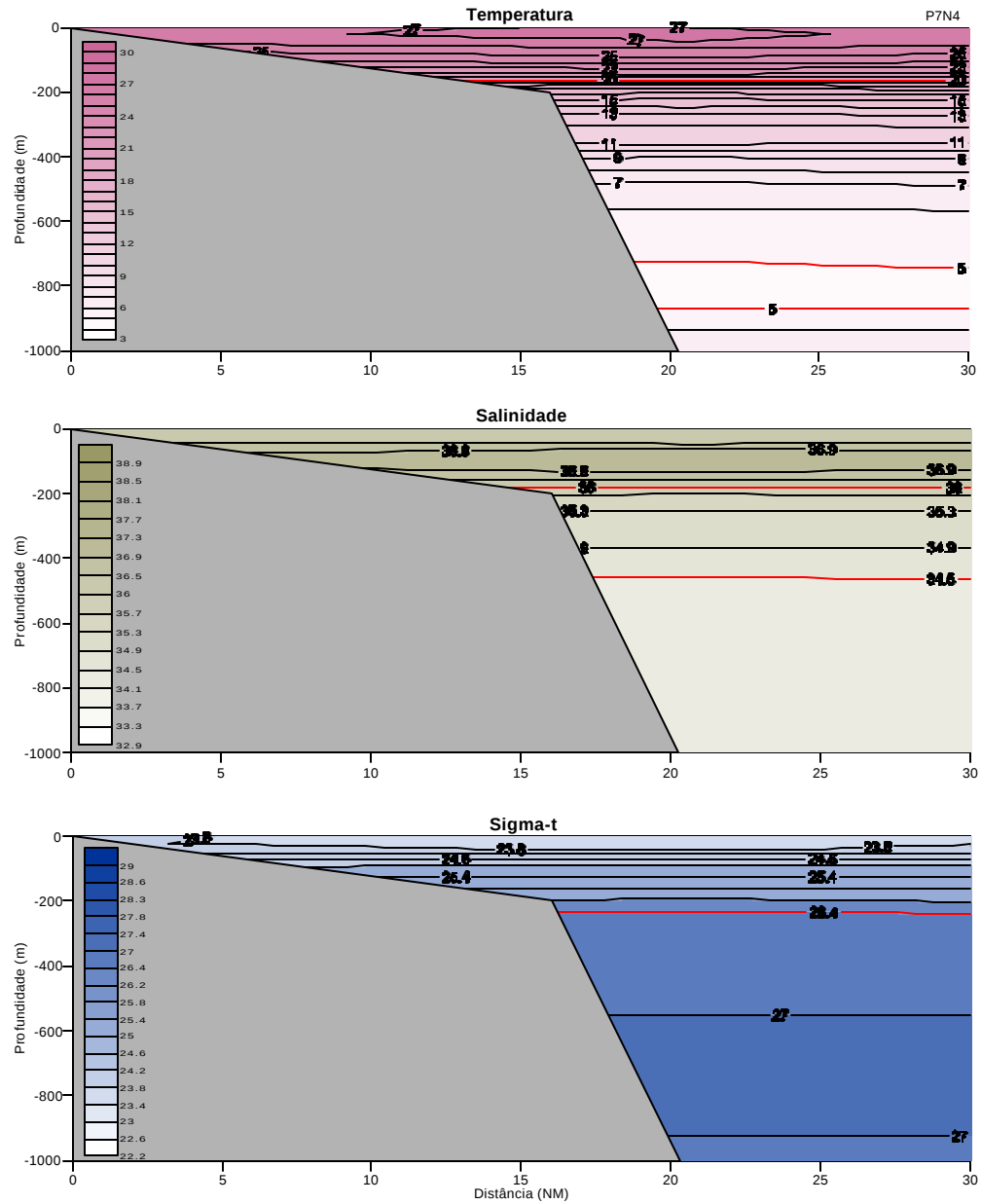


Figura 75. Estrutura vertical termohalina ($^{\circ}\text{C}$ e usp) e de densidade ao longo da transessão 7 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no primavera/00. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

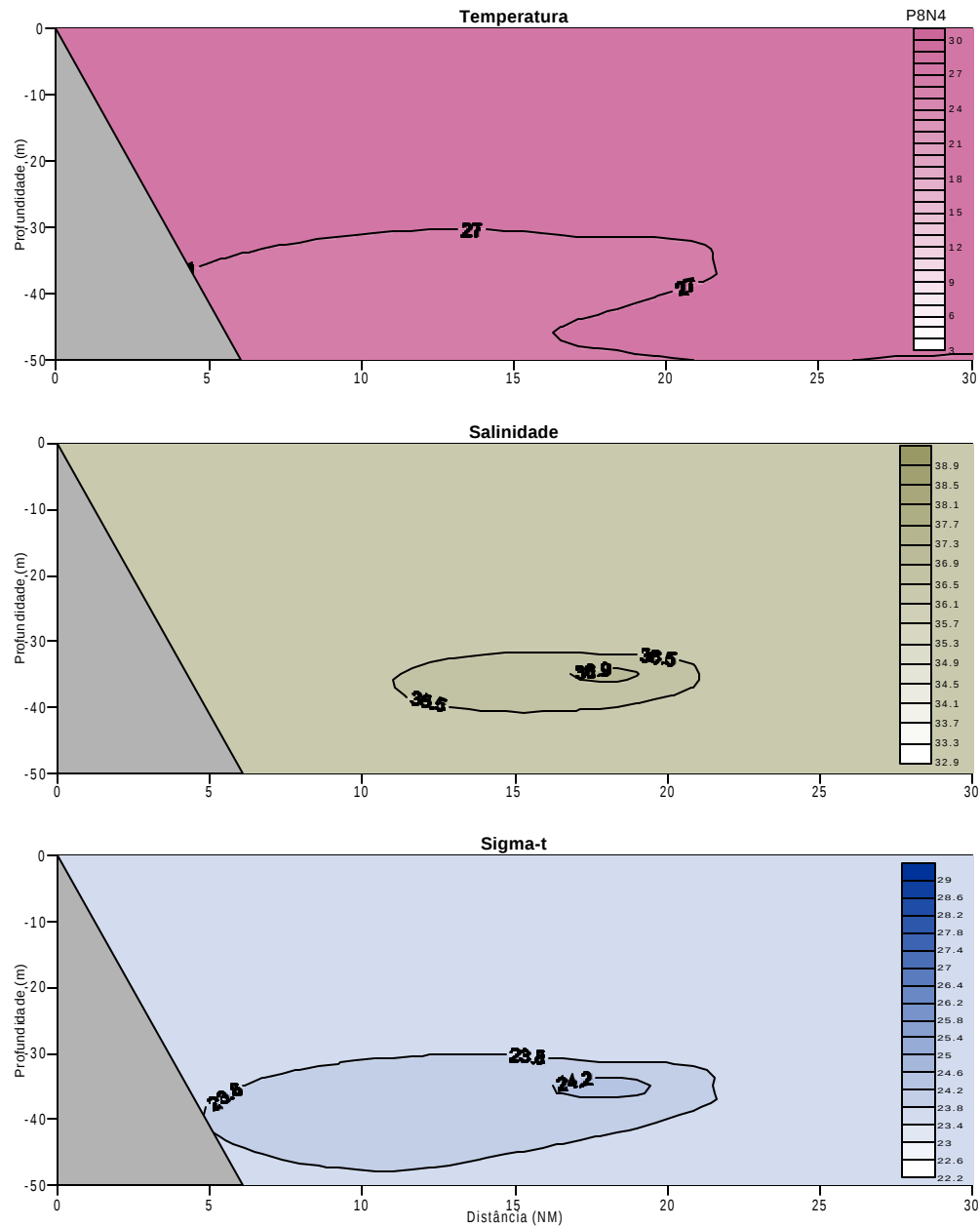


Figura 76. Estrutura vertical termohalina ($^{\circ}\text{C}$ e usp) e de densidade ao longo da transessão 8 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no primavera/00. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

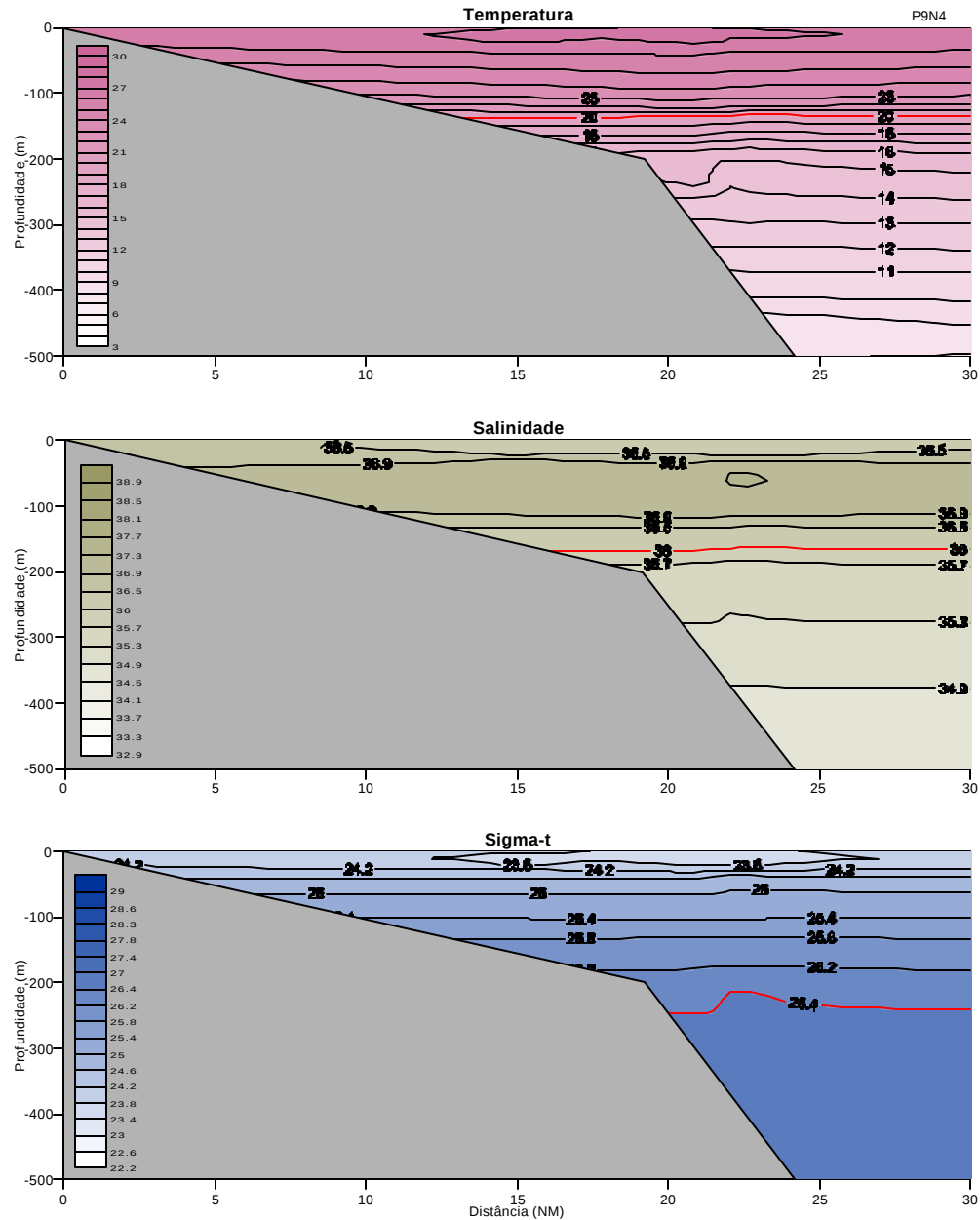


Figura 77. Estrutura vertical termohalina (°C e usp) e de densidade ao longo da transessão 9 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no primavera/00. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

