



ESCOLA NAVAL

talant de bi-faire



Departamento de Ciências do Mar

Renato João Mirrado Gaspar

*Climatologia do oceano:
Estudo da oceanografia regional da África Austral*

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Ciências Militares Navais, na
especialidade de Marinha



Alfeite

2019



ESCOLA NAVAL

talant de bi-faire



Renato João Mirrado Gaspar

*Climatologia do oceano:
Estudo da oceanografia regional da África Austral*

**Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Ciências Militares Navais, na
especialidade de Marinha**

Orientação de: CMG Carlos Nélon Lopes da Costa

O aluno mestrando,

O orientador,

ASPOF Mirrado Gaspar

CMG Lopes da Costa

Alfeite

2019

Epígrafe

*“Life is like the sea. Its tides and currents sometimes take
a man to distant shores that he never dreamed existed”*

Jocelyn Murray, *The English Pirate*

Dedicatória

Dedico este trabalho a todos aquelas pessoas que estiveram presentes e me apoiaram ao longo do meu percurso de Escola Naval, fazendo com que nunca desistisse e conseguisse sempre superar os obstáculos e dificuldades encontradas.

Agradecimentos

Para a elaboração deste trabalho de investigação foram muitos os que me apoiaram e tornaram isto possível. Como tal, não poderia deixar de lhes expressar os meus agradecimentos.

Em primeiro lugar queria agradecer ao Capitão-de-mar-e-guerra Carlos Nélson Lopes da Costa pelos conhecimentos transmitidos, recomendações, predisposição e por contribuir para o progresso e aperfeiçoamento do trabalho desenvolvido. Por proporcionar publicações que possibilitaram a recolha de informações pertinentes para o trabalho, agradeço ao Instituto Hidrográfico. Ao João Goulão por toda a ajuda e *inputs* fornecidos para a construção da ferramenta informática em linguagem MATLAB. Finalmente aos meus pais, irmão e amigos por toda a motivação e apoio que me deram ao longo dos momentos mais difíceis.

Resumo

O objetivo da presente dissertação foi o de, através da construção de *software* em linguagem de programação MATLAB, proporcionar uma ferramenta que sirva de apoio a estudos de oceanografia regional, neste trabalho o do oceano envolvente à África Austral.

Para isso, o *software* lê a climatologia (temperaturas *in situ* e salinidades práticas) da *World Ocean Database 2018*, da NOAA, nas resoluções espaciais de 1° e de $(1/4)^{\circ}$, a batimetria GEBCO na resolução de 30 segundos de arco (cerca de 0,5 milhas) e as funções padrão da *International Thermodynamic Equation of State for Seawater* (TEOS 2010) para os cálculos de temperaturas conservativas, salinidades absolutas, densidades, velocidades do som e velocidades de correntes geostróficas, dos quais irão ser produzidos os perfis e secções (verticais e horizontais), bem como os perfis batimétricos e mapa batimétrico da zona, numa interface gráfica.

Para a área oceânica da África Austral foram produzidos gráficos de perfis verticais, de secções verticais e horizontais daquelas propriedades. Foi possível reconhecer as estruturas de massas de água e das correntes oceânicas presentes na área, como sejam: a Água Central do Índico Sul, a Água Central do Atlântico Sul, a Água de Superfície Subantártica, a Água Equatorial do Índico, a Água Intermédia da Antártica, Água Intermédia do Mar Vermelho e Golfo Pérsico e a Água de Fundo da Antártica; a Corrente das Agulhas, a Contra Corrente das Agulhas, a Corrente de Benguela, a Corrente de Moçambique e a Corrente Circumpolar Antártica.

A ferramenta desenvolvida tem bom potencial para apoio do ensino de Oceanografia, no respeitante à distribuição de propriedades nas três dimensões do oceano e na área da Navegação para a realização dos estudos de viagens.

Palavras-chave: Corrente das Agulhas, Corrente de Retorno das Agulhas, corrente geostrófica, massas de água, MATLAB, região oceânica da África Austral, Retroflexão das Agulhas, salinidade absoluta, temperatura conservativa, velocidade do som e WOD2018

Abstract

The objective of the present dissertation was, through the construction of MATLAB programming language software, to provide a tool to support regional oceanography studies, in this case of the ocean surrounding southern Africa.

For this purpose the software reads the climatology (in situ temperatures and practical salinities) of NOAA's World Ocean Database 2018, at spatial resolutions of 1° and $(1/4)^\circ$, the GEBCO bathymetry at 30 seconds-arc resolution (about 0,5 miles) and the International Thermodynamic Equation of State for Seawater (TEOS 2010) standard functions for calculations of conservative temperature, absolute salinity, density, sound velocity, and geostrophic current velocity from which the profiles and sections (vertical and horizontal), as well as bathymetric profiles and bathymetric map of the zone, in a graphical interface.

For the Southern African ocean area, graphs of vertical profiles, vertical and horizontal sections of those properties were produced. It was possible to recognize the structures of water bodies and ocean currents present in the area, such as: Central South Indian Water, Central South Atlantic Water, Sub-Antarctic Surface Water, Equatorial Indian Water, Antarctic Intermediate Water, Intermediate Water of the Red Sea and Persian Gulf, and Antarctic Bottom Water; the Agulhas Current, the Agulhas Counter Current, the Benguela Current, the Mozambique Current and the Antarctic Circumpolar Current.

The developed tool has good potential to support the teaching of Oceanography, regarding the distribution of properties in the three dimensions of the ocean and in the area of Navigation for the realization of travel studies.

Keywords: *absolute salinity, Agulhas Current, Agulhas retroflexion, Agulhas Return Current, Austral African oceanic region, conservative temperature, geostrophic current, MATLAB, speed of sound, water masses and WOD2018.*

Índice

Epígrafe	i
Dedicatória.....	iii
Agradecimentos.....	v
Resumo.....	vii
<i>Abstract</i>	ix
Lista de abreviaturas e acrónimos.....	xiii
Índice de figuras	xv
Índice de tabelas.....	xix
Introdução.....	1
Enquadramento geral	1
Âmbito, objetivos e metodologia da dissertação.....	2
Pertinência do tema	3
Estrutura da dissertação	4
Capítulo 1. Enquadramento teórico.....	7
1.1. Morfologia do fundo do mar.....	8
1.2. Climatologia atmosférica	10
1.2.1. Células de circulação atmosférica.....	10
1.2.2. Climatologia e circulação dos ventos e correntes de vento	13
1.2.3. Convergência subtropical sul.....	15
1.3. Massas de água	16
1.4. Correntes oceânicas.....	22
1.4.1. Corrente de Benguela	25
1.4.2. Corrente Circumpolar Antártica	26
1.4.3. Corrente de Moçambique	26
1.4.4. Corrente das Agulhas.....	27
1.4.5. Corrente de Retorno das Agulhas.....	30
Capítulo 2. Desenvolvimento da ferramenta computacional em MATLAB	33
2.1. Método de investigação	33
2.1.1. Determinação dos limites da área de investigação	33

2.1.2. Base de dados.....	34
2.1.3. Seleção dos gráficos	36
2.2. Exposição do desenvolvimento da ferramenta MATLAB.....	38
2.2.1. Funções TEOS-10	38
2.2.2. Exposição da interface gráfica com o utilizador.....	39
2.2.3. Funcionamento da ferramenta	40
2.2.4. Recomendações de utilização	43
Capítulo 3. Interpretação dos resultados obtidos.....	47
3.1. Análise dos perfis verticais num ponto	48
3.1.1. Análise comparativa dos perfis verticais	51
3.1.2. Análise dos diagramas T-S.....	53
3.2 Análise das secções horizontais por imersão fixa	54
3.3. Análise das secções verticais	58
3.3.1. Secções verticais de latitude fixa	59
3.3.2. Secções verticais de longitude fixa.....	62
3.4. Análise geostrófica.....	67
3.4.1. Secções horizontais	67
3.4.2. Secções verticais	69
Conclusões	75
Lista de referências	79
Apêndice A – Resumo alargado.....	83
Apêndice B – Guia para utilização e interpretação de resultados da ferramenta	91
Apêndice C – GUI e Código da ferramenta Climatologia_GEBCO.....	101
Apêndice D – Resultados de perfis verticais num ponto.....	153
Apêndice E – Resultados das secções horizontais por imersão fixa	155
Apêndice F – Resultados das secções verticais de latitude fixa.....	159
Apêndice G – Resultados das secções verticais de longitude fixa	163
Apêndice H – Resultados de geostrofia horizontal por imersão	167
Apêndice I – Resultados de geostrofia vertical da componente norte-sul	169
Apêndice J – Resultados de geostrofia vertical da componente leste-oeste.....	173

Lista de abreviaturas e acrónimos

.csv	<i>comma separated values</i> / valores separados por vírgulas
.nc	<i>numerical control</i> / controlo numérico
AABW	<i>Antarctic Bottom Water</i> / Massa de Água de Fundo da Antártida
AAIW	<i>Antarctic Intermediate Water</i> / Massa de Água Intermédia da Antártida
AASW	<i>Antarctic Surface Water</i> / Massa de Água de Superfície da Antártida
CA	Corrente das Agulhas
CB	Corrente de Benguela
CCA	Corrente Circumpolar Antártica
CDW	<i>Circumpolar Deep Water</i> / Massa de Água Profunda Circumpolar
CM	Corrente de Moçambique
CRA	Corrente de Retorno das Agulhas ou Corrente de Retroflexão das Agulhas
CES	Corrente Equatorial Sul
EN	Escola Naval
GEBCO	<i>General Bathymetric Chart of the Oceans</i> / Cartas Batimétricas Gerais do Oceano
GMAR	Guarda Marinha
GUI	<i>Guided User Interface</i> / Interface Gráfica com o Utilizador
GSW	<i>Gibbs-SeaWater</i>
IAPSO	<i>International Association for the Physical Sciences of the Oceans</i> / Associação Internacional das Ciências Físicas do Oceano
IEW	<i>Indian Equatorial Water</i> / Massa de Água do Índico Equatorial
NaN	<i>not a number</i> / não número
NOAA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i> / Agência Americana para o Oceano e Atmosfera
QC	Questão Central
QD	Questão Derivada

RA	Retroflexão das Agulhas
RSPGIW	<i>Red Sea and Persian Gulf Intermediate Water</i> / Massa de Água Intermédia do Mar Vermelho e do Golfo Pérsico
SA	Salinidade Absoluta
SACW	<i>South Atlantic Central Water</i> / Massa de Água Central do Atlântico Sul
SASW	<i>Subantarctic Surface Water</i> / Massa de Água de Superfície Subantártica
SICW	<i>South Indian Central Water</i> / Massa de Água Central do Índico Sul
Sv	<i>Sverdrup</i> (Unidade de transporte de volume de $10^6 \text{ m}^3/\text{s}$)
SP	Salinidade Prática
TEOS	<i>Thermodynamic Equation Of Seawater</i> / Equação Termodinâmica para a Água do Mar
WOA	<i>World Ocean Atlas</i> / Atlas do Oceano Mundial
WOD	<i>World Ocean Database</i> / Base de Dados do Oceano Mundial

Índice de figuras

Figura 1 - Representação gráfica da área de estudo entre as latitudes 10° S e 50° S, e as longitudes de 6° E e 60° E. Retirada do <i>Google Earth Pro</i>	1
Figura 2 - Campos das correntes superficiais na zona da África Austral relativas a: A) 23-11-2018; B) 20-12-2018; C) 24-01-2019; D) 22-02-2019; E) 21-03-2019; F) 25/04/2019. Adaptada de https://www.windy.com	8
Figura 3 - Circulação atmosférica no modelo de convecção unicelular (modelo não realista).	12
Figura 4 - Circulação global dos ventos de superfície dentro das células de convecção. Acedida em março de 2019.	15
Figura 5 - Distribuição das massas de água de superfície (0 - 500 m) no Oceano Atlântico e Índico. Adaptado de Emery e Meincke, 1986, p. 388.	19
Figura 6 - Distribuição das massas de água intermédias (500 – 1.000 m) no Oceano Atlântico e Índico. Adaptado de Emery e Meincke, 1986, p. 389.	20
Figura 7 - Distribuição das massas de água profundas e de fundo (1.500 m - fundo) no Oceano Atlântico e Índico. Adaptado de Emery e Meincke, 1986, p. 389.	21
Figura 8 - Circulação global do Oceano. Giros e correntes que os compõem.	23
Figura 9 - Representação gráfica da área de estudo com respetivos cortes de latitude e longitude. Retirada do <i>Google Earth Pro</i>	34
Figura 10 - Exemplo gráfico de distribuição de temperaturas na superfície com as duas bases de dados: WOD2018 (esquerda) e WOD2013 (direita), ambas na resolução de ¼°.	35
Figura 11 - Exemplo de mapa batimétrico obtido da ferramenta desenvolvida.	37
Figura 12 - Exemplo de perfil batimétrico, associado a secção vertical de temperaturas na longitude de 58,50 E, obtido da ferramenta desenvolvida.	38
Figura 13 - Apresentação dos menus da GUI do programa Climatologia_GEBCO: "Base de Dados", "Propriedades_T_S_DEN_VS" e "Geostrofia", respetivamente.	40
Figura 14 - Esquema da subdivisão do painel "Área" do menu "Base de dados" da GUI.	41
Figura 15 - Esquema da subdivisão do painel "Outros" do menu "Base de dados" da GUI.	41
Figura 16 - Esquema da subdivisão do painel "Variáveis Fixas" do menu "Base de dados" da GUI.	42
Figura 17 - Mensagem de aviso projetada pela GUI quando o utilizador escolhe uma imersão fixa superior à contida na base de dados.	44
Figura 18 - Esquema ilustrativo das diferentes resoluções batimétricas possíveis de obter: a resolução batimétrica de 0,5 milhas (em cima) e a resolução da WOD (1°) (em baixo).	45

- Figura 19** - Representação gráfica da área de estudo, representando as quatro posições referentes aos perfis verticais obtidos: A) 30,5° S e 11,5° E; B) 43,5° S e 30,5° E; C) 29,5° S e 38,5° E; D) 12,5° S e 52,5° E. Retirada do Google Earth Pro..... 48
- Figura 20** - Resultados gráficos dos perfis verticais de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a posição A (30,5° S e 11,5° E)..... 49
- Figura 21** - Resultados gráficos dos perfis verticais de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a posição B (43,5° S e 30,5° E)..... 50
- Figura 22** - Resultados gráficos dos perfis verticais de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a posição C (29,5° S e 38,5° E).....51
- Figura 23** - Resultados gráficos dos perfis verticais de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a posição D (12,5° S e 52,5° E).51
- Figura 24** - Compilação dos perfis de temperatura (esquerda) e salinidade (direita) dos quatro perfis da área delimitada (A, B, C e D)..... 52
- Figura 25** - Diagrama T-S representativo dos quatro perfis da área em análise (A, B, C e D). 53
- Figura 26** - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para à superfície (imersão de 0 m). Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s..... 55
- Figura 27** - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a imersão dos 100 m. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s. 56
- Figura 28** - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a imersão dos 500 m. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s. 57
- Figura 29** - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a imersão dos 1.000 m. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s. 57
- Figura 30** - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios sazonais, na resolução de 1°, à superfície, no inverno local (lado direito) e verão local (lado esquerdo). Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s.. 58

- Figura 31** - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a secção vertical de latitude fixa de 11,5° S. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s. 59
- Figura 32** - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a secção vertical de latitude fixa de 18,5° S. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s. 60
- Figura 33** - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a secção vertical de latitude fixa de 25,5° S. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s. 61
- Figura 34** - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a secção vertical de latitude fixa de 32,5° S. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s. 62
- Figura 35** - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a secção vertical de latitude fixa de 39,5° S. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s. 62
- Figura 36** - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a secção vertical de longitude fixa de 12, 5° E. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s. 63
- Figura 37** - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a secção vertical de longitude fixa de 19, 5° E. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s. 64
- Figura 38** - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a secção vertical de longitude fixa de 25, 5° E. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s. 64
- Figura 39** - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a secção vertical de longitude fixa de 32, 5° E. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s. 65
- Figura 40** - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a secção vertical de longitude fixa de 38, 5° E. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s. 66
- Figura 41** - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), com valores médios anuais, na

resolução de 1°, para a secção vertical de longitude fixa de 45,5° E. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s. 66

Figura 42 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a secção vertical de longitude fixa de 51,5° E. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s. 67

Figura 43 - Resultados gráficos da corrente geostrófica (componentes leste-oeste e norte-sul, e vetores), com valores médios anuais, na resolução de 1° para as diferentes componentes e vetores da corrente geostrófica à superfície. Intervalos entre contornos de 0, 05 m/s.... 68

Figura 44 - Resultados gráficos de vetores da corrente geostrófica calculada, com valores médios anuais, na resolução de 1°, para os vetores da corrente geostrófica aos 500 m (esquerda) e 1.000 m (direita). 69

Figura 45 - Resultados gráficos das componentes norte-sul da corrente geostrófica, com valores médios anuais, na resolução de 1° nas secções verticais de latitude: 11,5° S; 18,5° S; 25,5° S; 32,5° S; 39,5° S. Intervalo entre contornos de 0,05 m/s. 70

Figura 46 - Resultados gráficos das componente leste-oeste da corrente geostrófica, com valores médios anuais, na resolução de 1°, nas secções verticais de longitude 12,5° E; 19,5° E; 25,5° E; 32,5° E; 38,5° E; 45,5° E; 51,5° E; 58,5° E. Intervalo entre contornos de 0,05 m/s. 73

Índice de tabelas

Tabela 1 - Massas de água da região da África Austral. Adaptada de Emery e Meincke, 1986, p. 385.	18
---	-----------

Introdução

Enquadramento geral

A oceanografia é a palavra ou nome atribuído ao estudo dos oceanos fazendo uso das várias ciências básicas como a física, a química, a biologia e a geologia (Pond e Pickard, 1983, p.1). O objetivo de base reside em “(...) descrever e interpretar o funcionamento do oceano de modo quantitativo e preditivo, que permita prever situação futura com algum grau de confiança.” (Costa, 2017, p. 1).

No âmbito da presente dissertação de mestrado, por forma a analisar a área de estudo, ou seja, a região oceânica da África Austral (**Figura 1**), é necessário recorrer à vertente física da oceanografia. Pois, é aqui que se estuda a distribuição das propriedades do mar, como a temperatura, a salinidade, a densidade, etc., que distinguem as massas de água entre si e se avaliam os movimentos do oceano em resposta às forças sobre ele exercidas (Pickard e Emery, 1982, pp.1-2).

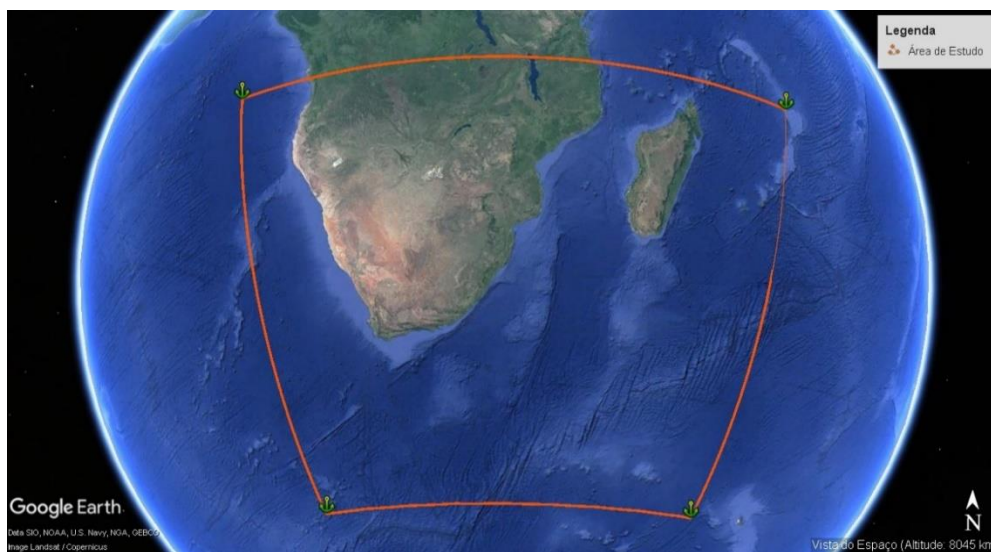


Figura 1 - Representação gráfica da área de estudo entre as latitudes 10° S e 50° S, e as longitudes de 6° E e 60° E. Retirada do *Google Earth Pro*.

A movimentação oceânica, tal como Pickard e Emery referenciam na sua obra, pode ser dividida em duas partes: a causada pela ação, direta ou indireta, do vento e a termohalina, ou circulação profunda (Pickard e Emery, 1982, p. 154). A circulação profunda, é causada pelas diferenças de densidade existentes nas três dimensões dos oceanos que surgem das alterações de temperatura e salinidade ocorridas conforme os locais e a profundidade (Pickard e Emery, 1982, pp. 154-155). Desta forma, a circulação por ela

provocada é uma circulação com componentes horizontais e verticais. Por sua vez, a circulação causada pela ação direta do vento ocorre nas primeiras dezenas de metros e a ação indireta do vento, é sentida logo abaixo dessa camada superficial até a base da termoclina permanente (sensivelmente 1.000 metros, mas variável consoante a área geográfica), originando uma circulação horizontal em que predomina o modo geostrófico. Combinando os efeitos destas duas componentes surgem as correntes oceânicas. (Pickard e Emery, 1982, p. 158).

Para a área de estudo é expectável que nos deparemos com massas de água como a Água Central do Índico Sul (*South Indian Central Water* - SICW), a Água Central do Atlântico Sul (*South Atlantic Central Water* - SACW), a Água de Superfície Subantártica (*Subantarctic Surface Water* - SASW), a Água de Superfície Antártica (*Antarctic Surface Water* - AASW), a Água Equatorial do Índico (*Indian Equatorial Water* - IEW), a Água Intermédia da Antártica (*Antarctic Intermediate Water* - AAIW), a Água Intermédia do Mar Vermelho e Golfo Pérsico (*Red Sea and Persian Gulf Intermediate Water* - RSPGIW), a Água de Fundo da Antártica (*Antarctic Bottom Water* - AABW) e a Água Circumpolar Profunda (*Circumpolar Deep Water* - CDW) (Emery e Meincke, 1986, pp. 385-389). Bem como a Correntes das Agulhas (CA), a Retroflexão das Agulhas (RA), a Corrente de Retorno das Agulhas (CRA)¹, a Corrente de Moçambique (CM), a Corrente Equatorial Sul (CES), a Corrente de Benguela (CB) e a Corrente Circumpolar Antártica (CCA) (Tchernia, 1980, pp. 114-116 e pp. 185-188). Passaremos a adotar essas siglas ao longo do texto, exceto na conclusão.

Âmbito, objetivos e metodologia da dissertação

Esta dissertação foi concebida na área da climatologia oceânica, estudada nas unidades curriculares de Oceanografia I (Descritiva) e Oceanografia II (Dinâmica) da Escola Naval (EN). Para além destas, com o desenrolar da investigação e do trabalho desenvolvido, foi necessário aplicar os conhecimentos adquiridos nas cadeiras de Meteorologia e de Programação. Esta última, bastante importante para apoiar a elaboração da ferramenta informática, projetada e desenvolvida em MATLAB.

¹ A Corrente de Retorno das Agulhas também é por vezes designada de Corrente de Retroflexão das Agulhas.

O trabalho terá como fim a caracterização das massas de água e correntes da região oceânica da África Austral. Foi com base neste objetivo, que surgiu a questão central (QC) que servirá de suporte a esta dissertação:

QC: De que forma pode ser caracterizada a zona oceânica da África Austral, recorrendo a uma ferramenta informática construída em MATLAB?

Partindo desta QC e, por forma a poder facilitar e completar a sua resposta, surgiram as seguintes questões derivadas (QD):

QD1: Qual a dinâmica oceânica característica da região da África Austral?

QD2: Qual a influência da Corrente das Agulhas e da Contracorrente de Retorno das Agulhas na região?

QD3: De que modo é explicada a circulação e interação das correntes presentes na zona?

QD4: De que forma é feita a representação e análise dos dados proporcionados pela GEBCO e NOAA?

Por forma a atingir o objetivo e responder às questões a ele associadas, foi necessário dividir o trabalho em quatro fases. A primeira, baseou-se no estudo de caracterização oceanográfica da zona, nomeadamente a morfologia do fundos, forçamento atmosférico e meteorológico e circulação de escala grande e mesoescala. A segunda fase, traduziu-se na análise dos fenómenos e massas de água existentes. A terceira fase, compreendeu a aplicação de bases de dados do NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) e da GEBCO (*General Bathymetric Chart of the Oceans*), que serão explicadas em **2.1.2. Base de Dados**, numa ferramenta informática desenvolvida e programada em MATLAB que calcula e representa graficamente a temperatura conservativa, a salinidade absoluta, a densidade, a velocidade do som e a corrente geostrófica: são representadas em perfis verticais, em secções horizontais (imersões fixas) e em secções verticais (de latitudes e/ou longitudes fixas); são também associados aos gráficos a representação da batimetria ou perfis de fundo. Por fim, numa quarta fase, é feita a análise e fundamentação teórica dos resultados obtidos.

Pertinência do tema

Os primórdios do estudo da oceanografia da região da África Austral, reportam ao ano de 1832, quando o oceanógrafo britânico, Major James Rennell (Lutjeharms, 2007, p. 129), deu início aos estudos científicos acerca da Corrente das Agulhas, que constituía, uma grande obstrução (corrente contrária) para os navios mercantes que circulavam da Europa para a Índia. Desde essa época, a Corrente e a Retroflexão das Agulhas têm sido estudadas

por diversos cientistas, gerando mais conhecimento que, juntamente com o desenvolvimento tecnológico, possibilitaram identificá-la com uma maior exatidão, caracterizando melhor o espaço por esta ocupado e os fenómenos que a seguem, como é o caso dos meandros, *eddies* e anéis.

Ainda que já existam duas dissertações de mestrado na Escola Naval que abranjam estas áreas científicas, mas noutras áreas de estudo (Atlântico Nordeste e Atlântico Noroeste), nunca é demais tentar melhorar os trabalhos anteriores, em termos de *software*, por forma a tentar colocá-los mais apelativos e de fácil interpretação. Desta maneira, esta investigação pretende transpor os modelos anteriores, aplicando-o numa área de investigação diferente, a África Austral.

Esta zona remete-nos para a epopeia dos Descobrimentos e dos navegantes Portugueses que muito se debateram para combater a mítica figura, por eles criada, e conseguirem ultrapassar o cabo das Tormentas, hoje conhecido por cabo da Boa Esperança. Foi este grande feito que nos permitiu chegar, mais tarde, à Índia e estabelecer uma das grandes rotas comerciais, entre a Europa e a Índia.

Como futuro oficial da Marinha, é de grande importância conhecer o mar, no contexto operacional. É, neste sentido, que surge a utilidade desta dissertação. Com o progresso deste projeto de investigação, tentar-se-á desenvolver e expandir os conhecimentos sobre a zona da África Austral.

Estrutura da dissertação

Com o decorrer da investigação e desenvolvimento da dissertação, houve a necessidade de efetuar alterações na estrutura inicialmente proposta no plano de dissertação. As alterações realizadas visaram dar ao leitor uma melhor perceção do progresso e desenrolar do trabalho.

Assim sendo, esta dissertação dispõe de uma apresentação generalista do tema, onde são também descritos o âmbito, objetivos, pertinência e estrutura desta dissertação. O primeiro capítulo incorpora o enquadramento teórico que irá auxiliar no reconhecimento, diferenciação e descrição dos fenómenos existentes na área em estudo. No Capítulo 2, é evidenciada e explicada a delimitação da área de estudo e os diversos passos para o desenvolvimento da ferramenta de estudo oceanográfico. No terceiro capítulo são analisados e discutidos os resultados conseguidos por utilização e exploração do programa construído.

A dissertação finda com a apresentação das respostas às questões que originaram a pesquisa, sendo, portanto, apresentadas as conclusões e dificuldades encontradas. Para além disso, são ainda colocados em apêndices o resumo alargado da investigação desenvolvida (Apêndice A), o manual de utilização da ferramenta (Apêndice B) e o código da programação desenvolvida (Apêndice C).

Capítulo 1. Enquadramento teórico

Os oceanos são de extrema importância para a nossa sociedade e planeta. Nos dias que correm, o oceano é utilizado pelo Homem para as mais distintas atividades, nomeadamente, pesca e comércio marítimo, extração de recursos energéticos, investigação e desenvolvimento, monitorização ambiental, uso no contexto de segurança e defesa, etc.

Cada região oceânica detém distintos padrões e, como tal, são diversos os estudos que se realizam em volta deste meio, o mar, e das suas várias zonas, como é o caso da zona de estudo proposta, a África Austral. Ou mesmo aqueles, mais pormenorizados e detalhados, que dedicam o seu estudo às correntes, como é o caso da Corrente e Retroflexão das Agulhas, a Corrente do Golfo ou mesmo a Corrente do Brasil, entre muitas outras.

Nos giros oceânicos, ou seja, em sistemas de circulação relativamente fechados, o movimento das águas é relativamente semelhante de oceano para oceano. Com esta dissertação pretender-se-á analisar e compreender parte dos dois giros subtropicais que delimitam a zona da África Austral.

As correntes oceânicas surgem do efeito do vento, das variações das densidades da água e do efeito da rotação da Terra e morfologia do fundo. Isto faz com que se gere uma circulação, de escalas média e grande, que transporta teor salino, energia térmica e outras substâncias. Para além disso, as correntes oceânicas podem ainda dar origem a outros fenómenos como é o caso dos vórtices, meandros², jatos e *eddies*. Prova disso é a **Figura 2** que demonstra, num conjunto de seis imagens, retiradas do *Windy*³, separadas de mês a mês que, apesar do padrão persistente, revela a variabilidade de mesoescala existente nas correntes. Desde o dia 23 de novembro de 2018 para o dia 25 de abril de 2019 é visível a alteração nos meandros, a variabilidade do jato e das correntes, o aparecimento de vórtices e a formação e desintegração de anéis. As estruturas típicas de mesoescala costumam apresentar variabilidades espaciais na ordem das dezenas ou poucas centenas de quilómetros e temporais de semanas a meses.

² Oscilações da estrutura da corrente no espaço e no tempo.

³ <https://www.windy.com>

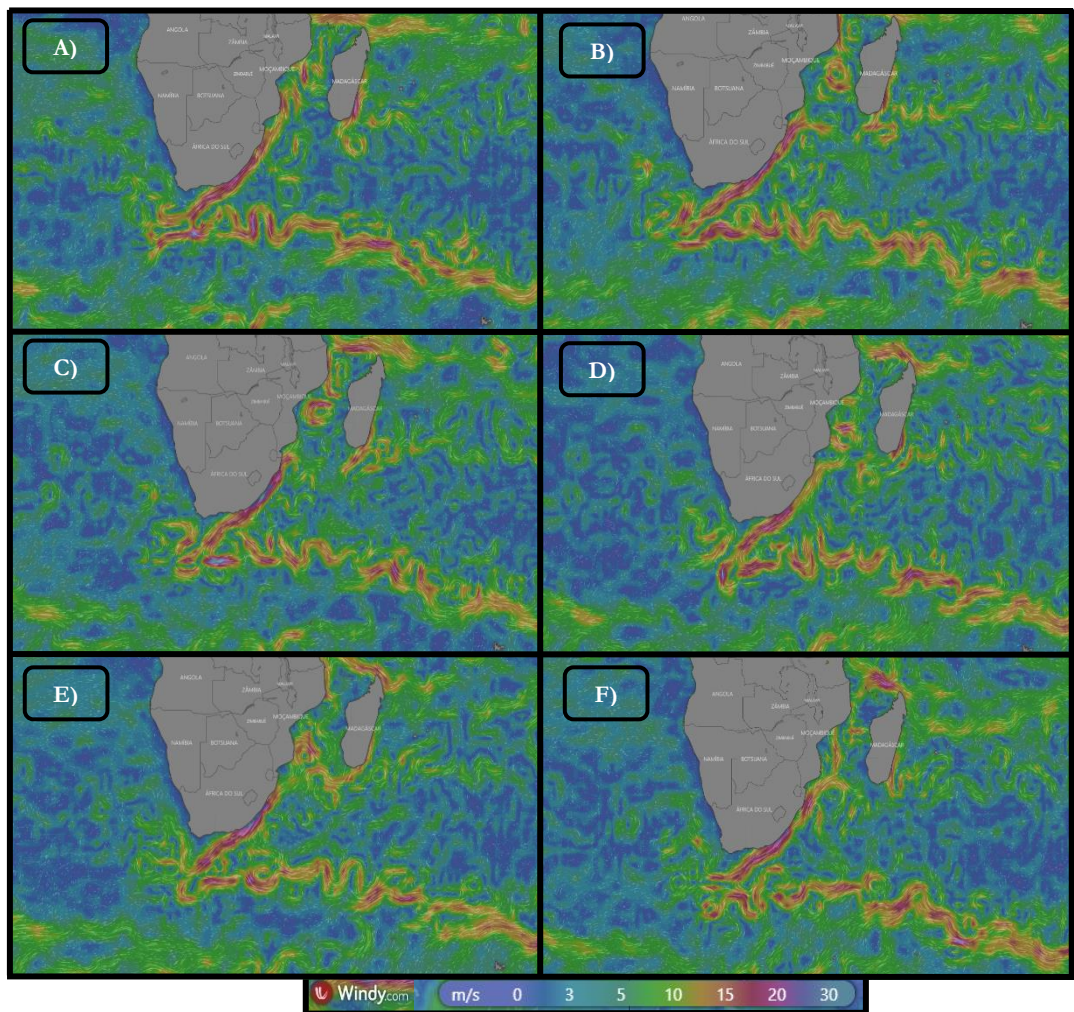


Figura 2 - Campos das correntes superficiais na zona da África Austral relativas a: A) 23-11-2018; B) 20-12-2018; C) 24-01-2019; D) 22-02-2019; E) 21-03-2019; F) 25/04/2019. Adaptada de <https://www.windy.com>.

1.1. Morfologia do fundo do mar

Compreendida entre as latitudes dos 10° S a 50° S e entre as longitudes dos 6° E a 60° E a região em análise, a África Austral, encontra-se rodeada pelo Oceano Índico, no seu lado leste, a oeste pelo Atlântico Sul e a sul por ambos.

Aludindo às correntes oceânicas, a área é envolta na CB que percorre toda a costa oeste do continente africano, na CCA que progride para leste e se desloca no extremo sul da área, na CES no extremo nordeste, na CM e na CA a acompanhar a costa leste do continente africano, desde o lado norte do Canal de Moçambique, até à ponta mais a sul do continente, o Cabo das Agulhas. Aqui a CA roda bruscamente, revertendo o seu sentido para leste dando origem à CRA.

A área em análise apresenta um fundo marinho de profundidades entre os 2.000 m e os 5.000 m. No lado oeste da costa africana, tendo como fonte o *Admiralty Sailing Directions, do United Kingdom Hydrographic Office*, referente ao *Africa Pilot*, volume 2, NP 2, 2017, p. 17 (referência que se passará a abreviar por NP2), a plataforma continental apresenta uma extensão de cerca de 50 milhas. A níveis mais profundos, encontramos a cordilheira *Walvis Ridge*, que se estende desde o grupo de ilhas Tristão da Cunha (situadas fora da zona de estudo) em direção a nordeste, até chegar ao largo da costa africana, nas imediações do Cabo Fria (18° 25,93' S e 12° 00,41' E). A norte desta cordilheira situa-se a Bacia de Angola, com uma profundidade, na sua maioria, acima dos 5.000 m, com um fundo quase plano, com a exceção do monte submarino *Dampier* (já fora da área de estudo). Limitada a noroeste pela cordilheira acima supracitada e a sudeste pela cordilheira das Agulhas, está situada a Bacia do Cabo, com profundidades médias de 4.700 m. Nesta bacia encontra-se o monte submarino *Vema* que atinge uma profundidade mínima de 7 m. Estas bacias apresentam como componente predominante a argila vermelha.

Segundo o *Admiralty Sailing Directions, do United Kingdom Hydrographic Office*, referente à *Africa Pilot*, volume 3, NP 3, 2016, pp. 13-14 (referência que se passará a abreviar por NP3), no lado sul da área, a plataforma continental é muito larga, chegando a atingir as 120 milhas no sul-sudeste do Cabo das Agulhas (34°49' S e 020°00' E), com um gradiente íngreme até à profundidade dos 75 m, na parte externa da plataforma, que abrange o Banco das Agulhas. Para além disto, deparamo-nos com inúmeras cristas e depressões, causadas pela CA.

Por fim, ainda com base no NP3, 2016, pp. 13-14, na margem oriental do continente africano, a plataforma é, na sua plenitude, estreita, apresentando uma largura de menos de 5 milhas, encontrando-se a sua borda em profundidades relativamente baixas (60 a 100 m). Quanto à natureza do fundo a areia é o seu principal constituinte. Contudo, para as zonas mais profundas são sedimentos finos que predominam.

A níveis mais profundos, na área a sul do Canal de Moçambique, deparamo-nos com o Planalto das Agulhas que aparece a sudeste do Cabo das Agulhas e a aproximadamente 120 milhas do bordo da plataforma continental, com profundidades inferiores aos 4.000 m. Entre o planalto e a plataforma, existem inúmeros montes submarinos, dos quais há a realçar o monte submarino Natal (37° 25' S e 22°15' E) que se eleva até aos 1.845 m de profundidade. Para além deste, situado a sudeste da costa africana, há que realçar ainda o Planalto de Moçambique, prolongado a sensivelmente 110 milhas, a sul da plataforma continental, ao

largo da Ponta Zavora (24°31,40' S e 35°11,83' E) até cerca dos 40° S. Com exceção da sua parte norte, onde este planalto é praticamente uma extensão da plataforma, a sua profundidade varia, em termos médios, entre os 2.000 m e os 4.000 m. Por fim, o Planalto de Madagáscar, que se encontra entre a latitude dos 26° S e 36° S, com uma largura a rondar as 320 milhas e profundidades a variar entre os 100 e os 2.500 m (NP3, 2016, pp. 13-14).

Relativamente a bacias, nesta área, deparamo-nos com a Bacia de Moçambique, que se encontra entre o Planalto de Moçambique e o de Madagáscar e, limitado desde o extremo sul do Canal de Moçambique e a latitude dos 42° S, têm uma largura em torno das 270 milhas e profundidade até aos 6.000 m. Mais próximo de costa, na ponta sudeste do continente africano, entre o Planalto das Agulhas e de Moçambique, encontra-se a Bacia de *Transkei*, de menores dimensões e com profundidades, geralmente, superiores a 4.500 m (NP3, 2016, pp. 13-14).

O Canal de Moçambique apresenta uma largura média de 215 milhas, máxima de 430 milhas e mínima de 135 milhas. Aqui, com uma profundidade mínima de 69 m, encontra-se o Banco Almirante Leite (36°12' S e 35°03' E) e o monte submarino *Paisley* (14°10' S e 41°29' E) com uma profundidade mínima de 275 m (NP3, 2016, pp. 13-14).

1.2. Climatologia atmosférica

1.2.1. Células de circulação atmosférica

No nosso planeta, o oceano e a atmosfera funcionam como um sistema interdependente que cedem calor e movimento, um ao outro. Ao receber a energia solar, o oceano, através de processos de condução ou evaporação, transfere calor para a atmosfera, iniciando e mantendo, no equador e baixas latitudes, processos de convecção das células atmosféricas. Por sua vez, a atmosfera ao receber essa energia, responde criando ventos dominantes (característicos de cada zona ou faixa de latitudes), que originam e conduzem a maioria das correntes superficiais e ondas no oceano (Trujilo e Thurman, 2014, pp. 179). A energia radiante do Sol é, portanto, a fonte de energia para os fluxos presentes na interação

oceano-atmosfera, moldando os padrões climáticos no nosso planeta, intervindo no estado do tempo⁴ e no clima⁵ (Costa, 2017, p. 80).

A intensidade da radiação solar recebida, ao longo da superfície terrestre, varia consoante a latitude, a estação do ano e a hora do dia. Esta variação fará com que temperatura, densidade, vapor de água e pressão na própria atmosfera se comportem de maneiras distintas (Trujilo e Thurman, 2014, p. 209). Ao longo das baixas latitudes, próximas do equador, os ângulos de incidência na superfície são maiores (Sol mais acima do horizonte) e, como tal, a energia radiante incide sobre uma área menor, originando por isso um aumento do fluxo a ela associado, estando por isso mais concentradas. Por sua vez, consoante o aumento de latitude, os raios passam a incidir segundo ângulos menores (menores alturas do Sol) e, assim sendo, a mesma quantidade de radiação é espalhada por uma área maior. Ou seja, é na zona equatorial que existe maior quantidade de energia solar absorvida (Trujilo e Thurman, 2014, pp. 181-182).

Ao incidir na superfície terrestre, a luz solar aquece-a (sendo absorvida pelo mar e, embora em menor quantidade, pelo solo de terra). Essa energia acaba por ser cedida, de volta para a atmosfera, sob outras formas, como sejam por radiação infravermelha, por calor latente de evaporação e por calor de condução. Associado, em grande parte, à temperatura do ar, está a capacidade desta em reter vapor de água, aumentando essa capacidade com a temperatura do ar. Assim, a evaporação é maior para condições de maiores temperaturas da superfície do mar e de maior intensidade do vento. Por sua vez, o vapor de água, dado ter menor densidade que o ar seco, influencia, de forma inversa, a densidade do ar, ou seja, quanto maior for a quantidade de vapor de água existente menor irá ser a densidade do ar. O ar quente e húmido, por cedência do mar, sendo menos denso, tem potencial para ascender, nas células de convecção. A densidade varia consoante a altitude ou diminuição da pressão, diminuindo conforme o aumento de altitude. Resultante das mudanças de temperatura e da densidade do ar, nas três dimensões e sobretudo na horizontal, ocorrem

⁴ Conjunto de condições atmosféricas para um determinado período de tempo (curto prazo) e local (NASA (2005), "NASA - *What's The Difference Between Weather And Climate?*", 2005, https://www.nasa.gov/mission_pages/noaa-n/climate/climate_weather.html, acedido em março de 2019).

⁵ Descrição padrão de tempo, a longo prazo, para uma área em particular (NASA (2005), "NASA - *What's The Difference Between Weather And Climate?*", 2005, https://www.nasa.gov/mission_pages/noaa-n/climate/climate_weather.html, acedido em março de 2019).

gradientes na pressão atmosférica, causa e origem do movimento do ar ou vento (Trujillo e Thurman, 2014, pp. 183-185).

“Para a circulação da atmosfera poderia pensar-se no modelo simples de ar quente e húmido a subir no equador e ar frio e seco a descer nos polos.” (Costa, 2017, p. 81). Por outras palavras, o ar quente e húmido à superfície, cria uma baixa pressão térmica no equador e, à medida que sobe, vai arrefecendo e condensando (formação de nuvens), até atingir o topo da troposfera, de onde seria reencaminhado em altitude para os polos donde desceria e formaria uma alta pressão na superfície. Com estas duas áreas de pressão, o ar mover-se-ia, na superfície, das altas para as baixas pressões, ou seja, dos polos para o equador. Esta movimentação do ar é chamada de célula de convecção ou de circulação (Trujillo e Thurman, 2014, pp. 185-186), esquematizada na **Figura 3**. Mas, este modelo de uma só célula, por hemisfério, ao não considerar o efeito de Coriolis, da rotação da Terra, não é realista.

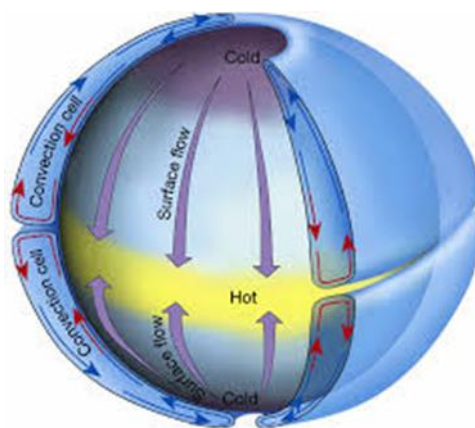


Figura 3 - Circulação atmosférica no modelo de convecção unicelular (modelo não realista)⁶.

Ao rodar sobre o seu próprio eixo, com rotação de oeste para leste, a Terra gera deflexão no movimento dos “objetos”, em particular os fluidos da atmosfera e oceano, influenciando o seu percurso. Essa deflexão é o efeito de Coriolis, já que o sistema de referência utilizado (meridianos e paralelos terrestres) tem movimento acelerado (de rotação em torno do eixo polar); o efeito é explicado pelo princípio da conservação do momento angular. Sendo a magnitude do efeito dada pela componente vertical local do vetor da rotação terrestre, varia entre zero no equador e máximo positivo no polo Norte, e máximo negativo no polo Sul, ou seja, o efeito de Coriolis varia com a latitude. No Hemisfério Norte o movimento é redirecionado para a direita e, no Hemisfério Sul, para a esquerda, sendo

⁶ Retirado e acedido em março de 2019 de <http://www3.inpe.br/crs/crectalc/pdf/camila.pdf>.

máximo nos polos e nulo no equador (Trujilo e Thurman, 2014, pp. 186-189; Costa, 2017, pp. 81-82).

Partindo do diferenciado aquecimento causado pela diferença de energia solar recebida e cedida ao longo da superfície terrestre, de acordo com a latitude, da diferente espessura da troposfera e do efeito de Coriolis, resultante da rotação que o planeta efetua em torno do seu próprio eixo, desenvolvem-se três células de circulação atmosférica em cada hemisfério, a variar de 30° em 30° (Trujilo e Thurman, 2014, pp. 186-189; Costa, 2017, p. 83). Este um modelo mais consistente. Assim, entre o equador e a latitude dos 30° predominam as células de Hadley, dos 30° aos 60° surgem as células de Ferrel e, por fim, dos 60° aos 90° as células Polares.

As fronteiras destas células encontram-se definidas pelas altas e baixas pressões espalhadas ao longo da superfície terrestre. Regiões de alta pressão, com predominância de ar descendente, frio, seco e denso, podem ser encontradas nos polos (altas polares) e na latitude na casa dos 30° norte ou sul (altas subtropicais). Por sua vez, as baixas, onde existe ar quente, menos denso e, por consequência, com movimento ascendente, situam-se no próprio equador (baixa equatorial) e na latitude dos 60° (baixas subpolares) criando movimento entre elas (Trujilo e Thurman, 2014, p. 180 e p. 210). Uma coluna de ar, predominante das baixas atmosféricas apresenta uma circulação ciclônica (positiva, no sentido contrário ao dos ponteiros do relógio no Hemisfério Norte) “[...] com convergência à superfície e divergência em altitude.” (Costa, 2017, p. 82) enquanto que as altas têm circulação anticiclônica (negativa, no sentido dos ponteiros do relógio no Hemisfério Norte) “[...] com divergência à superfície e convergência em altitude.” (Costa, 2017, p. 82).

1.2.2. Climatologia e circulação dos ventos e correntes de vento

O movimento criado por estas fronteiras de baixas e altas pressões nas células de convecção dá origem aos ventos dominantes ao longo da superfície terrestre. Na superfície das células de Hadley os ventos prevaletentes são denominados de ventos alíseos. Com deslocamento desde as altas pressões subtropicais até a baixa pressão equatorial, estes ventos, dado a deflexão provocada pelo efeito de Coriolis, ao se aproximarem do equador, em pleno Hemisfério Sul, curvam-se para a esquerda, soprando de sudeste para noroeste. Enquanto isso, no Hemisfério Norte, o vento redireciona-se para a direita, movendo-se de nordeste para sudoeste (Trujilo e Thurman, 2014, pp. 190-191).

Nas células de Ferrel, nas latitudes médias, os ventos prevalecentes de oeste, sopram de nordeste para sudeste no Hemisfério Sul e de sudoeste para nordeste no Hemisfério Norte. Enquanto isso, nas células Polares, entre os 60° e 90°, o ar tem tendência a divergir das altas pressões existentes nos polos, originando ventos polares de leste que, no Hemisfério Sul, sopram de sudeste para noroeste e, no Hemisfério Norte, de nordeste para sudoeste. Aqui o efeito de Coriolis é máximo de modo que os ventos são ainda mais desviados (Trujilo e Thurman, 2014, pp. 191).

Entre os trópicos, a região de baixas pressões sobre a qual convergem os ventos alíseos de noroeste e de sudeste, servindo como fronteira entre os mesmos, é denominada de Zona de Convergência Intertropical (ITCZ). Centrada na latitude dos 30°, norte e sul, encontram-se as latitudes do cavalo (fronteira que separa os ventos alíseos e ventos de oeste referidas de *horse latitudes* em inglês). Por fim, sobre as baixas pressões subpolares, na latitude dos 60°, encontra-se a frente polar, que separa os ventos de oeste do lado equatorial dos ventos polares de leste (Trujilo e Thurman, 2014, p. 191).

Olhando para a **Figura 4**, encontram-se representadas as células de convecção e ventos a elas associados, servindo esta de ilustração e esquematização do que foi descrito ao longo deste subcapítulo.

A área de estudo, delimitada dos 10° S aos 50° S, encontra-se sob as células de convecção de Hadley (a norte) e de Ferrel (a sul). Como tal, desde o limite norte até a latitude dos 30° S, prevalecem os ventos alíseos de sudeste e, daí até a latitude dos 50° S os ventos de oeste.

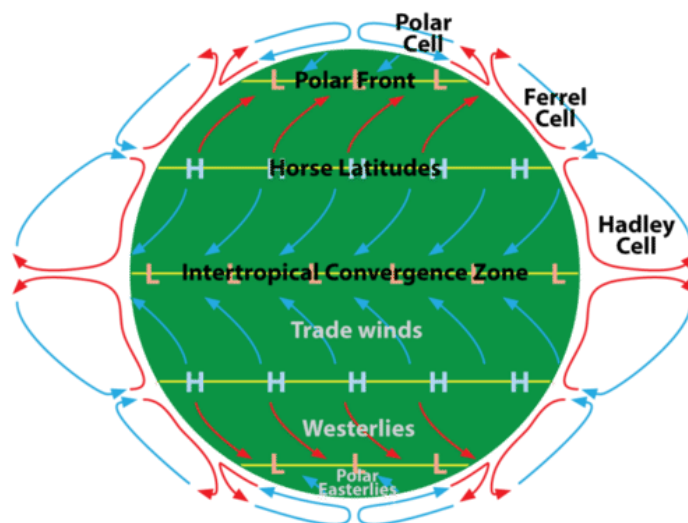


Figura 4 - Circulação global dos ventos de superfície dentro das células de convecção. Acedida em março de 2019⁷.

1.2.3. Convergência subtropical sul

Tendo em consideração aquilo que já foi referenciado ao longo deste subcapítulo, os movimentos da atmosfera e oceano estão interligados. Assim sendo, os ventos dominantes originados nas células de circulação vão provocar na superfície o movimento das águas criando as correntes oceânicas superficiais (explicada mais ao pormenor em **1.4. Correntes oceânicas**).

Da tensão do vento na superfície do oceano combinada com o efeito de Coriolis, resulta a camada e transporte de Ekman. Em consequência da “[...] variação espacial dos ventos dominantes e do transporte de Ekman⁸ associado resultam convergências e divergências horizontais de transporte.” (Limpinho, 2018, p. 20).

Marcadas pela aproximação de distintas massas de água, na convergência, as águas de superfície são empurradas para baixo, com movimentos de *downwelling*. Este processo é verificado na transição ou fronteira das células de Hadley e de Ferrel (30° a 40°), dando origem às convergências subtropicais e nas latitudes de 50° a 55° formando a Convergência

⁷ Retirado e acedido em março de 2019 de <https://www.ck12.org/earth-science/circulation/lesson/Circulation-in-the-Atmosphere-HS-ES/>.

⁸ O «transporte de Ekman» refere o movimento resultante da espiral de Ekman, desde a superfície até à base da camada de Ekman, até onde se constata o movimento forçado diretamente pelo vento. Foi demonstrado por Ekman, no início do século XX, que esse transporte é 90° para a direita do rumo do vento no Hemisfério Norte, e 90° para a esquerda no Hemisfério Sul.

Ártica (no Hemisfério Norte) e Antártica (no Hemisfério Sul) (Costa, 2017, p. 95). Enquanto isso, as divergências são determinadas pelo afastamento de massas de água, estabelecendo *upwelling*, ou seja, movimentos ascendentes. Como exemplos desta podem mencionar-se a Divergência Subártica (Hemisfério Norte) e a Subantártica (Hemisfério Sul), nas fronteiras das células de Ferrel e Polar (60°-70°) e a Divergência Equatorial (Costa, 2017, pp. 95).

Dentro da zona em análise, a região da África Austral, quase no seu limite sul, encontramos a convergência subtropical Sul e, mesmo no seu limite sul (50° S), a Convergência Antártica. No entanto, aqui será apenas descrita a convergência subtropical sul.

A convergência subtropical sul surge, na área em análise, com a sua posição a variar entre os 3° S-38° S, no lado do Atlântico, e os 42° S-44° S, no lado do Índico, sendo a sua posição média associada ao paralelo dos 40° S. Esta sua oscilação ao longo dos sectores de latitude está relacionada com as correntes de componente norte-sul (como a CA) ou com os desvios impostos às correntes por obstrução do talude continental (Tchermia, 1980, p. 64). Manifesta-se como local onde as águas superficiais tropicais, arrastadas para o sudoeste na parte sul do anticiclone subtropical se deparam com as águas superficiais da subantártica e, na sua movimentação, de sul para norte, define-se por um acentuado gradiente de temperatura (10°C a 14°C no inverno e 14°C a 18°C no verão) e de salinidade (aumentando de 34,5 g/kg para 35 g/kg) (Tchermia, 1980, p. 64).

1.3. Massas de água

Aquilo que hoje conhecemos por massas de água, advém, tal como enunciado por Emery, 2003, p. 1556, do conceito meteorológico de “massas de ar”, utilizado para definir e caracterizar os diferentes fenómenos atmosféricos.

As águas do mar são portadoras de características de temperaturas e salinidade próprias que resultam de processos como a precipitação, evaporação, aquecimento e arrefecimento e do local de origem, que lhes proporcionam “identidades” próprias. Ao longo dos percursos (vertical ou horizontal) nos oceanos a água tende a preservar as suas características. No entanto, a mistura com outras águas acaba por ser inevitável, o que faz com que as relações de salinidade e de temperatura alterem ligeiramente (Pickard e Emery, 1990, pp. 171-172).

Tendo em conta que a circulação das correntes oceânicas é forçada pelo vento e por diferenças de densidade, as massas de água ficam divididas por camadas e por áreas geográficas, preservando nelas as suas características dentro de gamas específicas. As massas de água têm a sua origem na mistura de duas ou mais águas tipo⁹ (Costa, 2017, p. 94 e Sverdrup, Johnson e Fleming, 1942, p. 143) e podem ser identificadas através da análise das suas propriedades (temperatura e salinidade). Essa análise é feita por base em diagramas T-S¹⁰, introduzido por Helland-Hansen, em 1916, tendo em conta que as diferentes massas de água podem ser representadas por um retângulo ou curva (Costa, 2017, p. 94 e Sverdrup, Johnson e Fleming, 1942, p. 142).

De acordo com Emery e Meincke, 1986, p. 383, o estudo das massas de água remonta a 1942, quando Sverdrup *et al.* recolheram e estudaram numerosas observações oceanográficas. Desde então, os estudos focaram-se mais a nível regional até que, em 1975, Mameyev repensou e reviu os limites característicos das massas de água, a nível global, e concebeu uma tabela, com as suas características e mapas globais de massas de água intermédias e profundas. Não obstante, esses mapas e tabelas foram produzidas a uma escala muito reduzida e os critérios usados para definir as fronteiras das massas de água difíceis de determinar.

Por forma a atualizar a informação até então conseguida, Emery e Meincke (1986) elaboraram um artigo resumo onde descrevem, de forma compacta, as massas de água à escala global. Para tal, basearam-se na antiga e clássica definição de camadas verticais para separar as massas de água: superior (0-500 m), intermédia (500-1.500 m) e profunda (1.500 m ao fundo) (Emery e Meincke, 1986, p. 387).

Para o contexto desta dissertação de mestrado, apenas as massas de água presentes na **Tabela 1**, serão abordadas e analisadas quanto à sua formação e origem. Nesta tabela, para além das massas de água subdivididas pelas respetivas camadas verticais é também possível verificar a gama de valores das suas características, nomeadamente, da sua temperatura e salinidade.

⁹ Água tipo resulta da combinação de distintas e particulares temperaturas e salinidades de uma porção de água homogénea, acabando por se refletir num ponto do diagrama T-S.

¹⁰ Gráficos que confrontam temperaturas (ordenadas) e salinidades (abscissas) ao longo de um perfil vertical, de modo a tentar perceber as distintas massas de água ali presentes.

No oceano superior, as massas de água estendem-se desde a superfície até aos 500 ou 1.000 m, local onde se situa a base da termoclina permanente (Costa, 2017, p. 95). Esta camada encontra-se dividida em dois subtipos de massas de água. As de superfície subpolares, que, como o próprio nome indica, detêm a sua origem nas zonas subpolares, nas latitudes dos 60° a 70° (norte e sul), junto às Divergências Subárticas e Subantárticas, e as águas centrais que se encontram associadas aos próprios giros subtropicais do oceano (Emery e Meincke, 1986, p. 388). Neste âmbito, para a área em análise, tendo em conta a **Tabela 1** e a **Figura 5**, na região oceânica da África Austral, deparamo-nos com quatro massas de águas distintas: SACW, SICW, SASW e IEW.

