



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**AQUECIMENTO GLOBAL E POSSÍVEL EXPANSÃO VOLUMÉTRICA DAS
ÁGUAS DO OCEANO ATLÂNTICO NA COSTA NORDESTE DO BRASIL**

MARIA DA CONCEIÇÃO LACERDA FERNANDES

Campina Grande – Paraíba

Setembro de 2008

MARIA DA CONCEIÇÃO LACERDA FERNANDES

**AQUECIMENTO GLOBAL E POSSÍVEL EXPANSÃO VOLUMÉTRICA DAS
ÁGUAS DO OCEANO ATLÂNTICO NA COSTA NORDESTE DO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, em cumprimento às exigências para a obtenção do grau de mestre.

Área de concentração: Meteorologia de Meso e Grande Escala

Subárea: Interação Oceano-Atmosfera

Orientador: Manoel Francisco Gomes Filho

Campina Grande – Paraíba

Setembro de 2008

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

F363a

2008 Fernandes, Maria da Conceição Lacerda.

Aquecimento global e possível expansão volumétrica das águas do Oceano Atlântico na costa nordeste do Brasil / Maria da Conceição Lacerda Fernandes. — Campina Grande, 2008.

62 f. : il. Color.

Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Referências.

Orientador: Prof. Dr. Manoel Francisco Gomes Filho.

1. Aquecimento Global. 2. Temperatura Média. 3. Dilatação das Águas. 4. TSM. I. Título.

CDU – 551.588.7 04.65(043)(812/813)

MARIA DA CONCEIÇÃO LACERDA FERNANDES

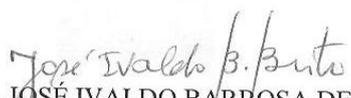
AQUECIMENTO GLOBAL E POSSÍVEL EXPANSÃO VOLUMÉTRICA DAS ÁGUAS
DO OCEANO ATLÂNTICO NA COSTA NORDESTE DO BRASIL

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 15/9/2008

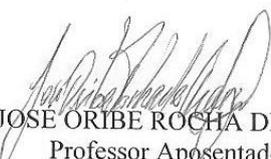
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. MANOEL FRANCISCO GOMES FILHO
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Campina Grande



Prof. Dr. JOSÉ IVALDO BARBOSA DE BRITO
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Campina Grande



Prof. Dr. JOSÉ ORIBE ROCHA DE ARAGÃO
Professor Aposentado
Universidade Federal de Campina Grande

DEDICATÓRIA

Ao Pai Celestial, por me consagrar com mais esta vitória. Aos meus pais, Sr. Alcebíades e D. Júlia, eternos e fiéis torcedores de minhas conquistas.

AGRADECIMENTOS

A todos que estiveram comigo nesta jornada, sempre na espreita de que eu consiga novas conquistas; especialmente aos meus pais, a Ivana, Ângela, Oscar, Júlia, Ivanilda e seus pimpolhos...

À Manoel F. Gomes Filho, meu orientador, meus sinceros agradecimentos!! A confiança depositada em mim foi fundamental para a conclusão deste trabalho, bem como, todo apoio dado no decorrer do curso.

A Edivania Lima, aluna do Doutorado em Meteorologia, por sua preciosa ajuda.

As amigas, Fabiane e Carla, por momentos indescritíveis de alegria, de temor e principalmente, de companheirismo quando as tarefas do curso assim exigiam. Vocês fazem parte das minhas boas lembranças. Valeu mesmo!!!

Aos amigos da SEDUC, especialmente aos que durante este tempo estiveram conosco no setor de Informática e Estatística (colegas de trabalho), pelos incentivos dispensados, nos vários momentos em que precisei me ausentar.

A todos os professores que direta ou indiretamente contribuíram com o meu aprendizado.

A Divina Diva (Divanete Cruz Rocha), secretária da Pós Graduação em Meteorologia, por todo o seu empenho pessoal em sempre nos atender (e entender) bem.

Aos colegas de turma, a mais descontraída desse mestrado, pelos momentos hilários que juntos formatamos. Foi bom demais!!!

Enfim, a todos o meu muitíssimo obrigada por tudo!!!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	ii
LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS	iii
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	06
2.1 Aquecimento Global	06
2.1.1 Causas do Aquecimento	06
2.1.2 Consequências do Aquecimento Global	07
2.2 O Oceano Atlântico	09
2.3 Aquecimento Global e suas Consequências sobre os Oceanos	11
2.3.1 Projeções do IPCC para os oceanos	12
2.3.2 Dilatação Térmica das Águas Oceânicas	15
2.3.3 Mudanças nas correntes Oceânicas	18
2.4 Elevação do Nível do Mar e Destruição de Áreas Costeiras	20
2.4.1 Elevação do Nível do Mar na costa do Brasil	21
3. MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1 Descrição dos Dados	25
3.2 Metodologia	26
3.3 Formulação Teórica	27
3.3.1 Média Aritmética Simples e Média Global	27
3.3.2 Expansão Térmica	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
4.1 Temperatura Média da Região de Estudo	30
4.2 Expansão Volumétrica	32
4.3 Média Anual da Expansão Volumétrica nas Capitais Estudadas	35
5. CONCLUSÕES	36
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
7. ANEXOS	43

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Região Estudada	02
FIGURA 2	Mudanças na Temperatura Média Global e Elevação do Nível Médio do Mar	08
FIGURA 3	Bacias Oceânicas Aquecidas	15
FIGURA 4	Média dos Fluxos de Calor Latente e Sensível no Oceano de 1958 a 2007.	17
FIGURA 5	Avanço do Mar na Orla de Recife-Pe	22
FIGURA 6	Volume de Controle no Atlântico	26

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Taxa observada de elevação do nível do mar e estimativa das contribuições de diferentes fontes.	14
TABELA 2	Temperaturas Médias (°C) da massa de água estudada por profundidade e estações do ano	31
TABELA 3	Expansão Volumétrica e Nível Médio do Mar (m), em cinco capitais, pertencentes à costa da região analisada (João Pessoa, Natal, Recife, Maceió e Aracaju)	33
TABELA 4	Média Anual (m) da Elevação do Nível Médio do Mar nas Capitais Estudadas	35

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

SIGLAS

ACAS - Água Central do Atlântico Sul

DHN - Diretoria de Hidrografia e Navegação

EUA - Estados Unidos da América

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IOUSP - Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo

IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

OCDE - Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico

REVEZEE - Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva

USP - Universidade de São Paulo

SÍMBOLOS

m - Metros

S - Sul

W - Oeste

g - Gramas

cm³ - Centímetro Cúbico

‰ - Partes por mil

Psu - *practical salinity unit*

T-S - Diagrama de Temperatura e Salinidade

CO₂ - Dióxido de Carbono

NO_2 - Óxido Nitroso

CH_4 - Metano

$^\circ\text{C}$ - Graus Celsius

Cm - Centímetros

Km^2 - Quilômetro Quadrado

% - Percentual

mm - Milímetro

m/s - Metros por Segundo

cm - Centímetro

\bar{X} - Média Aritmética Simples

$\overline{\bar{X}}$ - Média Global

ΔL - Variação no Comprimento

α - Coeficiente de Dilatação Linear

L_0 - Comprimento Inicial

ΔT - Variação de Temperatura

L - Comprimento Final

ΔS - Variação na Área

β - Coeficiente de Dilatação Superficial $\beta = 2\alpha$

S_0 - Área Inicial

S - Área Final

ΔV - Variação no Volume

γ - Coeficiente de Dilatação Volumétrica $\gamma = 3\alpha$

V_0 - Volume Inicial

V - Volume Final

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo analisar os efeitos do Aquecimento Global do Planeta sobre uma parte da massa de água do Oceano Atlântico Sul denominada por Água Central do Atlântico Sul (ACAS); a partir de um volume de controle escolhido na área, que tem como coordenadas geográficas 5° a 14° S e 30° a 35° W, e profundidade de 500 m. Conforme relatórios do IPCC, a terra passará por variações na temperatura de 1 até 6 °C nos próximos cem anos; de modo que se achou interessante estudar que impactos este processo causaria a essa massa de água em termos de Expansão Volumétrica. Para tanto, foram utilizados dados de Temperatura e Salinidade (para caracterização da água) num total de 39 anos, disponibilizados pelo projeto REVIZEE (Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva) em Relatório lançado no ano de 1996. Como também de dados referentes ao Nível Médio do Mar, para cinco capitais (João Pessoa, Natal, Recife, Maceió e Aracaju), localizadas na região de estudo, divulgados pela Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil (DHN). Os resultados mostram claramente uma rápida Expansão Volumétrica da massa de água analisada, em cada estação do ano (Primavera, Verão, Outono e Inverno), em função da variação de temperatura (de 1 a 6 °C) indicada pelo IPCC. Os Percentuais de Expansão alcançam um mínimo de 4,8% e um máximo de 29%. Das capitais observadas, João Pessoa responde com nível maior de expansão em todas as estações. Seguida por Natal e Recife. Maceió e Aracaju também sofrem elevações consideráveis.

ABSTRACT

The main goal of this work is to analyze the effect of the Global Warming over the Earth in a part of the water mass of the South Atlantic Ocean called South Atlantic Central Water (SACW). This analysis done through a volume of control, having the coordinates 5° to 14° S and 30° to 35° W, from the surface up to 500 meter depth. As reports the IPCC, the Earth will experiences variation in the air temperature from 1 up to 6 °C in the next one hundred years. They found interesting to study what impacts this process would cause to this mass of water in terms of Volumetric Expansion. In such a way, they have used Temperature and Salinity data (for characterization of the water) in a period of 39 years, available from REVEZEE Program (Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva) in a Report launched in the year of 1996. As well as of referring data to the mean sea level, for five cities (João Pessoa, Natal, Recife, Maceió and Aracaju), located in the region studied, and divulged by the Direction of Hydrography and Navigation of the Brazilian Navy (DHN), in its Website. The results show a fast volumetric expansion of the analyzed water mass in each season of the year (Spring, Summer, Autumn and Winter), in function of the variation of temperature (from 1 up to 6 °C) appointed in the IPCC Report. From percentages of expansion reaches a minimum of 4.8% and a maximum of 29%. From this results, João Pessoa respond with bigger level of expansion in all the seasons, followed by Natal and Recife. Maceió and Aracaju also suffer considerable rises.

1. INTRODUÇÃO

As alterações no clima global observadas nos últimos cinquenta anos, conforme relata o Quarto Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC,2007), tem como uma das causas originárias ações antropogênicas desencadeadas desde o início do processo de Revolução Industrial em 1750. Certas práticas desenvolvidas pelo homem de maneira intensiva, após esse advento, como por exemplo, a utilização de combustíveis fósseis, a derrubada desordenada de florestas e o uso indevido dos solos, etc., causaram ao nosso planeta danos difíceis se não impossíveis de serem revertidos. A configuração de todo esse problema está nas altas temperaturas sentidas mundialmente tanto na atmosfera quanto nos oceanos, nos últimos anos. A busca do homem por uma compreensão maior de como se dá esse fenômeno no oceano e quais suas implicações sobre os diversos ecossistemas que dele dependem é algo que vai além de simples conhecimento científico, mas passa pela manutenção presente e futura do próprio planeta.

A elevação dos níveis dos oceanos vem sofrendo aumentos graduais de 0,01 m a 0,025 m por década em função principalmente da expansão térmica e volumétrica de suas águas, decorrentes do aquecimento global, bem como pelo derretimento do gelo existente nas calotas polares, geleiras e lençóis de gelo da Groelândia e da Antártida (Alves, 2007). Sabe-se que os oceanos e a atmosfera possuem íntima relação pelo fato de estarem estabelecendo contínua troca de massa e energia, por meio de gases, água e calor e, por essa razão, formam um sistema estreitamente integrado. Nesses complexos processos de trocas, os oceanos têm um papel importantíssimo na manutenção do equilíbrio climático da Terra (Diehl, 2005).

Tendo em vista a importância que o Oceano Atlântico desempenha tanto em termos de extensão quanto na circulação geral das correntes oceânicas, resolveu-se estudar o comportamento de suas águas (especificamente no que concerne ao Atlântico Sul),

mediante o aquecimento global do planeta, através de sua Camada de Água Central (ACAS) e sua provável dilatação volumétrica, devido ao aumento da temperatura média da terra. Um volume de água foi utilizado então, para a realização deste propósito, o mesmo possui uma área com as seguintes coordenadas geográficas: 5° á 14 °S e 30° á 35° W (Figura 1) e profundidade de 500 m.



Figura 1: Região Estudada
Fonte: Google Earth

Para tanto, as principais variáveis determinantes do tipo de água oceânica foram estudadas e analisadas na referida área, quais sejam: Temperatura e Densidade. Os dados referentes a tais variáveis foram coletados *in situ*, compreendendo as quatro estações do ano; estando disponibilizados em relatório desenvolvido pelo programa REVIZEE (Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva) no ano de 1996, abrangendo um período que vai de 1956 a 1995. Informações sobre temperatura média da atmosfera próxima a superfície da terra com projeções até 2100, disponibilizadas no quarto relatório do IPCC (2007), também serviram de base para o desenvolvimento deste trabalho.

Temperatura e salinidade são propriedades de grande importância para compreensão do sistema oceânico, visto que suas características ajudam a identificar um

tipo de água e, também, juntamente com a pressão, determinam sua densidade. Por sua vez, a densidade é importante porque determina a profundidade a qual uma determinada massa de água encontrará seu equilíbrio, com águas menos densas por cima e mais densas por baixo. A densidade pode ser expressa em gramas por centímetro cúbico e no oceano aberto os valores variam de 1,024 a 1,030 g/cm³, aproximadamente. Valores mais baixos são encontrados junto à costa (Fonte: MASTER.IAG.USP).

Sabe-se que a temperatura, nos oceanos, varia horizontalmente com a latitude e longitude e verticalmente com a profundidade. Nos oceanos, ela varia acentuadamente em função da profundidade. As temperaturas superficiais nas regiões tropicais podem variar entre os 20 e os 30 °C ao longo do ano. Nas regiões temperadas as temperaturas variam de um modo cíclico atingindo valores mais elevados no verão. A zona em que a temperatura decresce mais rapidamente (50-300 m) designa-se Termoclina. Abaixo da termoclina a temperatura continua a decrescer, mas a um ritmo muito inferior, de tal modo que as águas profundas são quase isotérmicas.

A termoclina é uma estrutura persistente nas regiões tropicais, e forma-se nas regiões temperadas no período de primavera e verão. Está ausente nas regiões polares. Apresenta uma extensão vertical inferior nas águas costeiras relativamente às águas oceânicas (Fonte: ASTROSURF).

Salinidade é a quantidade total de matéria dissolvida na água do mar. Ela apresenta um padrão de variação latitudinal relacionado com a precipitação e a evaporação. As diferenças de salinidade são sobretudo devidas à dinâmica entre a evaporação e a precipitação. Os valores mais elevados são registrados nas regiões tropicais onde a evaporação registrada é elevada, e os valores mais baixos podem ser observados nas zonas temperadas. Esta grandeza é dada em partes por milhar ou gramas de sal por quilograma de água marinha, tendo sido adotada na literatura oceanográfica o símbolo (‰). A salinidade média da água oceânica é de cerca de 35g/kg de água do mar, que em geral se escreve 35‰, e lê-se trinta e cinco partes por mil. Zonas onde a salinidade decresce com a profundidade, são conhecidas como Haloclinas.

Tendo em vista que a determinação direta da salinidade não é fácil de realizar, recorre-se a métodos indiretos de medição, como por exemplo, o da condutividade elétrica que se pode relacionar com a salinidade, tornou-se uma prática comum. Neste caso existe

um esforço no sentido de se adotar como unidade para a salinidade a psu (*practical salinity unit*), em substituição do símbolo ‰ (Fonte: UMA.PT).

É válido frisar que quanto maior for a temperatura menor será a densidade, e que salinidades mais altas correspondem a densidades mais elevadas. A rápida mudança de temperatura que produz a termoclina está igualmente na base da mudança brusca de densidade designada por Picnoclina (Fonte: ASTROSURF).

É importante ressaltar que massa de água é definida como sendo uma grande porção de água que tem associada uma faixa particular de valores de salinidade e temperatura. Adquire suas características de temperatura e salinidade na superfície e, uma vez que afunde tais características só podem ser alteradas por mistura com massas de águas adjacentes. Essas misturas, porém, ocorrem de forma muito lenta, fazendo com que as massas de água tendam a manter suas faixas de temperaturas e salinidades originais. Geralmente, as águas de grandes profundidades são formadas em altas latitudes e, as mais próximas da superfície, originárias de latitudes menores. As águas de superfície não se enquadram na categoria de verdadeiras massas de água devido às grandes variações nos parâmetros temperatura e salinidade (Fonte: IQV.ORG).

Segundo Rocha (2007), é a partir das trocas de calor entre o oceano e a atmosfera que são formadas as massas d'água, que podem ser caracterizadas a partir de valores semelhantes de temperatura e salinidade adquiridos pelas características do local de sua formação. A coluna d'água é composta por diferentes massas d'água sobrepostas. Desta forma, para a identificação de massas d'água é importante dispormos de um diagrama T-S, isto é, um gráfico cartesiano de temperatura versus salinidade. O método utilizado por pesquisadores para a caracterização oceanográfica da costa brasileira foi introduzido por Björn Hellandhansen em 1916 (apud Rocha,2007), no qual o diagrama tem por finalidade avaliar a estratificação vertical das massas d'água envolvidas nos processos de mistura.

Neste trabalho será abordada a Expansão Volumétrica das águas oceânicas na costa do nordeste brasileiro em função do aumento da temperatura média global resultante do aquecimento global ocorridos nas últimas décadas. Primeiramente, estudos observacionais relativos a valores de temperatura e salinidade na referida área foram desenvolvidos, servindo de base para a aplicação de teorias física e estatística, específicas, necessárias a compreensão do tema.

A segunda parte traz um enfoque do assunto sobre a ótica de diversos autores que também consideram relevante a compreensão do fenômeno aquecimento global sobre a região oceânica.

Na terceira parte tem-se uma descrição sucinta da área de estudo, a forma como os dados foram adquiridos e, conseqüentemente, trabalhados. Os resultados observacionais obtidos foram detalhados na quarta parte. Já na quinta e última parte, as conclusões levantadas serão apresentadas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. AQUECIMENTO GLOBAL

2.1.1 Causas do Aquecimento

Aquecimento Global refere-se a um aumento significativo da Temperatura Média da Terra em um período relativamente curto (Fonte: HOWSTUFFWORKS). Atividades humanas tais como: queima de combustíveis fósseis; destruição de florestas, por meio do desmatamento desenfreado e queimadas; criação de gado e cultivo de arroz emite gases como o Dióxido de Carbono (CO₂), Óxido Nitroso (NO₂) e o Metano (CH₄), causadores do chamado Efeito Estufa; que é a capacidade em reter calor que alguns gases apresentam na atmosfera, dificultando assim a saída dos raios infravermelhos, mantendo a terra aquecida. Sabe-se que o efeito estufa é um fenômeno natural, sem o qual a temperatura média global seria 33 °C mais baixa e a vida na Terra não seria possível. O problema é que atividades humanas emitem gases geradores do efeito estufa numa velocidade e concentração muito maiores do que o ciclo natural pode absorver, e isto vem acontecendo desde a Revolução Industrial em meados do século XIX (Fonte: NATBRASIL). Segundo o último relatório do IPCC (2007), os aludidos gases, fazem com que se gere uma camada progressiva e impermeável à radiação, que rotineiramente, voltaria ao espaço sob a forma de raios infravermelhos, provocando assim um aumento tanto de calor como das temperaturas no planeta.

De acordo com Xavier et al. (2007), deve-se considerar outros tipos de fatores responsáveis pelo referido processo, quais sejam, o acúmulo de poeira e aerossóis na

atmosfera. Poeira esta que é mobilizada pelo vento e originada de regiões desérticas e áreas degradadas como, por exemplo, Ásia e África. Cabem ainda, as chamadas “ilhas de calor” que ocorrem devido a expansão de áreas urbanas e a verticalização urbana, principalmente na orla marítima. A primeira traz implicações em função da ocorrência de um maior aquecimento do ar sobre as cidades, como resultado da pavimentação existente (asfáltica, concreto, pedras, etc.); já a segunda promove uma interferência na circulação dos ventos, pois a mesma serve de barreira à penetração da brisa.

2.1.2 Conseqüências do Aquecimento Global

De acordo com o IPCC (2007), o termo Mudanças Climáticas se refere a qualquer variação no clima ao longo do tempo decorrente tanto da variabilidade natural como ocasionada por atividades humanas (antropogênicas).

Conforme o relatório do Ministério do Meio Ambiente sobre Mudanças Climáticas (2007), o sistema climático é formado por cinco componentes, quais sejam: atmosfera, hidrosfera, criosfera, litosfera e biosfera. Esse sistema sofre mudanças ao longo do tempo através de processos que passam por sua própria dinâmica interna como também por forçamentos externos (erupções vulcânicas e variações solares) e antrópicos, que mudam substancialmente a composição da atmosfera.

