



**MARINHA DO BRASIL
INSTITUTO DE ESTUDOS DO MAR ALMIRANTE PAULO MOREIRA
UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
PROGRAMA ASSOCIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA
MARINHA**

ÍTALO DE ALMEIDA CAETANO

Interpretação de dados batimétricos monofeixe, para a visualização do banco de *Sargassum furcatum* da Ilha do Cabo Frio, Arraial do Cabo - RJ.

**Arraial do Cabo/RJ
2020**

ÍTALO DE ALMEIDA CAETANO

Interpretação de dados batimétricos monofeixe, para a visualização do banco de *Sargassum furcatum* da Ilha do Cabo Frio, Arraial do Cabo - RJ.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira e à Universidade Federal Fluminense, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Biotecnologia Marinha.

Orientador: Dr. Eduardo Barros Fagundes Netto
Coorientador: Dr. Rogério Neder Candella

Arraial do Cabo\RJ
2020

C128i Caetano, Ítalo de Almeida

Interpretação de dados batimétricos monofeixe, para a visualização do banco de *Sargassum furcatum* da Ilha do Cabo Frio, Arraial do Cabo - RJ / Ítalo de Almeida Caetano. – Arraial do Cabo, 2020.
63 p. : il.

Orientador: Eduardo Barros Fagundes Netto
Co-orientador: Rogério Neder Candella
Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Marinha) – IEAPM/UFF, 2020.

1. Ecologia marinha. 2. Batimetria monofeixe. 3. Macroalgas.
4. Cabo Frio, Ilha (Arraial do Cabo, RJ). I. Fagundes Netto, Eduardo Barros. II. Candella, Rogério Neder. III. Título.

CDD: 579.888

ÍTALO DE ALMEIDA CAETANO

Interpretação de dados batimétricos monofeixe, para visualização do banco de *Sargassum furcatum* da Ilha do Cabo Frio, Arraial do Cabo - RJ.

Dissertação apresentada ao Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira e à Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Biotecnologia Marinha.

COMISSÃO JULGADORA:

Prof. Dr. José Eduardo Arruda Gonçalves
Universidade Estácio de Sá
Membro Externo

Prof. Dr. Flavio da Costa Fernandes
Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira
Membro Interno

Dr. Rogério de Moraes Calazan
Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira
Suplente

Prof. Dr. Rogério Neder Candella
Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira
Coorientador

Prof. Dr. Eduardo Barros Fagundes Netto
Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira
Professor Orientador – Presidente da Banca Examinadora

Arraial do Cabo, 19 de outubro de 2020.

Dedico a Deus por sempre estar ao meu lado ...

AGRADECIMENTOS

A Deus pela oportunidade de estar na Terra e a possibilidade de evoluir.

A minha mãe Ana, minha tia Suelir e minha noiva Kellen, tripé da minha felicidade.

A toda a minha família.

Ao meu orientador e coorientador, Professor Dr. Eduardo Barros Fagundes Netto e Professor Dr. Rogério Neder Candella sempre solícitos, compreensivos e corteses.

Ao Grupamento de Mergulhadores de Combate, por todo apoio recebido e pelo material emprestado. “Fortuna Audaces Sequitur”

Ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Marinha na figura do Coordenador do curso, Dr Ricardo Coutinho e da superintendente da Pós-Graduação Dra. Maria Helena Campos Baeta Neves, por me apresentar a um mundo novo e cheio de descobertas, a biotecnologia.

Aos professores do programa associado de pós-graduação em biotecnologia marinha, pela dedicação e empenho dispensados ao longo do curso de mestrado.

Ao CT(AA) Israel, CT(AA) Falcão e SO-(RM1) ALDO pelo apoio, suporte e compreensão durante o programa de Pós-Graduação.

À tripulação das embarcações do IEAPM na realização das sondagens pela prestatividade e apoio recebidos.

Ao meu amigo de mais de 22 anos, Higor Franceschi por estar ao meu lado em todos os momentos.

Ao meu amigo, Joedson Almeida, por estar sempre disposto a ajudar e pelas palavras de incentivo.

Aos meus “campanhas” militares e servidores civis do IEAPM que estiveram do meu lado e colaboraram para a execução dessa dissertação.

“Então, atirando a sonda, perceberam que a profundidade era de vinte braças. Depois, um pouco mais adiante, viram que era de quinze braças.”