Tipos de água	Massa de água	Características	
		Temperatura <i>in-situ</i> (°C)	Salinidade prática (ups)
Águas de Superfície (0 - 500 m)	South Atlantic Central Water (SACW)	5,0 - 18,0	34,3 - 35,8
	Indian Equatorial Water (IEW)	8,0 - 23,0	34,6 - 35,0
	South Indian Central Water (SICW)	8,0 - 25,0	34,6 - 35,8
	Subantartic Surface Water (SASW)	3,2 - 15,0	34,0 - 35,5
Águas Intermédias (500 - 1.500 m)	Antarctic Intermediate Water (AAIW)	2,6 - 6,0 (Atlântico) 2,0 - 10,0 (Índico)	33,8 - 34,8
	Red Sea - Persian Gulf Intermediate Water (RSPGIW)	5,0 - 14,0	34,8 - 35,4
Águas de Profundas e de Fundo (1.500 m - fundo)	North Atlantic Deep Water (NADW)	1,5 - 4,0	34,8 - 35,0
	Antarctic Bottom Water (AABW)	-0,9 - 1,7	34,64 - 34,72
	Circumpolar Deep Water (CDW)	0,1 - 2,0	34,62 - 34,73

Tabela 1 - Massas de água da região da África Austral. Adaptada de Emery e Meincke, 1986, p. 385.

No lado atlântico, a SACW com origem na zona de confluência da Corrente do Brasil e da Corrente das Falkand ou Malvinas (Gordon, 1981, *apud* Stramma e England, 1999, p. 864) (mancha a ponteadado dentro da SACW na **Figura 5**), apresenta temperaturas que variam entre dos 5 °C aos 18 °C e salinidades entre os 34,3 g/kg e 35,8 g/kg. Transportada em aproximação ao continente africano pela Corrente do Atlântico Sul, onde uma parte contribui, diretamente, para a CB (Stramma e England, 1995, p. 866), esta massa de água estende-se dos 15° N (Tomczak, 1984, supracitado por Emery e Meincke, 1986, p. 384) até cerca do paralelo dos 40° S, onde se encontra com a linha média da convergência subtropical, ligada à Corrente do Atlântico Sul (Stramma e Peterson, 1990 *apud* Stramma e England, 1995, p. 864).

A SICW, já no lado do Oceano Índico, a sul do equador, limitada a sul pela convergência subtropical, manifesta a sua génese entre a latitude dos 35° S e dos 25° S, mais próxima da costa australiana do que da africana (Tchermia, 1980, p. 209). Caracterizada por ser uma massa de água relativamente quente e salina, apresenta um intervalo de temperaturas e salinidades a variar entre 8 °C e 25 °C e 34,6 g/kg e 35,8 g/kg, respetivamente, tal como expresso na **Tabela 1**. Esta sua elevada salinidade ocorre dado ao excesso de evaporação da zona subtropical onde se origina (Tchermia, 1980, p. 209).

Ainda no lado do Oceano Índico a IEW ostenta faixas de temperaturas e salinidades elevadas, mas com valores máximos de salinidade mais baixos que a SICW (25 °C e 35 g/kg) (Emery e Meincke, 1986, p. 386).

A SASW é formada numa área entre a convergência subtropical (cerca de 40° S) e a convergência antártica (entre 50° e 60° S) através da mistura das águas quentes das correntes superficiais subtropicais do Atlântico, do Índico e do Pacífico, com as águas frias da CCA (Encyclopaedia Britannica, 2019). Considerada uma massa de água circumpolar apresenta temperaturas a variar entre os 3,2° C e 15° C e salinidades entre os 34 g/kg e os 35,5 g/kg (Emery e Meincke, 1986, pp. 385-387). As maiores gamas de salinidade ocorrem na área do Atlântico (Sverdrup, Johnson e Fleming, 1942, pp. 612-613).

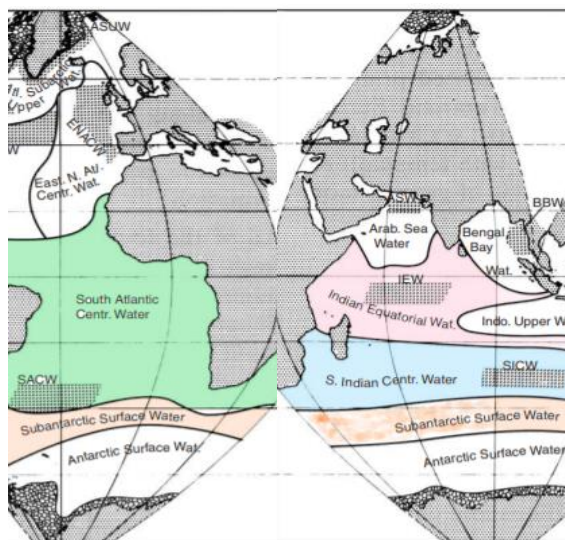


Figura 5 - Distribuição das massas de água de superfície (0 - 500 m) no Oceano Atlântico e Índico. Adaptado de Emery e Meincke, 1986, p. 388.

Nos níveis da água intermédia, definida desde a base da termoclina permanente (500 a 1.000 m) até aos 1.500 m ou 2.000 m, é notória, na área, a presença da AAIW e da RSPGIW, representadas na **Tabela 1** e na **Figura 6**.

Formada na Zona Frontal Polar Antártica, ou seja, na zona de passagem entre a Frente Polar Subantártica e Antártica, a AAIW, com exceção do Oceano Índico onde alcança apenas a latitude dos 5° S, estende-se ao longo de todas as bacias oceânicas até ao limiar da latitude dos 20° N (Emery, 2003, pp. 1560-1563; Gordon, 1971 *apud* Emery e Meincke, 1986, p. 388). Ao que às suas propriedades diz respeito, tal como é possível verificar na **Tabela 1**, esta massa de água apresenta alterações ao longo do seu percurso pelas bacias oceânicas. No lado do Oceano Índico, exibe uma faixa de temperaturas ligeiramente mais elevadas e uma gama de salinidades semelhantes, comparativamente ao lado atlântico. Desde modo, no Oceano Índico, as suas temperaturas e salinidades variam dos 2 °C aos 10 °C e dos 33,8 g/kg aos 34,8 g/kg, enquanto no Oceano Atlântico, esses valores vão dos 2 °C aos 6 °C e dos 33,8 g/kg aos 34,8 g/kg (Emery e Meincke, 1986, p. 386).

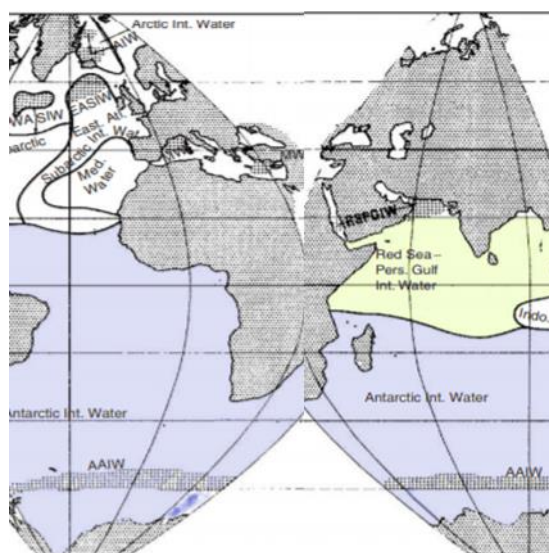


Figura 6 - Distribuição das massas de água intermédias (500 – 1.000 m) no Oceano Atlântico e Índico. Adaptado de Emery e Meincke, 1986, p. 389.

Em níveis mais profundos, entre os dois e os quatro quilómetros, e daí até ao fundo oceânico, encontram-se as massas de água profundas e as de fundo, respetivamente. Ao nos referirmos a este tipo de massas de água há que realçar que é a topografia do fundo do mar que tem influência na circulação junto ao fundo e na distribuição dessas águas (Emery e Meincke, 1986, p. 389).

Na região da África Austral, tendo em conta a **Figura 7** e a **Tabela 1**, é expectável encontrar a NADW, a CDW e a AABW.

Com origem no Mar de Weddell, a AABW é uma água muito fria, densa e salina que se estende até cerca dos 30° N, acabando por abranger uma boa parte dos fundos abissais (Emery, 2003, p. 97; Emery e Meincke, 1986, p. 386; Costa, 2017, p. 97). Surge então caracterizada com uma gama de temperaturas a variar entre -0,9 °C e 1,7 °C e salinidade entre os 34,64 g/kg e 34,72 g/kg, tal como expresso na **Tabela 1**.

A CDW no mar de Weddell, manifesta-se como uma mistura entre águas profundas e de fundo do Atlântico, do Índico, do Pacífico e do próprio mar de Weddell. Com salinidades de 34,62 g/kg a 34,73 g/kg e temperaturas de 0,1 °C a 2 °C, esta massa de água é a mais abundante no oceano e, como tal, foi designada de “*Common Water*”, em português “Água Comum”, por Montgomery, 1985 (referenciado por Emery e Meincke, 1986, p. 386 e Tchernia, 1980, p. 207). Na **Figura 7** a formação e distribuição desta massa de água, a CDW, não é mostrada de forma a não se sobrepor à água de fundo nos oceanos Índico e Pacífico.

Por fim, a NADW, com sua origem na superfície do Atlântico Norte, sobretudo entre a Gronelândia e a Islândia (Costa, 2017, p. 96), é descrita por apresentar temperaturas entre os 1,5 °C e os 4 °C e salinidades entre os 34,8 g/kg e 35 g/kg. Desloca-se para sul, em direção à Antártica, onde se irá juntar com as suas águas, aflorando e misturando-se com a CDW.

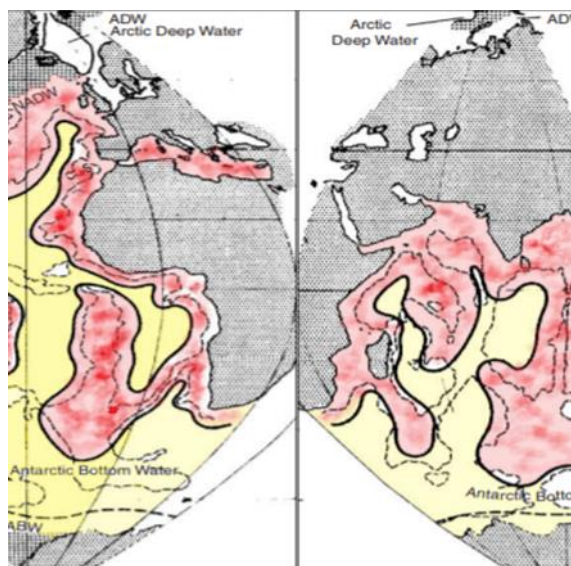


Figura 7 - Distribuição das massas de água profundas e de fundo (1.500 m - fundo) no Oceano Atlântico e Índico. Adaptado de Emery e Meincke, 1986, p. 389.

1.4. Correntes oceânicas

Conforme foi referenciado ao longo da introdução no **Enquadramento Geral**, as correntes oceânicas de grande escala manifestam-se na dimensão das bacias oceânicas, através dos efeitos combinados dos ventos dominantes e seus rotacionais (ciclônicos ou anticiclônicos). Nos níveis superficiais há o forçamento direto do vento, o que provoca correntes de deriva de vento. Na camada correspondente à termoclina permanente o movimento resulta de diferenças de pressão associadas a diferenças de densidade resultantes da bombagem de Ekman, ascendente ou descendente, que altera o posicionamento vertical e declive das isopícnicas. Estas circulações são também condicionadas pelo posicionamento das margens continentais e pelo efeito de Coriolis e variação deste com a latitude, de que resultam os giros subtropicais e subpolares. (Costa, 2017, p. 98; Trujilo e Thurman, 2014, p. 217).

Caso não existissem quaisquer obstáculos na superfície, combinando apenas o efeito de Coriolis e a teoria de Ekman, as correntes de superfície tenderiam a seguir os ventos dominantes. Desta forma, nas latitudes entre 0° e 30° dado os ventos alísios de leste, a corrente tenderia a fluir para oeste. Nas latitudes médias (30° a 60°), devido aos ventos de oeste, a corrente fluiria para leste. Por fim, nas latitudes polares (60° e 90°) com os ventos polares de leste, as correntes correriam para oeste. No entanto, na realidade, com a existência dos continentes as bacias oceânicas ficam limitadas, pois, contrariamente ao vento, as correntes não conseguem atravessar a topografia. Assim sendo, ao incidirem nos continentes as correntes são redirecionadas, orientando-se ao longo das suas margens. Em alguns locais chegam mesmo a convergir formando gradientes horizontais de pressão, que vão dar origem a correntes de fronteira paralelas às margens continentais. (Trujilo e Thurman, 2014, p. 221; Costa, 2017, p. 102)

“As correntes equatoriais são redirecionadas para o lado dos polos, ao longo das costas continentais a oeste das bacias, até realimentarem as correntes para leste nas latitudes médias. As correntes para leste são reorientadas, pela costa no leste das bacias com um ramo para o lado do equador [...]” (Costa, 2017, p. 102). Estes movimentos circulares das correntes fazem com que se criem circulações às quais se dão os nomes de giros oceânicos. Tendo em conta as suas latitudes centrais, estes giros podem ser classificados como subpolares e subtropicais. Na **Figura 8**, é possível verificar os giros existentes na superfície e quais as correntes que os constituem.

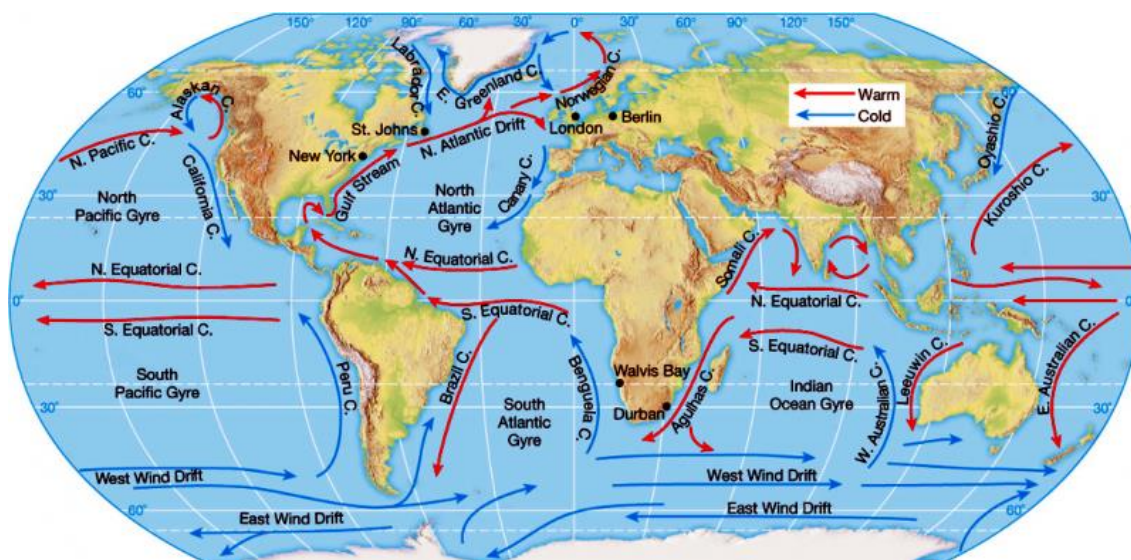


Figura 8 - Circulação global do Oceano. Giros e correntes que os compõem¹¹.

Tendo por base Pond e Pickard, 1983, pp. 118-142, a circulação no oceano é, no essencial, explicada a partir dos modelos de Sverdrup (1947), Stommel (1948) e Munk (1950). Para a aplicação destes modelos são assumidos forçamento pelos ventos predominantes variando em latitude, estado estacionário, ou seja, não haver variação temporal e bacia oceânica retangular e de fundo plano, com margens verticais.

Com o forçamento dos ventos dominantes (alísios e de oeste) a equação de Sverdrup (1947), com equilíbrio entre o termo da vorticidade planetária e o do rotacional do campo da tensão do vento, ou seja, $\beta \mathbf{M}_y = \text{rotacional } \mathbf{T}$, com $\beta = \frac{\delta f}{\delta y}$, o gradiente do parâmetro de Coriolis, f , com a latitude, y , o transporte meridional de massa, \mathbf{M}_y e rotacional da tensão do vento, \mathbf{T} , proporciona um giro subtropical, centrado na bacia oceânica (Pond e Pickard, 1983, p. 120). Contudo, a solução daquela equação não resolve o transporte no lado ocidental da bacia.

O modelo de Stommel (1948) ao adicionar um termo de vorticidade de atrito de fundo, naquela equação consegue representar o giro subtropical com assimetria e intensificação das correntes no lado ocidental (Pond e Pickard, 1983, pp. 133-134). No entanto, essas correntes apresentam estrutura com velocidades crescentes a aproximar da

¹¹ Retirado e acedido em março de 2019 de <https://otlibrary.com/current-gyres-eddies/>.

fronteira ou margem oeste. Munk (1950) ao substituir o rotacional do atrito de fundo pelo do atrito lateral conseguiu resolver melhor a corrente de fronteira ocidental (Pond e Pickard, 1983, pp. 138-140). Esta a aumentar com o afastar da margem para o largo.

Uma vez que os pressupostos antes mencionadas não se verificam na realidade, aqueles modelos são apenas uma ferramenta que serve para a compreensão da circulação oceânica de escala grande, não tratando adequadamente a variabilidade de espaço e tempo presentes no oceano (Costa, 2017, p. 62).

A região em análise, encontra-se sob a influência de dois giros subtropicais: giro do Atlântico Sul e o giro do Índico Sul. Estes giros, geralmente compostos por quatro correntes principais, apresentam uma rotação no sentido contrário aos ponteiros do relógio, ou seja, anticiclônica, dado que estão posicionados no Hemisfério Sul (Trujillo e Thurman, 2014, p. 222).

Limitado a norte pelo equador e a sul pela convergência subtropical, o giro Subtropical do Atlântico Sul apresenta como segmento zonal norte a CES. Regulada pelos aliseos de sudeste, flui de leste para oeste, transportando água quente, a CES vai encontrar a costa americana e, aí, vai subdividir-se em dois ramos: a Corrente da Guiana, que corre no sentido noroeste, para o Atlântico Norte, e a Corrente do Brasil que flui para sul, acompanhando a costa da América do Sul. É esta última corrente que constitui o segmento meridional ocidental deste giro. Transportando águas quentes e salinas ao dirigir-se para sul atingirá a CCA (limite sul deste giro). A fluir para leste, impulsionada pelos ventos de oeste, transporta consigo água fria da Antártida. Chegando à região sudeste do Atlântico Sul, junto à costa oeste do continente africano, surge a CB. Com componente sul-norte, portadora de águas frias e pouco salinas, a CB representa o segmento meridional leste do giro, fechando assim o seu ciclo (Tchermia, 1980, p. 115-116; Costa, 2017, pp. 106).

A leste do continente africano, o giro do Oceano Índico encontra-se limitado a norte, entre os 8° S e os 10° S, e a sul pela convergência subtropical, tal como o giro do Atlântico Sul. Determinada pelos ventos aliseos de sudeste, a fluir para oeste, a CES, com a sua origem entre Austrália e Java, representa-se como segmento zonal norte do giro. Ao longo do seu percurso para oeste, a CES, encontra dois obstáculos ao seu percurso. Entre os 12° S e os 25° S, perto da longitude dos 50° E, a costa leste da ilha de Madagáscar e, a norte dos 12° S, nas proximidades dos 40° E a costa africana (Tchermia, 1980, p. 185-186).

Ao encontrar-se com Madagáscar, a CES divide-se em dois ramos. O ramo que vai fluir para norte, contorna a ilha e vai, na sua maioria, realimentar a CES. O resto desta, vai entrar no Canal de Moçambique, reforçando a CM. Por sua vez, a parte da corrente que contorna a costa leste em direção a sul, ao chegar perto do *Fort Dauphin*, cruza para sudoeste, passando pelo Canal de Moçambique, alcançando a costa africana perto da latitude dos 25° S-26° S, unindo-se à CM por forma a originar a CA (Tchermia, 1980, p. 186).

Ao alcançar a costa africana, na latitude do Cabo Delgado, cerca dos 10° S, a CES volta a dividir-se em dois ramos: a Corrente de Zanzibar, que flui para norte acompanhando a costa africana e a CM que segue a linha costeira em direção a sul, até se voltar a encontrar com a CES que vem do sul da ilha de Madagáscar, gerando a CA (Tchermia, 1980, p. 186). É esta última, a CA que retrata o segmento meridional ocidental do giro. Ao correr para sul acompanha a costa leste do continente africano transportando água quente e salina. Ao chegar a *Port Elizabeth*, a CA começa a afastar-se de costa e ao encontrar a CCA, prescreve uma curva em “U”, bem acentuada, originando a RA. Ramo sul deste giro, a CCA, ao longo do seu percurso para leste, perto do *Cape Leeuwin* (extremo sudoeste australiano), alimenta a Corrente Ocidental Australiana, que se move para norte, transportando água fria. Esta é então a corrente de fronteira oriental que se vai fundir com a CES, completando o giro (Tchermia, 1980, pp. 186-187; Trujilo e Thurman, 2014, p. 239).

1.4.1. Corrente de Benguela

A CB, com sentido noroeste, oriunda dos ventos alíseos de sudeste predominantes desde a Cidade do Cabo até perto do equador. Está associada ao *upwelling* costeiro causado pelo vento, onde a água superficial é afastada de costa e é substituída pela água fria e menos salina de subsuperfície, proveniente da água subantártica (NP2, 2017, p. 17; Pickard e Emery, 1990, p. 181). Devido ao *upwelling*, a temperatura da superfície do mar, entre a latitude dos 18° S e a Cidade do Cabo, perto da costa, é visivelmente inferior à água do oceano aberto, nas mesmas latitudes. Todavia, ainda que exista algum influxo de água oriunda das correntes do Atlântico Sul e a das Agulhas, a maior parte do fluxo da água superficial que abarca a CB compreende água fria resultante do *upwelling* costeiro (NP2, 2017, p. 17).

Com fluxo sul-norte, esta corrente apresenta uma largura crescente, passando das 150 milhas para as 300-350 milhas, com uma taxa de velocidades a rondar o ¼ e o ½ nó e um

transporte de cerca de 23 Sv¹² (NP2, 2017, p. 17; Pickard e Emery, 1990, p. 183; Tchernia, 1980, p. 115). Com o aumento do número de rios e das suas descargas para o oceano a média de velocidades tende a aumentar (próximo de costa), podendo atingir os 2 nós, perto da foz do Rio Congo (NP2, 2017, p.17).

1.4.2. Corrente Circumpolar Antártica

Também conhecida como *West Wind Drift*, a CCA, é a principal corrente nas águas antárticas. A fluir de oeste para leste, entre as latitudes dos 40° S e 65° S e limitada a norte pela convergência subtropical, a CCA é impulsionada pelos fortes e persistentes ventos de oeste, ali predominantes (Trujilo e Thurman, 2014, p. 232).

Não tendo qualquer obstáculo ao longo do seu percurso, a CCA é a única corrente que circunscreve completamente a Terra. Embora não seja uma corrente muito veloz (apresentando uma velocidade superficial máxima de 2,75 km/h), surge como uma corrente muito larga e profunda, que ostenta um enorme transporte de água, movimentando uma média de cerca de 130 Sv (Trujilo e Thurman, 2014, p. 232, Pickard e Emery, 1990, pp. 175-176).

1.4.3. Corrente de Moçambique

Corrente de fronteira ou limite oeste do Canal de Moçambique, a fluir para sul, tem sua origem nas proximidades do Cabo Delgado (10°41,42' S e 40°38,29' E) (NP3, 2016, p. 14) onde a CES ali incide.

Revela-se uma corrente mais complexa do que o padrão normal de corrente de limite ocidental (Saetre e Jorge Silva, 1984 *apud* Lutjeharms, 2007, p. 139). Em vez de uma simples corrente, a CM define-se como uma “estrada” de turbilhões anticiclónicos, persistentes e inerentes, influenciados pela topografia de fundo da zona [existência do Banco de Sofala (20° S e 35° E) e a Baía de Maputo (26° S e 33° E)] que se deslocam para sul (Shouten *et al.*, 2003 *apud* Lutjeharms, 2007, p. 140) até cerca da latitude dos 30° S, local onde se junta com a CES, proveniente do sudoeste de Madagáscar.

Tendo em conta a sua origem, esta corrente é portadora de água quente e salina. A variar com os ciclones tropicais existentes e predominantes no norte do Oceano Índico, a

¹² Símbolo de Sverdrup, unidade de transporte de volume correspondente a 10⁶ m³/s.

CM apresenta um padrão variável, sendo mais forte de outubro a fevereiro, em pleno verão no Hemisfério Sul, ostentando nessa altura cerca de 4 nós de velocidade (NP3, 2016, p. 14).

1.4.4. Corrente das Agulhas

A CA surge como continuação da CM, aumentada pela parte da CES, que flui de sudoeste de Madagáscar, e alguma água proveniente da CRA, estando assim completamente constituída nas proximidades da latitude dos 30°S (NP3, 2016, pp. 19; Tchernia, 1980, p. 186; Lutjeharms, 2007, p. 129).

Tendo em consideração a sua localização, esta corrente apresentava-se como uma das grandes dificuldades na travessia das rotas comerciais marítimas, vindas da Europa para a Ásia, sendo, por isso, uma das primeiras correntes de limite ocidental a ser estudada e descrita cientificamente (Rennell, 1832 *apud* Lutjeharms, 2007, p. 129). O primeiro surto de pesquisa derivou do interesse no comércio marítimo, através dos holandeses, por via de Van Gogh, em 1857 (Lutjeharms, 2007, p. 129). Baseada na deriva dos navios e nas medições de temperaturas da superfície do mar. A sua pesquisa permitiu obter a representação do que havia de vir a ser chamada de Retroflexão das Agulhas. O segundo impulso de estudos, surgiu na década de 1930, com cientistas britânicos e alemães, como Lutjeharms e Kortum. Mas, lamentavelmente, a maior parte dos conhecimentos adquiridos no decorrer das suas pesquisas foi perdido, de tal modo que, em 1960, quando ocorreu a *International Indian Ocean Expedition*, foi como se nada ainda tivesse sido descoberto (Wust, 1960 *apud* Lutjeharms, 2007, p. 129). Só nove anos depois, em 1969, através da expedição “*Combined Agulhas Cruise*” (Bang, 1970 *apud* Lutjeharms, 2007, p. 129) começaram a surgir novos conceitos sobre esta corrente, como a redescoberta da retroflexão (termo criado em 1980 por Lutjeharms) e de algumas reflexões sobre o aparecimento do anel no “fim da corrente” (Lutjeharms, 2007, p. 129).

Constituída pelas águas quentes e salgadas provenientes do Mar Vermelho e do Golfo Pérsico transportadas pela CES e, posteriormente, pela CM, a CA aparece então definida como corrente de fronteira ocidental na parte sul do Oceano Índico que flui para sul, acompanhando a costa oeste africana (Pickard e Emery, 1990, p. 272). Com uma largura que não excede os 80 km (Kamenkovich *et al.*, 1986, p. 255), apresenta uma velocidade média a rondar os 2 nós, transportando em média entre os 50 Sv e os 80 Sv (Pickard e Emery, 1990, p. 272). Fazendo-se sentir a níveis profundos (2.000-2.500 m) (Tchernia, 1980, p. 186),

define-se como uma corrente estreita, profunda e com características de jato. Perto do talude continental, o núcleo desta corrente, aproxima-se do contorno dos 200 m de profundidade (NP3, 2016, pp. 19).

Aproximadamente aos 23° E a CA começa a afastar-se do talude continental deixando de ser estacionária e, na região dos 14° E aos 20° E, prescreve uma curva, acentuada, de retorno para leste, e gera a CRA (Grundling, 1978 e Sarukhanyon, 1980 *apud* Kamenkovich *et al.*, 1986, p. 255).

Harris *et al.*, 1978 citado por Lutjeharms, 2007, p.130, defende que esta corrente se divide em duas (a Corrente Norte das Agulhas e a Corrente Sul das Agulhas) com comportamentos e trajetórias distintas. Partindo do recitado por Lutjeharms, 2007, pp. 130-132, a parte norte da corrente mostra-se desde a latitude dos 30° S até ao *Port Elizabeth*. Surge com uma parte invariante e estável que acompanha o talude continental. Esta sua consistência é consequente da íngreme inclinação do talude continental. Com origem nas águas provenientes da CES, apresenta valores de temperatura superiores a 22 °C, velocidades a variar dos 0,5 aos 0,8 nós e transporte de volume de cerca de 72 Sv ao longo de toda a profundidade de corrente (Grundlingh, 1980).

Por sua vez, através de Lutjeharms, 2007, pp. 132-133, a parte sul da CA tem a sua origem logo após *Port Elizabeth* até ao seu limite sul, na latitude dos 40° S. A jusante de *Port Elizabeth*, a plataforma continental alarga e revela-se o Banco das Agulhas. Afastando-se de costa, ao longo da borda leste deste banco, a CA começa a desenvolver meandros (Harris *et al.*, 1978) que vão crescendo à medida que se expandem para jusante (Lutjeharms, *et al.*, 1989) gerando *eddies* anticiclónicos e plumas de água quente. Logo após ultrapassar a ponta mais a sul do Banco das Agulhas, a CA avança para o Oceano Atlântico Sul como um jato inercial livre, transportando consigo água quente e salina. À semelhança da parte norte da corrente, a parte sul apresenta valores de temperatura a variar entre os 23 °C e 26 °C, velocidades superiores a 1 nó, salinidade superficial de 35,4 g/kg (Gordon *et al.*, 1987) e transporte de volume de 125 Sv (Jacobs e Georgi, 1977).

As correntes de intensificação ocidental, entre elas a do Golfo, a do Kuroshio, a do Brasil e a das Agulhas têm em comum ao fluírem para o lado do respetivo polo, junto a costa, ao atingirem a latitude de cerca de 35° tendem a afastar-se da costa, progredindo para leste ou interior do respetivo oceano. No caso da Corrente do Golfo esse afastamento ocorre na proximidade do Cape Hatteras, na Carolina do Norte, Estados Unidos da América. Continua

o seu percurso para nordeste atravessando o Atlântico Norte (Tchernia, 1980, p. 125). A Corrente do Kuroshio afasta-se ao largo da ilha de Honshu, Japão, passando a atravessar o Pacífico Norte, aproximando da América do Norte (Tchernia, 1980, pp. 234-235). A Corrente do Brasil distancia-se de costa cruzando o Atlântico Sul (Tchernia, 1980, p. 115). A CA ao perder a margem continental, na ponta sul de África (Cabo das Agulhas), tem uma rotação ou retroflexão passando a dirigir-se para o interior do oceano, fluindo para leste, de modo semelhante as anteriores.

A razão para o afastamento dessas correntes para o interior do oceano é a conservação de vorticidade potencial e é consistente com os resultados dos modelos de Stommel (1948) e Munk (1950) citados por Pond e Pickard, 1983, pp. 133-134 e pp. 138-140.

1.4.4.1. Retroflexão das Agulhas

Conhecida como uma das principais correntes, a CA apresenta uma característica de circulação única e consistente, que a distingue de todas as outras (Lutjeharms e Ballegooyen, 1988, p. 1570). Após passar a ponta mais a sul do Banco das Agulhas, a rondar a longitude dos 19° E, a CA gira, bruscamente, invertendo a direção da corrente para sul, levando a sua água até à latitude dos 42° S, antes de se redirecionar para nordeste (Lutjeharms, 2006, p. 156), dando origem à RA e CRA.

Foi em 1970 que Bang, através de um cruzeiro com a participação de três navios, mostrou e provou a natureza inerente da RA e a existência de *eddies* na região terminal da CA (Lutjeharms e Ballegooyen, 1988, p. 1570). Depois de um grande número de investigações realizadas por diversos autores como Ruijter (1982), Boudro (1985) e Dijkstra (2001) e, apesar de a resposta ainda não estar totalmente clara, estima-se que o instável comportamento da RA possa derivar do princípio da conservação da vorticidade potencial¹³(Lutjeharms e Ballegooyen, 1988, p. 1570; Lutjeharms, 2007, p. 135).

Com uma posição a variar entre 16° E e 20° E, a RA revela um *loop* com 340 km de diâmetro e velocidades superiores a 1 m/s (Lutjeharms e Ballegooyen, 1988, p. 1573).

¹³ «Vorticidade potencial»: tendência para a rotação da coluna de fluido, ao longo do seu movimento, tendo em conta a variação da sua espessura (ou profundidade), as vorticidades planetárias e relativas, além da estratificação.

1.4.4.2. Anel das Agulhas

Os anéis derivantes da CA e RA surgem, como vórtices formados em volta de uma porção de água mais fria oriunda da CCA, quando a CA se encontra com esta. A prova da existência e formação destes anéis apareceu em 1988, com os estudos e projetos desenvolvidos por Lutjeharms e Ballegooyen (citados pelo próprio Lutjeharms, 2007, pp. 134-135).

Precedido pelo início e crescimento de uma porção de água superficial fria subantártica na latitude dos 40° S, ou seja, no eixo de convergência subtropical, a separação do anel da corrente demora cerca de cinco dias (Lutjeharms e Ballegooyen, 1988, p. 1575). Após o seu desprendimento, com velocidades baixas, a rondar os 12 cm/s (Lutjeharms e Ballegooyen, 1988, p. 1582), os anéis propagam-se e fluem para oeste, transportando consigo grandes quantidades de água quente e salina do Oceano Índico para o Oceano Atlântico Sul (Gordon, 1986 *apud* Lutjeharms, 2007, p. 135).

Alcançado o Oceano Atlântico Sul e interagindo com a CB, na costa sudoeste de África estes anéis com uma vida estimada de dois anos (Lutjeharms e Ballegooyen, 1988, p. 1582) movem-se até a latitudes dos 20° S permanecendo na Bacia do Cabo acabando por ali se dividirem ou dissolverem totalmente (Lutjeharms, 2007, p. 137).

Com propulsão própria e também advecionados pela circulação ambiental, nem todos os anéis se comportam da mesma forma, podendo assim apresentar uma variedade de formas e tamanhos (Lutjeharms, 2007, p. 136). Tendo por base a semelhança aos anéis observados na Corrente do Golfo e na Corrente do Kuroshio, os anéis das Agulhas são considerados de grande porte e como os maiores do mundo (Olson e Evans, 1986 *apud* Lutjeharms, 2007, pp. 135-136).

1.4.5. Corrente de Retorno das Agulhas

Oriunda da RA, a CRA, surge como uma corrente, tal como se esperava, relativamente análoga à CA, apresentando uma largura e estrutura vertical semelhantes (Beal e Bryden, 1999 citado por Lutjeharms, 2007, p. 138).

A correr para nordeste, numa direção mais ou menos paralela à CA (Lutjeharms e Ballegooyen, 1988, p. 1572), o eixo da CRA está localizado, em média, na latitude dos 40° S ao longo da convergência subtropical (Grundeingh, 1978 *apud* Kamenkovich, 1986, p. 255;

Lutjeharms, 2007, p. 138). No seu geral, as velocidades superficiais são elevadas, com velocidades médias a rondar os 2 m/s e um transporte de volume de 55 Sv até uma profundidade de 1.500 m (Lutjeharms, 2007, p. 138). Contudo, à medida que a corrente avança em longitude vai diminuindo a sua velocidade e volume de transporte (NP3, 2016, p. 19).

Com um percurso delimitado pela topografia de fundo, a CRA, ostenta dois meandros predominantes, bastante acentuados. Presentes entre as longitudes dos 24° E a 28° E e dos 31° E a 35° E, os meandros foram identificados como meandros ciclónicos e relativamente frios, gerados na convergência subtropical, derivados da obstrução do Banco da Agulhas e do Banco de Moçambique (Lutjeharms e Valentino, 1988 *apud* Lutjeharms e Ballegooyen, 1988, p. 1573; NP3, 2016, pp. 19; Lutjeharms, 2007, p. 139).

A CRA termina entre a longitude de 70° E e 80° E, dando origem à Corrente do Oceano Índico Sul (Stramma, 1992 *apud* Lutjeharms, 2007, p. 139).

Capítulo 2. Desenvolvimento da ferramenta computacional em MATLAB

2.1. Método de investigação

Dando continuidades aos trabalhos anteriormente desenvolvidos, nas dissertações de mestrados das então aspirantes Nogueira Marques (2017) e Hipólito Limpinho (2018), a presente dissertação, para além de tentar superar o funcionamento e visual das ferramentas precedentes, teve como principal desafio tentar implementar os dados batimétricos nos gráficos e georreferenciar os resultados obtidos. Esta evolução permitirá ao utilizador ter uma melhor perceção daquilo que está a analisar tendo em conta que também terá representada a morfologia do fundo marinho e do sítio que está a analisar.

Para além da georreferenciação feito pelo próprio programa e, por forma a se conseguir obter uma melhor visualização e se comparar resultados batimétricos da área de estudo, utilizou-se o software *Google Earth Pro*.

Deste modo, numa primeira fase que compreende a **Introdução** e o **Capítulo 1**, foram analisadas sebatas sobre Oceanografia Física, artigos e livros referentes à área de estudo, zona da África Austral, e seu envolvente. Subsequentemente, já numa outra fase, partindo da base de dados *online* e fontes abertas da NOAA¹⁴ e da GEBCO¹⁵, foi elaborada a ferramenta informática em MATLAB, de maneira a permitir ao utilizador a possibilidade de ver os resultados desejados.

2.1.1. Determinação dos limites da área de investigação

A área de estudo foi adaptada em latitude, longitude e respetivas secções de corte tendo em consideração a pesquisa efetuada. Deste modo, os limites da área foram escolhidos atendendo à morfologia do fundo e as diferentes massas de água, correntes e estruturas de mesoescala ali persistentes.

Posto isto, e como mostrado na **Figura 9**, para o limite norte foi escolhida a latitude de 10° S a fim de tentar encontrar e constatar a transição da SICW e IEW e a entrada da CES

¹⁴ Disponível no site: <https://www.nodc.noaa.gov/>.

¹⁵ Disponível no site: https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/.

no Canal de Moçambique junto ao Cabo Delgado na costa leste do continente africano. O limite sul, na latitude dos 50° S, foi definido de modo a já incluir a linha média da Convergência Subtropical Sul (cerca de 40° S). A leste, pela longitude dos 60° E de maneira a tentar perceber a dimensão zonal da CRA. Já a oeste optou-se por 6° E, por forma a perceber como a CB interage com a zona oeste do continente africano e de que modo a cordilheira *Walvis Ridge*, condiciona o movimento dos anéis das Agulhas.

As secções em longitude e latitude fixas foram intercaladas de 6,5° em 6,5° e de 7° em 7°, respetivamente, a fim de cobrir, de modo sistemático, toda a área. Para além disso, para as secções de latitude foram pensadas de modo a que uma delas passasse perto do paralelo dos 40° S, latitude média atribuída à convergência subtropical.

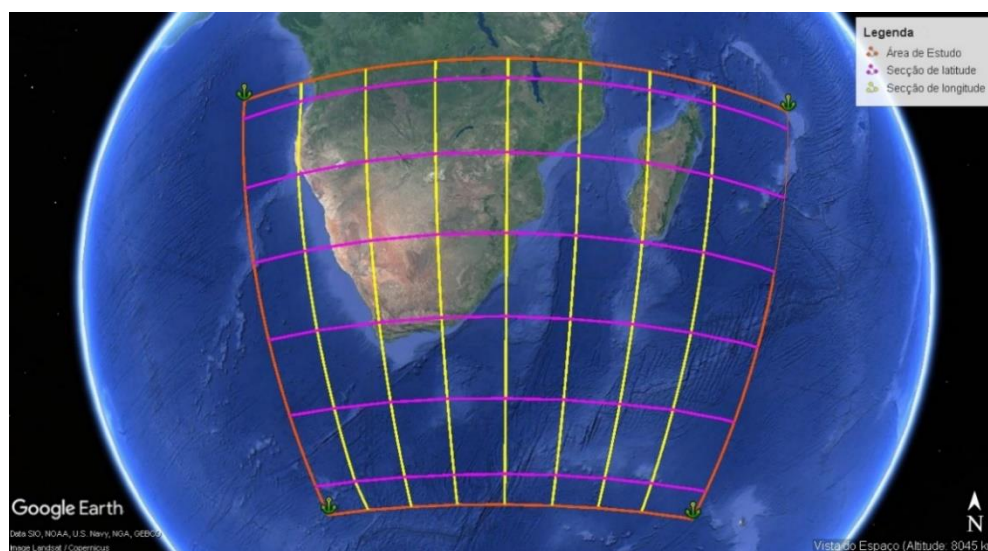


Figura 9 - Representação gráfica da área de estudo com respetivos cortes de latitude e longitude. Retirada do *Google Earth Pro*.

2.1.2. Base de dados

2.1.2.1. *World Ocean Database* da NOAA

A *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) é, nos Estados Unidos da América, a entidade que operacionaliza e divulga os assuntos e serviços relacionados com a oceanografia, meteorologia, climatologia e geofísica. Como tal, esta entidade dispõe de diversificados documentos e bases de dados, de todos os cantos do mundo, de acesso livre, que se encontram disponíveis *online*.

A *World Ocean Atlas 2018* (WOA2018) é uma desses documentos. A WOA2018 tem como objetivo agrupar os dados da *World Ocean Database 2018* (WOD2018) por tipo de

propriedades analisadas. Lançada em setembro do ano de 2018, veio atualizar as versões da WOA2013 V2 (*World Ocean Database 2013 version 2*) por forma a nela incluir novos modelos oceanográficos na WOD, bem como a introdução de um renovado e atualizado controlo dos mesmos. Este *upgrade*, implementou uma melhoria significativa nos dados, principalmente no que toca à resolução de um quarto de grau, tal como é visível na **Figura 10**. Note-se que a WOD2018 tem menos lacunas de dados do que a anterior WOD2013.

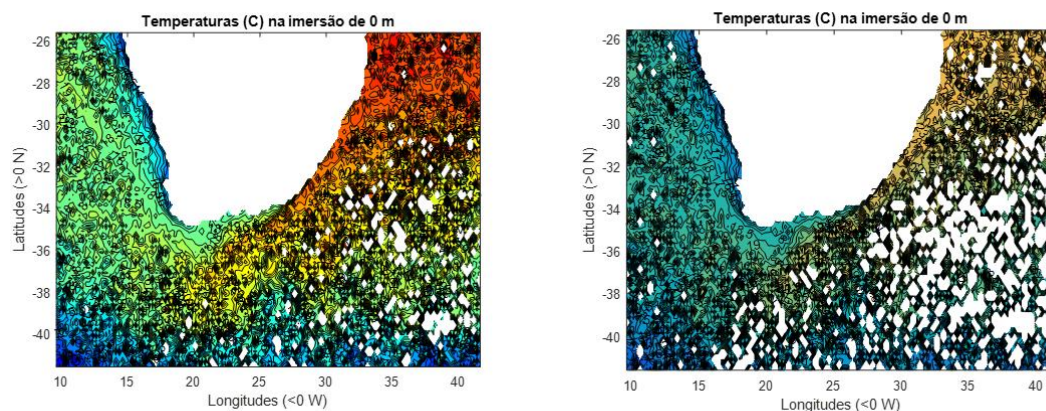


Figura 10 - Exemplo gráfico de distribuição de temperaturas na superfície com as duas bases de dados: WOD2018 (esquerda) e WOD2013 (direita), ambas na resolução de $\frac{1}{4}^\circ$.

Por conseguinte, a WOA2018 representa o conjunto de bases de dados WOD dos diversos parâmetros oceanográficos como a salinidade, temperatura, oxigénio, fosfato e nitrato na água do mar, apresentando resoluções espaciais de cinco, um e um quarto de grau de longitude e latitude, agrupados por variações médias anuais, mensais e sazonais.

Para o âmbito desta dissertação, foram utilizados ficheiros *Excel* (.csv¹⁶) na resolução de um e de um quarto de grau nas respetivas variações (médias anuais, mensais e sazonais) de dados de climatologia mundial para as variáveis de temperatura e salinidade.

2.1.2.2. Batimetria da GEBCO

A *General Bathymetric Chart of the Oceans* (GEBCO) representa um grupo internacional de hidrógrafos e geocientistas que cooperam para o desenvolvimento e progresso de um

¹⁶ *Comma Separated Values* (CSV) consiste num arquivo de texto simples que agrupa um conjunto de dados, estruturados em linhas e colunas, onde as colunas são separadas por vírgulas.

vasto conjunto de dados e produtos batimétricos. A GEBCO tem como objetivo proporcionar, publicamente e de forma gratuita, a mais fidedigna batimetria dos oceanos.

Para o contexto desta dissertação, foram empregues ficheiros .nc¹⁷ (*numerical control*) de conjuntos de dados batimétricos em grade global, intervalados de trinta em trinta segundos de arco para a área de estudo.

2.1.3. Seleção dos gráficos

Após à introdução e preparação dos dados, processo a ser descrito em **2.2.3. Funcionamento da ferramenta**, procedeu-se à construção dos gráficos das propriedades da água (temperatura conservativa, salinidade absoluta, densidade, velocidade do som e das correntes geostróficas) pelas três diferentes dimensões e critérios de representação: latitude, longitude e imersão ou profundidade.

Desta forma, a fim de caracterizar e analisar as massas de água, foram elaborados variados perfis gráficos (para um ponto fixo e de secções horizontais e verticais) da salinidade absoluta¹⁸, temperatura conservativa¹⁹, densidade e velocidade do som ao longo da coluna de água, pelos diferentes panoramas geográficos, imersões e latitudes e longitudes fixas seleccionadas pelo utilizador.

A temperatura é uma grandeza física bastante importante na medida em que caracteriza o estado térmico do oceano, ou seja, a sua capacidade de transferir energia térmica. A salinidade, por sua vez, é a propriedade que se avalia pela quantidade de sais dissolvidos na água do mar (Pickard e Emery, 1982, p. 14). À superfície, apresenta em geral valores a variar entre os 33 g/kg e 37 g/kg (Costa, 2017, p. 90) e, em oceano aberto, um valor médio de cerca de 35 g/kg.

¹⁷ Um ficheiro .nc consiste numa base de dados multidimensionais criada em formato *netCDF* (*Network Common Data Form*), ou seja, independentes das plataformas e meios para que são usados (Fileinfo (2010), "NC File Extension - *What Is An .Nc File And How Do I Open It?*", 2010, <https://fileinfo.com/extension/nc>, acedido em março de 2019).

¹⁸ «Salinidade absoluta»: as salinidades práticas da WOA2018 são convertidas em salinidades absolutas, tendo em conta as posições geográficas, em coerência com o padrão internacional em uso.

¹⁹ «Temperatura conservativa»: as temperaturas *in situ*, proporcionadas pela WOA2018, foram convertidas para temperaturas conservativas, o padrão atualmente adotado internacionalmente. A temperatura conservativa é a entalpia potencial dividida pelo calor específico da água do mar, na superfície, a pressão constante. É propriedade conservativa. Pode diferir da temperatura potencial tanto quanto 0,14°C.

Estas duas propriedades, combinadas com a pressão, ajudam a determinar a densidade da água do mar. A densidade, surge então como uma propriedade de extrema importância na medida em que é, com recurso a ela que se verifica a profundidade em que uma porção de água encontra a sua posição de equilíbrio. Em oceano aberto as densidades oscilam entre os 1.021 kg/m^3 , à superfície, e os 1.070 kg/m^3 à imersão dos 10.000 m (Pickard e Emery, 1982, p. 17).

Por último, a velocidade do som, tal como a densidade, está dependente da temperatura, salinidade e pressão, e os seus valores são tanto maiores quanto maiores forem os valores daquelas. É com recurso a esta propriedade que se consegue determinar o canal onde as ondas de propagação do som ficam limitadas por nível superior e nível inferior. Este canal é designado de *Sound Fixing and Ranging Channel* (SOFAR).

Passando para o estudo da geostrofia da região, foram elaborados gráficos das secções horizontais e verticais das componentes norte-sul e leste-oeste das correntes geostróficas da zona, tendo por base as variáveis referidas para a análise das massas de água e o nível sem movimento profundo, assumido pelo utilizador, em 1.000 m.

Por forma a complementar este estudo e a tornar a sua análise mais perceptível, foram também traçados mapas e perfis batimétricos do fundo da área e secção em análise. O mapa batimétrico (**Figura 11**) foi traçado com o fim de apresentar uma melhor noção da área que estamos a estudar e assim é demonstrado repetidamente em todas as páginas gráficas. Por sua vez, os perfis batimétricos têm o objetivo de nos apresentar o perfil do fundo da secção analisada. Este tipo de gráfico aparece, tal como se pode verificar na **Figura 12**, sobreposto aos gráficos das propriedades da água de modo a proporcionar ao utilizador a perceção da profundidade local e da extensão e ausência de dados ao longo da coluna de água.

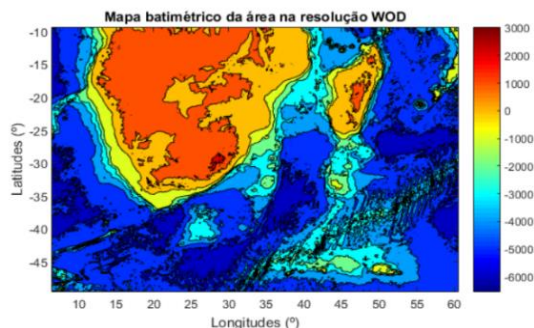


Figura 11 - Exemplo de mapa batimétrico obtido da ferramenta desenvolvida.

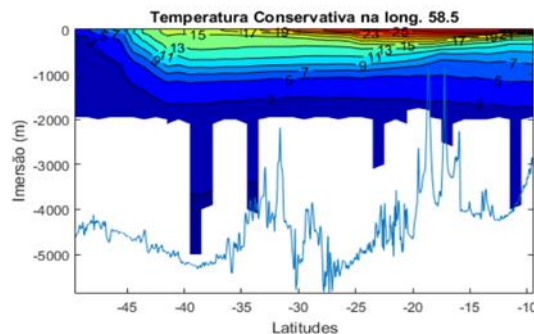


Figura 12 - Exemplo de perfil batimétrico, associado a secção vertical de temperaturas na longitude de 58,50 E, obtido da ferramenta desenvolvida.

2.2. Exposição do desenvolvimento da ferramenta MATLAB

O projeto da ferramenta informática desenvolvida por via do *software* MATLAB, versão R2015a, teve o objetivo da obtenção dos gráficos já referenciados e explicados no subcapítulo 2.1.3. **Seleção de gráficos.**

Assim sendo, a construção do programa seguiu três etapas. Na primeira etapa, são operacionalizadas as funções da *International Equation of State of Seawater - 2010* (TEOS-10) a fim de se calcular a densidade, a velocidade do som e das correntes geostróficas da água. Na segunda etapa, tendo em conta os resultados anteriores, programa-se as graficações referenciadas em 2.1.3. . Por fim, na terceira etapa, contruiu-se um *Graphical User Interface* (GUI), ou interface gráfica, de modo a que ao utilizador seja providenciada a possibilidade de operar as variáveis e interagir com a ferramenta desenvolvida.

2.2.1. Funções TEOS-10

Dado o facto de, até ao momento, serem as mais atuais, realistas e completas funções de cálculo de propriedades termodinâmicas da água, durante a primeira fase da elaboração do programa, são manuseadas funções da *Gibbs-SeaWater* (GSW) *Oceanographic Toolbox of* TEOS-10²⁰ na versão compatível com o MATLAB.

As funções da GSW foram utilizadas durante o processo de cálculo com o intuito de se vir a obter a densidade, velocidade do som e velocidade geostrófica partindo das bases de dados de temperaturas *in situ* e de salinidades práticas da WOD2018.

²⁰ Disponível em <http://www.teos-10.org>.

Para alcançar este resultado, surgiu a necessidade de passar as imersões (m) para pressões (dbar) e de converter os valores de temperatura e salinidade, passando-os de temperatura *in situ* (°C) e salinidade prática²¹ (psu) para temperatura conservativa (°C) e salinidade absoluta (g/kg).

Tendo em conta que a pressão será o parâmetro de entrada necessário para todas as transformações que daqui advêm, foi necessário passar as 102 imersões predefinidas (entre a superfície e os 5.500 m) em pressão, recorrendo ao uso da função *gsw_p_from_z*. Seguidamente, recorrendo à função *gsw_SA_from_SP* e à função *gsw_CT_from_t*, transformou-se as salinidades práticas em absolutas e as temperaturas *in situ* em conservativas. Convertidas todas as variáveis de entradas é agora possível chegar a dois dos nossos propósitos. Desta forma, recorrendo às funções *gsw_rho* e *gsw_sound_speed* foi calculada a densidade e velocidade do som.

Por fim, de modo a se conseguirem obter as velocidades da corrente geostrófica, foi necessário utilizar mais duas funções da GSW. Primeiramente, recorreu-se à função *gsw_geo_strf_dyn_height*, por forma a obter as alturas dinâmicas nas secções verticais para, em seguida, se utilizar os resultados dessa e chegar à velocidade geostrófica da corrente, recorrendo à função *gsw_geostrophic_velocity*.

2.2.2. Exposição da interface gráfica com o utilizador

A pensar no utilizador e na forma como este poderia interligar-se com o *software*, produziu-se uma GUI (“Climatologia_GEBSCO”). A GUI desenvolvida é composta por três menus “Base de dados”, “Propriedades_T_S_DEN_VS” e “Geostrofia”. Na **Figura 13**, poderá encontrar o esquema representativo dos três menus. Contudo, para uma melhor perceção do mesmo, deverá consultar o Apêndice C.

A elaboração dos menus teve como finalidade proporcionar ao utilizador a possibilidade de escolher e alterar os diversos parâmetros de acordo com os quais quer trabalhar e quais os resultados que quer obter.

²¹ Calculada em função da condutividade elétrica e da temperatura da água do mar, com base num algoritmo desenvolvido pela Organização das Nações Unidas para a Educação e a Cultura Científica (UNESCO) (Encyclopedia Britannica, "Seawater - Dissolved Organic Substances", <https://www.britannica.com/science/seawater/Dissolved-organic-substances>, acedido em março 2019).

Por conseguinte, o primeiro menu, funciona como alicerce para o resto do programa, pois é aqui que o utilizador irá manusear todas as variáveis de entrada que servem de suporte para os cálculos a efetuar. Além disso, é ainda possível encontrar aqui um planisfério que irá servir de suporte visual do utilizador de modo a que se consiga situar e escolher a área na qual quer trabalhar (planisfério esse que se encontra da primeira imagem da **Figura 13**). Para apoio ao utilizador da ferramenta, pode encontrar-se, no canto inferior direito deste menu (imagem em cima e à esquerda da **Figura 13**), o botão “Manual de utilizador” que remeterá o mesmo para um documento *word* (Apêndice B) onde são explicados todos os passos a efetuar para correr o programa.

Os outros dois menus, funcionam como janelas de amostragem de resultados onde o utilizador poderá escolher os vários tipos de gráficos que pretende obter (propriedades da água no segundo menu e geostrofia no terceiro menu).

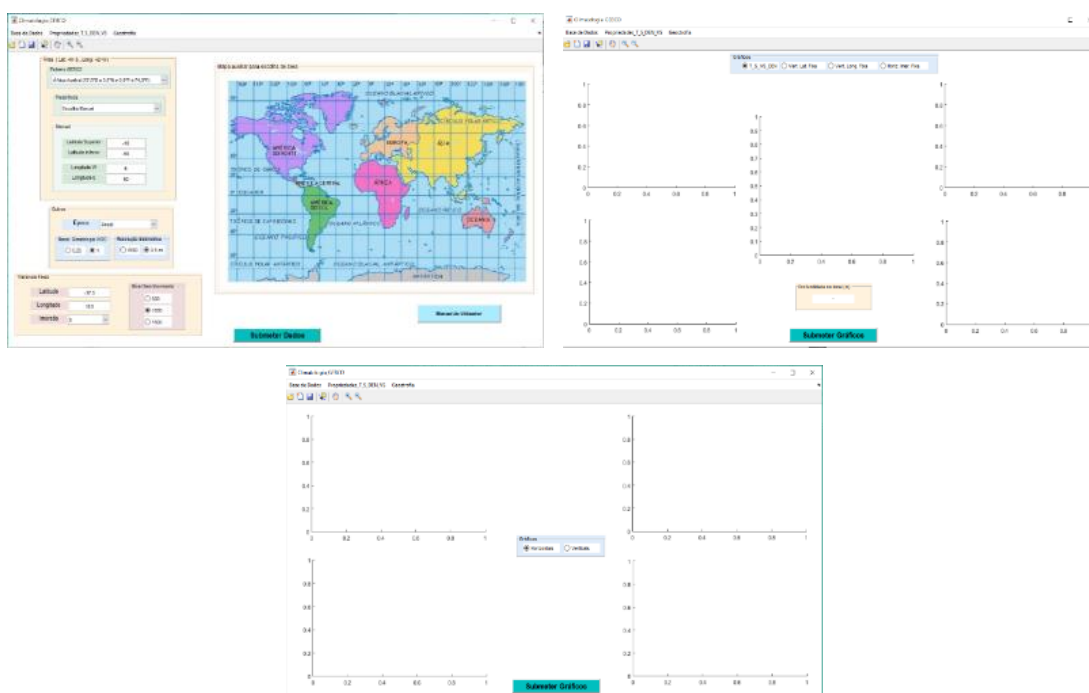


Figura 13 - Apresentação dos menus da GUI do programa Climatologia_GEBCO: "Base de Dados", "Propriedades_T_S_DEN_VS" e "Geostrofia", respetivamente.