À medida que o clima muda, observa-se uma alteração no padrão de circulação dos ventos e eventos de extremos climáticos são sentidos mundialmente com maior frequência e intensidade; tais como furacões, tempestades tropicais, ondas de calor, tufões e ciclones (Fonte: SUAPESQUISA); visto que o aumento da temperatura faz com que ocorra maior evaporação das águas dos oceanos, potencializando estes tipos de catástrofes climáticas, além da escassez de chuvas em alguns pontos do planeta. De acordo com Salazar et al. (2006), parte da Amazônia sofrerá processos de savanização, enquanto que no Nordeste do Brasil, algumas áreas se tornarão desérticas. O risco de incidência de doenças (malária, dengue, febre amarela, encefalite, etc.) que se expandem em clima quente é aumentado. Bem como daquelas que são contraídas por meio da água como é o caso da cólera e por mudanças bruscas de temperatura, como as respiratórias. Movimento migratório tanto de seres humanos quanto de animais passará a acontecer de maneira pontual à medida que florestas e plantações são destruídas por processos de desmatamento e alagamentos, haja

vista que são fatores geradores da escassez de comida e da extinção de várias espécies animais e vegetais (Fonte: WEBARTIGOS).

A elevação do nível mar resultante da expansão térmica das águas oceânicas e do derretimento das geleiras e calotas polares, é outro fator grave apontado pelos cientistas no relatório do IPCC (2007), que estimam uma subida de 59 centímetros em seu nível até 2100. Ao se observar a Figura 2 abaixo, conforme estimativas IPCC (2000), verifica-se que a expansão térmica é responsável por mais da metade da elevação do nível do mar prevista para 2100.

Projeção das contribuições Individuais das Mudanças Globais do Nível do Mar para o Próximo Século segundo Estimativas do IPCC - 2000

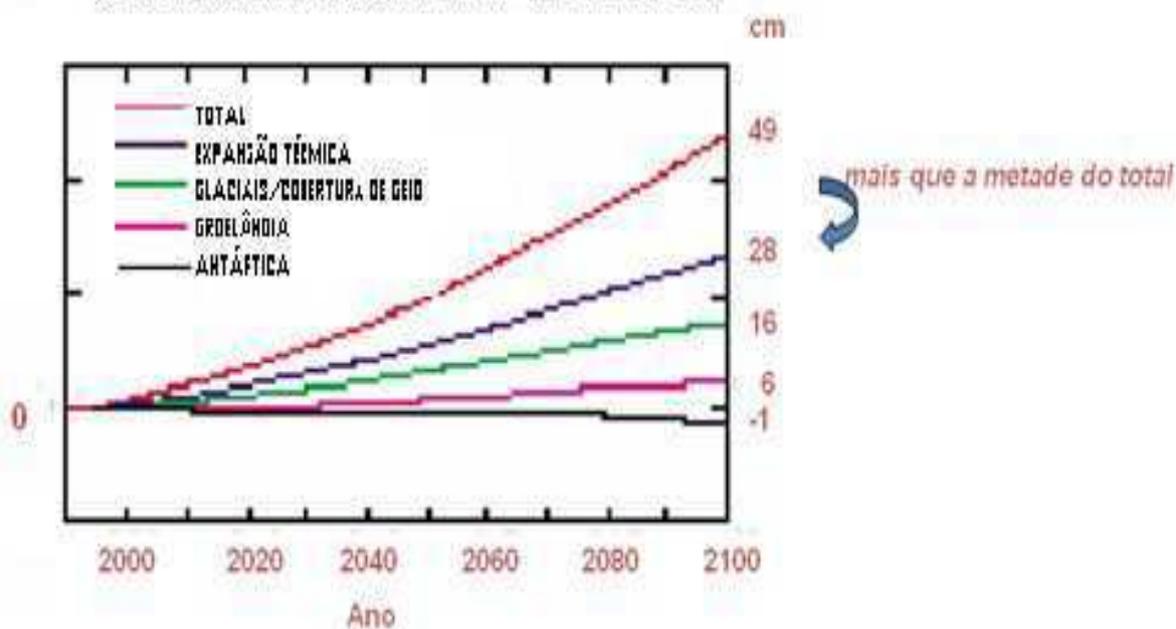


Figura 2: Mudanças na Temperatura Média Global e Elevação do Nível Médio do Mar
Fonte: IPCC-2000

2.2 O Oceano Atlântico

Considerando que cerca de setenta e um por cento (361.000.000 km²) da superfície terrestre é constituída por água oceânica, e que os oceanos desempenham um papel importante sobre o clima global, torna-se importante estudar a influência dos mesmos sobre fenômenos atmosféricos e climáticos ocorridos nos últimos anos devido ao aquecimento global do planeta. Os oceanos transportam mais da metade do calor em volta

do planeta, por isso a sua importância no sistema de controle do clima terrestre; uma alteração na sua circulação e expansão tendo em vista o aquecimento global implicará em problemas mundiais de grandes proporções, tais como: refugiados ambientais, redução de água potável no planeta, desaparecimento de alguns ecossistemas, proliferação de doenças.

Os movimentos do ar e dos oceanos, bem como a transferência de calor existente entre o equador e os pólos são explicados por meio do gradiente térmico; o qual alcança seu maior valor em volta do equador terrestre (34°N e 34°S), haja vista que esta área recebe a maior parte dos raios solares incidentes sobre a Terra (Fonte: ESPERE).

O grande oceano terrestre encontra-se dividido num número importante de oceanos, quais sejam: Pacífico, Atlântico, Índico, Glacial Ártico, Glacial Antártico e mares adjacentes. Sendo que, a grande concentração da massa de água oceânica mundial, é composta pelos oceanos Pacífico, Atlântico e Índico (Fonte: EDUCOM).

O Oceano Atlântico é o segundo maior oceano em extensão, com uma área de aproximadamente 106.200.000 km², cerca de um quinto da superfície da Terra. Situa-se entre a América (oeste), África e Europa (leste). Ao norte localiza-se o Oceano Glacial Ártico e ao sul a Antártida. Possui uma profundidade média de 3.700 metros e apresenta uma forma semelhante a um "S". Sendo uma divisão das águas marítimas, o Atlântico é ligado ao oceano Ártico (que em algumas vezes é referido como sendo apenas um mar do Atlântico), a Norte, ao oceano Pacífico, a Sudoeste, ao oceano Índico, a Sudeste, ao oceano Antártico, a Sul. (Alternativamente, ao invés do oceano Atlântico ligar-se com o oceano Antártico, pode-se estabelecer a Antártida como limite sul do oceano, sob outro ponto de vista). A linha do Equador divide o oceano em Atlântico Norte e Atlântico Sul. Com um terço das águas oceânicas mundiais, o Atlântico inclui mares como o Mediterrâneo, o mar do Norte e o mar das Caraíbas - Caribe (Fonte: WIKIPEDIA).

O Atlântico Sul é a parte do Oceano Atlântico situada ao Sul do Equador e separada do oceano Índico, a leste, pelo meridiano de 20° longitude E, e do Pacífico, a Oeste, pela linha de maior profundidade entre o cabo Horn e a península Antártica (Fonte: WIKIPEDIA). É delimitado zonalmente pelos continentes da América do Sul e África, e meridionalmente pelo oceano Austral e Equador. A circulação de larga escala do Atlântico é determinada por um giro anticiclônico, em regiões subtropicais, chamado de Giro Subtropical do Atlântico Sul. O mesmo é composto pelas Correntes de Benguela, Sul

Equatorial, do Brasil e do Atlântico Sul. Sendo ainda influenciado indiretamente por Correntes como a das Malvinas, a das agulhas e a Corrente Circumpolar Antártica (Tascheto, 2006).

Cirano et al. (2006), descrevem que grande parte dos estudos oceanográficos no Atlântico Sul, está voltada para aspectos gerais da circulação, aos padrões principais dos campos de temperatura e salinidade e às características das massas de água. Peterson & Stramma (1991), estudaram uma coluna d'água como um todo, e Stramma & England (1999) e Silveira et al. (2000), dividiram o oceano em várias camadas, além de apresentarem compilações de vários trabalhos que descrevem os principais sistemas de correntes e as massas de água associadas para este oceano. Uma das massas de água que faz parte desta composição e que merece destaque é a chamada Água Central do Atlântico Sul (ACAS), que conforme Fragoso (2004) encontra-se situada entre a Água Tropical e a Água Intermediária Antártica. Apresentando um mínimo de temperatura de 6 °C e um máximo de 20 °C e a salinidade oscilando entre 34,5 e 36 psu. Sendo formada na Convergência Subtropical. De acordo com Arcilam (2003), a ACAS é encontrada fluindo na região da picnoclina, e com temperaturas maiores que 6 °C e menores que 20 °C, e salinidades entre 34,6 e 36 psu. Para Mclellan (1977) essa massa de água apresenta as seguintes características: de Salinidade 35,9‰ e temperatura de 18 °C a Salinidade de 34,6‰ e Temperatura de 8 °C. Mais precisamente, Miranda (1985) sugere 20 °C e 36,20 psu como índice termohalino da ACAS no sudeste brasileiro. Sverdrup et al. (1942) mencionaram que a ACAS é formada por afundamento das águas na região da Convergência Subtropical, e subsequente espalhamento ao longo da superfície de densidade adequada a seu ajustamento hidrostático.

O padrão de fluxo da ACAS, no entanto, não é um simples movimento para norte em nível picnoclínico em toda bacia do Oceano Atlântico Sul. A ACAS entra como parte do Giro Subtropical, circula com as Correntes do Atlântico Sul e Benguela, e atinge a costa da América do Sul transportada pela Corrente Sul Equatorial. Como nas correntes em superfície há bifurcação, parte da ACAS flui rumo ao equador, enquanto outra porção toma a direção sul. A localização exata da separação do fluxo da ACAS é incerta. No entanto, parece existir consenso na literatura de que ao sul do Cabo de São Tomé (22 °S), a ACAS flui para o sul ao largo da costa brasileira. As primeiras evidências de tal padrão foram apresentadas por Wüst (1935) e Defant (1941) apud Arcilam (2004). Em apoio às

referências clássicas citadas, análises mais recentes como aquelas realizadas por Tsuchya (1986), Reid (1989) e Stramma & England (1999) parecem também confirmar o movimento da ACAS na direção sul em latitudes abaixo de 20 °S, ao largo da costa sudeste brasileira.

2.3. Aquecimento Global e suas Conseqüências sobre os Oceanos

O aquecimento global tem conseqüências diferentes em todas as partes do planeta, tendo em vista que as mudanças climáticas alteram as correntes dos ventos e oceanos que realizam o transporte de calor pelo globo e modificam o clima de norte a sul.

O nível dos mares está subindo de 0,01 a 0,02 metros por década e, em alguns países insulares no Oceano Pacífico, essa taxa de elevação é vista com preocupação, haja vista que os mesmos poderão ficar debaixo d'água num futuro bem próximo (Fonte: WEBARTIGOS).

O derretimento das geleiras nos pólos é outro agravante que sem dúvidas contribuirá para a elevação das águas oceânicas. Sabe-se que 90% do gelo que compõe o globo terrestre pertencem à Antártica, e conforme projeções feitas pelo o IPCC, caso este gelo venha derreter, o nível do mar subiria 60 metros (Fonte: COMCIENCIA).

As geleiras montanhosas também causam preocupação no que tange o aumento das águas oceânicas. Estudo publicado por cientistas americanos (em 2007) afirma que as geleiras de montanhas no Alasca derreteram mais rápido nos últimos cinco anos do que nas últimas quatro décadas e, contribuíram com 9% na elevação do nível do mar nos últimos cinqüenta anos. Ainda de acordo com este estudo a cada ano o derretimento das geleiras no Alasca eleva em 0,02 milímetros o nível dos oceanos (Fonte: COMCIENCIA).

A maioria das massas de gelo continental situa-se na Groelândia e na Antártida. Na Groelândia, a variação anual da temperatura permite a fusão sazonal das frentes glaciares localizadas á altitudes baixas, perto do litoral. O aquecimento global aumentará a superfície das massas de gelo sujeita a fusão, levando assim a uma previsão de redução inexorável, embora lenta, da massa total de gelo retida que será adicionada ao volume líquido dos oceanos. Na Antártida, onde reside mais de 90% do gelo continental, o clima é

muito mais frio e a amplitude de variação térmica anual não favorece a fusão dos gelos e a sua descarga para o oceano. Em termos relativos, a contribuição da Antártida para o aumento da massa do oceano é pequena e ocorre através da fratura e destaque de placas periféricas de gelo, que originam os icebergs. Por sua vez, a taxa de produção de icebergs poderia aumentar devido ao aquecimento global, mas muito lentamente, e parece não ser um contribuinte importante nos próximos 100 anos. Uma exceção importante é a Península Antártica, a região mais quente deste continente, onde existem numerosos pequenos glaciares de tipo alpino que podem responder muito rapidamente por fusão ao aquecimento. Estes glaciares contêm aproximadamente a mesma quantidade de gelo que o resto dos glaciares de montanha em todo o mundo. A quantificação da sua importância nas modificações futuras do nível médio do mar é ainda incerta (Andrade et al. 2001).

2.3.1 Projeções do IPCC para os Oceanos

Em seu relatório mais recente (2007), o IPCC fez projeções para um provável aumento da temperatura média global de superfície (definida como sendo a média da temperatura do ar próximo à superfície sobre a terra e a temperatura da superfície do mar), que variará num intervalo compreendido entre 1,1 e 6,4° C, nos anos de 2090 à 2099; por sua vez, o nível do mar deverá subir de 0,18 a 0,59 metros nesse mesmo período. A variação dos valores reflete o uso de diferentes cenários de futura emissão de gases estufa e resultados de modelos com diferenças na sensibilidade climática. Apesar de que a maioria dos estudos tem seu foco no período de até o ano 2100, estima-se que o aquecimento global e o aumento no nível do mar continuem por mais de um milênio, mesmo que os níveis de gases estufa se estabilizem; denotando assim a grande capacidade calorífica dos oceanos.

O IPCC (2007) aponta ainda que uma possível perda dos mantos de gelo da Groenlândia e da Antártica tenha contribuído para aumentos nos níveis do mar no período de 1993 a 2003 (ver Tabela 1). Relata também que a média global do nível do mar subiu a uma taxa média de 1,8 [1,3 a 2,3] mm por ano, no período de 1961 a 2003. A taxa foi mais acelerada ao longo do período de 1993 a 2003, cerca de 3,1 [2,4 a 3,8] mm por ano. Não está claro se a taxa mais acelerada para 1993-2003 reflete a variabilidade decadal ou um

aumento da tendência de longo prazo. Há uma grande confiança de que a taxa da elevação do nível do mar aumentou do século XIX para o século XX.

Ainda de acordo com a Tabela 1, estima-se que a elevação total do século XX seja de 0,17 [0,12 a 0,22] m. Para 1993-2003, a soma das contribuições do clima é condizente, dentro das incertezas, com a elevação total do nível do mar observada diretamente. Essas estimativas são baseadas em dados de satélite e dados *in situ* aperfeiçoados que existem hoje. Para o período de 1961 a 2003, estima-se que a soma das contribuições do clima seja inferior à elevação observada do nível do mar. O Terceiro Relatório (2001) de Avaliação relatou uma discrepância similar para o período de 1910 a 1990.

Tabela 1 - Taxa observada de elevação do nível do mar e estimativa das contribuições de diferentes fontes

FONTE DE ELEVAÇÃO DO NÍVEL DO MAR	TAXA DA ELEVAÇÃO DO NÍVEL DO MAR (mm por ano)	
	1961 a 2003	1993 a 2003
	EXPANSÃO TÉRMICA	0,42 ± 0,12
GELEIRAS E CALOTAS DE GELO	0,50 ± 0,18	0,77 ± 0,22
MANTOS DE GELO DA GROELÂNDIA	0,05 ± 0,12	0,21 ± 0,07
MANTOS DE GELO DA ANTÁRTICA	0,14 ± 0,41	0,21 ± 0,35
SOMA DAS CONTRIBUIÇÕES INDIVIDUAIS DO CLIMA À ELEVAÇÃO DO NÍVEL DO MAR	1,1 ± 0,5	2,8 ± 0,7
TOTAL DA ELEVAÇÃO DO MAR OBSERVADA	1,8 ± 0,5 ^a	3,1 ± 0,7 ^a
DIFERENÇA (OBSERVADA MENOS A SOMA DAS CONTRIBUIÇÕES DO CLIMA ESTIMADA)	0,7 ± 0,7	0,3 ± 1,0

Observações da Tabela:

- ^a Os dados anteriores a 1993 foram obtidos com o uso de marégrafos e os posteriores a 1993, por altimetria de satélite.

Fonte: Relatório IPCC - Fev.2007.

2.3.2. Dilatação Térmica das Águas Oceânicas

Um fator de grande importância para a elevação do nível do mar é o processo de Dilatação Térmica (aumento de volume), que ocorre quando a água aquecida tem sua densidade diminuída, aumentando de volume e se expandindo. Como os oceanos encontram-se numa depressão (bacia), então, a única maneira de fazer face ao aumento de volume é de subir o seu nível, conforme mostra a Figura 3.

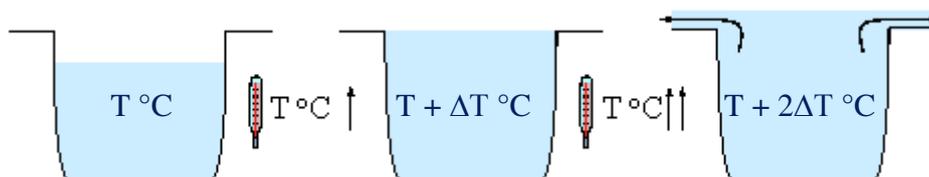


Figura 3: Bacias Oceânicas Aquecidas

Fonte: www.atmosphere.mpg

É válido frisar que a água atinge sua maior densidade a 4° Celsius; acima e abaixo desta temperatura a densidade da água diminui, de forma que a mesma massa de água ocupará um espaço maior. Portanto, conforme a temperatura geral da água aumenta, ela naturalmente se expande e faz com que o nível dos oceanos se eleve (Fonte: CIÊNCIA. UOL).

As massas das águas oceânicas reagem ao aquecimento global expandindo o seu volume, acarretando uma variação positiva do nível médio do mar, independentemente da ocorrência de adições suplementares de água. A taxa de variação volumétrica correspondente a uma dada variação de temperatura não é uniforme e depende do estado de aquecimento inicial das massas de água. Portanto as modificações do nível médio do mar não serão iguais em todos os locais do nosso planeta nem ao longo da coluna de água, e dependerão também de modificações da salinidade, do regime de ventos e da circulação oceânica. Lembrando que regiões mais profundas e mais frias dos oceanos respondem mais lentamente, a expansão térmica (Andrade et al. 2001).

É importante ressaltar que a água, entre as suas várias características e propriedades, possui um elevado calor específico (quantidade de calor necessária para que um grama de determinada substância possa ter sua temperatura elevada em 1 °C), ou seja, é necessário fornecer ou retirar uma grande quantidade de calor para que a sua temperatura seja alterada (Diehl, 2005).

Segundo Campos (Castro, 2007) a inércia térmica dos oceanos é muito elevada, portanto, demora tanto para esquentar como para esfriar. Isso devido ao fato de que a sua molécula d'água é muito polarizada, fazendo com que a inércia térmica do mar seja mil vezes maior que a da atmosfera. Logo, se o sistema for aquecido por muito tempo, será necessário um tempo igual para resfriá-lo depois.

Conforme o quarto relatório do IPCC (2007), observações feitas desde 1961, apontam um crescimento da temperatura média do oceano global em profundidade de até no mínimo 3000 m e que este mesmo oceano absorveu ao longo desse tempo mais de 80% do calor adicionado ao sistema climático. Isto implica numa expansão da água do mar e, conseqüentemente numa maior elevação de seu nível. Sendo que um centímetro de elevação no nível do mar corresponde a um metro de avanço deste sobre o continente.

Pesquisadores da USP, (Joseph Harari e Carlos Augusto S. França), afirmam que a expansão térmica da massa líquida do oceano e conseqüentemente seu aumento de volume possui um peso maior na elevação do nível do mar do que o derretimento das geleiras (Fonte: COMCIENCIA). Steve Rintoul, líder de um projeto de estudos sobre interação oceano-atmosfera, composto por países como Austrália, Estados Unidos e França, descreve que em quinze anos de observações feitas sobre mudanças na temperatura e salinidade do mar a uma profundidade de 700 metros ao longo da rota de 2700 quilômetros entre Hobart e Antártida, constatou-se um aumento em suas temperaturas médias de 0,3 graus. Segundo o mesmo autor o aumento no nível do mar ao redor da Antártida, na última década ocorreu quase exclusivamente pela alta da temperatura do oceano e não por conta do derretimento do gelo. Ressalta também que o aumento no nível do mar não se dá uniformemente na região e que nada garante que no futuro, continue acontecendo no mesmo ritmo (Byrnes,2008). A Figura 4, a seguir mostra como o aquecimento das águas oceânicas ocorreu no período de 1958 a 2007. Verificam-se aumentos médios significativos tanto no Fluxo de Calor Latente quanto no Fluxo de Calor Sensível, indicando assim, uma transferência maior de calor do Oceano para a Atmosfera.

