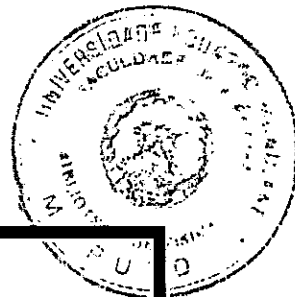


F15-24



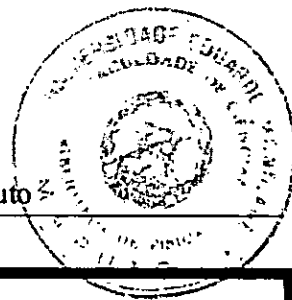
UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

Trabalho de Licenciatura

**Circulação Geostrófica e Massas de Água
na Baía de Bazaruto**



Autor:
Bernardino Sergio Malauene



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

**FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA**

CURSO DE OCEANOGRAFIA

Trabalho de Licenciatura em Oceanografia

Circulação Geostrófica e Massas de Água na Baía de Bazaruto

Autor:
Bernardino Sérgio Malauene

Supervisor:
Prof. Doutor António Hogueane

Co-supervisor
Dr. Alberto Mavume

Maputo, Outubro de 2005

Agradecimentos

Agradeço a Deus, que me abençoou e iluminou durante este curso, e a todos aqueles que directa ou indirectamente contribuíram para a realização deste trabalho e pelo sucesso dos meus estudos.

A todos expresso os meus sinceros agradecimentos, em particular:

- Ao Prof. Doutor António Mubango Hogueane, meu supervisor pela disponibilidade, orientação e atenção durante este trabalho e na preparação do trabalho de campo – MUITO OBRIGADO.
- Ao dr. Alberto Mavume, meu co-supervisor pela dedicação, acompanhamento e presença no trabalho de campo e neste trabalho – MUITO OBRIGADO.
- Ao Dr. Almeida Guissamulo, pela orientação, encaminhamento e disponibilidade de fundos para o trabalho de campo através do Museu de História Natural e CDS-ZC – MUITO OBRIGADO.
- Ao CDS-ZC em particular ao director Dr. Hermes Pacule e ao Dr. Domingos Gove, pela disponibilidade de fundos para o curso de mergulho e trabalho de campo.
- Aos meus colegas Óscar Pereira, Emídio Mulchande e António da Silva, ao Sr Daniel do IIP e ao meu Grande Amigo Nuno Zavala (Boby) pela força, companhia e apoio que me deram durante todo o trabalho de campo e a minha colega Sónia pelo apoio em Surfer 7.0.
- Ao dr. José Rafael e ao meu irmão David Malawene pelo apoio em GIS.
- Ao administrador do Parque Nacional de Bazaruto dr. Rafael Funsana, pela disponibilidade de barco;
- A todos os funcionários e docentes do departamento de física, em especial ao Prof. Dr. Maphossa (chefe do departamento), Prof. Dr. Rogério Uthoi, Dr. Mutimucuo, dr. Victor Saide, dr. Ibraimo, dr. Chea, dr.^a Verónica Dove, dr.^a Dalica, dr. Fialho e dr.^a Valentina;
- Aos meus companheiros do curso Pedro Magaia, Teodósio Nzualo, Nhambane Gonçalves, Zebedeu Gouveia, António da Silva, João Lima, Valdemiro Macaringue, Avelino Langa e Amador pela paciência, companheirismo e força durante estes longos quatro anos do curso;
- A direcção do Aero Clube de Moçambique em particular ao Presidente Alves Gomes, a todos os sócios, Pilotos, Paraquedistas e Aeromodelista em especial ao Óscar Munhequete, Cardoso Homem, Luís Rocha, Manuel da Silva (Manecas), Miguel Ribeiro e Fernando Macedo;
- Aos meus pais e irmãos pelo amor, carinho e encorajamento do dia-a-dia.

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais:

Vitória D. N. Malauene e Bernardo F. G. Malauene

e meus irmãos:

Heitor, David, Leopoldina e Nelson Malauene.

Declaração de Honra

Declaro por minha honra que o trabalho de licenciatura aqui apresentado é da minha autoria e é fruto da minha dedicação e empenho individual, e os dados obtidos constituem a mais perfeita realidade.

Maputo, Outubro de 2005

O autor

Bernardino Sérgio Malauene

(Bernardino Sérgio Malauene)

Lista de Figuras

Figura	Página
Figura 1. Mapa de localização da Baía de Bazaruto	3
Figura 2. Resumo dos mecanismos que geram movimentos do oceano.....	10
Figura 3. Distribuição das estações hidrográficas na Baía de Bazaruto	16
Figura 4. Médias mensais de evaporação e precipitação durante o ano de 2004.....	19
Figura 5. Distribuição horizontal de (a) salinidade, (b) temperatura e (c) densidade.....	20
Figura 6. Distribuição vertical de (a) salinidade, (b) temperatura e (c) densidade na secção LW	22
Figura 7. Distribuição vertical de (a) salinidade, (b) temperatura e (c) densidade na secção LC.....	23
Figura 8. Distribuição vertical de (a) salinidade, (b) temperatura e (c) densidade na secção LE.....	24
Figura 9. Distribuição vertical de (a) salinidade, (b) temperatura e (c) densidade na secção A.....	25
Figura 10. Distribuição vertical de (a) salinidade, (b) temperatura e (c) densidade na secção C.....	26
Figura 11. Distribuição vertical de (a) salinidade, (b) temperatura e (c) densidade na secção E.....	27
Figura 12. Diagrama T-S da Baía de Bazaruto	28
Figura 13. Sentido da corrente geostrofica nos cortes longitudinais	30
Figura 14. Circulação na Baía de Bazaruto	30
Figura 15. Fluxo de água salina que entra e sai da baía.....	30
Figura 16. Fluxo de água térmica que entra e sai da baía.....	31
Figura 17. Circulação estuarina inversa na Baía de Bazaruto.....	31
Figura 18. Distribuição de massas de água no diagrama T-S	32
Figura 19. Distribuição de massas de água na Baía de Bazaruto	32

Lista de Tabela

Tabela	Página
Tabela 1. Intensidade da corrente geostrofica em pontos diferente	28

Lista de Acrónimos

CTD	Condutividade, Temperatura e Profundidade (<i>Conductivity, Temperature and Depth</i>)
GPS	Sistema de Posicionamento Global (<i>Global Positioning System</i>)
GIS	Sistema de Informação Geográfica
PSU	Unidade Prática de Salinidade
LW	Longitudinal a Oeste
LC	Longitudinal Central
LE	Longitudinal Este
N	Norte
S	Sul
E	Este
W	Oeste
m	Metro
km	Quilómetros
°C	Graus Celsius
σ_t	<i>Sigma - t</i>
T-S	Diagrama de temperatura versus salinidade
JAN	Janeiro
FEV	Fevereiro
MAR	Março
ABR	Abril
MAI	Maio
JUN	Junho
JUL	Julho
AGO	Agosto
SET	Setembro
OUT	Outubro
NOV	Novembro
DEZ	Dezembro

RESUMO

Este trabalho descreve o padrão da Circulação Geostrofica e Massas de Água na Baía de Bazaruto, utilizando dados "in situ" de salinidade, temperatura, pressão e densidade, colhidos por CTD num cruzeiro oceanográfico, realizado nos dias 3 e 5 de Janeiro de 2005.

Estimou-se a circulação oceânica através do método hidrodinâmico simplificado de balanço geostrofico, o qual depende do conhecimento da variação horizontal de densidade. As massas de água, foram determinadas a partir do diagrama T-S e da análise dos perfis verticais de temperatura e salinidade.

O padrão de circulação no interior da Baía de Bazaruto é caracterizado por uma circulação horária, determinada pela densidade e por uma circulação estuarina inversa devido ao excesso de evaporação em relação à precipitação e pouca drenagem de água doce para a baía. Na circulação estuarina inversa a água de menor salinidade que entra na baía pela "boca" flui, superficialmente, deslocando-se pelo lado Este, enquanto a água mais salina sai da baía pelo lado Oeste e é, sub-superficial.

A Baía de Bazaruto apresenta duas massas de águas: (1) massa de água oceânica, do lado Norte e Este com salinidade e temperatura relativamente baixas; (2) massa de água costeira, do lado Sul e Oeste caracterizada por uma salinidade e temperatura relativamente altas. O valor de salinidade é maior no fundo da baía (Sul) e no lado ocidental (37.5 PSU) e menor na boca (Norte) e no lado oriental (35.2 PSU). A temperatura também é maior no fundo da baía (Sul) e no lado ocidental (31.5° C) e menor na boca (Norte) e no lado oriental (29° C).

A Baía de Bazaruto apresenta um gradiente horizontal dos parâmetros em estudo e é verticalmente homogénea, também pode se, ver a partir da densidade que a coluna de água apresenta-se misturada, favorecendo a produtividade, razão pela qual Bazaruto suporta uma importante pescaria.

Índice

	Página
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objectivos	2
1.2. Descrição da área de estudo	3
2. FUNDAMENTOS DE CIRCULAÇÃO OCEÂNICA.....	6
2.1. Leis que regem os movimentos oceânicos.....	6
2.2. Forças que actuam no oceano	7
2.3. Mecanismos que geram movimento no oceano	8
2.4. Balanço geostrófico	9
2.5. Classificação dos movimentos oceânicos	11
2.6. As escalas diferentes da circulação dos oceanos	12
3. CONCEITOS DE MASSAS DE ÁGUA	13
Propriedades da água do mar	13
Temperatura e salinidade	13
Densidade.....	14
4. MATERIAL E MÉTODOS	15
4.1. Material	15
4.2. Recolha de Dados	15
4.3. Processamento e tratamento dos dados	16
4.4. Determinação de circulação	17
4.5. Determinação de massa de águas	18
5. RESULTADOS	19
5.1. Observações Meteorológicas	19
5.2. Distribuição horizontal de salinidade, temperatura e densidade	20
5.3. Distribuição longitudinal de salinidade, temperatura e densidade em profundidade.....	21
5.4. Distribuição transversal de salinidade, temperatura e densidade em profundidade.....	25
5.5. Diagramas T-S	28
5.6. Determinação da intensidade da corrente geostrófica	28

Circulação Geostrofica e Massas de Água na Baía de Bazaruto

6. DISCUSSÕES	29
6.1. Circulação	29
6.2. Massas de água	32
7. CONCLUSÕES e RECOMENDAÇÕES	34
7.1. Conclusões	34
7.2. Recomendações	35
8. REFERÊNCIAS BIBLOGRÁFICAS	36

1. INTRODUÇÃO

O regime de circulação das águas oceânicas é particularmente importante porque determina os processos de mistura e renovação de água, que, condicionam a qualidade de água (Hoguane e Nhapulo, 2002). A circulação oceânica influencia a produtividade biológica: trazendo alimentos e oxigénio, reabastecendo nutrientes, removendo resíduos e dispersando organismos flutuantes (Duxbury e Duxbury, 1997). A circulação ajuda os organismos a locomoverem-se e a boiar conservando assim muita energia, mas pode transportar peixe juvenil, para fora de sua área berçária, para um meio onde o peixe não pode sobreviver (Lalli e Parsons, 1997).

A circulação oceânica pode ser classificada por dois tipos de movimentos: um gerado pelo vento sobre a superfície do oceano e o outro devido às diferenças na densidade causada por variações de temperatura e salinidade na superfície da água do mar (Duxbury e Duxbury, 1997).

O conhecimento das massas de água (temperatura e salinidade) pode ajudar a entender a dinâmica dos ecossistemas marinhos e daí, adoptarem-se medidas de gestão sustentável (Hoguane *et al.*, 2002). O conhecimento das massas de água é muito importante porque ajuda a entender o comportamento dos organismos (espécies) no meio onde eles habitam (Mann e Lazier, 1996).

As mudanças de salinidade na água do mar podem apresentar consequências aos organismos marinhos devido aos processos de difusão e osmose. Quando a salinidade muda, os organismos perdem ou ganham água e, como consequência, mudam o volume do seu corpo. Deste modo, estes devem regular activamente as mudanças de salinidade de modo a manter a circulação dos fluidos a uma concentração iónica diferente da do meio em que vivem.

A temperatura da água exerce influência em muitos dos processos físicos, químicos e biológicos do meio marinho. Controla o meio onde os processos biológicos ocorrem e determina a concentração de gases dissolvidos na água do mar, incluindo o oxigénio e o dióxido de carbono que estão profundamente ligados aos processos biológicos. O metabolismo (que inclui o crescimento, respiração, reprodução, etc) processa-se mais rápido em águas quentes do que frias e realiza-se dentro de limites toleráveis de temperatura, entre 0 e 40°C.

A temperatura também constitui um dos principais factores abióticos que influencia a distribuição das espécies marinhas no mar (Lalli e Parsons, 1997).

A distribuição da diversidade das espécies, na Baía de Bazaruto, depende da circulação, salinidade e temperatura da água do mar. Existem alguns estudos realizados na Baía de Bazaruto sobre a biodiversidade marinha como por exemplo: Guissamulo 1993, Mangué 2003, Mafambissa 2004, Dias em preparação. Entretanto, não existe nenhum estudo publicado sobre as características oceanográficas (física) da Baía de Bazaruto, daí a importância de se determinar a circulação e massas de água em Bazaruto, porque estudos desta natureza são fundamentais para a gestão e conservação de ecossistemas marinhos. E sabe-se que estudos do género foram desenvolvidos na Baía de Maputo.