2.2.3. Funcionamento da ferramenta

Ao inicializar o programa, o utilizador, será remetido de imediato para o menu 1, “Base de Dados” (imagem em cima e à esquerda da **Figura 13**). Aqui deverá selecionar os dados de entrada com os quais quer trabalhar. O primeiro painel de escolhas com o qual o utilizador se deverá preocupar será o referente à área de estudo. Aqui, numa primeira fase,

há que escolher o ficheiro GEBCO seleccionando, na lista, o desejado. Depois disto, o utilizador deverá estabelecer a área propriamente dita, na qual pretende trabalhar. Para tal, irá ter ao seu dispor duas opções, ou utilizará as áreas já predefinidas pelo próprio programa, seleccionando-a na lista a elas designada, ou poderá introduzi-la manualmente. Caso escolha esta última opção deverá digitalizar, nos respetivos campos, os limites da área que pretende estudar. Na **Figura 14** encontra-se esquematizado este processo.

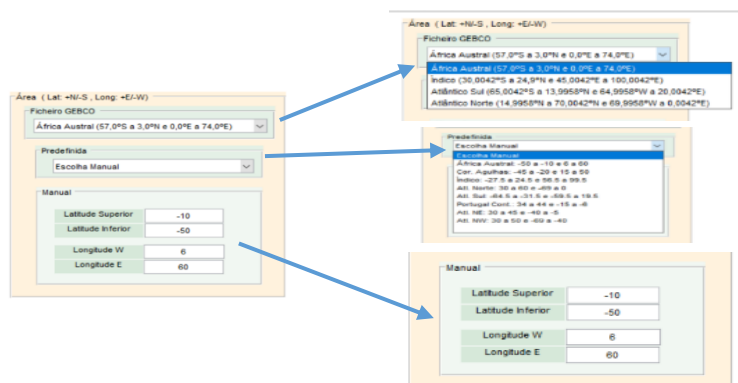


Figura 14 - Esquema da subdivisão do painel "Área" do menu "Base de dados" da GUI.

O segundo campo a ter em consideração será o painel relativo a outras variáveis. Neste momento, o utilizador deverá escolher qual a época (média anual, mensal ou sazonal) com a qual pretende fazer a análise e as resoluções para os respetivos cálculos, batimétricos e climatológicos, tal como se pode verificar na **Figura 15**.

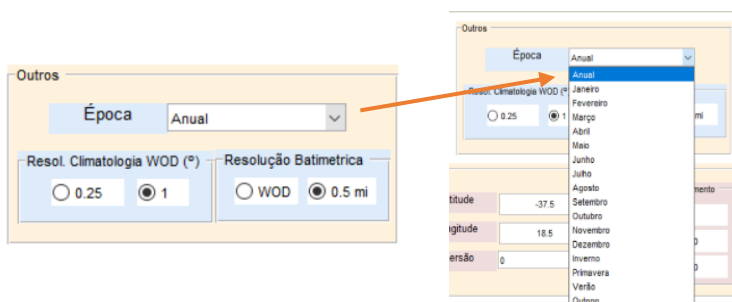


Figura 15 - Esquema da subdivisão do painel "Outros" do menu "Base de dados" da GUI.

Por fim, de modo a terminar com as escolhas de dados, o utilizador precisará de escolher as variáveis fixas (latitude, longitude, imersão e nível sem movimento) para as quais irão ser feitos os cálculos e respetivas representações gráficas (**Figura 16**).

Figura 16 - Esquema da subdivisão do painel "Variáveis Fixas" do menu "Base de dados" da GUI.

Selecionados e submetidos os dados, através do botão “Submeter dados”, o *software* irá dar início ao processo de cálculos. Os primeiros cálculos a efetuar dizem respeito à climatologia. Tendo em conta a resolução climatológica e a época, irão ser carregados dois ficheiros *excel* (um de temperatura e outra de salinidade) previamente descarregados do *website* da NOAA. Carregados os ficheiros, é efetuado uma seleção de dados, restringindo-os à área selecionada. Em seguida, são criados ciclos que visam a produção de matrizes a três e duas dimensões de modo a organizar e estruturar os dados de temperatura e salinidades, extraídos dos ficheiros *excel*, para cada imersão, assegurando, no final, que, caso não exista valor para alguns dos ficheiros, o valor a este correspondente nas outras seja substituído por NaN (*not a number*), ou seja, sem valor existente, de modo a não afetar o correto funcionamento do programa. Para finalizar os cálculos relativos à parte climatológica, são utilizadas algumas das funções TEOS-10, já mencionadas em **2.2.1. Funções TEOS-10**, de modo a obter-se a densidade e a velocidade do som na água.

Terminados os cálculos para a parte climatológica, é iniciada a computação da profundidade e do respetivo perfil batimétrico. Nesta fase, o programa irá abrir e utilizar um ficheiro *.nc* da GEBCO, antecipadamente descarregado do *site*²² da própria GEBCO. Nesta fase, irá ser atribuída uma nova resolução, azimutes e incrementos de distância. Em seguida, são produzidos ciclos por forma a organizar a matriz de duas dimensões que contemplará as latitudes e longitudes por cada imersão. Estruturada a matriz, é agora calculada a distância, em quilómetros, para o perfil de fundo nas latitudes e longitudes fixas, tendo em conta a resolução batimétrica anteriormente escolhida pelo utilizador. Por fim, são criados novos ciclos, a fim de se conseguir elaborar os perfis de fundo da respetiva secção (latitude e/ou longitude).

²² https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/ (necessário criar conta para aceder aos ficheiros).

A parte de cálculos propriamente dita, finaliza com os relativos à corrente geostrófica. Aqui, numa primeira fase, tendo em conta os cálculos anteriormente efetuados pelas funções de TEOS-10, são determinados os diferentes componentes (leste-oeste e norte-sul) da corrente geostrófica para as distintas secções horizontais e verticais de longitude e latitude. De seguida, são reajustadas as matrizes de três em duas dimensões (secções verticais ou horizontais) nos diversos campos (latitude, longitude, pressão, salinidade absoluta, temperatura conservativa e nível sem movimento). Terminado este reajustamento, voltam a utilizar-se as funções da TEOS-10, já referidas em **2.2.1. Funções TEOS-10**, desta vez para o cálculo da componente geostrófica, de modo a conseguir-se calcular a velocidade da corrente geostrófica. Feito isto, voltam a reajustar-se as matrizes de modo a eliminar todos os valores que se encontrem abaixo do nível sem movimento selecionado pelo utilizador.

Com tudo isto, termina a fase de cálculos, e o utilizador poderá passar para qualquer um dos outros menus atendendo àquilo que deseja obter e analisar. No segundo menu, o utilizador irá deparar-se com a possibilidade de traçar perfis verticais para um ponto, em latitude e longitude fixas e numa imersão fixa. Já no terceiro, terá a possibilidade de escolher gráficos de secções horizontais ou verticais. Durante esta fase, quando selecionados os gráficos a observar, o programa irá ainda fazer alguns reajustes nas matrizes e vetores de modo a conseguir o processamento gráfico.

Para uma melhor interpretação de resultados, o programa proporciona ao utilizador, *toolboxes* de *zoom in* e *zoom out* que possibilitaram ampliar e reduzir os gráficos, de modo a tornar mais perceptível alguma parte que não o seja, e um cursor que permitirá saber os valores associados à posição sobre a qual se encontra.

2.2.4. Recomendações de utilização

Um das primeiras coisas a ter em conta na utilização desta ferramenta será a capacidade do computador a utilizar. O programa desenvolvido, dado a complexidade de cálculos e a quantidades de dados necessários para o seu processamento, poderá ser um pouco pesado. Como tal, recomenda-se a utilização de um computador de 64 *bits*.

No que toca à inserção manual das coordenadas para a área em estudo, o utilizador deverá ter a preocupação de tentar escolher coordenadas que não estejam fora daquelas que limitam o ficheiro GEBCO, pois isso poderá causar algumas interferências de dados e

perturbações nos cálculos. Recomenda-se então ao utilizador que deixe, no mínimo, um resguardo ou margem de sete graus de diferença.

No que se refere à época escolhida, há que ter em atenção qual a área de estudo pois, caso pretenda eleger uma estação sazonal, há que ter em conta que as estações diferem de hemisfério para hemisfério. Por exemplo, para a área de estudo desta dissertação, a região da África Austral, quando se escolhe a época inverno (na lógica do Hemisfério Norte) o que se está a analisar é, na verdade, o verão local (no Hemisfério Sul).

Relativamente às latitudes e longitudes fixas, há que ter conta que o programa, por vezes, poderá não correr e dar erro. Será o caso em que estamos a solicitar o uso de coordenadas onde a base de dados não contém dados (posições em terra, etc.). A sua solução prender-se-á com a alteração dessa mesma combinação de coordenadas.

Quanto à imersão escolhida, o utilizador deverá ter em conta a época que selecionou. Quando escolhida uma época mensal, os ficheiros .csv de temperatura e salinidade da NOAA apenas apresentam valores até aos 1.500 m de profundidade. Assim sendo, esta deverá ser a imersão máxima escolhida. Caso o utilizador não o faça e escolha uma imersão superior, o próprio programa mostrará uma mensagem para o utilizador escolher outro valor (**Figura 17**).

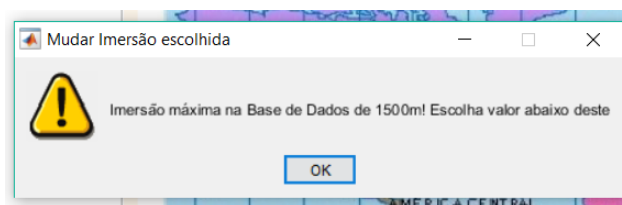


Figura 17 - Mensagem de aviso projetada pela GUI quando o utilizador escolhe uma imersão fixa superior à contida na base de dados.

Relativamente à resolução da climatologia selecionada, é necessário ter em consideração que na de $0,25^\circ$, ou seja, um quarto de grau, o processo de cálculos e posterior representação gráfica será bem mais demorado, sendo que em muitos computadores correntes (com menores capacidades de memória e/ou processamento) não funciona.

Quanto à resolução batimétrica escolhida, esta irá permitir determinar o detalhe com que a perfil de fundo é traçado. Assim sendo, caso queira escolher uma resolução com menor rigor, deverá escolher a resolução WOD (resolução de 1° ou $1/4^\circ$). Caso queira obter maior rigor, deverá optar pela resolução 0,5 milhas (**Figura 18**).

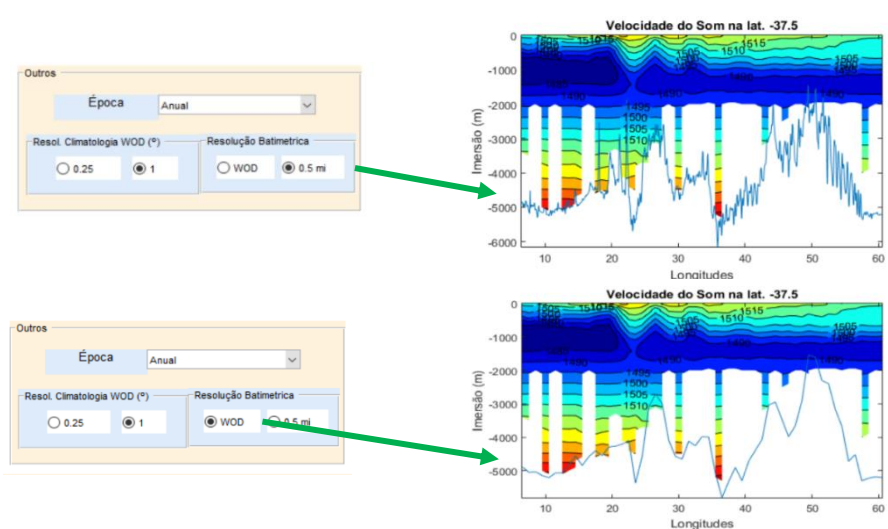


Figura 18 - Esquema ilustrativo das diferentes resoluções batimétricas possíveis de obter: a resolução batimétrica de 0,5 milhas (em cima) e a resolução da WOD (1°) (em baixo).

Capítulo 3. Interpretação dos resultados obtidos

Neste capítulo pretende-se analisar os resultados conseguidos com a utilização da ferramenta de estudo oceanográfico desenvolvida.

Foram utilizados dados climatológicos como os valores médios anuais e sazonais nas diferentes resoluções de 1° para a parte climatológica e de 0,5 milhas para a batimetria. No entanto, sempre que mostrada uma figura com os resultados, esta será acompanhada da respetiva legenda onde estarão descritos todos os parâmetros a que ela se associa, particularmente época (médias anuais, sazonais ou mensais), resolução batimétrica e climatológica e respetivas secções. No **Apêndice B – Guia para utilização e interpretação de resultados da ferramenta**, pode consultar-se a forma de entrar com estas opções.

De modo a identificar as massas de água existentes na zona de estudo, serão exibidos quatro tipos de gráficos distintos das quatro variáveis em análise (salinidade absoluta, temperatura conservativa, densidade e velocidade do som): perfis verticais num ponto, gráficos de secções horizontais por diferentes imersões (0, 100, 500, 1.000 e 1.500 m) e gráficos de secções verticais de latitude e longitude (a variarem por longitude e latitude, respetivamente, e imersão). Para além disso, por forma a constatar a presença das massas de água existentes, recorre-se aos diagramas T-S obtidos através de um programa (“Comp_perfis_Dia_TS.m”), à parte do principal, que compila e confronta os dados deste obtidos.

Reconhecidas as massas de água, passamos para a identificação das correntes que prevalecem na zona. Para tal, serão abordados três tipos de gráficos para as secções horizontais (componente leste-oeste, componente norte-sul e campo vetorial da corrente) e dois tipos de gráficos para as secções verticais (componentes norte-sul e leste-oeste da corrente).

Ao longo da análise, em alguns casos, não irão ser utilizados todos os gráficos concebidos e obtidos. Assim sendo, caso o leitor tenha curiosidade em consultá-los, deverá recorrer aos apêndices D, E, F, G, H, I e J para resultados dos perfis verticais num ponto, das secções horizontais de imersão fixa, das secções verticais de latitude fixa, das secções verticais de longitude fixa, das componentes da corrente geostrófica média a diferentes profundidades (secções horizontais) e em secções verticais, respetivamente.

3.1. Análise dos perfis verticais num ponto

Para esta análise, foram escolhidos quatro pontos espalhados pela área de estudo a fim de se tentar encontrar e perceber as presenças e variantes de massas de água existentes na zona. Na **Figura 19**, retirada do *Google Earth Pro*, encontram-se representadas as posições em análise: A em 30,5° S e 11,5° E, B em 43,5° S e 30,5° E, C em 27,5° S e 39,5° E e D em 13,5° S e 54,5° E.

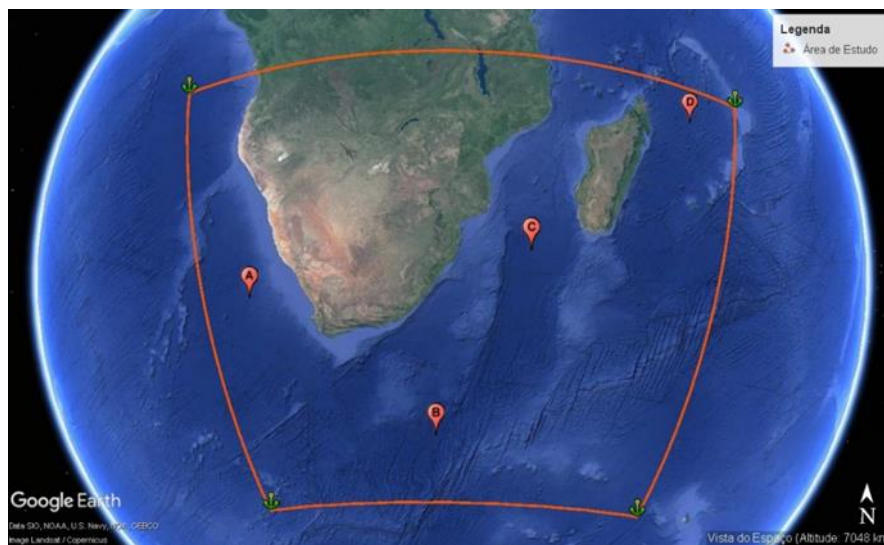


Figura 19 - Representação gráfica da área de estudo, representando as quatro posições referentes aos perfis verticais obtidos: A) 30,5° S e 11,5° E; B) 43,5° S e 30,5° E; C) 29,5° S e 38,5° E; D) 12,5° S e 52,5° E. Retirada do *Google Earth Pro*.

Passando para a análise de resultados dos perfis conseguidos para a posição A (lado atlântico), visíveis na **Figura 20**, é possível constatar que, no que à temperatura diz respeito, a sua variação corresponde à termoclina permanente²³ na qual se dá a maior variação de temperatura. A sua base encontra-se ligeiramente abaixo dos 1.000 m e para baixo desta a temperatura continua a descer, de uma forma mais ligeira, acompanhando o aumento de imersão. Relativamente à salinidade, há a realçar que esta atinge o seu mínimo na proximidade dos 900 m e, após isto, volta a aumentar. Este fator é justificado pela presença da massa de água profunda que ali se encontra, a NADW modificada (por mistura), que é uma massa de água mais salina (com valores a variar entre os 34,8 g/kg e os 35 g/kg) (**Tabela 1**, exposta em **1.3. Massas de Água**). Para o perfil vertical da velocidade do som, é visível o eixo central

²³ «Termoclina»: o gradiente vertical da temperatura. No oceano superior, na termoclina permanente, ocorre diminuição acentuada da temperatura com o aumento da imersão, desde a superfície ou perto desta até cerca de 500 a 1.500 m, consoante a área geográfica. Em latitudes subpolares e elevadas deixa de se notar.

do canal SOFAR entre 900 e 1.000 m. Quanto à densidade não há muito a referir pois, tal como esperado, demonstra um contínuo e suave aumento à medida que se aumenta a imersão.

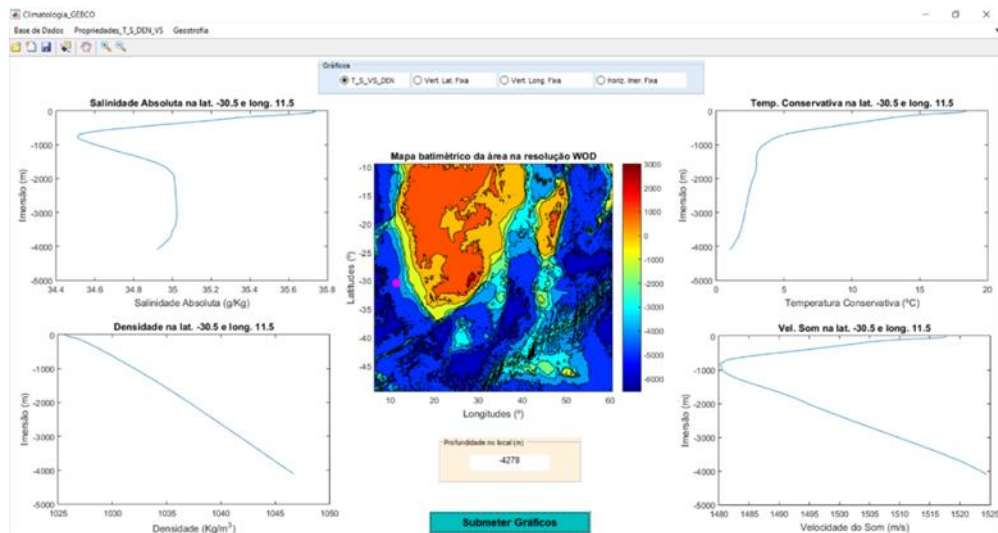


Figura 20 - Resultados gráficos dos perfis verticais de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a posição A (30,5° S e 11,5° E).

Referente à posição B (no Índico Sul), retratado na **Figura 21**, tendo em conta que já se encontra a sul do paralelo dos 40° S, este ponto está para sul da convergência subtropical, e, como tal, estamos perante a SASW, a massa de água de superfície subantártica. A sua presença é confirmada com os valores de temperatura e salinidade demonstrados nos gráficos desde a superfície até aos cerca de 500 m de imersão. Além disso, é possível verificar que a salinidade atinge o seu valor máximo por volta dos 3.000 m. Para baixo da imersão de 5.000 m já se encontrará sob a presença da massa de água de fundo, a AABW. Ao que à velocidade do som diz respeito, verifica-se que esta apresenta o seu valor mínimo, aproximadamente 1.478 m/s, para a profundidade dos 900 m.

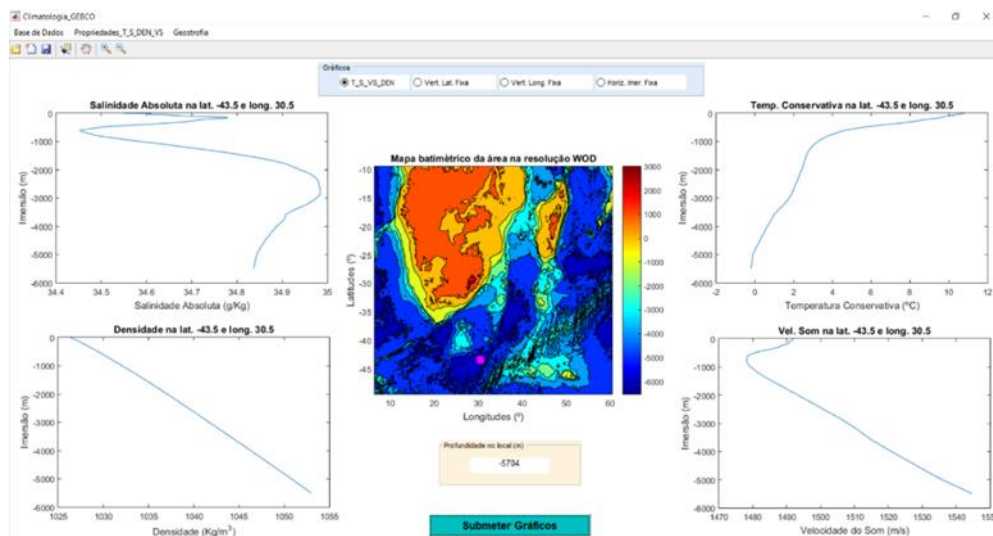


Figura 21 - Resultados gráficos dos perfis verticais de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a posição B (43,5° S e 30,5° E).

Na **Figura 22**, relativa aos resultados para a posição C (a leste de Moçambique), atendendo à zona geográfica onde este se encontra, é notório que, comparativamente com a posição A, **Figura 20**, tanto a base da termoclina como o eixo do canal SOFAR se encontrem mais profundos. Para a posição C, o mínimo de velocidade do som ocorre em torno dos 1.200 m e a base da termoclina em cerca de 1.400 m.

Analisando a posição D (a nordeste de Madagáscar), caracterizado na **Figura 23**, considerando os altos níveis de salinidade registados ao longo da superfície, é viável afirmar que nos encontramos sobre os efeitos da IEW. Para além disso, tal como na **Figura 22**, o valor mínimo da velocidade som e a base da termoclina são mais profundos (a rondar os 1.400 e 1.500 m, respetivamente). Além do mais, é possível verificar que, em qualquer uma destas figuras, o gráfico da velocidade do som acompanha, tal como esperado, o comportamento conjugado da temperatura e salinidade.

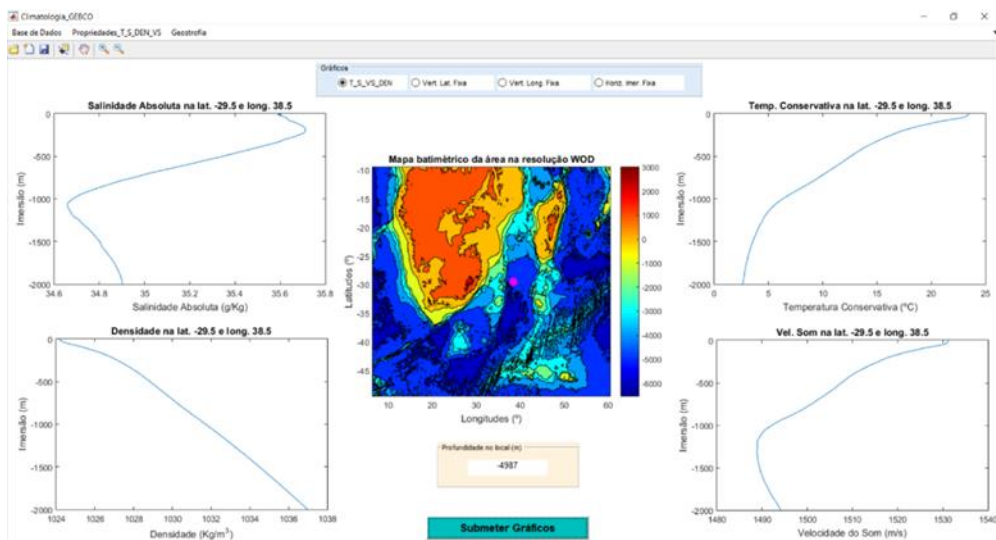


Figura 22 - Resultados gráficos dos perfis verticais de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a posição C (29,5° S e 38,5° E).

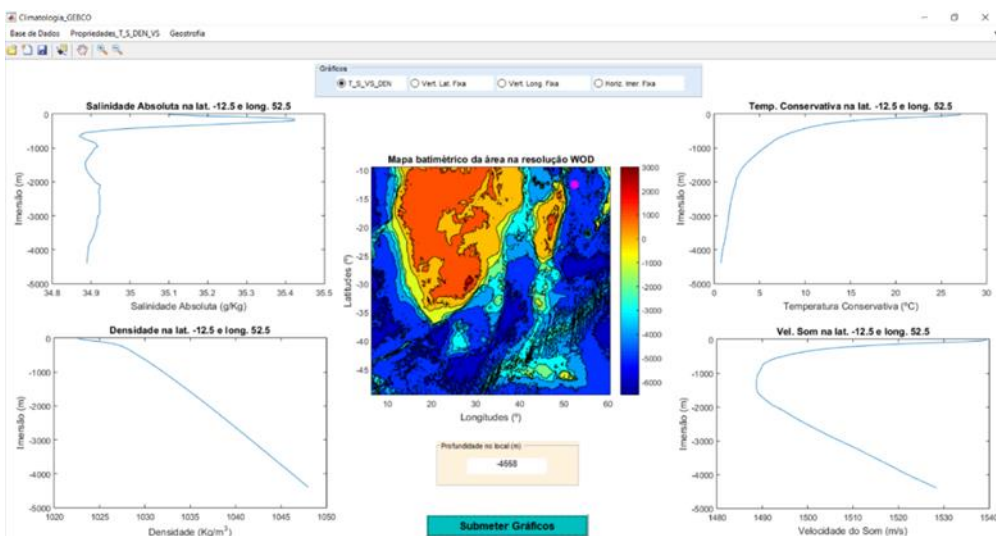


Figura 23 - Resultados gráficos dos perfis verticais de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a posição D (12,5° S e 52,5° E).

3.1.1. Análise comparativa dos perfis verticais

De forma a ajudar na caracterização das posições em análise, criou-se um pequeno programa, denominado de “Comp_perfis_Dia_TS.m” que lê e compila os perfis de salinidade e temperatura dos pontos acima referidos. Na **Figura 24**, que contempla a coletânea das temperaturas das quatro posições realçadas em 3.1. Análise dos perfis verticais num ponto, podemos verificar, que nas águas centrais, que se revelam até

aproximadamente 1.000 m de imersão, constatam-se algumas diferenças entre as curvas de temperatura, apresentando valores decrescentes de C, D, A e B, embora, na superfície e perto desta, D maior C.

A níveis intermédios, desde os cerca de 1.000 aos 2.000 m, existe uma aproximação de valores de temperatura com A e B muito próximos e C e D também semelhantes, este último par (C e D) com valores inferiores ao primeiro par (A e B). Nos níveis profundos, com imersões superiores a 2.000 m todos os pontos apresentam valores muito próximos.

Tento como base a **Figura 24**, pode verificar-se que no que à salinidade diz respeito, na superfície, os perfis encontram-se pela sequência decrescentes de valores A, C, D e B. Além disso, à exceção de A, notam-se valores máximos de salinidade, em subsuperfície, em cerca de 200 m. Por sua vez, entre os 600 e os 1.000 m, deparamo-nos com os mínimos de salinidade em profundidades crescentes na sequência B e D (cerca de 600 m), A (cerca de 800 m) e C (próximo dos 1.000 m). Na curva D, abaixo dos cerca de 600 m, repare-se que os valores de salinidade estabilizam em aproximadamente 34,85 g/kg, muito próximo do mínimo, mantendo-se superiores às das restantes estações até cerca do 1.500 m. Este fator deve-se à presença da RSPGIW. Nas curvas A, B e C, para baixo das imersões referentes aos valores mínimos, as salinidades crescem até às imersões que rodam os 2.000 m, mantendo-se estáveis ao longo da coluna de água até esta atingir grandes profundidades (nas águas profundas). Abaixo dos cerca de 2.000 m, a estação C não apresenta dados, no entanto, as restantes estações, apresentam-se pela seguinte sequência decrescentes de salinidade: A, B e D. Pode então referir-se que o lado do Oceano Atlântico, a níveis profundos, é algo mais salino que o do Índico.

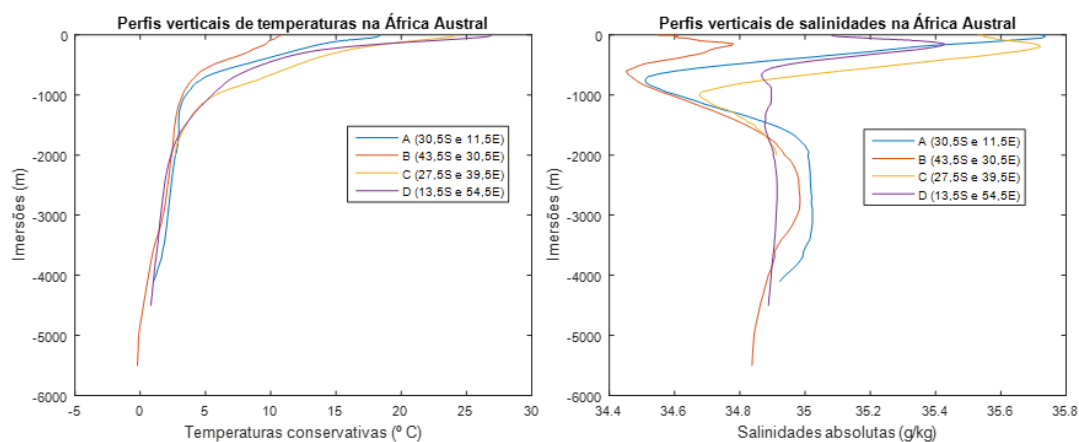


Figura 24 - Compilação dos perfis de temperatura (esquerda) e salinidade (direita) dos quatro perfis da área delimitada (A, B, C e D).

3.1.2. Análise dos diagramas T-S

Tal como para a compilação dos perfis, aqui, por forma a tentar clarificar e identificar a existência e presença das distintas massas de água, recorreu-se ao programa “Comp_perfis_Dia_TS.m” por forma a obter diagramas T-S.

Na **Figura 25** pode verificar-se que as linhas T-S são naturalmente coerentes com os perfis de temperatura e salinidade. Analisando as curvas, é de realçar que a posição C, Canal de Moçambique, se encontra limitada à imersão dos 2.000 m. Daqui, pode destacar-se que até aos 1.000 m (águas centrais), as diferenças entre as curvas são bastante evidentes. Entre os 1.000 m e os 2.000 m, ao nível das águas intermédias, existe aproximação das curvas. Porém, encontram-se maiores valores de salinidade na curva D, até cerca dos 1.500 m, como visto nos perfis verticais já antes apresentados, pela clara evidência da RSPGIW. Não havendo valores para a posição C, nos níveis de águas profundas, nota-se quase coincidência entre as curvas A, B e D.

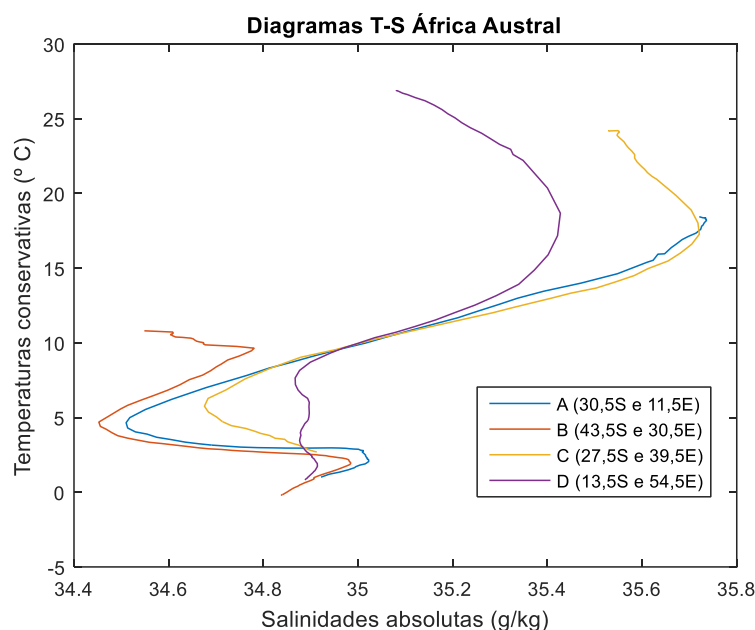


Figura 25 - Diagrama T-S representativo dos quatro perfis da área em análise (A, B, C e D).

Feita a análise comparativa dos perfis acima com os parâmetros das propriedades das massas de água expectáveis de encontrar na área, realçadas na **Tabela 1**, para as diferentes posições, pode então destacar-se que, a níveis superficiais, ou seja, desde a superfície até aos 500-1.000 m), a SACW (5° a 18 °C e 34,3 a 35,8 g/kg), apenas é visível para a posição A (tal como era de esperar), tendo em consideração que esta é a única a situar-se do lado atlântico.

Por sua vez, a SICW (8 °C a 25 °C e 34,6 g/kg a 35,8 g/kg) é notada em todas as posições do lado Índico, enquanto que a IEW (8 °C a 23 °C e 34,6 g/kg a 35,0 g/kg) não se encontra visível em nenhuma das quatro posições.

Passando para os níveis de água intermédios, com profundidades entre os 500-1.000 m e os 1.500-2.000 m, a RSPGIW (5 °C a 14 °C e 34,8 g/kg a 35,4 g/kg) é notada, sobretudo, na posição D, no entanto, também surge na C. Enquanto isso, a AAIW (2 °C a 10 °C e 33,8 g/kg a 34,8 g/kg) só não é perceptível em D, destacando-se em qualquer uma das outras três posições (A, B e C).

Aos níveis profundos, com profundidades entre os 1.500-2.000 m e os 4.000 m, a CDW (0,1 °C a 2,0 °C e 34,62 g/kg a 34,73 g/kg) não é visível em nenhuma das posições, ao passo que a NADW (1,5 °C a 4,0 °C e 34,8 g/kg a 35,0 g/kg) se destaca em A, B, C e D. Por último, nas águas de fundo, ou seja, com profundidades superiores aos 4.000 m, a AABW (-0,9 °C a 1,7 °C e 34,64 g/kg a 34,72 g/kg) não se sobressai em nenhuma das posições.

3.2 Análise das secções horizontais por imersão fixa

Na superfície (0 m de imersão), como é sabido, a salinidade em geral tem o seu máximo relativo nas latitudes subtropicais e isso pode ser comprovado, na **Figura 26**, no gráfico referente a esta variável. A faixa de maior salinidade relativa, acima dos 35,5 g/kg, situa-se nas latitudes dos 37° S até à linha de costa da África Austral, sendo que do lado do Índico, esse máximo fica limitado a norte, pela latitude dos 25° S. É ainda de salientar que, no canto noroeste, do lado do Atlântico, nas latitudes dos 20° S a 10° S, uma pequena mancha com valores acima dos 36 g/kg.

No que à temperatura diz respeito, do lado do Índico, verifica-se uma tendência de consistente variação em latitude, onde as isotérmicas correspondem aproximadamente a paralelos de latitude. Aqui, para iguais latitudes, a água é mais quente que do lado atlântico, apresentando valores máximos superiores a 27 °C. Estes valores devem-se à água quente que é transportada pela CES. Já do lado do Atlântico, as temperaturas mais frias são explicadas pela água transportada pela CB, que trás água fria proveniente do Atlântico Sul. Para além disso, junto à costa oeste do continente africano, as temperaturas médias registam o seu mínimo, cerca de 17 °C, também em coerência com a ocorrência de afloramento ou *upwelling* costeiro.

Quanto à distribuição de densidades, na superfície, há a evidenciar que as suas isolinhas seguem coerentes com as de temperatura e salinidade, ou seja, apresentam um padrão onde se notam valores mais elevados (superiores a 1.026 kg/m^3) nas maiores latitudes e mais baixos (inferiores a 1.023 kg/m^3) nas latitudes mais a norte. No lado do Oceano Índico, nota-se uma maior variabilidade que é elucidada pela maior variabilidade das isotérmicas.

A velocidade do som é dependente direta da temperatura, salinidade e pressão, sendo que é a temperatura, em geral, o fator com maior peso para a sua variabilidade. Como tal, é de esperar que as velocidades sejam maiores no lado do Oceano Índico da região e, é mesmo isto, que se confirma no gráfico deste parâmetro.

Passando para os 100 m de imersão (**Figura 27**), dado que ainda estamos relativamente próximos da superfície, os padrões não serão muito diferentes dos da superfície. Como seria de esperar, os padrões são semelhantes, mas com ligeiras diminuições nas salinidades, temperaturas e velocidades do som e ligeiro aumento da densidade.

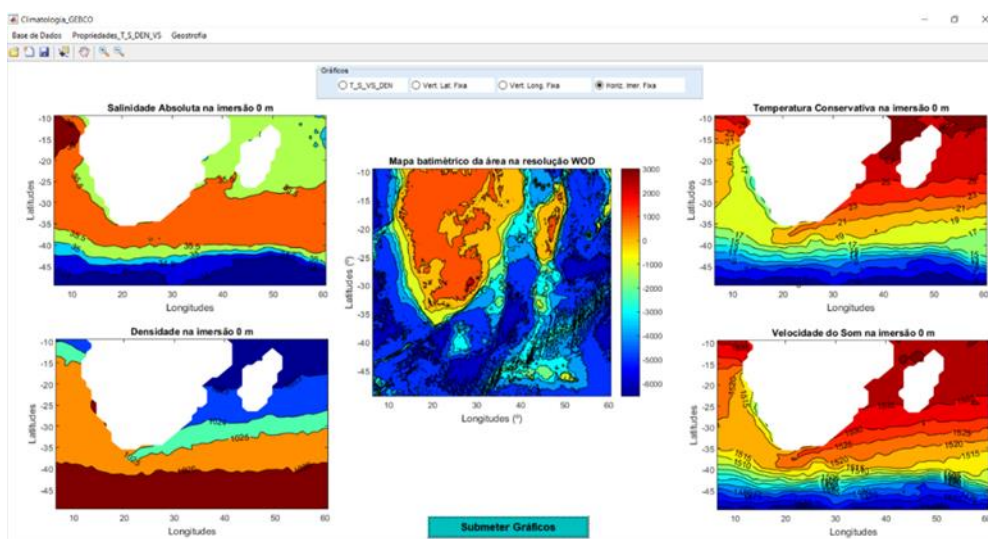


Figura 26 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas ($^{\circ}\text{C}$), de densidades (kg/m^3), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1° , para à superfície (imersão de 0 m). Contornos a intervalos de: $0,5 \text{ g/kg}$, 2°C , 1 kg/m^3 e 5 m/s .

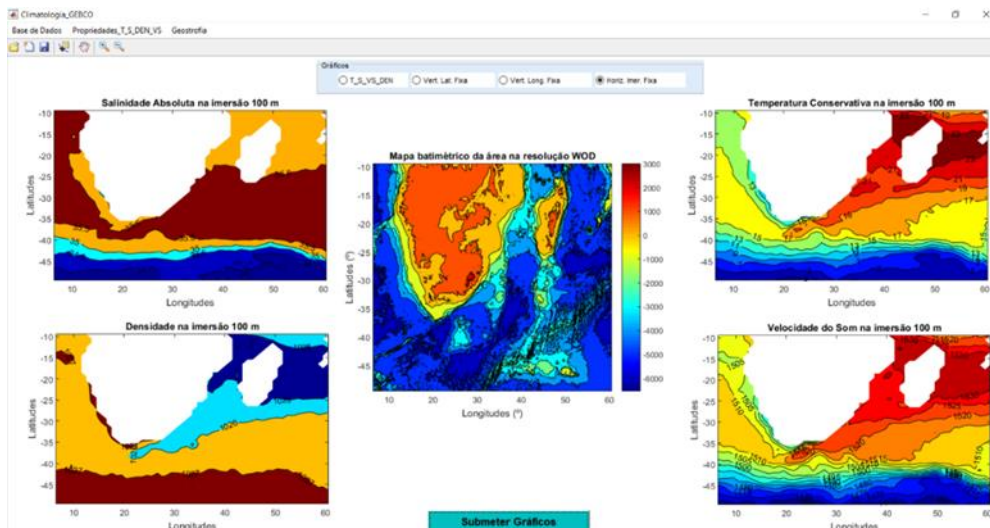


Figura 27 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a imersão dos 100 m. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s.

Na **Figura 28**, aos 500 m, encontramos-nos ao nível de cerca de meia termoclina. Aqui, tendo em conta o gráfico referente à temperatura e salinidade, é possível apurar que a CES se manifesta a níveis profundos, pois, do lado do Índico, estes indicadores continuam a ser superiores aos do lado do Atlântico. Para além disso, no gráfico alusivo à temperatura, existe uma mancha (cor castanha) onde são registados os valores mais elevados, acima dos 13 °C, que acompanha a costa sudeste africana. Esta mancha representa a CA e subsequente retroflexão. A densidade e velocidade do som acompanham o comportamento das temperaturas e salinidades, registando, em função disso, maiores valores na velocidade e menores na densidade no lado índico.

Aos 100 m, alusivo à **Figura 27**, há que realçar que, no que diz respeito à temperatura, esta ainda é superior no lado do Índico. Os maiores valores (acima dos 7 °C), à semelhança da **Figura 29**, são registados entre as longitudes dos 20° E e 45° E. Tais valores derivam da presença da CA e CRA que são correntes profundas. O sinal térmico quente nesta profundidade, centrado nos 38° S e 20° E, parece ser o centro da retroflexão (a transição da CA para a CRA). Levando em consideração a salinidade pode confirmar-se que esta já é praticamente uniforme, constatando-se existir um mínimo de salinidade entre os 500 m e 1.000 m.

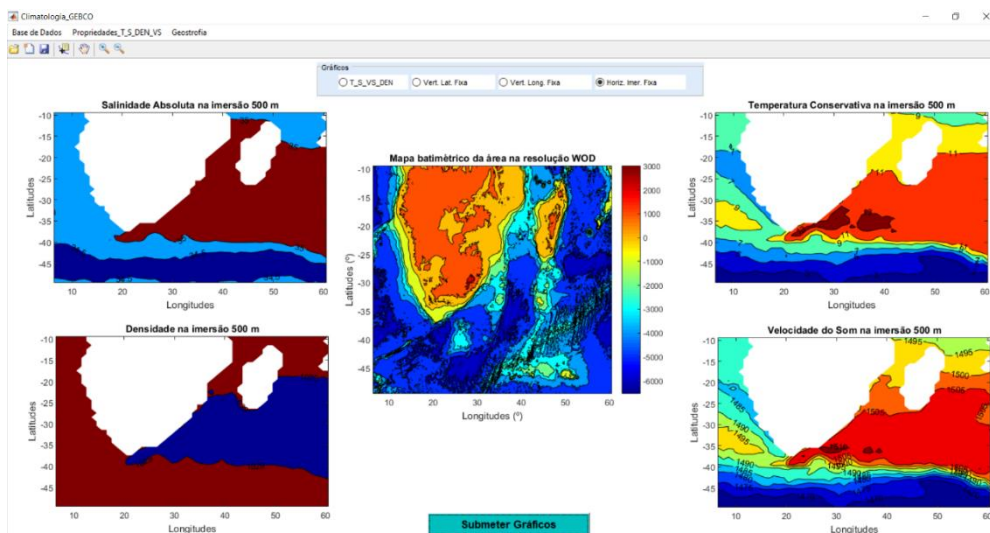


Figura 28 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a imersão dos 500 m. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s.

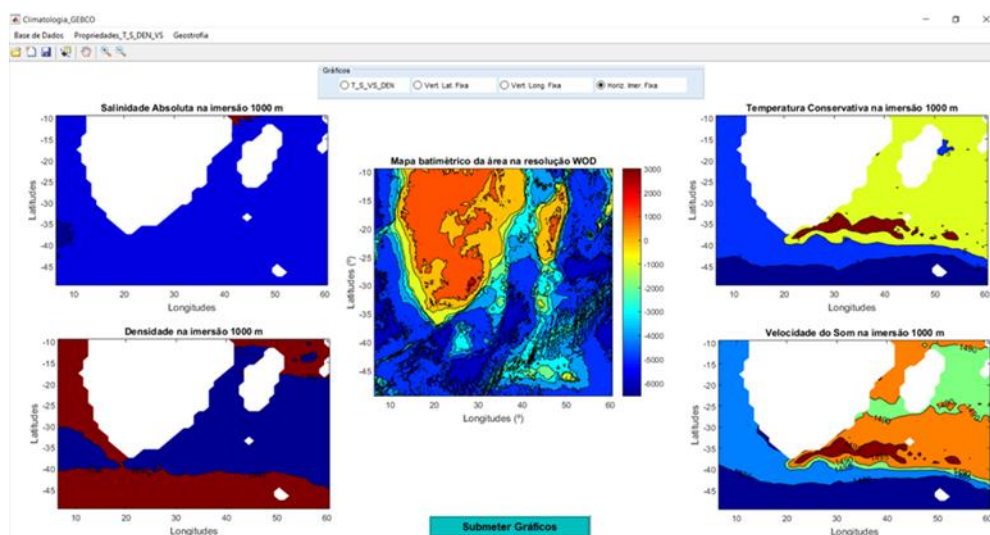


Figura 29 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a imersão dos 1.000 m. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s.

Além da análise acerca das diferentes imersões, de modo a tentar perceber-se as diferenças sazonais, correu-se o programa para as estações de verão e de inverno. Aqui, há que ter em atenção o facto de, dado estarmos a analisar uma zona no Hemisfério Sul, as estações do ano são contrárias às do Hemisfério Norte. Assim sendo, quando carregamos, no programa, os dados WOD relativos ao verão, estamos na verdade, a analisar o inverno do Hemisfério Sul e vice-versa.

Analisando a **Figura 30**, é então possível constatar que, como não podia deixar de ser, no verão local (inverno da base de dados) as temperaturas são maiores, registando valores médios, na ponta austral, de 22 °C e, ao redor de Madagascar, de 27 °C, enquanto que no inverno local, esses valores são de 17 °C e 25 °C, respetivamente. Relativamente à salinidade não há grandes alterações. Assim sendo, ao comparar a velocidade do som verificamos maiores velocidades para o verão local.

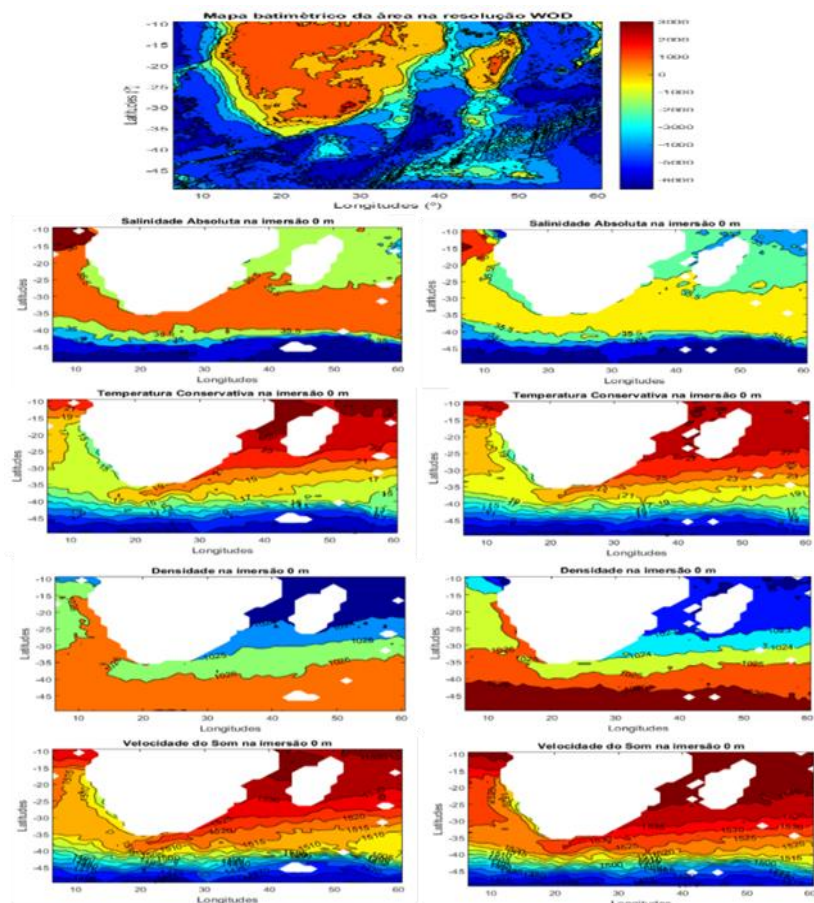


Figura 30 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios sazonais, na resolução de 1°, à superfície, no inverno local (lado direito) e verão local (lado esquerdo). Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s.

3.3. Análise das secções verticais

Ao longo deste subcapítulo serão analisadas as alterações das quatro propriedades em estudo (salinidade absoluta, temperatura conservativa, velocidade do som e densidade) ao longo da coluna de água para as respetivas secções verticais de latitude e longitude fixas. São usadas as climatologias de médias anuais na resolução de 1°.

3.3.1. Secções verticais de latitude fixa

A **Figura 31**, relativa à latitude dos 11,5° S, mostra que, do lado do Índico, as maiores temperaturas vão até maior imersão. Esta ocorrência, tal como já havia sido constatada, deve-se à presença da CES que vem de uma baixa latitude de elevada radiação solar e evaporação. Quanto à salinidade, a níveis superficiais, registam-se maiores valores (superiores a 36 g/kg) do lado do Atlântico. Em níveis intermédios, do lado oeste da costa africana, é atingido um mínimo de salinidade (abaixo dos 35 g/kg), enquanto do lado leste os valores mínimos vão até uma maior profundidade. Já a níveis profundos, no lado atlântico, volta a existir um aumento de salinidade. Aumento esse que ocorre por estarmos, na presença da NADW já modificada. No referente à velocidade do som, é notório que ela atinge o seu mínimo em volta da isolinha dos 1.490 m/s. A densidade, por sua vez, apresenta valores de 1.025 kg/m³ à superfície e de 1.050 kg/m³, em cerca de 5.000 m, o que demonstra o normal crescimento da densidade à medida que se aumenta de imersão.

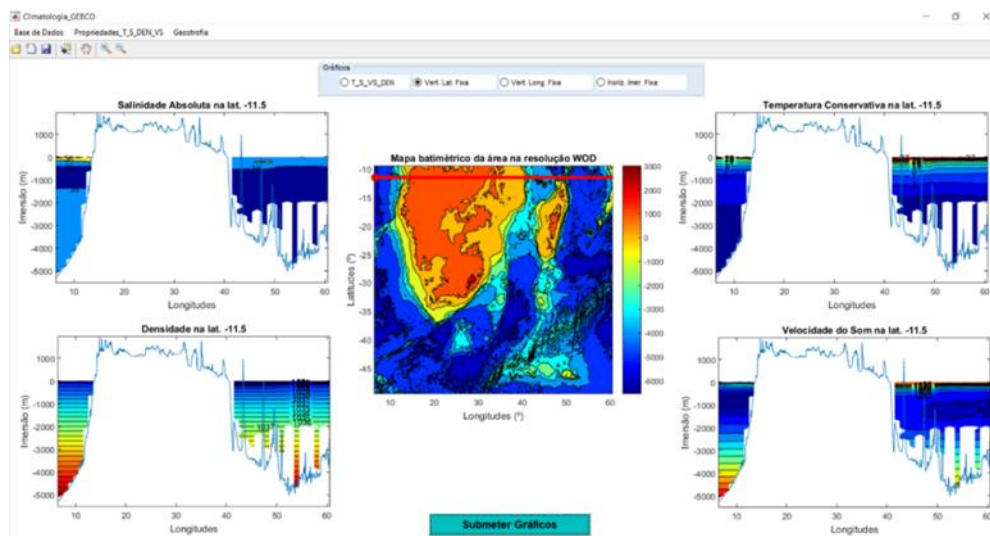


Figura 31 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a secção vertical de latitude fixa de 11,5° S. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s.

Ao olhar para a **Figura 32**, na latitude dos 18,5° S podemos apurar que, mais uma vez, tal como se averiguou ao longo dos perfis verticais, a salinidade do lado do Índico é, em média, menor do que no Atlântico. Quanto a temperaturas pode ver-se que o sinal térmico é mais forte, no oceano superior do lado leste do continente.

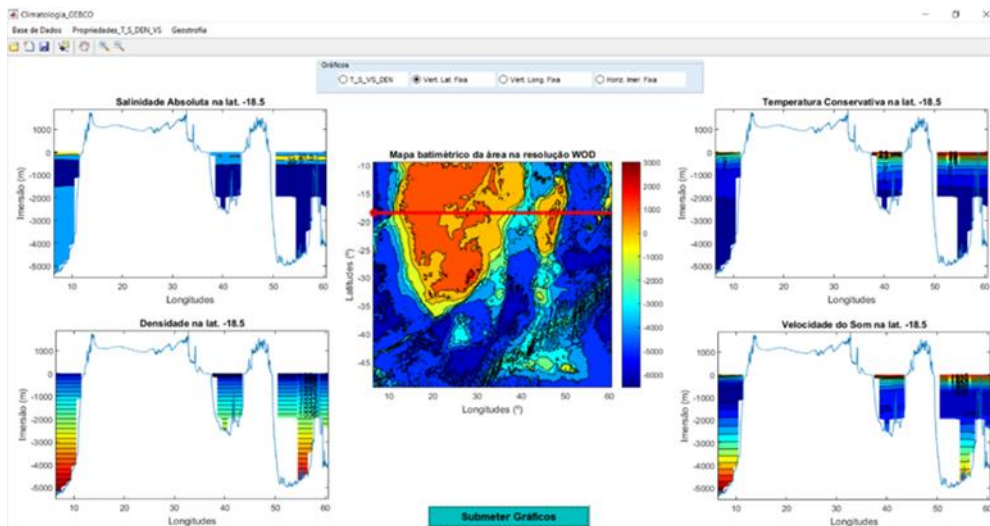


Figura 32 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a secção vertical de latitude fixa de 18,5° S. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s.

Na latitude da ponta sul de Madagáscar, ao longo dos 25,5° S (**Figura 33**), é notório que a salinidade a níveis mais profundos (entre 2.000 e 4.000 m de imersão), no lado atlântico, é maior que no lado do Índico. Isto acontece dado estarmos na presença da NADW, modificada no lado atlântico. Já no que se relaciona à temperatura, há que realçar que a base da termoclina, do lado leste, é mais profunda dado o oceano superior estar preenchido por água mais quente. Este acontecimento faz com que na velocidade do som, os maiores valores também sejam registados no lado leste da área.

Através da **Figura 34**, pertencente à latitude dos 32,5° S (um pouco a norte do Cabo da Boa Esperança), é possível comprovar que, à medida que se vai para sul, a base da termoclina (isotérmica dos 5 °C) tende a aprofundar, sendo mais espessa no lado índico. A base da termoclina centra-se nos cerca de 900 m no Atlântico e nos 1.200 m no Índico. Esta diferença é explicável pela água relativamente quente que vem do norte e leste do oceano Índico, através da CES.