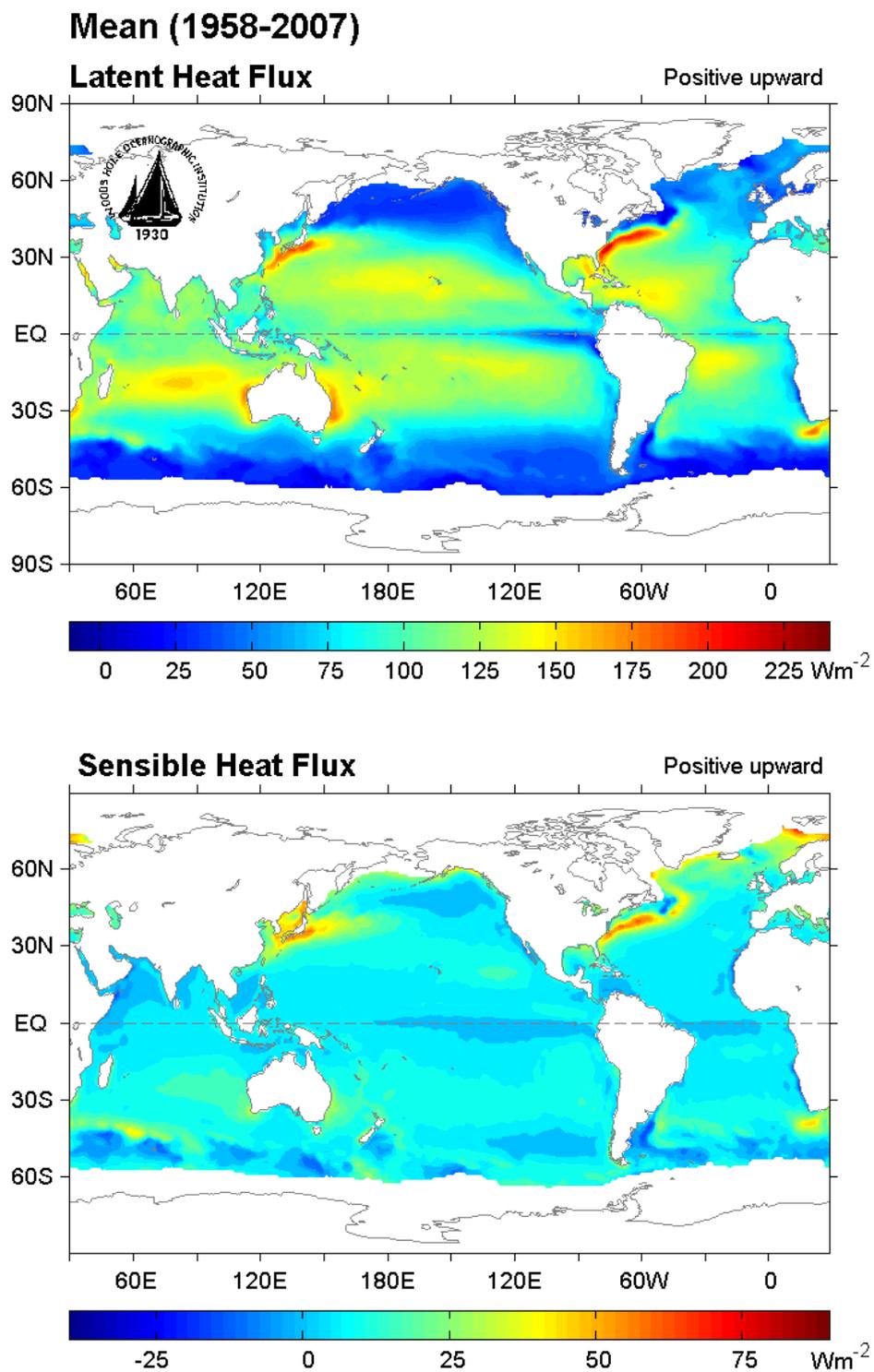


Figura 4: Média dos Fluxos de Calor Latente e Sensível no Oceano de 1958 a 2007.

Fonte: OAFLUX-NOAA/NASA/USA

2.3.3. Mudanças nas Correntes Oceânicas

Sabe-se que as correntes marítimas são responsáveis pela condução de calor do Equador para os pólos, regulando as temperaturas do Oceano e do planeta como um todo. As correntes oceânicas podem ser agrupadas de acordo com a fonte de energia que está na sua origem, do seguinte modo: correntes induzidas pelo vento, correntes termohalinas e correntes de maré. As primeiras, tal como a sua designação indica têm origem na ação do vento, enquanto que as segundas têm como principal fonte de energia o Sol. Todavia, sendo o Sol a principal fonte de energia no processo de formação dos ventos atmosféricos, pode afirmar-se que o Sol é a principal fonte de energia na formação das correntes oceânicas induzidas pelo vento e nas correntes termohalinas. As correntes de maré são induzidas pelas forças gravíticas astronômicas (incluindo o Sol), desempenhando a Lua uma ação preponderante (Pinho, 2000).

Em sua maioria, as correntes são geradas pelos ventos e transferem energia para os metros superiores dos oceanos, colocando a água em movimento e transportando energia e calor de um lugar para outro do oceano. Elas são identificadas pelas diferentes temperaturas que apresentam; sendo classificadas em função de sua temperatura e da região de origem do seguinte modo:

- Correntes quentes – provenientes de zonas equatoriais, como a das Guianas, a do Golfo do México (Gulf Stream), a do Brasil e a Sul Equatorial;
- Correntes frias – oriundas das regiões polares ou frias, como a do Labrador, a de Humboldt, a das Malvinas, a de Benguela e a Circumpolar Antártica.

Algumas correntes marinhas superficiais são muito velozes, como a Corrente do Golfo, na costa Leste dos Estados Unidos da América (EUA), cuja velocidade pode ser superior a 2 m/s. Essa corrente é uma das mais estudadas, pois transfere o calor gerado nas baixas latitudes para as regiões mais frias da Costa Oeste Européia, exercendo função primordial no aquecimento do continente europeu (Truccolo et al. , 2005).

De acordo com Campos (Castro, 2007) as variações climáticas em curso afetam diversos processos químicos, físicos e biológicos dos oceanos. Como o oceano recebe a maior parte da radiação solar que chega a terra, ele possui um papel fundamental na distribuição de

calor na atmosfera. Ao aquecer a atmosfera o oceano gera diferentes gradientes de temperatura, provocando movimentos que produzem ventos, redistribuindo calor e interferindo em correntes oceânicas que, por conseguinte, altera a temperatura em todo o planeta. A magnitude de possíveis mudanças climáticas no futuro dependerá em boa medida da resposta da circulação oceânica ao aquecimento global, visto que as correntes oceânicas distribuem uma imensa quantidade de calor por nosso planeta e são determinantes na formação dos níveis de umidade e energia atmosféricas. Uma variação na circulação oceânica pode induzir mudanças climáticas substanciais e abruptas (isto é, desenvolvidos em menos de 30 anos) em escala global (Fonte: UNIVERSIA).

A Europa depende dos efeitos desta circulação oceânica que distribui o calor absorvido e o vapor da água produzido nas zonas tropicais para as latitudes mais altas, na medida em que recebe o calor trazido pela corrente do Golfo que mantém o clima temperado, apesar de situar-se nas latitudes do Canadá. Uma das forças motrizes é o afundamento da água fria e mais pesada no norte do Oceano Atlântico. Atualmente cientistas consideram possível uma parada desta circulação provocada pelo aquecimento global devido ao efeito estufa; que poderá aumentar a evaporação da água do mar juntamente com a precipitação, provocando assim o derretimento do gelo e das geleiras. A infusão de água fresca e a maior precipitação no norte do Oceano Atlântico resultariam na formação de uma camada de água leve acima da água mais salgada e pesada. Esta camada pode causar uma parada ou modificação da circulação global, interrompendo o suprimento do calor e causando esfriamento na Europa Ocidental (Fonte: IEAV.CTA).

A diluição da salinidade dos Oceanos através do degelo do Ártico e Antártico, assim como dos vários mantos de gelo da Groelândia e outros países, acompanhado por aumento de chuvas podem diminuir ou mudar a direção das correntes oceânicas, gerando consequências terríveis para a Europa (Fonte: SURFTOTAL). Cientistas britânicos da Universidade de Southampton apontam a perda de força do sistema de Correntes do Atlântico, representado pela Corrente do Golfo. Eles afirmam que a circulação das águas já está 30% mais fraca comparativamente a 1957; quando os mesmos começaram a monitorar a temperatura e salinidade das correntes atlânticas na zona tropical (Fonte: GOOUTSIDE.TERRA).

2.4. Elevação do Nível do Mar e Destruição de Áreas Costeiras

No mundo inteiro, nos últimos 80 anos o nível do mar vem subindo constantemente, tendo em vista a combinação de dois eventos, já bastante enfatizados neste trabalho quais sejam: expansão em volume da água nos oceanos e derretimento de gelos glaciares na Antártica e na Groelândia, em função do aquecimento global (Fonte:AGENCIA.FAPESP).

O Quarto Relatório do IPCC (2007), afirma que sistemas costeiros e áreas de baixa altitude serão afetados negativamente pela a elevação do nível do mar, sendo que muitos milhões de pessoas serão atingidas por inundações a cada ano até a década de 2080. Trata-se de áreas densamente povoadas e que já sofrem outros tipos de desafios, tais como tempestades tropicais ou subsidência costeira local. O relatório prevê que a África e Ásia serão os continentes mais afetados e, neles, os países mais pobres e com menor tecnologia e capacidade de adaptação, os mais atingidos.

Estudo publicado pelo Instituto Internacional para o Ambiente e o Desenvolvimento, de Londres também aponta as áreas costeiras baixas como sendo vulneráveis à elevação do nível do mar provocada pelo aquecimento. Enfatiza que no total 634 milhões de pessoas residem nas chamadas zonas de risco, ou seja, regiões com menos de 10 metros de altitude, e esse número não para de crescer. Diz que dos mais de 180 países com população vivendo em regiões costeiras de baixa altitude, cerca de 70% possuem áreas urbanas com mais de 5 milhões de pessoas, como por exemplo Tóquio, Nova York, Mumbai (Índia), Xangai (China), Jacarta (Indonésia) e Dacca-Bangladesh (Fonte:GREENPEACE.ORG).

O Laboratório Oceanográfico Proudman, na Grã-Bretanha, apresentou estimativas da elevação do nível dos oceanos, com base em um modelo matemático que estabeleceu com precisão seus níveis nos últimos 2 mil anos. Observou-se que durante esse tempo, os níveis dos oceanos permaneceram quase que estável; sendo que hoje o ritmo de subida e elevação dos mesmos ganhou velocidade. A estimativa é de que no próximo século as águas chegarão a patamares de 0,8 m a 1,5 m acima dos níveis atuais. Diz ainda que a elevação dos oceanos foi de 2 cm no século XVIII, 6 cm no século XIX e 19 cm no século passado. Salienta também que as áreas mais atingidas serão os países em desenvolvimento na Ásia e África, que não dispõem de recursos necessários para a construção de proteções contra as águas. Nações como Bangladesh, por exemplo, cujo território situa-se quase

totalmente a uma altura de no máximo 1 m do atual nível do mar sofrerá impactos drásticos. A elevação do mar em 1 m fará com que 72 milhões de chineses percam suas casas, juntamente com 10% da população vietnamita (Fonte: ODIA).

2.4.1. Elevação do Nível do Mar na Costa do Brasil

O litoral brasileiro que se estende por aproximadamente 8,5 mil quilômetros, sendo todo margeado pelo Oceano Atlântico Sul, também está vulnerável ao aumento do nível do mar e corre grandes riscos de inundações. O Ministério do Meio Ambiente em 2007 divulgou estudos referentes aos efeitos que as Mudanças Climáticas terão sobre a Biodiversidade Brasileira. No que diz respeito à elevação do nível do mar, na costa brasileira observou-se uma tendência de aumento em seu nível da ordem de 40 centímetros/século ou 4 milímetros/ano. Cidades litorâneas e 25% da população brasileira, cerca de 42 milhões de pessoas que vivem na zona costeira, poderão ser afetadas pela elevação do Oceano Atlântico. Estima-se que a elevação do nível do mar poderá chegar meio metro ao longo do século XXI. É importante ressaltar que tais aumentos devem levar em consideração as feições peculiares da topografia oceânica em questão. Estudos do INPE, a partir de imagens do satélite Landsat, simularam a enchente que ocorreria na Ilha de Marajó, partindo de um aumento do nível do mar. Com dois metros de elevação, 28% de seu território pode desaparecer. Caso o aumento chegue a 6 metros, 36% da ilha pode ser inundada (Fonte: QUALIDADE.ENG). Uma elevação de 50 cm no nível do Atlântico deve reduzir em 100 metros a extensão litorânea das regiões Norte e Nordeste, com inundações de 30% das áreas com matas nativas. Um exemplo desse efeito já foi registrado no estado de Pernambuco, entre 1915 e 1950, a linha costeira diminuiu 80 m. O estudo prevê que seis em cada 10 praias do litoral pernambucano irão perder terreno para o mar (Fonte: PGA.PGR.MPF.GOV). Vale ressaltar que nas cinco principais metrópoles brasileira à beira-mar – Recife, Fortaleza, Salvador, Rio de Janeiro e Belém – residem mais de 22 milhões de pessoas.



Figura 5: Avanço do Mar na Orla de Recife-Pe
Fonte: Diário de Pernambuco (29 de Set. 2007)

Trabalhos publicados pelo Instituto de Oceanográfico da USP confirmam o aumento do Oceano Atlântico na costa brasileira. Medições efetivadas em Cananéia no litoral sul do estado de São Paulo no período compreendido entre 1995 e 1990 constataram uma taxa de elevação da ordem de 4,1 milímetros por ano. Já estudos feitos no litoral santista apontam uma elevação média de 1,1 milímetros por ano, isso entre 1944 e 1989. Nas medições e cálculos das médias de elevações foram levados em consideração efeitos locais, tais como erosão, atividades humanas, engenharia e ocupações; acompanhados por efeitos globais, desenvolvidos pelo aquecimento global (Fonte: CONSCIENCIA).

O IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2007) divulgou um estudo preliminar sobre a elevação do nível do mar em dois pontos da costa brasileira: Macaé, no Rio de Janeiro, e Imbituba, em Santa Catarina. Os registros mostram que, de dezembro de 2001 a dezembro de 2006, o mar subiu, em média, 2,5 mm por ano em Imbituba e 37 mm por ano em Macaé. Para os técnicos do instituto, a elevação de Imbituba tem como principal causa o aquecimento global e condiz com levantamentos feitos em outros lugares do mundo, que apontam uma elevação média anual entre 1 e 2 mm. No caso de Macaé, no

entanto, a elevação anual bastante significativa, de 37 mm por ano, não pode ser explicada apenas pelo aquecimento global. Para o instituto, é mais provável que essa mudança seja explicada por características geológicas do local onde fica o medidor. Três hipóteses que podem explicar tal fenômeno foram levantadas. A primeira está relacionada aos ventos na região, que poderiam provocar um efeito de "empilhamento" da água. A segunda seria o crescimento acelerado e desordenado da região, que pode estar provocando alterações nos rios que deságuam em Macaé e influenciando no fluxo de água. Para o IBGE, no entanto, a mais provável das hipóteses está relacionada a efeitos geológicos da região, como a existência de falhas ativas nas proximidades da cidade que estariam provocando um afundamento da crosta terrestre, em vez de uma elevação do mar (Fonte: MUNDOGEO).

Segundo relatório da Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), o Rio de Janeiro possui hoje (dezembro de 2007) 98 mil pessoas expostas em seu litoral, e a previsão da OCDE é de que esse número chegue a 268 mil em 2070. Prejuízos no estado do Rio de Janeiro com a perda material em decorrência da elevação do nível do mar poderiam chegar a 78 bilhões de reais. Dados colhidos pelo IBGE mostram que, entre 1994 e 2006, o nível do mar aumentou em média 37 mm no Norte Fluminense - ou dez vezes mais que a média apontada pelo IPCC, de 3,1 mm - entre 1993 e 2003 (Fonte: ODIA).

A publicação “Erosão e Progradação (onde a faixa de praia aumenta) do Litoral Brasileiro”, organizada pelo professor da UFRJ Dieter Mueche, mostrou que nos Estados da Paraíba e Sergipe, aproximadamente 50% do litoral sofrem de erosão costeira associada à elevação do nível do mar. O litoral baiano, o maior do Brasil, com 1.054 quilômetros de extensão, 26% (274 km) apresenta um quadro de erosão acentuada. Em outros 14%, a faixa de praia se encontra maior (Fonte: ARRUDA.RITS.ORG).

Gomes Filho et al. (2006), discorrem sobre o avanço do mar na zona costeira nordestina. Chamam a atenção para problemas enfrentados por algumas cidades litorâneas do nordeste brasileiro, como por exemplo, João Pessoa, Recife e Olinda, cujas orlas vêm sofrendo com inundações em momento de marés altas e até mesmo com destruição de partes de ruas; como é o caso da Avenida Arthur Monteiro de Paiva em João Pessoa, e do ponto mais oriental das Américas, localizado na “Ponta do Seixas” em Tambaú, onde está localizado o Farol do Cabo Branco, este por sua vez já perdeu grande parte do seu mirante.

Em geral, algo em comum vem acontecendo nestas cidades, que é a transferência de estabelecimentos comerciais da faixa litorânea para outros locais mais afastados, tendo em vista o avanço do mar sobre as mesmas. Ressaltam ainda a grande soma de dinheiro que é gasta por governos locais, na construção de barreiras e muralhas de proteção em suas respectivas orlas, que na maioria das vezes não surtem efeitos desejáveis, numa tentativa de frear o avanço do mar sobre áreas de praias.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Descrição dos Dados

Os dados utilizados neste trabalho constam de valores referentes à Temperatura e Salinidade, tendo sido levantados junto à costa nordeste brasileira, em um volume de água que tem uma área correspondente as seguintes coordenadas: 5° á 14° S e 30° á 35° W, e cuja profundidade é de 500 m. O período compreende os anos de 1956 a 1995, perfazendo um total de 39 anos, espaçados em uma grade de 1° x 1° latitude e longitude.

A coleta foi realizada *in situ* por navios nacionais e estrangeiros, mercantes ou oceanográficos, ao longo desse tempo, com cobertura para as quatro estações do ano. Os mesmos foram disponibilizados pelo REVIZEE (Programa de Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva), em relatório efetivado pelo mesmo em 1996, e que resume todo o material disponível sobre tais eventos, encontrado em diferentes fontes, como por exemplo: Bibliotecas da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IOUSP) e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Parte do material é composto por cartas de Temperatura (ver anexos) e Salinidade para as quatro estações sobre as diferentes camadas de água do Atlântico Sul analisada, estando distribuídas da seguinte forma: superfície, 50 m, 100 m, 200 m e 500 metros, como mostra a Figura 6. Para os 500 m os dados foram repassados em forma de valores apenas, sendo necessária a utilização do software SURFER 7.0, para gerar suas respectivas cartas de Temperatura e Salinidade, após os respectivos valores terem sido trabalhados numa planilha EXCEL (Microsoft Office 2007). Projeções do IPCC sobre as temperaturas médias do ar e do mar até 2100, também foram consideradas para a estimativa da expansão volumétrica da água oceânica na referida região.