Uma das alternativas mais utilizadas para se estimar a circulação no oceano é o método hidrodinâmico simplificado de balanço geostrófico. Este método consiste basicamente na determinação da velocidade geostrófica a partir do conhecimento da variação horizontal de densidade. Utiliza-se este método estimativo devido ao facto de medições directas de correntes no oceano serem muito onerosas e tecnicamente difíceis, para além dos instrumentos de medição não detectarem correntes com velocidades muito baixas, como é o caso das correntes geostróficas. Portanto, as massas de água são determinadas pelo diagrama T-S.

1.1. Objectivos

O objectivo geral deste trabalho é determinar o padrão de circulação e massas de água na Baía de Bazaruto.

Os específicos são:

- Determinar e avaliar os perfis superficiais de salinidade e temperatura da água;
- Determinar e avaliar os perfis verticais de salinidade e temperatura da água;

1.2. Descrição da área de estudo

A Baía de Bazaruto, com cerca de 75km comprimento e 34Km de largura, cobre uma área de cerca de 2550 Km² (Figura.1). Localiza-se na Costa de Moçambique, entre as Latitudes 21°27'30"S e 22°02'55"S e as Longitudes 35°14'01"E e 35°24'01"E, a Nordeste da Província de Inhambane, e as suas águas distribuem-se pelos distritos de Vilankulo e Inhassoro.

O Arquipélago de Bazaruto é composto por cinco ilhas: Bazaruto (12.000 hectares), Benguerra (2.500 hectares), Magaruque (600 hectares), Santa Carolina (500 hectares) e Bangué (5 hectares), sendo a ilha de Bangué não habitada.

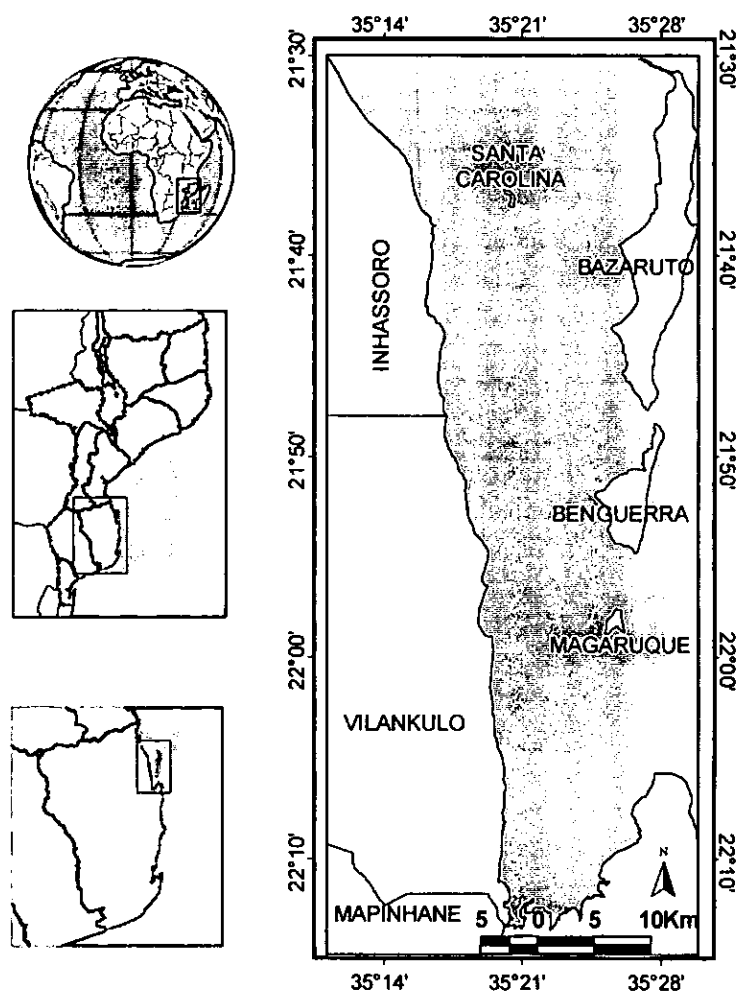


Figura 1. Mapa de localização da Baía de Bazaruto

Morfologia

A Baía de Bazaruto é semi-fechada com as águas pouco profundas e apresenta quatro conexões com o oceano, sendo a boca no Norte a maior conexão, as restantes conexões são pequenos canais formados entre as ilhas. Os enormes bancos de areia, colonizados por ervas marinhas, definem os canais de navegação no interior da Baía. Os bancos de areia tornam a baía difícil de navegar. A profundidade diminui do Norte para o Sul, sendo o Sul raso e praticamente impossível de navegar, senão pelos canais durante a preia-mar mais alta da maré – viva. As ilhas formam uma barreira natural paralela, a costa, protegendo o interior da baía da acção directa das ondas do alto mar.

Clima

O clima da Baía de Bazaruto é tropical sub – húmido a húmido moderado com as temperaturas ambientais de 30°C no Verão e de 18°C no Inverno, sendo a temperatura média anual de 24°C (Correia *et al.* Citado por Mafambissa, 2004).

História

A criação do primeiro Parque Nacional Marinho de Moçambique, no Arquipélago de Bazaruto, remonta a 1971, integrando as ilhas de Bangue, Magaruque e Benguerre. Na mesma altura, Bazaruto e Santa Carolina foram declaradas zonas de vigilância especial, para finalmente serem incorporadas no Parque Nacional, em 27 de Novembro de 2001, por Decreto do Conselho de Ministros (Ferreira, 2004).

Ecossistema

Com uma fauna e flora, marinha, deveras variada, o Arquipélago de Bazaruto é tido como local da única população viável de dugongos em toda a África Oriental. Esta tímida “vaca marinha”, ocorre nos extensos tapetes fundos de ervas marinhas entre o Arquipélago e o continente. Nas suas águas abundam diversas espécies de tartarugas marinhas, golfinhos e baleias Mink e Humpback que todos os anos, passam ao largo das ilhas (WWF, 2002).

Segundo Correia *et al.* (2002) citado por Mafambissa (2004), no Arquipélago de Bazaruto, os extensos tapetes fundos de ervas marinhas são um habitat importante, porque fornecem refúgio para a fauna, sendo ainda local de reprodução e crescimento de numerosas espécies comerciais. Estes tapetes

fornece ainda alimento para as populações sedimentares de dugongos e tartarugas verdes, que são espécies protegidas.

Eco – Turismo

A pesca é a principal actividade praticada pelas populações dos distritos de Inhassoro e Vilankulo assim como a do Arquipélago. Uma pequena parte da população trabalha nas estâncias turísticas espalhadas pelas ilhas e continente.

O Arquipélago de Bazaruto é um dos principais destinos turísticos do mundo, pois possui paisagens fascinantes e paraísos aquáticos para interessantes actividades de lazer. Os recifes de corais e cardumes de peixe proporcionam maravilhosos momentos de “snorkeling” e mergulho. A pesca desportiva do alto mar é grande referência de Bazaruto, por conseguinte, o Arquipélago é conhecido como um dos melhores destinos da Costa Oriental de África para a captura de veleiros e espadartes. (Ferreira, 2004). Este magnífico paraíso tem atraído muitos visitantes de todo o tipo, desde cientistas, estudantes e turistas contribuindo para o desenvolvimento do País e do Bazaruto, em particular.

2. FUNDAMENTOS DE CIRCULAÇÃO OCEÂNICA

Para melhor se entender a circulação oceânica é necessário descrever alguns preceitos básicos.

2.1. Leis que regem os movimentos oceânicos

Algumas leis físicas são capazes de explicar fenómenos dinâmicos importantes nos oceanos. As principais leis tomadas como axioma para o estudo do movimento dos oceanos são as seguintes:

Lei de conservação de massa

Expressa a invariabilidade da massa de qualquer partícula de fluido ao longo do tempo, isto é, a quantidade de água que entra num reservatório a certa velocidade é igual a quantidade de massa que sai do mesmo à mesma velocidade, caso não haja poço dentro do reservatório (Pickard 1974, Pond e Pickard 1983).

Lei de conservação de energia

A temperatura da água do mar varia com o lugar e com o tempo. Essa variação indica transferência de calor por advecção (correntes), por absorção de energia solar, perdas por evaporação, etc. O vulto e a natureza das variações de temperatura dependem exactamente do fluxo de calor, entrando e saindo do corpo de água e o calculo desse fluxo denomina-se balanço térmico (Pickard, 1974).

1ª Lei de Newton

Se nenhuma força actua sobre um corpo ele não muda o seu estado de movimento.

2ª Lei de Newton

A taxa de variação do movimento de um corpo é directamente proporcional à resultante das forças que actuam no corpo.

3ª Lei de Newton

Quando uma força actua sobre um corpo existe outra força da mesma intensidade e módulo mas de sentido oposto.

Lei de conservação do momento angular

Qualquer corpo em rotação manterá o seu momento angular se nenhuma força adicional actuar sobre ele.

Lei da gravitação universal de Newton

A força de atracção entre duas massas é directamente proporcional ao seu produto e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre os seus centros de massa.

Das leis enunciadas acima as que contribuem para a corrente geostrófica são: *Lei de conservação de massa; 1ª Lei de Newton; 2ª Lei de Newton; 3ª Lei de Newton e Lei de conservação do momento angular*

2.2. Forças que actuam no oceano

As forças que actuam no oceano podem ser classificadas em duas grandes categorias: forças principais que originam movimento e forças secundárias, as que resultam de movimentos.

- **As forças que originam movimento podem ser:**

- Gravidade (terrestre, incluindo atracção entre os astros Sol e Lua);
- Tensão do vento (pode ser tangencial - atrito, ou normal – pressão);
- Gradiente de pressão (devido a diferença de pressão);
- Sísmicas (resultam do movimento do fundo marinho).

- **As forças que resultam de movimentos são:**

- Força aparente de Coriolis (aparece porque a Terra gira);
- Força de atrito (actuado nas fronteiras opondo-se ao movimento ou actuando internamente, uniformizando o movimento. Faz dissipar energia mecânica convertendo-a em energia térmica).

2.3. Mecanismos que geram movimento no oceano

A água do oceano está em movimento constante. Quais as causas deste movimento? A resposta mais breve é: a radiação solar e a rotação da terra.

- **Influência da radiação solar na circulação oceânica**

A radiação solar contribui para o movimento do oceano de duas formas, a saber: circulação gerada pelo vento e circulação gerada pela diferença na densidade da água do mar.

Circulação gerada pelo vento

É a circulação que surge quando o vento sopra sobre a superfície do oceano. O Sol influencia a circulação oceânica através da circulação geral da atmosfera, isto é, os ventos. A energia é transferida dos ventos para as primeiras camadas da superfície do mar através do atrito entre a atmosfera e a superfície do oceano.

Circulação gerada pela densidade

É a circulação induzida por variações espaciais da densidade na água do mar. O Sol influencia a circulação oceânica, porque causa variação na temperatura e salinidade da água, na superfície e perto da costa que, por sua vez, controlam a densidade da água do mar. Por um lado, se por algum processo, a água superficial do oceano se tornar mais densa que a água que se encontra por baixo, gera-se uma circulação governada pela densidade, que resulta em arrefecimento e/ou num aumento de salinidade da água superficial, por outro lado, a circulação gerada pela densidade surge quando temos variação horizontal de densidade uma vez que a água se desloca de alta densidade para baixa densidade. Porque o gradiente de densidade é mais intenso na costa, as correntes geradas pela densidade são mais significativas em águas costeiras do que no mar aberto. (Bowden, 1983).

- **Efeito da rotação da Terra na circulação oceânica**

A força de Coriolis é uma força fictícia que surge como consequência de transformação do sistema de referência fixo no espaço para um sistema fixo na terra em rotação (Pond e Pickard, 1983).

Um projectil, disparado para Norte a partir do Equador, move-se para Leste tal como a Terra e para Norte com a velocidade do disparo. Como resultado, relativamente à Terra, o projectil não se desloca só para o Norte, mas também para o Leste, ou seja, desvia-se para a direita. Este raciocínio é válido no caso de ser disparado do Norte para o Sul. O mesmo acontece também com as massas de ar na atmosfera e de água nos oceanos, porque a fricção entre a água do oceano e a superfície da Terra é pequena, o movimento da água é deflectido pelo efeito aparente de Coriolis, porque a água move-se devagar, o tempo que ela leva para percorrer grandes distâncias é muito longo. O arrastamento da água pela Terra sólida só é inexistente numa camada muito fina e junto ao fundo do oceano (Duxbury e Duxbury, 1997).

O movimento lento da água faz com que ela seja deflectida por muitos graus e sobre a acção da força de Coriolis, a camada superficial de água é desviada para a direita, no Hemisfério Norte e para esquerda, no Hemisfério Sul. A magnitude da força de Coriolis aumenta com o aumento da latitude e da velocidade do movimento da massa de água no oceano e depende do raio de rotação da Terra, no seu eixo (Duxbury e Duxbury, 1997). O facto de a força de Coriolis ser perpendicular ao movimento faz com que o trabalho realizado seja nulo, portanto ela só actua no sentido de mudar a direcção da velocidade sem alterar a intensidade.