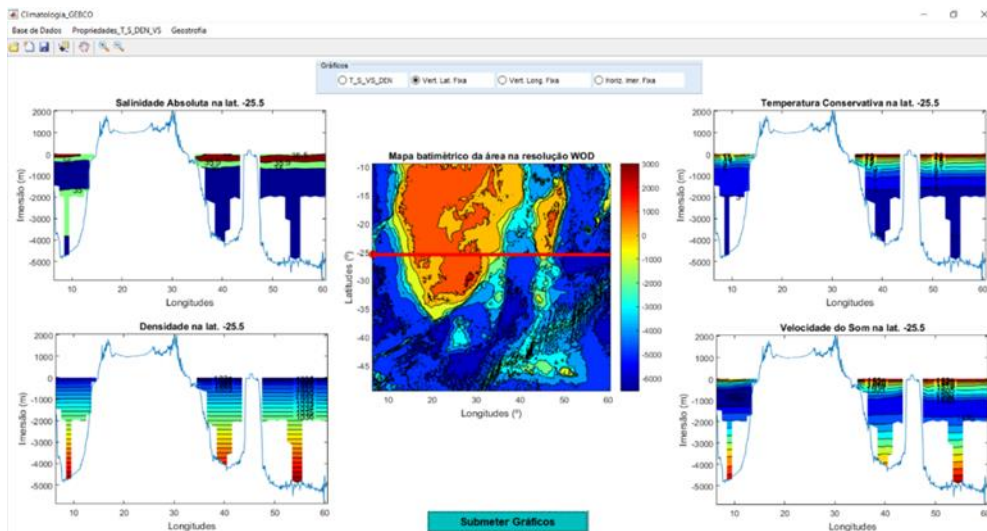


Figura 33 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas ($^{\circ}\text{C}$), de densidades (kg/m^3), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1° , para a secção vertical de latitude fixa de $25,5^{\circ}\text{S}$. Contornos a intervalos de: $0,5\text{ g}/\text{kg}$, 2°C , $1\text{ kg}/\text{m}^3$ e $5\text{ m}/\text{s}$.

De todas as figuras que aqui já foram mostradas, é de salientar que a água vinda do Índico tende a fluir para o Atlântico. Esta movimentação está relacionada com a geostrofia, pois as águas quentes do Índico com maiores volumes específicos e maior pressão tendem a fluir para outros lugares de maior densidade (menor volume específico e menor pressão), como é o caso do lado atlântico.

Um pouco mais a sul, para a latitude dos $39,5^{\circ}\text{S}$ (a sul do Cabo da Boa Esperança), é possível observar, na **Figura 35**, nos gráficos referentes à temperatura e salinidade, um comportamento semelhante, sendo que onde se encontram as isohalinas mais próximas na superfície é também onde se localizam as isotérmicas mais próximas e vice-versa. Este comportamento deve-se há existência de meandros próprios da CRA. Para além disso, é aqui, no que à temperatura diz respeito, que a termoclina é mais espessa do que em todas as outras secções mais a norte.

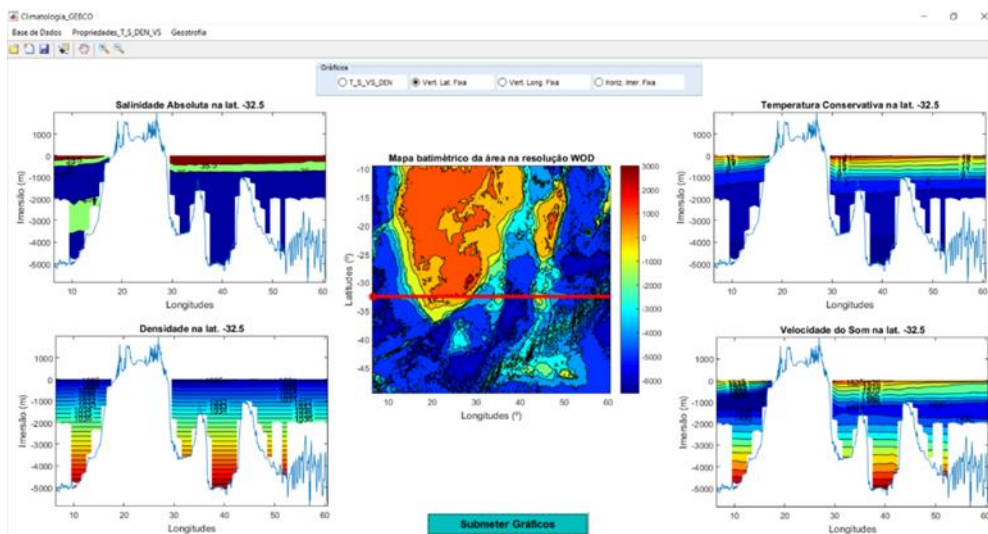


Figura 34 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a secção vertical de latitude fixa de 32,5° S. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s.

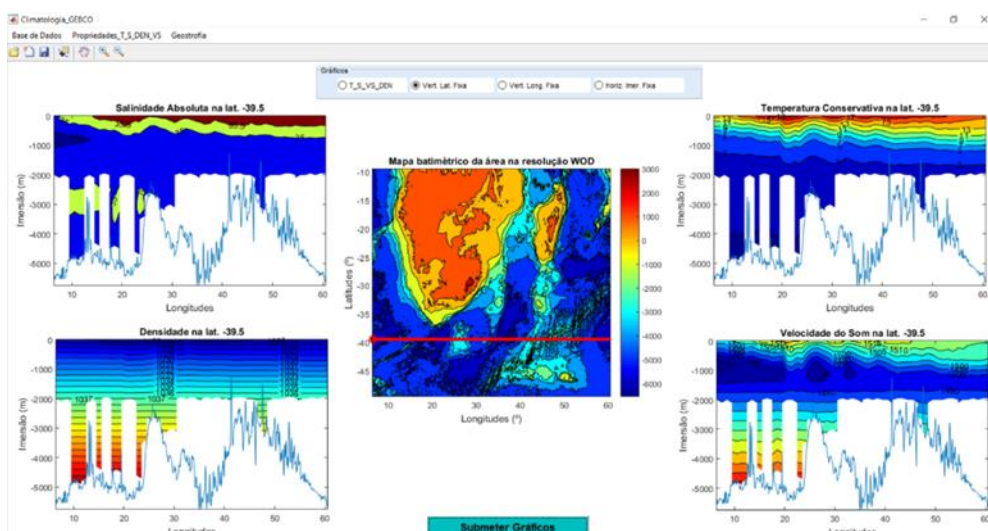


Figura 35 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a secção vertical de latitude fixa de 39,5° S. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s.

3.3.2. Secções verticais de longitude fixa

Para a secção de longitude de 12,5° E (no lado atlântico), representada na **Figura 36** é de salientar que, a níveis superficiais, à medida que nos vamos aproximando do equador, as salinidades, como esperado, tendem a aumentar. A níveis profundos, da latitude dos 40° S até se encontrar costa, a salinidade relativa apresenta valores máximos a rondar os 35 g/kg.

Este facto apoia-se na presença da NADW modificada. Para as temperaturas, nas latitudes mais elevadas, a água apresenta-se mais fria dada a existência da CCA. Como consequência desta combinação de fatores, a velocidade do som, mostra o seu mínimo na superfície junto às latitudes mais a sul (água mais fria e menos salina).

Centrada, perto do cabo da Boa Esperança, na longitude dos 19,5° E, a **Figura 37**, evidencia uma maior salinidade e temperatura junto a costa, associados à CA. Por sua vez, nas latitudes mais a sul, continua a notar-se sinal da CCA e, como tal, menores temperaturas e salinidades.

A **Figura 38** e a **Figura 39**, relacionadas com a longitude dos 25,5° E a 32,5° E, respetivamente, ambas já no lado índico, demonstram um desenvolvimento das propriedades semelhante ao das secções anteriores. Havendo uma maior salinidade e temperatura junto à costa, devidas a água quente trazida pela CA e, consequentemente, uma maior velocidade do som nessa zona.

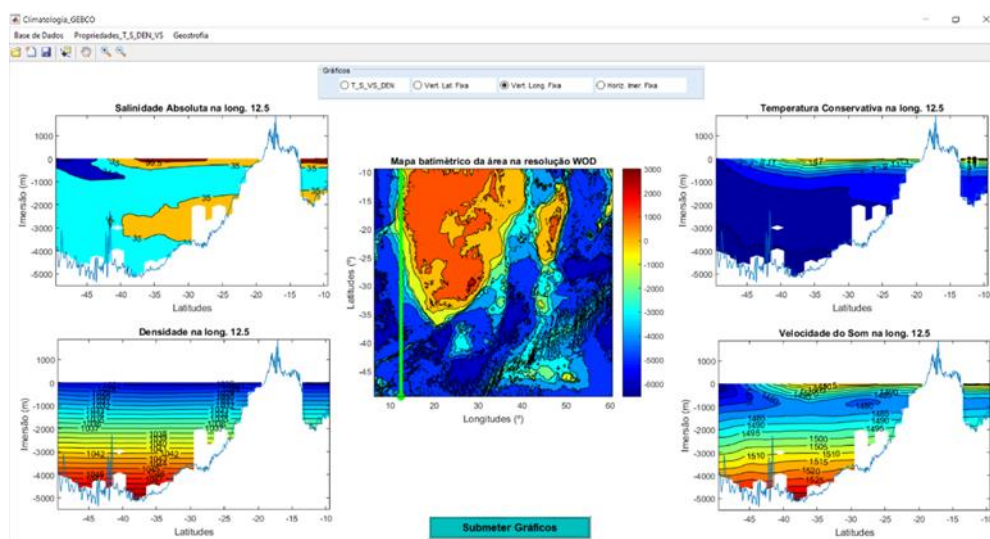


Figura 36 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a secção vertical de longitude fixa de 12, 5° E. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s.

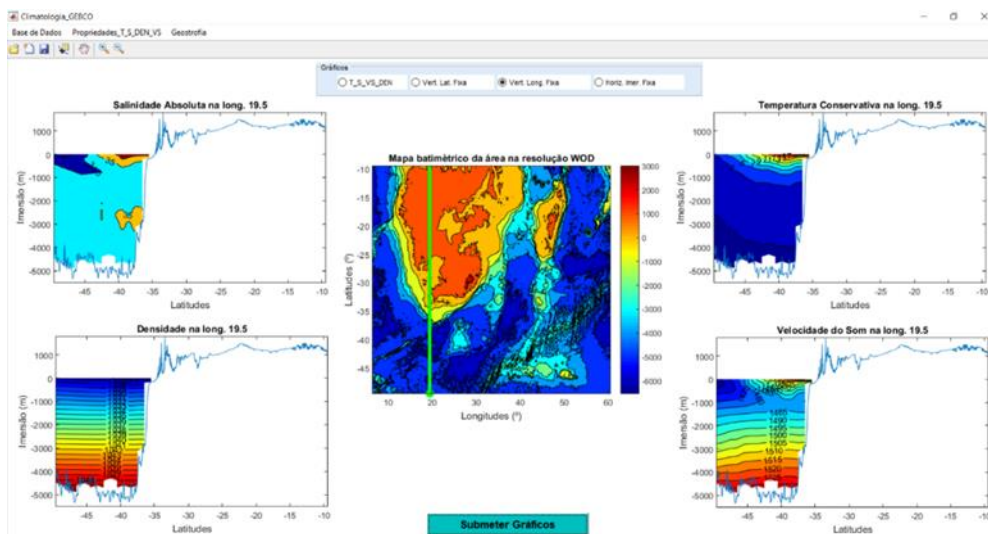


Figura 37 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a secção vertical de longitude fixa de 19, 5° E. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s.

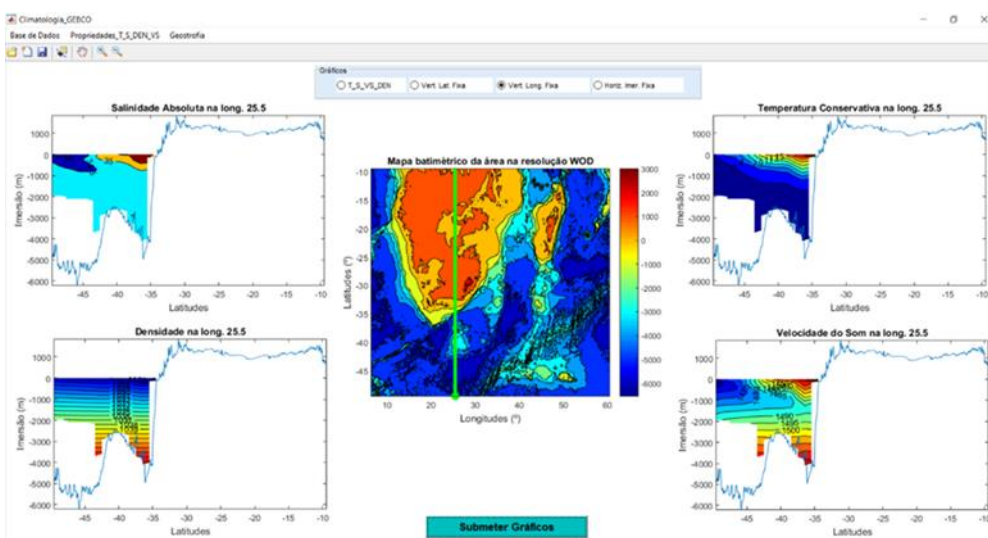


Figura 38 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a secção vertical de longitude fixa de 25, 5° E. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s.

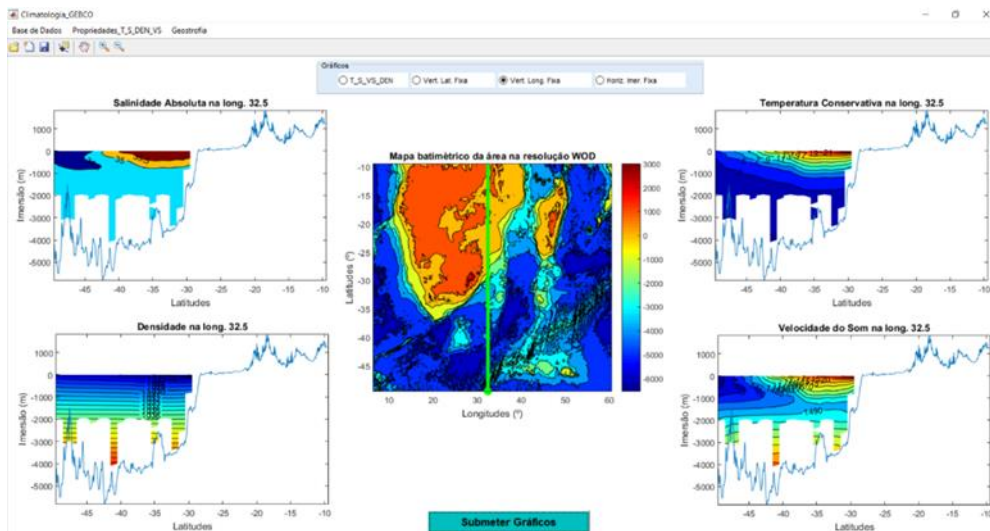


Figura 39 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas ($^{\circ}\text{C}$), de densidades (kg/m^3), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1° , para a secção vertical de longitude fixa de $32,5^{\circ}$ E. Contornos a intervalos de: $0,5$ g/kg, 2 $^{\circ}\text{C}$, 1 kg/m^3 e 5 m/s .

Na secção de longitude dos $38,5^{\circ}$ E (ao longo do Canal de Moçambique), na **Figura 40**, a camada superficial, onde se verificam maiores temperaturas e salinidades, ostenta isolinhas mais horizontais (relativamente às secções de longitude anteriores, nas quais eram nítidas inclinações das isolinhas típicas de estruturas do tipo frentes com gradientes horizontais).

Na **Figura 41**, alusiva à longitude dos $45,5^{\circ}$ E, é possível fazer o paralelismo relativamente ao que acontece a norte e a sul da ilha de Madagáscar. Relativamente à salinidade, é possível constatar que ao largo da parte sul da ilha há valores superiores aos do largo da parte norte. Isto, dever-se-á ao facto de o lado sul ser uma zona de menor precipitação. No que se refere à temperatura, pode constatar-se que a base da termoclina tende a aumentar a sua imersão progressivamente com o aumento de latitude, atingindo o seu máximo na proximidade dos $38,5^{\circ}$ S.

Da **Figura 42**, correspondente à secção de longitude dos $51,5^{\circ}$ E (a leste de Madagáscar), é possível aferir, no gráfico das temperaturas, que as isotérmicas, perto da latitude dos 40° S, estão bastante inclinadas, o que significa que estamos perante uma frente. Esta frente, aqui predominante, é a convergência subtropical sul. A sua presença é também visível no gráfico da velocidade do som, onde se nota uma variação horizontal das isolinhas na mesma latitude.

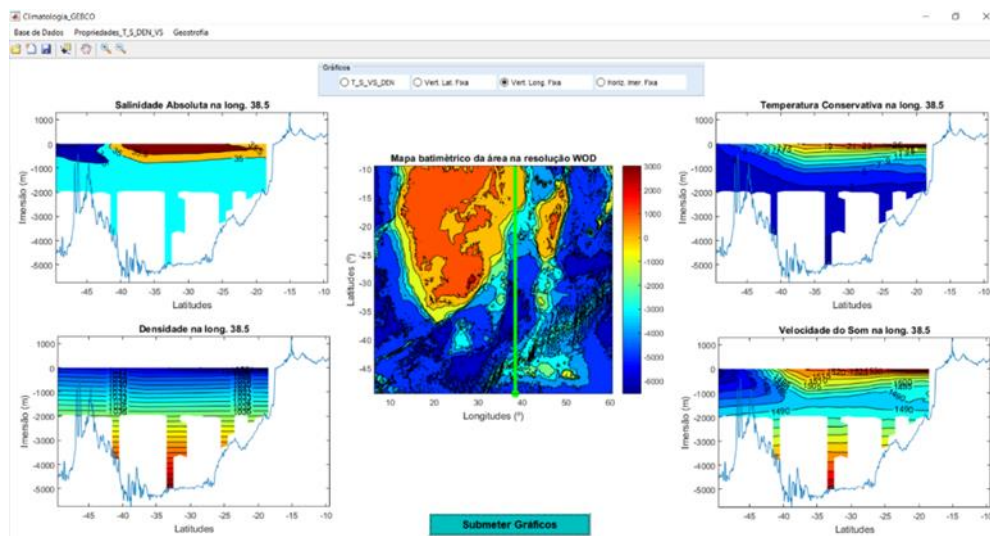


Figura 40 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a secção vertical de longitude fixa de 38,5° E. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s.

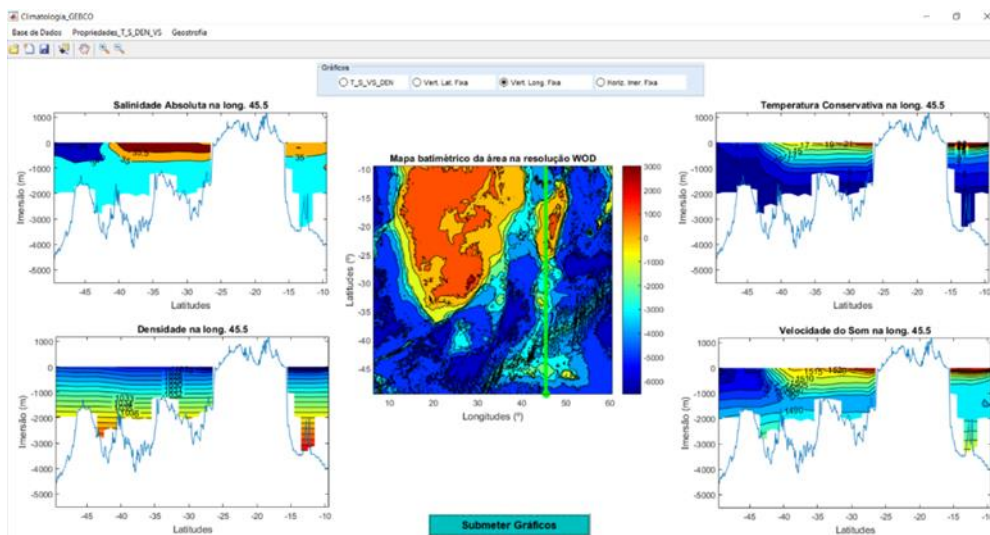


Figura 41 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a secção vertical de longitude fixa de 45,5° E. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s.

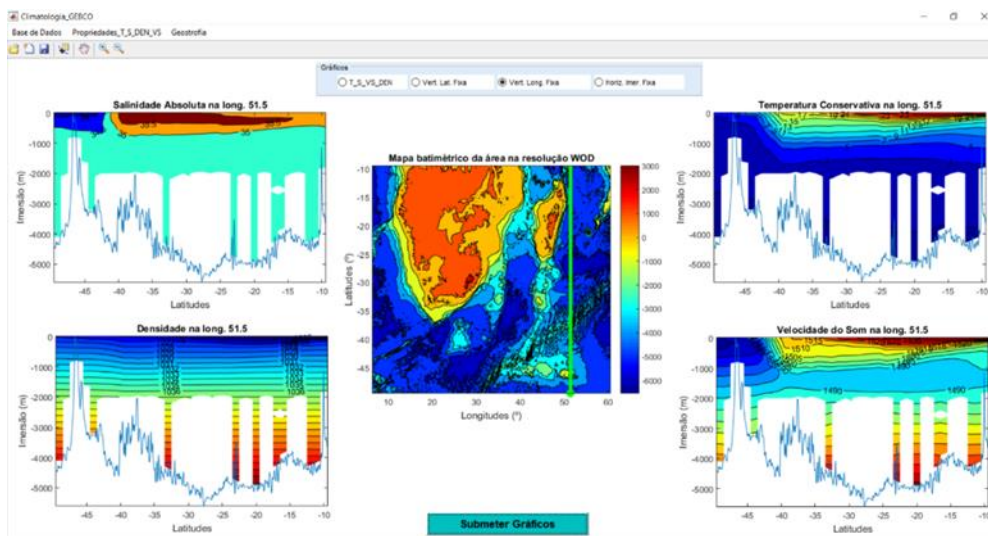


Figura 42 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a secção vertical de longitude fixa de 51,5° E. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s.

3.4. Análise geostrófica

Por forma a analisar a estrutura das correntes geostróficas que prevalecem na zona em estudo, ao longo das suas componentes (norte-sul e leste-oeste), a análise geostrófica foi dividida em duas partes: secções horizontais e verticais.

3.4.1. Secções horizontais

As representações das secções horizontais visam avaliar as correntes geostróficas, em distintos níveis de imersão, por camadas horizontais. Na **Figura 43**, como se pode verificar, com o mapa batimétrico, as manchas brancas existentes nos gráficos relativos às componentes e vetores da corrente, dizem respeito às partes terrestres.

No que se refere à componente norte-sul, em análise na superfície (**Figura 43**), é possível ver, do lado leste da costa (de Moçambique seguida pelo sudeste da África do Sul), a presença de uma mancha (a cor azul) que acompanha o desenvolvimento do talude continental até chegar à ponta mais a sul da costa africana. Essa mancha, abaixo da latitude dos 25° S, praticamente alinhada com a ponta sul de Madagáscar, diz respeito à CA, enquanto que, a norte desta, representa a corrente formada no Canal de Moçambique. Para além disto, são ainda visíveis meandros, correspondentes à corrente média da CRA, entre as longitudes de 22° E e 35° E, centrada na latitude dos 38° S. Aqui é possível aferir uma alternância de

corrente em que, primeiramente, a água tende a fluir para sul e logo a seguir para norte, e isto repetidamente até alcançar a latitude dos 35°E, tendo tendência a suavizar a oscilação à medida que progride para leste. A estrutura de meandros da CRA é nesta zona influenciada pela batimetria.

No gráfico da componente leste-oeste, ainda referente à **Figura 43**, os meandros da CRA já não são tão perceptíveis. No entanto, nota-se a tendência desta corrente em fluir para leste. Além disso, este gráfico permite-nos especular que a RA tem a sua posição inicial de transição da CA, nos 39° S e 19° E. No lado índico, é ainda possível identificar a formação de um vórtice, anticiclónico, à entrada norte do Canal de Moçambique que possui a sua origem nas águas da CES que ali entram.

Em relação ao campo vetorial, representado na **Figura 43**, para a superfície, e na **Figura 44** para os 500 e 1.000 m, é notório que, conforme a profundidade aumenta, maior é a nitidez e o registo da CA e CRA. Isto é explicado pelo facto de estas serem correntes geostróficas profundas. Para além disso, na **Figura 44**, referente aos 500 m de profundidade, é evidente, a presença da CES, não só a entrar no Canal de Moçambique, pelo norte de Madagáscar, como também pelo sul de Madagáscar, indo em direção à costa leste africana, por forma a alimentar a CA. Por sua vez, na costa oeste do continente africano, constata-se vetores direcionados para nor-noroeste que parecem representar a CB.

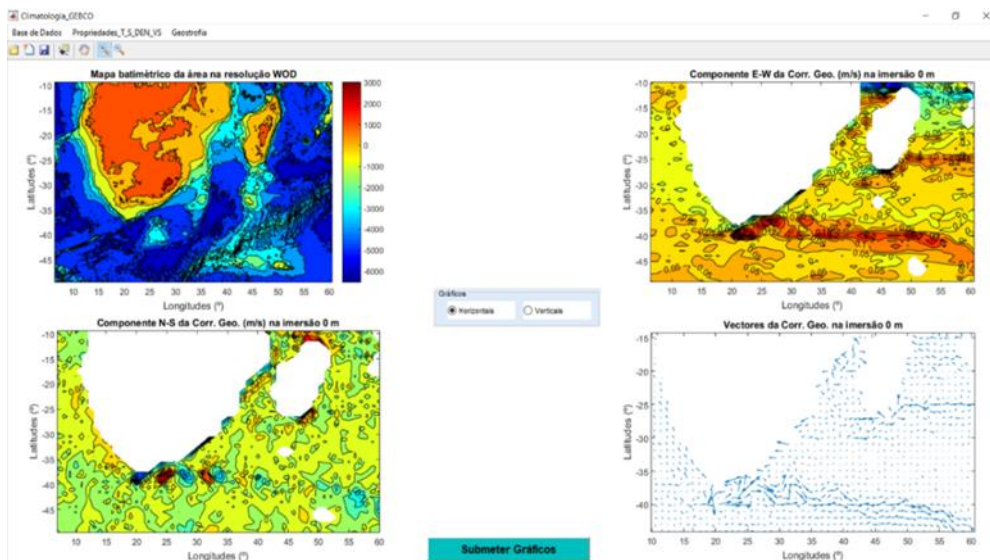


Figura 43 - Resultados gráficos da corrente geostrófica (componentes leste-oeste e norte-sul, e vetores), com valores médios anuais, na resolução de 1° para as diferentes componentes e vetores da corrente geostrófica à superfície. Intervalos entre contornos de 0, 05 m/s.

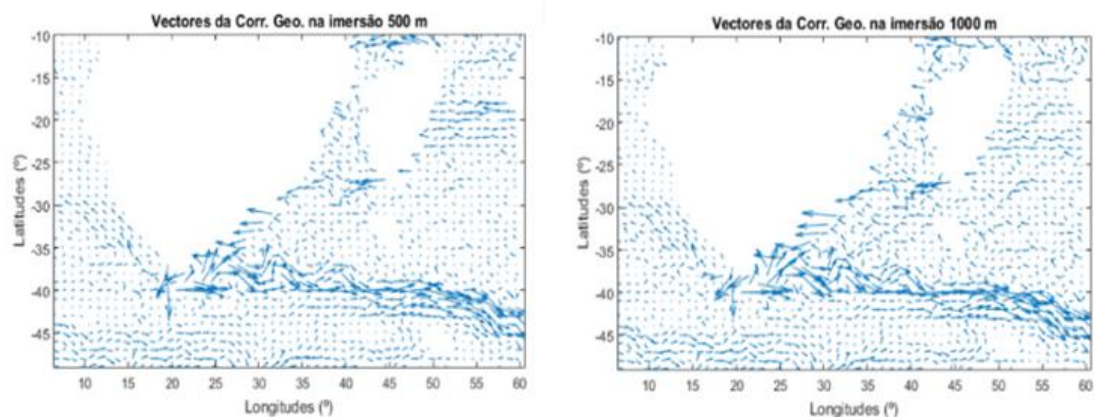


Figura 44 - Resultados gráficos de vetores da corrente geostrófica calculada, com valores médios anuais, na resolução de 1° , para os vetores da corrente geostrófica aos 500 m (esquerda) e 1.000 m (direita).

3.4.2. Secções verticais

A análise das secções verticais de latitude e longitude fixas, das componentes da corrente geostrófica (componente norte-sul e leste-oeste, respetivamente) pretende evidenciar de que forma esta se revela, desde a superfície até aos 1.500 m de profundidade (nível assumido como nível profundo sem movimento).

Ao analisar os conjuntos de dados obtidos para a componente norte-sul, representados na **Figura 45**, reparamos que não é bem visível o comportamento e estrutura das correntes meridionais em análise. No entanto, consegue destacar-se alguns pormenores dos gráficos que compreendem a figura supramencionada.

Na latitude dos $11,5^\circ\text{S}$, a norte da ilha de Madagáscar, há a realçar um fluxo de água, com valores positivos, ou seja, a dirigir-se para norte, entre as longitudes dos 47°E a 50°E . Esta tendência justifica-se com a presença da CES que, ao aproximar da costa norte da ilha se redireciona, com ramos em ambos os sentidos, seguindo para norte e para sul, acompanhando o talude da ilha. Junto à costa africana (parte norte do Canal de Moçambique), a água apresenta tendência em vir para sul.

Na latitude dos $18,5^\circ\text{S}$, entre as longitudes dos 39°E e 43°E , junto à costa leste do continente africano e à costa oeste da ilha de Madagáscar, sobressaem duas manchas (cores castanhas/alaranjadas nos fluxos para norte e cores azuis nos fluxos para sul), com valores de $0,05\text{ m/s}$ a $0,1\text{ m/s}$, desde a superfície até aos 1.100 m no lado africano e aos 700 m no

lado de Madagáscar, que parecem representar os *eddies* formados ao longo do Canal de Moçambique.

Para o gráfico relativo à latitude dos 25,5° S, há a realçar, junto à ponta sul da ilha de Madagáscar, na superfície, um fluxo de corrente para norte. No entanto, a níveis intermédios, dos 250 m até aos 900 m, apesar de não muito nítida, existe um fluxo para sul. É esta corrente, oriunda da CES, que irá, mais a sul, juntar-se à CA.

Na latitude dos 32,5° S, destaca-se, do lado oeste do continente africano, movimento para norte, com valores a variar entre 0,01 m/s e 0,05 m/s, representantes da CB. Por outro lado, junto ao talude, no leste do continente africano, a CA é notada através dos valores negativos, ou seja, a fluir para sul (a diferir entre 0,05 e 0,1 m/s), que ali se manifestam até aos 1.000 m de profundidade.

Por fim, no gráfico referente à latitude dos 39,5° S, é visível, nas longitudes dos 19° E a 21° E, uma corrente, na direção sul, com valores que atingem os 0,05 m/s até uma profundidade de 1.100 m, consistentes com a CA. Por sua vez, da longitude dos 22° E aos 26° E, é clara a presença de uma corrente a dirigir-se para norte, com valores idênticos à anterior, até à profundidade dos 900 m, referentes aos meandros derivados da CRA.

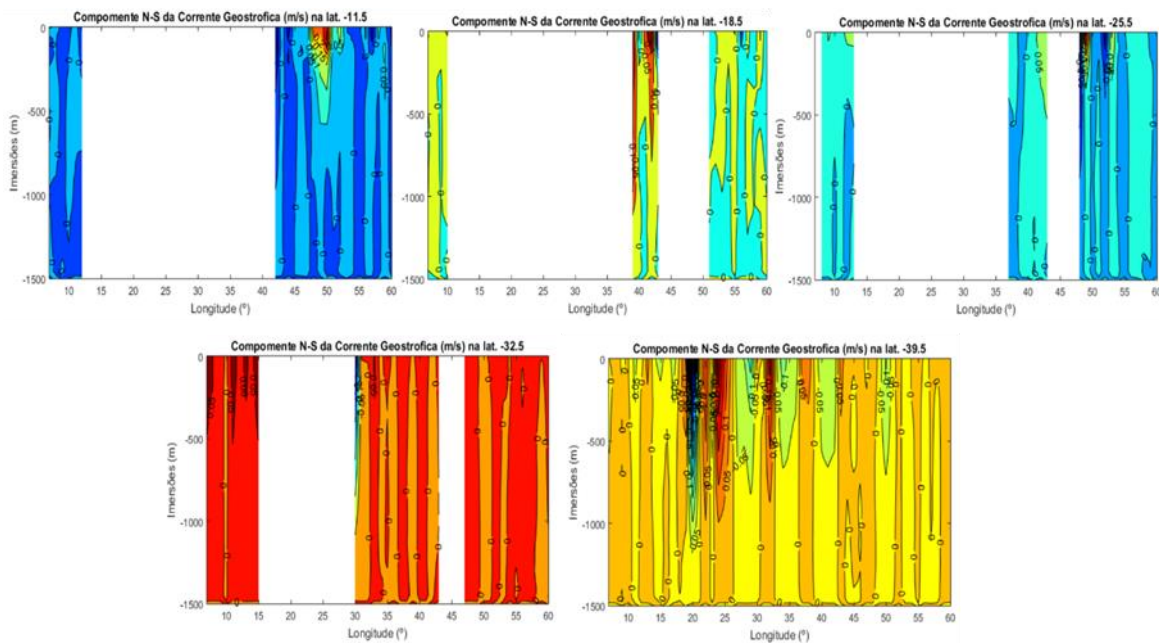


Figura 45 - Resultados gráficos das componentes norte-sul da corrente geostrófica, com valores médios anuais, na resolução de 1° nas secções verticais de latitude: 11,5° S; 18,5° S; 25,5° S; 32,5° S; 39,5° S. Intervalo entre contornos de 0,05 m/s.

Relativamente à componente leste-oeste e gráficos de si derivados (**Figura 46**), é de realçar que o comportamento das correntes é bem mais visível do que nos das componentes norte-sul. Quanto à longitude dos 12,5° E, entre as latitudes dos 50° S e 45° S, ao longo dos primeiros 700 m, verifica-se um fluxo de água, com valores positivos, superiores a 0,05 m/s, ou seja, a tender para leste, consistente com a CCA. Entre a latitude dos 36° S e a costa mais a norte, com tendência a fluir para oeste, é notória a CB, representada pela cor azul escura. Esta regista valores a variar entre os 0,01 m/s e os 0,05 m/s.

Na longitude dos 19,5° E, deparamo-nos com a presença de duas correntes. A primeira, surge com direção leste, entre as latitudes dos 50° S e 43° S, com valores a variar em torno dos 0,05 m/s, até uma profundidade muito próxima dos 1.500 m, consistente com a CCA. A segunda, aparece a variar entre as latitudes dos 38° S até encontrar costa, com direção oeste e velocidades a rondar os 0,05 m/s e os 0,1 m/s até aos 900 m de profundidade, consistente com a CA.

No gráfico referente à longitude dos 25,5° E a presença da CRA é bem visível entre as latitudes dos 39° S e 37° S. Esta apresenta, um pico de velocidade à superfície, com valores superiores a 0,3 m/s, decaindo até aos 0,05 m/s em 1.000 m. Em torno da latitude dos 36° S, junto a costa, apesar de pouco nítida, dado a sua variação horizontal ser estreita nesta escala, verifica-se a tendência de uma corrente a dirigir-se para oeste, com valores a variar entre os 0,05 e os 0,1 m/s, coerentes com a CA.

Para a longitude dos 32,5° E, surgem, tal como no gráfico anterior, duas correntes: a CA e a CRA. Aqui, o sinal da CA já é mais forte. Entre a latitude dos 35° S e 29° S, é evidente a sua presença. Com fluxo para oeste, apresenta valores a variar entre os 0,1 m/s e os 0,05 m/s até quase aos 1.500 m, o que mostra o quão profunda é esta corrente. Por sua vez, a CRA, está entre as latitudes dos 39° S e 36° S, a fluir para leste e intensidade entre os 0,2 m/s e os 0,05 m/s, desde a superfície até aos 900 m.

Na longitude dos 38,5° E, para além de se poder continuar a ver o fluxo para leste da CRA, entre as latitudes 40° S e 37° S, pode notar-se, dentro do Canal de Moçambique, uma alternância de fluxo de água entre leste (pouco explícita) e oeste, em coerência com os *eddies* ali formados ou presentes.

Quanto ao gráfico alusivo à longitude dos 45,5° E, é possível fazer a comparação entre os movimentos de água, a norte e sul da ilha de Madagáscar. A norte desta ilha, é

possível ver, junto a terra, fluxo para leste e, ao largo de costa, na latitude dos 12° S, já um pouco afastado de terra, é notório um fluxo com direção oeste a entrar no Canal de Moçambique. Esta alternância de fluxos surge do *eddie* anticiclónico que ali se encontra. Já a sul da ilha, mesmo junto a terra, é visível uma corrente com direção oeste, com valores a variar entre os 0,05 m/s e os 0,2 m/s. Esta corrente, é a porção da CES que irá alimentar a CA, junto à costa do continente africano. É notório também, entre a latitude dos 45° S e 40° S, a extensão para leste da CRA, com valores a rondar os 0,25 m/s na superfície e os 0,05 m/s, em 1.100 m.

Na longitude dos 51,5° E, são visíveis, de novo, duas correntes. Entre as latitudes dos 44° S e 39° S, com direção leste e intensidade a variar entre os 0,3 m/s e os 0,05 m/s, desde a superfície até aos 1.200 m, referentes à CRA. Já para as latitudes dos 20° S aos 10° S, com direção oeste e valores de intensidade entre os 0,15 m/s e os 0,05 m/s, da superfície até aos 700 m de profundidade, correspondente à CES a entrar no Canal de Moçambique.

Por fim, referente à longitude dos 58,5° E, há que destacar, entre as latitudes dos 49° S e 42° S, com direção leste, a CRA, já não tão intensa, mas ainda assim, a registar uma intensidade que varia entre os 0,15 e os 0,05 m/s, desde a superfície até 1.000 m.

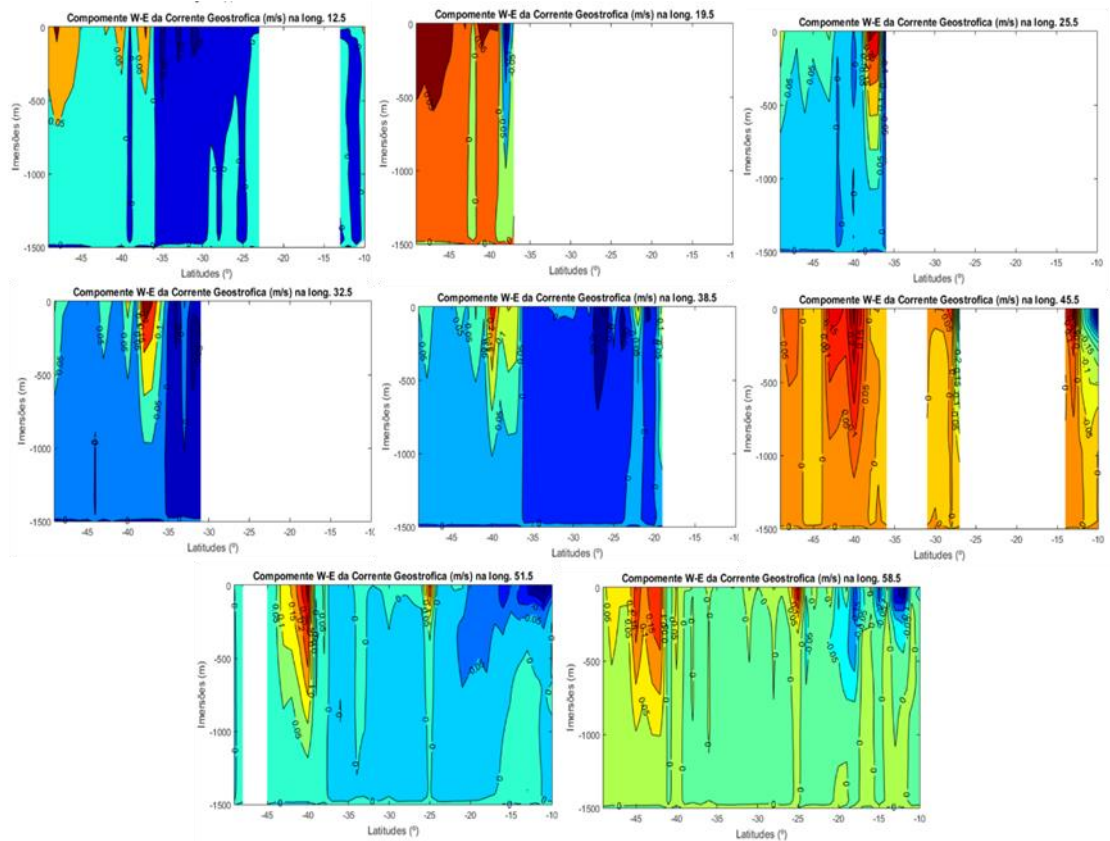


Figura 46 - Resultados gráficos das componente leste-oeste da corrente geostrofica, com valores médios anuais, na resolução de 1° , nas secções verticais de longitude $12,5^\circ$ E; $19,5^\circ$ E; $25,5^\circ$ E; $32,5^\circ$ E; $38,5^\circ$ E; $45,5^\circ$ E; $51,5^\circ$ E; $58,5^\circ$ E. Intervalo entre contornos de 0,05 m/s.

Conclusões

Partindo das sugestões de melhorias prescritas no trabalho antecedente, a presente dissertação teve, como objetivo o desenvolvimento e melhoria de uma ferramenta informática que permitisse o estudo da oceanografia física da região da África Austral.

Neste âmbito, o *software* construído, partindo de dados em bruto, proporciona gráficos de diversos tipos (de perfis e secções horizontais e verticais) das propriedades da água do oceano circundante (salinidade, temperatura, densidade e velocidade do som e da corrente geostrófica), bem como, perfis e mapas batimétricos do fundo. Com esta combinação é-nos então facultada a possibilidade de ter uma melhor visualização da situação e do comportamento dos fenómenos oceanográficos existentes na área.

Partindo de questões centrais e derivadas que levaram a cabo a pesquisa e conceção da presente dissertação, é agora possível responder-lhes por forma a concluir o trabalho.

QD1: Qual a dinâmica oceânica característica da região da África Austral?

A circulação superficial da região da África Austral é parte dos giros subtropicais que circundam a zona, nomeadamente o giro subtropical do Atlântico Sul e o giro subtropical do Índico Sul, aos quais estão associadas a Corrente de Benguela (lado atlântico), a Corrente das Agulhas (lado índico) e a Corrente Circumpolar Antártica (presente em ambos). Enquanto isso, a nível profundo a circulação é influenciada pela morfologia do fundo, nomeadamente, pela presença do planalto e bacia das Agulhas e planalto de Moçambique.

Partindo de dados climatológicos projetados a partir de médias temporais feitas ao longo de décadas, a análise de circulação de mesoescala não é, de todo, a mais detalhada. No entanto, analisados os resultados obtidos pela ferramenta para a circulação nesta escala, é possível verificar a presença de meandros no fim da Corrente das Agulhas e início da Corrente da Retroflexão das Agulhas, tal como foi previsto na descrição teórica da zona. Em contrapartida, apesar de se saber da sua existência, tanto a formação e desprendimento do anel como os *eddies* e jatos, que a estes estão associados, não são notórios, o que seria de esperar, já que esta ferramenta não incorpora variabilidade temporal.

QD2: Qual a influência da Corrente das Agulhas e da Corrente de Retorno das Agulhas na região?

A Corrente das Agulhas tem a sua origem delimitada pela latitude dos 25° S aos 30° S, onde a Corrente Equatorial Sul, vinda de leste, do lado sul de Madagáscar, e a Corrente de

Moçambique, oriunda do Canal de Moçambique se combinam e formam a Corrente das Agulhas. Comprovada na teoria, a sua formação nessas latitudes, através da análise dos gráficos da componente N-S e E-W da corrente geostrófica, foi-nos difícil aperceber dessa sua origem, o que se entende face à baixa resolução dos dados (1°). Por sua vez a Corrente de Retorno das Agulhas com sua origem entre os 15° E e os 25° E, onde a Corrente das Agulhas inverte a sua direção, através de uma brusca rotação, contrariamente à anterior é bem visível nos gráficos da corrente geostrófica nas suas duas componentes.

Independentemente disso, a direção e intensidade destas correntes é bem notória. A fluir para oeste, de norte para sul, a Corrente das Agulhas acompanha o talude continental até chegar perto de *Port Elizabeth* onde se começa a distanciar de costa. Ao chegar à parte mais a sul do banco das Agulhas (cerca dos 19° S a 20° S) inverte o seu sentido e dá início à Corrente de Retorno das Agulhas que, por sua vez, flui para nordeste, praticamente paralela à Corrente das Agulhas. Caracterizadas por serem correntes fortes, quentes e intensas, estas apresentam velocidades a variar entre os 0,05 m/s e os 0,25 m/s e prolongam-se a grandes profundidades (2.000–2.500 m).

Ao passar pelo banco das Agulhas parte da Corrente das Agulhas não acompanha a rotação e passa para o Atlântico Sul, acabando por se juntar à Corrente de Benguela, transportando consigo as águas quentes e salinas do Índico. Para além disso, os meandros, anéis e vórtices têm um papel importante para a mistura e distribuição das propriedades da água na zona.

QD3: De que modo é explicada a circulação e interação das correntes presentes na zona?

A circulação das correntes, tal como já foi referido na QD1, prende-se com a circulação dos giros que circundam a área analisada. No lado do Índico, sobre a influência do giro subtropical, tendo origem na incidência com a costa leste do continente africano, a Corrente Equatorial Sul divide-se em dois ramos e dá origem à Corrente de Moçambique (vertente sul da ramificação da Corrente Equatorial Sul). A acompanhar o progresso do talude continental, a Corrente de Moçambique continua a sua progressão até se voltar a encontrar com o ramo da Corrente Equatorial Sul proveniente do sul de Madagáscar na latitude de Durban (cerca dos 30° S), onde dá origem à Corrente das Agulhas.

Uma vez formada, a Corrente das Agulhas prossegue para oeste, até chegar ao ponto em que inverte a sua direção originando a Corrente da Retroflexão das Agulhas. No entanto, ao efetuar essa mesma rotação, parte da sua água prossegue para o Atlântico Sul, alimentando

a Corrente de Benguela. A Corrente de Retorno das Agulhas, ao ganhar forma, flui para leste, acompanhando o movimento da Corrente Circumpolar Antártica.

Por sua vez, no lado do Atlântico, sobe a influência do giro subtropical do Atlântico Sul, a Corrente de Benguela, segmento leste deste giro, progride, juntamente com a água proveniente da Corrente das Agulhas para norte, acompanhando a costa oeste do continente africano.

Com o auxílio da ferramenta, mais propriamente do gráfico vetorial da corrente geostrófica, representado nas **Figura 41 e 42**, torna-se possível confirmar o que aqui foi descrito.

QD4: De que forma é feita a representação e análise dos dados proporcionados pela GEBCO e NOAA?

Partindo dos dados proporcionados por estas entidades criou-se uma ferramenta MATLAB que nos permitiu distinguir e caracterizar as diversas estruturas persistentes na área abordada.

Com os dados batimétricos da GEBCO, o programa fornece-nos um mapa batimétrico da zona de estudo e traça o respetivo perfil de fundo do mar, ao longo das diferentes latitudes e longitudes. Enquanto isso, com os dados da NOAA, de modo a tentar realçar e perceber quais as massas de água existentes, são traçados perfis verticais e gráficos de secções verticais e horizontais de temperatura, salinidade, densidade e velocidade do som. Para além disso, de modo a identificar as correntes geostróficas da zona são projetados gráficos de secções horizontais e verticais.

De modo a tornar a interpretação e análise dos dados mais apelativa, o programa sobrepõe perfis batimétricos e gráficos de secções verticais, de modo a notar-se a falta de dados que possa haver acima do fundo.

QC: De que forma pode ser caracterizada a zona oceânica da África Austral, recorrendo a uma ferramenta informática construída em MATLAB?

Apoiado nas QD, podemos concluir que a região da África Austral é uma região bastante complexa na medida em que se encontra rodeada por duas partes do oceano (Atlântico Sul e Índico) e apresenta características regionais e locais únicas, não visíveis em mais nenhuma das outras bacias oceânicas. De todas elas, há então que realçar a Retroflexão das Agulhas e os anéis a ela associados.

Nesta zona, recorrendo à ferramenta desenvolvida, foram encontradas: a *South Atlantic Central Water* e a *South Indian Central Water* a níveis superficiais; a *Red Sea and Persian Gulf Intermediate Water* e a *Antarctic Intermediate Water* a níveis intermédios; e a *North Atlantic Deep Water* e *Antarctic Bottom Water* a níveis profundos e de fundo. Por sua vez as *Indian Equatorial Water*, *Subantarctic Surface Water* e *Common Deep Water* não estão nítidas, embora exista alguma evidência da *Subantarctic Surface Water* no lado atlântico. No que diz respeito às correntes geostróficas, tal como era esperado, consegue distinguir-se a estrutura de qualquer uma das correntes, sendo que a Corrente de Benguela e a Corrente de Moçambique, sejam as que estão menos nítidas, no entanto perceptíveis.

Por fim, comparando sazonalmente as secções horizontais na superfície, foi possível também verificar a diferença que, em pleno verão local, a temperatura regista valores superiores aos registados no inverno. Já a níveis de salinidade as estas variações não são tão notórias. Consequentemente, dado a dependência da velocidade do som das anteriores, também foi evidente um registo de velocidades superiores no verão, sobretudo pelas maiores temperaturas.

Desta forma, tendo em conta que se conseguiu compreender e analisar os fenómenos marítimos característicos na área da África Austral, pode então concluir-se que os objetivos desta dissertação foram cumpridos.

Finalmente, em modo de resumo conclusivo, podemos frisar ou acentuar que a ferramenta informática desenvolvida atinge, de modo bastante completo, os objetivos de reproduzir a distribuição de propriedades, médias climatológicas (anuais, mensais e por estações do ano), nas três dimensões do oceano. A ferramenta permite estudos de oceanografia regional, noutras partes do oceano, em moldes semelhantes aos seguidos nesta dissertação para a área marítima em torno da África Austral. Tem bom potencial para apoio ao ensino da Oceanografia. Foi possível documentar, de modo quantitativo e qualitativo, as correntes oceânicas e massas de água presentes na área de estudo, em termos dos seus valores médios. Porém, na superfície e no oceano superior a variabilidade, que na realidade se verifica, nas escalas de tempo e espaço mais curtas, requer outro tipo de modelação, fora do âmbito desta dissertação. Acresce ainda que este tipo de abordagem articula com o desenvolvimento de modelação de propagação acústica e resolução das equações sonar, de utilidade no contexto de exercícios ou operações de luta anti-submarina, como tem vindo a acontecer na Escola Naval, no âmbito de outras dissertações de mestrado.

Lista de referências

- COSTA, C. N. (2017), *Oceanografia I (Descritiva) - Sebenta de apoio ao ensino da Oceanografia*, Alfeite, Lisboa, Portugal, Escola Naval, 2017.
- COSTA, C. N. (2017). *Oceanografia II (Descritiva) - Sebenta de apoio ao ensino da Oceanografia*, Alfeite, Lisboa, Portugal, Escola Naval, 2017.
- EMERY, W. J. (2003), *Ocean Circulation, Water types and Water masses*, University of Colorado, Elsevier Science, 2003, http://curry.eas.gatech.edu/Courses/6140/ency/Chapter11/Ency_Atmos/Ocean_Circ_Water_Types_Masses.pdf ,acedido em novembro de 2018.
- EMERY, W. J., MEINCKE, J. (1986), "*Global water masses: summary and review*", *Oceanologia Acta*, vol. 9 – N°4, 1986, pp. 383-391, <http://archimer.ifremer.fr/doc/00110/22090/19731.pdf> , acedido em novembro de 2018.
- ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA, "*Antarctica - Glaciers and seas*", <https://www.britannica.com/place/Antarctica/Glaciers-and-seas#ref390082>, acedido em fevereiro 2019.
- ENCYCLOPEDIA BRITANNICA, "*Seawater - Dissolved Organic Substances*", <https://www.britannica.com/science/seawater/Dissolved-organic-substances>, acedido em março 2019.
- FILEINFO (2010), "*NC File Extension - What Is An .Nc File And How Do I Open It?*", 2010, <https://fileinfo.com/extension/nc>, acedido em março de 2019.
- GENERAL BATHYMETRIC CHART OF THE OCEANS (2018), *Gridded bathymetry data*, 2018, https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/, acedido em outubro de 2018.
- GOOGLE (2019), Google Earth Pro (Windows).
- KAMENKOVICH, V.M., KOSHLyakOV, M.N. e MONIN, A.S. (1986), *Synoptic Eddies in the Ocean*, Dordrecht, D. Reidel Publishing Company, 1986, pp. 254-258.

- LIMPINHO, Mariana Hipólito (2018), *Modelo climático do oceano. Caracterização oceanográfica da região do Atlântico Noroeste*, Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Ciências Militares Navais, 2018.
- LUTJEHARMS, J. R. (2006), "*The Agulhas Current*", 1ª ed., Springer, ch. 6, 2006, pp. 151-208, http://www.aoml.noaa.gov/phod/SAMOC/ch06_p151-208.pdf, acedido em dezembro de 2018.
- LUTJEHARMS, J. R. (2007), "*Three decades of research on the greater Agulhas Current*", Department of Oceanography, University of Cape Town, Rondebosch, South Africa, 2007, <https://www.ocean-sci.net/3/129/2007/os-3-129-2007.pdf>, acedido em novembro de 2018.
- LUTJEHARMS, J. R., BALLEGOOYEN, R. C. (1988). "*The Retroflexion of the Agulhas Current*", *Journal of Physical Oceanography*, vol. 18, 1988, pp. 1570-1583, <https://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0485%281988%29018%3C1570%3ATROTAC%3E2.0.CO%3B2>, acedido em novembro de 2018.
- MARHALL, J., PLUMB, R. A. (2007), *Atmosphere, ocean, and climate dynamics: an introductory text*, Cambridge, Massachusetts, Elsevier, 2007.
- MARQUES, Nádía Nogueira (2017), *Dinâmica oceânica no espaço marítimo português: Caracterização de massas de água e circulação oceânica*, Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Ciências Militares Navais, 2017.
- MUNK, W. H. (1950), "*On the wind-driven ocean circulation*", *Journal of Meteorology*, vol. 7, 1950, pp. 79-93, [https://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0469\(1950\)007%3C0080%3AOTWDOC%3E2.0.CO%3B2](https://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0469(1950)007%3C0080%3AOTWDOC%3E2.0.CO%3B2), acedido em setembro de 2019.
- NASA (2005), "*NASA - What's The Difference Between Weather And Climate?*", 2005, https://www.nasa.gov/mission_pages/noaa-n/climate/climate_weather.html, acedido em março de 2019.
- NATIONAL OCEANOGRAPHIC DATA CENTER (2018), *World Ocean Database 2018*, Obtido de *World Ocean Atlas 2018: data access*, 2018, <https://www.nodc.noaa.gov/OC5/woa18/woa18data.html>, acedido em outubro de 2018.

- NATIONAL OCEANOGRAPHIC DATA CENTER (2018). *World Ocean Database 2018*, Obtido de *World Ocean Database 2018 Data Updates*, https://www.nodc.noaa.gov/OC5/WOD/wod_updates.html, acessado em outubro de 2018.
- PICKARD, G. L., EMERY, W. J. (1990), *Descriptive Physical Oceanography – An Introduction*, 5^a ed., Elsevier, Pergamon Press, Oxford Amsterdam Boston London New York Paris San Diego San Francisco Singapore Sydney Tokyo, 1990.
- POND, Stephen, PICKARD, George L. (1983), *Introductory Dynamic Oceanography*, 2^a ed., Elsevier, Oxford Amsterdam Boston London New York Paris San Diego San Francisco Singapore Sydney Tokyo, 1983.
- SIEDLER, G., CHURCH, J., & GOULD, J. (2001), *Ocean Circulation and Climate, Observing and Modelling the Global Ocean*, vol. 77, London, Academic Press, 2001.
- SVERDRUP, H. U., JOHNSON, Martin W., FLEMING, Richard H. (1942), *The Oceans Their Physics, Chemistry, and General Biology*, Prentice-Hall, New York, 1942, <https://publishing.cdlib.org/ucpressebooks/view?docId=kt167nb66r;brand=escho>, acessado em março de 2019.
- STOMMEL, H. (1948), "The westward intensification of wind-drive currents", Transactions, American Geophysical Union, vol. 29, pp. 202-206, http://web.gps.caltech.edu/~tsai/files/GreatPapers/Stommel_1948.pdf, acessado em setembro de 2019.
- STRAMMA, L, ENGLAND, M. (1999). "On the water masses and mean circulation of the South Atlantic Ocean", Journal of Geophysical Research, vol. 104, pp. 20.863–20.883, <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1029/1999JC900139>, acessado em janeiro 2019.
- TCHERNIA, P. (1980), *Descriptive Regional Oceanography*, vol. 3, 1^a ed., Oxford, New York, Pergamon Press, 1980.
- THERMODYNAMIC EQUATION OF SEAWATER (2011), Obtido de *Gibbs Seawater (GSW) Oceanographic Toolbox*, 2011, <http://www.teos-10.org/software.htm>, acessado em outubro de 2018.