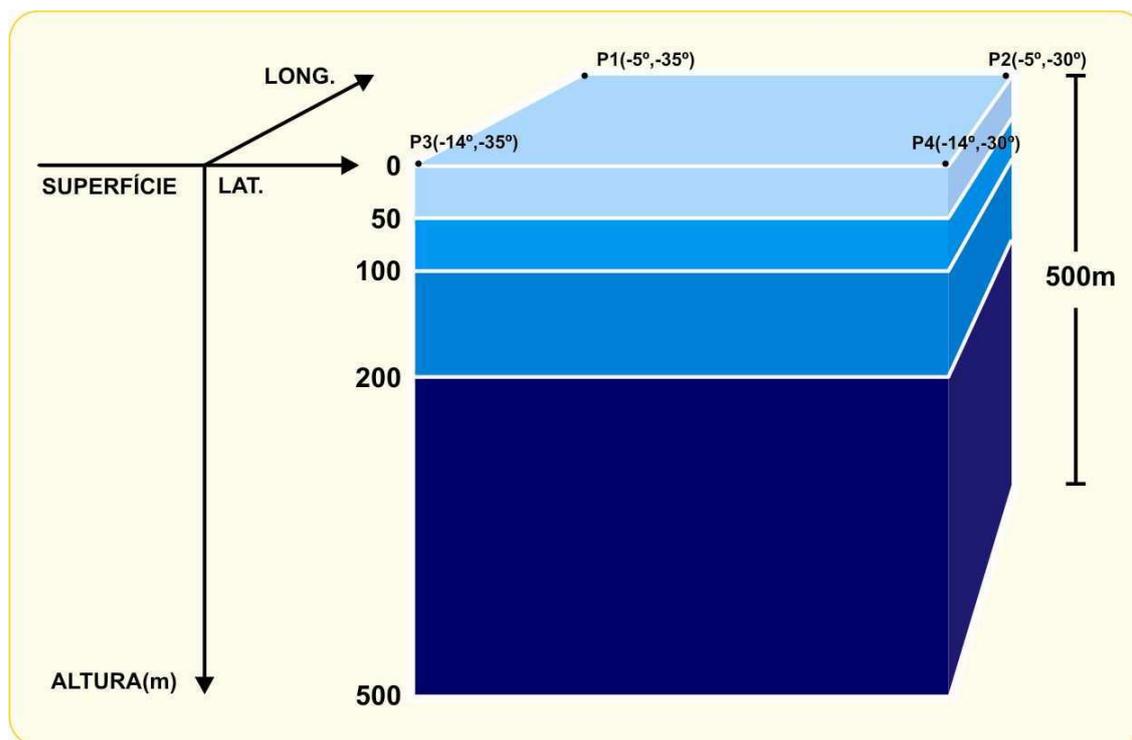


Figura 6: Volume de Controle no Atlântico

3.2. Metodologia

Neste estudo, foram escolhidos quatro pontos sobre a região anteriormente citada, em cada carta de temperatura (ver anexos) e salinidade pertencentes às Camadas de água estudadas, em cada estação do ano; de modo a se obter nestes pontos os valores médios das variáveis em análise (fazendo-se interpolação quando necessário). A partir de tais valores chegou-se aos valores médios e, por conseguinte, a um valor médio final relativo a cada estação. É válido frisar que o volume de água analisada tem as seguintes coordenadas geográficas: ponto 1 (5° S e 35° W); ponto 2 (5° S e 30° W); ponto 3 (14° S e 30° W); e o ponto 4 (14° S e 35° W); sendo sua profundidade de 500 m.

O valor da média final da temperatura foi utilizado como referencial da mesma para se chegar aos Volumes Iniciais e Finais da massa de água analisada. Considerando a variação da temperatura na faixa de 1° a 6 °C, conforme projeções feitas pelo IPCC em seu quarto relatório, obteve-se então seis volumes finais em cada estação, e, a partir dos

mesmos foi possível chegar aos percentuais de expansão volumétrica da massa de água considerada.

3.3. Formulação Teórica

3.3.1. Média Aritmética Simples e Média Final (Média das Médias)

Os valores médios simples e finais das variáveis consideradas neste estudo seguem os princípios da teoria estatística, que diz: dado um conjunto grande de dados numéricos pode-se chegar à média aritmética simples fazendo uso da seguinte fórmula:

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n Xi/n \quad (1)$$

Ou seja, dado n valores x_1, x_2, \dots, x_n a média aritmética simples (\bar{X}) corresponde a soma dos valores dividido pelo número de termos. Sendo esta calculada no caso em que os dados não foram agrupados (Bonini et al. 1972). A média das médias das amostras (média final) por conseguinte, é feita da seguinte forma:

$$\bar{\bar{X}} = \sum_i \bar{X}/n^\circ \text{ de amostras} \quad (2)$$

3.3.2. Expansão Térmica

Para verificar uma possível expansão volumétrica da massa de água analisada neste estudo fez-se necessário o uso da teoria de expansão térmica dos líquidos. De acordo com Goldemberg (1979), parte significativa da radiação solar que incide sobre a superfície terrestre é usada para o aquecimento da água dos oceanos, todavia, a temperatura destas grandes massas de água não ocorre de maneira uniforme, decrescendo à medida que a profundidade aumenta. A razão para tal decréscimo é a seguinte: a densidade da água diminui com a temperatura, sendo mínima próxima de 4 °C, tornando a aumentar para temperaturas mais baixas. Por outro lado, a água aquecida se expande e sobe para a superfície, onde fica aproximadamente em equilíbrio com o ambiente, que chega a 25 °C nas zonas tropicais.

Para Halliday et al. (1996), se todas as dimensões de um sólido se expandem com a temperatura, o volume deste sólido deve aumentar. Para os líquidos, a expansão volumétrica é o único parâmetro de expansão que faz algum sentido. Quando a temperatura de um corpo se eleva, é comum que o corpo se expanda. Para Tipler (2000), a maior parte das substâncias se expande ao ser aquecida. Sendo a água uma importante exceção. O volume é mínimo e a densidade máxima, a 4 °C. De forma que quando a água é aquecida com temperatura inferior a 4 °C, há contração em lugar de expansão.

A dilatação térmica nos sólidos é explicada pela variação na vibração das partículas que compõem a rede cristalina do sólido. Está relacionada à dimensão inicial do corpo, a substância da qual ele é feito e a variação de temperatura a qual é submetido (Fonte: UFSC). Portanto a dilatação térmica dá-se das seguintes formas:

- **Linear:** ocorre em uma dimensão,

$$\Delta L = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta T \quad \text{ou} \quad L = L_0 (1 + \alpha \cdot \Delta T) \quad (3)$$

onde,

ΔL é a variação no comprimento

α é o coeficiente de dilatação linear

L_0 é o comprimento inicial

ΔT é a variação de temperatura

L é o comprimento final

- **Superficial:** ocorre em duas dimensões,

$$\Delta S = \beta \cdot S_0 \cdot \Delta T \quad \text{ou} \quad S = S_0 (1 + \beta \cdot \Delta T) \quad (4)$$

onde,

ΔS é a variação na área

β é o coeficiente de dilatação superficial $\beta = 2\alpha$

S_0 é a área inicial

S é a área final

- **Volumétrica:** ocorre em três dimensões

$$\Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta T \quad \text{ou} \quad V = V_0 (1 + \gamma \cdot \Delta T) \quad (5)$$

portanto,

ΔV é a variação no volume

γ é o coeficiente de dilatação volumétrica $\gamma = 3\alpha$

V_0 é o volume inicial

V é o volume final.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Temperatura Média da Região de Estudo

A partir das cartas de temperatura disponibilizadas referentes à Superfície, 50 m, 100 m, 200 m, e de valores para 500 metros, compreendendo a massa de água observada, foram obtidas as médias e uma média final para cada estação do ano, apresentadas na Tabela 2. O maior valor da média das médias (final) encontrado corresponde à estação de verão (19,94 °C), seguida pela média do outono (19,72 °C). Em terceiro lugar tem-se o valor relativo à primavera (19,51 °C), e finalmente, o do Inverno (19,26 °C). Pode-se observar que são valores muito próximos e condizentes com as características geográficas e meteorológicas da região de estudo. Estes valores foram considerados como representantes da temperatura ambiente do volume de água estudado e que os mesmos estão dentro dos parâmetros de medidas das mesmas para a ACAS, disponível na literatura existente, conforme citado anteriormente.

Tabela. 2 - Temperaturas Médias (°C) da massa de água estudada por profundidade e estações do ano

PROFUNDIDADE (m)	TEMPERATURA MÉDIA (°C) DA MASSA DE ÁGUA EM ESTUDO POR PROFUNDIDADE E ESTAÇÕES DO ANO			
	P ₁ (-5°, -35°)	P ₂ (-5°, -30°)	P ₃ (-14°, -35°)	P ₄ (-14°, -30°)
	VERÃO			
SUPERFÍCIE	26,60	26,70	27,00	26,70
50	26,60	26,90	27,20	26,60
100	24,50	22,00	24,75	24,00
200	13,50	12,00	18,75	17,75
500	6,80	7,00	6,80	6,70
OUTONO				
SUPERFÍCIE	27,00	27,40	26,60	26,00
50	27,00	27,40	26,40	26,00
100	23,00	20,50	24,18	24,00
200	13,50	12,00	18,00	17,50
500	6,60	6,90	7,15	7,25
INVERNO				
SUPERFÍCIE	25,50	25,50	24,50	23,50
50	25,00	26,00	24,50	23,50
100	25,50	23,50	24,50	23,50
200	14,00	12,50	18,50	17,50
500	7,00	7,10	6,80	6,70
PRIMAVERA				
SUPERFÍCIE	26,00	26,00	25,20	24,30
50	26,00	26,00	25,00	24,00
100	25,00	24,50	24,75	23,75
200	13,50	12,00	19,00	17,75
500	6,90	6,90	6,90	6,70

Fonte: dados REVIZEE - 1996.

4.2. Expansão Volumétrica

Aplicando-se a Teoria de Expansão Térmica dos Fluídos, ao volume de água em estudo, á cada estação do ano e, fazendo uso de valores médios de sua temperatura assim como da variação de temperatura global projetada pelo o IPCC até 2100, citadas anteriormente (que vão de 1° a 6 °C), chegou-se a valores do volume da massa de água, relativos a cada variante desta temperatura , em cada uma das estações (primavera, verão, outono e inverno), de modo que foi possível se obter percentuais indicadores de uma provável expansão volumétrica da massa de água estudada, em consonância com o aquecimento global, conforme mostra a Tabela 3.

Cinco capitais (João Pessoa, Natal, Recife, Maceió e Aracaju) pertencentes à área estudada foram escolhidas para análise da expansão volumétrica com base nos referidos valores percentuais encontrados. Os mesmos foram processados em conjunto com valores médios do nível do mar nestas localidades (João Pessoa - 1,34 m; Natal - 1,28 m; Recife - 1,24 m; Maceió - 1,21 m e 1,20 m para Aracaju) disponibilizados pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil em seu site, referentes ao mês de Julho corrente. É importante ressaltar que os valores de salinidade analisados serviram apenas de base para a caracterização das camadas de água que conformam á área observada.

O primeiro valor do volume de expansão encontrado em cada estação do ano foi adquirido fazendo-se uso de suas respectivas temperaturas médias (final), tidas como temperaturas ambiente; de sorte que os demais volumes resultantes da variação de temperatura de 1° a 6 °C, tiveram-no como referência.

Observando-se os dados constantes na Tabela 3, verifica-se que os valores percentuais de expansão volumétrica da massa de água estudada, em sua totalidade, variam num intervalo que vai de 4,80 a 29%. Ao se observar cada estação individualmente, nota-se que a estação de Inverno apresenta um percentual um pouco maior de variação, qual seja, 4,90 a 29%. O que é naturalmente compreensível, haja vista que nesta estação a água geralmente se apresenta mais aquecida.

Tabelas 3 - Expansão Volumétrica e Nível Médio do Mar (m), em cinco capitais, pertencentes à costa da região analisada (João Pessoa, Natal Recife, Maceió e Aracaju)

VOLUME	AUMENTO (%)	ELEVAÇÃO DO NÍVEL MÉDIO DO MAR NAS CAPITAIS (m)				
		JOÃO PESSOA	NATAL	RECIFE	MACEIÓ	ARACAJU
		VERÃO				
5,66636E+15						
5,93657E+15	4,80	1,40	1,34	1,30	1,27	1,26
6,20678E+15	9,50	1,47	1,40	1,36	1,32	1,31
6,47698E+15	14,30	1,53	1,46	1,42	1,38	1,37
6,74719E+15	19,00	1,59	1,52	1,48	1,44	1,43
7,0174E+15	23,80	1,66	1,58	1,54	1,50	1,49
7,2876E+15	28,60	1,72	1,65	1,59	1,56	1,54
OUTONO						
5,60624E+15						
5,87645E+15	4,80	1,40	1,34	1,30	1,27	1,26
6,14666E+15	9,60	1,47	1,40	1,36	1,33	1,32
6,41686E+15	14,50	1,53	1,47	1,42	1,39	1,37
6,68707E+15	19,20	1,60	1,53	1,48	1,44	1,43
6,95728E+15	23,00	1,65	1,57	1,53	1,49	1,48
7,22748E+15	28,90	1,73	1,65	1,60	1,56	1,55
INVERNO						
5,4806E+15						
5,7508E+15	4,90	1,41	1,34	1,30	1,27	1,26
6,02101E+15	9,90	1,47	1,41	1,36	1,33	1,32
6,29122E+15	14,20	1,53	1,46	1,42	1,38	1,37
6,56142E+15	18,00	1,58	1,51	1,46	1,43	1,42
6,83163E+15	24,00	1,66	1,59	1,54	1,50	1,49
7,10184E+15	29,00	1,73	1,65	1,60	1,56	1,55

PRIMAVERA						
5,54882E+15						
5,81903E+15	4,90	1,41	1,34	1,30	1,27	1,26
6,08924E+15	9,00	1,46	1,40	1,35	1,32	1,31
6,35944E+15	14,60	1,54	1,47	1,42	1,39	1,38
6,62965E+15	19,50	1,60	1,53	1,48	1,45	1,43
6,89986E+15	24,00	1,66	1,59	1,54	1,50	1,49
7,17006E+15	28,00	1,72	1,64	1,59	1,55	1,54

Nota-se ainda que os valores médios de elevação do nível do mar consequentes das expansões térmica e volumétrica do volume de água estudado, nas capitais em destaque apresentam diferenças significativas quando confrontados com os valores divulgados pela DHN. Por exemplo, com apenas um grau Celsius de aumento na temperatura média global tem-se 0,06 m de diferença entre os mesmos em todas elas, nas estações Outono-Verão. Nas demais estações (Primavera- Inverno), apenas João Pessoa apresenta um valor peculiar da ordem de 0,07 m; permanecendo os mesmos 0,06 m para as outras capitais.

Verifica-se também que com um aumento de seis graus Celsius na temperatura média global, as diferenças se acentuam em todas as capitais, os valores passam para 0,38m em João pessoa; 0,37 m em Natal; 0,35 m em Recife e Maceió; e 0,34 m em Aracaju, na estação de verão. Ainda considerando os seis graus Celsius de aumento na temperatura média global, as estações Outono-Inverno curiosamente apresentam as mesmas diferenças para os valores médios do nível do mar disponibilizados pela a DHN e os níveis de elevação alcançados, quais sejam: 0,39 m em João pessoa; 0,37 m em Natal; 0,36 m em Recife; 0,35 m em Maceió e Aracaju. A primavera por sua vez exhibe os seguintes valores: 0,38 m em João pessoa; 0,36 m em Natal; 0,35 m em Recife; 0,34 m para Maceió e Aracaju.

É notório que dentre as capitais analisadas, João Pessoa é a que sofrerá um acréscimo no nível médio do mar de maior relevância, chegando a 1,73 m. Em seguida

tem-se Natal com 1,65 m; Recife 1,60 m; Maceió 1,56 m; e por último, Aracaju com 1,55m. Por outro lado, Aracaju possui os menores valores médios do nível do mar em todas as estações em função das alterações de temperatura estipuladas pelo o IPCC, os mesmos vão de 1,26 a 1,55 m. Logo depois vem Maceió, com uma variação de 1,27 a 1,56 m. Recife ocupa a terceira posição nesta ordem com valores que vão de 1,30 a 1,60m. Natal é a quarta colocada, com nível médio variando de 1,34 a 1,65 m. João Pessoa é a última colocada com valores que passam de 1,40 m para 1,73 metros.

4.3. Média Anual da Expansão Volumétrica nas Capitais Estudadas

De acordo com a tabela abaixo (Tabela 4), ao obter-se a Média Anual de elevação do nível médio do mar para as capitais observadas ainda são constatados níveis expressivos da expansão volumétrica da massa de água em análise. Novamente, a diferença entre estes valores e os informados pela Diretoria de Hidrografia de Navegação (DHN) para os níveis médios do mar continua em destaque. João Pessoa mantém-se na frente, com 0,22 m a mais. Natal e Recife curiosamente empatam, com um diferencial de 0, 21 m entre tais valores, o mesmo acontece com Maceió e Aracaju apresentando 0,20 m em seus níveis.

Tabela 4 – Média Anual (m) da Elevação do Nível Médio do Mar nas Capitais Estudadas

MÉDIA ANUAL (m) DA ELEVAÇÃO DO NÍVEL MÉDIO DO MAR NAS CAPITAIS				
JOÃO PESSOA	NATAL	RECIFE	MACEIÓ	ARACAJU
1,56	1,49	1,45	1,41	1,40

5. CONCLUSÕES

Os resultados alcançados permitem concluir:

- A existência de uma rápida resposta da massa de água em estudo em termos de expansão volumétrica, em função da ocorrência de aumentos graduais da Temperatura Média Global estipulado pelo IPCC para acontecer ao longo dos próximos cem anos. Conforme ressaltado anteriormente, o percentual mínimo de aumento volumétrico da referida água é de 4,8%, chegando a um máximo de até 29%.
- Em todas as estações do ano constata-se uma variabilidade do nível médio do mar bastante significativa quando se confronta alguns valores desta variável, divulgados pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) para a área analisada e, os respectivos valores acrescidos dos percentuais da expansão volumétrica da água observada. De acordo com os mesmos, as cinco capitais escolhidas para análise tiveram elevações substanciais em seu nível médio do mar; com apenas um grau Celsius de aumento na temperatura média global, um exemplo é João Pessoa, que chega a 1,41 m nas estações Primavera-Inverno. Quando se têm os supostos seis graus Celsius de aumento na temperatura, então se vê que o percentual de expansão volumétrica da água alcança patamares máximos, gerando também níveis médios do mar expressivos.
- A ocorrência de altos níveis de expansão da massa de água do Atlântico Sul observada desencadeará diversos tipos de complicações para a população residente em sua área costeira, à medida que a mesma provocará avanços do mar sobre o continente. Primeiramente a estrutura local será duramente modificada, forçando o desenho de novos mapas para retratá-la. A economia da região sofrerá implicações

que possivelmente atingirá setores importantes para o seu desenvolvimento, como é o caso da indústria hoteleira e pesqueira. Provavelmente, gastos governamentais de grandes proporções serão imprescindíveis para sanar problemas dos refugiados ambientais, bem como para tentar reter a fúria do mar sobre a região.

- Vendo por um ângulo mais amplo, ao considerar que os Oceanos desempenham um papel importantíssimo na definição do clima mundial e sabendo que o Oceano Atlântico tem um grande peso na efetivação desta função, tendo em vista que é o segundo maior em extensão, o aquecimento de suas águas traria conseqüências sem precedentes, e fronteiras muito além da área estudada seriam atingidas. Observar-se-ia acontecimentos que até o momento só se é visto na literatura difundida mundialmente por cientistas e instituições detentoras de vasta credibilidade em produção científica, e que vêm no aquecimento global (causado em grande parte por ações antropogênicas) uma forma potencial de destruição do planeta em curto espaço de tempo. Perturbações climáticas de caráter diversos atingiriam populações e ecossistemas; quando não dizimando vidas por completo, tornando complicado a sua existência.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA FAPESP - **Mais Gelo Derretido**. Disponível em: <www.agencia.fapesp.br>. Acesso em: 28 Abr. 2008.

ALVES, Elves A. A. de Freitas Gouveia. **Efeito Estufa e Aquecimento Global**. Disponível em: <www.poloabc.com.br>. Acesso em: 01 de Mar. 2008.

ANDRADE, C.; FREITAS, C. **E se a Estufa em que Vivemos for Inundada? A Subida do Nível Médio do Mar: Algumas Causas e Consequências**. Cadernos Didáticos de Ciências. 1ª Ed. Vol., p. 39-57, 2001.

AQUECIMENTO Global Provocará Redução de 100 m de Área do Litoral do Norte e do Nordeste, Prevê estudo. Temperatura pode Subir Até 8°C. Disponível em:<<http://arruda.rits.org.br>>. Acesso em: 10 Out. 2007.

AQUECIMENTO Global. Disponível em: <www.suapesquisa.com>. Acesso em: 03 Jun. 2007.

ARCILAM, Trevenzoli Assireu. **Estudo das Características Cinemáticas e Dinâmicas das Águas de Superfície do Atlântico Sul Ocidental a partir de Derivadores Rastreados por Satélite**. São Paulo, USP, 2003. 174p. Tese (Doutorado em Oceanografia Física) – USP/IOUSP, 2003.

BEZERRA, Edson Alves. Causas e Conseqüências do Aquecimento Global. **Webartigos**, Publicado em 03 de Fev. de 2008. Disponível em: <www.webartigos.com>

articles/4013/1/causas-e-consequencias-do-aquecimento-global/pagina1.html>. Acesso em: 27 Mar. 2008.

BONINI, E.E.; BONNINI, S. E. **Estatística: Teoria e Exercícios**. 1. Ed. São Paulo: LPM, 441P. 1972.

BYRNES, Mychal. **Aumento de Temperatura é que Eleva Nível do Mar na Antártida**. Reuters/Brasil, 18 Fev. 2008. Disponível em: <<http://oglobo.oglobo.com>>. Acesso em: 18 Fev. 2008.

CASTRO, Fábio de. **Oceanos Recebem a Maior Parte da Radiação Solar que Atinge a Terra**. Agência FAPESP, 6 Nov. 2007. Disponível em: <<http://360graus.terra.com.br>>. Acesso em: 07 Dez. 2007.