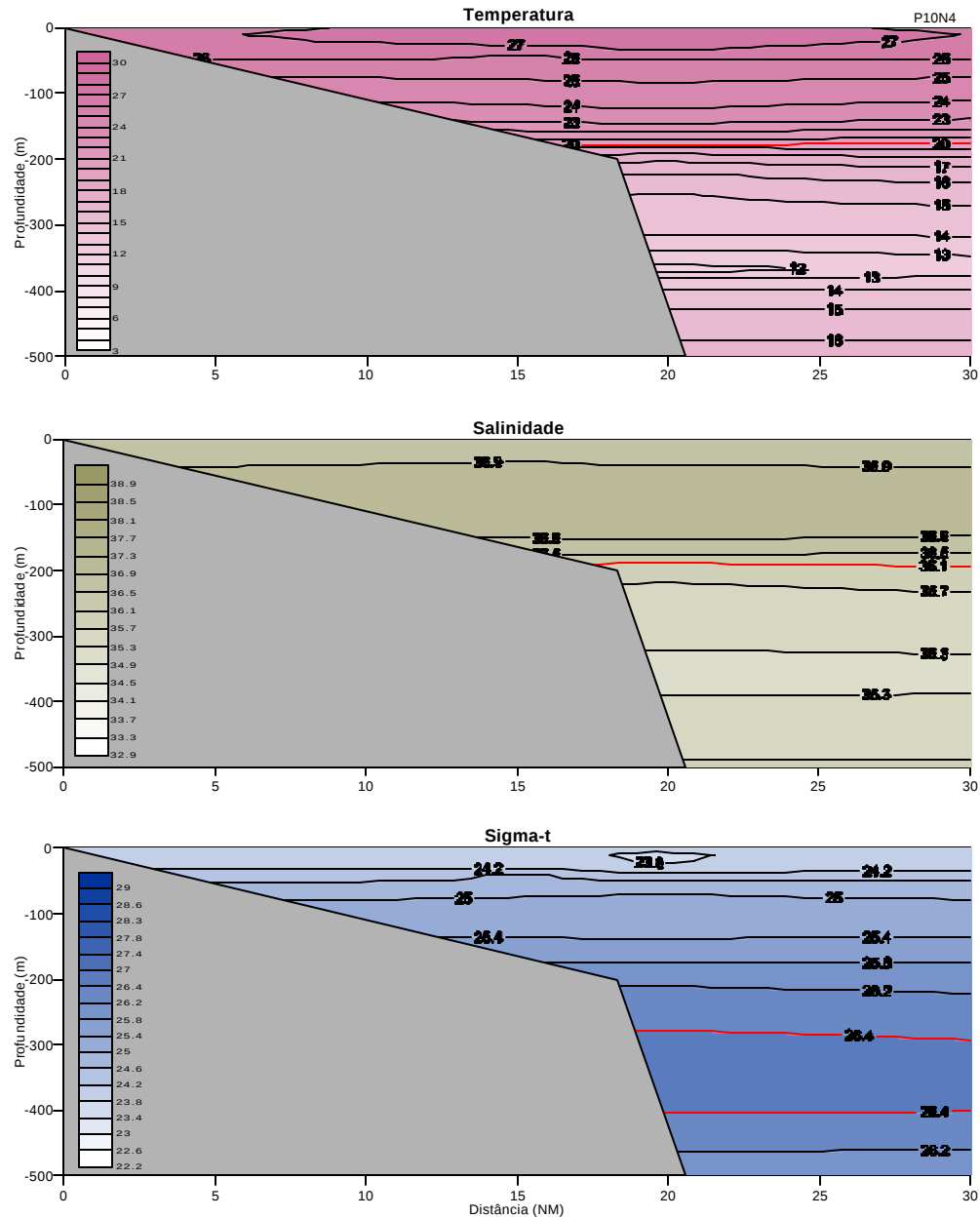


Figura 78. Estrutura vertical termohalina (°C e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 10 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no primavera/00. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

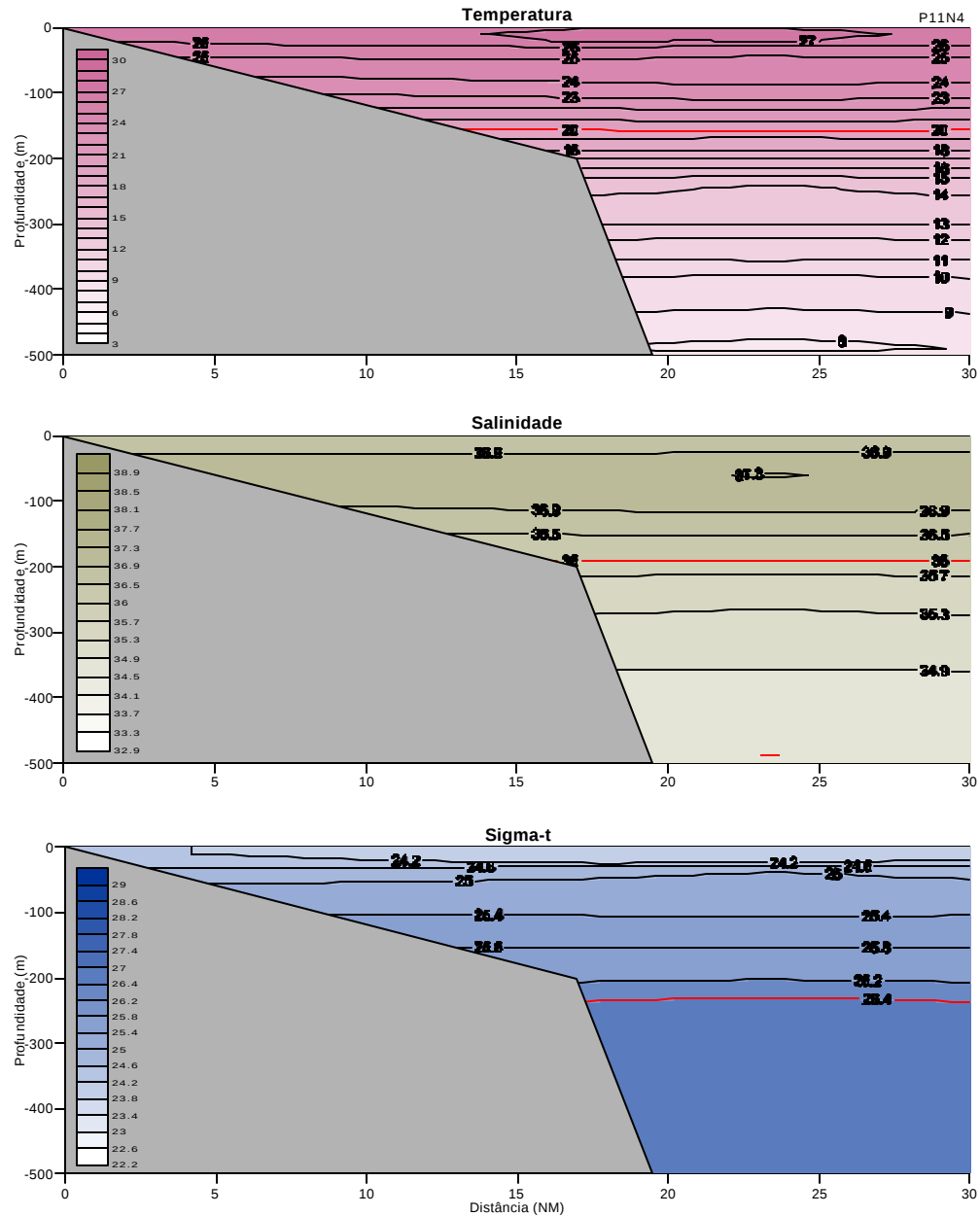


Figura 79. Estrutura vertical termohalina ($^{\circ}\text{C}$ e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 11 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no primavera/00. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