2.4. Balanço Geostrófico

A força de gradiente de pressão acelera as partículas de água (2ª Lei de Newton) à medida que a velocidade for aumentando, a força de Coriolis aumenta e desvia as partículas para a esquerda do seu movimento inicial (Hemisfério Sul), até que a força de Coriolis balance a força de gradiente de pressão (1ª Lei de Newton), o movimento continua mas sem acaloração (Lei de conservação do momento angular). Este equilíbrio é chamado: "*balanço geostrófico*" e a velocidade correspondente é chamada; "*velocidade ou corrente geostrófica*" (Pond e Pickard 1983, Sverdrup 1962).

O esquema da figura 2. resume os mecanismos que geram os movimentos do oceano.

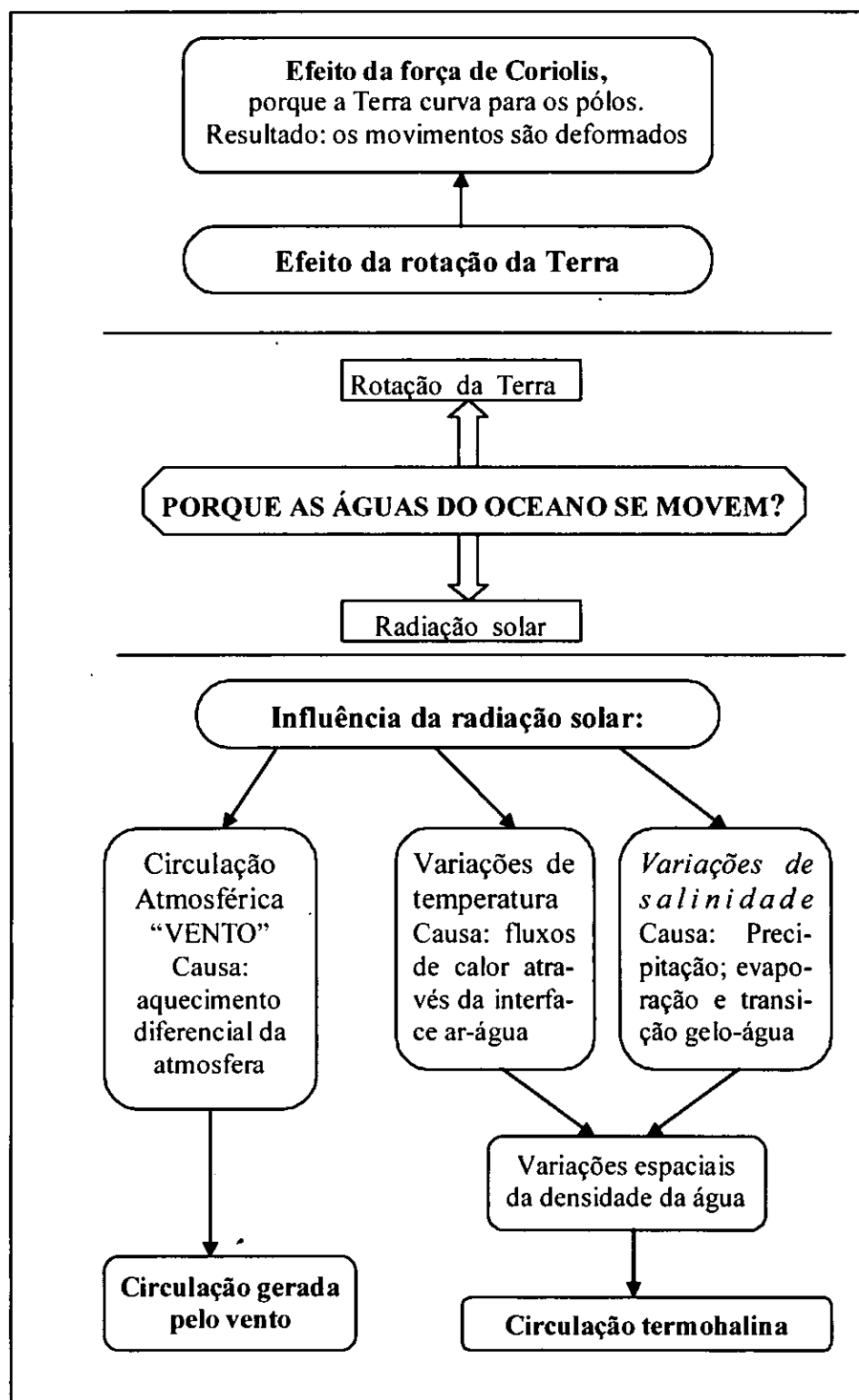


Figura 2. Resumo dos mecanismos que geram os movimentos do oceano

2.5 Classificação dos movimentos oceânicos

Os movimentos podem ser classificados de acordo com as forças que lhes dão origem:

Circulação geostrófica

Surge quando temos balanço entre a força de gradiente de pressão (densidade) e a força de Coriolis, balanço geostrófico.

Circulação gerada pela densidade

Resulta da variação da densidade numa região limitada, de modo que a acção diferencial de gravidade gera movimento (esta força embora seja fraca, é muito persistente daí a sua importância);

Circulação induzida pelo vento

Circulação nas camadas superficiais, ondas de superfície e afloramento de água da sub-superfície (*upwelling*);

Correntes de maré

Essencialmente horizontal e consequência directa da Lei da Gravitação Universal;

"Tsunamis" ou ondas sísmicas no oceano

Resultam da força aplicada junto ao fundo do oceano, devido aos movimentos da crosta submarina;

Movimentos turbulentos

Resultam do "shear" da velocidade, ou seja, gradiente da velocidade, por vezes nas fronteiras do oceano;

Movimento gravitacional

Devido à aceleração de gravidade;

Movimentos diversos

Ondas internas, ondas de inércia, ondas planetárias de Rossby, etc...

2.6. As escalas diferentes da circulação dos oceanos

Devido à diversidade de forças que actuam no oceano, os movimentos oceânicos são um somatório de movimentos de diversas escalas. Os movimentos, no oceano, vão desde os pequenos turbilhões, na escala de milímetros até às grandes correntes oceânicas, na escala de dezenas de milhões de quilómetros, como as correntes de Moçambique, de Benguela ou o giro anti-ciclónico do Oceano Atlântico do Sul.

Embora essas escalas se sobreponham, podem ser tratadas de forma independente porque as forças que geram esses movimentos podem ser diferentes. As escalas típicas da circulação oceânica são:

Larga escala

São as grandes correntes oceânicas que determinam a circulação geral do oceano (maior que 1000km);

Mesoescala

São fenómenos locais, independentes da circulação geral (mas por vezes com implicação na circulação geral). São movimentos que resultam da acção das forças locais e na ordem de dezenas ou centenas de quilómetros. São exemplos as correntes e contra-correntes costeiras, vórtices (ou "eddies") com raios de dezenas de quilómetros, afloramento costeiro ("upwelling"), filamentos, frentes, etc.;

Pequena escala

São movimentos à escala de metros ou dezenas de metros: cinemática e dinâmica interna dos vórtices e filamentos, movimentos nas frentes térmicas, movimentos junto ao fundo em águas pouco profundas, movimentos em portos e enseadas, etc.;

Microescala

São movimentos na escala de centímetros ou menor: difusão molecular, fenómenos nas fronteiras, viscosidade, tensão superficial, etc.

3. CONCEITO DE MASSAS DE ÁGUA

Massa de água é definida como 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, tais características são alternadas por misturas com massas de água vizinhas. Essas misturas, porém, ocorrem de forma muito lenta, fazendo com que as massas de água tendam a manter seus valores originais de temperatura e salinidade.

Propriedades da água do mar

A água do mar é uma solução que contém a maioria dos elementos químicos conhecidos e muitas propriedades físicas. Mas, para este trabalho, há que considerar apenas a temperatura, a salinidade e a densidade.

Temperatura e salinidade

A *temperatura* da água do mar em oceanografia é expressa em Graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$). A *Salinidade* é a quantidade total de sais dissolvidos na água do mar, os oceanógrafos medem-na em grama de sal por quilograma de água do mar (g/Kg), ou partes por mil ($^{\circ}/_{00}$), ou actualmente em Unidade Prática de Salinidade (PSU) ou ainda como grandeza adimensional. A salinidade média do oceano é cerca de 35 PSU.

As variações de temperatura são causadas por fluxo de calor através do interface oceano – atmosfera. Observações mostram que a salinidade varia por processos de adição e de remoção de água doce na água do mar, principalmente pela precipitação e evaporação. Também pelas transições gelo – água, nas regiões polares (Pickard e Emery, 1990).

Em regiões costeiras com alta precipitação e drenagem de rios, a salinidade superficial é baixa em relação à salinidade média dos oceanos. Em regiões subtropicais de alta evaporação e pouca entrada de água doce, a salinidade superficial da água do mar supera a salinidade média dos oceanos.

Densidade (ρ)

A Densidade é definida como massa por unidade de volume de uma substância e é usualmente medida em quilogramas por metros cúbicos ($kg \cdot m^{-3}$). Variações de salinidade e temperatura controlam a densidade superficial da água do mar, ou seja, a densidade decresce com o aumento da temperatura quando a salinidade é constante e a densidade aumenta com o aumento de concentração de sais quando a temperatura é constante. Por sua vez a densidade da água é mais sensível a variações da temperatura. A densidade da água do mar é maior que a da água doce à mesma temperatura, porque a água do mar contém sais dissolvidos, por essa razão água doce flutua por cima da água salina (Duxbury e Duxbury, 1997).

Para os oceanógrafos, o que interessa são as variações de densidade e não os seus valores absolutos. Como a variação de densidade no oceano abrange apenas os dois algarismos significativos, é conveniente representar a densidade pelos últimos dois algarismos que se designa por *Sigma-t* (σ_t). O *Sigma-t* (σ_t) é definido como: $\sigma_t = \rho - 1000$. Embora σ_t tenha unidades, é usual omiti-las apenas por simplicidade.

As várias combinações diferentes de valores de temperaturas e salinidades produzem a mesma densidade (diagrama T-S). Este *diagrama T-S* constitui um excelente meio para o estudo das massas de água. A sua forma é muitas vezes característica de água de uma dada região no oceano e alguns traços podem indicar misturas de diferentes tipos de água. O diagrama T-S também é muito útil para indicar erros nas determinações de temperaturas e salinidades das amostras. Se um ponto cai muito afastado da curva característica da região, deve ser considerado suspeito (Pickard, 1974).

4. MATERIAL E MÉTODOS

Segue - se a descrição do material e métodos usados neste trabalho.

4.1. O material usado neste trabalho foi o seguinte:

- CTD-SBE 19plus SEACAT;
- Receptor de GPS 12 GARMIN;
- Carta Hidrográfica da área;
- Régua graduada de 30cm;
- Tabela de marés;
- Computador; e
- “Softwares” (SeaBird, Distance, Surfer 7.0, ArcView GIS 3.2, Map Viewer, Office 2003 word, excel e publisher).

4.2. Recolha de Dados

A colheita de dados hidrográficos “*in situ*” foi feita com o CTD, nos dias 3 e 5 de Janeiro de 2005. Traçaram-se secções transversais A, C, E, G, H e I, cruzando a Baía de Oeste para Este e secções longitudinais LW (longitudinal a Oeste), LC (longitudinal Central) e LE (longitudinal Este) atravessando a Baía de Norte para Sul, no mapa hidrográfico da Baía de Bazaruto. Nas secções foram marcadas 24 estações de amostragem (Figura. 3), em cada estação mergulhou-se o CTD e determinou-se os seguintes parâmetros: salinidade, temperatura, pressão e densidade.

De acordo com a morfologia (batimetria) da baía, esta foi dividida em duas partes Norte e Sul. Na Parte Sul só foram colhidos dados superficiais por ser uma região pouco profunda. As secções foram distribuídas em cada região da seguinte maneira:

- *Parte Norte*: que corresponde às secções A, C e E
- *Parte Sul*: que engloba as secções G, H e I

A Parte Norte foi percorrida por um barco grande e rápido (com 2 motores de 115 cavalos cada), por ser uma área muito grande e funda. A Parte Sul é difícil de navegar por ter bancos extensos de areia, por isso utilizou-se um barco pequeno (de 15 cavalos) durante a maré enchente para coincidir com o estofo de enchente no fundo da baía. As estações foram localizadas por GPS e em cada uma delas foi mergulhado o CTD.