CIRANO, M.; MATA, M. M.; CAMPOS, E. J. D.; DEIRÓ, N. F. R. **A Circulação Oceânica de Larga-Escala na Região Oeste do Atlântico Sul com Base no Modelo de Circulação Global OCCAM**. Revista Brasileira de Geofísica, vol. 24(2): p. 209-230, 2006.

CLIMA da Terra – Variação e Efeitos à Civilização. Disponível em: <<http://www.ieav.cta.br>>. Acesso em: 06 Jan. 2008.

COMCIENCIA – **Aquecimento Global já pode ser sentido**. Disponível em: <www.comciencia.br>. Acesso em: 06 Jun. de 2007.

CORRENTES Oceânicas e Massas de Água. Disponível em: <www.iqv.org.br>. Acesso em: 04 Jul. 2007.

DIEHL, Fernando Luiz. **A Importância dos Oceanos para o Equilíbrio Climático do Planeta**. Brasília, v. 8. p. 230-233, 2005. Disponível em: <www.portal.mec.gov.br>. Acesso em: 19 Abr. 2008.

ECOLOGIA MARINHA - DBA/FCUL. **Algumas Características do Ambiente Marinho e Estuarino**. Disponível em: <www.astrosurf.com>. Acesso em: 25 Jan. 2008.

EDUCOM – **A Distribuição dos Oceanos.** Disponível em: <<http://web.educom.pt/dgpedronunes/oceanos/Oceint.html>>. Acesso em: 03 Jul. 2007.

ESPERE - **Circulação Oceânica.** Disponível em: <[www. Atmosphere.mpg.de/enid/](http://www.Atmosphere.mpg.de/enid/)>. Acesso em: 04 Jul. 2007.

FILHO, M. F. G.; SERVAIN, J.; LUCENA, D. B.; PAULA, R. K de. SILVA, A. B. **Evidências Observacionais de Aumento no Nível do Atlântico Tropical próximo à Costa do Nordeste do Brasil.** Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia, 39-45, 2006.

FRAGOSO, Maurício da Rocha. **Um Modelo Numérico da Circulação Oceânica para as Bacias Leste e Sudeste do Brasil.** Rio de Janeiro, UFRJ, 2004. 173p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – UFRJ/COPPE, 2004.

FRANÇA, Martha S. J. **Chapa Quente: Relatório de Comissão ONU Mostra que o Planeta Está Aquecendo e que a Ação Humana é Determinante para Isso.** Revista Atualidades Vestibular-2008. Disponível em:<<http://planetasustentavel.abril.com.br>>. Acesso em: 10 Abr. 2008.

GOLDEMBERG, José. **Energia no Brasil.** 1. Ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editoras S. A., 171 p. 1979.

GRABIANOWSKI Ed. **Como Funciona o Aquecimento Global.** Disponível em: <<http://ciencia.hsw.uol.com.br>>>. Traduzido por HowStuffWorks Brasil. Acesso em: 20 Jun. 2007.

GRENNPEACE – **Elevação do Nível do Mar é um dos Principais Impactos do Aquecimento Global.** Disponível em: <www.grennpeace.org>. Acesso em: 17 Abr. 2008.

GUIMARÃES, F. **Aquecimento Global – Impacto nos Oceanos.** Surftotal, 28 fev. 2008. Disponível em: <www.surftotal.com>. Acesso em: 17 Mar. 2008.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: Gravitação, Ondas e Termodinâmica.** 4. Ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 2, 292p. 1996.

IBGE Registra Aumento no Nível do Mar no Rio de Janeiro e em Santa Catarina. Disponível em: <<http://www.mundogeo.com.br>>. Acesso em: 20 Out. 2007.

IBGE. Centro de Documentação e Disseminação de Informações. **Normas de Apresentação Tabular**. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Centro de Documentação e Disseminação de Informações – 3. Ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993. 62 p.

IPCC/UNEP/WMO **Climate Change 2007, The Physical Basis – Summary for Policemakers**. Approved at the 10th session of Working Group I of the IPCC, Paris, February 2007, IPCC – Secretariat c/o WMO, Geneva, 2007, 21 p.

IPCC/UNEP/WMO **Climate Change 2007, The Physical Basis – Summary for Policemakers**. Approved at the 8th session of Working Group II of the IPCC, Bruxelas, Abril 2007, IPCC – Secretariat c/o WMO, Geneva, 2007, 30 p.

McLELLAN, Hugh J. **Elements of Physical Oceanography**. Oxford. Pergamon Intenational Library. 1977. 49p.

MIRANDA, L. B. de. **Forma de correlação T-S de massa de água das regiões costeira e oceânica entre o Cabo de São Tomé (RJ) e a Ilha de São Sebastião (SP), Brasil**. Bolm. Inst. Oceanogr., São Paulo, 33(2), p. 105-119, 1985.

MUDANÇAS Climáticas e seus Efeitos sobre a Biodiversidade Brasileira. Disponível em: <<http://www.qualidade.eng.br>>. Acesso em: 25 Mar. 2008.

NÍVEL dos Oceanos Aumentará 1,5 m até 2100, Dizem Cientistas. Disponível em: <<http://odia.terra.com.br>>. Acesso em: 15 Abr. 2008.

NÚCLEO AMIGOS DA TERRA/BRASIL. **Mudanças Climáticas, O que você tem a ver com isso?**. Disponível em: <www.natbrasil.org.br>. Acesso em: 05 Jul. 2007.

O DERRETIMENTO das Calotas Polares. Disponível em: <<http://ciencia.hsw.uol.com.br>>. Traduzido por HowStuffWorks Brasil. Acesso em: 27 Abr. 2008.

PETERSON R & STRAMMA L. **Upper-level circulation in the South Atlantic Ocean.** Progr. Oceanogr., 26(1): 1–73, 1991.

PINHO, JOSÉ L. DA S. **Modelação Matemática da Hidrodinâmica e da Qualidade da Água em Zonas Costeiras.** Portugal, UMINHO, 2000. 362p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – UMINHO/FEUP, 2000.

RECURSOS VIVOS DA ZONA ECONÔMICA EXCLUSIVA. **Levantamento do Estado da Arte da Pesquisa dos Recursos Vivos Marinhos do Brasil - Costa Nordeste.** Recife: 1996. v. 13, 97 p.

REID, J. L., 1989: **On the total geostrophic circulation of the South Atlantic Ocean: Flow patterns, tracers, and transports.** Prog. Oceanog., 23, p. 149-244.

RIO Terá Prejuízo de R\$ 78 Bi com Elevação do Nível do Mar. Disponível em: <<http://odia.terra.com.br>>. Acesso em: 15 Jan. 2008.

ROCHA, Caroline Rosario Mazzoli da. **Inclusão dos Processos Radiativos Associados às Massas D'Água na Modelagem da Circulação Oceânica do Atlântico Sudoeste.** Rio de Janeiro, UFRJ, 2007. 71p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UFRJ/COPPE, 2007.

SALAZAR, L.; NOBRE, C.; OYAMA, M. D. **Conseqüências das Mudanças Climáticas nos Biomas da América do Sul.** Boletim do Projeto: Uso de Cenários de Mudanças Climáticas Regionais em Estudos de Vulnerabilidade e Adaptação no Brasil e na América do Sul (GOF-UK-CPTEC). Ano 2. 3de Out. de 2006 – Distribuição Semestral.

SILVEIRA ICA, SCHMIDT ACK, CAMPOS EJD, GODOI SS & IKEDA Y. **A Corrente do Brasil ao largo da Costa Leste Brasileira.** Rev. Bras. Oceanogr., 48(2): p. 171–183, 2000.

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

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

TASCETTO, Andréa Sardinha. **O Impacto da TSM do Oceano Atlântico sul no Clima Regional**. São Paulo, USP, 2006. 115p. Tese (Doutorado em Oceanografia Física) – USP/IOUSP, 2005.

TIPLER, P. A. **Física: Mecânica, Oscilações e Ondas, Termodinâmica**. 4. Ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 1, 651p. 2000.

TRUCCOLO, Eliane Cristina; MATSCHINSKE, E. G.; DIEHL, F. L. **As Correntes Marinhas do Brasil**. Brasília, v. 8. p. 212, 2005. Disponível em: < www.portal.mec.gov.br >. Acesso em: 19 Abr. 2008.

TSUCHYA, M. **Thermostads and circulation in the upper layer of the Atlantic Ocean**. Prog. Oceanogr., 16, p. 235-267, 1986.

UFSC – **Termodinâmica**. Disponível em: <http://webmail.grad.ufsc.br>. Acesso em: 02 Abr. 2007.

UNIVERSIA – **Quais são as Conseqüências do Degelo?**. Disponível em: <www.universia.es>. Acesso em: 04 Jun. 2007.

UNIVERSIDADE DA MADEIRA. **Parâmetros Físico-químicos da Água do Mar - Temperatura, Salinidade, Densidade**. Disponível em: <www.uma.pt>. Acesso em: 16 Mar. 2008.

VIEIRA, Pitti. **Quente pra Burro**. Revista Go Outside. Disponível em: <www. Go Outside.com.br>. Acesso em: 10 Abr. 2008.

WEYKAMP, Fabiana Victória. **Relações Básicas Entre a Meteorologia e a Oceanografia**. Disponível em: <www.master.iag.usp.br>. Acesso em: 07 Mai. 2008.

WIKIPÉDIA – **Oceano Atlântico Sul**. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/atl%C3%A2ntico_Sul>. Acesso em: 19 de Abr. 2008.

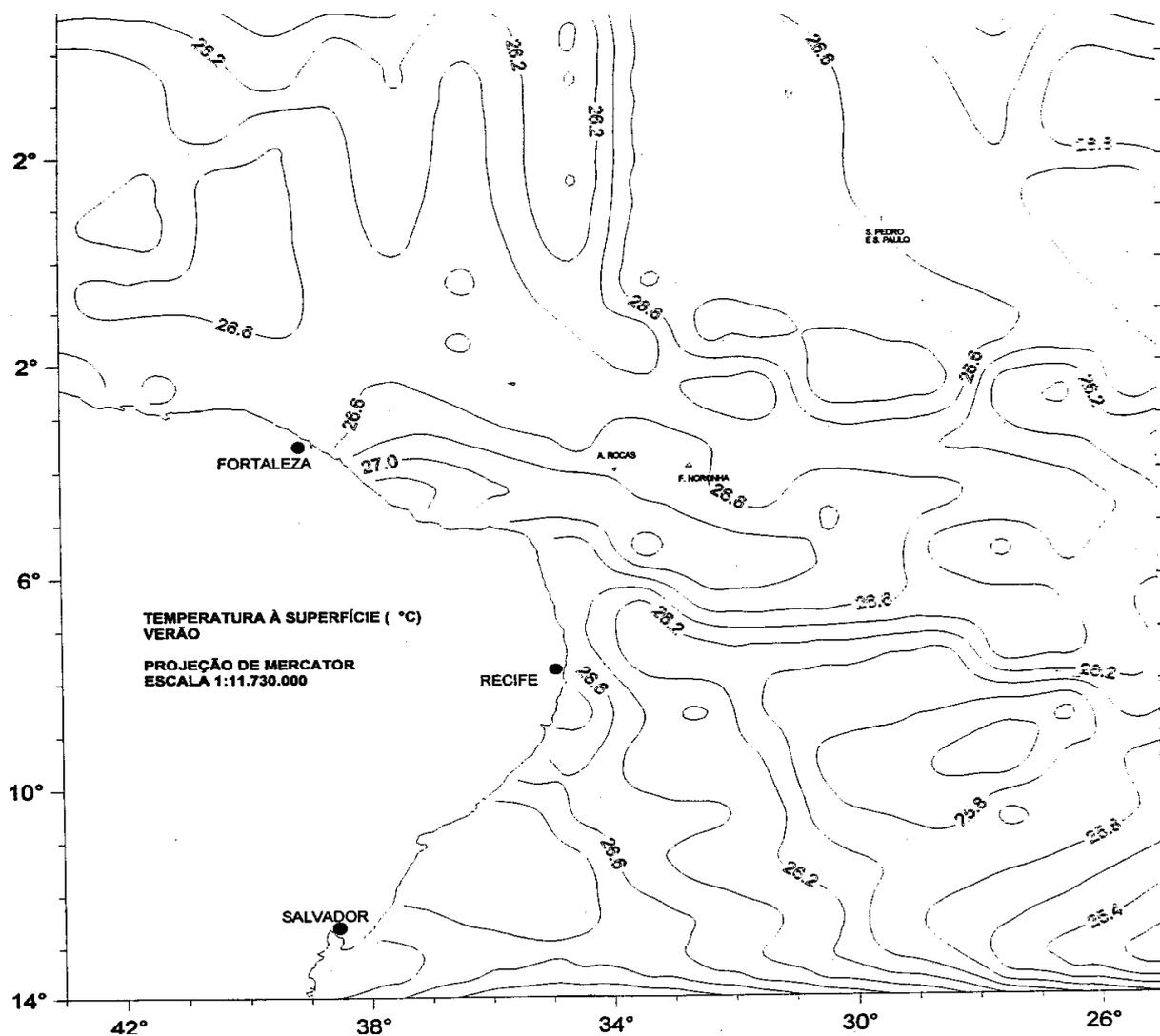
WIKIPÉDIA – **Oceano Atlântico.** Disponível em:
<http://pt.wikipedia.org/Oceano_Atlântico.htm>. Acesso em: 19 Abr. 2008.

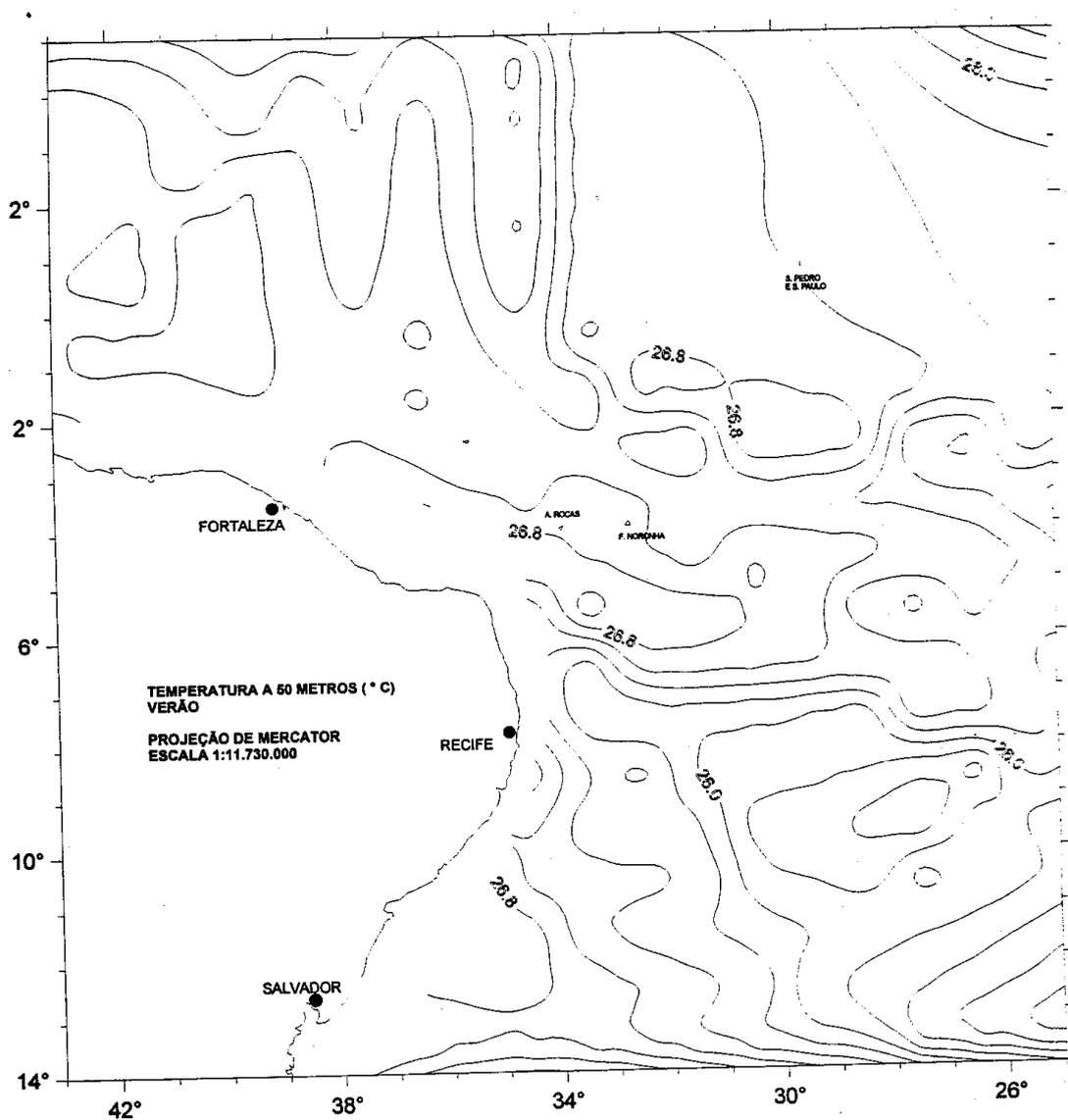
XAVIER, Teresinha. M. B. S.; XAVIER, Airton F. S. **O Planeta Terra: aquecimento global e Mudanças Climáticas.** Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia, vol. 30, Nº 4, p.73-80, abr. 2007.

7. ANEXOS

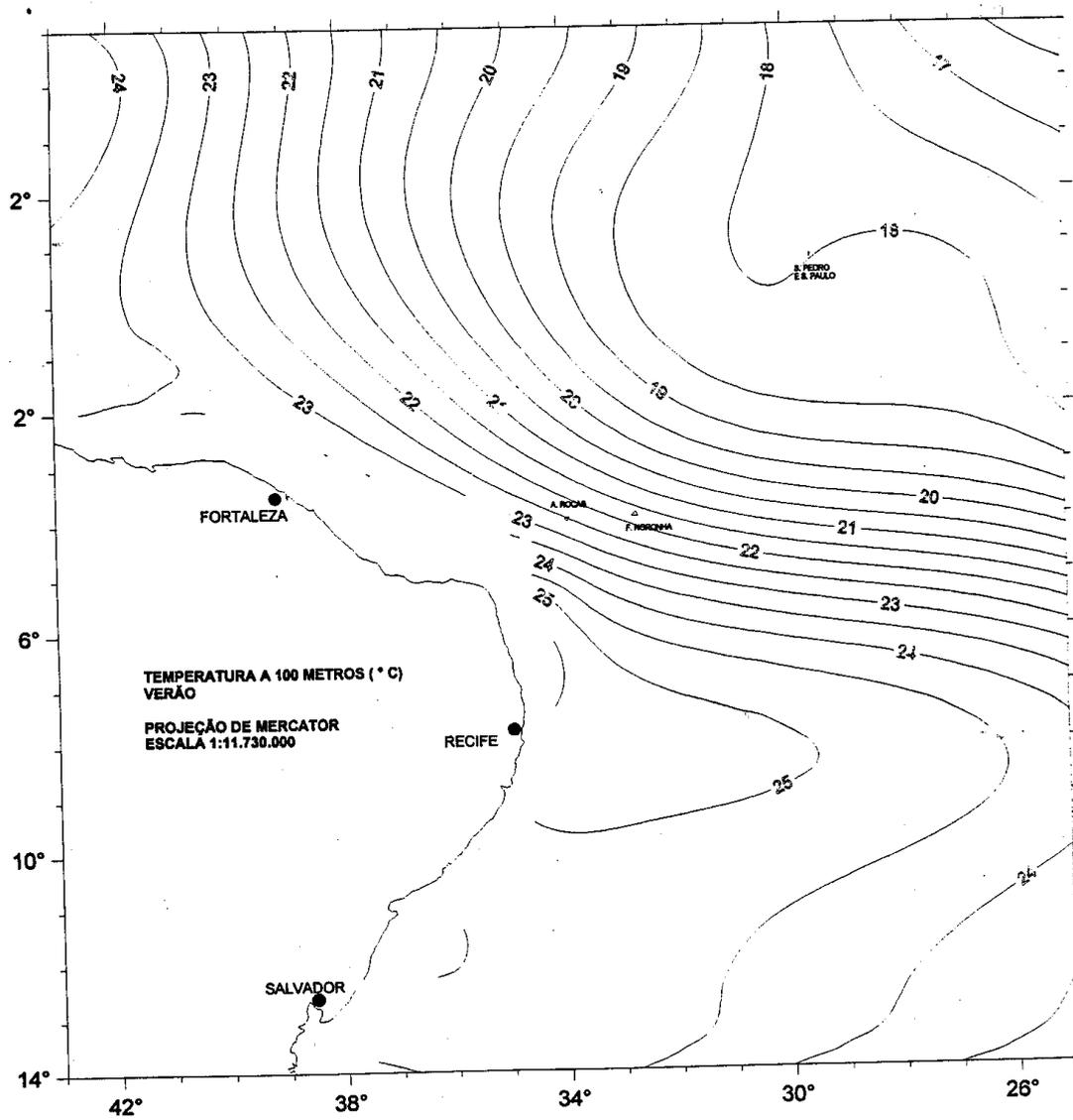
Temperatura Observada na Superfície do Atlântico Tropical Sul-Occidental no Verão