“Temendo que déssemos em algum recife, lançaram quatro âncoras da popa, esperando ansiosos que amanhecesse o dia.”

Atos dos Apóstolos, 27 28-29

RESUMO

Os levantamentos batimétricos monofeixe são utilizados em diversas áreas, a saber, na avaliação da geometria submarina, fato determinante para navegação; na construção de portos e dragagem; em estudos científicos; na exploração de petróleo e recurso naturais. Os dados adquiridos nesse tipo de levantamento oferecem uma malha de pontos amostrais X, Y e Z (Posição X, Posição Y e Profundidade). Para a correta visualização espacial em uma grade contínua de dados, é necessária a aplicação de interpoladores matemáticos para estimar os valores de profundidades nos pontos não cobertos pela sondagem. Apesar da grande importância do tema, não foi observado em publicações ou na literatura, estudos a respeito de levantamentos batimétricos monofeixe com ênfase na descoberta e caracterização de populações da flora marinha. O banco de "*Sargassum furcatum*" presente na Ilha do Cabo Frio é alvo de diversos estudos e trabalhos devido a sua importância na produtividade primária daquela região e por sua vasta flora e fauna acompanhante. As macroalgas são organismos marinhos alvos de estudo biotecnológicos por produzirem um conjunto ímpar de substâncias utilizadas em várias indústrias como: alimentar, cosmética e farmacêutica. Para a avaliação do levantamento batimétrico e modelo digital de profundidade do banco de "*Sargassum furcatum*", foram coletados dados batimétricos em outros dois pontos na costa da Ilha do Cabo Frio como elementos comparativos. Verificou-se após a elaboração dos modelos digitais de profundidade, características quanto à localização e distribuição espacial do banco de "*Sargassum furcatum*" presentes na Praia do Farol, na Ilha do Cabo Frio, Arraial do Cabo - RJ. Com os resultados obtidos na construção dos modelos digitais de profundidade, foi possível demonstrar que a associação de métodos de sondagens, mineração e interpolação aperfeiçoados para dados de batimetria monofeixe, desenvolvido durante esse estudo, alcançaram o objetivo de visualizar o banco de "*Sargassum furcatum*" da Ilha do Cabo Frio.

Palavras-chave: Batimetria Monofeixe, Macroalgas, *Sargassum furcatum*, Modelo Digital de Profundidade, Ilha do Cabo Frio

ABSTRACT

Single-beam bathymetric surveys are used in several areas, namely, in the assessment of underwater geography as determining factor for navigation; in the construction of ports and dredging; conducting scientific studies and exploration of oil and natural resources. The data acquired in this type of surveys offers a grid of X, Y and Z sample points (X Position, Y Position and Depth). For the correct spatial visualization in a continuous data grid, it is necessary to apply mathematical interpolators to estimate the depth value in the points not covered by the survey. Despite its great importance, it was not observed in publications or in the literature, studies about single-beam bathymetric surveys with an emphasis on the discovery and characterization of organism of the marine flora. The "*Sargassum furcatum*" bed presents on Cabo Frio island is the target of several studies due the importance of its productivity and biodiversity. Macroalgae are marine organisms that are the target of biotechnological studies because they produce an important set of molecules that are already used in many industries, such as: food, cosmetics and pharmaceuticals. For the evaluation of the bathymetric survey and digital depth model of the "*Sargassum furcatum*" bed, bathymetric data were collected at two other points on the coast of Cabo Frio Island to serve as a comparison elements. It was verified after the elaboration of the digital depth models, characteristics regarding the location and spatial distribution of the "*Sargassum furcatum*" bed in Farol beach, in Cabo Frio Island, Arraial do Cabo - RJ. Based on results obtained in the construction of the digital depth models, it was possible to demonstrate that the association of surveys, mining and interpolation methods for single-beam bathymetry data, developed during this study, were suitable to assess the visualization the "*Sargassum furcatum*" bed in Cabo Frio Island.