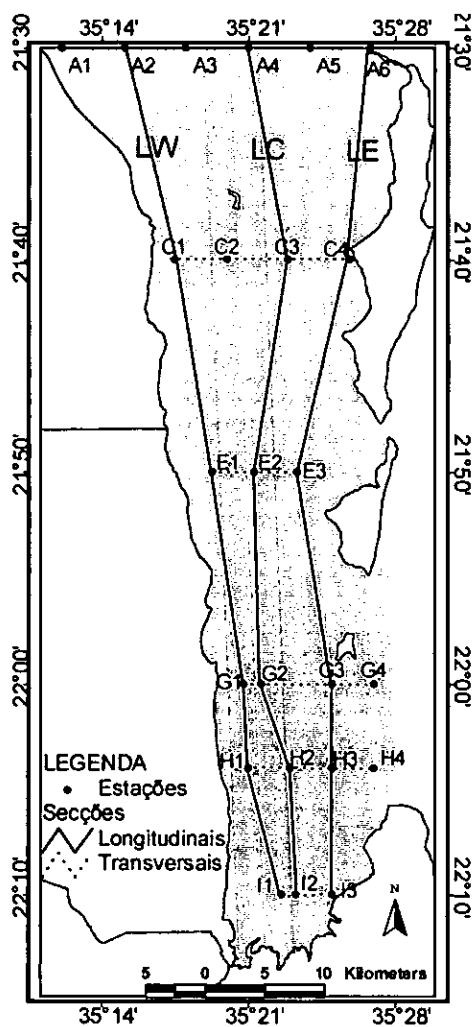


Figura 3. Distribuição das estações hidrográficas na Baía de Bazaruto

4.3. Processamento e tratamento dos dados

No presente trabalho foram usados os dados de *DownCast* do CTD e dados meteorológicos da Baía de Bazaruto, os dados meteorológicos usados referem-se à estação de Vilankulo e foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia. Todos os dados foram escrutinados e corrigidos.

Tratamento dos dados de CTD (salinidade, temperatura e densidade)

Em primeiro lugar os dados do CTD foram transferidos para o computador por meio de um cabo, os dados brutos foram convertidos para o formato de ficheiros com a extensão “.cnv” a partir do “software seasoft” do programa “SeaBird” e procedeu-se à validação dos mesmos no “Excel”, onde os valores que não estavam no padrão típico foram omitidos. As distâncias entre as estações foram determinadas manualmente nos mapas com uso de régua, por meio do Sistema de Posicionamento Global usando um receptor (GPS) e também pelo “Software Distance”.

A representação numérica dos dados foi feita por folhas de cálculo “Excel” e a representação gráfica foi processada no Surfer 7.0 e ArcView GIS 3.2 (GIS – Sistema de Informação Geográfica) aplicando a extensão *spatial analyst*, onde foram produzidos gráficos como: perfil de fundo (batimetria) a partir do valor máximo da profundidade de cada estação, derivados a partir de dados da pressão registada e perfil vertical em cada secção transversal e longitudinal, para além da distribuição superficial (horizontal) dos parâmetros em estudo.

4.4. Determinação de circulação

Foi usado o método hidrodinâmico simplificado de Balanço Geostrófico, segundo o qual se determinou a magnitude e direcção da corrente (longitudinal e transversal), a partir da equação do balanço geostrófico.

A partir da equação do movimento no oceano e com as considerações da geostrofia chegou-se às equações das componentes transversal (u) e longitudinal (v) da velocidade geostrófica (Pond e Pickard 1983, Sverdrup 1962):

$$\begin{cases} x: fv = -\frac{1}{\rho} \cdot g \cdot z \cdot \frac{\partial \rho}{\partial x} \\ y: fu = \frac{1}{\rho} \cdot g \cdot z \cdot \frac{\partial \rho}{\partial y} \end{cases}$$

Onde:

$f = 2\Omega \sin\Phi$ – factor de Coriolis;

$\Omega = 7.29 \cdot 10^{-5} \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ - velocidade angular de rotação de terra;

Φ - latitude do lugar;

u e v – componentes de velocidade ;

ρ - densidade de água;

g - aceleração de gravidade;

z – profundidade;

$\partial\rho$ – variação da densidade;

∂x , ∂y e ∂z – variação do espaço.

4.5. Determinação de massas de água

As massas de água foram descritas a partir de diagramas T-S e de perfis verticais de temperatura e salinidade.

A análise dos dados permitiu uma melhor descrição das características oceanográficas da baía e foi feita pela interpretação dos perfis de salinidade, temperatura, pressão e densidade da água tendo em conta os parâmetros como precipitação e evaporação.

5. RESULTADOS

Foram analisados e processados os seguintes dados: salinidade, temperatura, pressão e densidade da água assim como a evaporação e a precipitação. Os resultados das secções G, H e I só serão representados na distribuição superficial, uma vez que nestas secções só se colheu dados superficiais por estarem numa zona rasa.

5.1. Observações meteorológicas

A Figura 4, mostra o gráfico das médias mensais de evaporação e precipitação em Vilankulo durante o ano de 2004. Comparando os valores, vê-se que em quase todos os meses a evaporação superou a precipitação e o único mês em que a evaporação foi inferior à precipitação foi o mês de Março. Portanto a média anual da evaporação praticamente foi o dobro da precipitação.

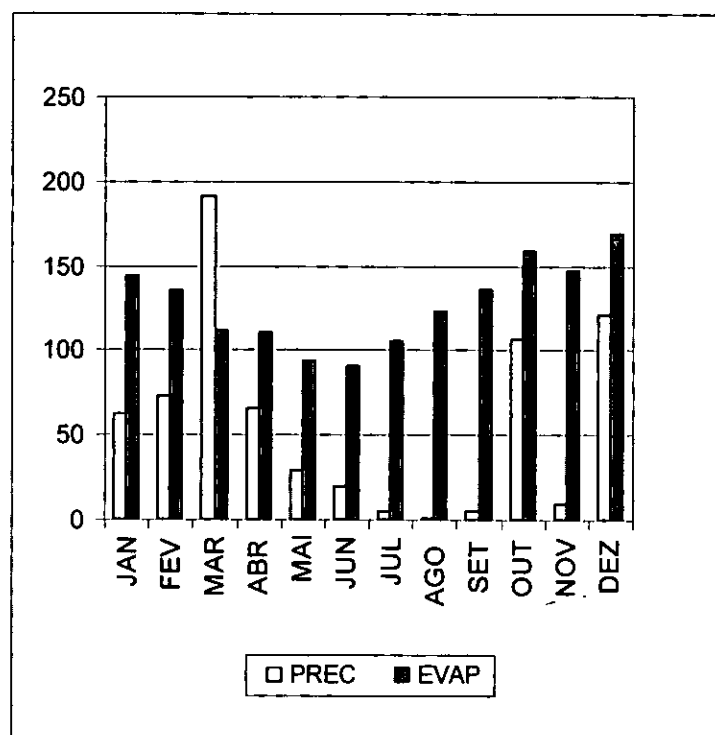


Figura 4. Médias mensais de evaporação e precipitação na Baía de Bazaruto durante o ano de 2004.

5.2. Distribuição horizontal de salinidade, temperatura e densidade na Baía de Bazaruto

A distribuição horizontal de salinidade, temperatura e densidade (Figura 5): a salinidade (Figura 5a), mostra que existe um gradiente positivo de Norte para Sul, o gradiente é mais intenso no fundo da baía, a salinidade é mínima na boca (35.2 PSU) e máxima no fundo da Baía (37.5 PSU). Por outro lado, é maior do lado do continente e menor junto às ilhas; a temperatura (Figura 5b) tem o mesmo comportamento como o da salinidade, aumentando de Norte para Sul, de 29 a 31.5° C, a temperatura é maior do lado ocidental em relação ao lado oriental; o $\sigma - T$ (Figura 5c) mostra um núcleo de densidade baixa (22) entre os 21°40'S e 21°50'S de Latitude, existe um gradiente positivo do centro de baixa densidade para fora do centro, $\sigma - t$ tem os valores de 22.2 e 22.7 na boca e no fundo da baía respectivamente.

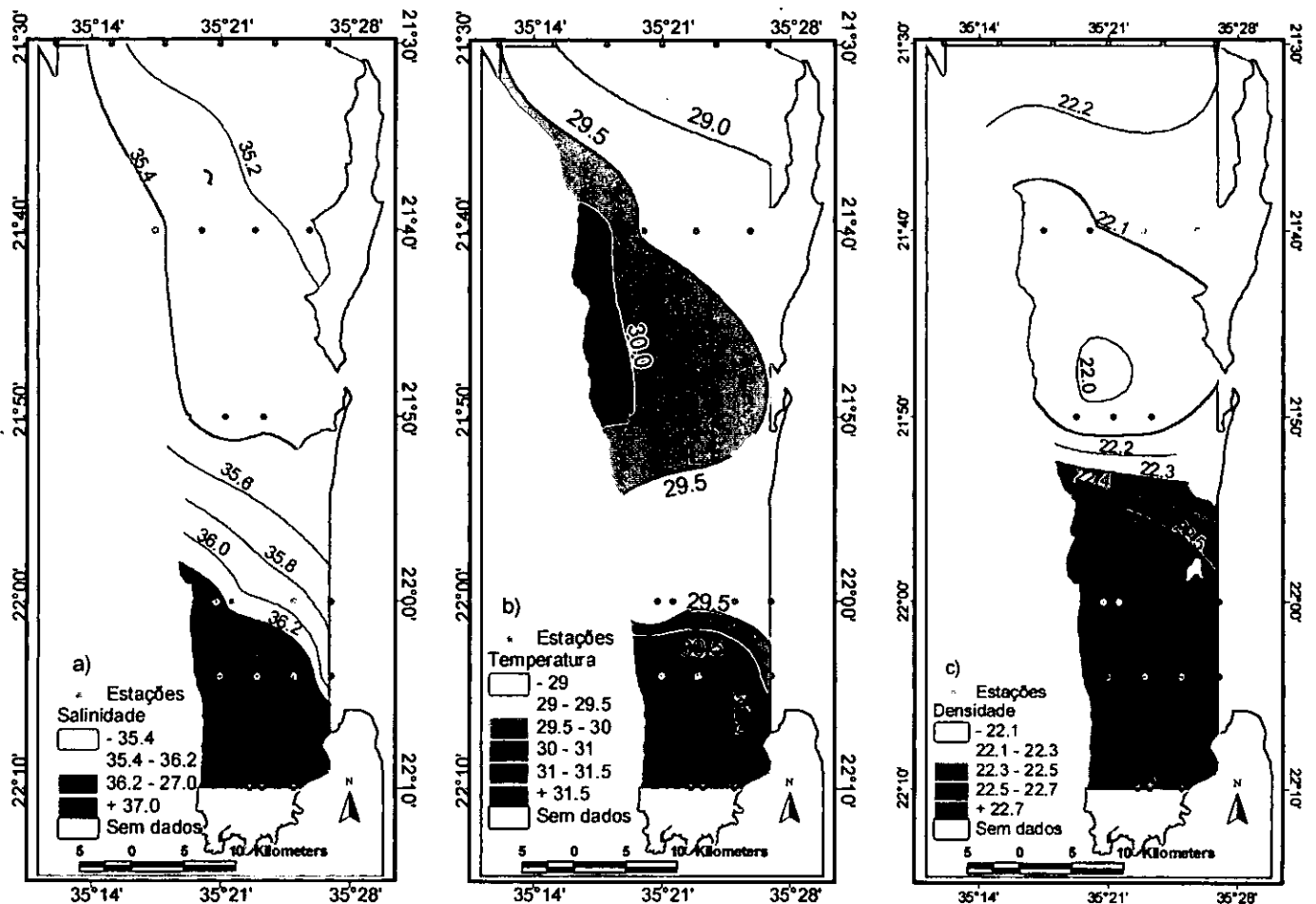


Figura 5. Distribuição horizontal de (a) salinidade , (b) temperatura e (c) densidade na Baía de Bazaruto, 3 e 5 de Janeiro de 2005

5.3. Distribuição longitudinal de salinidade, temperatura e densidade em profundidade

As distribuições verticais de salinidade, temperatura e densidade ao longo da secção longitudinal Oeste (LW) são apresentadas na (Figura 6) e nota-se um gradiente horizontal de salinidade (Figura 6a), que aumenta de 35.4 para 35.5 PSU entre as estações A2 (na boca) e C1, em seguida diminui de 35.5 em C1 para 35.2 PSU em G1 e depois volta a aumentar de 35.2 em G1 até cerca de 37 em H1, no fundo da Baía, onde o gradiente é mais intenso. A distribuição de temperatura (Figura 6b) mostra que existe um gradiente horizontal positivo de Norte a Sul, isto é, a temperatura aumenta de 29.3° C na boca (A2) para 31° C no fundo da baía (H1). O $\sigma - t$ (Figura 6c) mostra que existe um gradiente horizontal, diminuindo de 22.2 na boca para 21.5 a cerca de 50km da estação A2 e depois aumenta até 23, no fundo da baía.

A secção LC (Figura 7) mostra que ao se aproximar do fundo da baía, o gradiente de todos os parâmetros intensifica-se. A salinidade (Figura 7a) apresenta um gradiente horizontal positivo da boca para o fundo da baía, aumentando de 35.2 para 36.6 PSU. A temperatura (Figura 7b) apresenta um gradiente horizontal positivo que aumenta de 28.6° C na boca para 31° C no fundo. Na distribuição de $\sigma - t$ (Figura 7c) verifica-se um mínimo de 22.1 entre as estações C2 e E2 e aumenta para os extremos Norte e Sul, registando o valor máximo de 22.8 a Sul. A secção M é verticalmente homogénea.