Temperatura (°C) Observada no Atlântico Tropical Sul-Occidental a 50 m de Profundidade no Verão

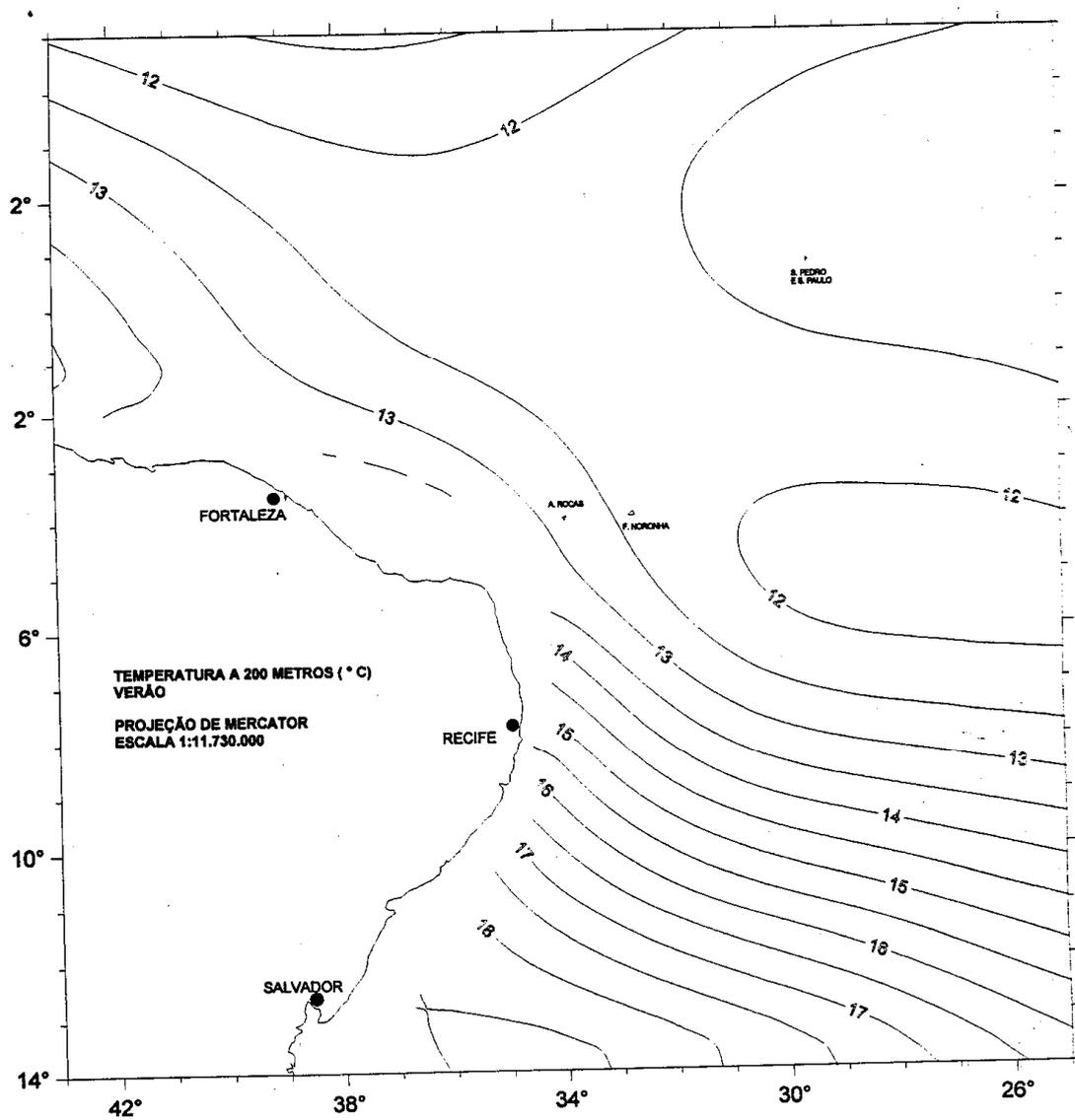




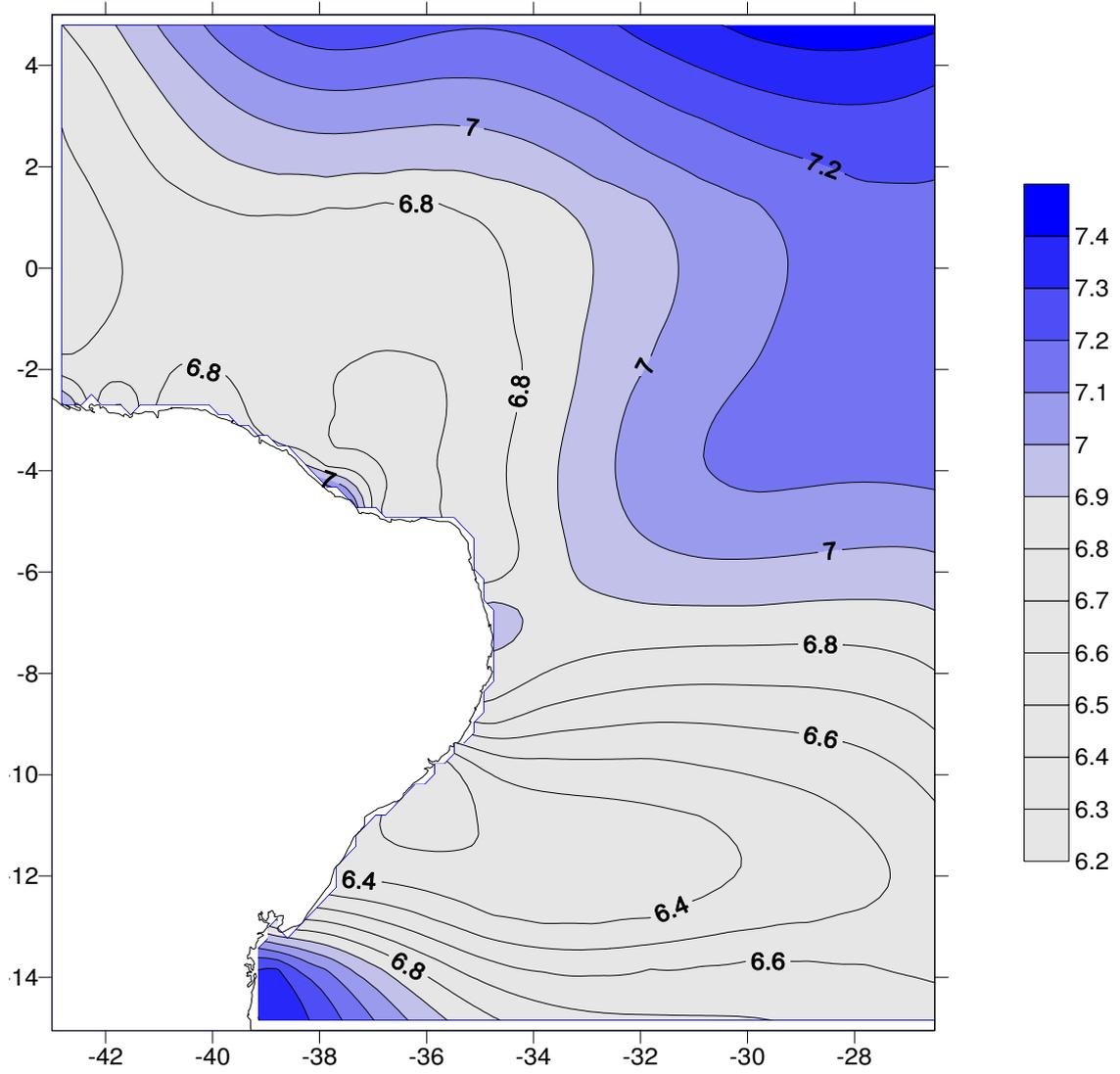
Temperatura (°C) Observada no Atlântico Tropical Sul-Occidental a 100 m de Profundidade no Verão



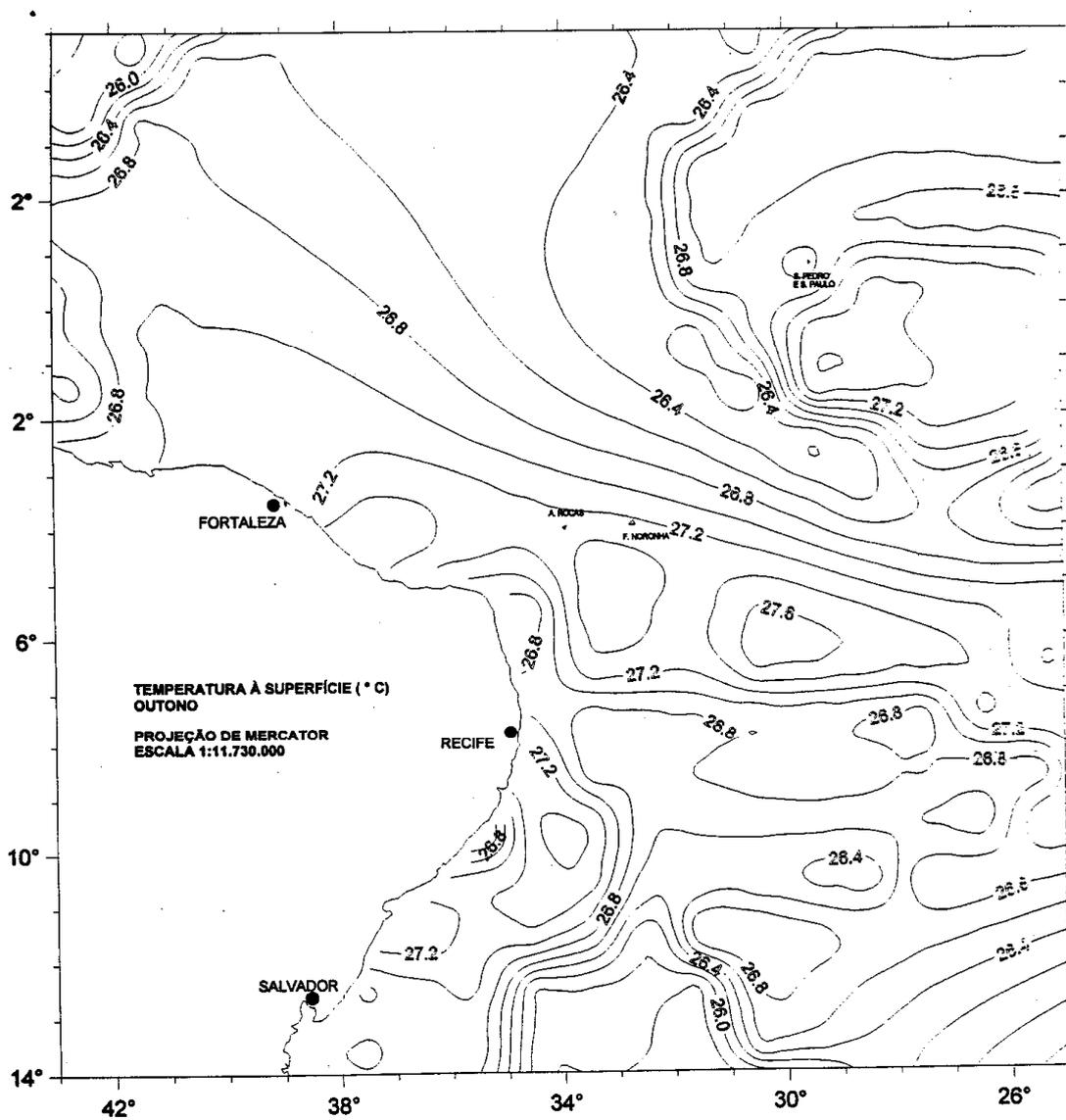
Temperatura (°C) Observada no Atlântico Tropical Sul-Occidental a 200 m de Profundidade no Verão



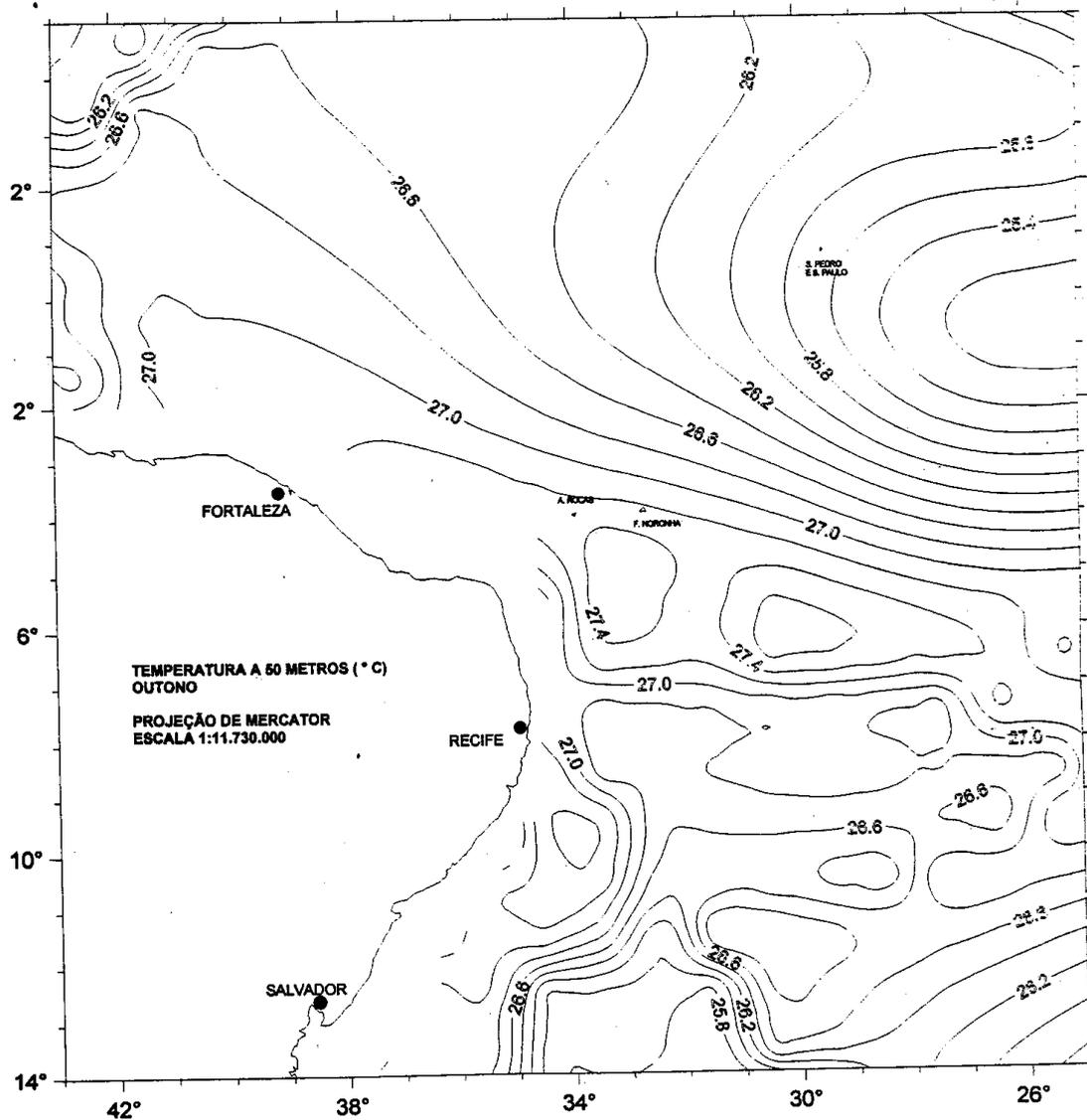
Temperatura (°C) Observada no Atlântico Tropical Sul-Occidental a 500 m de Profundidade no Verão



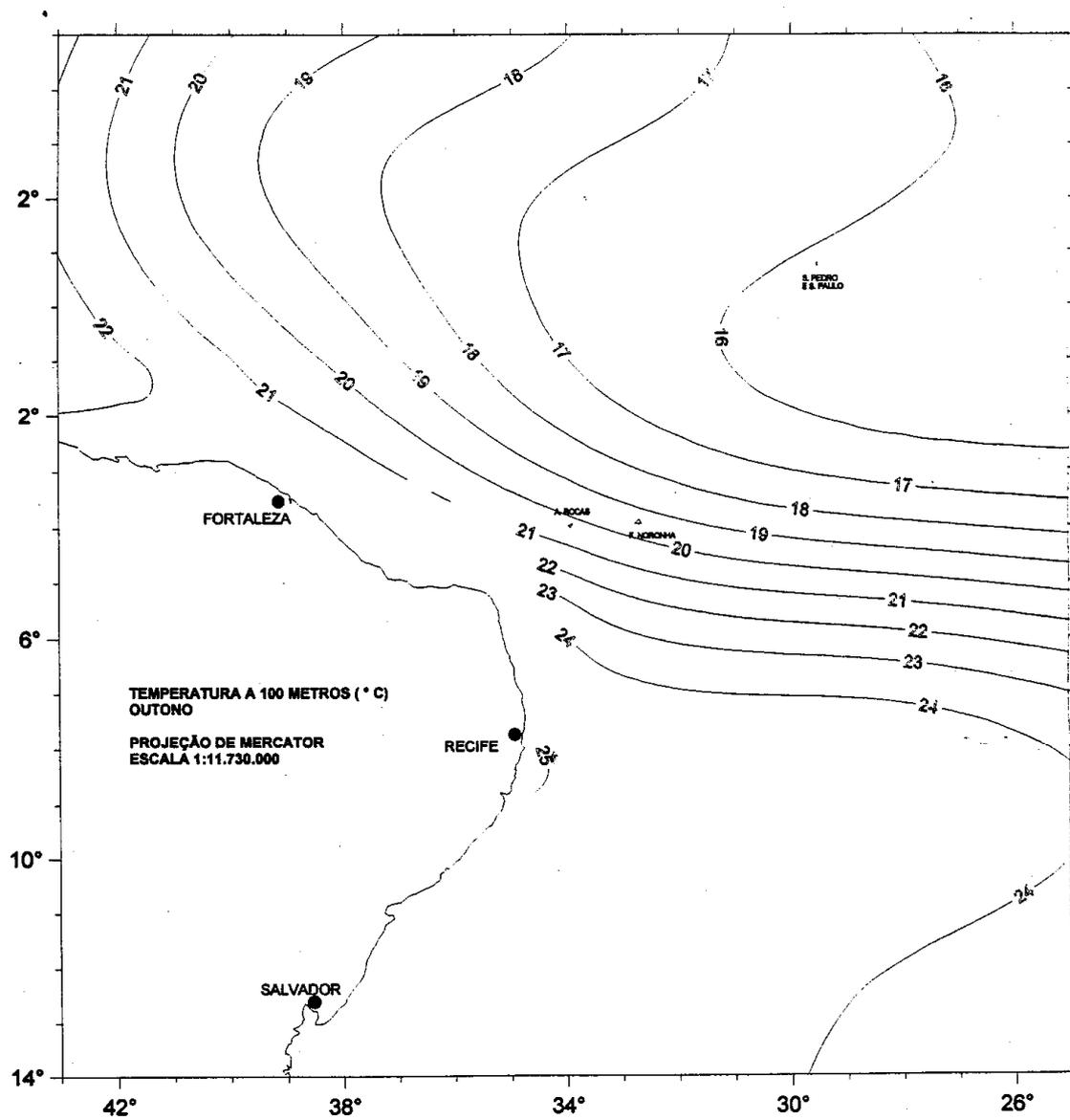
Temperatura (°C) Observada na Superfície do Atlântico Tropical Sul-Occidental no Outono