TRUJILLO, Alan P., THURMAN, Harold V. (2014), *Pearson New International Edition – Essentials of Oceanography*, 11^a ed., Person Education Limited, 2014

UK HYDROGRAPHIC OFFICE (2017), *ADMIRALTY, Sailing Directions, Africa Pilot*, vol. 2, NP2, 18^a ed., 2017, pp. 17-25.

UK HYDROGRAPHIC OFFICE (2016), *ADMIRALTY, Sailing Directions, Africa Pilot*, vol. 3, NP3, 17^a ed., 2016, pp. 13-20.

Apêndice A – Resumo alargado

Introdução

Com origem nos giros oceânicos, o movimento, surge da combinação do efeito do vento, das variações de densidades da água, da rotação da Terra e da morfologia do fundo marinho. Isto faz com que se gere uma circulação de escalas média e grande, que transporta teor salino, energia térmica e outras propriedades ao longo das bacias oceânicas. Para além disso, as correntes oceânicas podem ainda dar origem a outros fenómenos como é o caso dos vórtices, meandros, jatos e *eddies*.

Servindo-nos da base de dados WOD (*World Oceanographic Database*) de 2018 da NOAA (*National Oceanographic and Atmospheric Administration*) e da GEBCO (*General Bathymetric Chart of the Oceans*), recorrendo ao *software* informático MATLAB, alcançou-se maneira de calcular, nas três dimensões, os perfis e secções (verticais e horizontais) das suas propriedades (temperaturas conservativas, salinidades absolutas, densidades e velocidades do som) e componentes da corrente geostrófica média de grande escala, bem como de traçar o perfil ou mapa batimétrico da zona a analisar. Na zona da África Austral, procurar-se-á diferenciar a Água Central do Índico Sul, a Água Central do Atlântico Sul, a Água de Superfície Subantártica, a Água Equatorial do Índico, a Água Intermédia da Antártica, Água Intermédia do Mar Vermelho e Golfo Pérsico e a Água de Fundo da Antártica. Além das estruturas de mesoescala existentes (meandros, *eddies* e vórtices) procurar-se-á identificar a Corrente das Agulhas, a Corrente de Retorno das Agulhas, a Corrente de Benguela, a Corrente de Moçambique e a Corrente Circumpolar Antártica.

Caraterização da Região da África Austral

Compreendida entre as latitudes dos 10° S e a dos 50° S e nas longitudes dos 6° E aos 60° E, a região em análise (**Figura 1**), a África Austral, encontra-se rodeada pelo Oceano Índico, no seu lado leste, a oeste pelo Oceano Atlântico Sul e, a sul, por ambos. Encontra-se envolta e preenchida por correntes oceânicas como a Corrente de Benguela (CB) que percorre a costa oeste do continente africano, a Corrente Circumpolar Antártica (CCA) que flui de oeste para leste e se manifesta na parte sul da área, a Corrente Equatorial Sul (CES), no extremo nordeste, a Corrente de Moçambique (CM) e a Corrente das Agulhas (CA) a acompanhar a costa leste do continente africano, deste o início do Canal de Moçambique

(seu extremo norte), até à ponta mais a sul do continente, o Cabo das Agulhas. Aqui, esta última, roda bruscamente, na Retroflexão das Agulhas (RA) revertendo o seu sentido para leste dando origem à Corrente de Retorno ou da Retroflexão das Agulhas (CRA).

Ao que ao seu mapa topográfico diz respeito, a área apresenta um fundo marinho a variar entre os 2.000 m e os 5.000 m. Apoiado no *Admiralty Sailing Directions*, do *United Kingdom Hydrographic Office*, referente ao *Africa Pilot*, volume 2, NP 2, 2017, p. 17 e *Africa Pilot*, volume 3, NP 3, 2016, pp. 13-14, a costa oeste e leste africana, apresentam plataformas continentais com larguras médias de cerca de 50 milhas e 5 milhas, respetivamente. Na ponta sul da África do Sul, a plataforma continental é muito larga, chegando a atingir, em largura, as 120 milhas no su-sudeste do Cabo das Agulhas (34°49' S e 020°00' E).

A região, encontra-se sob a influência das células de convecção de Hadley e de Ferrel. Como tal, desde o limite norte (10° S) até a latitude dos 30° S, prevalecem os ventos alíseos de sudeste e, daí até à latitude dos 50° S os ventos prevalecem de oeste. A circulação das correntes oceânicas é forçada direta ou indiretamente pelo vento no oceano superior e por diferenças de densidade no oceano inferior (abaixo da termoclina permanente). As massas de água tendem a ser distribuídas por camadas e áreas geográficas, preservando as suas características de temperatura e de salinidade. Nesta área é expectável encontrar: a *South Atlantic Central Water* (SACW), a *South Indian Central Water* (SICW), a *Indian Equatorial Water* (IEW) e a *Subantarctic Surface Water* (SASW) a níveis superficiais; a *Red Sea and Persian Gulf Intermediate Water* (RSPGIW) e a *Antarctic Intermediate Water* (AAIW) a níveis intermédios; e a *North Atlantic Deep Water* (NADW), *Antarctic Bottom Water* (AABW) e a *Common Deep Water* (CDW) a níveis profundos e de fundo.



Figura 1 - Representação gráfica da área de estudo entre as latitudes de 10° S e 50° S, e as longitudes de 6° E e 60° E. Retirada do Google Earth Pro.

Desenvolvimento da ferramenta computacional em MATLAB

Partindo das bases de dados da WOD2018 da NOAA, da base de dados da GEBCO e das funções da *International Equation of State of Seawater - 2010* (TEOS-10), a ferramenta informática desenvolvida no *software* MATLAB tem como fim, proceder aos cálculos da temperatura conservativa, da salinidade absoluta, da densidade, da velocidade do som e das correntes geostróficas, numa janela de interface gráfica, mostrando gráficos e perfis das mesmas. Com recurso à janela de interface gráfica, o utilizador poderá manipular os diversos parâmetros de entrada (área, época, resolução espacial, nível assumido sem movimento, latitude fixa, longitude fixa e imersão) e escolher, dentro das possibilidades, quais os resultados que quer obter (perfis verticais num ponto, secções horizontais por imersão e verticais por latitude e longitude fixas das propriedades da água e secções horizontais e verticais da corrente geostrófica).

Interpretação dos resultados

De modo a identificar as massas de água existentes na zona de estudo, serão exibidos, em seguida, três tipos de gráficos, distintos, das quatro variáveis em análise (salinidade absoluta, temperatura conservativa, densidade e velocidade do som).

Na superfície a salinidade, em geral, tem o seu máximo relativo nas latitudes subtropicais e isso pode ser comprovado, na **Figura 2**, no gráfico referente a esta variável. A faixa de maior salinidade relativa, acima dos 35,5 g/kg, nas latitudes dos 37° S até à linha de costa da África Austral. Sendo que no lado índico, esse máximo fica limitado a norte, pela latitude dos 25° S. Olhando para temperatura, no lado índico verifica-se uma tendência de consistente variação em latitude, onde as isotérmicas, correspondem aproximadamente a paralelos de latitude. Aqui a água é mais quente que do lado atlântico (para iguais latitudes), apresentando valores máximos superiores a 27 °C. Estes valores devem-se à água quente que é transportada pela CES. No lado atlântico, as temperaturas mais frias são explicadas pela água transportada pela CB, que trás água fria proveniente do Atlântico Sul. Para além disso, junto à costa oeste do continente africano, as temperaturas médias, registam o seu mínimo, cerca de 17 °C, também em coerência com a ocorrência de afloramento ou *upwelling* costeiro. Quanto à distribuição de densidades, na superfície, há a evidenciar que as suas isolinhas seguem coerentes com as de temperatura e salinidade, apresentando valores mais elevados (superiores a 1.026 kg/m³) nas latitudes a mais sul, e mais baixos (inferiores a 1.023 kg/m³)

nas latitudes mais a norte. No lado índico, nota-se uma maior variabilidade que é elucidada pela maior variabilidade das isotérmicas. A velocidade do som é dependente direta da temperatura e salinidade, contudo, as temperaturas são mais variáveis do que as salinidades na coluna de água e na sua dimensão horizontal, em particular no oceano superior. Como tal, é de esperar que as velocidades do som sejam maiores no lado índico da região e é isto que se confirma no gráfico deste parâmetro.

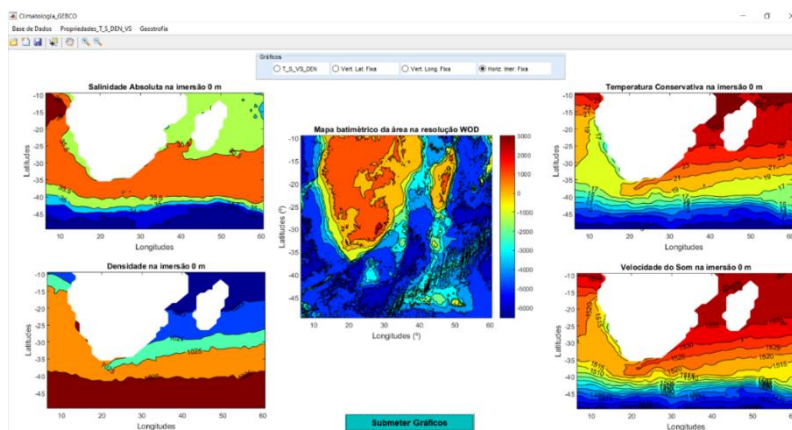


Figura 2 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas ($^{\circ}\text{C}$), de densidades (kg/m^3), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1° , para à superfície. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2°C , $1 \text{ kg}/\text{m}^3$ e 5 m/s.

Por forma a registar as alterações das quatro propriedades em estudo ao longo da coluna de água foram feitos cortes em secções verticais de latitude e longitude fixas. Assim, na latitude da ponta sul de Madagáscar, nos $25,5^{\circ}\text{S}$ (**Figura 3 A**), é notório que a salinidade a níveis mais profundos (entre 2.000 e 4.000 m de imersão), no lado atlântico, é maior que no lado do Índico. Isto acontece devido ao facto de estarmos na presença da NADW, modificada no lado atlântico. Quanto à temperatura, há que realçar que a base da termoclina, do lado leste, é mais profunda e que o oceano superior está preenchido por água mais quente. Isto também justifica maiores valores da velocidade do som no lado leste da área.

Na **Figura 3 B**), alusiva à longitude dos $38,5^{\circ}\text{E}$, é possível fazer o paralelismo relativamente ao que acontece a norte e a sul da ilha de Madagáscar. Relativamente à salinidade, é possível constatar que, ao largo da parte sul da ilha, valores superiores aos da parte norte da ilha. Isto dever-se-á ao facto de o lado sul ser uma zona de menor precipitação. No que se refere à temperatura, pode constatar-se que a base da termoclina permanente tende a aumentar progressivamente com o aumento de latitude para sul, atingindo o seu máximo na proximidade dos $38,5^{\circ}\text{S}$.

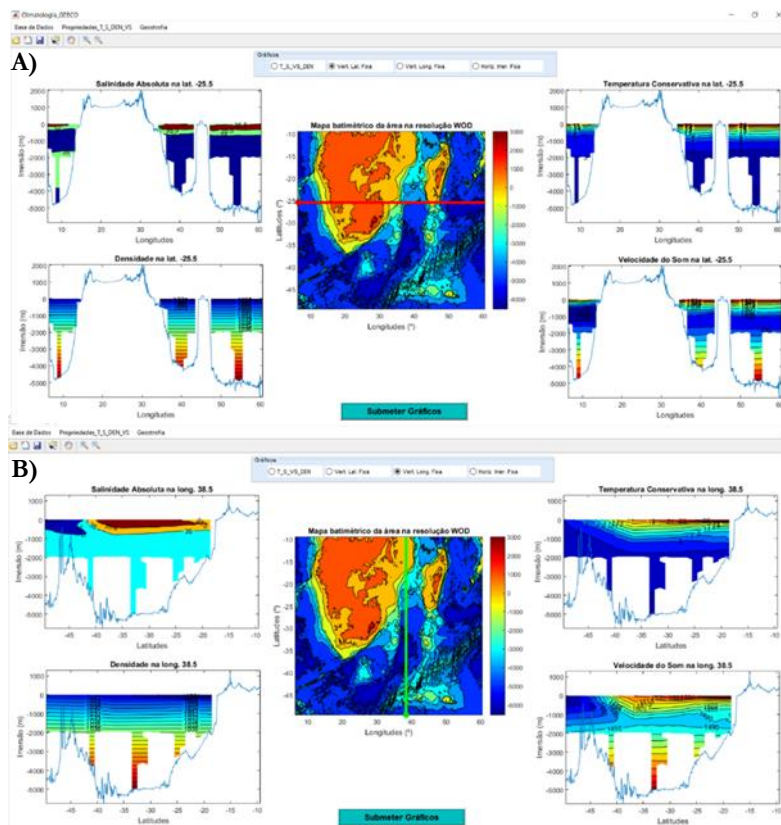


Figura 3 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a secção vertical de latitude fixa de 25,5° S (A) e de longitude fixa de 38,5° E (B). Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s.

De modo a esclarecer o panorama da circulação superficial das correntes que prevalecem na zona, foram abordados três tipos de gráficos para as secções horizontais (componente leste-oeste e norte-sul e campo vetorial da corrente) e dois tipos de gráficos para as secções verticais (componente norte-sul e leste-oeste).

No que se refere às secções horizontais, na componente norte-sul, na superfície (**Figura 4**) é possível ver, do lado leste da costa a presença de uma mancha (a cor azul que significa a fluir para sul) que acompanha o desenvolvimento do talude continental até chegar à ponta mais a sul da costa africana. Essa mancha, abaixo da latitude dos 25° S, praticamente alinhada com a ponta sul de Madagáscar, diz respeito à CA, enquanto que, a norte desta, correlaciona-se com a CM. Para além disto, são ainda visíveis meandros, correspondentes à corrente média da CRA, entre as longitudes de 22° E e 35° E, centrada na latitude dos 38° S. Aqui é possível aferir meandros de corrente, influenciada pela batimetria, em que a água tende a fluir alternadamente para sul e para norte, até alcançar a longitude dos 35° E, tendo

tendência a suavizar a amplitude dos meandros à medida que progride para leste. Com o gráfico da componente leste-oeste, ainda referente à **Figura 4**, pode-se especular que a CRA tem a sua posição inicial de transição da CA, nos 39° S e 19° E. No lado índico, é possível identificar a formação de um vórtice, anticiclónico, à entrada norte do Canal de Moçambique, com origem nas águas da CES. O gráfico do campo vetorial permitido ter uma ideia geral da circulação zonal, notando a CA, a RA, a CRA, a CM, a CES e, muito ao de leve, a CB.

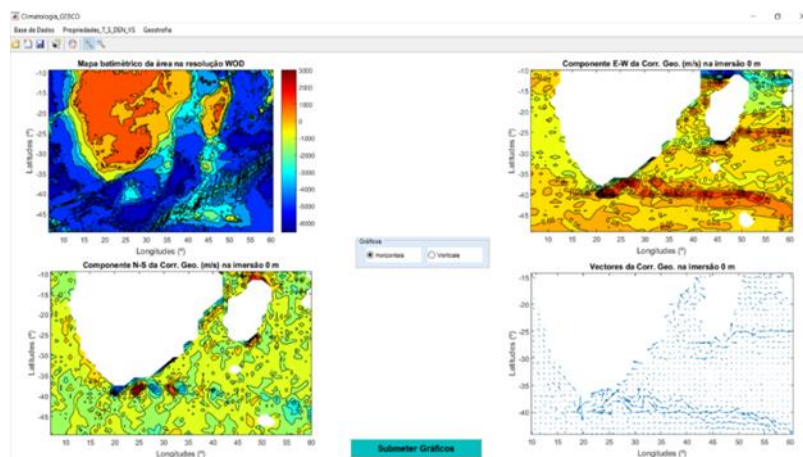


Figura 4 - Resultados gráficos da corrente geostrófica (componentes leste-oeste e norte-sul, e vetores), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para as diferentes componentes e vetores da corrente geostrófica à superfície. Intervalos entre contornos de 0,05 m/s.

A análise das secções verticais de latitude e longitude fixas, das componentes da corrente geostrófica pretende evidenciar de que forma esta age, desde a superfície até aos 1.500 m de profundidade (nível assumido como nível profundo sem movimento).

Ao analisar os conjuntos de dados obtidos para a componente norte-sul, representados na **Figura 5**, reparamos que não é bem visível o comportamento e estrutura das correntes meridionais em análise. No entanto, consegue destacar-se alguns pormenores dos gráficos que compreendem a figura supracitada. Na latitude dos 11,5° S, a norte da ilha de Madagáscar, há a realçar um fluxo de água, com valores positivos, ou seja, a dirigir-se para norte, entre a longitude dos 47° E a 50° E. Esta tendência justifica-se com a presença da CES que, ao aproximar da costa norte da ilha, se redireciona seguindo com um ramo para norte e outro para sul, acompanhando o talude da ilha. Junto à costa africana (parte norte do Canal de Moçambique), a água apresenta tendência em fluir para sul. Na latitude dos 32,5° S, destaca-se, do lado oeste do continente africano, água a tender para norte com valores a variar em torno dos 0,01 m/s e os 0,05 m/s, representantes da CB. Por outro lado, junto ao

talude do leste do continente africano, a CA é notada através dos valores negativos, ou seja, para sul (entre 0,05 e 0,1m/s), que ali se manifestam até aos 1.000 m de profundidade.

Relativamente à componente leste-oeste e gráficos de si derivados (**Figura 6**), quanto à longitude dos 12,5° E, entre as latitudes dos 50° S e 45° S, ao longo dos primeiros 700 m verifica-se um fluxo de água, com valores positivos, superiores a 0,05 m/s, ou seja, a fluir para leste, consistente com a CCA. Entre a latitude dos 36° S e a costa, com tendência a fluir para oeste (com 0,01 m/s a 0,05 m/s), é notória a CB, representada pela cor azul escura. Para a longitude dos 32,5° E, notam-se duas correntes: a CA (dos 35° S a 29° S) e a CRA (dos 39° S a 36° S). Com fluxo para oeste, a CA, apresenta valores a variar entre os 0,1 m/s na superfície e os 0,05 m/s quase nos 1.500 m, o que mostra como esta é uma corrente profunda. Por sua vez, a CRA, a fluir para leste, com intensidades entre os 0,2 m/s e os 0,05 m/s, desde a superfície até aos 900 m. Quanto ao gráfico alusivo à longitude dos 45,5° E, é possível fazer a comparação entre os movimentos, a norte e a sul da ilha de Madagáscar. A norte é possível ver, junto a terra, um fluxo para leste, e ao largo de costa, na latitude dos 12° S, é notório um fluxo com direção oeste a entrar no Canal de Moçambique. Esta alternância de fluxo surge do *eddy* anticiclónico que ali se encontra. Já a sul da ilha, junto a terra, é visível uma corrente com direção oeste, com valores entre os 0,05 m/s e 0,2 m/s. Esta corrente, é uma porção da CES que irá alimentar a CA, junto à costa do continente africano. É notório também, entre a latitude dos 45° S e 40° S, a extensão para leste da CRA, com valores a rondar os 0,25 m/s na superfície e os 0,05 m/s, em 1.100 m.

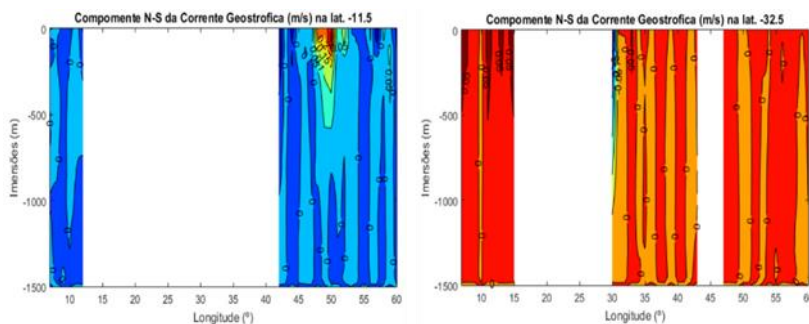


Figura 5 - Resultados gráficos das componentes norte-sul da corrente geostrófica, com valores médios anuais, na resolução de 1°, nas secções verticais de latitude: 11,5° S e 32,5° S. Intervalo entre contornos de 0,05 m/s.

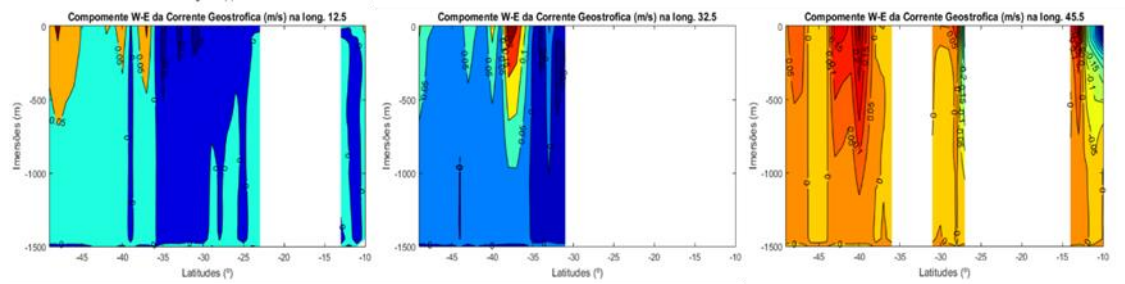


Figura 6 - Resultados gráficos das componente leste-oeste da corrente geostrófica, com valores médios anuais, na resolução de 1° , nas secções verticais de longitude $12,5^\circ$ E, $32,5^\circ$ E e $45,5^\circ$ E. Intervalo entre contornos de $0,05$ m/s.

Conclusões

O software construído, partindo de dados de temperaturas *in situ* e salinidades práticas da WOD2018, proporciona ao utilizador gráficos de diversos tipos (de perfis e secções horizontais e verticais) das propriedades da água do oceano circundante (salinidade absoluta, temperatura conservativa, densidade e velocidade do som e da corrente geostrófica média), bem como, perfis e mapas batimétricos do fundo. Com esta combinação é-nos então facultada a possibilidade de ter uma melhor visualização da situação e avaliação da Oceanografia na área.

Com o decorrer deste estudo conseguiu-se verificar, com o apoio dos gráficos produzidos, como é composta a estrutura da circulação da África Austral, mostrando as relevantes Corrente das Agulhas e Corrente do Retorno das Agulhas na dinâmica oceânica na zona, bem como as massas de água ali presentes, ainda que só em partes da área, como sejam as Águas Centrais do Atlântico Sul (SACW), as Águas Centrais do Índico Sul (SICW), a Água de Superfície Subártica (SASW no lado atlântico) a Água Equatorial do Índico (IEW - a norte da latitude média de Madagáscar), a Água Intermédia do Mar Vermelho e Golfo Pérsico (RSPGIW - a norte de Madagáscar), a Água Intermédia da Antártida (AAIW) e a Água Profunda do Atlântico Norte (NADW). Não se mostraram evidentes as massas de água como as CDW e a AABW.

Apêndice B – Guia para utilização e interpretação de resultados da ferramenta

Manual de Utilização da ferramenta informática “Climatologia_GEBCO”

Objetivo

A ferramenta informática “Climatologia_GEBCO” foi criada a fim de caracterizar oceanograficamente as várias regiões do mundo, sobrepondo as propriedades físico-químicas e a corrente geostrófica, médias climatológicas, à morfologia de fundo da área em utilização.

Tendo como ponto de partida a base de dados da NOAA WOD2018, relativamente à temperatura *in situ* e salinidade prática, ao longo das 102 imersões (0-5.500 m) e resoluções de 1° ou ¼° de latitudes e longitudes, calcula a densidade, velocidade do som e da corrente geostrófica baseada nas fórmulas da TEOS10.

Com estes dados o utilizador conseguirá visualizar e analisar as principais propriedades físicas da água do mar e a corrente geostrófica média na área escolhida, pelo utilizador. Tem potencial para apoio ao planeamento de operações navais e ao ensino de Oceanografia.

Requisitos

- Sistema operativo de 64bits.

Instruções para instalação

- Caso não possua o MATLAB ou o Matlab Compiler Runtime instalado, instalar o ficheiro “MCRInstaller.exe”;
- Copie a pasta “Climatologia_GEBCO executável” para uma localização no computador.

Iniciar o programa

- Abra a pasta “Climatologia_GEBSCO Executável”;
- Clique duas vezes em “Climatologia_GEBSCO.exe”.

Organização dos menus

A ferramenta “Climatologia_GEBSCO” subdivide-se em três menus (“Base de dados”, “Propriedades_T_S_DEN_VS” e “Geostrofia”, identificados na **Figura 1**) que possibilitam, ao utilizador, a hipótese de selecionar e modificar os itens em conformidade com aquilo que pretende alcançar.

O menu “Base de dados”, ou seja, o primeiro menu é o menu base, onde se encontram todas as variáveis de entrada com as quais o utilizador irá poder trabalhar e manipular por forma a obter os resultados pretendidos. Para tal, este terá aqui ao seu dispor o botão “Manual de utilizador” que abre o presente documento de modo a esclarecer qualquer dúvida relativa ao uso da ferramenta e um planisfério que o ajudará a escolher a área sobre a qual quer trabalhar.

O menu “Propriedades_T_S_DEN_VS” e “Geostrofia”, atuam como janelas de apresentação de resultados onde o utilizador poderá escolher os vários tipos de gráficos que pretende obter (propriedades da água no segundo menu e geostrofia no terceiro menu).

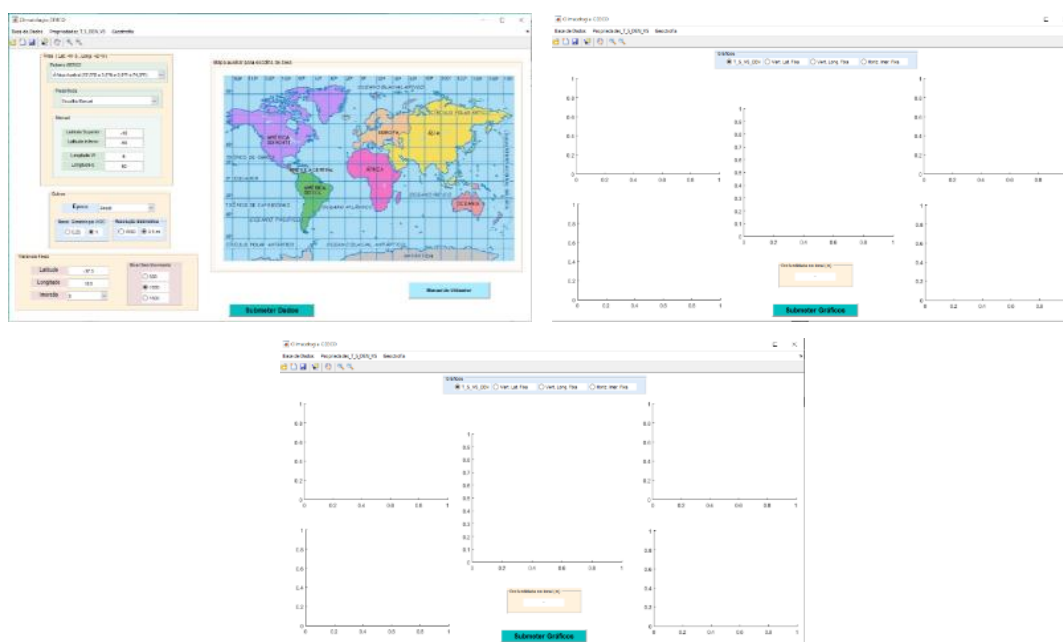


Figura 1 - Apresentação dos menus da GUI do programa Climatologia_GEBSCO: "Base de Dados", "Propriedades_T_S_DEN_VS" e "Geostrofia", respetivamente.

Inserção de dados

Ao entrar no programa o utilizador será confrontado com a menu “Base de dados” onde terá ao seu dispor as variáveis com as quais quer trabalhar.

No primeiro painel “Área” (**Figura 2**), deverá escolher:

- Ficheiro GEBCO: selecionando na lista o desejado, de acordo com os previstos no *popupmenu* (África Austral; Índico; Atlântico Norte; Atlântico Sul);
- Área:
 - Predefinida: onde o utilizador escolhe uma das áreas predefinidas no programa no *popupmenu* (África Austral, Cor. Agulhas, Índico, Atl. Norte, Atl. Sul, Portugal Cont., Atl. NE, Atl. NW);
 - Manual: onde o utilizador adiciona os limites que pretender para a área, podendo socorrer-se do planisfério disponibilizado para auxílio.

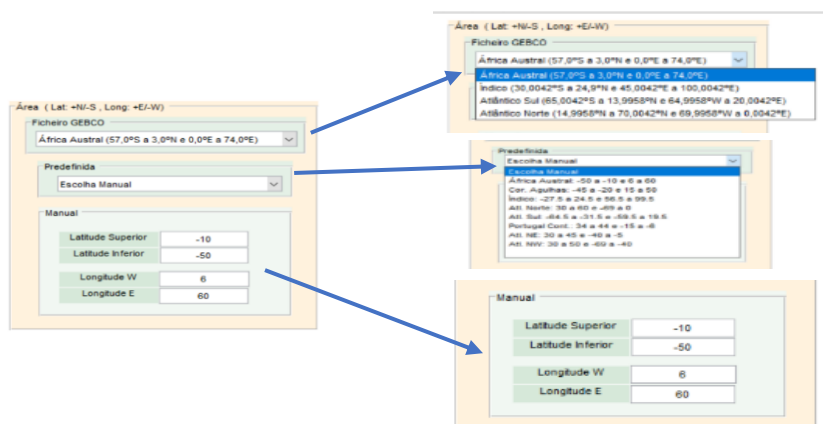


Figura 2 - Esquema da subdivisão do painel "Área" do menu "Base de dados" da GUI.

No segundo painel, “Outros”, visível na **Figura 3**, o utilizador tem a opção de escolher:

- Época: a escolha da época traduz-se na seleção do período (anual, mensal ou sazonal) sob o qual se pretende fazer a análise. Tem para isso à sua disposição as seguintes opções no *popupmenu*: Anual, Janeiro, Fevereiro, Março, Abril, Maio, Junho, Julho, Agosto, Setembro, Outubro, Novembro, Dezembro, Inverno, Primavera, Verão e Outono;
- Resolução (Climatológica (WOD) e Batimétrica): Para a escolha da resolução da climatologia o utilizador poderá escolher a resolução horizontal de 1° ou ¼° e, para a batimetria, poderá escolher a resolução WOD ou 0,5 milhas.

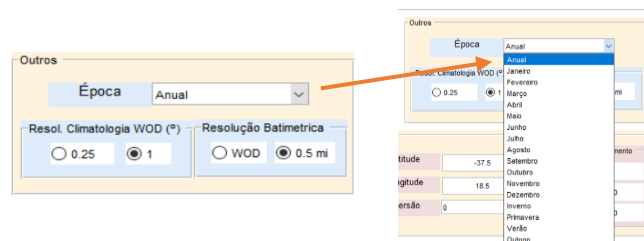


Figura 3 - Esquema da subdivisão do painel "Outros" do menu "Base de dados" da GUI.

Por fim, no último painel, “Variáveis Fixas” (**Figura 4**), o utilizador deverá escolher os valores fixos para os quais irão ser feitos os cálculos e respetivas representações gráficas, nomeadamente:

- Latitude e Longitude: onde, tendo em conta a área escolhida, o utilizador escolherá quais as secções e perfis de latitude e longitude sobre as quais querera obter representações gráficas;
- Imersão: introduzida em metros, o utilizador poderá escolher os 102 valores (a variar entre 0 e 5500m) presentes no *popupmenu*;
- Nível Sem Movimento: onde o utilizador poderá definir a imersão (em metros), em profundidade, assumido para o limite sem movimento da componente geostrofica através dos valores disponíveis no *radiobutton* (500, 100 ou 1500 m);

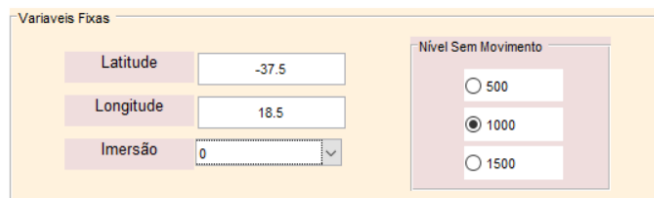


Figura 4 - Esquema da subdivisão do painel "Variáveis Fixas" do menu "Base de dados" da GUI.

Painéis de resultados

Dentro dos menus dois e três, o utilizador terá ao seu dispor, um *radiobutton* em cada menu que lhe permitirá escolher qual o tipo de gráfico que pretende visualizar.

No menu “Propriedades_T_S_DEN_VS”, de modo a poder analisar as massas de água existentes na zona, o utilizador poderá optar por escolher:

- T_S_VS_DEN: que proporcionará ao utilizador a possibilidade de, com base na latitude e longitude fixa, escolher o ponto sobre o qual pretende traçar um perfil vertical das propriedades das águas a fim de se tentar encontrar e perceber as

presenças e variâncias de massas de água existentes na zona. Na **Figura 5**, está representado um exemplo desta;

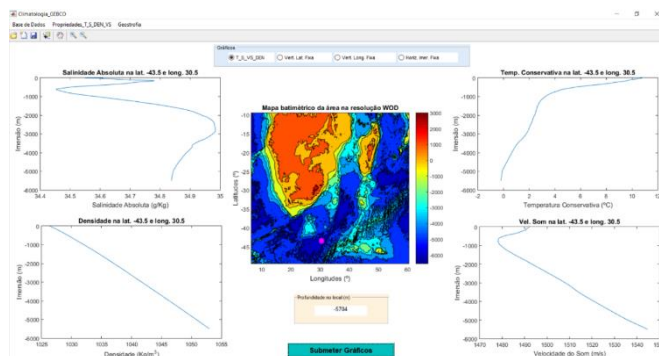


Figura 5 - Resultados gráficos dos perfis verticais de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para o ponto de coordenadas 43,5° S e 30,5° E.

- Vert. Lat. Fixa: é feita a projecção das secções verticais de latitude fixas a fim de se poder analisar a variação das propriedades da água ao longo das várias longitudes e da latitude fixa escolhida (**Figura 6**);

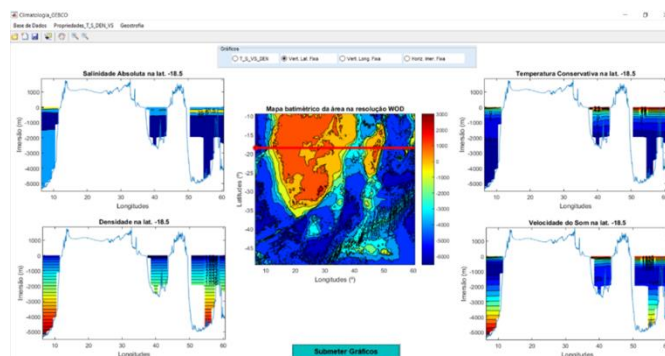


Figura 6 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a secção vertical de latitude fixa de 18,5° S. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s.

- Vert. Long. Fixa: são traçadas as secções verticais de longitude fixa de modo a se estudar a evolução das propriedades da água do mar consoante a mudança de latitude. (**Figura 7**);

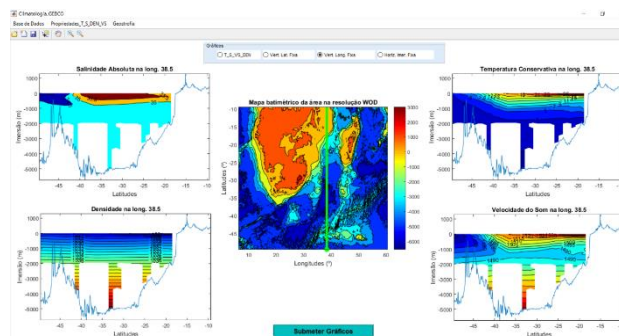


Figura 7 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a secção vertical de longitude fixa de 38,5° E. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s.

- Horz. Imer. Fixa: possibilita ao utilizador, com base na imersão seleccionada, a análise horizontal das propriedades da água ao longo da latitude e longitude (**Figura 8**).

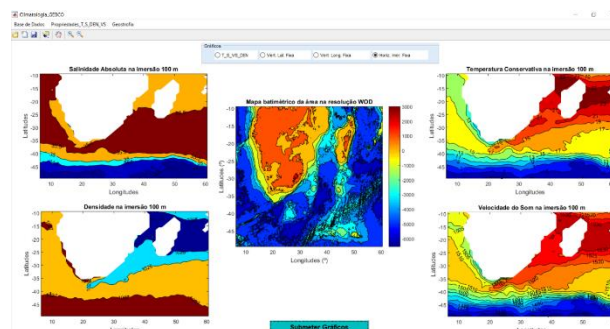


Figura 8 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a superfície. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s.

No menu “Geostrofia” de modo a identificar as correntes oceânicas existentes na zona o utilizador pode seleccionar:

- Horizontais: Onde são representadas as secções horizontais que têm como objetivo a análise do comportamento ao longo dos diferentes níveis de imersão (**Figura 9**).

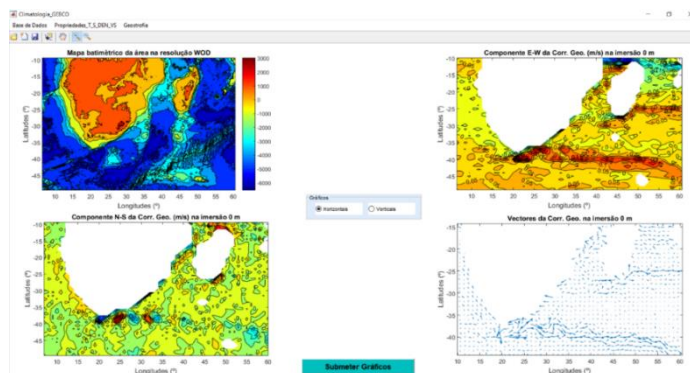


Figura 9 - Resultados gráficos da corrente geostrófica (componentes leste-oeste e norte-sul, e vetores), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para as diferentes componentes e vetores da corrente geostrófica à superfície. Intervalos entre contornos de 0,05 m/s.

- Verticais: com este o utilizador poderá estudar as evoluções das componentes da corrente geostrófica (norte-sul e leste-oeste) consoante a latitude, longitude e nível sem movimento selecionados (**Figura 10**).

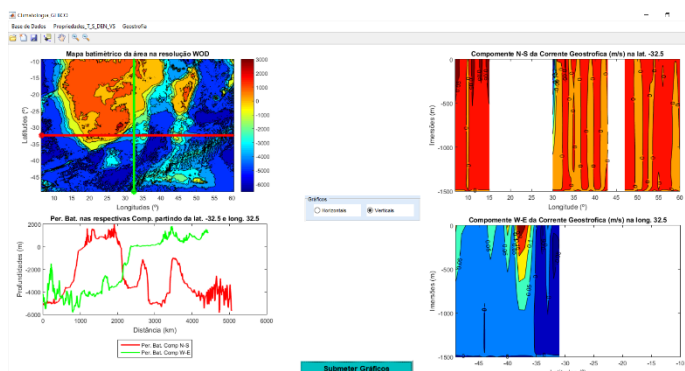


Figura 10 - Resultados gráficos das componentes norte-sul e leste-oeste da corrente geostrófica, com valores médios anuais, na resolução de 1°, nas secções verticais de latitude e longitude. Intervalo entre contornos de 0,05 m/s.

Corrida da ferramenta

Caso tenha alguma dúvida acerca do funcionamento do programa, pressione o botão “Manual de utilizador” e será remetido para este documento.

- Inserção de dados:
 - Selecione o ficheiro GEBCO sobre o qual quer trabalhar;
 - Limite a área, seja ela predefinida ou inserida manualmente;
 - Escolha o período a sobre o qual recairá a análise (anual, mensal ou sazonal);
 - Estabeleça as resoluções para cálculo e representação gráfica;

- Defina a latitude, longitude, imersão e nível sem movimento profundo para efetuar a seleção e representação de dados;
- Pressionar botão “Submeter dados”;
- aguarde alguns segundos/minutos, consoante a resolução escolhida e a capacidade do computador;
- Visualização dos resultados:
 - Pressione menu “Propriedades_T_S_DEN_VS” e aguarde que este surja;
 - Escolha qual o tipo de gráfico pretendido, carregue no botão “Submeter Gráficos” e visualize os resultados;
 - Caso queira outro tipo de gráfico basta alterar o tipo de gráfico selecionado e voltar a premir o botão “Submeter Gráficos”, podendo repetir o processo as vezes que quiser;
 - Pressione o menu “Geostrofia” e aguarde que surja;
 - Selecione o tipo de gráficos que pretende visualizar, carregue no botão “Submeter Gráficos” e visualize os resultados;
 - Para alterar o tipo de gráfico selecionado basta carregar no botão relativo ao gráfico pretendido e voltar a premir o botão “Submeter Gráficos”, podendo repetir o processo as vezes que quiser;
- Repetição da corrida do programa:
 - Caso queira voltar a correr o programa com outras variáveis basta voltar ao menu 1 (“Base de dados”), introduzir os novos valores e voltar a repetir os processos anteriores.

Ferramentas auxiliares

Para uma melhor análise dos resultados, a ferramenta disponibiliza ao utilizador uma série de ferramentas que o irão auxiliar. Essas encontram-se localizadas por baixo da barra menus (**Figura 11**).

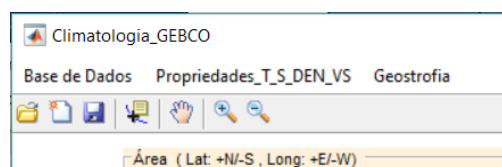


Figura 11 – Barra de ferramentas auxiliares do programa “Climatologia_GEBCO”.

Começando da esquerda para a direita, as ferramentas disponibilizadas possibilitam: abrir um ficheiro já guardado, criar um ficheiro, guardar resultados, leitura dos dados num ponto selecionado (**Figura 12**), mover ao longo do gráfico, aumentar ou fazer *zoom in* tendo em conta a parte selecionada (**Figura 13**) e fazer *zoom out* ou diminuir e voltar ao normal a janela gráfica.

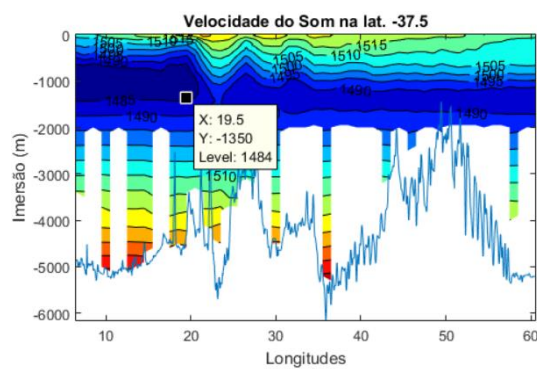


Figura 12 - Exemplo da aplicação da ferramenta de leitura da posição.

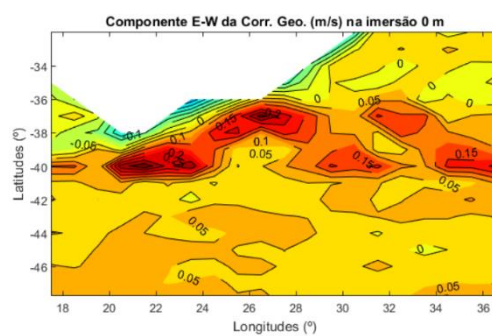


Figura 13 - Exemplo da aplicação da ferramenta de ampliar ou *zoom in*.

Apêndice C – GUI e Código da ferramenta Climatologia_GEBCO

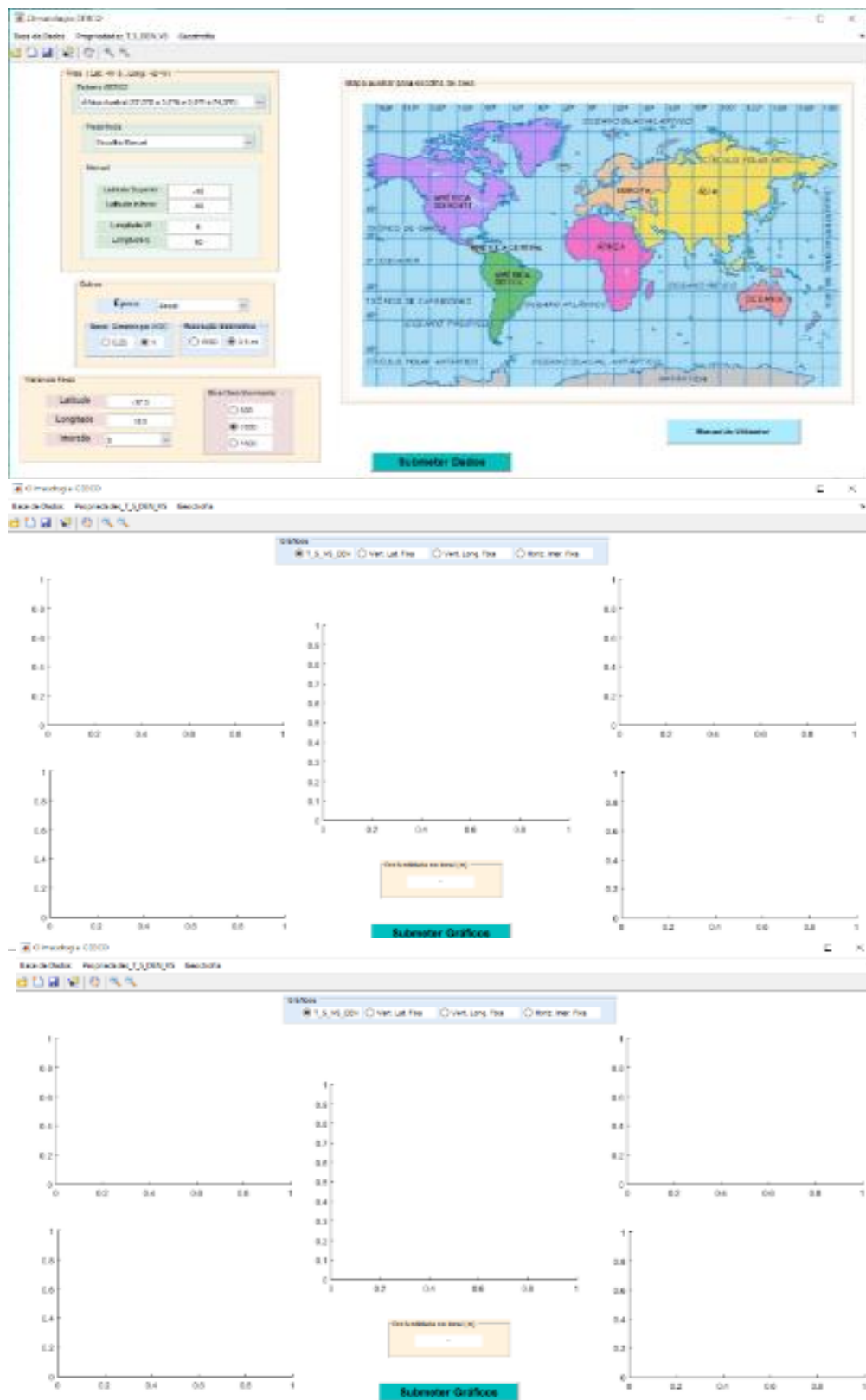


Figura 1 - Apresentação dos menus da GUI do programa Climatologia_GEBCO: "Base de Dados", "Propriedades_T_S_DEN_VS" e "Geostrofia", respetivamente.


```

if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultuicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit6_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit6_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultuicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on selection change in popupmenu3.
function popupmenu3_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function popupmenu3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultuicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on selection change in popupmenu1.
function popupmenu1_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function popupmenu1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultuicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit1_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultuicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit2_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultuicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');

```

```

end

function edit3_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit4_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on selection change in popupmenu2.
function popupmenu2_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function popupmenu2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function uibuttongroup1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function radiobutton1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes on button press in radiobutton1.
function radiobutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function radiobutton2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes on button press in radiobutton2.
function radiobutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function uibuttongroup2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function radiobutton3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

```

```
% --- Executes on button press in radiobutton3.
function radiobutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function radiobutton5_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes on button press in radiobutton5.
function radiobutton5_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function radiobutton4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes on button press in radiobutton4.
function radiobutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function uibuttongroup3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function radiobutton6_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes on button press in radiobutton6.
function radiobutton6_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function radiobutton7_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes on button press in radiobutton7.
function radiobutton7_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function radiobutton8_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes on button press in radiobutton8.
function radiobutton8_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function radiobutton9_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes on button press in radiobutton9.
function radiobutton9_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function uibuttongroup4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function radiobutton10_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes on button press in radiobutton10.
function radiobutton10_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function radiobutton11_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes on button press in radiobutton11.
```

```

function radiobutton11_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function uibuttongroup5_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function radiobutton12_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes on button press in radiobutton12.
function radiobutton12_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function radiobutton13_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes on button press in radiobutton13.
function radiobutton13_Callback(hObject, eventdata, handles)
% -----

function dados_Callback(hObject, eventdata, handles)

% % % Atribuição de numeração ao menu
setappdata(gcf, 'menu', 1);

% % % Limpar dados inseridos nos graficos
cla(handles.axes1)
cla(handles.axes2)
cla(handles.axes3)
cla(handles.axes4)
cla(handles.axes5)
cla(handles.axes6)
cla(handles.axes7)
cla(handles.axes8)
cla(handles.axes9)
colorbar(handles.axes5, 'off')
legend(handles.axes8, 'off')
colorbar(handles.axes9, 'off')

% % % Definir Variáveis Invisíveis
set(handles.uitable17, 'visible', 'off');
set(handles.uibuttongroup3, 'visible', 'off');
set(handles.radiobutton9, 'visible', 'off');
set(handles.radiobutton6, 'visible', 'off');
set(handles.radiobutton7, 'visible', 'off');
set(handles.radiobutton8, 'visible', 'off');
set(handles.axes1, 'visible', 'off');
set(handles.axes2, 'visible', 'off');
set(handles.axes3, 'visible', 'off');
set(handles.axes4, 'visible', 'off');
set(handles.axes5, 'visible', 'off');
set(handles.text10, 'visible', 'off');
set(handles.uibuttongroup4, 'visible', 'off');
set(handles.radiobutton11, 'visible', 'off');
set(handles.radiobutton10, 'visible', 'off');

```

```

set(handles.axes6, 'visible', 'off');
set(handles.axes7, 'visible', 'off');
set(handles.axes8, 'visible', 'off');
set(handles.axes9, 'visible', 'off');

% % % Definir Variáveis Visíveis
set(handles.uipanel1, 'visible', 'on');
set(handles.uipanel2, 'visible', 'on');
set(handles.uipanel3, 'visible', 'on');
set(handles.uipanel4, 'visible', 'on');
set(handles.uipanel5, 'visible', 'on');
set(handles.uipanel6, 'visible', 'on');
set(handles.text2, 'visible', 'on');
set(handles.text3, 'visible', 'on');
set(handles.text4, 'visible', 'on');
set(handles.text5, 'visible', 'on');
set(handles.text6, 'visible', 'on');
set(handles.text7, 'visible', 'on');
set(handles.text8, 'visible', 'on');
set(handles.text9, 'visible', 'on');
set(handles.popupmenu1, 'visible', 'on');
set(handles.popupmenu2, 'visible', 'on');
set(handles.popupmenu3, 'visible', 'on');
set(handles.popupmenu4, 'visible', 'on');
set(handles.edit2, 'visible', 'on');
set(handles.edit3, 'visible', 'on');
set(handles.edit1, 'visible', 'on');
set(handles.edit4, 'visible', 'on');
set(handles.edit5, 'visible', 'on');
set(handles.edit6, 'visible', 'on');
set(handles.pushbutton1, 'visible', 'on');
set(handles.pushbutton2, 'visible', 'on');
set(handles.uibuttongroup1, 'visible', 'on');
set(handles.uibuttongroup2, 'visible', 'on');
set(handles.radiobutton1, 'visible', 'on');
set(handles.radiobutton2, 'visible', 'on');
set(handles.radiobutton3, 'visible', 'on');
set(handles.radiobutton4, 'visible', 'on');
set(handles.radiobutton5, 'visible', 'on');
set(handles.uipanel8, 'visible', 'on');
set(handles.uibuttongroup5, 'visible', 'on');
set(handles.radiobutton12, 'visible', 'on');
set(handles.radiobutton13, 'visible', 'on');

% % % Escolher nome para o Pushbutton
set(handles.pushbutton1, 'String', 'Submeter Dados');

% -----
function propriedades_Callback(hObject, eventdata, handles)

% % % Atribuição de numeração ao menu
setappdata(gcf, 'menu', 2);

% % % Limpar dados inseridos nos graficos
cla(handles.axes1)

```

```

cla(handles.axes2)
cla(handles.axes3)
cla(handles.axes4)
cla(handles.axes5)
cla(handles.axes6)
cla(handles.axes7)
cla(handles.axes8)
cla(handles.axes9)
colorbar(handles.axes5,'off')
set(handles.text10,'string','-');
legend(handles.axes8, 'off')
colorbar(handles.axes9,'off')

%%% Definir Variáveis Invisíveis
set(handles.uibuttongroup4,'visible','off');
set(handles.radiobutton11,'visible','off');
set(handles.radiobutton10,'visible','off');
set(handles.axes6,'visible','off');
set(handles.axes7,'visible','off');
set(handles.axes8,'visible','off');
set(handles.uipane11,'visible','off');
set(handles.uipane12,'visible','off');
set(handles.uipane13,'visible','off');
set(handles.uipane14,'visible','off');
set(handles.uipane15,'visible','off');
set(handles.uipane16,'visible','off');
set(handles.text2,'visible','off');
set(handles.text3,'visible','off');
set(handles.text4,'visible','off');
set(handles.text5,'visible','off');
set(handles.text6,'visible','off');
set(handles.text7,'visible','off');
set(handles.text8,'visible','off');
set(handles.text9,'visible','off');
set(handles.popupmenu1,'visible','off');
set(handles.popupmenu2,'visible','off');
set(handles.popupmenu3,'visible','off');
set(handles.popupmenu4,'visible','off');
set(handles.edit1,'visible','off');
set(handles.edit2,'visible','off');
set(handles.edit3,'visible','off');
set(handles.edit4,'visible','off');
set(handles.edit5,'visible','off');
set(handles.edit6,'visible','off');
set(handles.pushbutton2,'visible','off');
set(handles.uibuttongroup1,'visible','off');
set(handles.uibuttongroup2,'visible','off');
set(handles.radiobutton1,'visible','off');
set(handles.radiobutton2,'visible','off');
set(handles.radiobutton3,'visible','off');
set(handles.radiobutton4,'visible','off');
set(handles.radiobutton5,'visible','off');
set(handles.axes9,'visible','off');
set(handles.uipane18,'visible','off');
set(handles.uibuttongroup5,'visible','off');
set(handles.radiobutton12,'visible','off');

```

```

set(handles.radiobutton13,'visible','off');

% % % Definir Variáveis Visíveis
set(handles.uipanel7,'visible','on');
set(handles.uibuttongroup3,'visible','on');
set(handles.radiobutton9,'visible','on');
set(handles.radiobutton7,'visible','on');
set(handles.radiobutton8,'visible','on');
set(handles.radiobutton6,'visible','on');
set(handles.axes1,'visible','on');
set(handles.axes2,'visible','on');
set(handles.axes3,'visible','on');
set(handles.axes4,'visible','on');
set(handles.axes5,'visible','on');
set(handles.text10,'visible','on');
set(handles.pushbutton1,'visible','on');

% % % Escolher nome para o Pushbutton
set(handles.pushbutton1,'String','Submeter Gráficos');

% -----
function geostrofia_Callback(hObject, eventdata, handles)

% % % Atribuição de numeração ao menu
setappdata(gcf,'menu',3);

% % % Limpar dados inseridos nos graficos
cla(handles.axes1)
cla(handles.axes2)
cla(handles.axes3)
cla(handles.axes4)
cla(handles.axes5)
cla(handles.axes6)
cla(handles.axes7)
cla(handles.axes8)
cla(handles.axes9)
colorbar(handles.axes5,'off')
legend(handles.axes8,'off')
colorbar(handles.axes9,'off')

% % % Definir Variáveis Invisíveis
set(handles.uipanel1,'visible','off');
set(handles.uipanel2,'visible','off');
set(handles.uipanel3,'visible','off');
set(handles.uipanel4,'visible','off');
set(handles.uipanel5,'visible','off');
set(handles.uipanel6,'visible','off');
set(handles.text2,'visible','off');
set(handles.text3,'visible','off');
set(handles.text4,'visible','off');
set(handles.text5,'visible','off');
set(handles.text6,'visible','off');
set(handles.text7,'visible','off');
set(handles.text8,'visible','off');

```

```

set(handles.text9,'visible','off');
set(handles.popupmenu1,'visible','off');
set(handles.popupmenu2,'visible','off');
set(handles.popupmenu3,'visible','off');
set(handles.popupmenu4,'visible','off');
set(handles.edit1,'visible','off');
set(handles.edit2,'visible','off');
set(handles.edit3,'visible','off');
set(handles.edit4,'visible','off');
set(handles.edit5,'visible','off');
set(handles.edit6,'visible','off');
set(handles.pushbutton2,'visible','off');
set(handles.uibuttongroup1,'visible','off');
set(handles.uibuttongroup2,'visible','off');
set(handles.radiobutton1,'visible','off');
set(handles.radiobutton2,'visible','off');
set(handles.radiobutton3,'visible','off');
set(handles.radiobutton4,'visible','off');
set(handles.radiobutton5,'visible','off');
set(handles.uipane17,'visible','off');
set(handles.uibuttongroup3,'visible','off');
set(handles.radiobutton6,'visible','off');
set(handles.radiobutton7,'visible','off');
set(handles.radiobutton8,'visible','off');
set(handles.radiobutton9,'visible','off');
set(handles.axes1,'visible','off');
set(handles.axes2,'visible','off');
set(handles.axes3,'visible','off');
set(handles.axes4,'visible','off');
set(handles.axes5,'visible','off');
set(handles.text10,'visible','off');
set(handles.uipane18,'visible','off');
set(handles.uibuttongroup5,'visible','off');
set(handles.radiobutton12,'visible','off');
set(handles.radiobutton13,'visible','off');

%%% Definir Variáveis Visíveis
set(handles.pushbutton1,'visible','on');
set(handles.uibuttongroup4,'visible','on');
set(handles.radiobutton11,'visible','on');
set(handles.radiobutton10,'visible','on');
set(handles.axes6,'visible','on');
set(handles.axes7,'visible','on');
set(handles.axes8,'visible','on');
set(handles.axes9,'visible','on');

%%% Escolher nome para o Pushbutton
set(handles.pushbutton1,'String','Submeter Gráficos');

% --- Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Início da programação %%%%%%%%%%%%%%%

```

```

%% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% Limpar dados %% %% %% %% %% %% %% %% %% %%
clc

%% %% %% %% %% Ler variável menu
menu=getappdata(gcf, 'menu');

switch menu

    %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% Recolha de dados

    case 1
        %% %% %% %% %% Periodicidade dos dados climatológicos (anual, mensal,
        %% sazonal)
        epoca=get(handles.popupmenu3, 'value');

        switch epoca
            case 1
                epoca=1; %Anual
            case 2
                epoca=2; %Janeiro
            case 3
                epoca=3; %Fevereiro
            case 4
                epoca=4; %Março
            case 5
                epoca=5; %Abril
            case 6
                epoca=6; %Maio
            case 7
                epoca=7; %Junho
            case 8
                epoca=8; %Julho
            case 9
                epoca=9; %Agosto
            case 10
                epoca=10; %Setembro
            case 11
                epoca=11; %Outubro
            case 12
                epoca=12; %Novembro
            case 13
                epoca=13; %Dezembro
            case 14
                epoca=14; %Inverno
            case 15
                epoca=15; %Primavera
            case 16
                epoca=16; %Verão
            case 17
                epoca=17; %Outono
        end

        %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% Resolução
        switch get(get(handles.uibuttongroup1, 'SelectedObject'), 'Tag')
            case 'radiobutton1'

```



```

        long_e=60.375;
    end

    case 3
        % Corrente e Retroflexão das Agulhas
        if resolucao==1
            lat_inf=-44.5; lat_sup=-19.5; long_w=15.5; long_e=50.5;
        else
            lat_inf=-44.375; lat_sup=-19.375; long_w=15.375; ...
            long_e=50.375;
        end

    case 4
        % Índico
        if resolucao==1
            lat_inf=-27.5; lat_sup=24.5; long_w=56.5; long_e=99.5;
        else
            lat_inf=-27.375; lat_sup=24.375; long_w=56.375;...
            long_e=99.375;
        end

    case 5
        % Atlântico Norte
        if resolucao==1
            lat_inf=29.5; lat_sup=60.5; long_w=-69.5; long_e=-0.5;
        else
            lat_inf=29.375; lat_sup=60.375; long_w=-69.375;...
            long_e=-0.375;
        end

    case 6
        % Atlântico Sul
        if resolucao==1
            lat_inf=-64.5; lat_sup=-31.5; long_w=-59.5; ...
            long_e=19.5;
        else
            lat_inf=-64.375; lat_sup=-31.375; long_w=-59.375; ...
            long_e=19.375;
        end

    case 7
        % Portugal Continental
        if resolucao==1
            lat_inf=34.5; lat_sup=44.5; long_w=-15.5; long_e=-6.5;
        else
            lat_inf=34.375; lat_sup=44.375; long_w=-15.375;...
            long_e=-6.375;
        end

    case 8
        % Atlântico Nordeste
        if resolucao==1
            lat_inf=29.5; lat_sup=45.5; long_w=-40.5; long_e=-4.5;
        else
            lat_inf=29.375; lat_sup=45.375; long_w=-40.375;...