A Figura 8 mostra a distribuição de salinidade, temperatura e densidade em profundidade ao longo da secção LE. A salinidade (Figura 8a) aumenta da boca para o fundo, apresentando gradiente horizontal positivo de Norte para Sul, com valores de 35.2 PSU na estação A6 e 36.6 PSU na estação H3. A temperatura (Figura 8b) aumenta de 29° C a 29.9° C entre as estações A6 e E3, em seguida, diminui de 29.9 para 29.4° C entre estações E3 e G3, donde volta a aumentar até 30.8° C no fundo da baía. O $\sigma - t$ (Figura 8c) diminui entre as estações A6 e E3 cujos valores são 22.3 e 22, respectivamente, e depois aumenta para 22.7 na estação H3. O gradiente é horizontal e mais acentuado no fundo da baía.

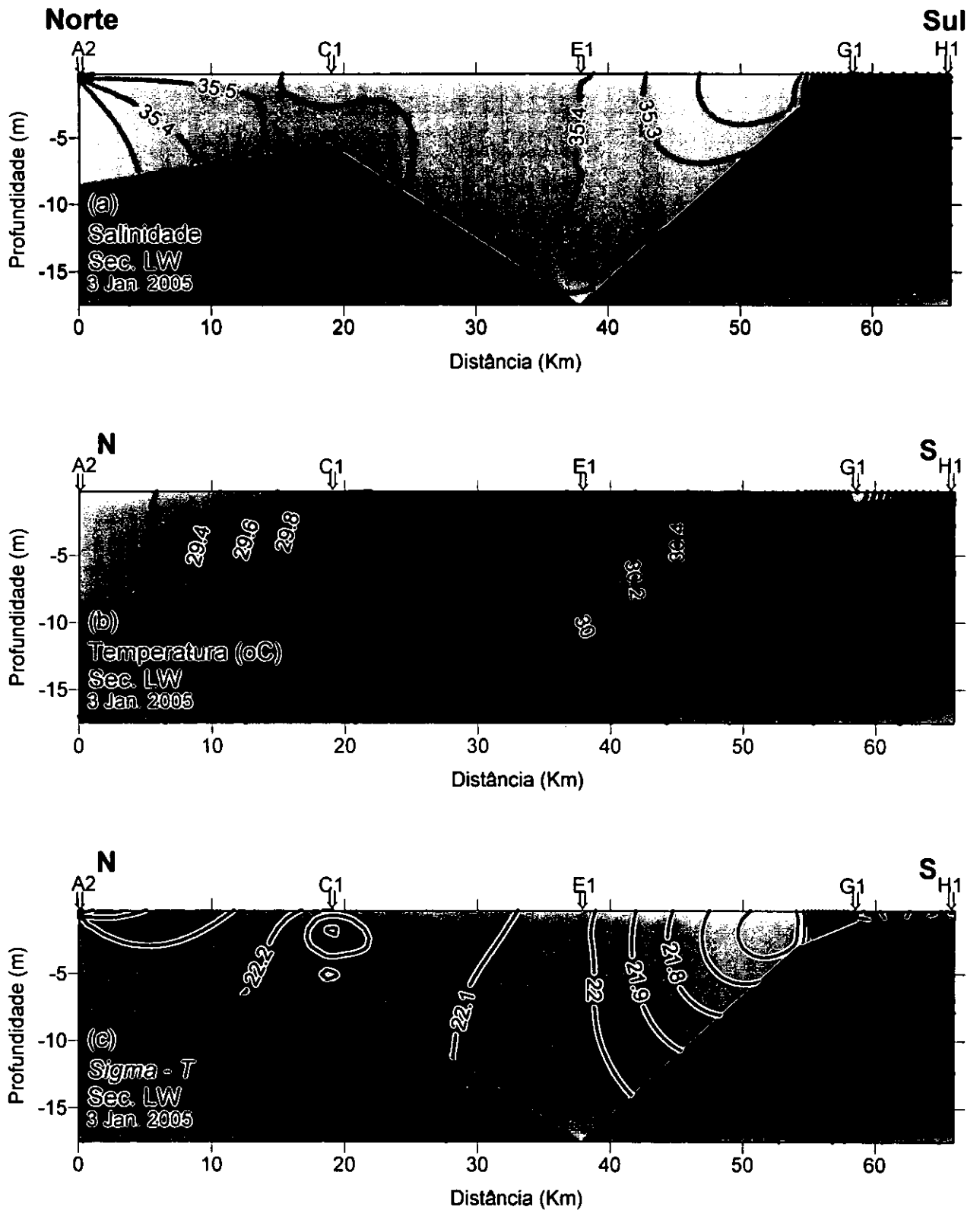


Figura 6. Distribuição vertical de (a) salinidade, (b) temperatura e (c) densidade ao longo da secção longitudinal Oeste (LW), 3 e 5 de Janeiro de 2005

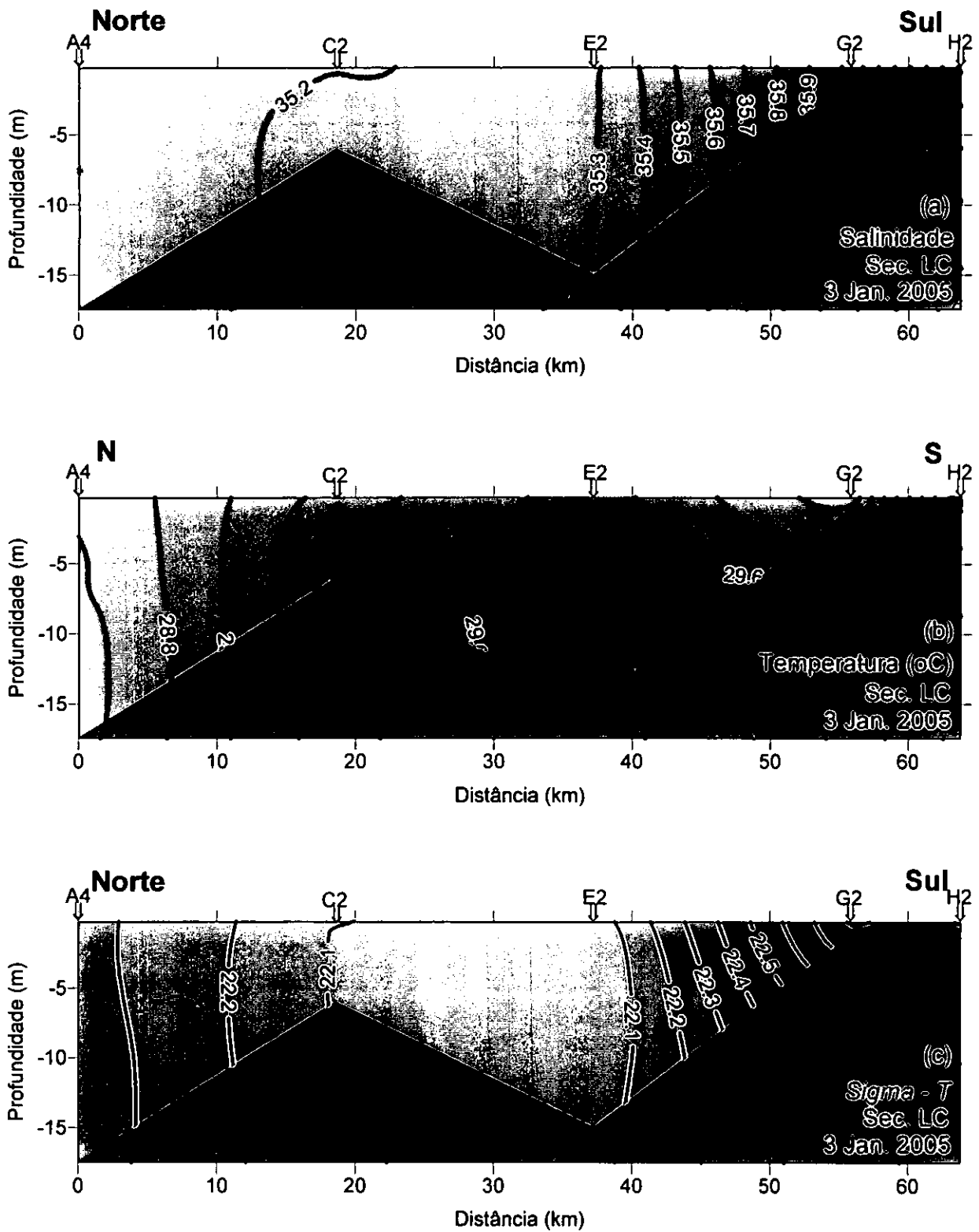


Figura 7. Distribuição vertical de (a) salinidade, (b) temperatura e (c) densidade ao longo da secção longitudinal Central (LC), 3 e 5 de Janeiro de 2005

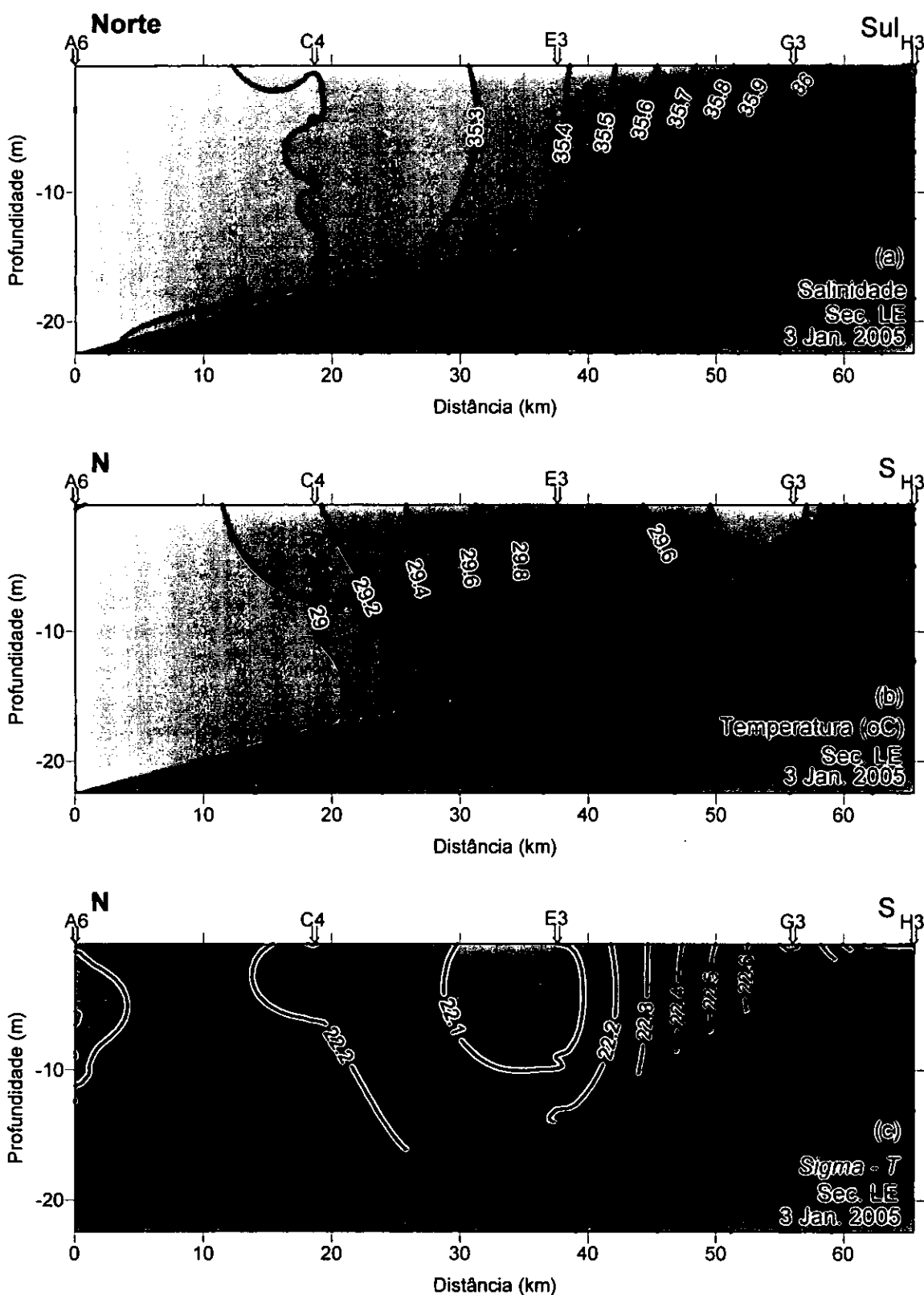


Figura 8. Distribuição vertical de (a) salinidade, (b) temperatura e (c) densidade ao longo da secção longitudinal Este (LE), 3 e 5 de Janeiro de 2005

5.4. Distribuição transversal de salinidade, temperatura e densidade em profundidade

A distribuição de salinidade, temperatura e densidade em profundidade ao longo da secção A é apresentada na Figura 9. A salinidade (Figura 9a) mostra que existe gradiente horizontal negativo de Oeste para Este, apresentando o valor máximo de 35.6 PSU junto ao continente e dois mínimos de 35.1 em A3 (a cerca de 10km de A1) e nos primeiros 5m de profundidade em A6. A distribuição de temperatura em profundidade (Figura 9b) é homogénea e nota-se um gradiente horizontal com maior intensidade no lado ocidental. Nesta secção, a temperatura tem o valor mínimo de 28.5° C na região central e aumenta em direcção aos dois extremos, 29.5° C a Oeste e 28.9° C a Este. O σ_{-t} (Figura 9c) é verticalmente homogéneo e varia muito pouco de 22.1 para 22.3 na horizontal.