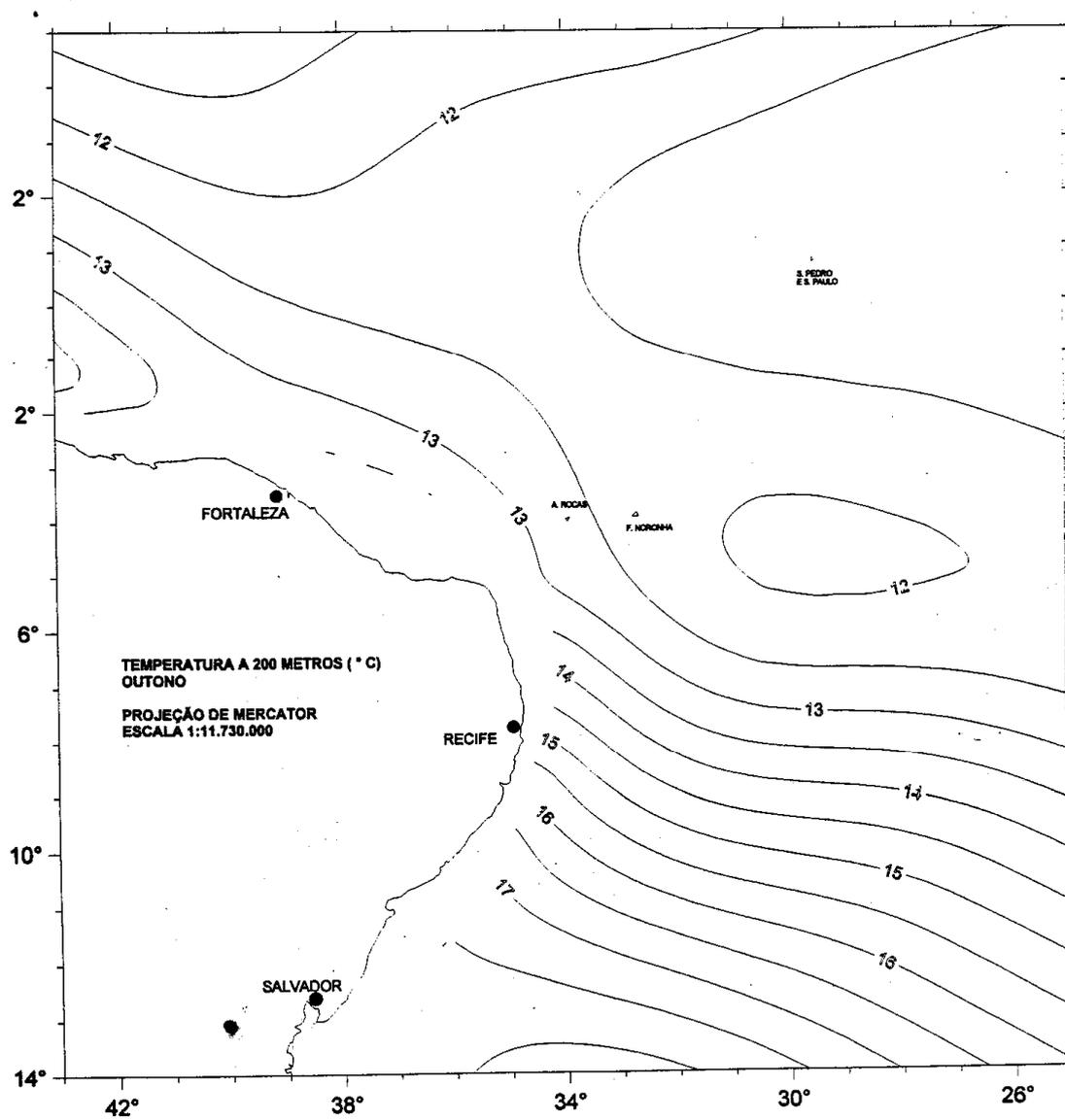
Temperatura (°C) Observada no Atlântico Tropical Sul-Occidental a 50 m de Profundidade no Outono



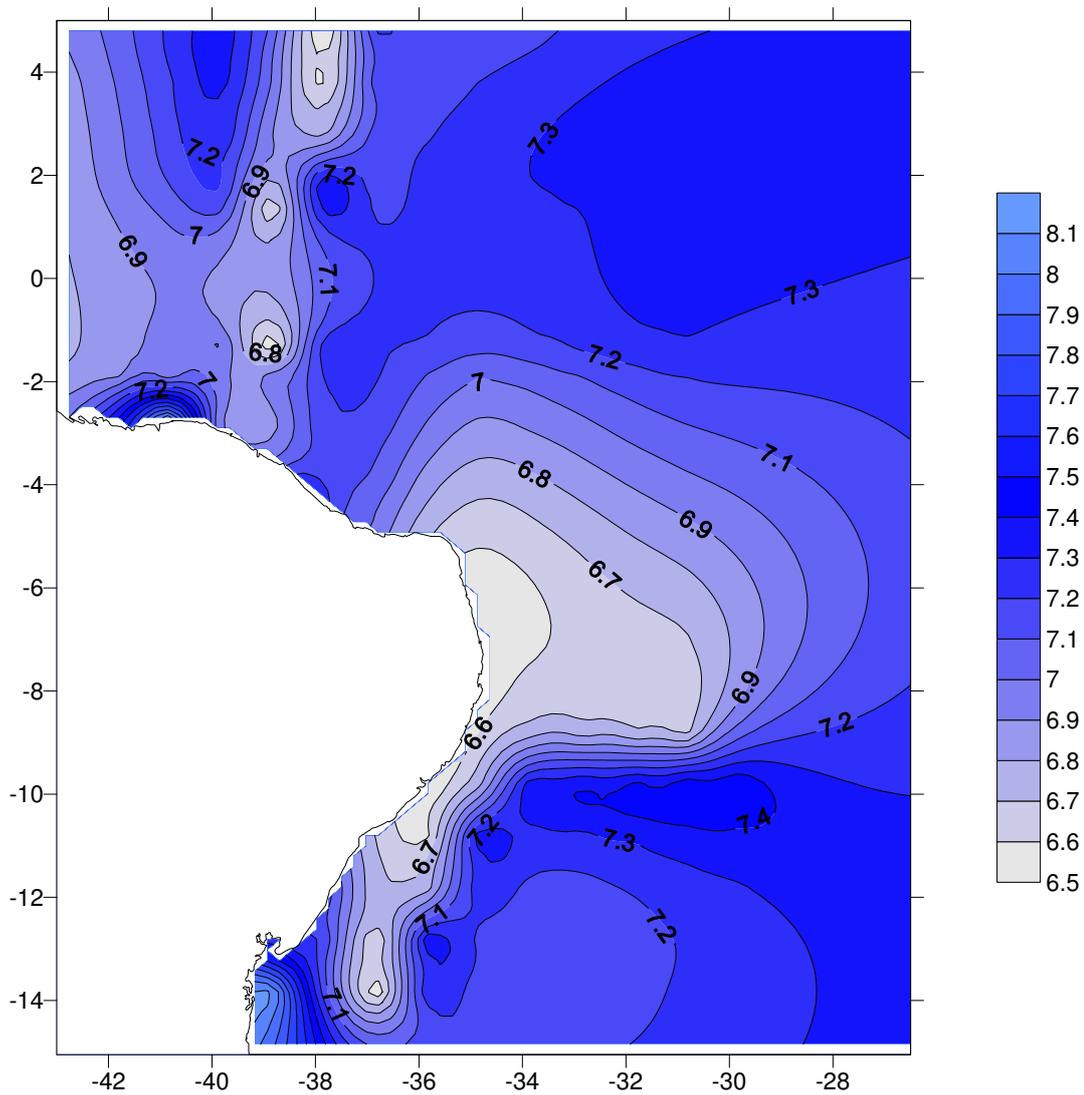
Temperatura (°C) Observada no Atlântico Tropical Sul-Occidental a 100 m de Profundidade no Outono



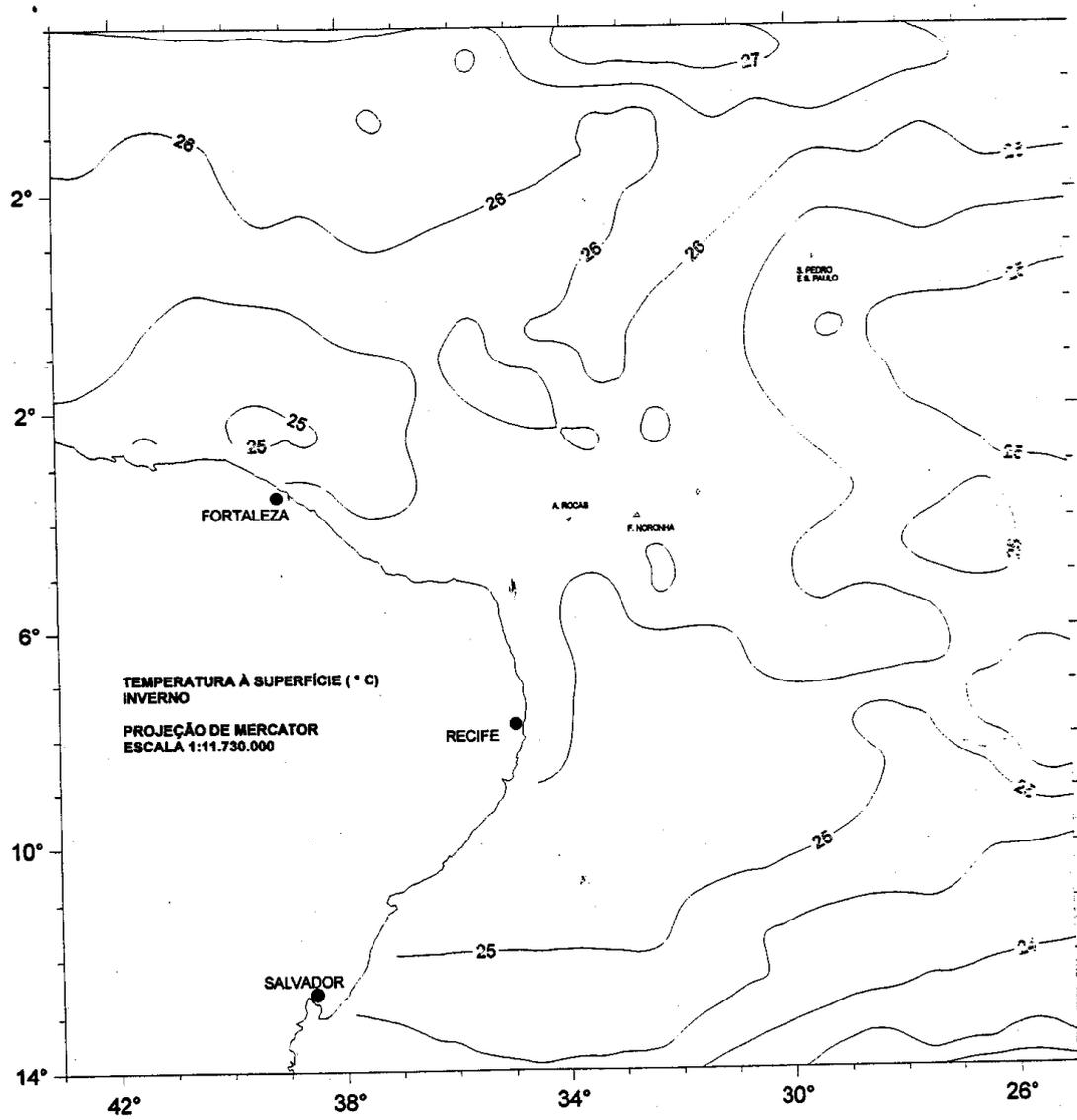
Temperatura (°C) Observada no Atlântico Tropical Sul-Occidental a 200 m de Profundidade no Outono



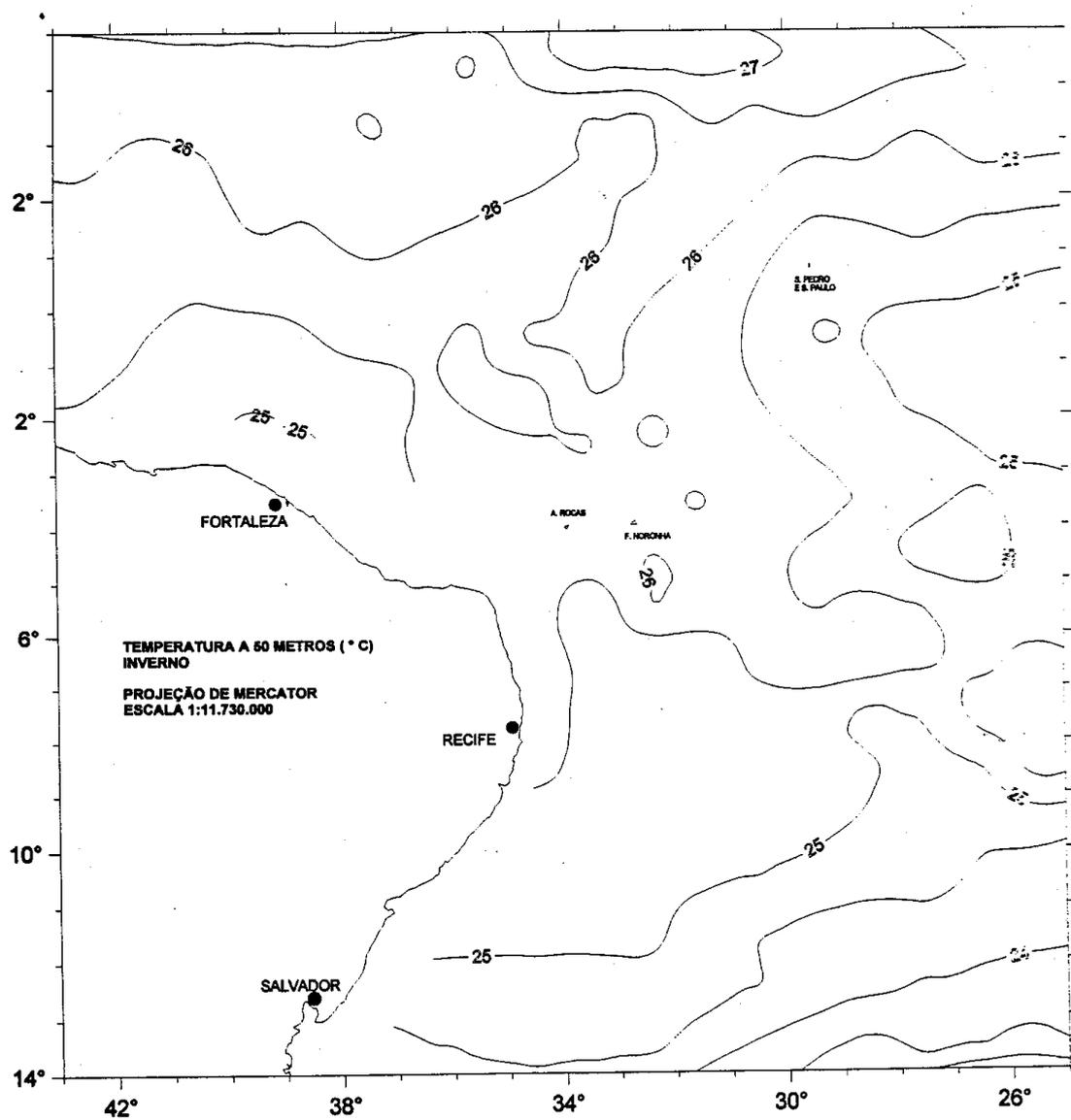
Temperatura (°C) Observada no Atlântico Tropical Sul-Occidental a 500 m de Profundidade no Outono



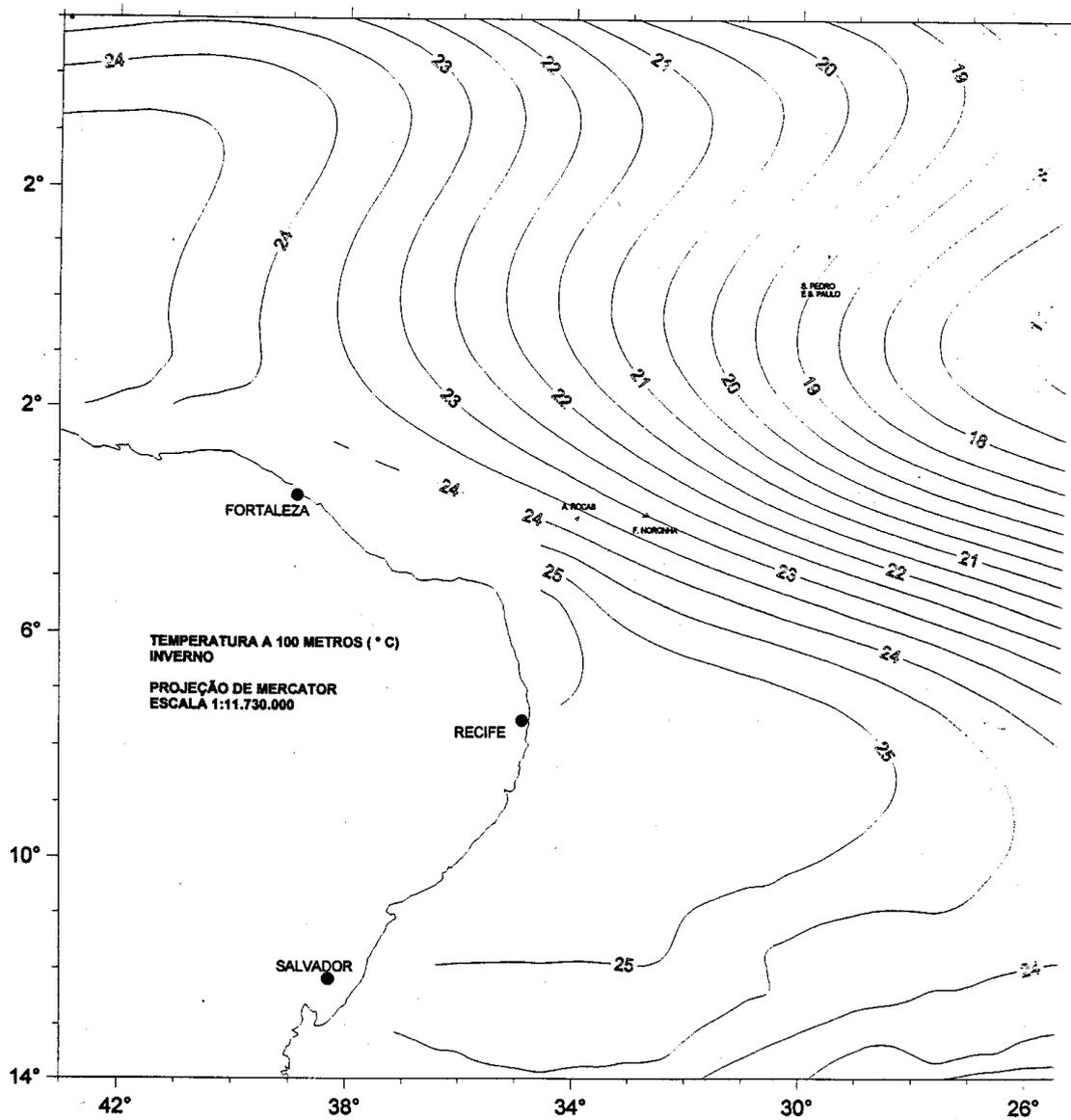
Temperatura (°C) Observada na Superfície do Atlântico Tropical Sul-Occidental no Inverno



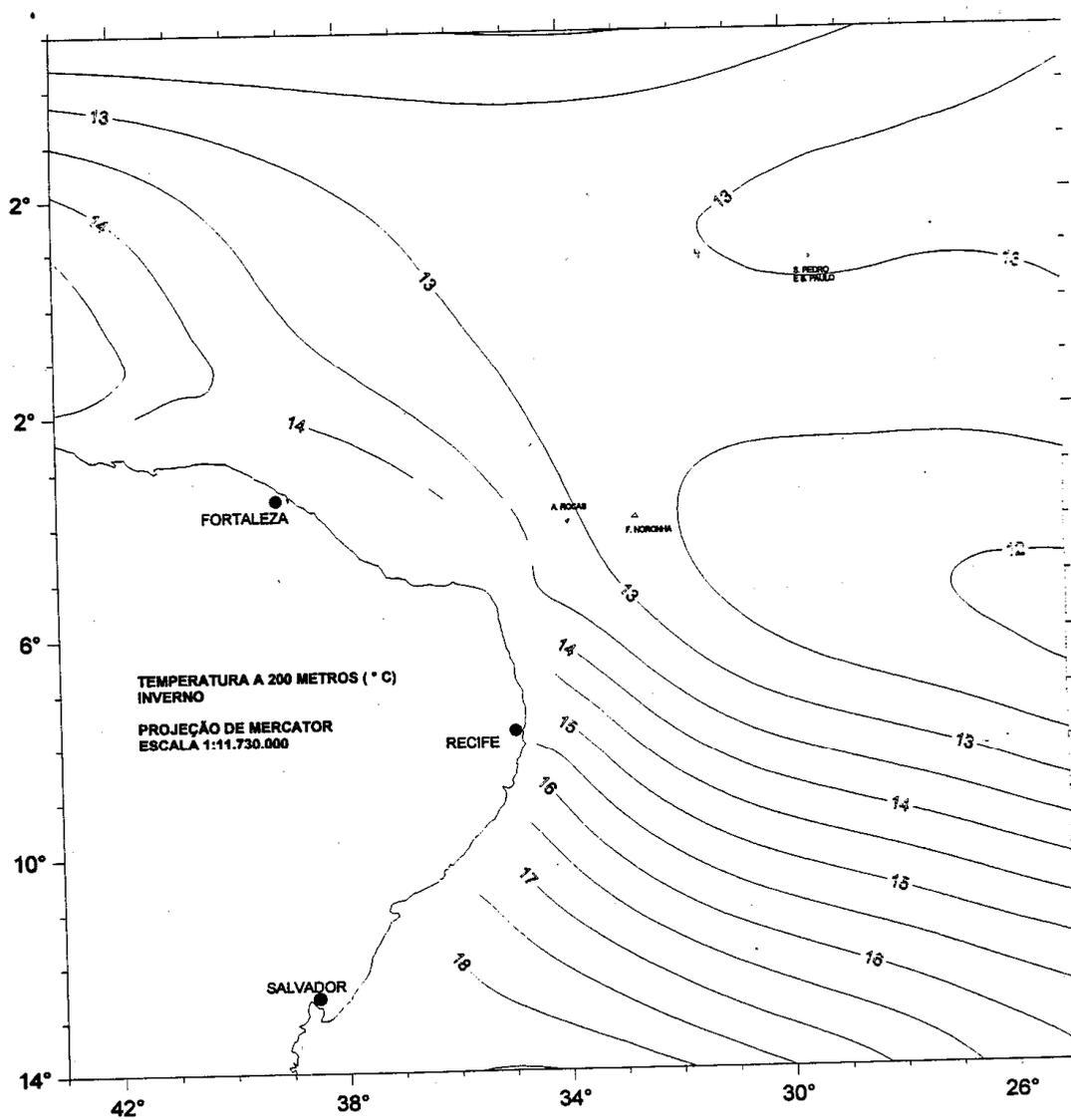
Temperatura (°C) Observada no Atlântico Tropical Sul-Occidental a 50 m de Profundidade no Inverno