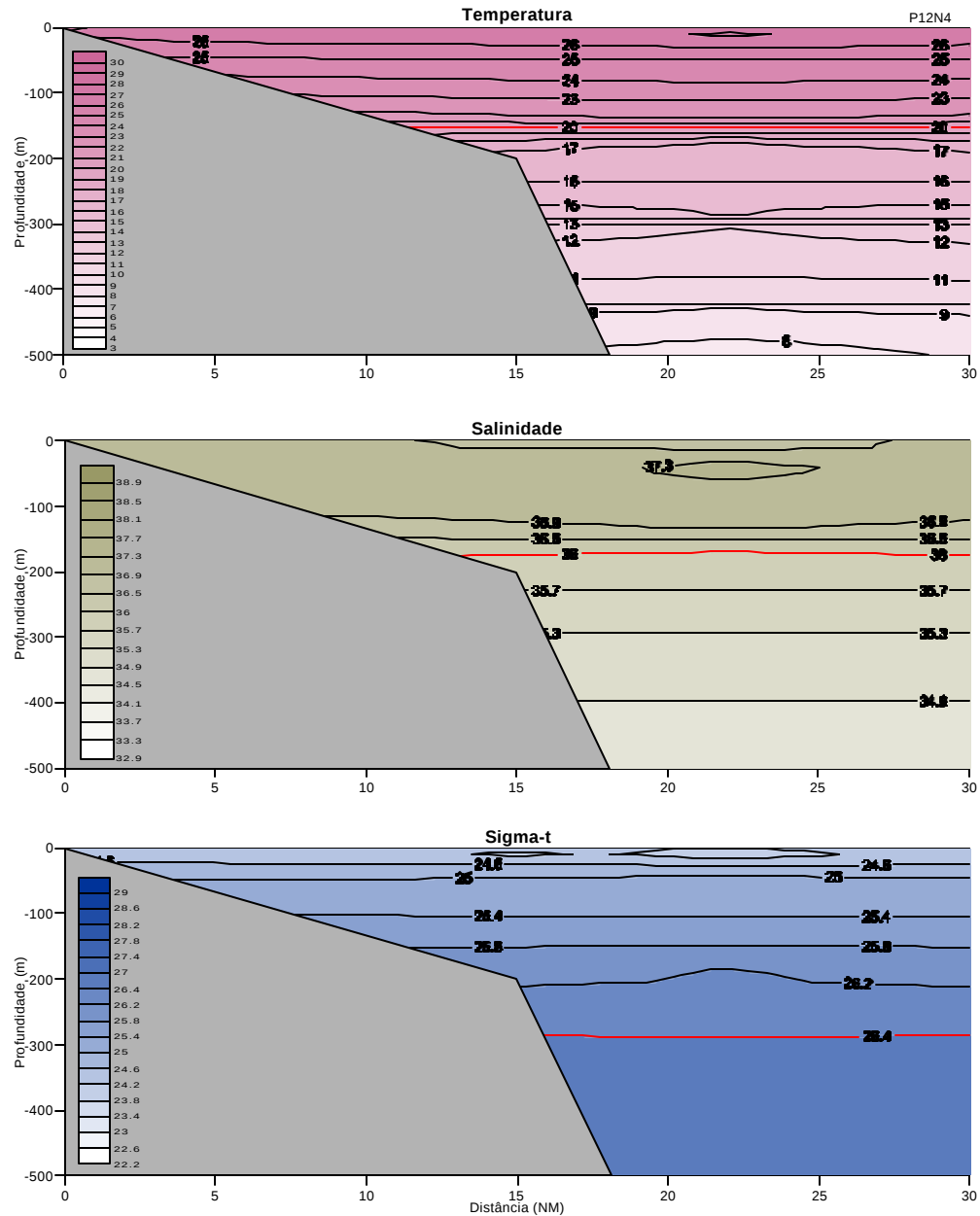


Figura 80. Estrutura vertical termohalina ($^{\circ}\text{C}$ e usp) e de densidade ao longo da transessão 12 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no primavera/00. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

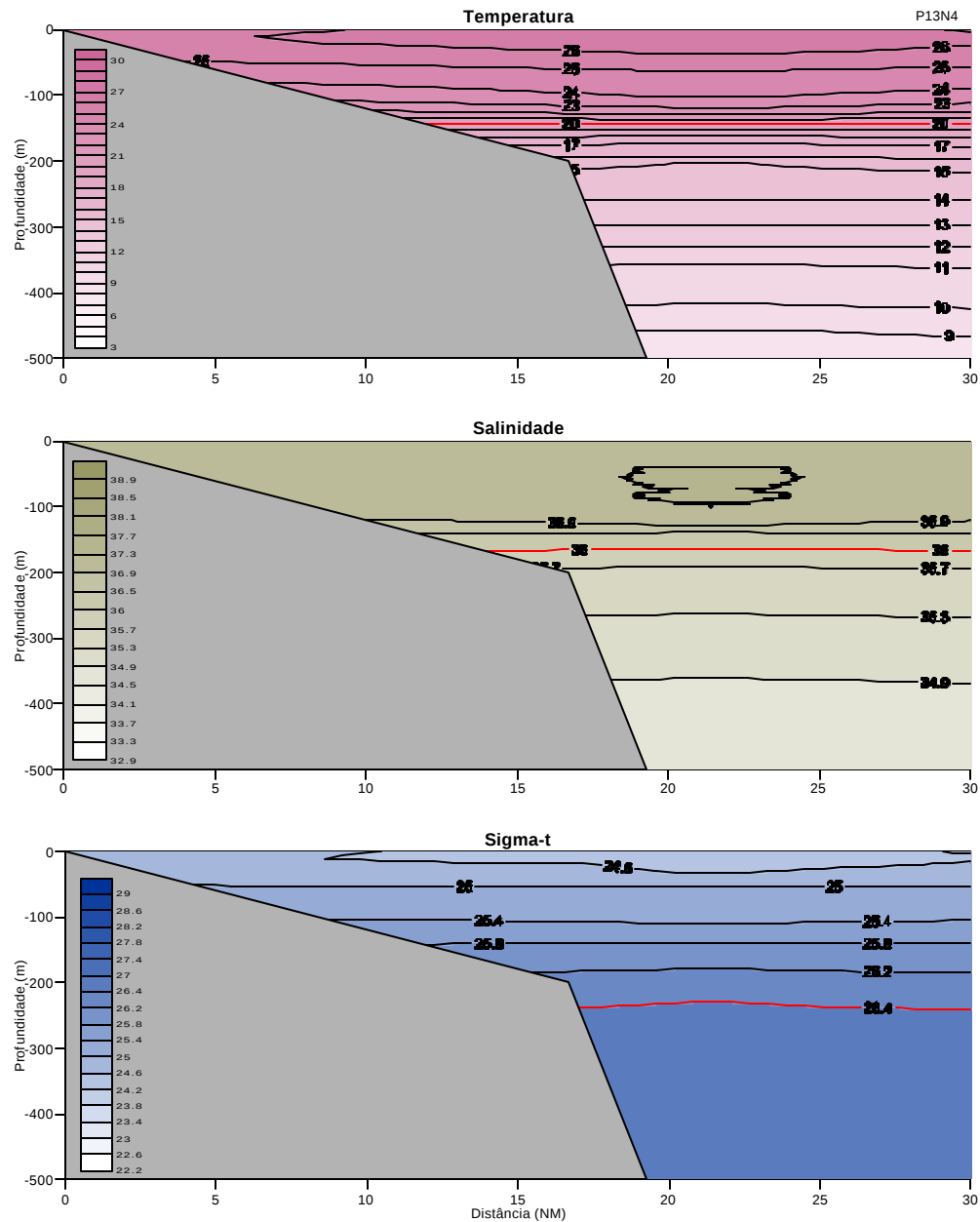


Figura 81. Estrutura vertical termohalina ($^{\circ}\text{C}$ e usp) e de densidade ao longo da transessão 13 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no primavera/00. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

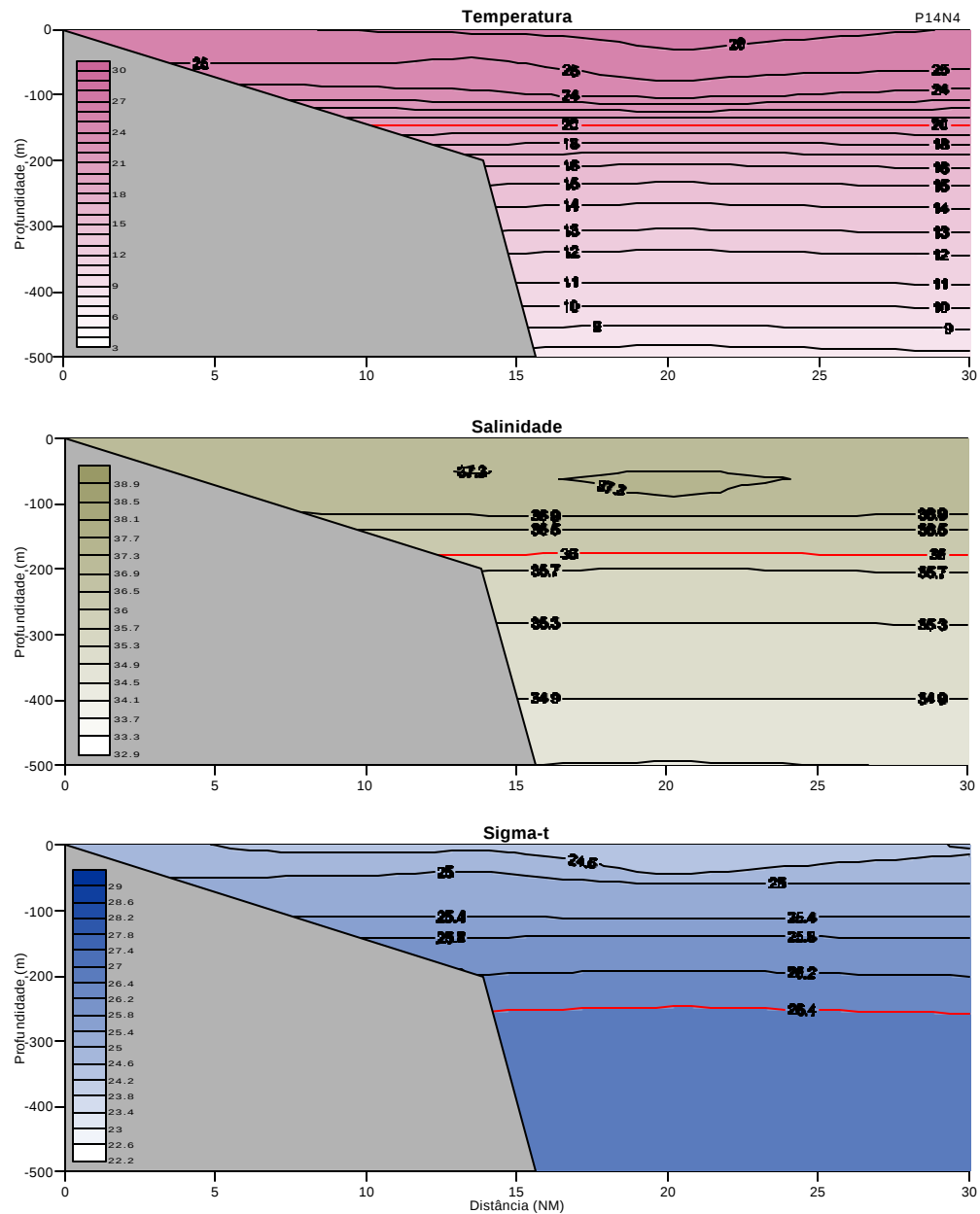


Figura 82. Estrutura vertical termohalina ($^{\circ}\text{C}$ e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 14 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no primavera/00. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