```

```

        long_e=-4.375;
    end

    case 9
        % Atlântico Noroeste
        if resolucao==1
            lat_inf=29.5; lat_sup=50.5; long_w=-69.5; long_e=-39.5;
        else
            lat_inf=29.375; lat_sup=50.375; long_w=-69.375;...
            long_e=-39.375;
        end
    end

end

% % % % % % % Leitura dos dados da GEBCO

d_GEBCO=get(handles.popupmenu1, 'value');
switch d_GEBCO
    case 1 %% África Austral
        longitude=ncread('GEBCO_2014_2D_AF_AUSTRAL.nc','lon');
        latitude=ncread('GEBCO_2014_2D_AF_AUSTRAL.nc','lat');
        elevation=ncread('GEBCO_2014_2D_AF_AUSTRAL.nc','elevation');
    case 2 %% Índico
        longitude=ncread('GEBCO_2014_2D_Indico.nc','lon');
        latitude=ncread('GEBCO_2014_2D_Indico.nc','lat');
        elevation=ncread('GEBCO_2014_2D_Indico.nc','elevation');
    case 3 %% Atlântico Sul
        longitude=ncread('GEBCO_2014_2D_AtlanticoSul.nc','lon');
        latitude=ncread('GEBCO_2014_2D_AtlanticoSul.nc','lat');
        elevation=ncread('GEBCO_2014_2D_AtlanticoSul.nc',...
            'elevation');
    case 4 %% Atlântico Norte
        longitude=ncread('GEBCO_2014_2D_AtlanticoNorte.nc','lon');
        latitude=ncread('GEBCO_2014_2D_AtlanticoNorte.nc','lat');
        elevation=ncread('GEBCO_2014_2D_AtlanticoNorte.nc',...
            'elevation');
end

% % % % % % % % % % Leitura das Imersões Fixas
imersao=get(handles.popupmenu4, 'value');
switch imersao
    case 1; im=0; case 2; im=5; case 3; im=10; case 4; im=15;
    case 5; im=20; case 6; im=25; case 7; im=30; case 8; im=35;
    case 9; im=40; case 10; im=45; case 11; im=50; case 12; im=55;
    case 13; im=60; case 14; im=65; case 15; im=70; case 16; im=75;
    case 17; im=80; case 18; im=85; case 19; im=90;
    case 20; im= 95; case 21; im=100; case 22; im=125;
    case 23; im=150; case 24; im=175; case 25; im=200;
    case 26; im=225; case 27; im=250; case 28; im=275;
    case 29; im=300; case 30; im=325; case 31; im=350;
    case 32; im=375; case 33; im=400; case 34; im=425;
    case 35; im=450; case 36; im=475; case 37; im=500;
    case 38; im=550; case 39; im=600; case 40; im=650;
    case 41; im=700; case 42; im=750; case 43; im=800;
    case 44; im=850; case 45; im=900; case 46; im=950;
    case 47; im=1000; case 48; im=1050; case 49; im=1100;
    case 50; im=1150; case 51; im=1200; case 52; im=1250;
end

```

```

case 53; im=1300; case 54; im=1350; case 55; im=1400;
case 56; im=1450; case 57; im=1500; case 58; im=1550;
case 59; im=1600; case 60; im=1650; case 61; im=1700;
case 62; im=1750; case 63; im=1800; case 64; im=1850;
case 65; im=1900; case 66; im=1950; case 67; im=2000;
case 68; im=2100; case 69; im=2200; case 70; im=2300;
case 71; im=2400; case 72; im=2500; case 73; im=2600;
case 74; im=2700; case 75; im=2800; case 76; im=2900;
case 77; im=3000; case 78; im=3100; case 79; im=3200;
case 80; im=3300; case 81; im=3400; case 82; im=3500;
case 83; im=3600; case 84; im=3700; case 85; im=3800;
case 86; im=3900; case 87; im=4000; case 88; im=4100;
case 89; im=4200; case 90; im=4300; case 91; im=4400;
case 92; im=4500; case 93; im=4600; case 94; im=4700;
case 95; im=4800; case 96; im=4900; case 97; im=5000;
case 98; im=5100; case 99; im=5200; case 100; im=5300;
case 101; im=5400; case 102; im=5500;
end
imersao=im;

% % % % % % % % % % Leitura dos ficheiros da NOAA - Climatologia

% % Divisão dos mesmo em matriz de T/S, array de lat/long e
% % array de imersões padrão(m) da WOA2018 presentes no ficheiro

if resolucao==1 & epoca==1 %anual com 1°
    % % % Criar matriz apenas com os valores de Salinidade
    % e Temperatura
    Mat_Sal=csvread('woa18_decav_s00mn01.csv',2,2);
    Mat_Temp=csvread('woa18_decav_t00mn01.csv',2,2);
    % % % Criar array com as longitudes e latitudes
    Arr_Sal_Lat=csvread('woa18_decav_s00mn01.csv',2,0,[2,0,...
        length(Mat_Sal)+1,0]);
    Arr_Sal_Long=csvread('woa18_decav_s00mn01.csv',2,1,[2,1,...
        length(Mat_Sal)+1,1]);
    Arr_Temp_Lat=csvread('woa18_decav_t00mn01.csv',2,0,[2,0,...
        length(Mat_Temp)+1,0]);
    Arr_Temp_Long=csvread('woa18_decav_t00mn01.csv',2,1,[2,1,...
        length(Mat_Temp)+1,1]);
    % % % Criar array com os valores das profundidades contidas no
    % ficheiro
    % % % Vai apenas usar-se um dos ficheiros T/S porque ambos
    % estao para estão para os mesmos valores
    d=importdata('woa18_decav_s00mn01.csv');
    number=numel(d);
    Linhas_numericas=d.data;
    LN=Linhas_numericas(1,:);
    LN2(1,1)=0;
    a_lat=numel(LN);
    for i=1:a_lat
        LN2(1,i+1)=LN(i);
    end
    profundidade=LN2';
else
end

```

```

if resolucao==0.25 & epoca==1 %anual com 1/4 °
    % % % Criar matriz apenas com os valores de Salinidade e
    % Temperatura
    Mat_Sal=dlmread('woa18_decav_s00mn04.csv', ',', 2, 2);
    Mat_Temp=dlmread('woa18_decav_t00mn04.csv', ',', 2, 2);
%     Mat_Sal=csvread('woa18_decav_s00mn04.csv',2,2);
%     Mat_Temp=csvread('woa18_decav_t00mn04.csv',2,2);

    % % % Criar array com as longitudes e latitudes
%     Arr_Sal_Lat=csvread('woa18_decav_s00mn04.csv',2,0,[2,0,...
%         length(Mat_Sal)+1,0]);
%     Arr_Sal_Long=csvread('woa18_decav_s00mn04.csv',2,1,[2,1,...
%         length(Mat_Sal)+1,1]);
%     Arr_Temp_Lat=csvread('woa18_decav_t00mn04.csv',2,0,[2,0,...
%         length(Mat_Temp)+1,0]);
%     Arr_Temp_Long=csvread('woa18_decav_t00mn04.csv',2,1,[2,1,...
%         length(Mat_Temp)+1,1]);

    Arr_Sal_Lat=dlmread('woa18_decav_s00mn04.csv', ',', 2, 0,...
        [2,0,length(Mat_Sal)+1,0]);
    Arr_Sal_Long=dlmread('woa18_decav_s00mn04.csv', ',', 2, 1,...
        [2,1,length(Mat_Sal)+1,1]);
    Arr_Temp_Lat=dlmread('woa18_decav_t00mn04.csv', ',', 2, 0,...
        [2,0,length(Mat_Temp)+1,0]);
    Arr_Temp_Long=dlmread('woa18_decav_t00mn04.csv', ',', 2,1,...
        [2,1,length(Mat_Temp)+1,1]);
    % % % Criar array com os valores das profundidades contidas no
    % ficheiro
    % % % Vai apenas usar-se um dos ficheiros T/S porque ambos
    % estão para os mesmos valores
    d=importdata('woa18_decav_s00mn04.csv');
    number=numel(d);
    Linhas_numericas=d.data;
    LN=Linhas_numericas(1,:);
    LN2(1,1)=0;
    a_lat=numel(LN);
    for i=1:a_lat
        LN2(1,i+1)=LN(i);
    end
    profundidade=LN2';
else
end

if resolucao==1 & epoca==2 %Janeiro com 1°
    % % % Criar matriz apenas com os valores de Salinidade
    % e Temperatura
    Mat_Sal=csvread('woa18_decav_s01mn01.csv',2,2);
    Mat_Temp=csvread('woa18_decav_t01mn01.csv',2,2);
    % % % Criar array com as longitudes e latitudes
    Arr_Sal_Lat=csvread('woa18_decav_s01mn01.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Sal)+1,0]);
    Arr_Sal_Long=csvread('woa18_decav_s01mn01.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Sal)+1,1]);
    Arr_Temp_Lat=csvread('woa18_decav_t01mn01.csv',2,0,...

```

```

    [2,0,length(Mat_Temp)+1,0]);
    Arr_Temp_Long=csvread('woa18_decav_t01mn01.csv',2,1,...
    [2,1,length(Mat_Temp)+1,1]);
    % % Criar array com os valores das profundidades contidas no
    % ficheiro
    % % Vai apenas usar-se um dos ficheiros T/S porque ambos
    % estao para estão para os mesmos valores
    d=importdata('woa18_decav_s01mn01.csv');
    number=numel(d);
    Linhas_numericas=d.data;
    LN=Linhas_numericas(1,:);
    LN2(1,1)=0;
    a_lat=numel(LN);
    for i=1:a_lat
        LN2(1,i+1)=LN(i);
    end
    profundidade=LN2';
else
end
if resolucao==0.25 & epoca==2 %Janeiro com 1/4 °
    % % % Criar matriz apenas com os valores de Salinidade
    % e Temperatura
    Mat_Sal=csvread('woa18_decav_s01mn04.csv',2,2);
    Mat_Temp=csvread('woa18_decav_t01mn04.csv',2,2);
    % % Criar array com as longitudes e latitudes
    Arr_Sal_Lat=csvread('woa18_decav_s01mn04.csv',2,0,...
    [2,0,length(Mat_Sal)+1,0]);
    Arr_Sal_Long=csvread('woa18_decav_s01mn04.csv',2,1,...
    [2,1,length(Mat_Sal)+1,1]);
    Arr_Temp_Lat=csvread('woa18_decav_t01mn04.csv',2,0,...
    [2,0,length(Mat_Temp)+1,0]);
    Arr_Temp_Long=csvread('woa18_decav_t01mn04.csv',2,1,...
    [2,1,length(Mat_Temp)+1,1]);
    % % Criar array com os valores das profundidades contidas no
    % ficheiro
    % % Vai apenas usar-se um dos ficheiros T/S porque ambos
    % estao para estão para os mesmos valores
    d=importdata('woa18_decav_s01mn04.csv');
    number=numel(d);
    Linhas_numericas=d.data;
    LN=Linhas_numericas(1,:);
    LN2(1,1)=0;
    a_lat=numel(LN);
    for i=1:a_lat
        LN2(1,i+1)=LN(i);
    end
    profundidade=LN2';
else
end
if resolucao==1 & epoca==3 %Fevereiro com 1°
    % % % Criar matriz apenas com os valores de Salinidade
    % e Temperatura
    Mat_Sal=csvread('woa18_decav_s02mn01.csv',2,2);
    Mat_Temp=csvread('woa18_decav_t02mn01.csv',2,2);

```

```

%%% Criar array com as longitudes e latitudes
Arr_Sal_Lat=csvread('woa18_decav_s02mn01.csv',2,0,...
    [2,0,length(Mat_Sal)+1,0]);
Arr_Sal_Long=csvread('woa18_decav_s02mn01.csv',2,1,...
    [2,1,length(Mat_Sal)+1,1]);
Arr_Temp_Lat=csvread('woa18_decav_t02mn01.csv',2,0,...
    [2,0,length(Mat_Temp)+1,0]);
Arr_Temp_Long=csvread('woa18_decav_t02mn01.csv',2,1,...
    [2,1,length(Mat_Temp)+1,1]);
%%% Criar array com os valores das profundidades contidas no
% ficheiro
%%% Vai apenas usar-se um dos ficheiros T/S porque ambos
% estao para estão para os mesmos valores
d=importdata('woa18_decav_s02mn01.csv');
number=numel(d);
Linhas_numericas=d.data;
LN=Linhas_numericas(1,:);
LN2(1,1)=0;
a_lat=numel(LN);
for i=1:a_lat
    LN2(1,i+1)=LN(i);
end
profundidade=LN2';
else
end
if resolucao==0.25 & epoca==3 %Fevereiro com 1/4 °
    %%%% Criar matriz apenas com os valores de Salinidade
    % e Temperatura
    Mat_Sal=csvread('woa18_decav_s02mn04.csv',2,2);
    Mat_Temp=csvread('woa18_decav_t02mn04.csv',2,2);
    %%%% Criar array com as longitudes e latitudes
    Arr_Sal_Lat=csvread('woa18_decav_s02mn04.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Sal)+1,0]);
    Arr_Sal_Long=csvread('woa18_decav_s02mn04.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Sal)+1,1]);
    Arr_Temp_Lat=csvread('woa18_decav_t02mn04.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Temp)+1,0]);
    Arr_Temp_Long=csvread('woa18_decav_t02mn04.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Temp)+1,1]);
    %%%% Criar array com os valores das profundidades contidas no
    % ficheiro
    %%%% Vai apenas usar-se um dos ficheiros T/S porque ambos
    % estao para estão para os mesmos valores
    d=importdata('woa18_decav_s02mn04.csv');
    number=numel(d);
    Linhas_numericas=d.data;
    LN=Linhas_numericas(1,:);
    LN2(1,1)=0;
    a_lat=numel(LN);
    for i=1:a_lat
        LN2(1,i+1)=LN(i);
    end
    profundidade=LN2';
else
end

```

```

if resolucao==1 & epoca==4 %Março com 1°
    % % % Criar matriz apenas com os valores de Salinidade
    % e Temperatura
    Mat_Sal=csvread('woa18_decav_s03mn01.csv',2,2);
    Mat_Temp=csvread('woa18_decav_t03mn01.csv',2,2);
    % % % Criar array com as longitudes e latitudes
    Arr_Sal_Lat=csvread('woa18_decav_s03mn01.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Sal)+1,0]);
    Arr_Sal_Long=csvread('woa18_decav_s03mn01.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Sal)+1,1]);
    Arr_Temp_Lat=csvread('woa18_decav_t03mn01.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Temp)+1,0]);
    Arr_Temp_Long=csvread('woa18_decav_t03mn01.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Temp)+1,1]);
    % % % Criar array com os valores das profundidades contidas no
    % ficheiro
    % % % Vai apenas usar-se um dos ficheiros T/S porque ambos
    % estao para estão para os mesmos valores
    d=importdata('woa18_decav_s03mn01.csv');
    number=numel(d);
    Linhas_numericas=d.data;
    LN=Linhas_numericas(1,:);
    LN2(1,1)=0;
    a_lat=numel(LN);
    for i=1:a_lat
        LN2(1,i+1)=LN(i);
    end
    profundidade=LN2';
else
end
if resolucao==0.25 & epoca==4 %Março com 1/4 °
    % % % Criar matriz apenas com os valores de Salinidade
    % e Temperatura
    Mat_Sal=csvread('woa18_decav_s03mn04.csv',2,2);
    Mat_Temp=csvread('woa18_decav_t03mn04.csv',2,2);
    % % % Criar array com as longitudes e latitudes
    Arr_Sal_Lat=csvread('woa18_decav_s03mn04.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Sal)+1,0]);
    Arr_Sal_Long=csvread('woa18_decav_s03mn04.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Sal)+1,1]);
    Arr_Temp_Lat=csvread('woa18_decav_t03mn04.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Temp)+1,0]);
    Arr_Temp_Long=csvread('woa18_decav_t03mn04.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Temp)+1,1]);
    % % % Criar array com os valores das profundidades contidas no
    % ficheiro
    % % % Vai apenas usar-se um dos ficheiros T/S porque ambos
    % estao para estão para os mesmos valores
    d=importdata('woa18_decav_s03mn04.csv');
    number=numel(d);
    Linhas_numericas=d.data;
    LN=Linhas_numericas(1,:);
    LN2(1,1)=0;
    a_lat=numel(LN);
    for i=1:a_lat

```

```

        LN2(1,i+1)=LN(i);
    end
    profundidade=LN2';
else
end

if resolucao==1 & epoca==5 %Abril com 1°
    % % % Criar matriz apenas com os valores de Salinidade
    % e Temperatura
    Mat_Sal=csvread('woa18_decav_s04mn01.csv',2,2);
    Mat_Temp=csvread('woa18_decav_t04mn01.csv',2,2);
    % % % Criar array com as longitudes e latitudes
    Arr_Sal_Lat=csvread('woa18_decav_s04mn01.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Sal)+1,0]);
    Arr_Sal_Long=csvread('woa18_decav_s04mn01.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Sal)+1,1]);
    Arr_Temp_Lat=csvread('woa18_decav_t04mn01.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Temp)+1,0]);
    Arr_Temp_Long=csvread('woa18_decav_t04mn01.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Temp)+1,1]);
    % % % Criar array com os valores das profundidades contidas no
    % ficheiro
    % % % Vai apenas usar-se um dos ficheiros T/S porque ambos
    % estao para estão para os mesmos valores
    d=importdata('woa18_decav_s04mn01.csv');
    number=numel(d);
    Linhas_numericas=d.data;
    LN=Linhas_numericas(1,:);
    LN2(1,1)=0;
    a_lat=numel(LN);
    for i=1:a_lat
        LN2(1,i+1)=LN(i);
    end
    profundidade=LN2';
else
end

if resolucao==0.25 & epoca==5 %Abril com 1/4 °
    % % % Criar matriz apenas com os valores de Salinidade
    % e Temperatura
    Mat_Sal=csvread('woa18_decav_s04mn04.csv',2,2);
    Mat_Temp=csvread('woa18_decav_t04mn04.csv',2,2);
    % % % Criar array com as longitudes e latitudes
    Arr_Sal_Lat=csvread('woa18_decav_s04mn04.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Sal)+1,0]);
    Arr_Sal_Long=csvread('woa18_decav_s04mn04.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Sal)+1,1]);
    Arr_Temp_Lat=csvread('woa18_decav_t04mn04.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Temp)+1,0]);
    Arr_Temp_Long=csvread('woa18_decav_t04mn04.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Temp)+1,1]);
    % % % Criar array com os valores das profundidades contidas no
    % ficheiro
    % % % Vai apenas usar-se um dos ficheiros T/S porque ambos
    % estao para estão para os mesmos valores
    d=importdata('woa18_decav_s04mn04.csv');
    number=numel(d);

```

```

Linhas_numericas=d.data;
LN=Linhas_numericas(1,:);
LN2(1,1)=0;
a_lat=numel(LN);
for i=1:a_lat
    LN2(1,i+1)=LN(i);
end
profundidade=LN2';
else
end

if resolucao==1 & epoca==6 %Maio com 1°
    % % % Criar matriz apenas com os valores de Salinidade / Temperatura
    Mat_Sal=csvread('woa18_decav_s05mn01.csv',2,2);
    Mat_Temp=csvread('woa18_decav_t05mn01.csv',2,2);
    % % % Criar array com as longitudes e latitudes
    Arr_Sal_Lat=csvread('woa18_decav_s05mn01.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Sal)+1,0]);
    Arr_Sal_Long=csvread('woa18_decav_s05mn01.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Sal)+1,1]);
    Arr_Temp_Lat=csvread('woa18_decav_t05mn01.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Temp)+1,0]);
    Arr_Temp_Long=csvread('woa18_decav_t05mn01.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Temp)+1,1]);
    % % % Criar array com os valores das profundidades contidas no
    % ficheiro
    % % % Vai apenas usar-se um dos ficheiros T/S porque ambos
    % estao para estão para os mesmos valores
    d=importdata('woa18_decav_s05mn01.csv');
    number=numel(d);
    Linhas_numericas=d.data;
    LN=Linhas_numericas(1,:);
    LN2(1,1)=0;
    a_lat=numel(LN);
    for i=1:a_lat
        LN2(1,i+1)=LN(i);
    end
    profundidade=LN2';
else
end

if resolucao==0.25 & epoca==6 %Maio com 1/4 °
    % % % Criar matriz apenas com os valores de Salinidade
    % e Temperatura
    Mat_Sal=csvread('woa18_decav_s05mn04.csv',2,2);
    Mat_Temp=csvread('woa18_decav_t05mn04.csv',2,2);
    % % % Criar array com as longitudes e latitudes
    Arr_Sal_Lat=csvread('woa18_decav_s05mn04.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Sal)+1,0]);
    Arr_Sal_Long=csvread('woa18_decav_s05mn04.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Sal)+1,1]);
    Arr_Temp_Lat=csvread('woa18_decav_t05mn04.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Temp)+1,0]);
    Arr_Temp_Long=csvread('woa18_decav_t05mn04.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Temp)+1,1]);
    % % % Criar array com os valores das profundidades contidas no

```

```

% ficheiro
% % % Vai apenas usar-se um dos ficheiros T/S porque ambos
% estao para estão para os mesmos valores
d=importdata('woa18_decav_s05mn04.csv');
number=numel(d);
Linhas_numericas=d.data;
LN=Linhas_numericas(1,:);
LN2(1,1)=0;
a_lat=numel(LN);
for i=1:a_lat
    LN2(1,i+1)=LN(i);
end
profundidade=LN2';
else
end

if resolucao==1 & epoca==7 %Junho com 1°
    % % % Criar matriz apenas com os valores de Salinidade
    % e Temperatura
    Mat_Sal=csvread('woa18_decav_s06mn01.csv',2,2);
    Mat_Temp=csvread('woa18_decav_t06mn01.csv',2,2);
    % % % Criar array com as longitudes e latitudes
    Arr_Sal_Lat=csvread('woa18_decav_s06mn01.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Sal)+1,0]);
    Arr_Sal_Long=csvread('woa18_decav_s06mn01.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Sal)+1,1]);
    Arr_Temp_Lat=csvread('woa18_decav_t06mn01.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Temp)+1,0]);
    Arr_Temp_Long=csvread('woa18_decav_t06mn01.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Temp)+1,1]);
    % % % Criar array com os valores das profundidades contidas no
    % ficheiro
    % % % Vai apenas usar-se um dos ficheiros T/S porque ambos
    % estao para estão para os mesmos valores
    d=importdata('woa18_decav_s06mn01.csv');
    number=numel(d);
    Linhas_numericas=d.data;
    LN=Linhas_numericas(1,:);
    LN2(1,1)=0;
    a_lat=numel(LN);
    for i=1:a_lat
        LN2(1,i+1)=LN(i);
    end

    profundidade=LN2';
else
end

if resolucao==0.25 & epoca==7 %Junho com 1/4 °
    % % % Criar matriz apenas com os valores de Salinidade
    % e Temperatura
    Mat_Sal=csvread('woa18_decav_s06mn04.csv',2,2);
    Mat_Temp=csvread('woa18_decav_t06mn04.csv',2,2);
    % % % Criar array com as longitudes e latitudes
    Arr_Sal_Lat=csvread('woa18_decav_s06mn04.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Sal)+1,0]);
    Arr_Sal_Long=csvread('woa18_decav_s06mn04.csv',2,1,...

```

```

    [2,1,length(Mat_Sal)+1,1]);
    Arr_Temp_Lat=csvread('woa18_decav_t06mn04.csv',2,0,...
    [2,0,length(Mat_Temp)+1,0]);
    Arr_Temp_Long=csvread('woa18_decav_t06mn04.csv',2,1,...
    [2,1,length(Mat_Temp)+1,1]);
    % % % Criar array com os valores das profundidades contidas no
    % ficheiro
    % % % Vai apenas usar-se um dos ficheiros T/S porque ambos
    % estao para estão para os mesmos valores
    d=importdata('woa18_decav_s06mn04.csv');
    number=numel(d);
    Linhas_numericas=d.data;
    LN=Linhas_numericas(1,:);
    LN2(1,1)=0;
    a_lat=numel(LN);
    for i=1:a_lat
        LN2(1,i+1)=LN(i);
    end
    profundidade=LN2';
else
end

if resolucao==1 & epoca==8 %Julho com 1°
    % % % Criar matriz apenas com os valores de Salinidade
    % e Temperatura
    Mat_Sal=csvread('woa18_decav_s07mn01.csv',2,2);
    Mat_Temp=csvread('woa18_decav_t07mn01.csv',2,2);
    % % % Criar array com as longitudes e latitudes
    Arr_Sal_Lat=csvread('woa18_decav_s07mn01.csv',2,0,...
    [2,0,length(Mat_Sal)+1,0]);
    Arr_Sal_Long=csvread('woa18_decav_s07mn01.csv',2,1,...
    [2,1,length(Mat_Sal)+1,1]);
    Arr_Temp_Lat=csvread('woa18_decav_t07mn01.csv',2,0,...
    [2,0,length(Mat_Temp)+1,0]);
    Arr_Temp_Long=csvread('woa18_decav_t07mn01.csv',2,1,...
    [2,1,length(Mat_Temp)+1,1]);
    % % % Criar array com os valores das profundidades contidas no
    % ficheiro
    % % % Vai apenas usar-se um dos ficheiros T/S porque ambos
    % estao para estão para os mesmos valores
    d=importdata('woa18_decav_s07mn01.csv');
    number=numel(d);
    Linhas_numericas=d.data;
    LN=Linhas_numericas(1,:);
    LN2(1,1)=0;
    a_lat=numel(LN);
    for i=1:a_lat
        LN2(1,i+1)=LN(i);
    end
    profundidade=LN2';
else
end

if resolucao==0.25 & epoca==8 %Julho com 1/4 °
    % % % Criar matriz apenas com os valores de Salinidade
    % e Temperatura

```

```

Mat_Sal=csvread('woa18_decav_s07mn04.csv',2,2);
Mat_Temp=csvread('woa18_decav_t07mn04.csv',2,2);
% % % Criar array com as longitudes e latitudes
Arr_Sal_Lat=csvread('woa18_decav_s07mn04.csv',2,0,...
    [2,0,length(Mat_Sal)+1,0]);
Arr_Sal_Long=csvread('woa18_decav_s07mn04.csv',2,1,...
    [2,1,length(Mat_Sal)+1,1]);
Arr_Temp_Lat=csvread('woa18_decav_t07mn04.csv',2,0,...
    [2,0,length(Mat_Temp)+1,0]);
Arr_Temp_Long=csvread('woa18_decav_t07mn04.csv',2,1,...
    [2,1,length(Mat_Temp)+1,1]);
% % % Criar array com os valores das profundidades contidas no
% ficheiro
% % % Vai apenas usar-se um dos ficheiros T/S porque ambos
% estao para estão para os mesmos valores
d=importdata('woa18_decav_s07mn04.csv');
number=numel(d);
Linhas_numericas=d.data;
LN=Linhas_numericas(1,:);
LN2(1,1)=0;
a_lat=numel(LN);
for i=1:a_lat
    LN2(1,i+1)=LN(i);
end
profundidade=LN2';
else
end

if resolucao==1 & epoca==9 %Agosto com 1°
% % % Criar matriz apenas com os valores de salinidade
% e Temperatura
Mat_Sal=csvread('woa18_decav_s08mn01.csv',2,2);
Mat_Temp=csvread('woa18_decav_t08mn01.csv',2,2);
% % % Criar array com as longitudes e latitudes
Arr_Sal_Lat=csvread('woa18_decav_s08mn01.csv',2,0,...
    [2,0,length(Mat_Sal)+1,0]);
Arr_Sal_Long=csvread('woa18_decav_s08mn01.csv',2,1,...
    [2,1,length(Mat_Sal)+1,1]);
Arr_Temp_Lat=csvread('woa18_decav_t08mn01.csv',2,0,...
    [2,0,length(Mat_Temp)+1,0]);
Arr_Temp_Long=csvread('woa18_decav_t08mn01.csv',2,1,...
    [2,1,length(Mat_Temp)+1,1]);
% % % Criar array com os valores das profundidades contidas no
% ficheiro
% % % Vai apenas usar-se um dos ficheiros T/S porque ambos
% estao para estão para os mesmos valores
d=importdata('woa18_decav_s08mn01.csv');
number=numel(d);
Linhas_numericas=d.data;
LN=Linhas_numericas(1,:);
LN2(1,1)=0;
a_lat=numel(LN);
for i=1:a_lat
    LN2(1,i+1)=LN(i);
end
profundidade=LN2';

```

```

else
end
if resolucao==0.25 & epoca==9 %Agosto com 1/4 °
    % % % Criar matriz apenas com os valores de Salinidade
    % e Temperatura
    Mat_Sal=csvread('woa18_decav_s08mn04.csv',2,2);
    Mat_Temp=csvread('woa18_decav_t08mn04.csv',2,2);
    % % % Criar array com as longitudes e latitudes
    Arr_Sal_Lat=csvread('woa18_decav_s08mn04.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Sal)+1,0]);
    Arr_Sal_Long=csvread('woa18_decav_s08mn04.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Sal)+1,1]);
    Arr_Temp_Lat=csvread('woa18_decav_t08mn04.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Temp)+1,0]);
    Arr_Temp_Long=csvread('woa18_decav_t08mn04.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Temp)+1,1]);
    % % % Criar array com os valores das profundidades contidas no
    % ficheiro
    % % % Vai apenas usar-se um dos ficheiros T/S porque ambos
    % estao para estão para os mesmos valores
    d=importdata('woa18_decav_s08mn04.csv');
    number=numel(d);
    Linhas_numericas=d.data;
    LN=Linhas_numericas(1,:);
    LN2(1,1)=0;
    a_lat=numel(LN);
    for i=1:a_lat
        LN2(1,i+1)=LN(i);
    end
    profundidade=LN2';
else
end

if resolucao==1 & epoca==10 %Setembro com 1°
    % % % Criar matriz apenas com os valores de Salinidade
    % e Temperatura
    Mat_Sal=csvread('woa18_decav_s09mn01.csv',2,2);
    Mat_Temp=csvread('woa18_decav_t09mn01.csv',2,2);
    % % % Criar array com as longitudes e latitudes
    Arr_Sal_Lat=csvread('woa18_decav_s09mn01.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Sal)+1,0]);
    Arr_Sal_Long=csvread('woa18_decav_s09mn01.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Sal)+1,1]);
    Arr_Temp_Lat=csvread('woa18_decav_t09mn01.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Temp)+1,0]);
    Arr_Temp_Long=csvread('woa18_decav_t09mn01.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Temp)+1,1]);
    % % % Criar array com os valores das profundidades contidas no
    % ficheiro
    % % % Vai apenas usar-se um dos ficheiros T/S porque ambos
    % estao para estão para os mesmos valores
    d=importdata('woa18_decav_s09mn01.csv');
    number=numel(d);
    Linhas_numericas=d.data;
    LN=Linhas_numericas(1,:);

```

```

LN2(1,1)=0;
a_lat=numel(LN);
for i=1:a_lat
    LN2(1,i+1)=LN(i);
end
profundidade=LN2';
else
end
if resolucao==0.25 & epoca==10 %Setembro com 1/4 °
    % % % Criar matriz apenas com os valores de Salinidade
    % e Temperatura
    Mat_Sal=csvread('woa18_decav_s09mn04.csv',2,2);
    Mat_Temp=csvread('woa18_decav_t09mn04.csv',2,2);
    % % % Criar array com as longitudes e latitudes
    Arr_Sal_Lat=csvread('woa18_decav_s09mn04.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Sal)+1,0]);
    Arr_Sal_Long=csvread('woa18_decav_s09mn04.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Sal)+1,1]);
    Arr_Temp_Lat=csvread('woa18_decav_t09mn04.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Temp)+1,0]);
    Arr_Temp_Long=csvread('woa18_decav_t09mn04.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Temp)+1,1]);
    % % % Criar array com os valores das profundidades contidas no
    % ficheiro
    % % % Vai apenas usar-se um dos ficheiros T/S porque ambos
    % estao para estão para os mesmos valores
    d=importdata('woa18_decav_s09mn04.csv');
    number=numel(d);
    Linhas_numericas=d.data;
    LN=Linhas_numericas(1,:);
    LN2(1,1)=0;
    a_lat=numel(LN);
    for i=1:a_lat
        LN2(1,i+1)=LN(i);
    end
    profundidade=LN2';
else
end
if resolucao==1 & epoca==11 %Outubro com 1°
    % % % Criar matriz apenas com os valores de salinidade
    % e Temperatura
    Mat_Sal=csvread('woa18_decav_s10mn01.csv',2,2);
    Mat_Temp=csvread('woa18_decav_t10mn01.csv',2,2);
    % % % Criar array com as longitudes e latitudes
    Arr_Sal_Lat=csvread('woa18_decav_s10mn01.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Sal)+1,0]);
    Arr_Sal_Long=csvread('woa18_decav_s10mn01.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Sal)+1,1]);
    Arr_Temp_Lat=csvread('woa18_decav_t10mn01.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Temp)+1,0]);
    Arr_Temp_Long=csvread('woa18_decav_t10mn01.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Temp)+1,1]);
    % % % Criar array com os valores das profundidades contidas no
    % ficheiro
    % % % Vai apenas usar-se um dos ficheiros T/S porque ambos

```

```

% estao para estão para os mesmos valores
d=importdata('woa18_decav_s10mn01.csv');
number=numel(d);
Linhas_numericas=d.data;
LN=Linhas_numericas(1,:);
LN2(1,1)=0;
a_lat=numel(LN);
for i=1:a_lat
    LN2(1,i+1)=LN(i);
end
profundidade=LN2';
else
end
if resolucao==0.25 & epoca==11 %Outubro com 1/4 °
    % % % Criar matriz apenas com os valores de Salinidade
    % e Temperatura
    Mat_Sal=csvread('woa18_decav_s10mn04.csv',2,2);
    Mat_Temp=csvread('woa18_decav_t10mn04.csv',2,2);
    % % % Criar array com as longitudes e latitudes
    Arr_Sal_Lat=csvread('woa18_decav_s10mn04.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Sal)+1,0]);
    Arr_Sal_Long=csvread('woa18_decav_s10mn04.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Sal)+1,1]);
    Arr_Temp_Lat=csvread('woa18_decav_t10mn04.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Temp)+1,0]);
    Arr_Temp_Long=csvread('woa18_decav_t10mn04.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Temp)+1,1]);
    % % % Criar array com os valores das profundidades contidas no
    % ficheiro
    % % % Vai apenas usar-se um dos ficheiros T/S porque ambos
    % estao para estão para os mesmos valores
    d=importdata('woa18_decav_s10mn04.csv');
    number=numel(d);
    Linhas_numericas=d.data;
    LN=Linhas_numericas(1,:);
    LN2(1,1)=0;
    a_lat=numel(LN);
    for i=1:a_lat
        LN2(1,i+1)=LN(i);
    end
    profundidade=LN2';
else
end

if resolucao==1 & epoca==12 %Novembro com 1°
    % % % Criar matriz apenas com os valores de Salinidade
    % e Temperatura
    Mat_Sal=csvread('woa18_decav_s11mn01.csv',2,2);
    Mat_Temp=csvread('woa18_decav_t11mn01.csv',2,2);
    % % % Criar array com as longitudes e latitudes
    Arr_Sal_Lat=csvread('woa18_decav_s11mn01.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Sal)+1,0]);
    Arr_Sal_Long=csvread('woa18_decav_s11mn01.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Sal)+1,1]);
    Arr_Temp_Lat=csvread('woa18_decav_t11mn01.csv',2,0,...

```

```

    [2,0,length(Mat_Temp)+1,0]);
Arr_Temp_Long=csvread('woa18_decav_t11mn01.csv',2,1,...
    [2,1,length(Mat_Temp)+1,1]);
%% %% Criar array com os valores das profundidades contidas no
%% ficheiro
%% %% Vai apenas usar-se um dos ficheiros T/S porque ambos
%% estao para estão para os mesmos valores
d=importdata('woa18_decav_s11mn01.csv');
number=numel(d);
Linhas_numericas=d.data;
LN=Linhas_numericas(1,:);
LN2(1,1)=0;
a_lat=numel(LN);
for i=1:a_lat
    LN2(1,i+1)=LN(i);
end
profundidade=LN2';
else
end
if resolucao==0.25 & epoca==12 %Novembro com 1/4 °
    %% %% Criar matriz apenas com os valores de Salinidade
    %% e Temperatura
    Mat_Sal=csvread('woa18_decav_s11mn04.csv',2,2);
    Mat_Temp=csvread('woa18_decav_t11mn04.csv',2,2);
    %% %% Criar array com as longitudes e latitudes
    Arr_Sal_Lat=csvread('woa18_decav_s11mn04.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Sal)+1,0]);
    Arr_Sal_Long=csvread('woa18_decav_s11mn04.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Sal)+1,1]);
    Arr_Temp_Lat=csvread('woa18_decav_t11mn04.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Temp)+1,0]);
    Arr_Temp_Long=csvread('woa18_decav_t11mn04.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Temp)+1,1]);
    %% %% Criar array com os valores das profundidades contidas no
    %% ficheiro
    %% %% Vai apenas usar-se um dos ficheiros T/S porque ambos
    %% estao para estão para os mesmos valores
    d=importdata('woa18_decav_s11mn04.csv');
    number=numel(d);
    Linhas_numericas=d.data;
    LN=Linhas_numericas(1,:);
    LN2(1,1)=0;
    a_lat=numel(LN);
    for i=1:a_lat
        LN2(1,i+1)=LN(i);
    end
    profundidade=LN2';
else
end
if resolucao==1 & epoca==13 %Dezembro com 1°
    %% %% Criar matriz apenas com os valores de salinidade
    %% e Temperatura
    Mat_Sal=csvread('woa18_decav_s12mn01.csv',2,2);
    Mat_Temp=csvread('woa18_decav_t12mn01.csv',2,2);
    %% %% Criar array com as longitudes e latitudes

```

```

Arr_Sal_Lat=csvread('woa18_decav_s12mn01.csv',2,0,...
    [2,0,length(Mat_Sal)+1,0]);
Arr_Sal_Long=csvread('woa18_decav_s12mn01.csv',2,1,...
    [2,1,length(Mat_Sal)+1,1]);
Arr_Temp_Lat=csvread('woa18_decav_t12mn01.csv',2,0,...
    [2,0,length(Mat_Temp)+1,0]);
Arr_Temp_Long=csvread('woa18_decav_t12mn01.csv',2,1,...
    [2,1,length(Mat_Temp)+1,1]);
%%% Criar array com os valores das profundidades contidas no
% ficheiro
%%% Vai apenas usar-se um dos ficheiros T/S porque ambos
% estao para estão para os mesmos valores
d=importdata('woa18_decav_s12mn01.csv');
number=numel(d);
Linhas_numericas=d.data;
LN=Linhas_numericas(1,:);
LN2(1,1)=0;
a_lat=numel(LN);
for i=1:a_lat
    LN2(1,i+1)=LN(i);
end
profundidade=LN2';
else
end
if resolucao==0.25 & epoca==13 %Dezembro com 1/4 °
    %%% Criar matriz apenas com os valores de Salinidade
    % e Temperatura
    Mat_Sal=csvread('woa18_decav_s12mn04.csv',2,2);
    Mat_Temp=csvread('woa18_decav_t12mn04.csv',2,2);
    %%% Criar array com as longitudes e latitudes
    Arr_Sal_Lat=csvread('woa18_decav_s12mn04.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Sal)+1,0]);
    Arr_Sal_Long=csvread('woa18_decav_s12mn04.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Sal)+1,1]);
    Arr_Temp_Lat=csvread('woa18_decav_t12mn04.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Temp)+1,0]);
    Arr_Temp_Long=csvread('woa18_decav_t12mn04.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Temp)+1,1]);
    %%% Criar array com os valores das profundidades contidas no
    % ficheiro
    %%% Vai apenas usar-se um dos ficheiros T/S porque ambos
    % estao para estão para os mesmos valores
    d=importdata('woa18_decav_t12mn04.csv');
    number=numel(d);
    Linhas_numericas=d.data;
    LN=Linhas_numericas(1,:);
    LN2(1,1)=0;
    a_lat=numel(LN);
    for i=1:a_lat
        LN2(1,i+1)=LN(i);
    end
    profundidade=LN2';
else
end

```

```

if resolucao==1 & epoca==14 %Inverno com 1°
    % % % Criar matriz apenas com os valores de Salinidade
    % e Temperatura
    Mat_Sal=csvread('woa18_decav_s13mn01.csv',2,2);
    Mat_Temp=csvread('woa18_decav_t13mn01.csv',2,2);
    % % % Criar array com as longitudes e latitudes
    Arr_Sal_Lat=csvread('woa18_decav_s13mn01.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Sal)+1,0]);
    Arr_Sal_Long=csvread('woa18_decav_s13mn01.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Sal)+1,1]);
    Arr_Temp_Lat=csvread('woa18_decav_t13mn01.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Temp)+1,0]);
    Arr_Temp_Long=csvread('woa18_decav_t13mn01.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Temp)+1,1]);
    % % % Criar array com os valores das profundidades contidas no
    % ficheiro
    % % % Vai apenas usar-se um dos ficheiros T/S porque ambos
    % estao para estão para os mesmos valores
    d=importdata('woa18_decav_s13mn01.csv');
    number=numel(d);
    Linhas_numericas=d.data;
    LN=Linhas_numericas(1,:);
    LN2(1,1)=0;
    a_lat=numel(LN);
    for i=1:a_lat
        LN2(1,i+1)=LN(i);
    end
    profundidade=LN2';
else
end
if resolucao==0.25 & epoca==14 %Inverno com 1/4 °
    % % % Criar matriz apenas com os valores de Salinidade
    % e Temperatura
    Mat_Sal=csvread('woa18_decav_s13mn04.csv',2,2);
    Mat_Temp=csvread('woa18_decav_t13mn04.csv',2,2);
    % % % Criar array com as longitudes e latitudes
    Arr_Sal_Lat=csvread('woa18_decav_s13mn04.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Sal)+1,0]);
    Arr_Sal_Long=csvread('woa18_decav_s13mn04.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Sal)+1,1]);
    Arr_Temp_Lat=csvread('woa18_decav_t13mn04.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Temp)+1,0]);
    Arr_Temp_Long=csvread('woa18_decav_t13mn04.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Temp)+1,1]);
    % % % Criar array com os valores das profundidades contidas no
    % ficheiro
    % % % Vai apenas usar-se um dos ficheiros T/S porque ambos
    % estao para estão para os mesmos valores
    d=importdata('woa18_decav_s13mn04.csv');
    number=numel(d);
    Linhas_numericas=d.data;
    LN=Linhas_numericas(1,:);
    LN2(1,1)=0;
    a_lat=numel(LN);
    for i=1:a_lat
        LN2(1,i+1)=LN(i);
    end
end

```

```

end
profundidade=LN2';
else
end

if resolucao==1 & epoca==15 %Primavera com 1°
    % % % Criar matriz apenas com os valores de Salinidade
    % e Temperatura
    Mat_Sal=csvread('woa18_decav_s14mn01.csv',2,2);
    Mat_Temp=csvread('woa18_decav_t14mn01.csv',2,2);
    % % % Criar array com as longitudes e latitudes
    Arr_Sal_Lat=csvread('woa18_decav_s14mn01.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Sal)+1,0]);
    Arr_Sal_Long=csvread('woa18_decav_s14mn01.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Sal)+1,1]);
    Arr_Temp_Lat=csvread('woa18_decav_t14mn01.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Temp)+1,0]);
    Arr_Temp_Long=csvread('woa18_decav_t14mn01.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Temp)+1,1]);
    % % % Criar array com os valores das profundidades contidas no
    % ficheiro
    % % % Vai apenas usar-se um dos ficheiros T/S porque ambos
    % estao para estão para os mesmos valores
    d=importdata('woa18_decav_s14mn01.csv');
    number=numel(d);
    Linhas_numericas=d.data;
    LN=Linhas_numericas(1,:);
    LN2(1,1)=0;
    a_lat=numel(LN);
    for i=1:a_lat
        LN2(1,i+1)=LN(i);
    end
    profundidade=LN2';
else
end

if resolucao==0.25 & epoca==15 %Primavera com 1/4 °
    % % % Criar matriz apenas com os valores de Salinidade
    % e Temperatura
    Mat_Sal=csvread('woa18_decav_s14mn04.csv',2,2);
    Mat_Temp=csvread('woa18_decav_t14mn04.csv',2,2);
    % % % Criar array com as longitudes e latitudes
    Arr_Sal_Lat=csvread('woa18_decav_s14mn04.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Sal)+1,0]);
    Arr_Sal_Long=csvread('woa18_decav_s14mn04.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Sal)+1,1]);
    Arr_Temp_Lat=csvread('woa18_decav_t14mn04.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Temp)+1,0]);
    Arr_Temp_Long=csvread('woa18_decav_t14mn04.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Temp)+1,1]);
    % % % Criar array com os valores das profundidades contidas no
    % ficheiro
    % % % Vai apenas usar-se um dos ficheiros T/S porque ambos
    % estao para estão para os mesmos valores
    d=importdata('woa18_decav_s14mn04.csv');
    number=numel(d);

```

```

Linhas_numericas=d.data;
LN=Linhas_numericas(1,:);
LN2(1,1)=0;
a_lat=numel(LN);
for i=1:a_lat
    LN2(1,i+1)=LN(i);
end
profundidade=LN2';
else
end

if resolucao==1 & epoca==16 %Verão com 1°
    % % % Criar matriz apenas com os valores de Salinidade
    % e Temperatura
    Mat_Sal=csvread('woa18_decav_s15mn01.csv',2,2);
    Mat_Temp=csvread('woa18_decav_t15mn01.csv',2,2);
    % % % Criar array com as longitudes e latitudes
    Arr_Sal_Lat=csvread('woa18_decav_s15mn01.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Sal)+1,0]);
    Arr_Sal_Long=csvread('woa18_decav_s15mn01.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Sal)+1,1]);
    Arr_Temp_Lat=csvread('woa18_decav_t15mn01.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Temp)+1,0]);
    Arr_Temp_Long=csvread('woa18_decav_t15mn01.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Temp)+1,1]);
    % % % Criar array com os valores das profundidades contidas no
    % ficheiro
    % % % Vai apenas usar-se um dos ficheiros T/S porque ambos
    % estao para estão para os mesmos valores
    d=importdata('woa18_decav_s15mn01.csv');
    number=numel(d);
    Linhas_numericas=d.data;
    LN=Linhas_numericas(1,:);
    LN2(1,1)=0;
    a_lat=numel(LN);
    for i=1:a_lat
        LN2(1,i+1)=LN(i);
    end
    profundidade=LN2';
else
end

if resolucao==0.25 & epoca==16 %Verão com 1/4 °
    % % % Criar matriz apenas com os valores de salinidade
    % e Temperatura
    Mat_Sal=csvread('woa18_decav_s15mn04.csv',2,2);
    Mat_Temp=csvread('woa18_decav_t15mn04.csv',2,2);
    % % % Criar array com as longitudes e latitudes
    Arr_Sal_Lat=csvread('woa18_decav_s15mn04.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Sal)+1,0]);
    Arr_Sal_Long=csvread('woa18_decav_s15mn04.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Sal)+1,1]);
    Arr_Temp_Lat=csvread('woa18_decav_t15mn04.csv',2,0,...
        [2,0,length(Mat_Temp)+1,0]);
    Arr_Temp_Long=csvread('woa18_decav_t15mn04.csv',2,1,...
        [2,1,length(Mat_Temp)+1,1]);
    % % % Criar array com os valores das profundidades contidas no

```

```

% ficheiro
% % % Vai apenas usar-se um dos ficheiros T/S porque ambos
% estao para estão para os mesmos valores
d=importdata('woa18_decav_s15mn04.csv');
number=numel(d);
Linhas_numericas=d.data;
LN=Linhas_numericas(1,:);
LN2(1,1)=0;
a_lat=numel(LN);
for i=1:a_lat
    LN2(1,i+1)=LN(i);
end
profundidade=LN2';
else
end

if resolucao==1 & epoca==17 %Outono com 1°
% % % Criar matriz apenas com os valores de Salinidade
% e Temperatura
Mat_Sal=csvread('woa18_decav_s16mn01.csv',2,2);
Mat_Temp=csvread('woa18_decav_t16mn01.csv',2,2);
% % % Criar array com as longitudes e latitudes
Arr_Sal_Lat=csvread('woa18_decav_s16mn01.csv',2,0,...
    [2,0,length(Mat_Sal)+1,0]);
Arr_Sal_Long=csvread('woa18_decav_s16mn01.csv',2,1,...
    [2,1,length(Mat_Sal)+1,1]);
Arr_Temp_Lat=csvread('woa18_decav_t16mn01.csv',2,0,...
    [2,0,length(Mat_Temp)+1,0]);
Arr_Temp_Long=csvread('woa18_decav_t16mn01.csv',2,1,...
    [2,1,length(Mat_Temp)+1,1]);
% % % Criar array com os valores das profundidades contidas no
% ficheiro
% % % Vai apenas usar-se um dos ficheiros T/S porque ambos
% estao para estão para os mesmos valores
d=importdata('woa18_decav_s16mn01.csv');
number=numel(d);
Linhas_numericas=d.data;
LN=Linhas_numericas(1,:);
LN2(1,1)=0;
a_lat=numel(LN);
for i=1:a_lat
    LN2(1,i+1)=LN(i);
end
profundidade=LN2';
else
end

if resolucao==0.25 & epoca==17 %Outono com 1/4 °
% % % Criar matriz apenas com os valores de Salinidade
% e Temperatura
Mat_Sal=csvread('woa18_decav_s16mn04.csv',2,2);
Mat_Temp=csvread('woa18_decav_t16mn04.csv',2,2);
% % % Criar array com as longitudes e latitudes
Arr_Sal_Lat=csvread('woa18_decav_s16mn04.csv',2,0,...
    [2,0,length(Mat_Sal)+1,0]);
Arr_Sal_Long=csvread('woa18_decav_s16mn04.csv',2,1,...