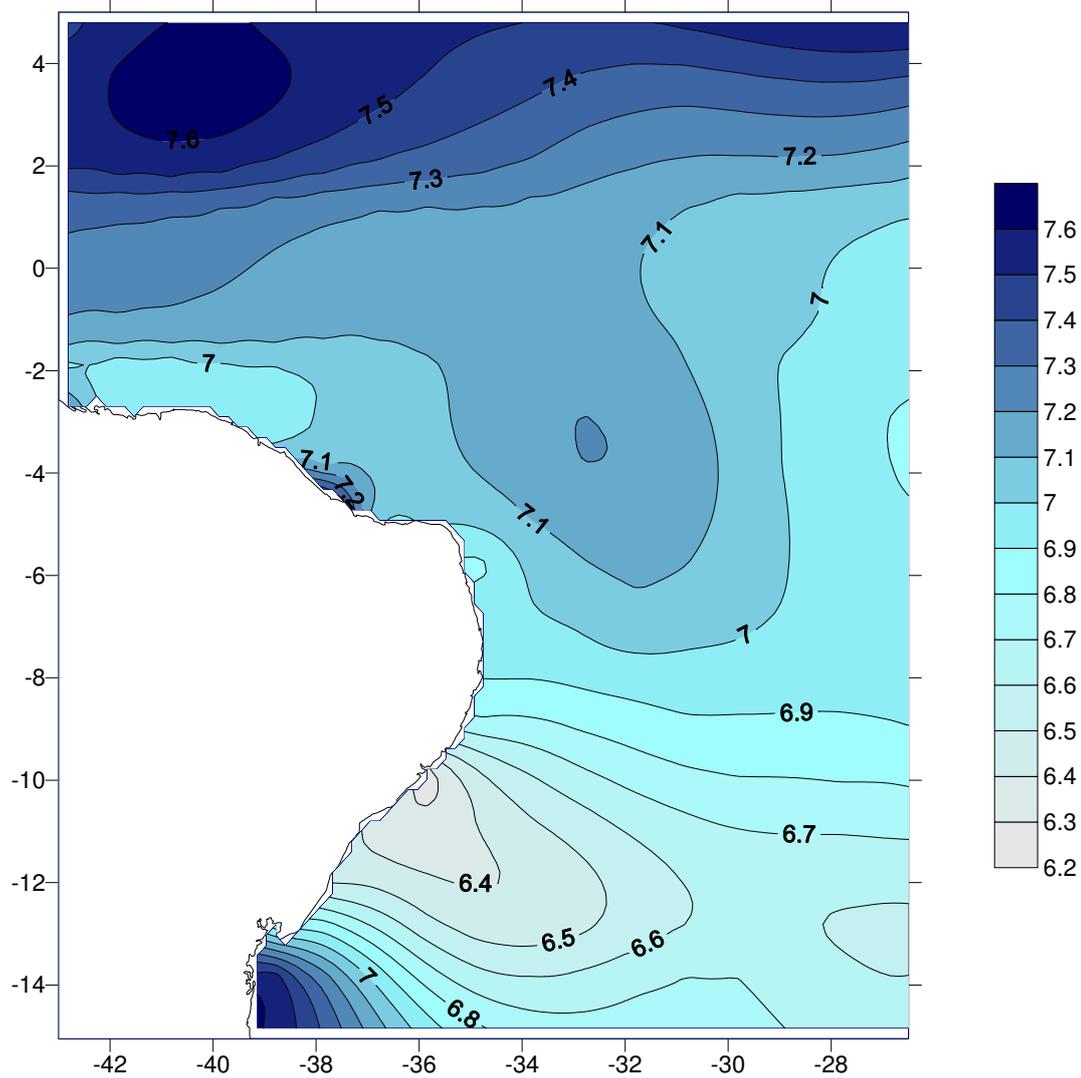
Temperatura (°C) Observada no Atlântico Tropical Sul-Occidental a 100 m de Profundidade no Inverno



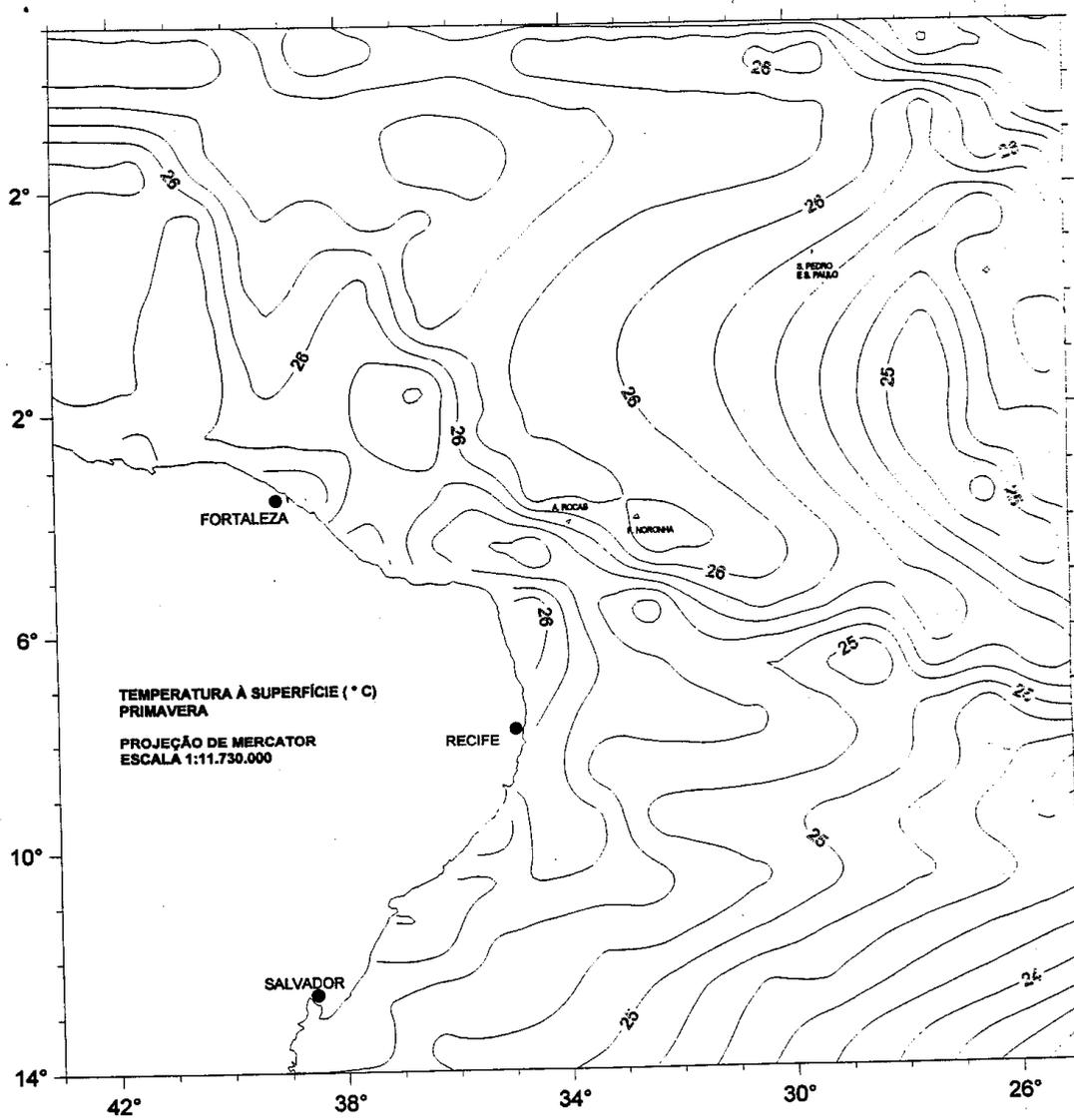
Temperatura (°C) Observada no Atlântico Tropical Sul-Occidental a 200 m de Profundidade no Inverno



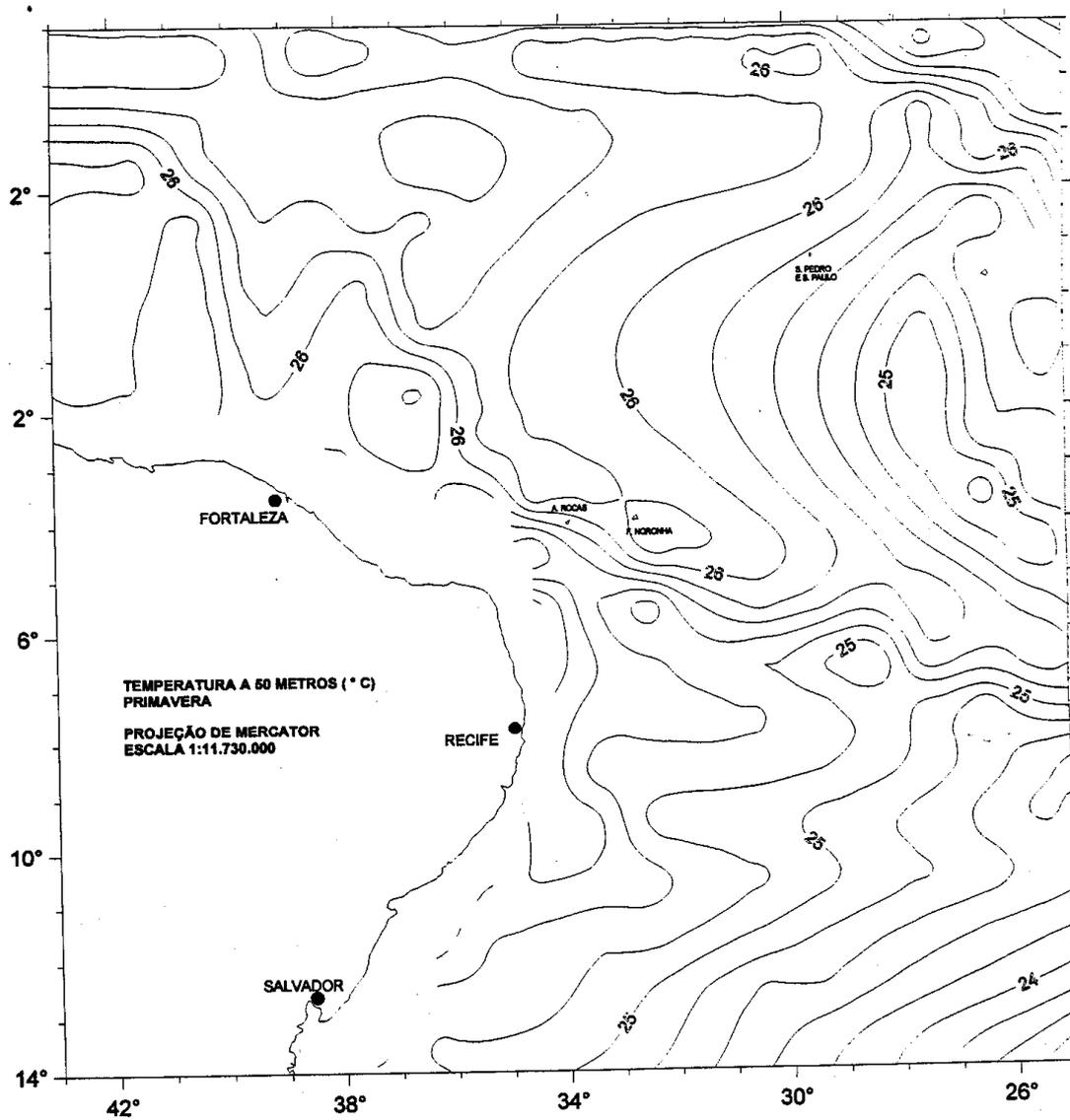
Temperatura (°C) Observada no Atlântico Tropical Sul-Occidental a 500 m de Profundidade no Inverno



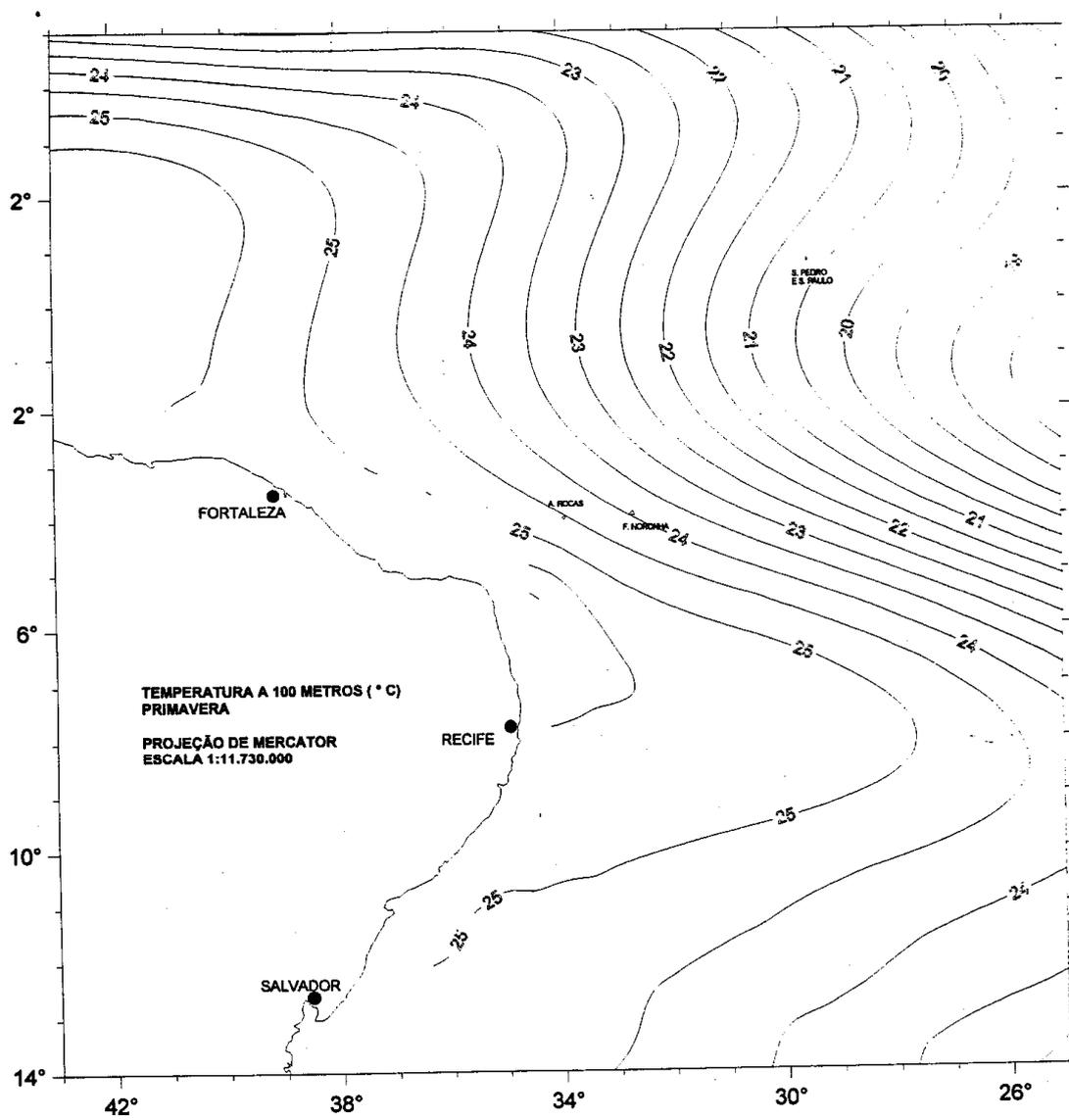
Temperatura (°C) Observada na Superfície do Atlântico Tropical Sul-Occidental na Primavera



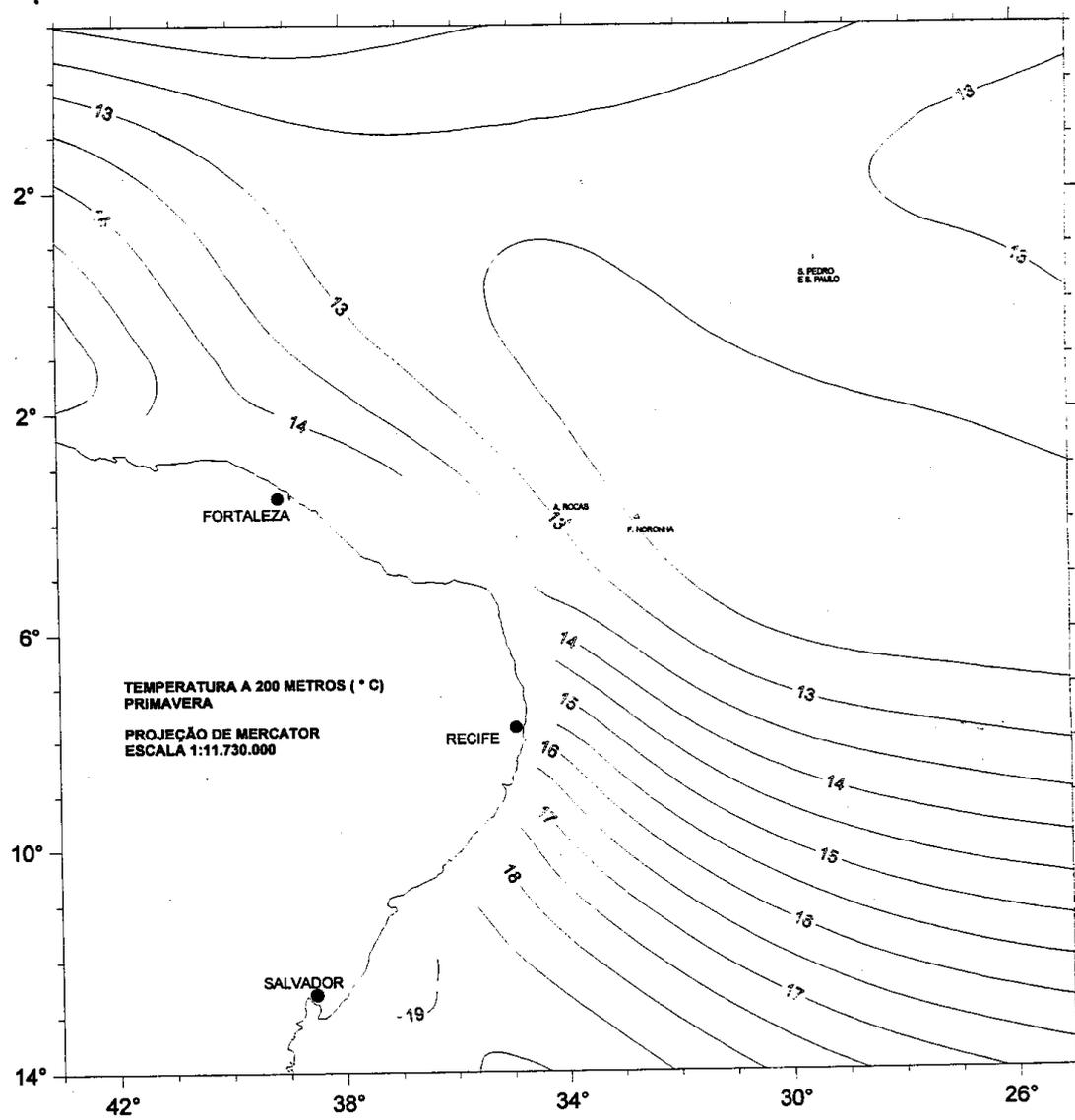
Temperatura (°C) Observada no Atlântico Tropical Sul-Occidental a 50 m de Profundidade na Primavera



Temperatura (°C) Observada no Atlântico Tropical Sul-Occidental a 100 m de Profundidade na Primavera



Temperatura (°C) Observada no Atlântico Tropical Sul-Occidental a 200 m de Profundidade na Primavera



Temperatura (°C) Observada no Atlântico Tropical Sul-Occidental a 500 m de Profundidade na Primavera