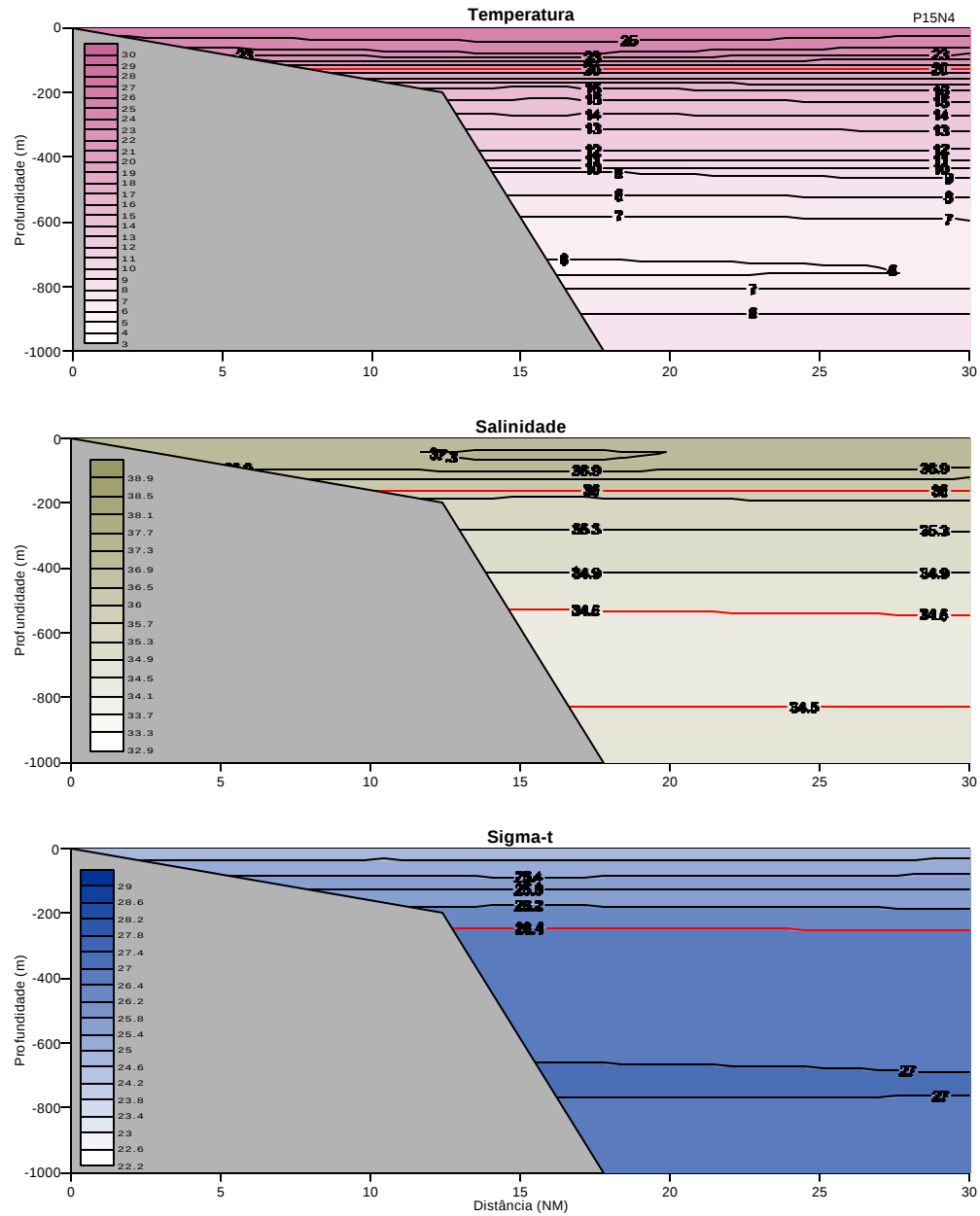


Figura 83. Estrutura vertical termohalina ($^{\circ}\text{C}$ e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 15 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no primavera/00. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

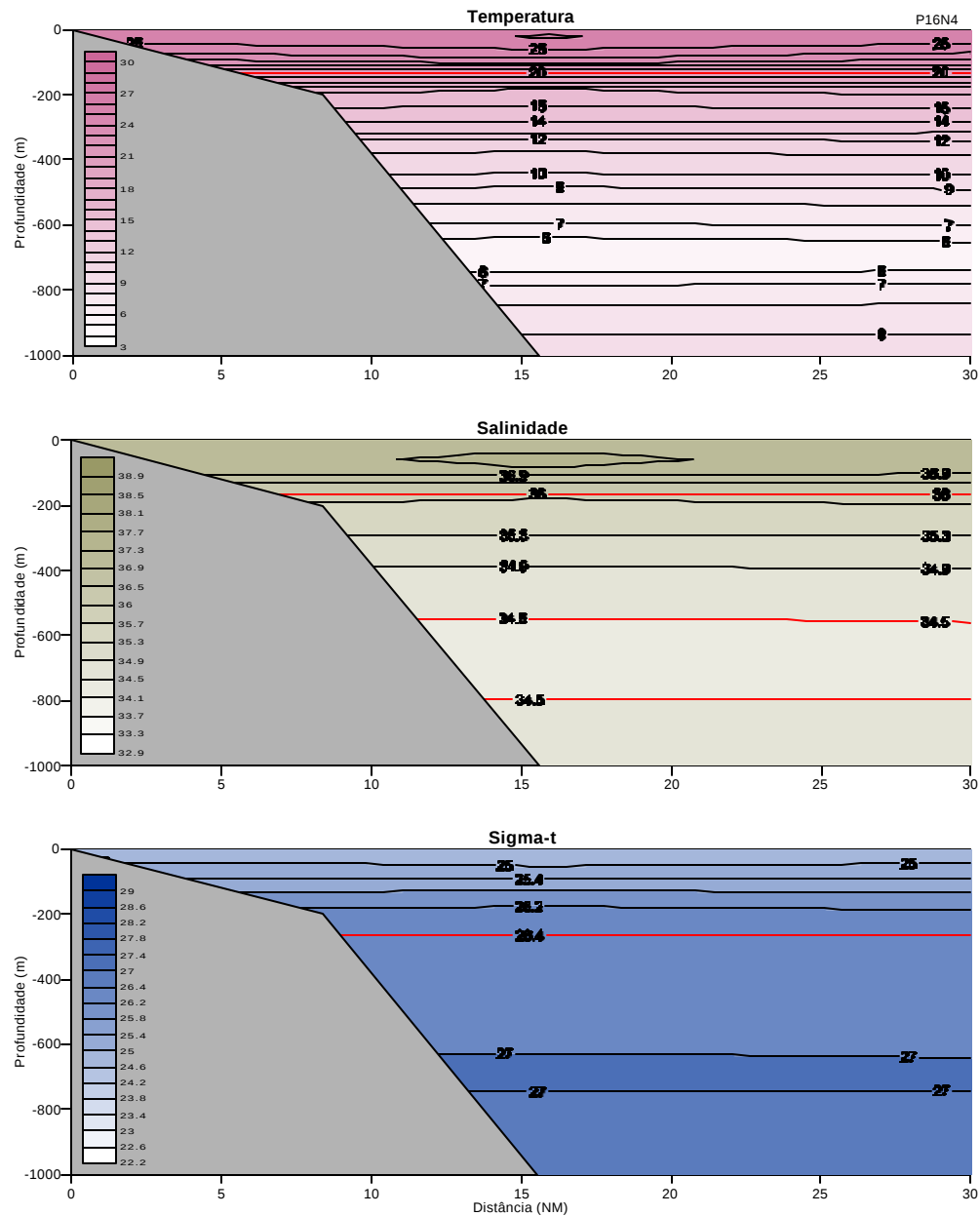


Figura 84. Estrutura vertical termohalina ($^{\circ}\text{C}$ e usp) e de densidade ao longo da transessão 16 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no primavera/00. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

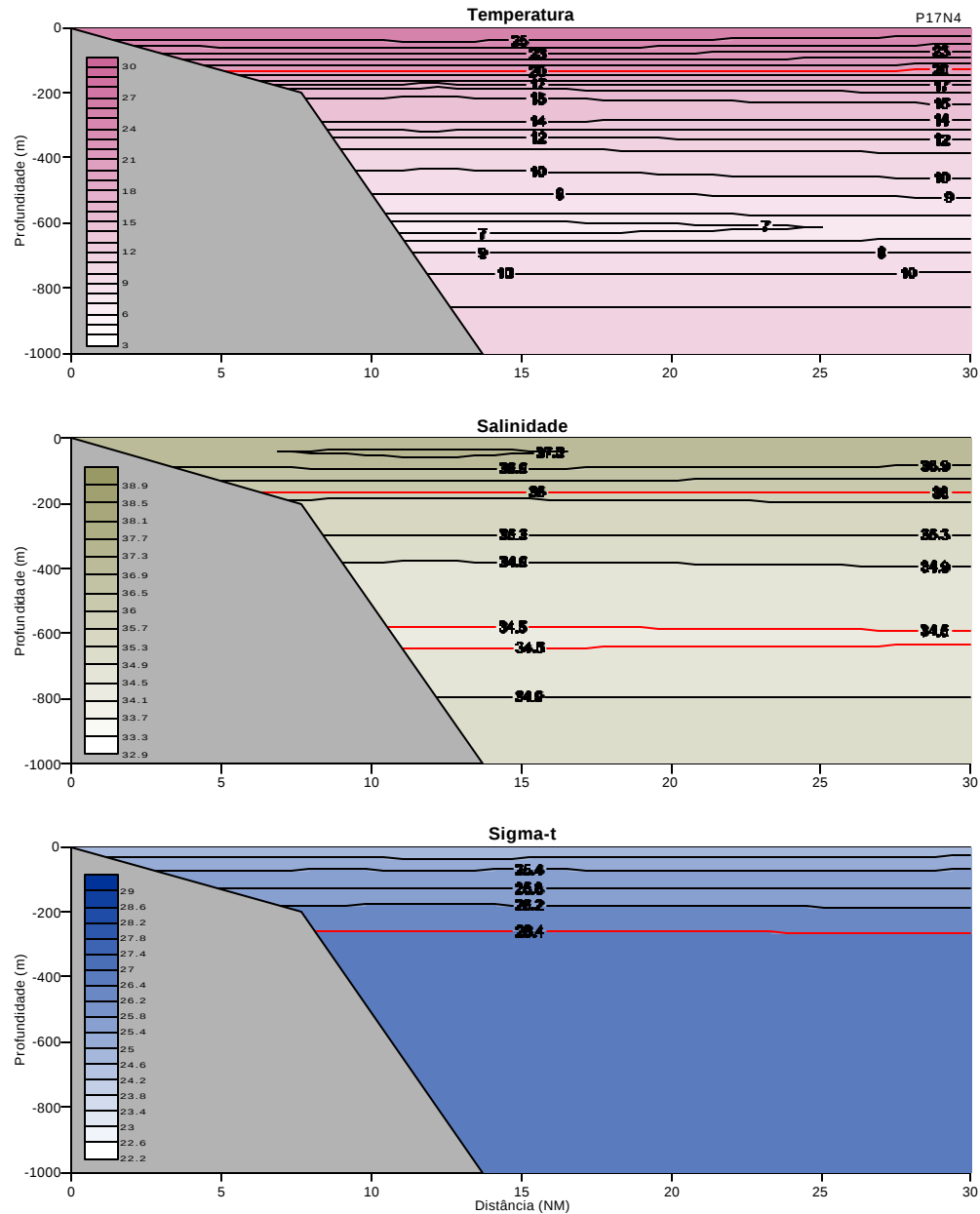


Figura 85. Estrutura vertical termohalina (°C e σ_t) e de densidade ao longo da transessão 17 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no primavera/00. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