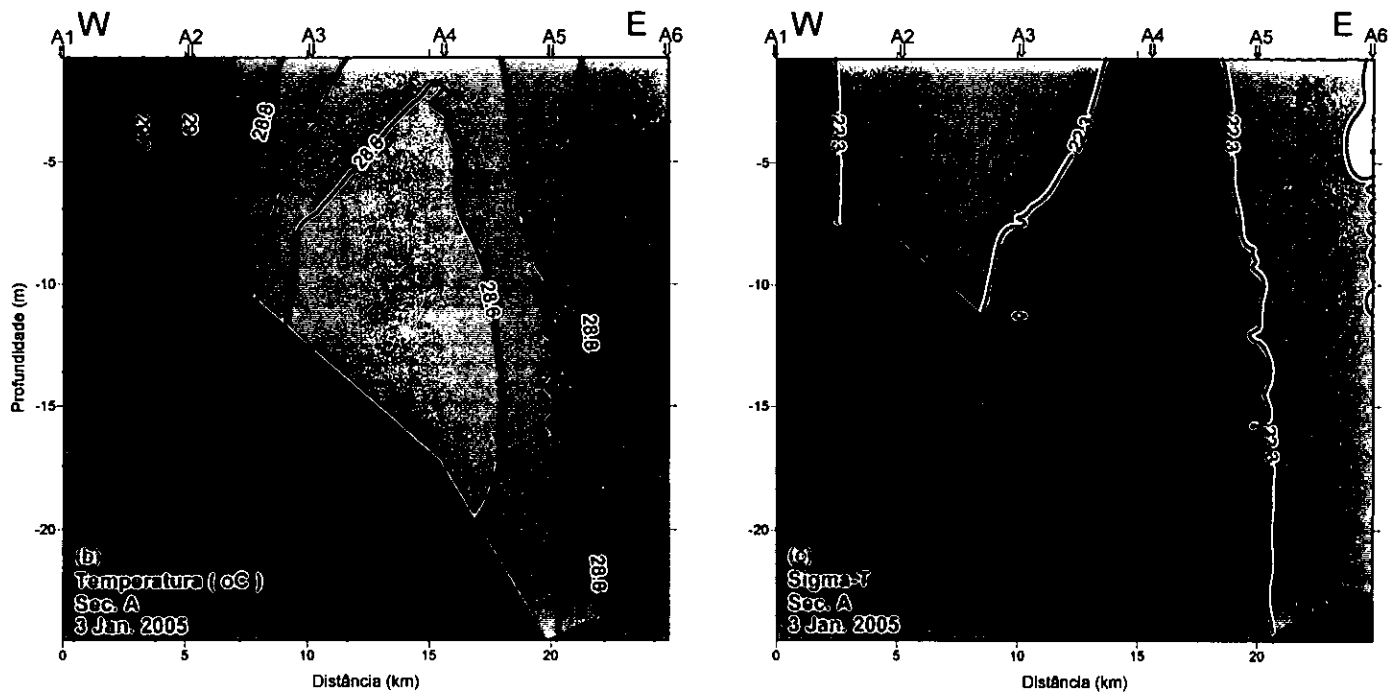


Figura 9. Distribuição vertical de (a) salinidade, (b) temperatura e (c) densidade ao longo da secção transversal A, 3 de Janeiro de 2005

A secção C (Figura 10) mostra que a salinidade (Figura 10a) varia muito pouco, apresentando um gradiente horizontal negativo de Oeste para Este, com valor máximo 35.4 PSU do lado ocidental e mínimo 35.2 PSU do lado oriental. Na distribuição da temperatura (Figura 10b) regista-se um gradiente negativo horizontal de Oeste para Este, com valores que variam de 30° C a 29° C, respectivamente. Para os valores de $\sigma - t$ (Figura 10c) regista-se uma variação muito pequena (0.2 em toda secção), nas direcções horizontal e vertical, cujos valores se situam entre 22 e 22.2.

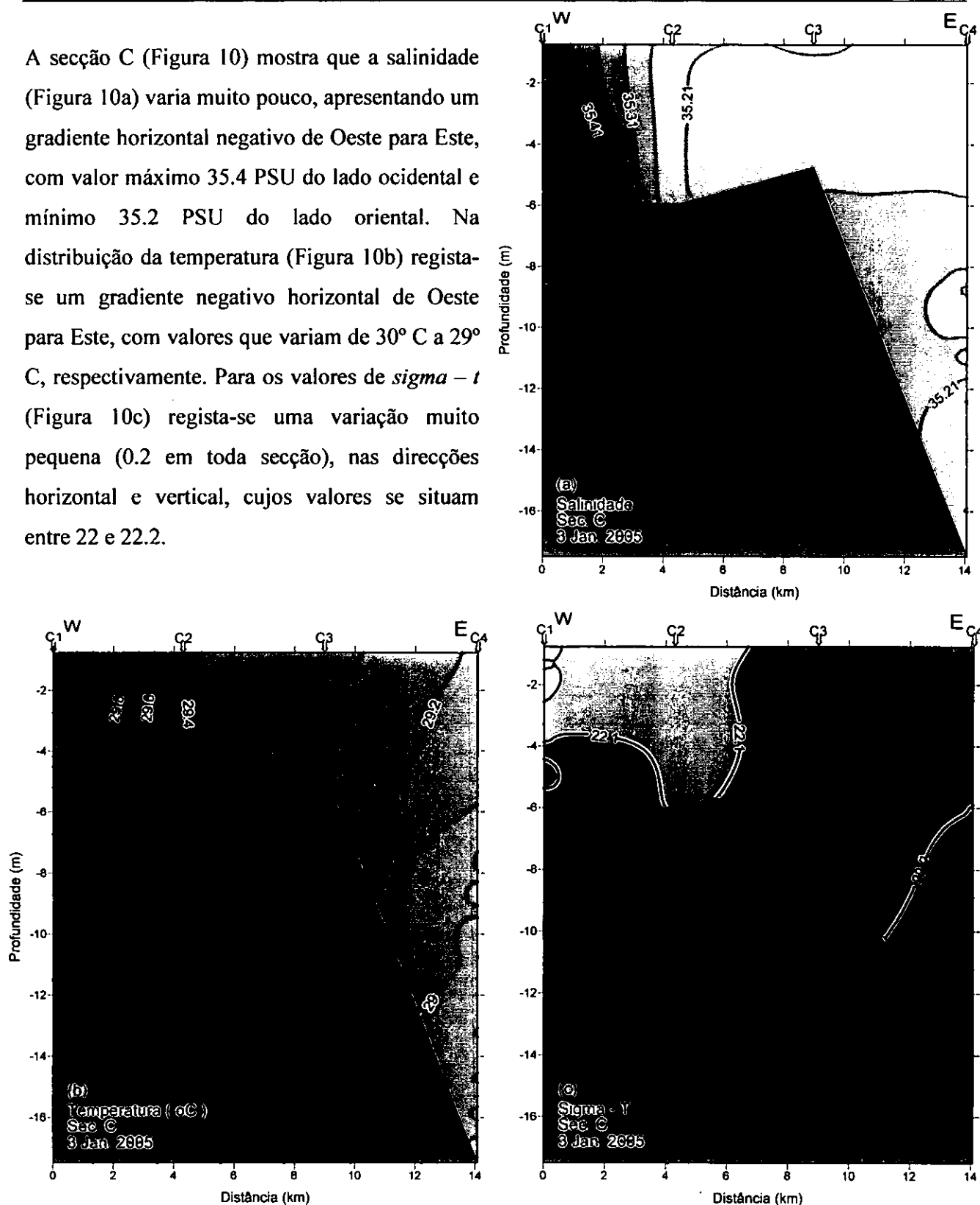


Figura 10. Distribuição vertical de (a) salinidade, (b) temperatura e (c) densidade ao longo da secção transversal C, 3 de Janeiro de 2005

A distribuição de salinidade, temperatura e densidade ao longo da secção E é apresentada na figura 11, onde podemos ver que estes parâmetros variam muito pouco ao longo da secção. Vemos que a salinidade (Figura 11a) alcança o mínimo de cerca de 35.3 PSU no centro de secção na estação E2 e depois se eleva até 35.4 PSU nos extremos estações E1 e E3. A temperatura (Figura 11b) também alcança o mínimo na estação E2 e depois aumenta para os extremos E1 e E3, o valor mínimo é de 29.7° C e o máximo é de 30° C junto ao continente na estação E1. Os valores de densidade (Figura 11c) mostram que *Sigma-T* é uniforme nesta secção, embora se possa ver uma massa com valores elevados de densidade a abaixo dos 10m entre as estações E2 e E3.

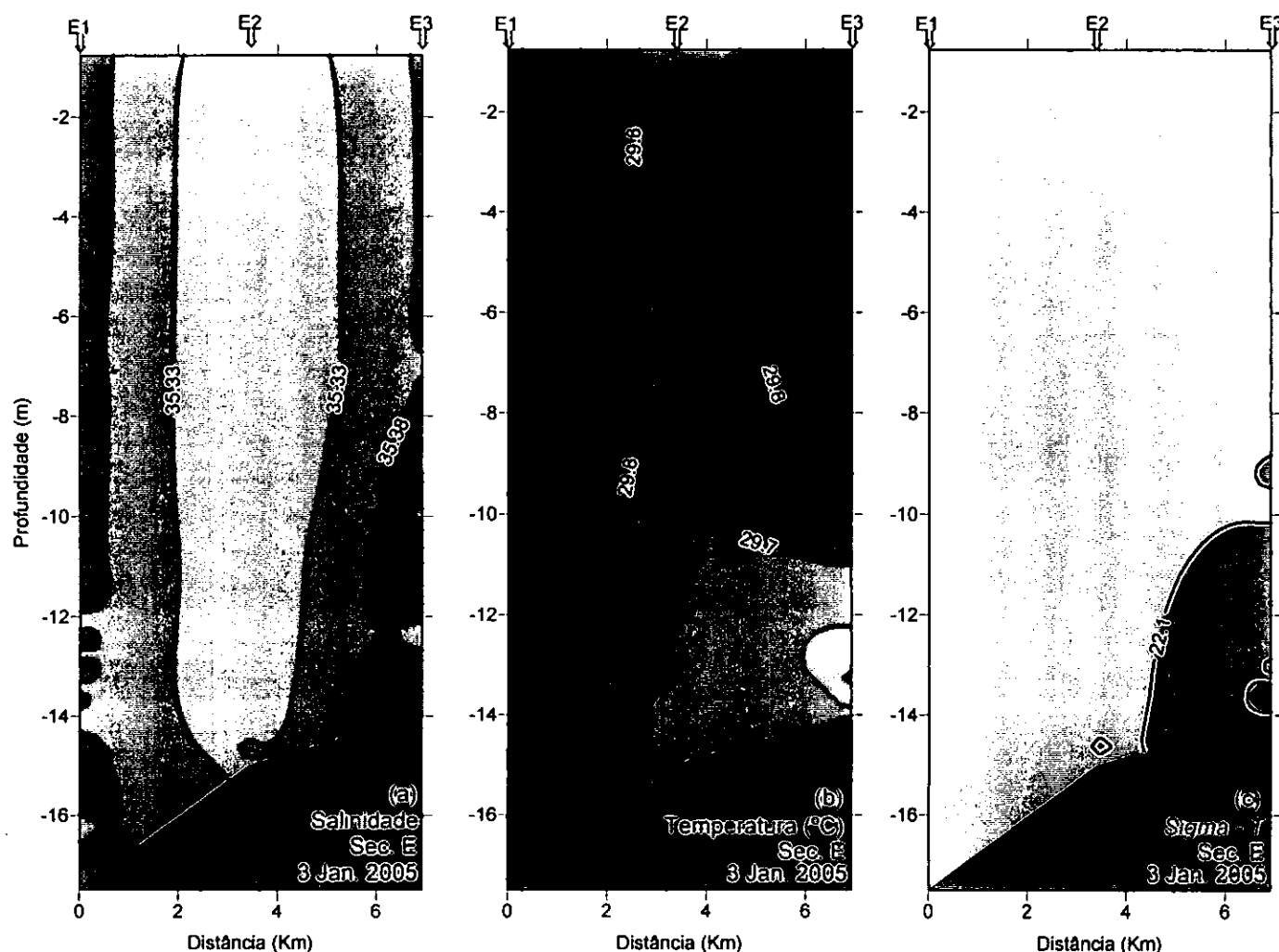


Figura 11. Distribuição vertical de (a) salinidade, (b) temperatura e (c) densidade ao longo da secção transversal E, 3 de Janeiro de 2005

5.5. Diagramas T-S

Com os dados de temperatura e salinidade de todas as estações da Baía de Bazaruto (em toda a profundidade) construiu-se um diagrama T-S (Figura 12), o conjunto dos pontos obtidos mostra, em geral, uma tendência em agrupar-se segundo a curva T-S obtida, também se pode ver que os pontos estão agrupados em dois grupos grandes.