```



```

Mat_Temp(Mat_Temp==0)=NaN;

% % % Encontrar os índices de Temperatura / Salinidade que estão dentro
% da área selecionada

% % % Cria array com os índices que correspondem as condições impostas
Ind_Sal=find((Arr_Sal_Lat>=lat_inf)&(Arr_Sal_Lat<=lat_sup)&...
    (Arr_Sal_Long>=long_w)&(Arr_Sal_Long<=long_e));
Ind_Temp=find((Arr_Temp_Lat>=lat_inf)&(Arr_Temp_Lat<=lat_sup)&...
    (Arr_Temp_Long>=long_w)&(Arr_Temp_Long<=long_e));

% % % Criar índice onde o vector da profundidades equivale ao nível sem
% movimento
Ind_SM=find(profundidade==Niv_s_mov);

% % % Procurar o índice da imersão escolhida para os gráficos
IND_IMER=find(imersao==profundidade);

% % % Criar matriz para com os valores de T e S que estão dentro da area e
% arrays para lat e long correspondentes
Mat_Sal_Area=Mat_Sal(Ind_Sal,:);
LAT_Area_Sal=Arr_Sal_Lat(Ind_Sal);
LONG_Area_Sal=Arr_Sal_Long(Ind_Sal);

Mat_Temp_Area=Mat_Temp(Ind_Temp,:);
LAT_Area_Temp=Arr_Temp_Lat(Ind_Temp);
LONG_Area_Temp=Arr_Temp_Long(Ind_Temp);

% % % Estabelece índices para a malha regular
i_lat=1:(lat_sup-lat_inf)/resolucao+1;
i_long=1:(long_e-long_w)/resolucao+1;

i_ar_lat_S=(LAT_Area_Sal-lat_inf)/resolucao+1;
i_ar_long_S=(LONG_Area_Sal-long_w)/resolucao+1;
i_ar_lat_T=(LAT_Area_Temp-lat_inf)/resolucao+1;
i_ar_long_T=(LONG_Area_Temp-long_w)/resolucao+1;

% % % Saber a quantidades de profundidades
prof_tam=length(profundidade)

% % % Colocar os valores de Temperatura e Salinidade para cada imersão
for im=1:length(profundidade)
    S_K=Mat_Sal_Area(:,im);
    T_K=Mat_Temp_Area(:,im);
% % % Cria indice de malha a 3D para a área de estudo
% % % Salinidade
    for i=1:length(i_lat)
        for j=1:length(i_long)
            for n=1:length(i_ar_lat_S)
                if LAT_Area_Sal(n)==lat_inf+(i-1)*resolucao & ...
                    LONG_Area_Sal(n)==long_w+(j-1)*resolucao;

```

```

        S_aj(i,j,im)=S_K(n);
    end
end
end

%%% Temperatura
for i=1:length(i_lat)
    for j=1:length(i_long)
        for n=1:length(i_ar_lat_T)
            if LAT_Area_Temp(n)==lat_inf+(i-1)*resolucao &...
                LONG_Area_Temp(n)==long_w+(j-1)*resolucao;
                T_aj(i,j,im)=T_K(n);
            end
        end
    end
end

%%% ARRAY de imersoes
imers(1:length(i_lat),1:length(i_long),im)=profundidade(im);

% Tirar zeros e meter NaN
S_aj(S_aj==0)=NaN;
T_aj(T_aj==0)=NaN;

%%% Obrigam as duas matrizes, T_aj e S_aj, a igualarem-se quando uma ou
% outra forem NaN
for i=1:length(i_lat)
    for j=1:length(i_long)
        if isnan(S_aj(i,j,im))|isnan(T_aj(i,j,im))
            S_aj(i,j,im)=NaN;
            T_aj(i,j,im)=NaN;
            imers(i,j,im)=NaN;
        else
            end
        end
    end
end

%%% Preparar array 2D de longitudes e latitudes de grade regular para
% a resolução escolhida
for i=1:length(i_lat)
    for j=1:length(i_long)
        latitudes(i,j,im)=lat_inf+(i-1)*resolucao;
        longitudes(i,j,im)=long_w+(j-1)*resolucao;
    end
end

%%% Preparar vetor de lat e long de 1D para os graficos
lati=lat_inf+(i_lat-1)*resolucao;
longi=long_w+(i_long-1)*resolucao;

%%% Utilização das funções TEOS
% Criação de matrizes 3D para produção de gráficos dos parametros em
% estudo: temperatura, salinidades, pressão, velocidade do som e densidade

```



```

long_area=long_w:inc_long:long_e;
size(long_area);
lat_area=lat_inf:inc_lat:lat_sup;
size(lat_area);

switch get(get(handles.uibuttongroup5, 'SelectedObject'), 'Tag')
    case 'radiobutton13'

        % Perfil de posições na latitude fixa resolução de 0,5 mi / 30"
        long_fix_E=long_w:30/3600:long_e;
        lat_fix_E(1:length(long_fix_E))=lat_fixa;
        dis_km_E=0:30/3600*cosd(lat_fixa)*60*1.852:...
            (long_e-long_w)*cosd(lat_fixa)*60*1.852;
        % Perfil de posições na longitude fixa resolução de 0,5 mi / 30"
        lat_fix_N=lat_inf:30/3600:lat_sup;
        long_fix_N(1:length(lat_fix_N))=long_fixa;
        dis_km_N=0:30/3600*60*1.852:(lat_sup-lat_inf)*60*1.852;

    case 'radiobutton12'

        % Perfil de posições na latitude fixa na resolução da WOD
        %(1 ou 0,25 graus)
        long_fix_E=long_w:resolucao:long_e;
        lat_fix_E(1:length(long_fix_E))=lat_fixa;
        dis_km_E=0:resolucao*cosd(lat_fixa)*60*1.852:...
            (long_e-long_w)*cosd(lat_fixa)*60*1.852;
        % Perfil de posições na longitude fixa na resolução da WOD
        %(1 ou 0,25 graus)
        lat_fix_N=lat_inf:resolucao:lat_sup;
        long_fix_N(1:length(lat_fix_N))=long_fixa;
        dis_km_N=0:resolucao*60*1.852:(lat_sup-lat_inf)*60*1.852;

end

% Elaboração do perfil de fundo da secção de latitude fixa (de W
% para E)
% Encontra índices de longitudes e latitudes do perfil de fundo
ind_x_long_E=round((long_fix_E-min(longitude))./inc_long+1);
ind_y_lat_E=round((lat_fix_E-min(latitude))./inc_lat+1);
% Cria o perfil de profundidades ao longo do azimute e distância
for i=1:length(ind_x_long_E)
    perfil_fundo_E(i)=elevation(ind_x_long_E(i),ind_y_lat_E(i));
end

% Produção do perfil de fundo da secção de longitude fixa (de S
% para N)
% Encontra índices de longitudes e latitudes do perfil de fundo
ind_x_long_N=round((long_fix_N-min(longitude))./inc_long+1);
ind_y_lat_N=round((lat_fix_N-min(latitude))./inc_lat+1);
% Cria o perfil de profundidades ao longo do azimute e distância
for i=1:length(ind_x_long_N)
    perfil_fundo_N(i)=elevation(ind_x_long_N(i),ind_y_lat_N(i));
end

%%%

```



```

%as secções verticais

for i=1:length(i_lat)
    %% Passar matrizes 3D para 2D de modo a se poder usar as
    %% funções da TEOS
    long_cg_ns(:,:)=longitudes(i,:,:);
    lat_cg_ns(:,:)=latitudes(i,:,:);
    pres_cg_ns(:,:)=pressao(i,:,:);
    pres_cg_ns(:,1)=0; % obrigar a superfície a ter o valor zero
    sabs_cg_ns(:,:)=SAL_ABS(i,:,:);
    tcons_cg_ns(:,:)=TEMP_CONS(i,:,:);
    nsmov_cg_ns(1:length(i_long),1:length(profundidade))=Niv_s_mov;

    %% Uso das funções da TEOS
    %% Cálculo das alturas dinâmicas nas secções verticais de
    %% latitudes
    alt_din_lat=gs_w_geo_strf_dyn_height(sabs_cg_ns',...
        tcons_cg_ns',pres_cg_ns',nsmov_cg_ns');
    %% Cálculo das correntes geostróficas nas secções verticais de
    %% latitudes
    [geo_ns,lat_mid_ns,long_mid_ns]=...
        gs_w_geostrophic_velocity(alt_din_lat,long_cg_ns',...
            lat_cg_ns',pres_cg_ns');

    %% Meter valores de alturas dinâmicas em matriz 3D
    alt_din_lat_ns(:,:,i)=alt_din_lat;

    %% Estabelecer os resultados da corrente geostrófica numa
    %% matrizes 3D e substituir os sinais
    GEO_NS(:,:,i)=geo_ns(:,:);
    LAT_MID_NS(:,:,i)=lat_mid_ns(:,:);
    LONG_MID_NS(:,:,i)=long_mid_ns(:,:);

    %% Atribuir zeros aos valores que se encontram abaixo do nível
    %% sem movimento
    GEO_NS(Ind_SM+1:length(profundidade),:,i)=0;

    %% Reajustar as velocidades para os gráficos a fim de só se
    %% mostrar os valores só acima do nível sem movimento
    cg_ns(1:Ind_SM, :, i)=GEO_NS(1:Ind_SM, :, i);
end

%% % % Guardar Variáveis
save('calculos.mat','pressao','SAL_ABS','TEMP_CONS','DENS',...
    'VEL_SOM');
save('variaveis.mat','resolucao','lat_fixa','long_fixa',...
    'profundidade','Mat_Sal','Mat_Temp','Arr_Sal_Lat',...
    'Arr_Sal_Long','Arr_Temp_Lat','Arr_Temp_Long','imersao',...
    'lat_inf','lat_sup','long_w','long_e','latitudes',...
    'longitudes','T_aj','S_aj','IND_IMER','gt','gs','gd','gvs',...
    'gcg');
save('GEBCO.mat','latitude','longitude','elevation','dis_km_E',...
    'dis_km_N','perfil_fundo_E','perfil_fundo_N','long_fix_E',...

```

```

        'lat_fix_E', 'long_fix_N', 'lat_fix_N', 'long_reg', 'lat_reg', ...
        'prof_WOD', 'lat_reg', 'long_reg', 'dis_km_N', 'dis_km_N');
save('Geostrofia.mat', 'GEO_NS', 'GEO_EW', ...
     'long_mid_ns', 'long_mid_ew', 'lat_mid_ns', 'lat_mid_ew', ...
     'Ind_SM', 'LONG_MID_EW', 'LAT_MID_EW', 'LAT_MID_NS', ...
     'LONG_MID_NS');

case 2    % % % Menu de Propriedades de T, S, DEN, VS

% % % Carregar variáveis do menu 1
load calculos
load variaveis
load GEBCO

% % % Limpeza dos gráficos já existentes
cla(handles.axes1)
cla(handles.axes2)
cla(handles.axes3)
cla(handles.axes4)
cla(handles.axes5)

switch get(get(handles.uibuttongroup3, 'SelectedObject'), 'Tag')
    case 'radiobutton6'

        % % % Colocar visível o uipanel e text
        set(handles.uipanel7, 'visible', 'on');
        set(handles.text10, 'visible', 'on');

        % % % Dado aqui se ir construir perfis para uma posição
        % fixa é necessário refazer alguns cálculos, repetindo
        % alguns dos processos já efectuados no menu 1 (dados)

% % Procurar os índices dos perfis que estão nesta posição específica para
% cada uma das propriedade (temperatura e salinidade)
Ind_S_PF=find((Arr_Sal_Lat==lat_fixa)&...
              (Arr_Sal_Long==long_fixa));
Ind_T_PF=find((Arr_Temp_Lat==lat_fixa)&...
              (Arr_Temp_Long==long_fixa));

% % Produzir vectores com valores das propriedades para a posição em estudo
Vect_Sal=Mat_Sal(Ind_S_PF, :);
Vect_Temp=Mat_Temp(Ind_T_PF, :);

% % Formar array para as imersões
Arr_Imer(1:length(Vect_Temp))=profundidade...
      (1:length(Vect_Temp));

% % Obrigar os dois vectores(Vect_Sal e Vect_Temp) e array a igualarem-se
% quando um for NaN, os outros também o serem
for i=1:length(Vect_Sal)
    if isnan(Vect_Sal(i))|isnan(Vect_Temp(i))
        Vect_Sal(i)=NaN;
    end
end

```

```

        Vect_Temp(i)=NaN;
        Arr_Imer(i)=NaN;
    end
end

%% Array para Latitudes e longitudes
lat_pf(1:length(Vect_Sal))=lat_fixa;
long_pf(1:length(Vect_Sal))=long_fixa;

%% Cálculos usando funções da TEOS
pres_pf=gsw_p_from_z(-Arr_Imer,lat_fixa);
press_pf(1:length(Vect_Sal))=pres_pf(1:length(Vect_Sal));

size(Vect_Sal)
size(press_pf)
size(long_pf)
size(lat_pf)

sal_abs=gsw_SA_from_SP(Vect_Sal,press_pf,long_pf,lat_pf);
temp_cons=gsw_CT_from_t(sal_abs,Vect_Temp,press_pf);
dens=gsw_rho(sal_abs,temp_cons,press_pf);
vel_som=gsw_sound_speed(sal_abs,temp_cons,press_pf);

%% Traçar dos gráficos
% Salinidade Absoluta
axes(handles.axes4)
plot(sal_abs,-Arr_Imer)
colormap jet
xlabel('Salinidade Absoluta (g/kg)')
ylabel('Imersão (m)')
if resolucao==0.25
    title(sprintf...
        ('Salinidade Absoluta na lat. %0.3f e long. %0.3f',...
        lat_fixa,long_fixa))
else
    title(sprintf...
        ('Salinidade Absoluta na lat. %0.1f e long. %0.1f',...
        lat_fixa,long_fixa))
end

% Temperatura conservativa
axes(handles.axes1)
plot(temp_cons,-Arr_Imer)
colormap jet
xlabel('Temperatura Conservativa (°C)')
ylabel('Imersão (m)')
if resolucao==0.25
    title(sprintf...
        ('Temp. Conservativa na lat. %0.3f e long. %0.3f',...
        lat_fixa,long_fixa))
else
    title(sprintf...
        ('Temp. Conservativa na lat. %0.1f e long. %0.1f',...
        lat_fixa,long_fixa))
end
end

```

```

% Velocidade do som
axes(handles.axes3)
plot(vel_som,-Arr_Imer)
colormap jet
xlabel('Velocidade do som (m/s)')
ylabel('Imersão (m)')
if resolucao==0.25
    title(sprintf...
        ('Vel. Som na lat. %0.3f e long. %0.3f',...
        lat_fixa,long_fixa))
else
    title(sprintf...
        ('Vel. Som na lat. %0.1f e long. %0.1f',...
        lat_fixa,long_fixa))
end

% Densidade
axes(handles.axes2)
plot(dens,-Arr_Imer)
colormap jet
xlabel('Densidade (Kg/m^3)')
ylabel('Imersão (m)')
if resolucao==0.25
    title(sprintf...
        ('Densidade na lat. %0.3f e long. %0.3f',...
        lat_fixa,long_fixa))
else
    title(sprintf...
        ('Densidade na lat. %0.1f e long. %0.1f',...
        lat_fixa,long_fixa))
end

% % Batimetria
axes(handles.axes5)
contourf(long_reg,lat_reg,prof_WOD)
colorbar
title ('Mapa batimétrico da área na resolução WOD')
xlabel ('Longitudes (°)')
ylabel ('Latitudes (°)')
hold on
plot(long_fixa,lat_fixa,'o-m','Linewidth',5)

% % % Encontrar profundidade no ponto
ind_prof_lat=find(lat_reg==lat_fixa);
ind_prof_long=find(long_reg==long_fixa);
prof_ponto=prof_WOD(ind_prof_lat,ind_prof_long);
% % Mostrar resultado
set(handles.text10,'string',prof_ponto);

case 'radiobutton7' % % % Gráficos de Latitude Fixa

```

```

%%% Ocultar uipanel e text
set(handles.uipanel7,'visible','off');
set(handles.text10,'visible','off');

%%% Construir perfis para uma seções de latitude fixa

% Procurar indice de latitude fixa, dentro da area em estudo, para
% posteriormente converter os array de 3D para 2D de modo a se
% conseguir obter os perfis para seções verticais de latitude fixa
IND_LAT=int64((lat_fixa-lat_inf)*resolucao+1);

TEMP_LatF(:,:)=TEMP_CONS(IND_LAT,,:);
SAL_LatF(:,:)=SAL_ABS(IND_LAT,,:);
PRES_LatF(:,:)=pressao(IND_LAT,,:);
DENS_LatF(:,:)=DENS(IND_LAT,,:);
VEL_SOM_LatF(:,:)=VEL_SOM(IND_LAT,,:);
LAT_LatF(:,:)=latitudes(IND_LAT,,:);
LONG_LatF(:,:)=longitudes(IND_LAT,,:);

%%% Informação Gráfica
%% Delimitação dos eixos (x e y)
longi_latf=long_w:resolucao:long_e;
imerso_latf=profundidade(:);

%%% Traçar dos gráficos

% Salinidade Absoluta
axes(handles.axes4)
contourf(longi_latf,-imerso_latf,SAL_LatF',gs,...
    'ShowText','on')
colormap jet
xlabel('Longitudes')
ylabel('Imersão (m)')
hold on
plot(long_fix_E,perfil_fundo_E)
xlabel('Longitudes')
if resolucao==0.25
    title(sprintf('Salinidade Absoluta na lat. %0.3f',...
        lat_fixa))
else
    title(sprintf('Salinidade Absoluta na lat. %0.1f',...
        lat_fixa))
end

% Temperatura conservativa
axes(handles.axes1)
contourf(longi_latf,-imerso_latf,TEMP_LatF',gt,...
    'ShowText','on')
colormap jet
xlabel('Longitudes')
ylabel('Imersão (m)')
hold on
plot(long_fix_E,perfil_fundo_E)
if resolucao==0.25
    title(sprintf...
        ('Temperatura Conservativa na lat. %0.3f' ,lat_fixa))

```

```

else
    title(sprintf...
        ('Temperatura Conservativa na lat. %0.1f',lat_fixa))
end

% Velocidade do som
axes(handles.axes3)
contourf(longi_latf,-imerso_latf,VEL_SOM_LatF',gvs,...
    'ShowText','on')
colormap jet
xlabel('Longitudes')
ylabel('Imersão (m)')
hold on
plot(long_fix_E,perfil_fundo_E)
if resolucao==0.25
    title(sprintf('Velocidade do som na lat. %0.3f',...
        lat_fixa))
else
    title(sprintf...
        ('Velocidade do Som na lat. %0.1f',lat_fixa))
end

% Densidade
axes(handles.axes2)
contourf(longi_latf,-imerso_latf,DENS_LatF',gd,...
    'ShowText','on')
colormap jet
xlabel('Longitudes')
ylabel('Imersão (m)')
hold on
plot(long_fix_E,perfil_fundo_E)
if resolucao==0.25
    title(sprintf('Densidade na lat. %0.3f' ,lat_fixa))
else
    title(sprintf('Densidade na lat. %0.1f',lat_fixa))
end

% % Batimetria
axes(handles.axes5)
contourf(long_reg,lat_reg,prof_WOD)
title ('Mapa batimétrico da área na resolução WOD')
xlabel ('Longitudes (°)')
ylabel ('Latitudes (°)')
colorbar
hold on
plot(long_fix_E,lat_fix_E,'r.-','Linewidth',4)
plot(long_fix_E(1),lat_fix_E(1),'o-r','Linewidth',4)

save('ind_lat.mat','IND_LAT');

case 'radiobutton8' % % Gráficos de Longitude Fixa

% % Ocultar uipanel e text
set(handles.uipanel7,'visible','off');

```

```

set(handles.text10,'visible','off');

% % % % Construir perfis para uma seções de longitude fixa

% Procurar indice de longitude fixa, dentro da area em
% estudo, para posteriormente converter os array de 3D
% para 2D de modo a se conseguir obter os perfis para
% seções verticais de longitude fixa
IND_LONG=int64((long_fixa-long_w)*resolucao+1);

TEMP_LongF(:,:)=TEMP_CONS(:,IND_LONG,:);
SAL_LongF(:,:)=SAL_ABS(:,IND_LONG,:);
PRES_LongF(:,:)=pressao(:,IND_LONG,:);
DENS_LongF(:,:)=DENS(:,IND_LONG,:);
VEL_SOM_LongF(:,:)=VEL_SOM(:,IND_LONG,:);
LAT_LongF(:,:)=latitudes(:,IND_LONG,:);
LONG_LongF(:,:)=longitudes(:,IND_LONG,:);

% % % % Informação Gráfica
% % Delimitação dos eixos (x e y)
lati_longf=lat_inf:resolucao:lat_sup;
imerso_longf=profundidade(:);

% % % % Traçar dos gráficos
% Salinidade Absoluta
axes(handles.axes4)
contourf(lati_longf,-imerso_longf,SAL_LongF',gs,...
    'ShowText','on')
colormap jet
xlabel('Latitudes')
ylabel('Imersão (m)')
hold on
plot(lat_fix_N,perfil_fundo_N)
if resolucao==0.25
    title(sprintf('Salinidade Absoluta na long. %0.3f',...
        long_fixa))
else
    title(sprintf('Salinidade Absoluta na long. %0.1f',...
        long_fixa))
end

% Temperatura conservativa
axes(handles.axes1)
contourf(lati_longf,-imerso_longf,TEMP_LongF',gt,...
    'ShowText','on')
colormap jet
xlabel('Latitudes')
ylabel('Imersão (m)')
hold on
plot(lat_fix_N,perfil_fundo_N)
if resolucao==0.25
    title(sprintf...
        ('Temperatura Conservativa na long. %0.3f' ,long_fixa))
else
    title(sprintf...
        ('Temperatura Conservativa na long. %0.1f',long_fixa))

```

```

end

% Velocidade do som
axes(handles.axes3)
contourf(lati_longf,-imerso_longf,VEL_SOM_LongF',gvs,...
        'ShowText','on')
colormap jet
xlabel('Latitudes')
ylabel('Imersão (m)')
hold on
plot(lat_fix_N,perfil_fundo_N)
if resolucao==0.25
    title(sprintf...
        ('velocidade do Som na long. %0.3f' ,long_fixa))
else
    title(sprintf...
        ('velocidade do Som na long. %0.1f',long_fixa))
end

% Densidade
axes(handles.axes2)
contourf(lati_longf,-imerso_longf,DENS_LongF',gd,...
        'ShowText','on')
colormap jet
xlabel('Latitudes')
ylabel('Imersão (m)')
hold on
plot(lat_fix_N,perfil_fundo_N)
if resolucao==0.25
    title(sprintf('Densidade na long. %0.3f' ,long_fixa))
else
    title(sprintf('Densidade na long. %0.1f',long_fixa))
end

% % Batimetria
axes(handles.axes5)
contourf(long_reg,lat_reg,prof_WOD)
title ('Mapa batimétrico da área na resolução WOD')
xlabel ('Longitudes (°)')
ylabel ('Latitudes (°)')
colorbar
hold on
plot(long_fix_N,lat_fix_N,'g.-','Linewidth',4)
plot(long_fix_N(1),lat_fix_N(1),'o-g','Linewidth',4)

save('ind_long.mat','IND_LONG');

case 'radiobutton9' % % % Gráficos de Imersão Fixa

% % % Ocultar uipanel e text
set(handles.uipanel7,'visible','off');
set(handles.text10,'visible','off');

% % % % Construir perfis para uma seções de imersão fixa

```

```

% Vai buscar o indice de imersão fixa, dentro da area em
% estudo, para posteriormente converter os array de 3D
% para 2D de modo a se conseguir obter os perfis para
% seções hotizontais de imersão fixa

TEMP_ImeF(:, :)=TEMP_CONS(:, :, IND_IMER);
SAL_ImeF(:, :)=SAL_ABS(:, :, IND_IMER);
PRES_ImeF(:, :)=pressao(:, :, IND_IMER);
DENS_ImeF(:, :)=DENS(:, :, IND_IMER);
VEL_SOM_ImeF(:, :)=VEL_SOM(:, :, IND_IMER);
LAT_ImeF(:, :)=latitudes(:, :, IND_IMER);
LONG_ImeF(:, :)=longitudes(:, :, IND_IMER);

%%% Informação Gráfica
%% Delimitação dos eixos (x e y)
lati_imerf=lat_inf:resolucao:lat_sup;
longi_imerf=long_w:resolucao:long_e;

%%% Traçar dos gráficos
% Salinidade Absoluta
axes(handles.axes4)
contourf(longi_imerf,lati_imerf,SAL_ImeF,gs,...
    'ShowText','on')
colormap jet
xlabel('Longitudes')
ylabel('Latitudes')
title(sprintf('Salinidade Absoluta na imersão %0.0f m',...
    imersao))

% Temperatura Conservativa
axes(handles.axes1)
contourf(longi_imerf,lati_imerf,TEMP_ImeF,gt,...
    'ShowText','on')
colormap jet
xlabel('Longitudes')
ylabel('Latitudes')
title(sprintf...
    ('Temperatura Conservativa na imersão %0.0f m' ,imersao))

% velocidade do Som
axes(handles.axes3)
contourf(longi_imerf,lati_imerf,VEL_SOM_ImeF,gvs,...
    'ShowText','on')
colormap jet
xlabel('Longitudes')
ylabel('Latitudes')
title(sprintf...
    ('Velocidade do Som na imersão %0.0f m' ,imersao))

% Densidade
axes(handles.axes2)
contourf(longi_imerf,lati_imerf,DENS_ImeF,gd,...
    'ShowText','on')
colormap jet
xlabel('Longitudes')
ylabel('Latitudes')

```

```

title(sprintf('Densidade na imersão %0.0f m' ,imersao))

% % Batimetria
axes(handles.axes5)
contourf(long_reg,lat_reg,prof_WOD)
colorbar
title ('Mapa batimétrico da área na resolução WOD')
xlabel ('Longitudes (°)')
ylabel ('Latitudes (°)')
end

case 3 % % % Menu Geostrofia
% % % Carregar variáveis do menu 1
load variaveis
load Geostrofia
load GEBCO

% % % Limpeza dos gráficos já existentes
cla(handles.axes6)
cla(handles.axes7)
cla(handles.axes8)
cla(handles.axes9)

switch get(get(handles.uibuttongroup4,'SelectedObject'),'Tag')

    case 'radiobutton10' % % Geostrofia Horizontal

        % Ocultar variáveis
        legend(handles.axes8,'off');
        colorbar(handles.axes9,'off');

        % % % Alinhar das matrizes para o gráfico de
        % corrente E-W
        GEO_EW_H(IND_IMER, :, :) = GEO_EW(IND_IMER, :, :);

        % Achar valor mínimo e máximo para cada eixo
        x_max_ew = max(max(LONG_MID_EW(IND_IMER, :, :)));
        x_min_ew = min(min(LONG_MID_EW(IND_IMER, :, :)));
        y_max_ew = max(max(LAT_MID_EW(IND_IMER, :, :)));
        y_min_ew = min(min(LAT_MID_EW(IND_IMER, :, :)));
        % Definir os eixos
        eixo_x_ew = [x_min_ew:resolucao:x_max_ew];
        eixo_y_ew = [y_min_ew:resolucao:y_max_ew];

        % % % Alinhar das matrizes para o gráfico de
        % corrente N-S
        GEO_NS_H(IND_IMER, :, :) = GEO_NS(IND_IMER, :, :);
        % Achar valor mínimo e máximo para cada eixo
        x_max_ns = max(max(LONG_MID_NS(IND_IMER, :, :)));
        x_min_ns = min(min(LONG_MID_NS(IND_IMER, :, :)));
        y_max_ns = max(max(LAT_MID_NS(IND_IMER, :, :)));
        y_min_ns = min(min(LAT_MID_NS(IND_IMER, :, :)));
        % Definir os eixos
        eixo_x_ns = [x_min_ns:resolucao:x_max_ns];
        eixo_y_ns = [y_min_ns:resolucao:y_max_ns];
    
```

```

%% % Traçar Gráficos
%% % Batimetria
axes(handles.axes9)
contourf(long_reg,lat_reg,prof_WOD)
colorbar
title ('Mapa batimétrico da área na resolução WOD')
xlabel ('Longitudes (°)')
ylabel ('Latitudes (°)')

%% Componente E-W
axes(handles.axes7)
CG_EW(:,:)=GEO_EW_H(IND_IMER,,:);
graf_hori=...
contourf(eixo_x_ew,eixo_y_ew,CG_EW(:,:),gcg,'ShowText','on');
colormap jet
xlabel('Longitudes (°)')
ylabel('Latitudes (°)')
title(sprintf...
('Componente E-W da Corr. Geo. (m/s) na imersão %0.0f m',...
profundidade(IND_IMER)))

%% Componente N-S
axes(handles.axes8)
CG_NS(:,:)=GEO_NS_H(IND_IMER,,:);
graf_hor=...
contourf(eixo_x_ns,eixo_y_ns,CG_NS(:,:),'gcg','ShowText','on');
colormap jet
xlabel('Longitudes (°)')
ylabel('Latitudes (°)')
title(sprintf...
('Componente N-S da Corr. Geo. (m/s) na imersão %0.0f m',...
profundidade(IND_IMER)))

%% Gráfico Vectorial
axes(handles.axes6)
[EW_l,EW_c]=size(CG_EW);
[NS_l,NS_c]=size(CG_NS);
graf_vect=quiver(eixo_x_ew(1,1:length(eixo_x_ew)-1),...
eixo_y_ew',CG_EW(:,1:EW_c-1),CG_NS(:,1:NS_c-1)',...
3);
colormap jet
xlabel('Longitudes (°)')
ylabel('Latitudes (°)')
title(sprintf...
('Vetores da Corr. Geo. na imersão %0.0f m',...
profundidade(IND_IMER)))
axis([x_min_ew x_max_ew y_min_ew y_max_ew])

case 'radiobutton11' %% Geostrofia Vertical

%% % Ira ser utilizado o mesmo processo que foi utilizado
%% para a construção dos perfis verticais representados no
%% Menu 1 (Propriedades_T_S_VS_DEN)

```

```

load ind_lat
load ind_long

% Ocultar variáveis
legend(handles.axes8,'off');
colorbar(handles.axes9,'off');

% % Secção vertical de Longitude e Longitude Fixa

% Passar os arrays de 3D para 2D
geo_ns_latf(:,:)=GEO_NS(:,:,IND_LAT);
long_ns_latf(:,:)=LONG_MID_NS(:,:,IND_LAT);
lat_ns_latf(:,:)=LAT_MID_NS(:,:,IND_LAT);
geo_ew_longf(:,:)=GEO_EW(:,:,IND_LONG);
lat_ew_longf(:,:)=LAT_MID_EW(:,:,IND_LONG);
long_ew_longf(:,:)=LONG_MID_EW(:,:,IND_LONG);

% Retirar a parte de nível sem movimento
ns_latf(1:Ind_SM,:)=geo_ns_latf(1:Ind_SM,:);
ew_longf(1:Ind_SM,:)=geo_ew_longf(1:Ind_SM,:);

% Moldar Eixos para Gráficos Geostroficos
eixo_ns_x=long_ns_latf(1,:);
eixo_y=profundidade(1:Ind_SM);
eixo_ew_x=lat_ew_longf(1,:);

% % Traçar Gráficos
% Batimetria
axes(handles.axes9)
contourf(long_reg,lat_reg,prof_WOD)
colorbar
title('Mapa batimétrico da área na resolução WOD')
xlabel('Longitudes (°)')
ylabel('Latitudes (°)')
hold on
plot(long_fix_E,lat_fix_E,'r.-','Linewidth',4)
plot(long_fix_E(1),lat_fix_E(1),'o-r','Linewidth',4)
plot(long_fix_N,lat_fix_N,'g.-','Linewidth',4)
plot(long_fix_N(1),lat_fix_N(1),'o-g','Linewidth',4)

% Componente N-S
axes(handles.axes7)
graf=contourf(eixo_ns_x,-eixo_y,ns_latf,gcg,...
    'ShowText','on');
colormap jet
xlabel('Longitude (°)')
ylabel('Imersões (m)')
if resolucao==0.25
    title(sprintf...
('Componente N-S da Corrente Geostrofica (m/s) na lat. %0.3f',...
lat_fixa))
else
    title(sprintf...
('Componente N-S da Corrente Geostrofica (m/s) na lat. %0.1f',...
lat_fixa))

```

```

end

% Componente W-E
axes(handles.axes6)
graf=contourf(eixo_ew_x,-eixo_y,ew_longf,gcg,...
    'ShowText','on');
colormap jet
xlabel('Latitudes (°)')
ylabel('Imersões (m)')
if resolucao==0.25
    title(sprintf...
('Compomente W-E da Corrente Geostrofica (m/s) na long. %0.3f',...
long_fixa))
else
    title(sprintf...
('Compomente W-E da Corrente Geostrofica (m/s) na long. %0.1f',...
long_fixa))
end

%Perfil Batimetrico nas respectivas componentes (N-S e E-W)
axes(handles.axes8)
plot(dis_km_E,perfil_fundo_E,'r','Linewidth',2)
hold on
plot(dis_km_N,perfil_fundo_N,'g','Linewidth',2)
hold off
xlabel('Distância (km)')
ylabel('Profundidades (m)')
legend({'Per. Bat. Comp N-S','Per. Bat. Comp W-E'},...
    'Location','southoutside')
if resolucao==0.25
    title(sprintf...
('Per. Bat. nas respectivas Comp. partindo da lat. %0.3f e long. %0.3f',...
lat_fixa,long_fixa))
else
    title(sprintf...
('Per. Bat. nas respectivas Comp. partindo da lat. %0.1f e long. %0.1f',...
lat_fixa,long_fixa))
end

end

end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function axes14_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

axes(hObject)

imshow('Planisferio.jpg')

% --- Executes on button press in pushbutton2.
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
open('Manual de Utilização de ferramenta climatologia.pdf')

```

Apêndice D – Resultados de perfis verticais num ponto

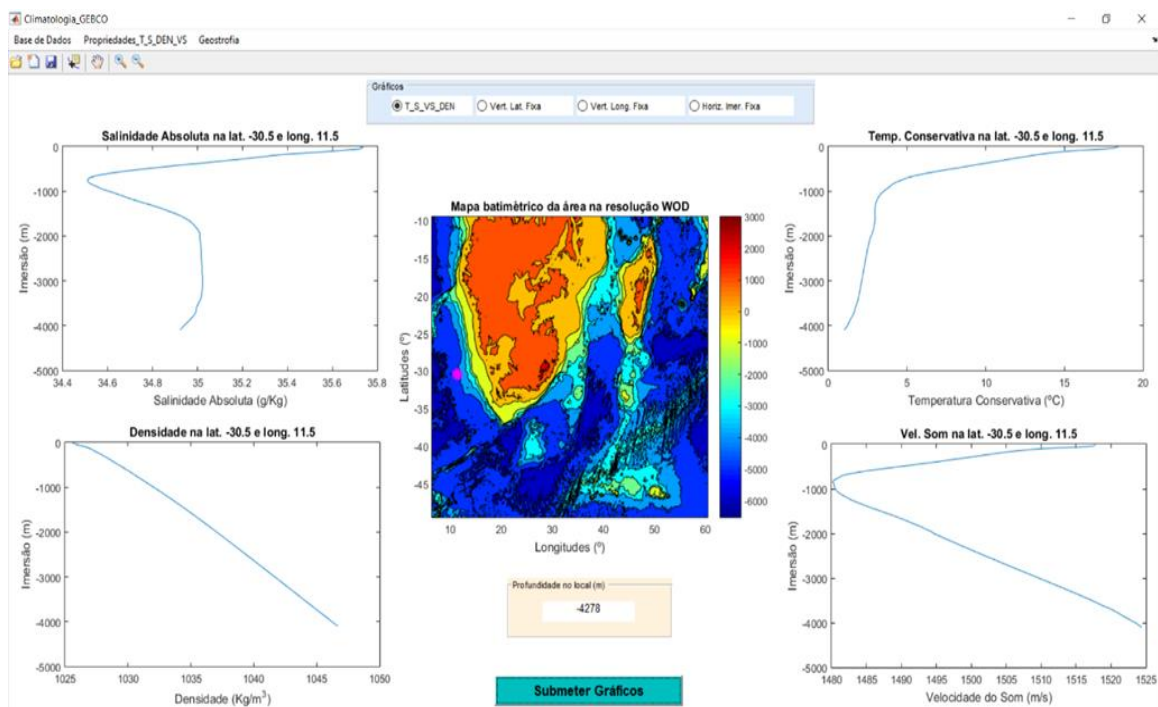


Figura 1 - Resultados gráficos dos perfis verticais de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para o ponto A (30,5° S e 11,5° E).

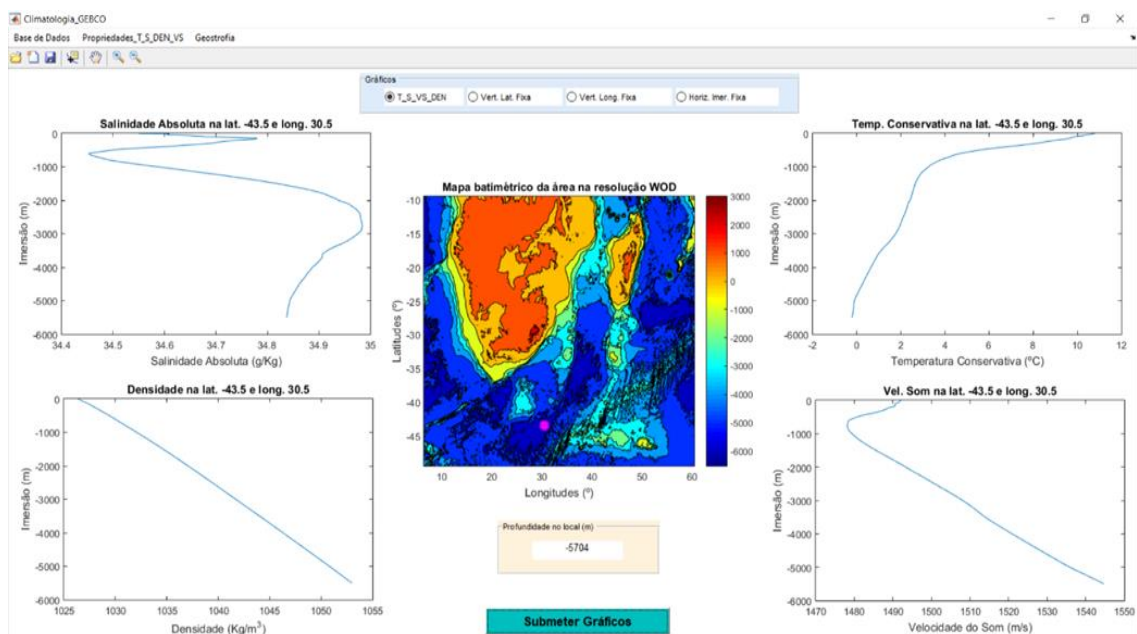


Figura 2 - Resultados gráficos dos perfis verticais de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para o ponto B (43,5° S e 30,5° E).

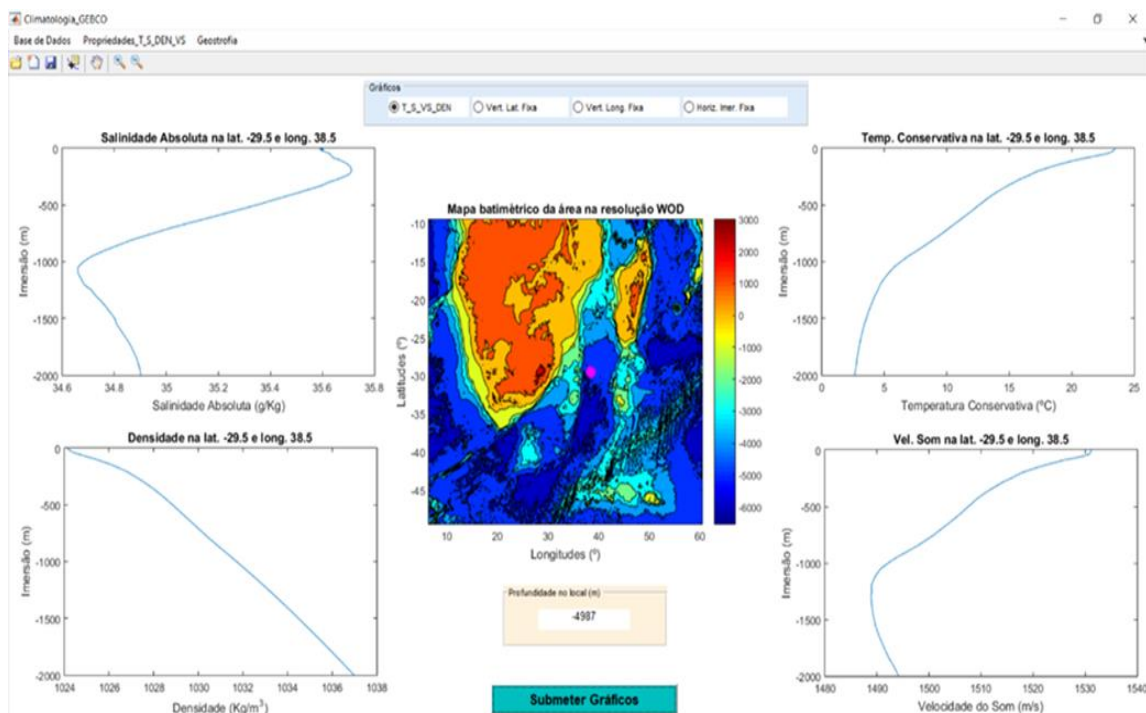


Figura 3 - Resultados gráficos dos perfis verticais de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para o ponto C (29,5° S e 38,5° E).

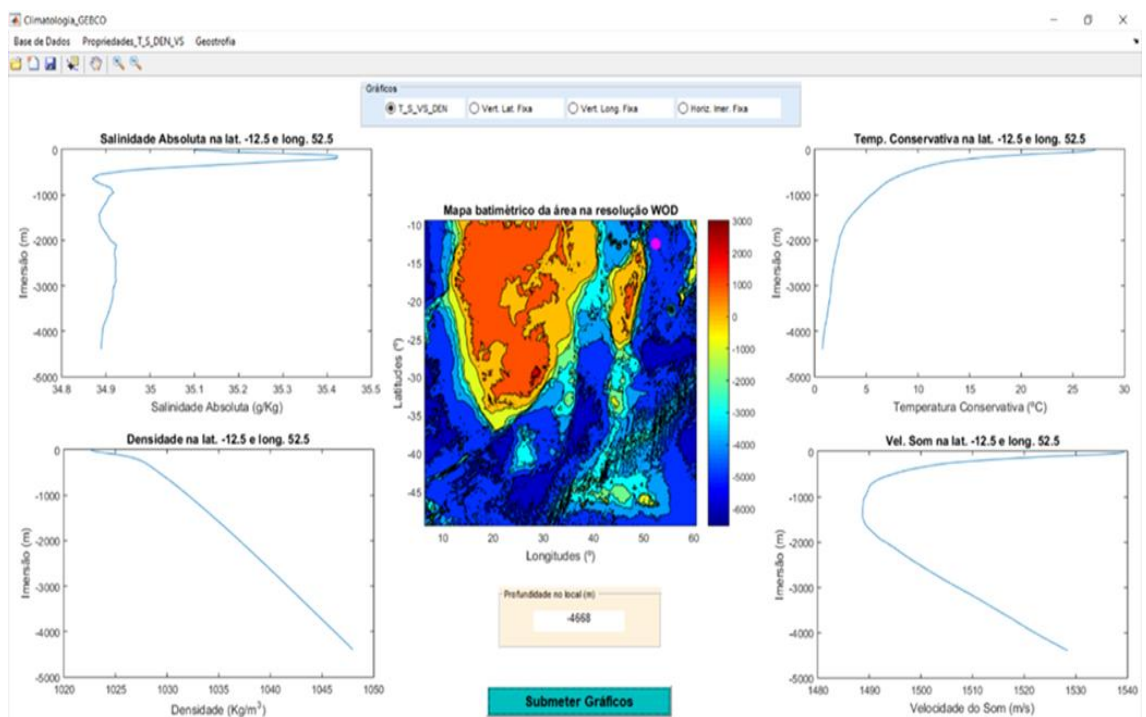


Figura 4 - Resultados gráficos dos perfis verticais de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para o ponto D (12,5° S e 52,5° E).

Apêndice E – Resultados das secções horizontais por imersão fixa

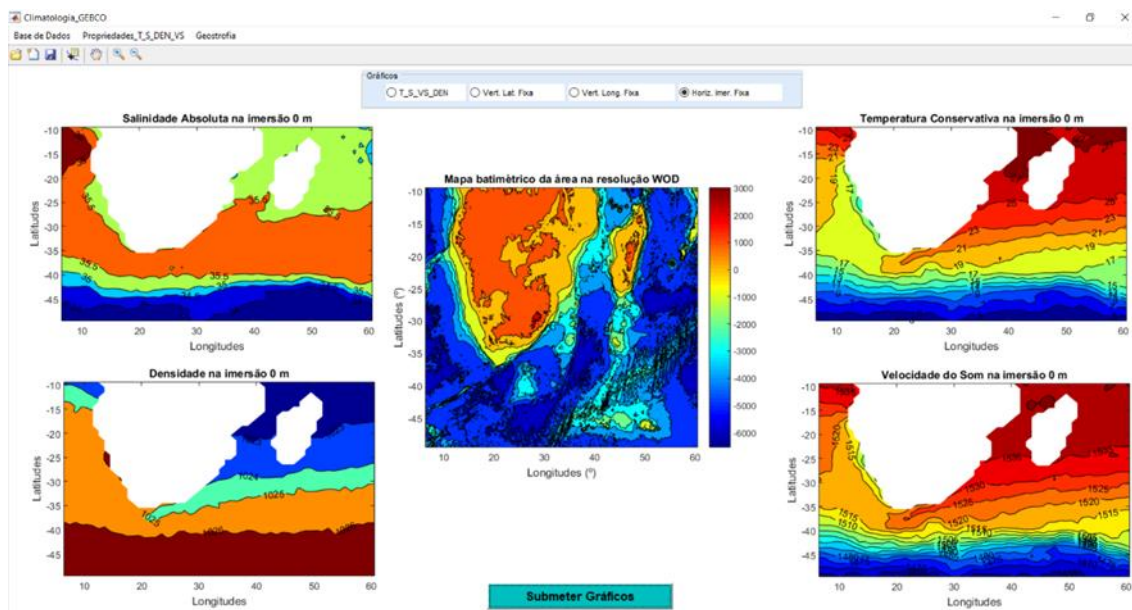


Figura 1 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para à superfície (imersão de 0 m). Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s.

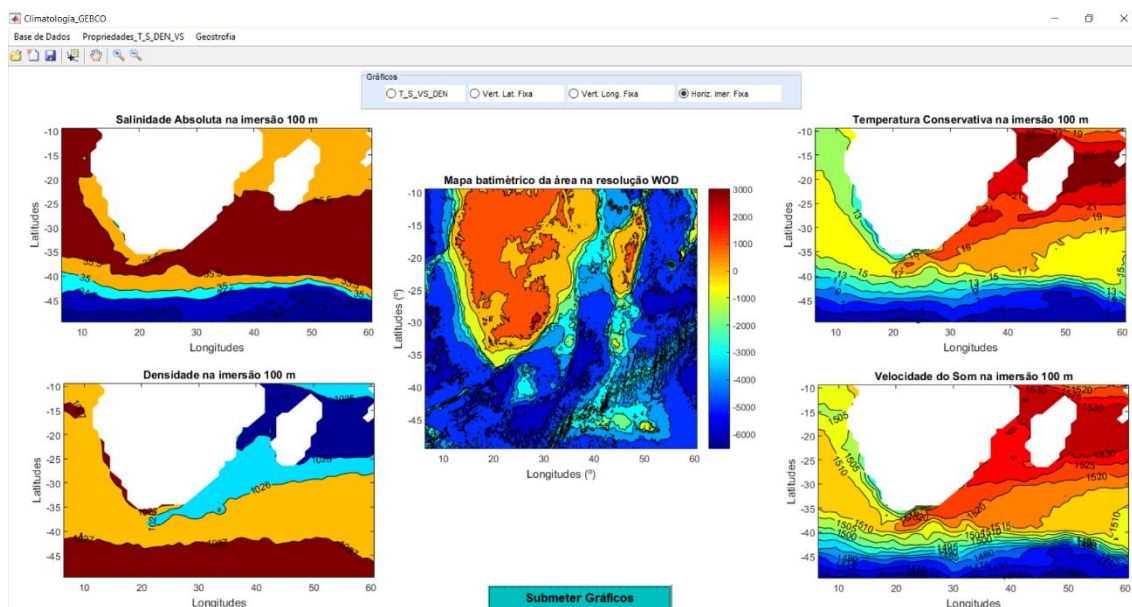


Figura 2 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a imersão dos 100 m. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s.

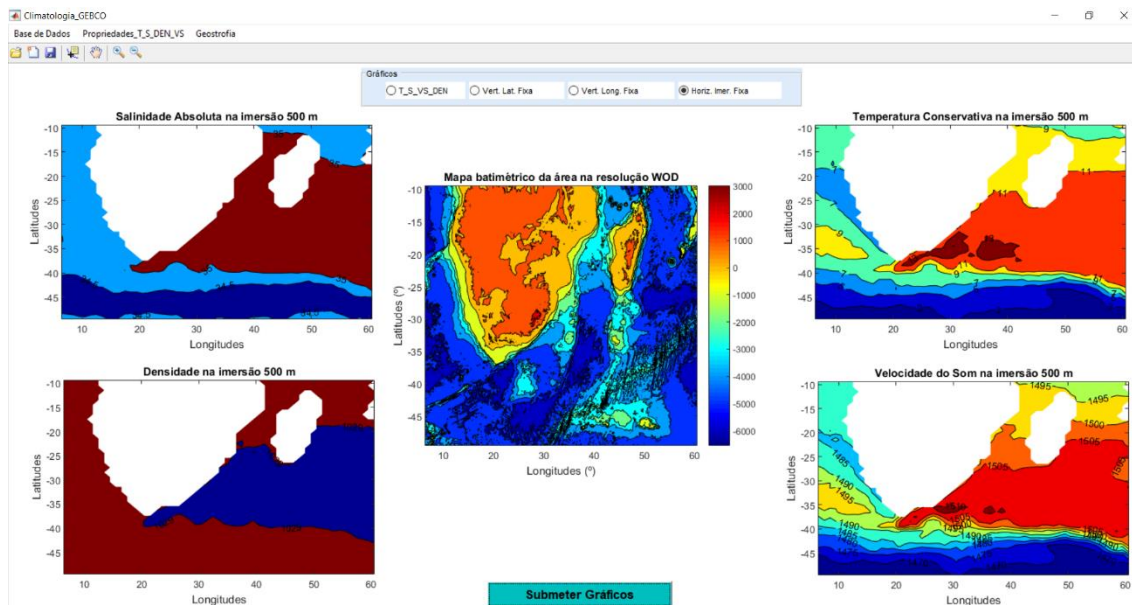


Figura 3 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a imersão dos 500 m Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s.

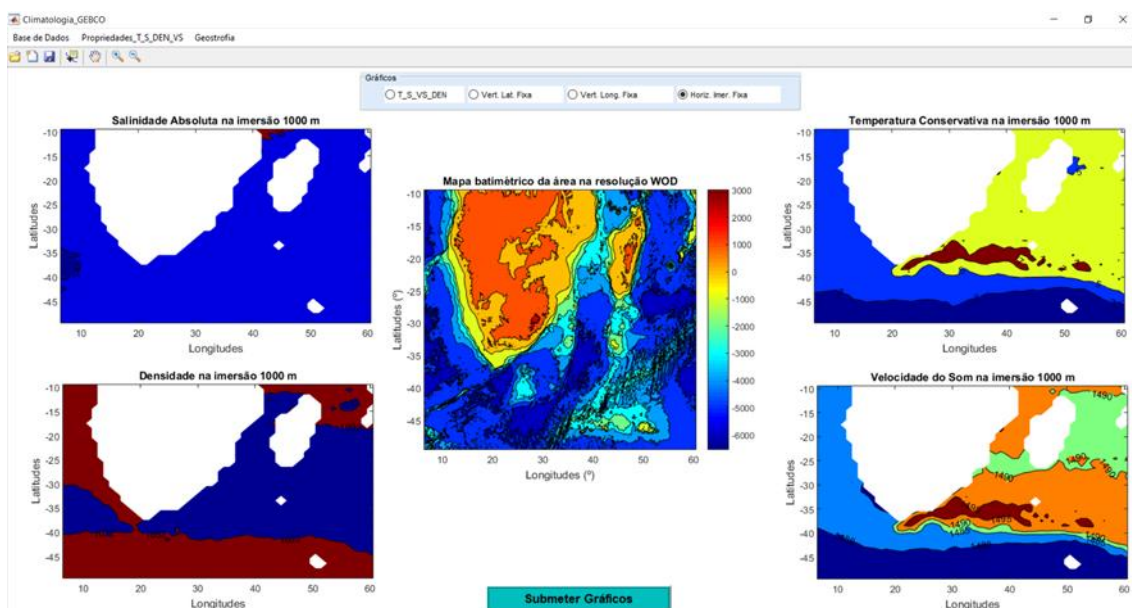


Figura 4 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a imersão dos 1.000 m Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s.

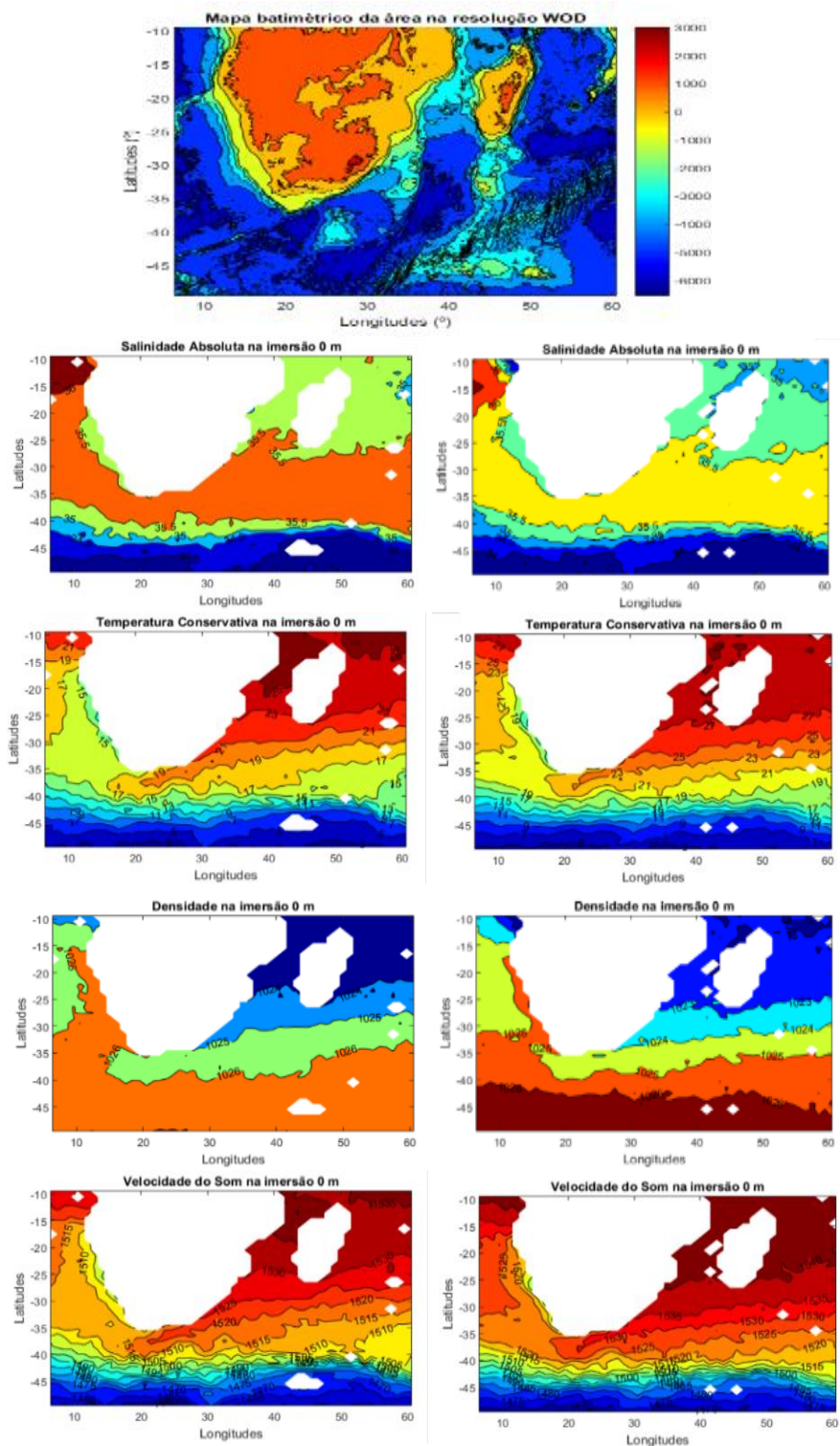


Figura 5 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas ($^{\circ}\text{C}$), de densidades (kg/m^3), de velocidades do som (m/s), com valores médios sazonais, na resolução de 1° , à superfície, no inverno local (lado direito) e verão local (lado esquerdo). Contornos a intervalos de: $0,5 \text{ g}/\text{kg}$, 2°C , $1 \text{ kg}/\text{m}^3$ e $5 \text{ m}/\text{s}$.

Apêndice F – Resultados das secções verticais de latitude fixa

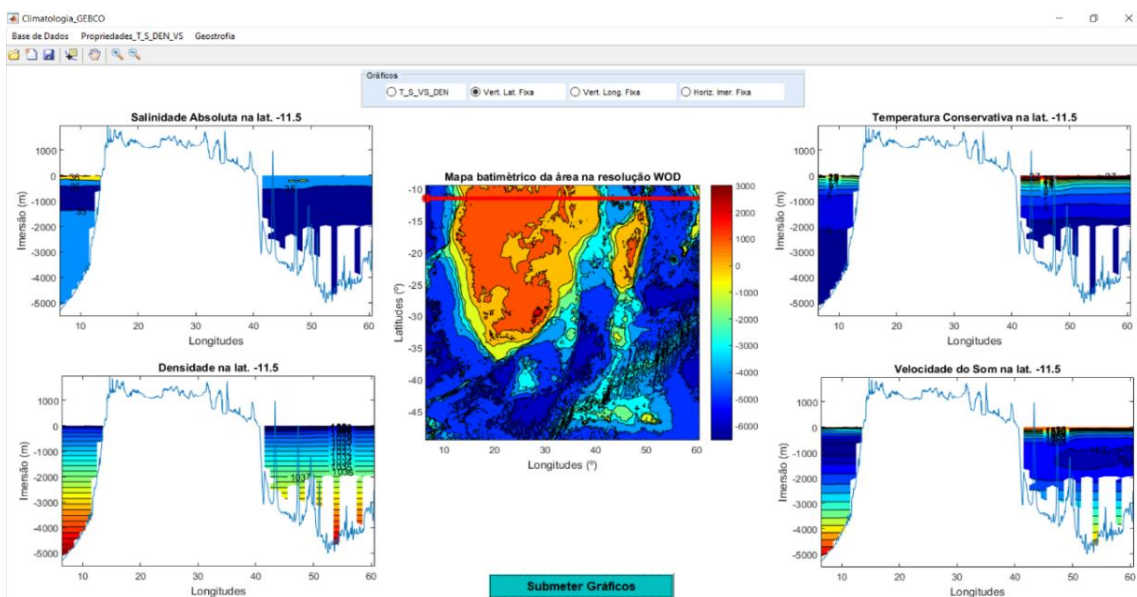


Figura 1 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a secção vertical de latitude fixa de 11,5° S. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s.