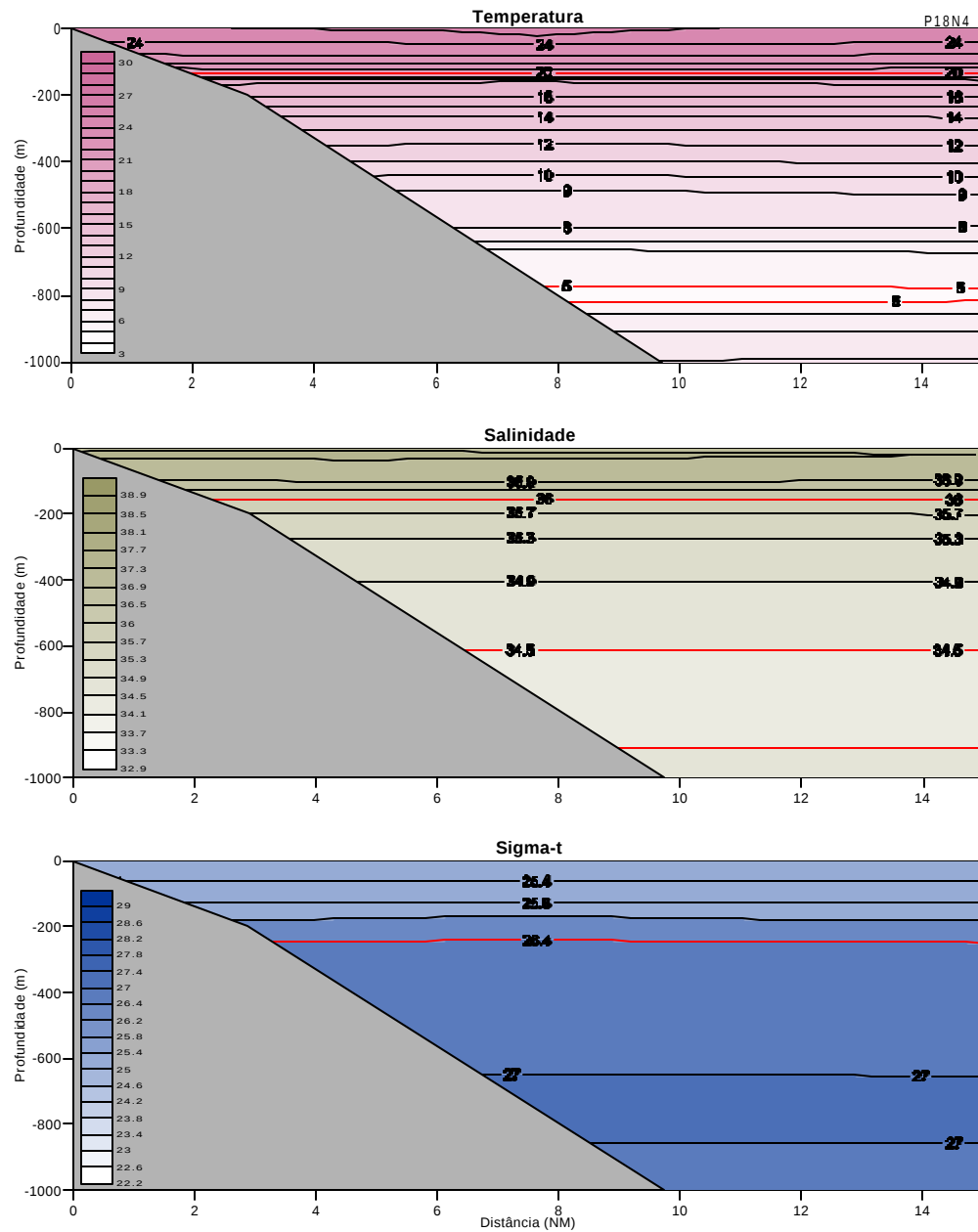


Figura 86. Estrutura vertical termohalina ($^{\circ}\text{C}$ e usp) e de densidade ao longo da transessão 18 na ZEE-NE, com base nos dados coletados no primavera/00. As isolinhas em vermelho representam os limites da ACAS.

Microestrutura da Temperatura, Salinidade, Clorofila-a e Sigma-t.

Exemplos de distribuições verticais de temperatura, salinidade, sigma-t (σ_t), escala de Thorpe (L_T) e clorofila-a gerados a partir dos dados coletados pela sonda SCAMP no período de primavera de 2000, na região de talude entre as cidades de Recife/PE e Salvador/BA (conforme Fig. 4), são apresentadas nas figuras 87 a 94.

Para a camada amostrada pela SCAMP, primeiros 40 a 70 m de profundidade, os perfis de temperatura apresentaram bastante homogeneidade, enquanto que os de salinidade apresentaram flutuações mais significantes e lideraram as flutuações na densidade. Os valores de clorofila-a são apresentados relativos àqueles encontrados na superfície, com o valor máximo encontrado na estação 170. A escala de Thorpe representa o tamanho médio dos remoinhos associados com eventos turbulentos em um fluido estratificado, e permite apontar com mais facilidade onde está localizada a camada de mistura e onde está ocorrendo turbulência na coluna d'água. Camadas onde ocorrem misturas intensas são caracterizadas por grandes deslocamentos de Thorpe.

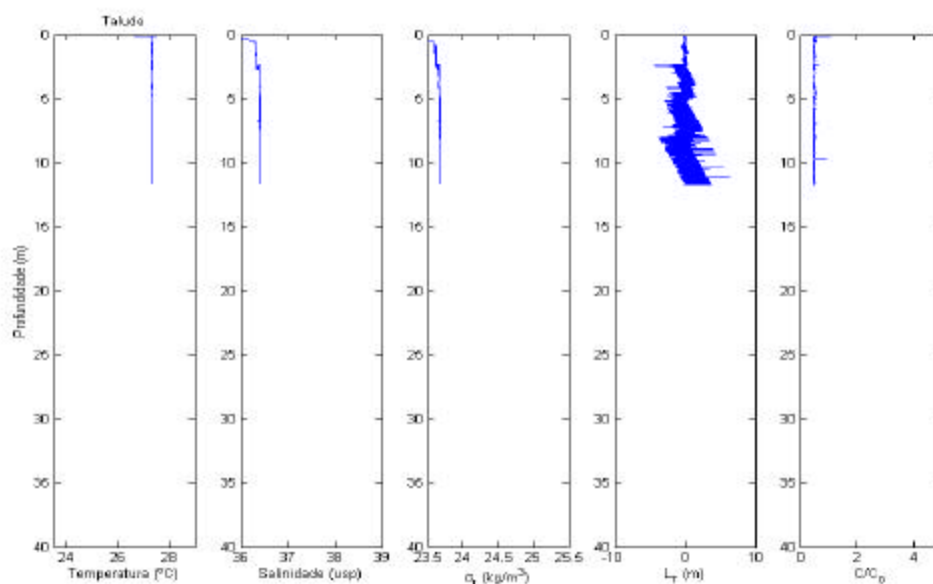


Figura 87. Distribuições verticais de temperatura, salinidade, sigma-t (σ_t), escala de Thorpe (L_T) e clorofila-a registrados com a SCAMP na estação 166. Primavera/2000.

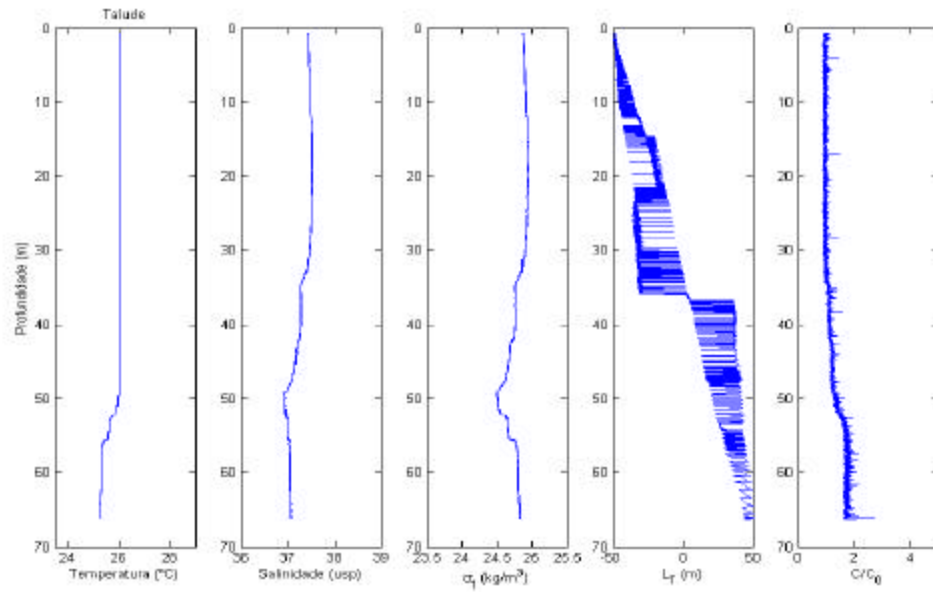


Figura 88. Distribuições verticais de temperatura, salinidade, sigma-t (σ_t), escala de Thorpe (L_T) e clorofila-a registrados com a SCAMP na estação 167. Primavera/2000.