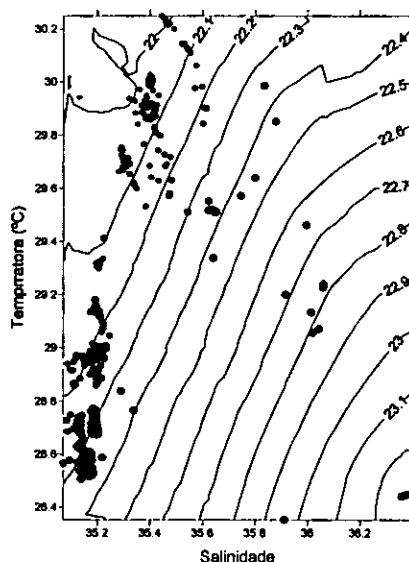


Figura 12. Diagrama T-S da Baía de Bazaruto, 3 e 5 de Janeiro de 2005

5.6. Determinação da intensidade da corrente geostrófica

A partir das componentes da equação de balanço geostrófico calculou-se a intensidade da corrente geostrófica em 3 posições diferentes. A tabela 1 mostra que a corrente geostrófica é muito fraca e não pode ser detectada por instrumento que mede corrente. Salienta-se que a corrente é mais forte no Sul da baía, porque o gradiente de densidade é mais intenso devido a baixa profundidade e alta evaporação.

Tabela 1. Intensidade da corrente em diferentes pontos

Posição (latitude)	Intensidade da corrente	Direcção
21°36'S (Norte)	$2.5 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	W - E
21°47'S (Este)	$1.77 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	N - S
21°54'S (Sul)	$5.07 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	E - W

6. DISCUSSÕES

6.1. Circulação

De acordo com os resultados, constatou-se que, por um lado, no Norte da baía a densidade é maior do lado Norte do que do lado Sul, o que resulta na força de gradiente de densidade de Norte para Sul. Assim, sobre a acção da força de Coriolis surge o transporte de massas de água de Oeste para Este. Por outro lado, no Sul, a densidade é maior do lado Sul que do lado Norte. Então a força de gradiente de densidade é de Sul para Norte e sobre a acção da força de Coriolis o deslocamento da água resultante é de Este para Oeste (Figura 13), o que cria acumulação de água no lado Oeste, porque a baía é fechada a Sul e a água que se acumulou é obrigada a deslocar-se para o Norte (Lei de Conservação de massa). Contudo, no Este a densidade é maior do lado Este que do lado Oeste, então a força de densidade é para Oeste e o movimento de água resultante do efeito de Coriolis é de Norte para Sul. Conjugando estas fases, a circulação é ciclónica na Baía de Bazaruto (Figura 14). A corrente é mais intensa no Sul da baía, porque as linhas de igual densidade são mais próximas devido à baixa profundidade e o elevado fluxo de calor.

A secção transversal E, apresenta evidências da presença de água do alto mar no interior da baía a partir do canal entre as ilhas de Bazaruto e Benguerra. Este aspecto é mais evidente na distribuição vertical de temperatura e densidade ao longo da secção, por um lado, na distribuição de temperatura (figura 11b) verifica-se uma massa de água relativamente fria, na extremidade Leste da secção, por baixo da massa de água quente do interior da baía, por outro lado, na figura 11c, existe uma massa de água homogénea com baixa densidade por cima de uma pequena massa sub-superficial de maior densidade na extremidade Este da secção.

Analisando os perfis de salinidade e temperatura, vê-se que o fluxo de água que entra pela boca é morna e pouco salina e circulando no lado Este da baía em direcção ao Sul e o fluxo de água que sai pela boca vindo do Sul pelo lado Oeste é quente e salina (Figura 15 e 16). Devido ao facto de a evaporação exceder a precipitação e a não existência de descarga de rios para baía, a Baía de Bazaruto apresenta uma circulação estuarina inversa, onde o fluxo de água que entra na baía é superficial com salinidade relativamente baixa e o fluxo de água que sai é sub - superficial (de fundo) com salinidade elevada (Figura 17).

Norte

Sul

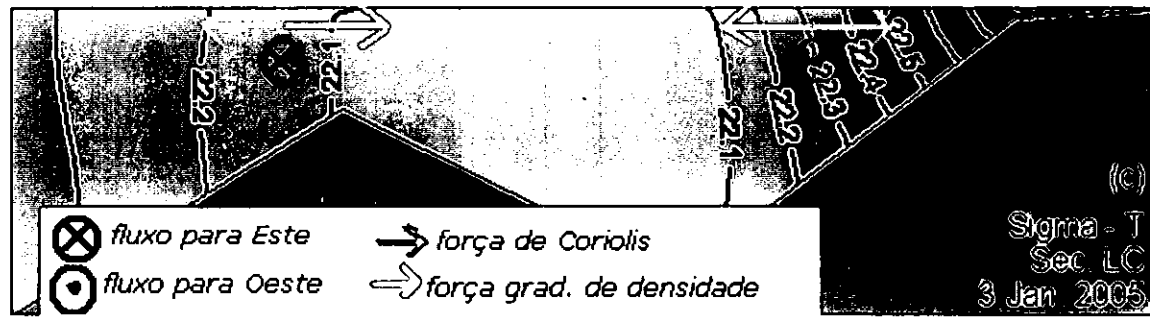


Figura 13. Sentido da corrente geostrófica nos cortes longitudinais

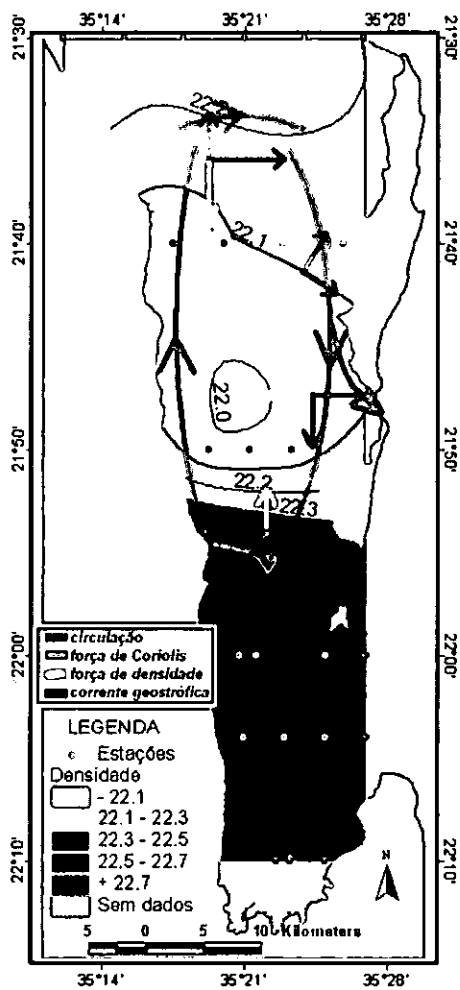


Figura 14. Circulação na Baía de Bazaruto

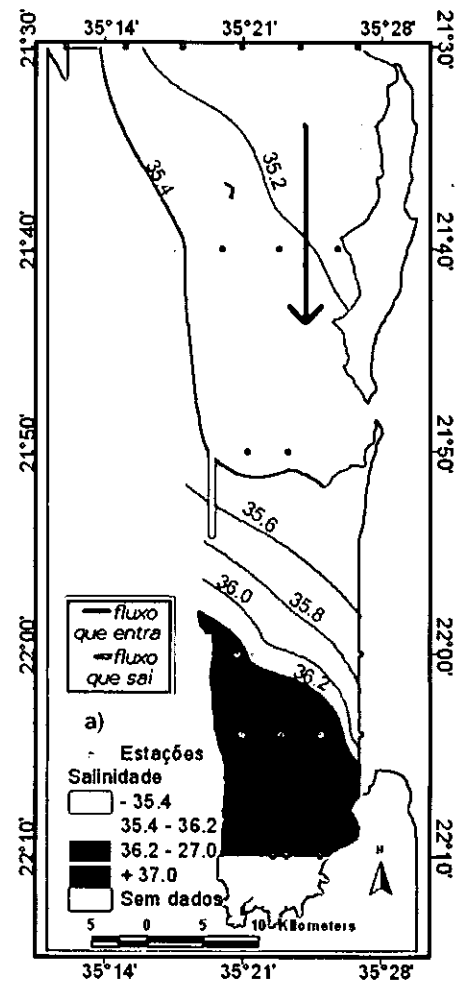


Figura 15. Fluxo de água salina que entra e sai da baía

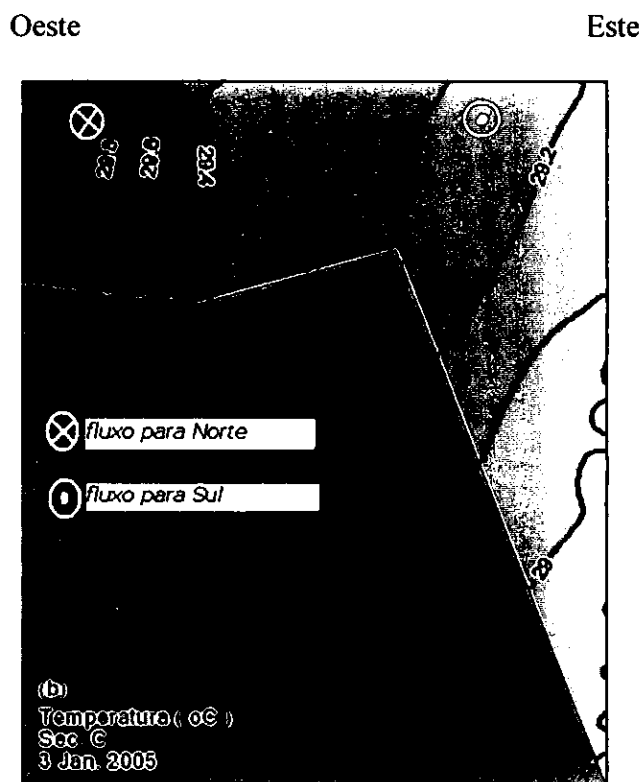


Figura 16. Fluxo de água térmica que entra e sai da baía

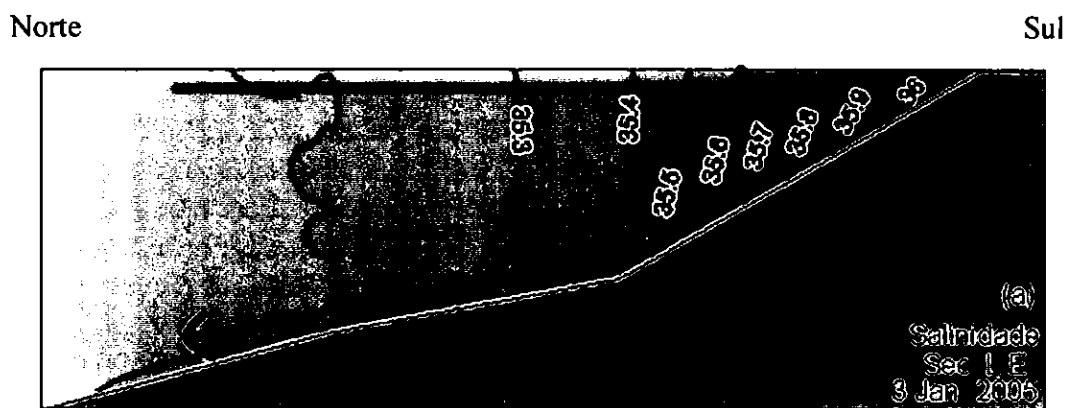


Figura 17. Circulação estuarina inversa na Baía de Bazaruto

6.2. Massas de água

De acordo com o diagrama T-S obtido, distinguem-se duas massas de água principais na Baía de Bazaruto (Figura 18), uma com características oceânicas, temperatura e salinidade relativamente baixas e encontra-se no lado Norte (na boca) e Este da baía, junto às ilhas, a outra massa de água costeira com temperatura e salinidade relativamente elevadas e localiza-se no fundo da baía a Sul e junto ao continente no lado Oeste (Figura 19). Devido ao alta evaporação e fluxo de calor, influenciados pela batimetria e o regime de circulação.