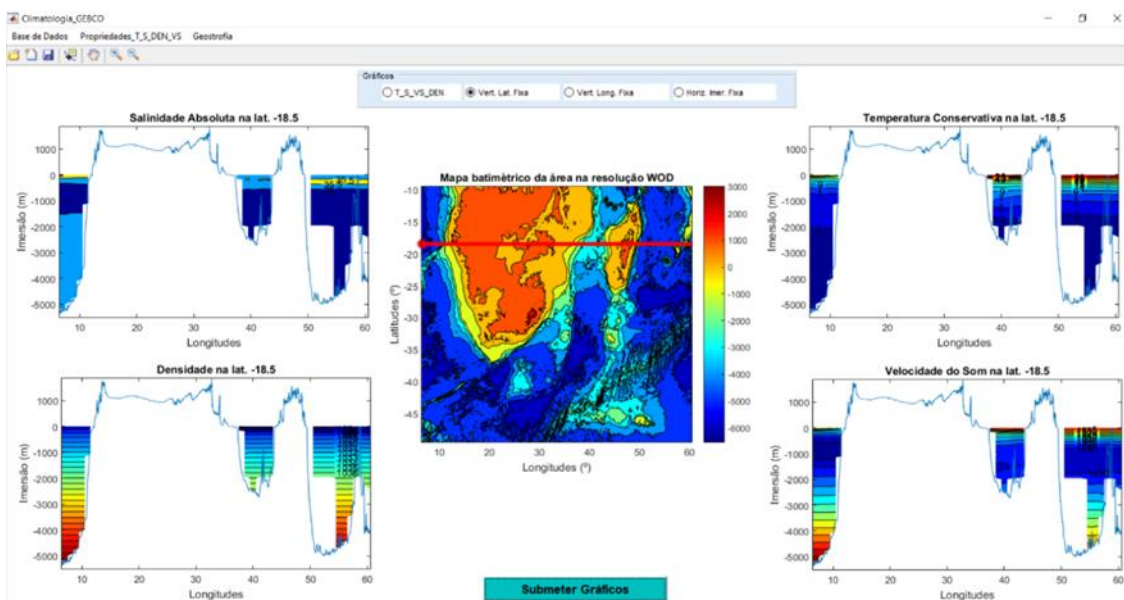


Figura 2 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a secção vertical de latitude fixa de 18,5° S. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s.

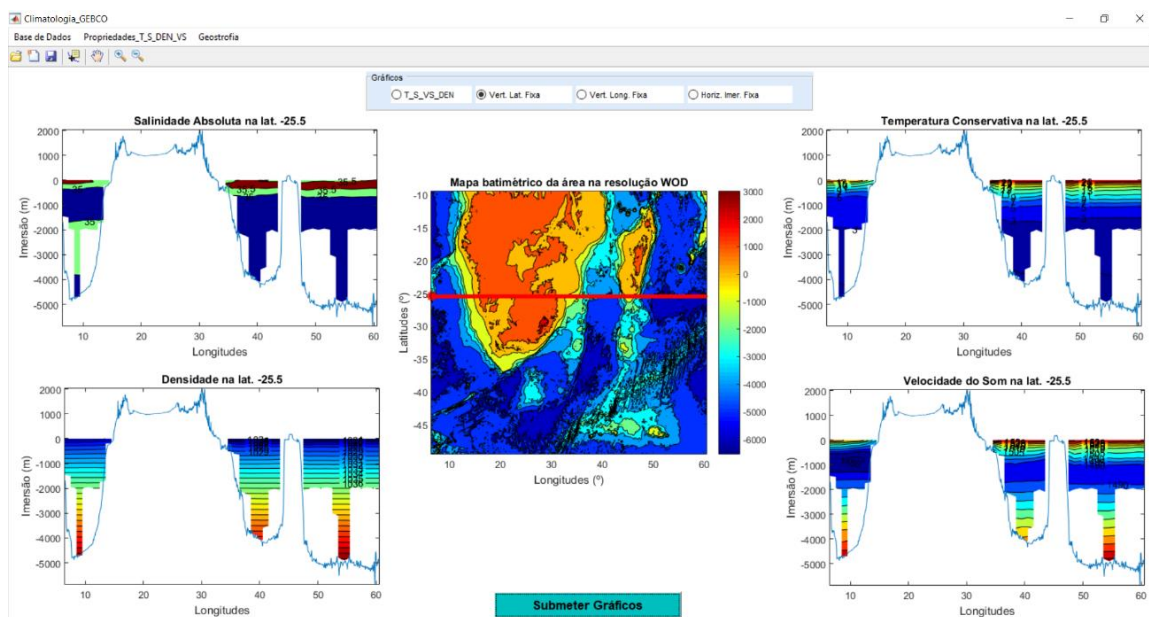


Figura 3 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a secção vertical de latitude fixa de 22,5° S. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s.

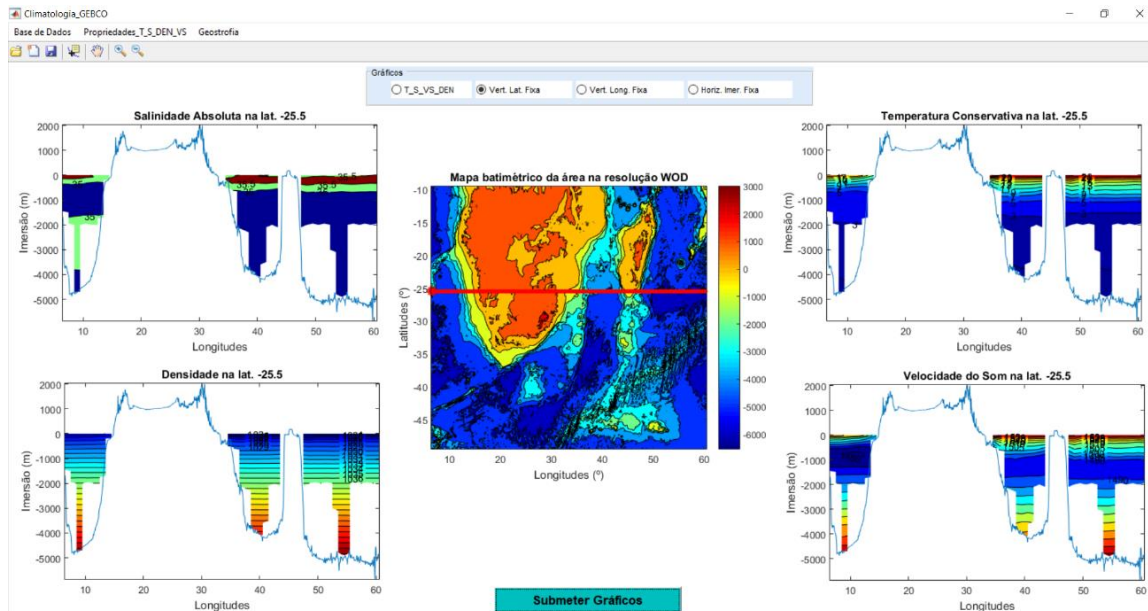


Figura 4 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a secção vertical de latitude fixa de 25,5° S. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s.

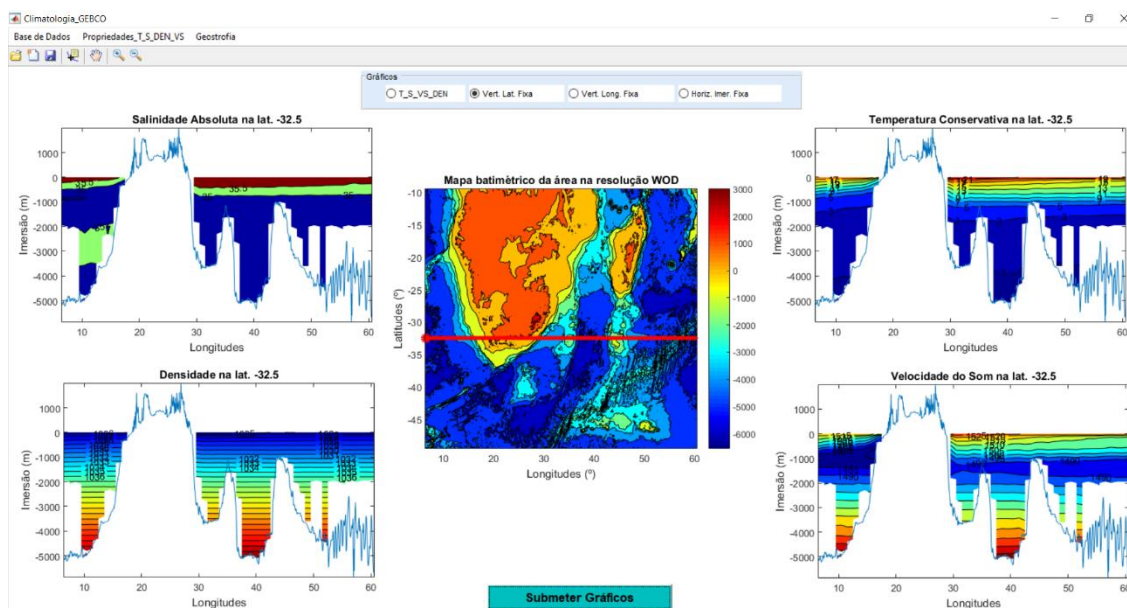


Figura 5 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a secção vertical de latitude fixa de 32,5° S. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s.

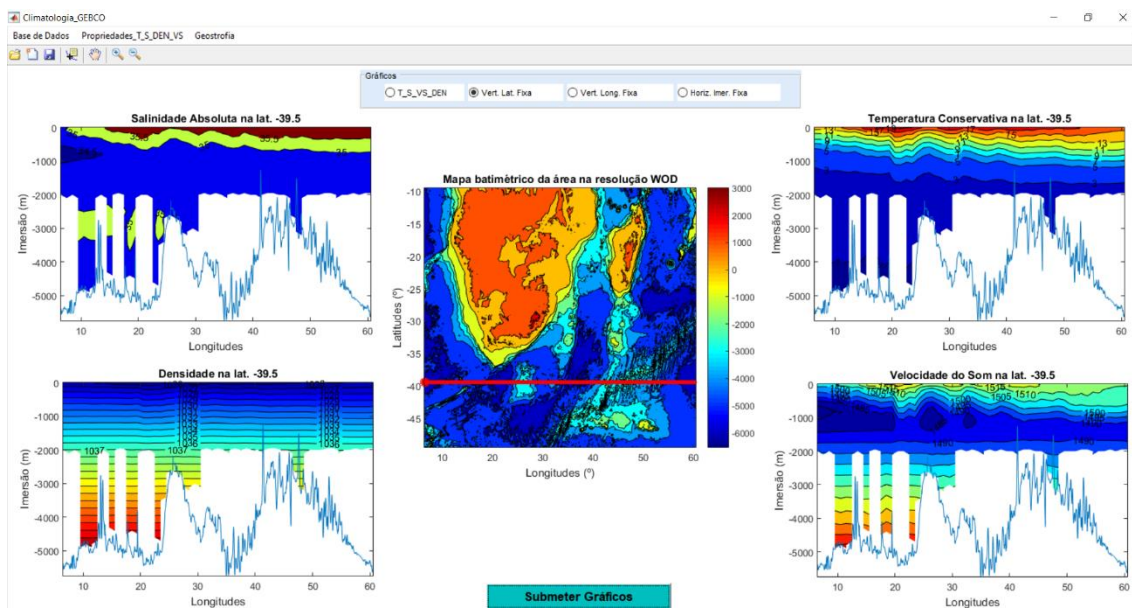


Figura 6 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a secção vertical de latitude fixa de 39,5° S. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s.

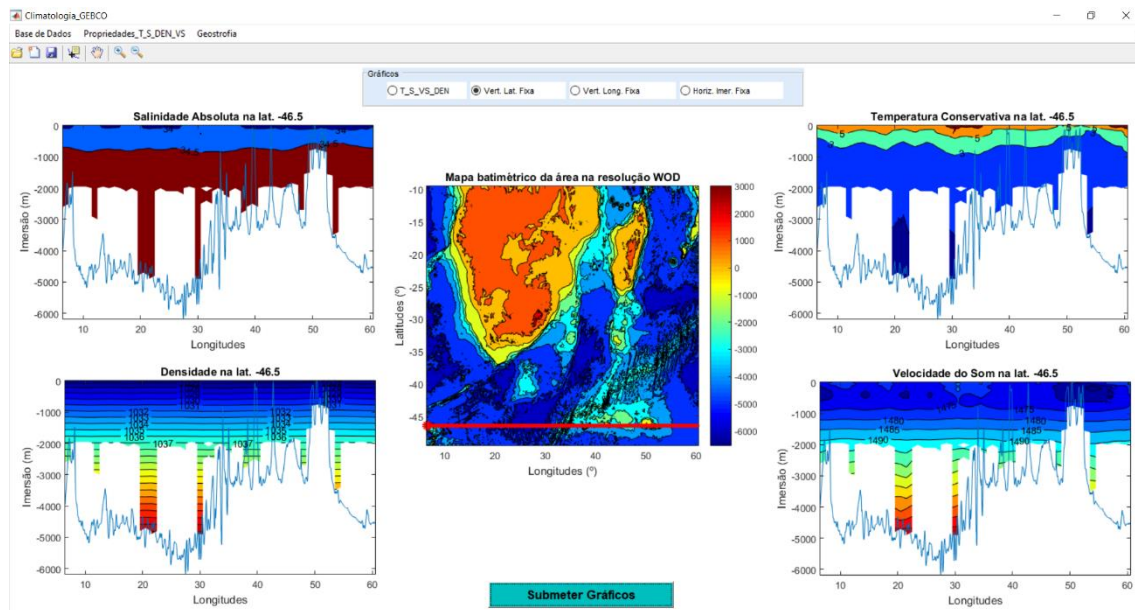


Figura 7 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a secção vertical de latitude fixa de 46,5° S. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s.

Apêndice G – Resultados das secções verticais de longitude fixa

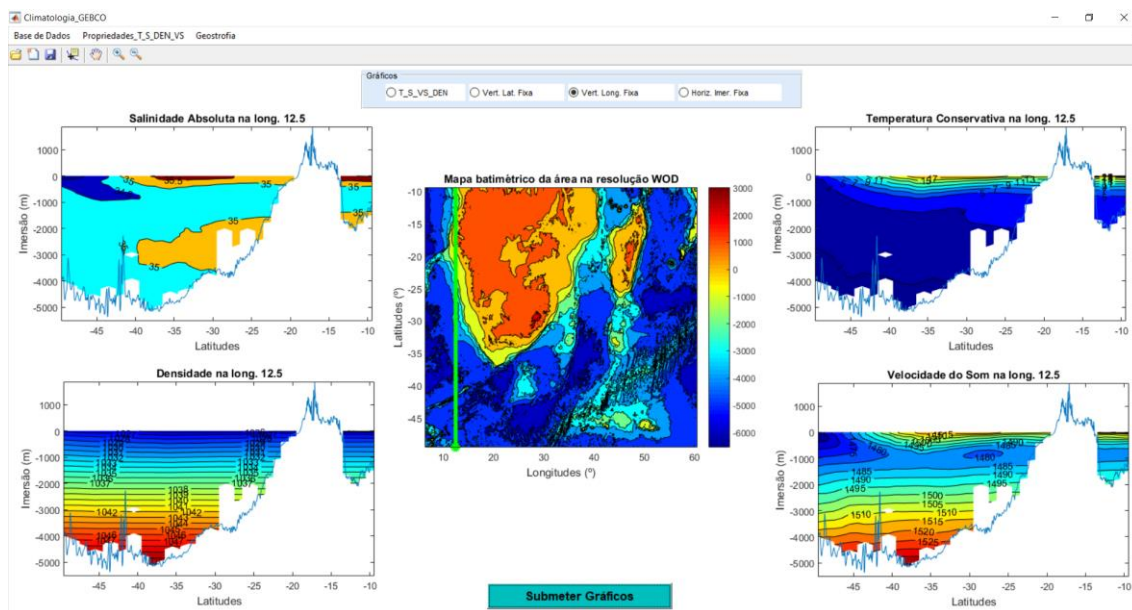


Figura 1 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a secção vertical de longitude fixa de 12,5° E. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s.

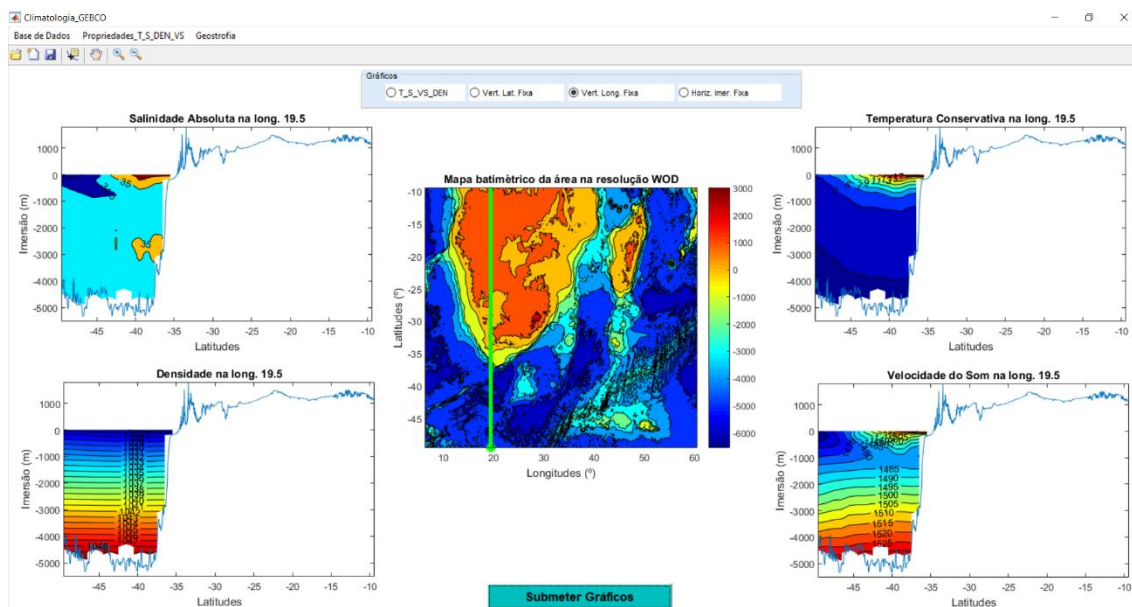


Figura 2 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas (°C), de densidades (kg/m³), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para a secção vertical de longitude fixa de 19,5° E. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2 °C, 1 kg/m³ e 5 m/s.

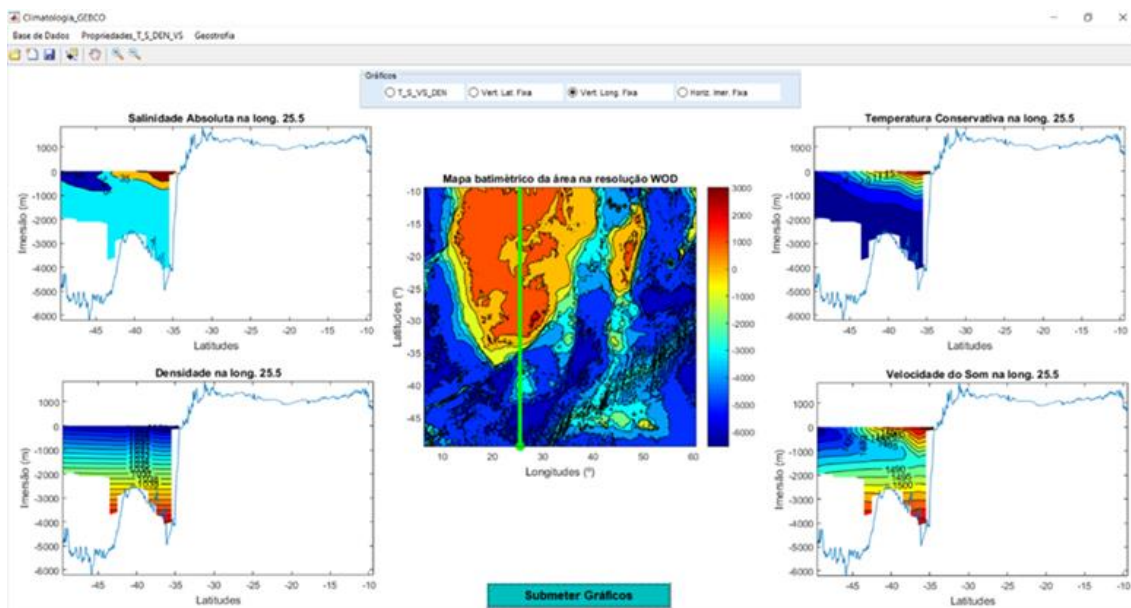


Figura 3 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas ($^{\circ}\text{C}$), de densidades (kg/m^3), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1° , para a secção vertical de longitude fixa de $25,5^{\circ}$ E. Contornos a intervalos de: $0,5$ g/kg, 2°C , 1 kg/m^3 e 5 m/s.

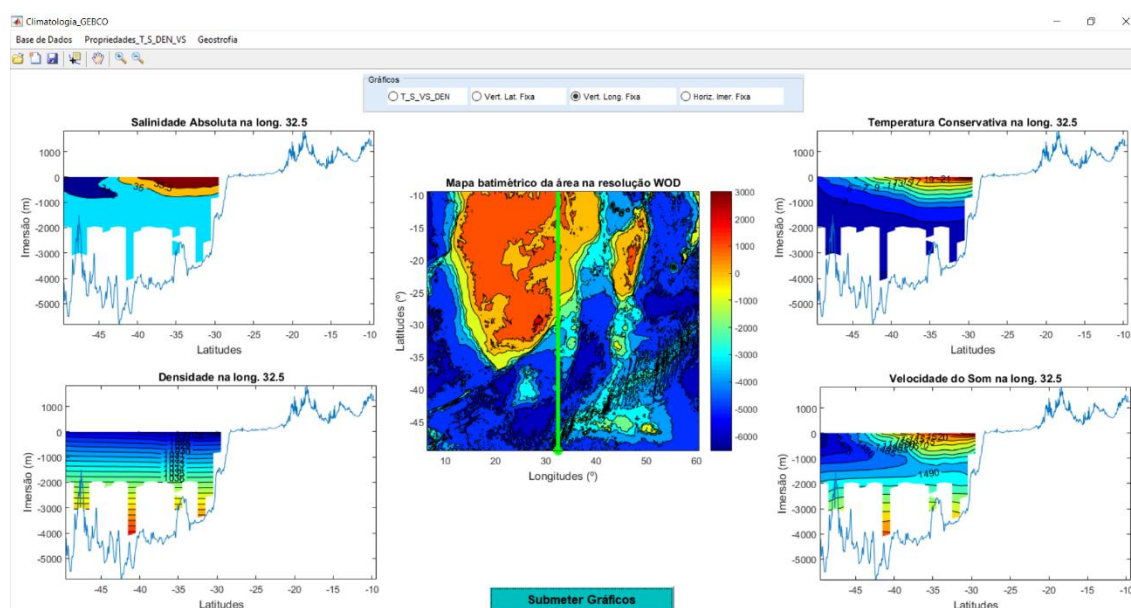


Figura 4 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas ($^{\circ}\text{C}$), de densidades (kg/m^3), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1° , para a secção vertical de longitude fixa de $32,5^{\circ}$ E. Contornos a intervalos de: $0,5$ g/kg, 2°C , 1 kg/m^3 e 5 m/s.

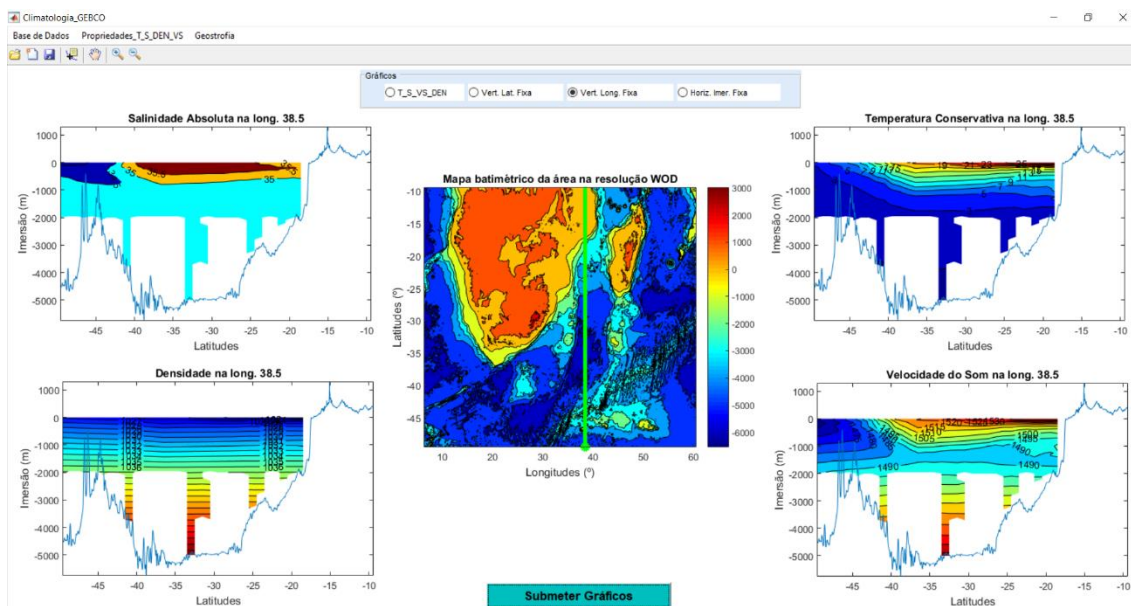


Figura 5 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas ($^{\circ}\text{C}$), de densidades (kg/m^3), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1° , para a secção vertical de longitude fixa de $38,5^{\circ}$ E. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2°C , $1 \text{ kg}/\text{m}^3$ e 5 m/s.

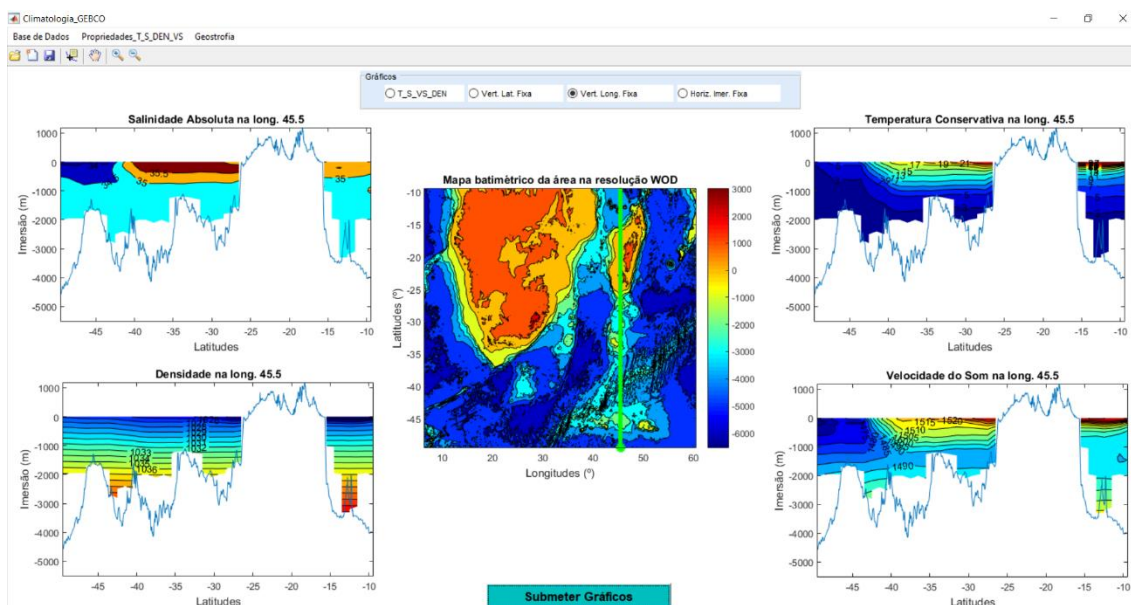


Figura 6 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas ($^{\circ}\text{C}$), de densidades (kg/m^3), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1° , para a secção vertical de longitude fixa de $45,5^{\circ}$ E. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2°C , $1 \text{ kg}/\text{m}^3$ e 5 m/s.

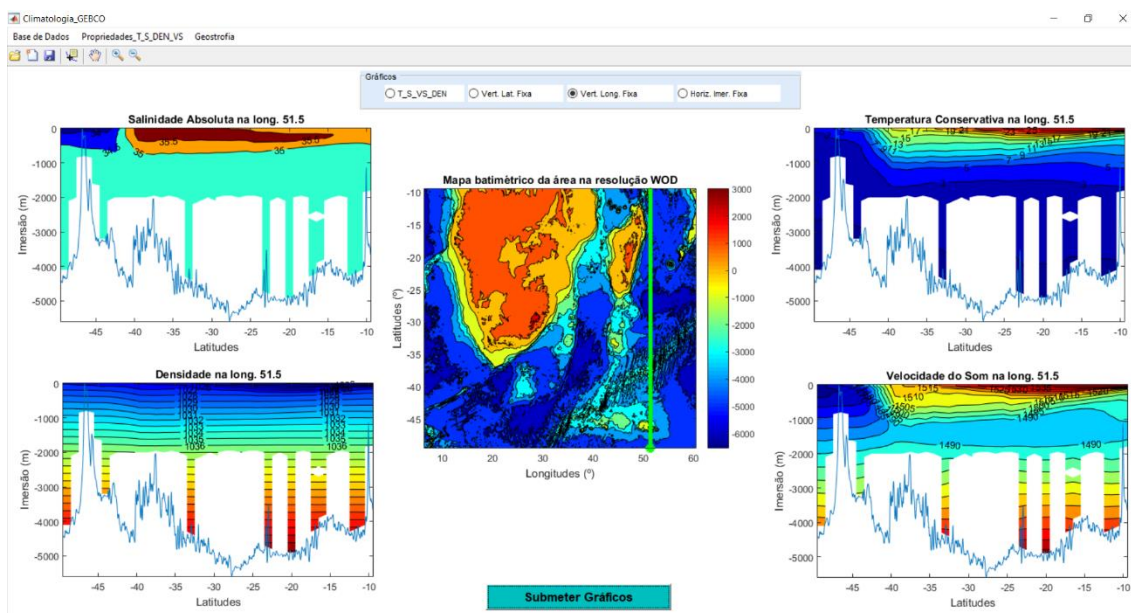


Figura 7 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas ($^{\circ}\text{C}$), de densidades (kg/m^3), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1° , para a secção vertical de longitude fixa de $51,5^{\circ}$ E. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2°C , $1\text{ kg}/\text{m}^3$ e 5 m/s.

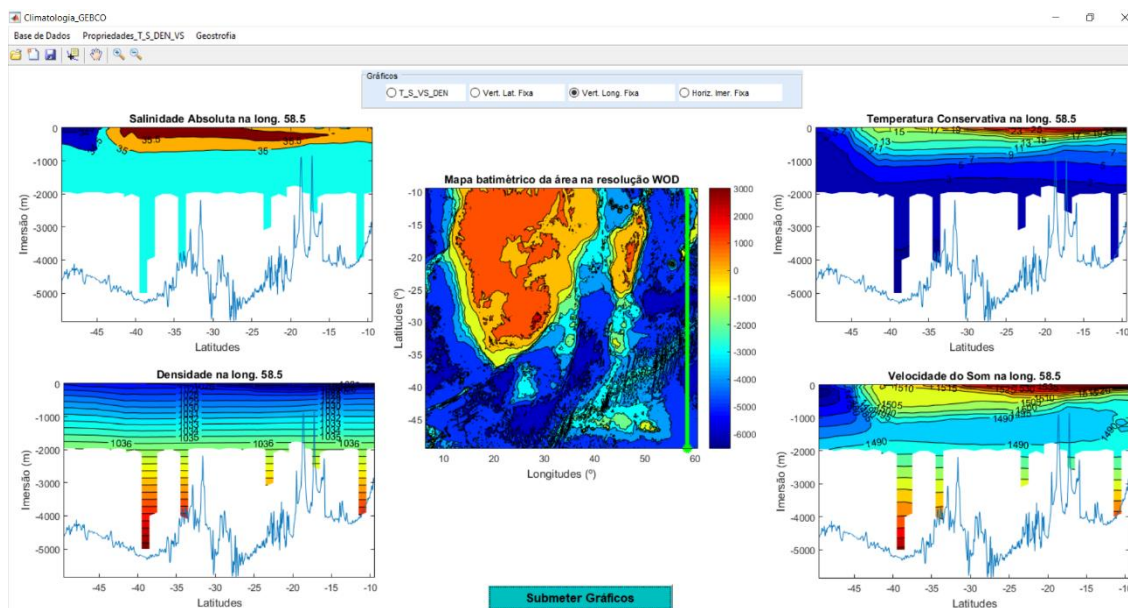


Figura 8 - Resultados gráficos da distribuição de salinidades absolutas (g/kg), de temperaturas conservativas ($^{\circ}\text{C}$), de densidades (kg/m^3), de velocidades do som (m/s), com valores médios anuais, na resolução de 1° , para a secção vertical de longitude fixa de $51,5^{\circ}$ E. Contornos a intervalos de: 0,5 g/kg, 2°C , $1\text{ kg}/\text{m}^3$ e 5 m/s.

Apêndice H – Resultados de geostrofia horizontal por imersão

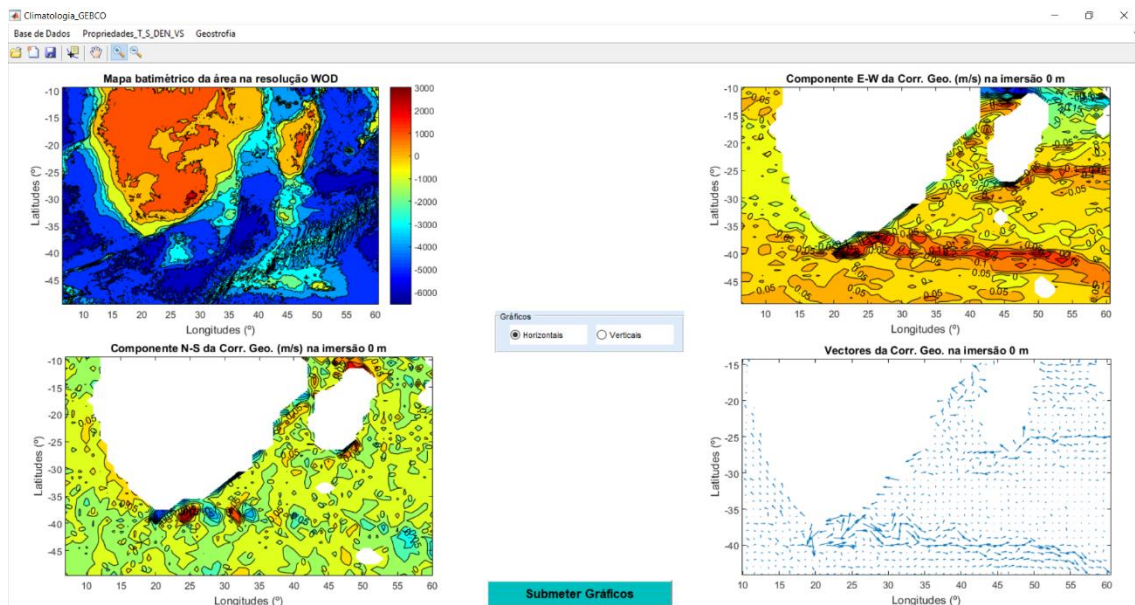


Figura 1 - Resultados gráficos da corrente geostrófica (componentes leste-oeste e norte-sul, e vetores), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para as diferentes componentes e vetores da corrente geostrófica à superfície. Intervalos entre contornos de 0,05 m/s.

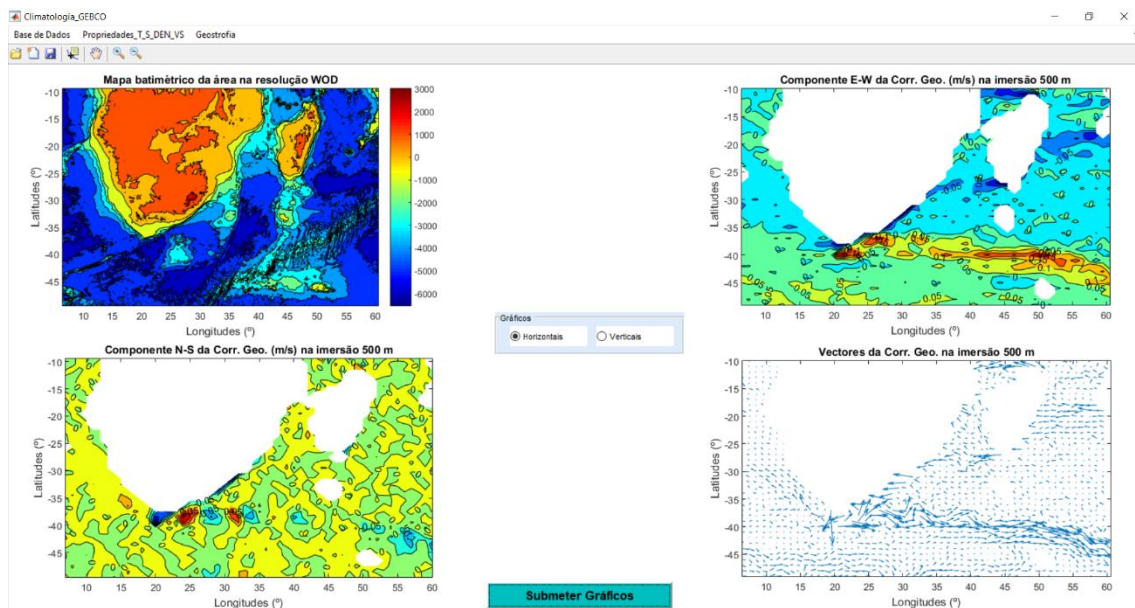


Figura 2 - Resultados gráficos da corrente geostrófica (componentes leste-oeste e norte-sul, e vetores), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para as diferentes componentes e vetores da corrente geostrófica aos 500 m de profundidade. Intervalos entre contornos de 0,05 m/s.

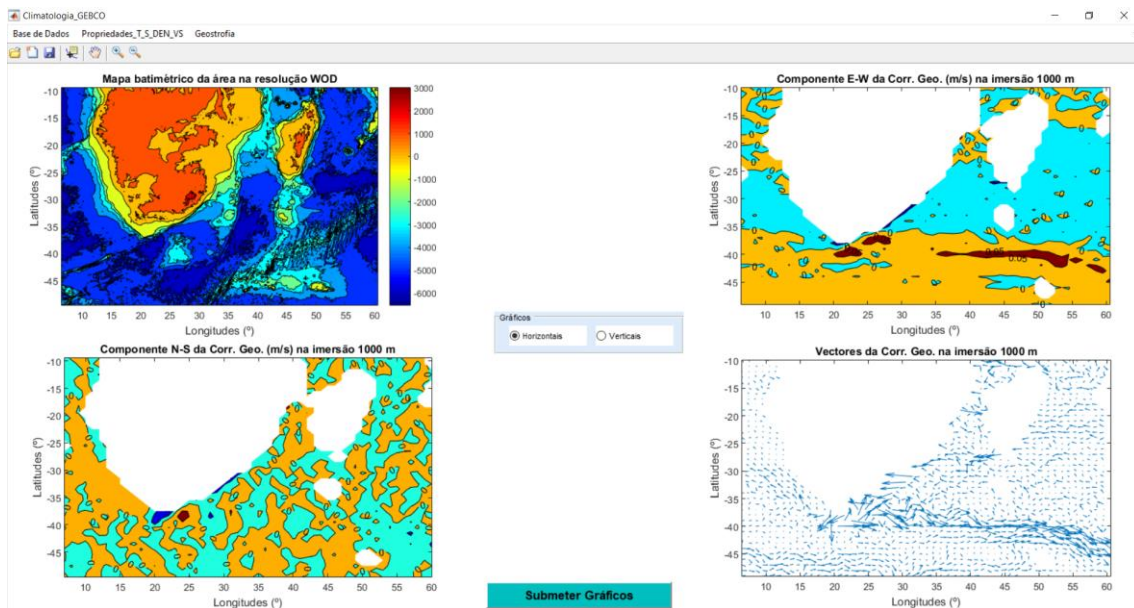


Figura 3 - Resultados gráficos da corrente geostrófica (componentes leste-oeste e norte-sul, e vetores), com valores médios anuais, na resolução de 1°, para as diferentes componentes e vetores da corrente geostrófica aos 1.000 m de profundidade. Intervalos entre contornos de 0,05 m/s.

Apêndice I – Resultados de geostrofia vertical da componente norte-sul

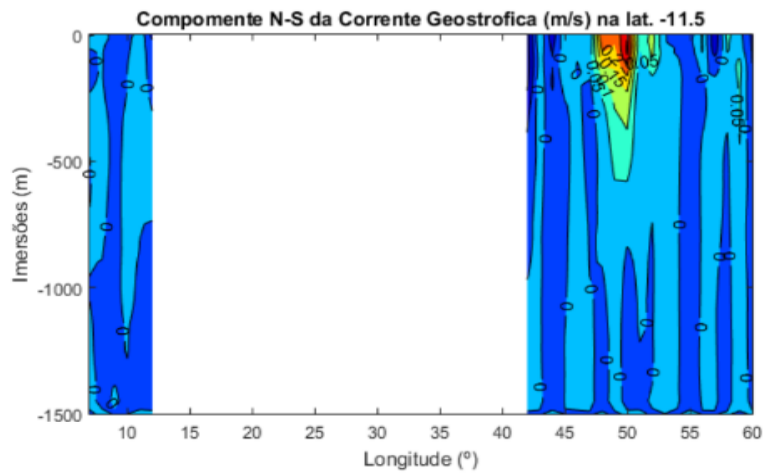


Figura 1 - Resultados gráficos das componentes norte-sul da corrente geostrofica, com valores médios anuais, na resolução de 1°, na secção vertical de latitude de 11,5° S. Intervalo entre contornos de 0,05 m/s.

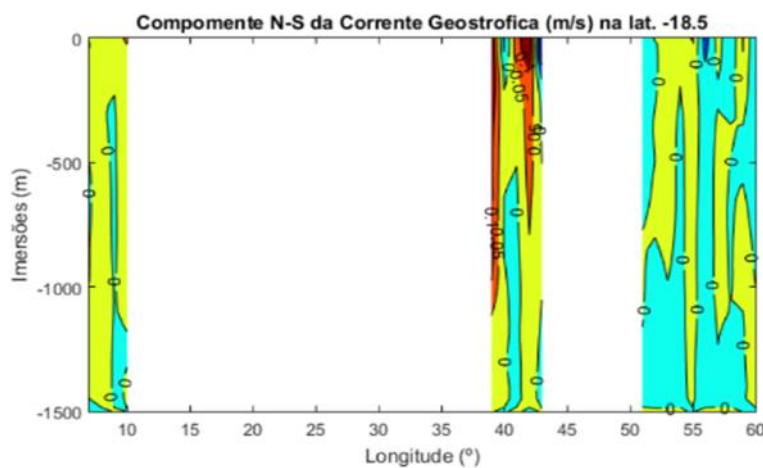


Figura 2 - Resultados gráficos das componentes norte-sul da corrente geostrofica, com valores médios anuais, na resolução de 1°, na secção vertical de latitude de 18,5° S. Intervalo entre contornos de 0,05 m/s.

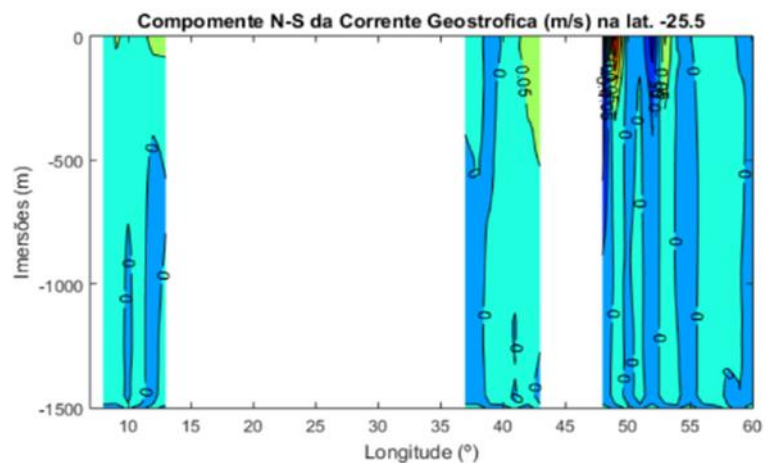


Figura 3 - Resultados gráficos das componentes norte-sul da corrente geostrofica, com valores médios anuais, na resolução de 1° , na secção vertical de latitude de $25,5^\circ$ S. Intervalo entre contornos de $0,05$ m/s.

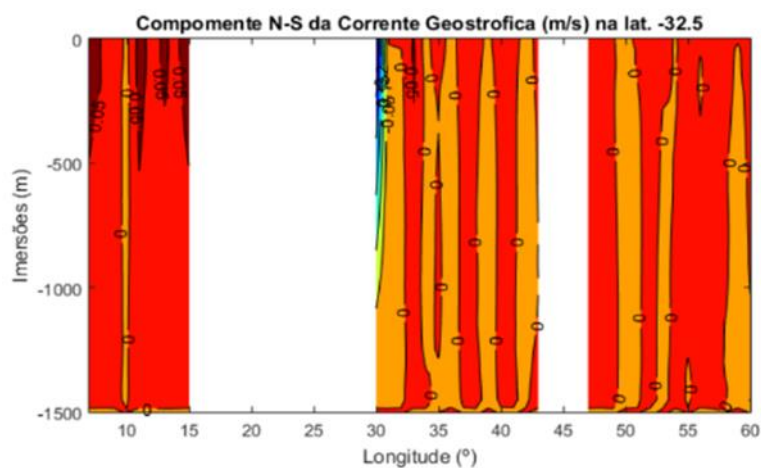


Figura 4 - Resultados gráficos das componentes norte-sul da corrente geostrofica, com valores médios anuais, na resolução de 1° , na secção vertical de latitude de $32,5^\circ$ S. Intervalo entre contornos de $0,05$ m/s.

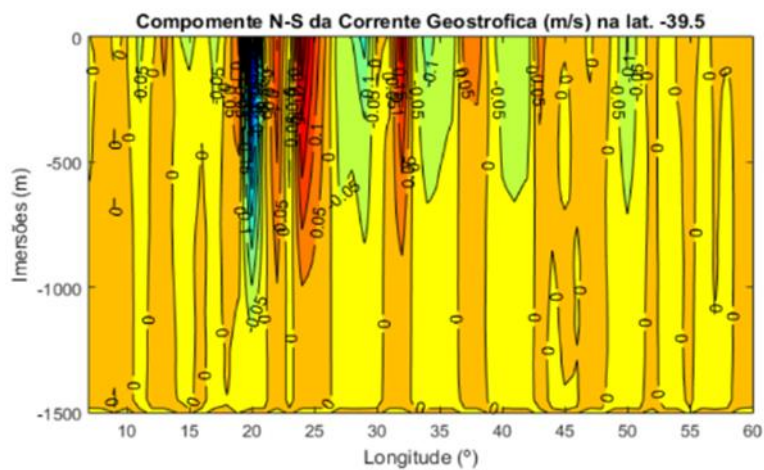


Figura 5 - Resultados gráficos das componentes norte-sul da corrente geostrofica, com valores médios anuais, na resolução de 1°, na secção vertical de latitude de 39,5° S. Intervalo entre contornos de 0,05 m/s.

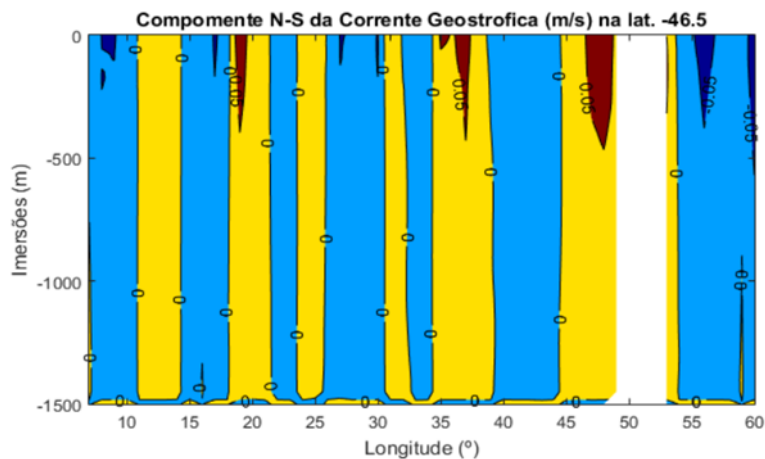


Figura 6 - Resultados gráficos das componentes norte-sul da corrente geostrofica, com valores médios anuais, na resolução de 1°, na secção vertical de latitude de 46,5° S. Intervalo entre contornos de 0,05 m/s.

Apêndice J – Resultados de geostrofia vertical da componente leste-oeste

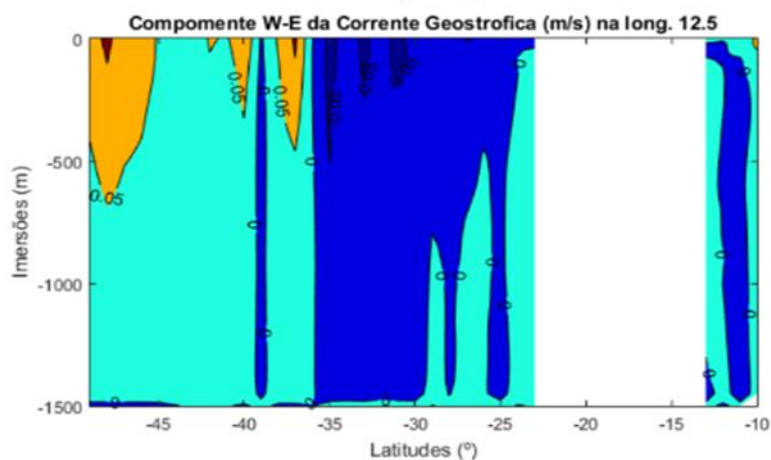


Figura 1 - Resultados gráficos das componente leste-oeste da corrente geostrofica, com valores médios anuais, na resolução de 1°, na secção vertical de longitude 12,5° E. Intervalo entre contornos de 0,05 m/s.

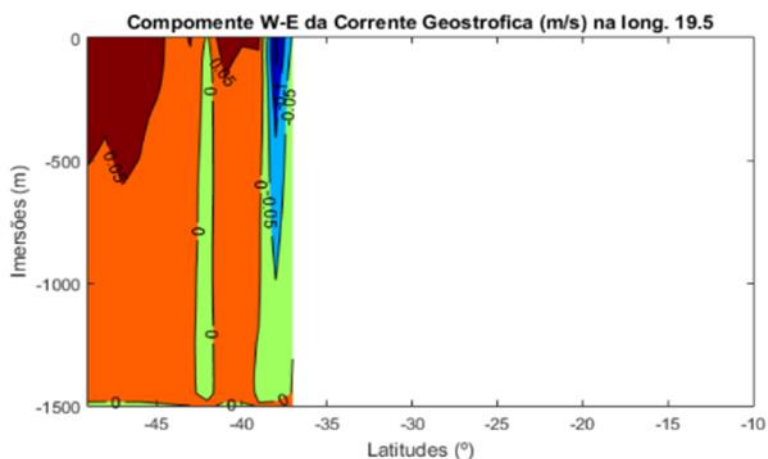


Figura 2 - Resultados gráficos das componente leste-oeste da corrente geostrofica, com valores médios anuais, na resolução de 1°, na secção vertical de longitude 19,5° E. Intervalo entre contornos de 0,05 m/s.

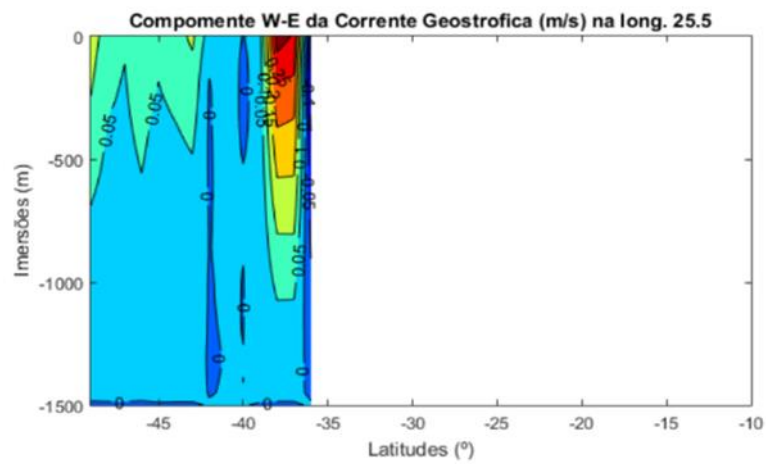


Figura 3 - Resultados gráficos das componente leste-oeste da corrente geostrófica, com valores médios anuais, na resolução de 1° na secção vertical de longitude $25,5^\circ$ E. Intervalo entre contornos de $0,05$ m/s.

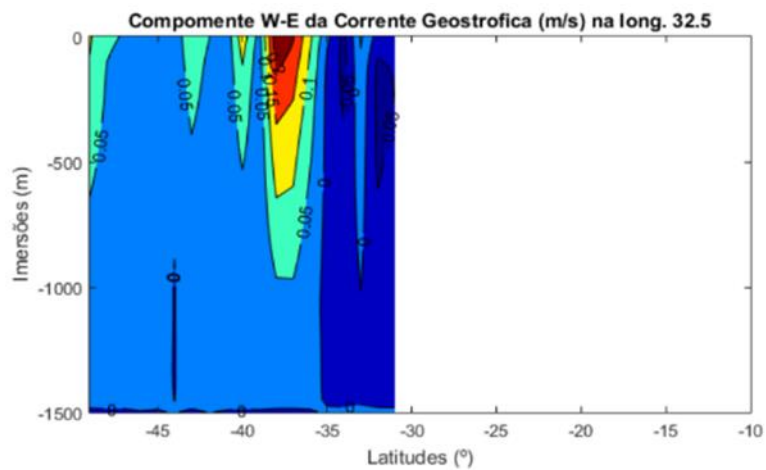


Figura 4 - Resultados gráficos das componente leste-oeste da corrente geostrófica, com valores médios anuais, na resolução de 1° na secção vertical de longitude $32,5^\circ$ E. Intervalo entre contornos de $0,05$ m/s.

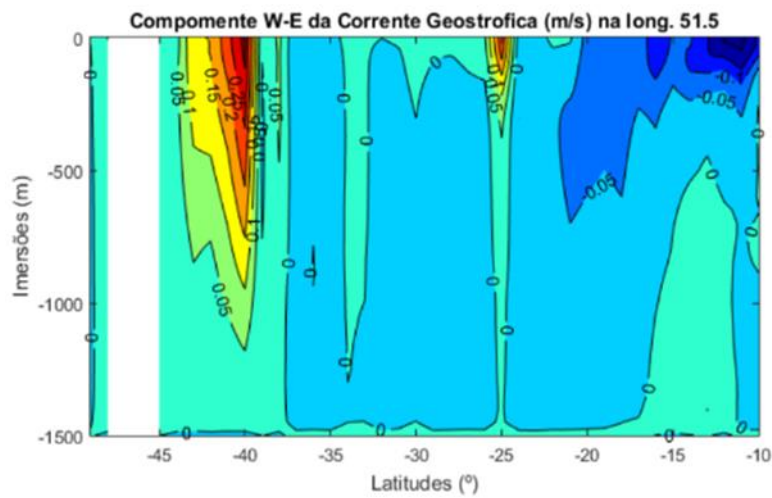


Figura 7 - Resultados gráficos das componente leste-oeste da corrente geostrófica, com valores médios anuais, na resolução de 1° na secção vertical de longitude 51,5° E. Intervalo entre contornos de 0,05 m/s.

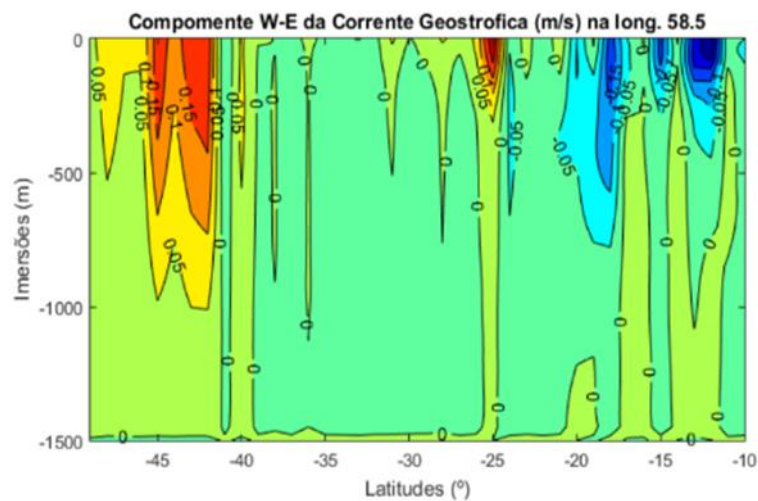


Figura 8 - Resultados gráficos das componente leste-oeste da corrente geostrófica, com valores médios anuais, na resolução de 1° na secção vertical de longitude 58,5° E. Intervalo entre contornos de 0,05 m/s.