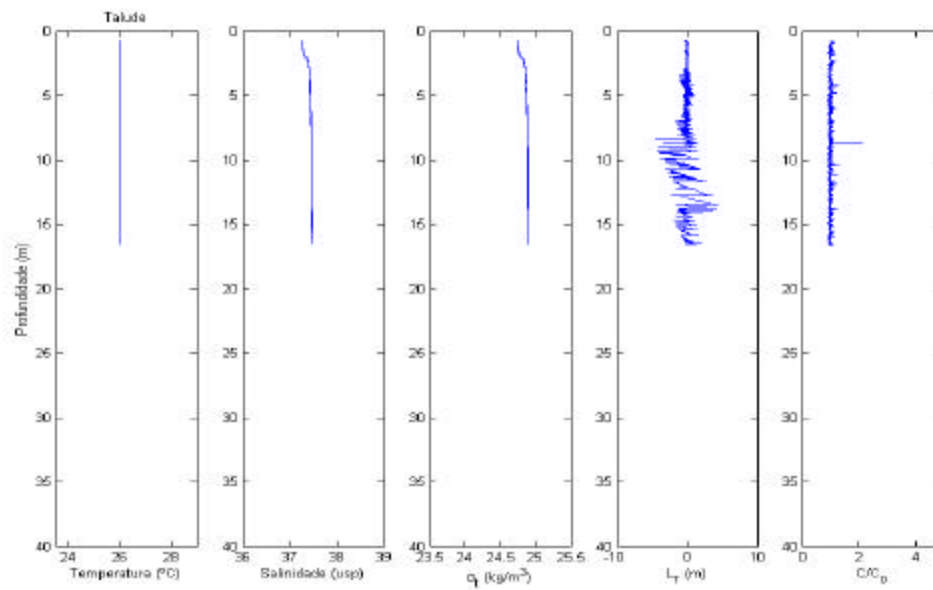


Figura 89. Distribuições verticais de temperatura, salinidade, sigma-t (σ_t), escala de Thorpe (L_T) e clorofila-a registrados com a SCAMP na estação 168. Primavera/2000.

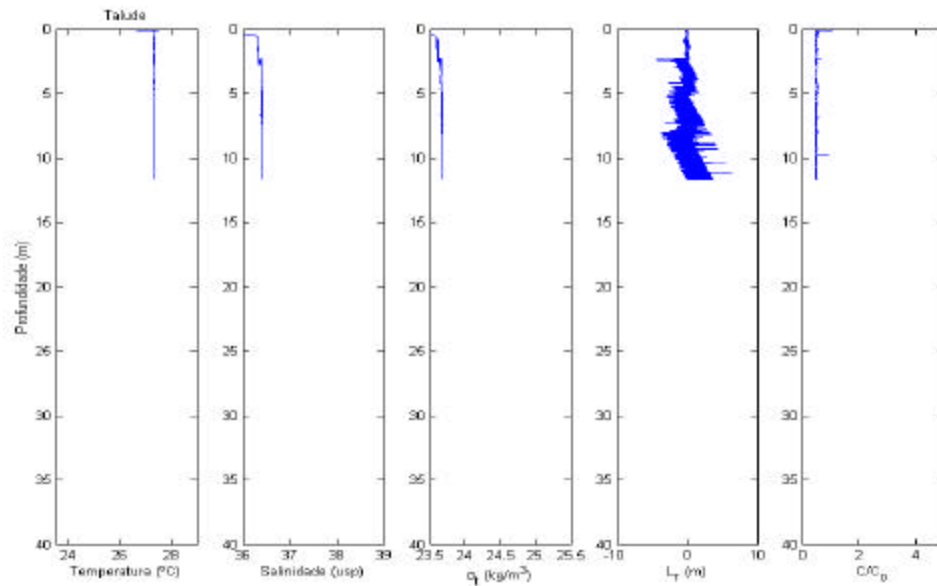


Figura 90. Distribuições verticais de temperatura, salinidade, sigma-t (σ_t), escala de Thorpe (L_T) e clorofila-a registrados com a SCAMP na estação 169. Primavera/2000.

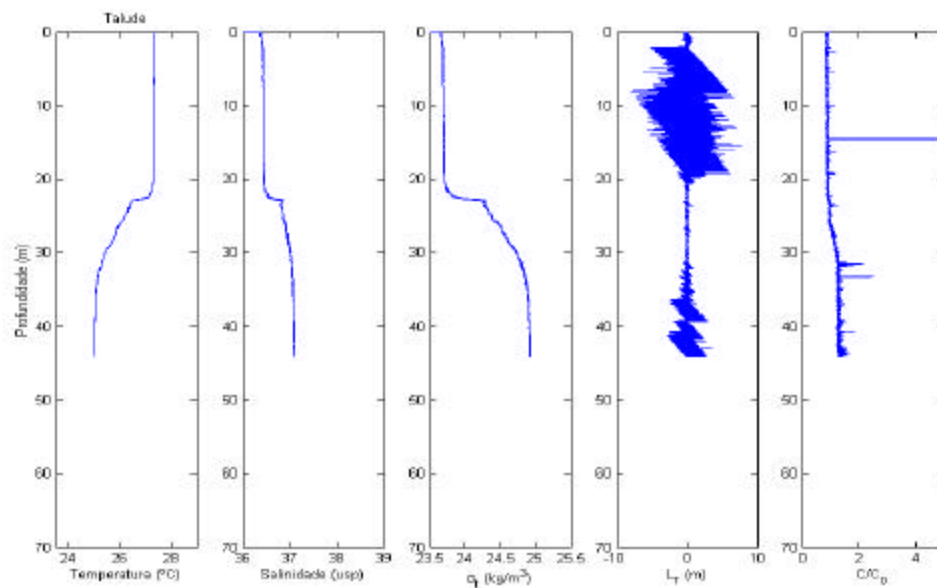


Figura 91. Distribuições verticais de temperatura, salinidade, sigma-t (σ_t), escala de Thorpe (L_T) e clorofila-a registrados com a SCAMP na estação 170. Primavera/2000.

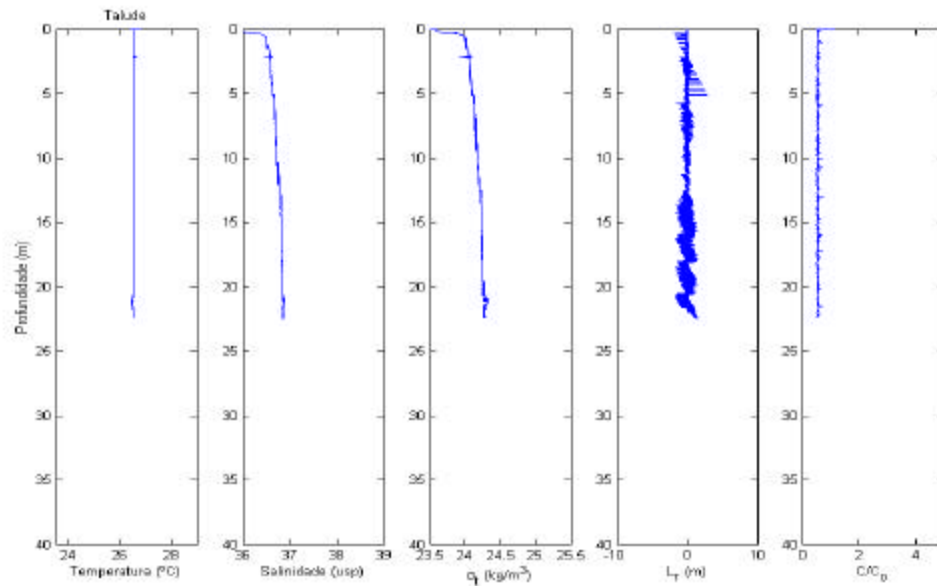


Figura 92. Distribuições verticais de temperatura, salinidade, sigma-t (σ_t), escala de Thorpe (L_T) e clorofila-a registrados com a SCAMP na estação 174. Primavera/2000.

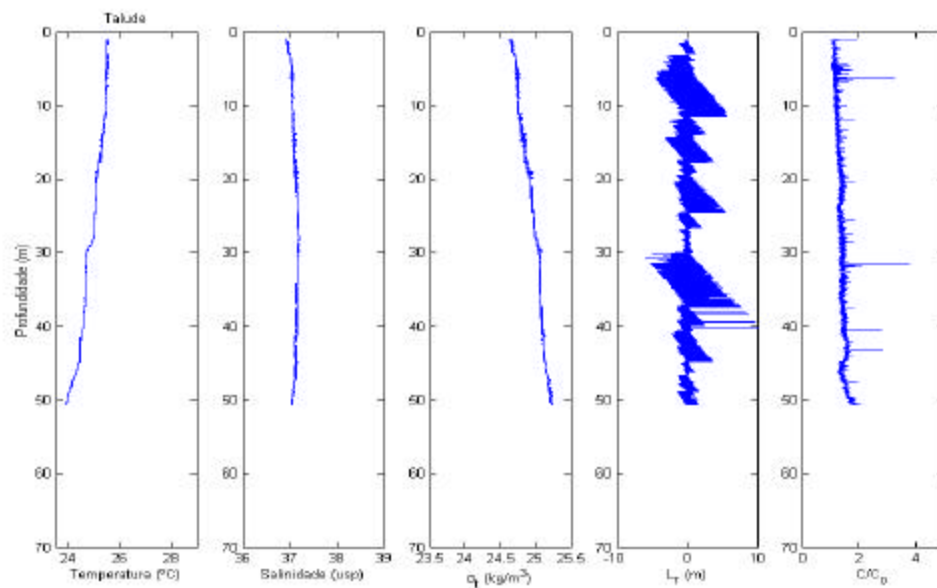


Figura 93. Distribuições verticais de temperatura, salinidade, sigma-t (σ_t), escala de Thorpe (L_T) e clorofila-a registrados com a SCAMP na estação 175. Primavera/2000.

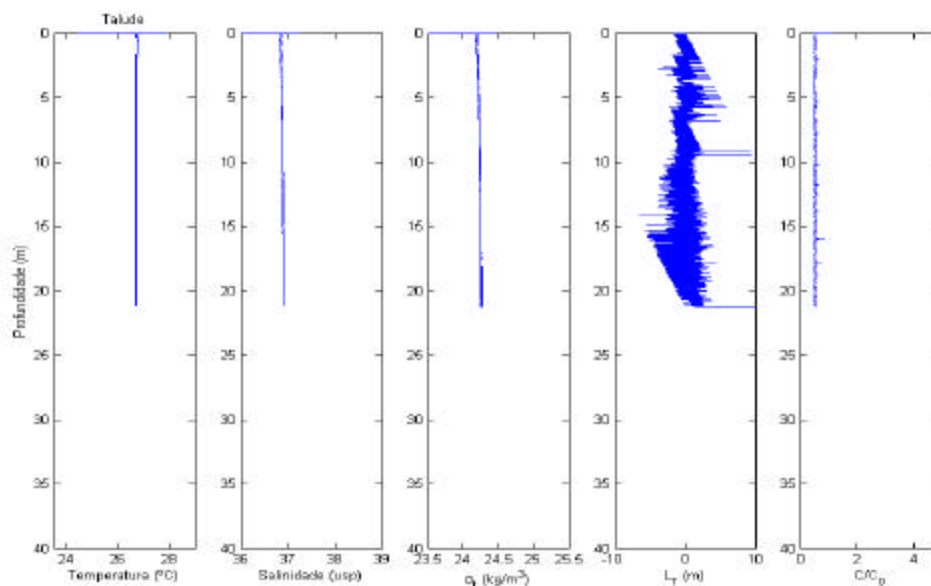


Figura 94. Distribuições verticais de temperatura, salinidade, sigma-t (σ_t), escala de Thorpe (L_T) e clorofila-a registrados com a SCAMP na estação 185. Primavera/2000.