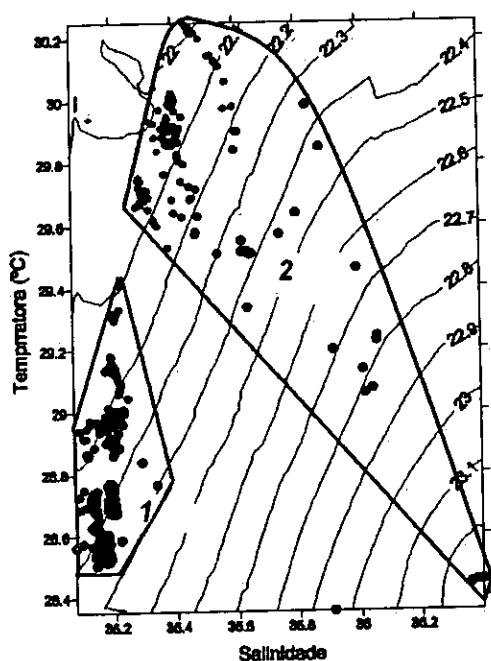


Figura 18. Distribuição de massas de água no diagrama T-S

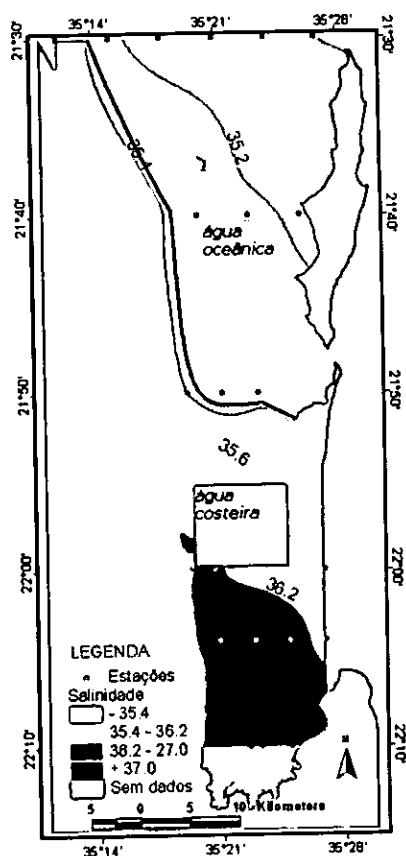


Figura 19. Distribuição de massas de água na Baía de Bazaruto

Por um lado, devido ao grande fluxo de calor e a não existência de descarga de grandes rios na Baía de Bazaruto, e por outro, o facto de a evaporação exceder a precipitação, a água do mar na Baía de Bazaruto caracteriza-se por temperatura e salinidade superficial muito mais elevadas, em relação ao do mar adjacente, com valores médios de 30° C e 36.2 PSU no Verão e, como consequência de

temperaturas elevadas, a densidade da água é baixa. No geral, os parâmetros variam pouco e os gradientes são mais intensos no fundo da baía e junto do continente por causa da baixa profundidade.

A salinidade na “boca” (Norte) é menor que a salinidade no “fundo” da baía (Sul), o que sugere uma situação de estuário inverso devido à alta evaporação e fraca precipitação. A salinidade aumenta de Norte para Sul e de Este para Oeste, com um gradiente horizontal. A água ao ocidente é mais salina do que ao oriente, devido às correntes que transportam a água quente e salina do fundo da baía para fora pelo lado ocidental. A temperatura da água junto ao continente é maior em relação à da água junto às ilhas, apresentando um gradiente horizontal. A temperatura aumenta da “boca” para o “fundo” da baía, isto é, de Norte para Sul por causa da profundidade que diminui de Norte para o Sul.

As secções apresentam gradiente horizontal dos parâmetros em estudo (temperatura, salinidade e densidade), na baía. A densidade varia muito pouco e é verticalmente homogénea, sugerindo mistura na coluna de água, o que favorece a produtividade primária, daí a razão de a baía ser altamente produtiva (pescaria).

A Baía de Bazaruto pode ser dividida em duas partes:

- A Parte Norte, com menores variações espaciais dos parâmetros e muito profunda;
- A Parte Sul, com salinidade elevada devido à alta evaporação em águas pouco profundas e consequentemente maiores variações espaciais dos parâmetros.

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

7.1. Conclusão

As principais conclusões são:

- O balanço geostrófico conduz a uma circulação ciclónica, formando um giro no sentido dos ponteiros do relógio;
- A circulação na Baía de Bazaruto é contrária à circulação ao longo do Canal de Moçambique;
- A corrente geostrófica é maior no Sul da baía, porque o gradiente de densidade é mais intenso;
- A baía apresenta uma circulação estuarina inversa com: água oceânica menos salina a entrar na baía por cima (fluxo superficial) da água mais salina que sai por baixo (fluxo de fundo);
- De acordo com o diagrama T-S, existem duas massas de água na Baía de Bazaruto: uma oceânica a Norte e no lado Este e outra costeira a Sul e no lado Oeste;
- A temperatura e a salinidade são maiores no fundo da baía do que na boca, porque o fundo da baía é pouco profundo e as trocas de fluxo de calor são mais rápidas e ocorre a precipitação de sal;
- A temperatura e a salinidade aumentam de Norte para Sul e de Este para Oeste, de acordo com a batimetria e o regime de circulação que mete água morna e menos salina pela boca até ao fundo pelo lado Este e transporta água quente e salina do fundo da baía para fora (boca), pela costa Oeste;
- A Baía de Bazaruto apresenta-se verticalmente homogénea logo é misturada, razão pela qual é muito produtiva.

7.2. Recomendações

Recomenda-se o seguinte:

- Que se volte a realizar este estudo na Baía de Bazaruto com dados de mais campanhas para se determinarem as variações sazonais e chegar-se a conclusões climatológicas;
- Que os próximos estudos incluam mais factores determinantes na circulação oceânica como: os ventos e as marés;
- Que se modele a circulação na baía, usando modelos hidrodinâmicos adequados;
- Que se faça o estudo do fluxo de água na boca bem como em outros canais de acesso à baía, com os instrumentos como marégrafos e correntómetros para além do CTD, para determinar a contribuição/importância de cada canal para a baía e calcular o tempo de residência;
- Que se faça o estudo de marés a partir de medições directas e usando modelos hidrodinâmicos.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOWEDN, K. F. (1983) Physical Oceanography of Coastal Water. 302pp, Great-Britain, Ellis Horwood Ltd. University of Liverpool

DIAS, L. V. (em preparação) Distribuição, Diversidade e Biomassa de Ervas Marinhas na Baía de Bazaruto

DUXBURY, A. C. e A. B. Duxbury (1997). An Introduction to the World's Oceans. fifth editions, 503pp. London

FERREIRA, A. (2004). Indigo Bay. In: LAM (Editor), Bazaruto Indigo Bay, Índico revista de bordo, 40-44 pp, série II, Nº 28, 68pp. Junho/Setembro.

GUISSAMULO, A. T. (1993). Distribuição e Abundância de Golfinhos e Dugongos e Sua Interacção com algumas Pescarias nas Baías de Maputo e Bazaruto. Tese de licenciatura. 93pp. UEM, Maputo

HOGUANE, A. M., V. F. Dove e C. I. Sete (2002). Water Masses and Circulation of Maputo Bay. In: A. M. Hoguane, H. Motta e M. A. M. Pereira (Editors), Proceedings of the II National Conference on Costal Zone Research. 9-16 pp, Maputo, 27-29 September 2000. CDS-ZC/MICOA/SEACAM/UEM.

HOGUANE, A. M. e C. I. S. Nhapulo (2002). Circulação Geral e Distribuição de Poluentes na Baía de Maputo. In: A. M. Hoguane, H. Motta e M. A. M. Pereira (Editors), Proceedings of the II National Conference on Costal Zone Research. 19-26 pp, Maputo, 27-29 September 2000. CDS-ZC/MICOA/SEACAM/UEM.

LALLI, C. M. e T. R. Parsons (1997). Biological Oceanography – an Introduction, 2nd edition. Great-Britain, the Open University.

MAFAMBISSA, M. J. (2004). Distribuição, Biomassa e Diversidade das Ervas Marinhas na Baía de Bazaruto. Tese de licenciatura. 60pp. UEM. Maputo

MANGUE, L.I. (2003). Estudo da Pesca Artesanal de Arrasto na Ilha de Bazaruto, província de Inhambane. Tese de licenciatura. 50pp. UEM. Maputo

MANN, K. H. e J. R. N. Lazier. (1996). Dynamics of Marine Ecosystems. Biological-Physical Interaction in the Oceans. second edition, 394pp. Blackwell Science, Inc.USA

PICKARD, G. L. (1974). Oceanografia Física Descritiva. 2ª edição, 180pp. Brasil, Rio de Janeiro

PICKARD, G. L. e W. J. Emery, (1990). Descriptive Physical Oceanography. An Introduction 5th (SI) edition, 320pp. Butterworth-Heinemann: Oxford

POND, S. e G. L. Pickard (1983). Introductory Dynamical Oceanography. 2a ed. Pergamon press.

SVERDRUP, H. U., M. W. Johnson, e H. F. Richard (1962). The Oceans, their physics chemistry and general biology. 1086pp. Prentice-Hall, INC.

WWF Moçambique (2002). Parque Nacional do Arquipélago de BAZARUTO e Parque Nacional das QUIRIMBAS. 6pp. Setembro.

ANEXOS

ANEXO 1

Tabela de coordenadas das estações de amostragens das secções transversais à Baía de Bazaruto

SECCÕES N - S	ESTAÇÕES DE CTD	COORDENADAS	
		LATITUDE	LONGITUDE
A	A1	S 21°30'00"	E 035°12'06"
	A2	S 21°30'00"	E 035°15'04"
	A3	S 21°30'00"	E 035°18'00"
	A4	S 21°30'00"	E 035°21'00"
	A5	S 21°30'00"	E 035°23'56"
	A6	S 21°30'00"	E 035°26'48"
C	C1	S 21°40'00"	E 035°17'30"
	C2	S 21°40'00"	E 035°20'00"
	C3	S 21°40'00"	E 035°22'52"
	C4	S 21°40'00"	E 035°25'48"
E	E1	S 21°50'00"	E 035°19'15"
	E2	S 21°50'00"	E 035°21'15"
	E3	S 21°50'00"	E 035°23'18"
G	G1	S 22°00'00"	E 035°20'46"
	G2	S 22°00'00"	E 035°21'36"
	G3	S 22°00'00"	E 035°25'00"
	G4	S 22°00'00"	E 035°27'00"
H	H1	S 22°04'00"	E 035°21'00"
	H2	S 22°04'00"	E 035°23'00"
	H3	S 22°04'00"	E 035°25'00"
	H4	S 22°04'00"	E 035°27'00"
I	I1	S 22°10'00"	E 035°22'34"
	I2	S 22°10'00"	E 035°23'14"
	I3	S 22°10'00"	E 035°25'00"

ANEXO 2

Tabela de coordenadas das estações de amostragens das secções longitudinais à Baía de Bazaruto.

SECCÕES N - S	ESTAÇÕES DE CTD	COORDENADAS	
		LATITUDE	LONGITUDE
LW	A2	S 21°30'00"	E 035°15'04"
	C1	S 21°40'00"	E 035°17'30"
	E1	S 21°50'00"	E 035°19'15"
	G1	S 22°00'00"	E 035°20'46"
	H1	S 22°04'00"	E 035°21'00"
	I1	S 22°10'00"	E 035°22'34"
LC	A4	S 21°30'00"	E 035°21'00"
	C3	S 21°40'00"	E 035°22'52"
	E2	S 21°50'00"	E 035°21'15"
	G2	S 22°00'00"	E 035°21'36"
	H2	S 22°04'00"	E 035°23'00"
	I2	S 22°10'00"	E 035°23'14"
LE	A6	S 21°30'00"	E 035°26'48"
	C4	S 21°40'00"	E 035°25'48"
	E3	S 21°50'00"	E 035°23'18"
	G3	S 22°00'00"	E 035°25'00"
	H3	S 22°04'00"	E 035°25'00"
	I3	S 22°10'00"	E 035°25'00"

ANEXO 3

CTD

Neste trabalho usou-se o CTD "SBE 19plus SEACAT" produzido pela "Sea-Bird Electronics", que é um instrumento que mede a condutividade, temperatura, pressão e densidade da água doce assim como do mar. A salinidade é derivada da condutividade e a profundidade é derivada da pressão. Características do CTD: tem uma memória de 8Mbytes, com diferentes sensores como condutividade, temperatura e pressão e pode-se acoplar outros sensores opcionais como oxigênio dissolvido, pH, turbidez e fluorescência. Este instrumento é alimentado por 9 pilhas alcalinas do tipo D, com capacidade de 60 horas.

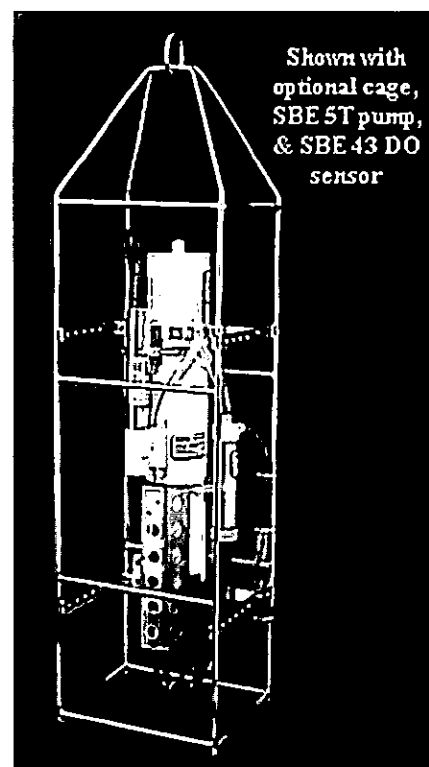


Figura 1. Modelo de CTD usado neste trabalho

Tabela 1. Especificações do CTD usado no trabalho

	Raio de Medição	Precisão	Estabilidade típica (por mes)	Resolução
condutividade (S/m)	0 - 9	0.0005	0.0003	0.00005 (em muitas águas oceânicas; resolução 0.4 ppm) 0.00007 (águas muito salgadas; resolução de 0.4 ppm para salinidade) 0.00001 (água doce; resolução de 0.1 ppm para salinidade)
Temperatura (°C)	-5 to +35	0.005	0.0002	0.0001
Medida -peso Pressão	0 to 20 / 100 / 350 / 600 / 1000 / 2000 / 3500 / 7000 metros	0.1% todo intervalo de medição	0.004% todo intervalo de medição	0.002% em todo intervalo de medição