A escala de Thorpe indicou uma camada de mistura ativa na região de talude, principalmente na área mais próxima a Salvador, com remoinhos de tamanhos variados. Ainda, em alguns perfis, níveis distintos da turbulência de superfície e sub-superfície foram encontrados, por vezes isolados por uma camada pouca turbulenta. Isso sugere que além da turbulência causada pelo cisalhamento dos ventos, outros processos estejam atuando dentro da coluna d'água.

Nas estações 170 e 185 (fig. 93 e 94) a sonda não encontrou, ou ultrapassou, a camada de mistura. A turbulência aqui verificada pela escala de Thorpe sugere que um outro processo físico induz turbulência a partir de uma profundidade maior. Para testar essa hipótese, perfis verticais da taxa de dissipação de energia cinética turbulenta (ϵ) foram calculados para estas estações e normalizados pelo período de onda (T) dividido pela energia cinética turbulenta gerada pelos ventos (E_v). O eixo vertical foi normalizado pela profundidade da camada bem misturada ($Z_{mix.}$). A distribuição vertical da taxa de dissipação da energia cinética turbulenta para as estações 170 e 185 estão apresentadas nas Figs. 95 e 96, respectivamente.

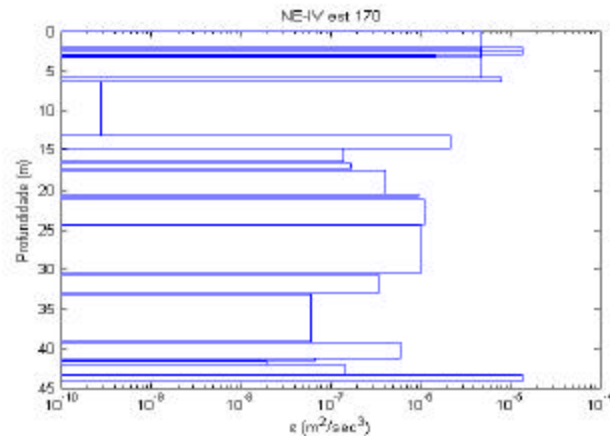


Figura 95. Distribuição vertical da taxa de dissipação de energia cinética turbulenta (ϵ) obtida pela SCAMP na estação 170. Primavera/2000.

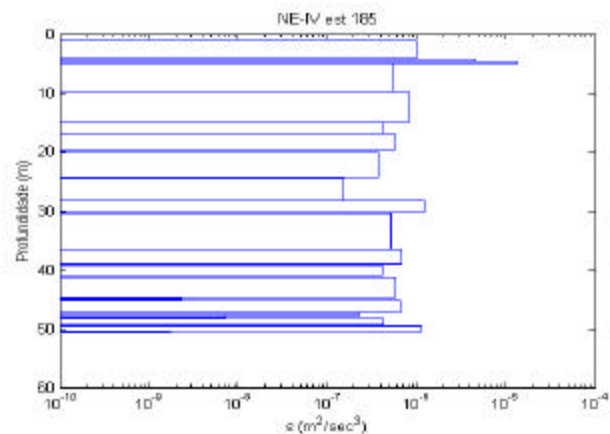


Figura 96. Distribuição vertical da taxa de dissipação de energia cinética turbulenta (ϵ) obtida pela SCAMP na estação 185. Primavera/2000.

A constatação de valores altos de ϵ abaixo da camada de mistura, indica que outros processos como quebra de ondas internas na base da picnoclina, ou valores significativos de velocidades verticais provocados por bombeamento de Ekman, induzem elevados valores de ϵ nestas profundidades. Campos *et al.* (2000) descreve processo similar associado ao desprendimento de meandros ciclônicos da corrente do Brasil, que ao encontrarem o talude tenderiam a empurrar a AIA sobre a plataforma.

Valores de σ_t acima de 10^{-6} em profundidades que estão abaixo da profundidade de início da pycnoclina, como visto na Fig.95, sugerem a ação de um outro agente de dissipação turbulenta, que não o vento. O mesmo padrão foi verificado nos perfis de CTD obtidos na área (Fig. 97). A pycnoclina na estação 170 apresenta-se muito rasa, dentro da zona fótica e os valores de σ_t da ordem de $10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-3}$ abaixo de Z_{mix} comprova dissipação elevada nesta região.

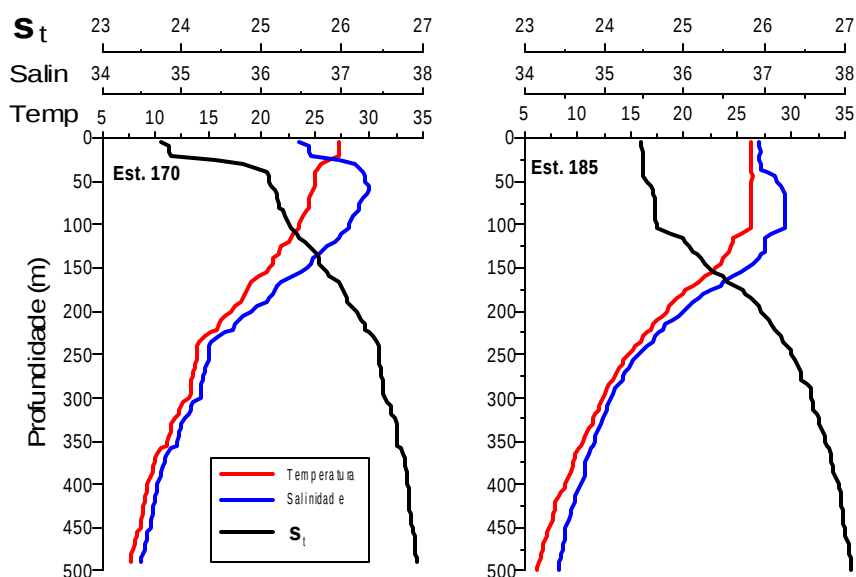


Figura 97. Perfis verticais da distribuição da temperatura, salinidade e σ_t nas estações 170 e 185 obtidos com CTD na primavera de 2000.

A estação 185 (Fig. 97) apresenta um perfil de densidade bem estratificado, sem formação de uma camada bem misturada, apresentando valores de σ_t da mesma ordem dos encontrados na estação 170, acima de 10^{-7} . As distribuições horizontais da salinidade e temperatura para as camadas de 0 m e 50 m, apresentam um padrão distinto para a região de plataforma e talude de Aracajú a Salvador, com águas mais frias e salinas indicando que toda esta área poderia estar sujeita ao mesmo processo.

CONCLUSÕES

- A estrutura termohalina na região da ZEE-NE apresenta-se bastante estável, com variações nas camadas superficiais de pequena magnitude, associadas às estações sazonais. Apresenta uma termoclina permanente, na qual a profundidade do topo aumenta em função da proximidade do continente e com o aumento da latitude.
- As isolinhas de salinidade, temperatura e profundidade do topo da termoclina alinham-se com a costa na região ao norte do Recife e apresentam distribuição zonal para sul desta capital, respondendo ao padrão de ação da CSE.
- Para o universo amostrado de até 1000 m de profundidade, as massas d'água identificadas na ZEE-NE foram a Água Tropical Superficial (ATS), a Água Central do Atlântico Sul (ACAS) e a Água Antártica Intermediária (AAI), sem que fosse observada alteração significativa em suas profundidades características.
- Embora não tenham sido registrados valores de temperaturas anômalos que possam caracterizar a ocorrência de ressurgência intensa e permanente na região, sazonalmente, observou-se uma maior perturbação da estrutura termohalina e o deslocamento vertical das isotermas, particularmente próximos aos bancos da cadeia norte, e ao longo do talude entre Aracaju e Salvador.
- Na região de talude, o ligeiro esfriamento das águas superficiais e o posicionamento mais superficial das águas de salinidade máxima no período do outono parecem estar associado ao transporte Ekman e limitado a camada mais superficial.
- Exame da microestrutura termohalina para a capa superficial da região de talude, evidenciou a ação de perturbações de sub-superfície, abaixo da camada de mistura, indicando a ação de outros processos de mistura na coluna d'água que poderiam estar associados a ondas internas e/ou formação de remoinhos associados ao desprendimento de meandros da corrente do Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADVÍNCULA, R. 2000. Elementos micronutrientes na camada eufótica da região oceânica entre Recife (Pernambuco) e Salvador (Bahia): distribuição espacial e mecanismos físicos influentes na fertilização das águas. Recife, PE. 117 f. Dissertação (Mestrado Oceanografia)- Depto. Ocean. CTG, UFPE.
- BARNIER, B.; REYNAUD, T.; BECKMANN, A.; BÖNING, C.; MOLINES, J. M.; BARNARD, S. e JIA, Y. 2001. On the seasonal variability and eddies in the North Brazil Current: insights from model intercomparison experiments. *Progress in Oceanography*, v.48:195-230p.
- BRAINERD, K. E. e GREGG, M. C. 1995. Surface mixed and mixing layer depths. *Deep Sea Research*, v.42: -1543p.
- CALADO, L.; SILVEIRA, I. C. A.; CAMPOS, E. D. J.; FERNANDES, A. M. e CAMARGO, R. Dynamics of Brazil Current-Intermediate Western Boundary Current System off Southeast Brazil. IAPSO abstracts, IA-01/IA01-31.
- CAMPOS FILHO, GONÇALVES, J. E.; YKEDA, Y. 1995. Water characteristics and geostrophic circulation in the south Brazil Bight: Summer of 1991. *Journal of geophysical research* 100: 18537-50
- CAMPOS, E. J. D.; VELHOTE, D. e SILVEIRA, I. 2000. Shelf break upwelling driven by Brazil current cyclonic meanders, *Geophysical Research Letter* 27(6): 751-754, 2000.
- CASTRO FILHO, B. M; MIRANDA, L. B. e MYIAO, S. Y. 1987. Condições hidrográficas na plataforma continental ao largo de Ubatuba; variações sazonais e em média escala. *Boletim do Instituto Oceanográfico, São Paulo* 32(2): 135-51.
- COCHRANE, J. D.; KELLY, F. J. e OLLING, C. R. 1979. Sub-thermocline countercurrents in the western Atlantic Ocean. *J. Phys. Oceanogr.*, 9:724-738.
- CONDIE, S. A. 1995. Interactions between western boundary currents and shelf waters: A mechanism for coastal upwelling. *J. Geophys. Res.*, 100:24811-24818.
- COSTA, K. M. P. 1991. Hidrologia e biomassa primária da Região Nordeste do Brasil entre as latitudes de 08°00'00" e 2°44'30" S e as longitudes de 36°56'30" e 31°48'00" W. Recife, PE. 217 f. Dissertação (Mestrado Oceanografia)- Depto. Ocean. CTG, UFPE
- CRANK, Y. 1956. The mathematics of diffusion. Oxford: University Press. 347p.
- CSANADY, G. T., 1987. What controls the rate of equatorial warm mass formation? *J. Mar. Res.*, 45, 513-532.

- FERREIRA, F. F. 2001. Estrutura termohalina e circulação no Atlântico tropical: caracterização experimental e simulação numérica. Recife, PE. 80 f. Dissertação (Mestrado Oceanografia)- Depto. Ocean. CTG, UFPE.
- FERREIRA DA SILVA, L. C.; ALBUQUERQUE, C. A. M. 1984. CAVALHEIRO, W. W.; HANSEN, C. M. P. Gabarito tentativa para as massas d'água da costa sudeste brasileira. Anais Hidrográficos. Rio de Janeiro, v.41 , p.261-312.
- FLORES MONTES, M. J. 2003. Fatores que influenciam na produtividade dos oceanos: a influência do fluxo de difusão dos nutrientes sobre a biomassa do fitoplâncton na região oceânica do nordeste brasileiro. Recife, PE. 162 f. Tese de doutorado - Depto. Ocean. CTG, UFPE.
- GEBER, F. O. 2003. Dinâmica de sistemas de bancos oceânicos da Cadeia Norte do Brasil: caracterização experimental e simulação numérica. Recife, 114 f. Dissertação (Mestrado Oceanografia)- Depto. Ocean. CTG, UFPE
- GORINI, M. A. e CARVALHO, J. C. 1984 Geologia da margem continental inferior brasileira e do fundo oceânico adjacente. In: SCHOBENHAUS, C.(Ed.). Geologia do Brasil. Brasília: Departamento Nacional de produção Mineral, p.473-489.
- HEEZEN, B. C. & MENARD, H. W. 1966. Topography of the deep sea floor. In: M.N. Hill (Ed.) . The Sea. Interscience Publisher (3): 233-280.
- KEMPF, M. 1970. A plataforma continental de Pernambuco (Brasil) : nota preliminar sobre a natureza do fundo. Trab. Oceanogr. Universidade Federal de PE, Recife, n. 9-11, p. 111-124.
- LAEVASTU, T. e HELA, I. 1970 Fisheries oceanography. London, Fishing News..238p.
- MEDEIROS, C.; OLIVEIRA, A.; HAZIN, F.; FREITAS, I.; RIBEIRO, C.H.; ZAGAGLIA, J.; ARAÚJO, M.; ARAÚJO, E.; ROCHA, C. H.; ROCHA, R. e ILÁRIO, G. 1998. REVIZEE-NE, Relatório Técnico Parcial (1995-1997) 167 p.
- MEDEIROS, C.; MACÊDO, S.J.; FEITOSA, A.N.; KOENING, M.L. 1999 Hydrography and phytoplankton biomass and abundance of North-East Brazilian waters. Arc. Fish. Mar. Res., [S.l.], v. 47, n. 2-3, 133-151p..
- MIRANDA, L. B. de. 1982. Análise de massas de água da plataforma continental e da região oceânica adjacente: Cabo de São Tomé (RJ) a Ilha de São Sebastião (SP). São Paulo, SP. 123 p. (Tese Livre Docente) Departamento de Oceanografia Física, IOUSP.
- MOLINARI, R. L. 1982. Observations of eastward currents in the tropical South Atlantic Ocean: 1978-1980. J. Geophys. Res. 87:9707-9714.
- MOURA, R. T. de. 1992. Biomassa, produção primária do fitoplâncton e alguins

fatores ambientais na baía de Tamandaré, Rio Formoso, Pernambuco, Brasil. Recife, 290 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica). Depto. de Oceanogr. da Univ. Fed. de Pernamb.

PALMA, J. J. C. 1984. Fisiografia da área oceânica. In: SCHOBENHAUS, C.(Ed.). Geologia do Brasil. Brasília: Departamento Nacional de produção Mineral, p. 473-489.

PICKARD, G. L. e EMERY, W. J. 1984. Descriptive Physical Oceanography an Introduction. Pergamon Press, New York, N.Y., 249 p.

PICKARD, G. L. 1968. Oceanografia Física Descritiva, Rio de Janeiro. 180p.

PODESTÁ. 1990. Migratory pattern of Argentine hake merluccius hubbsi and oceanic processes in the southwestern Atlantic Ocean. Fishery Bulletin 88: 167-77.

POND, S.; PICKARD, G. L. 1983. Introductory Dynamic Oceanography. Oxford, Pergamon Press. 329p.

PRESTOM-THOMAS, H. 1990. The International Temperature Scales of 1990 (ITS-90). Metrologia 27(1): 3-10.

PROGRAMA REVIZEE. 1996. Coordenação Geral do Programa REVIZEE. Ministério do M. Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Brasília. 32p.

REMAC. 1975. Mapas batimétricos da margem continental brasileira. In: Projeto REMAC-PETROBRÁS, Rio de Janeiro, Série Projeto REMAC-Mapas.

RILEY, G. A. 1947. Factors controlling phytoplankton populations on Georges Bank. J.Mar.Res.n.6, p. 54-73.

REID, J. L. 1989. On the total geostrophic circulation of the South Atlantic Ocean: Flow pattern, tracers and transports. Progress in Oceanography, v.23: 149-244p.

RICHARDSON, P. L; MCKEE, T. K. 1984. Average seasonal variation of the Atlantic equatorial currents from historical ship drifts, J. Phys. Oceanogr., 14(7):1226-1238.

RODEN, G. I. 1991. Effect of seamounts and seamount chains on ocean circulation and thermohaline structure. In: Seamounts, Islands and Atolls. Keating, B.H., Fryer, P., Batiza, R., and Boehlert, G.W., eds., Geophysical Monograph, 43:335-354.

RYTHER, J.H. 1969. Photosynthesis and fish production in the sea. Science, n. 166,p. 72-76.

SANTOS, F. A. 2000. Relação entre a profundidade de topo da Água Central do Atlântico Sul e a concentração de clorofila na coluna d'água. IMPE, S. J. dos Campos. Jul.

SCHOTT, F. A., L. STRAMMA e J. FISCHER. 1995. The warm water inflow into the

- western tropical Atlantic boundary regime. Spring 1994. *J. Geophys. Res.*, 100:23745-24760.
- SCHOTT, F. A.; FISCHER, J. e STRAMMA, L. 1998. Transports and pathways of the upper-layer circulation in the western tropical Atlantic. *J. Phys. Oceanogr.*, 28:1904-1928.
- SHARPLES, J.; MOORE, C. M. e ABRAHAM, E. R. 2001. Internal tide dissipation, mixing, and vertical nitrate flux at the shelf edge of NE New Zealand. *J. Geophys. Res.*, (S.I.), v. 106, n. 7, p. 14.069-14.081, jul.
- SILVEIRA, I. C. A., MIRANDA, L. B. e BROWN, W. S. 1994. On the origins of the North Brazil Current. *J. Geophys. Res.*, 99:22501-22512.
- SHN, Serviço de Hidrografia Naval, 1969. Datos y resultados de las Campanas "Pesquerías" Pesqueria V. Proyecto Desarrollo Pesquero 10-V. Mar del Plata, Argentina, 100 p.
- SPRINTALL, J. e TOMCZAK, M. 1993. On the formation of Central Water and thermocline ventilation in the southern hemisphere. *Deep Sea Res.*, 40:827-848.
- STRAMMA, L. e PETERSON, R. G. 1990. The South Atlantic Current. *Journal Physical Oceanography*, v.20: 846-859p.
- STRAMMA, L.; FISCHER, J. e REPPIN, J. 1995. The North Brazil Undercurrent. *Deep Sea Res.*, 42:773-795.
- STRAMMA, L. e SCHOTT, F. 1996. Western equatorial circulation and interhemispheric exchange. In: Krauss, W. (ed.), *The Warmwatersphere of the North Atlantic Ocean*. Gebr. Borntraeger, Berlin, p. 195-227.
- STRAMMA, L. e SCHOTT, F. 1999. The mean flow field of the tropical Atlantic Ocean, *Deep Sea Res.*, 46:279-304.
- STRAMMA, L. e England, M. 1999. On the water masses and mean circulation of the South Atlantic Ocean. *J. Geophys. Res.*, 104:20863-20883.
- STRAMMA, L. 1991. Geostrophic transport of the South Equatorial Current in the Atlantic. *J. Mar. Res.*, 49:281-294.
- SVERDRUP, H. U.; JOHNSON, M. W.; FLEMING, R. H. 1942. *The Oceans, their Physics, Chemistry and General Biology*. Prentice-Hall, New York, N.Y., 1087p.
- TCHERNIA, P. 1980. *Descriptive regional oceanography*, London, Pergamon Press, 253 pp.
- TOMCZAK, M. e Godfrey, J. S. 1994. *Regional oceanography : An introduction*. Elsevier, 422 p.

- TRAVASSOS, P.;HAZIN, F.; ZAGAGLIA, J.; ADVINCULA, R. 1997. Estrutura Termohalina da Zona Econômica Exclusiva (ZEE) do Nordeste brasileiro durante a Expedição Oceanográfica JOPS II, do NOc. Victor Hensen - Influências das Ilhas e Bancos oceânicos. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIAS SOBRE O MAR, 7, São Paulo, 1997. Resumos..São Paulo. p. 502.
- ZAGAGLIA, J. R. 1998. Caracterização da estrutura termohalina da Zona Econômica Exclusiva do Nordeste brasileiro. Monografia de graduação, Departamento de Engenharia de Pesca, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 130 p.
- UNESCO 1983. Technical Report of the Joint Panel on Oceanographic Tables and Standards. UNESCO Technical Report in Marine Science No. 44.
- UNESCO 1988. Technical Report of the Joint Panel on Oceanographic Tables and Standards. UNESCO Technical Report in Marine Science No. 36.
- WOOSTER, W.S; LEE, A.J. e DIETRICH, G. 1969. Redefinition of salinity. Deep Sea Research 16(3) 321-322.