Keywords: Single-Beam Bathymetry, Macroalgae, *Sargassum furcatum*, Digital Depth Model, Cabo Frio Island

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mapa da área de estudo na Ilha do Cabo Frio, Arraial do Cabo - RJ	18
Figura 2 – Ecobatímetro Lowrance HDS-5	24
Figura 3 – Embarcação Cherne	25
Figura 4 – Conjunto de postes, boias e cabo de marcação	26
Figura 5 – Visualização arquivo “.sl2” no software SonarViewer 2.1.2	27
Figura 6 – Área dos levantamentos batimétricos	29
Figura 7 – Posição dos postes e boias no levantamento do “Banco de Sargassum”	32
Figura 8 – Plano de sondagem do “Banco de Sargassum”	33
Figura 9 – Posição dos postes e boias no levantamento do “Cais da Ilha do Cabo Frio”	34
Figura 10 – Posição das boias no levantamento da “Fenda de Nossa Senhora”	35
Figura 11 – Tela do <i>software</i> CSVed com a classificação dos dados batimétricos.	37
Figura 12 – Conversão e correção dos dados batimétricos	38
Figura 13 – Associação dos valores nulos de profundidade	39
Figura 14 – Tela do <i>software</i> SURFER 13 com a planilha de entrada de dados XYZ	40
Figura 15 – Tela do <i>software</i> SURFER 13 com o menu Grid\Data	41
Figura 16 – Tela do <i>software</i> SURFER 13 com o MDP criado	42
Figura 17 – “Banco de Sargassum” da Praia do Farol	43
Figura 18 – Perfil sonográfico no “Banco de Sargassum”	43
Figura 19 – Altura média e desvio mensal da população de <i>Sargassum furcatum</i>	44
Figura 20 – MDP do “Banco de Sargassum” em 3-D vista de perfil	44
Figura 21 – MDP do “Banco de Sargassum” em 3-D vista de 45°	45
Figura 22 – MDP do “Banco de Sargassum” em 3-D vista de 90°	46
Figura 23 – MDP com visão aproximada das estruturas do “Banco de Sargassum”	47
Figura 24 – Cais da Ilha do Cabo Frio	48
Figura 25 – Perfil Sonográfico do Cais da Ilha do Cabo Frio	48
Figura 26 – MDP do “Cais da Ilha do Cabo Frio” em 3-D vista de perfil	49
Figura 27 – MDP com visão aproximada do relevo do “Cais da Ilha do Cabo Frio”	49
Figura 28 – MDP do “Cais da Ilha do Cabo Frio” em 3-D vista de 45°	50
Figura 29 – MDP do “Cais da Ilha do Cabo Frio” em 3-D vista de 90°	51
Figura 30 – Fenda de Nossa Senhora	52
Figura 31 – Perfil Sonográfico da “Fenda de Nossa Senhora”	52
Figura 32 – MDP da “Fenda de Nossa Senhora” em 3-D vista de perfil	53
Figura 33 – MDP da “Fenda de Nossa Senhora” em 3-D vista de 45°	53
Figura 34 – MDP com a visão aproximada do relevo da “Fenda de Nossa Senhora”	54
Figura 35 – MDP da “Fenda de Nossa Senhora” em 3-D vista 90°	55
Figura 36 – Conjunto de dados do ecobatímetro Lowrance	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número de pontos obtidos por sítio estudado	30
Tabela 2 – Tabela de correção da profundidade do “Banco de Sargassum” . . .	31
Tabela 3 – Tabela de correção da profundidade do “Cais da Ilha do Cabo Frio”	34
Tabela 4 – Tabela de correção da profundidade da “Fenda de Nossa Senhora”	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3-D	Três Dimensões
cm	centímetro
.csv	comma-separated values
.dat	Surfer Data File
DHN	Diretoria de Hidrografia e Navegação
Draft	Altura de Instalação do Transdutor
ft	pés
GPS	Global Positioning System
.grd	Surfer Grid File
IEAPM	Instituto de Estudo do Mar Almirante Paulo Moreira
m	metro
m ²	metro quadrado
MDP	Modelo Digital de Profundidade
mn\h	milha náutica por hora
ping	Pulso Acústico
SD	Secure Digital Card
.sl2	Lowrance Sonar Log v2 File
UTM	Universal Transversa de Mercator
WGS-84	World Geodetic System 1984
XYZ	Posição X, Posição Y e Profundidade

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVOS	16
1.1.1	OBJETIVO GERAL	16
1.1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.2	HIPÓTESES	16
1.3	JUSTIFICATIVAS	16
1.4	ÁREA DE ESTUDO	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1	BATIMETRIA	19
2.1.1	PLANO DE SONDAGEM	20
2.2	MINERAÇÃO DE DADOS	20
2.2.1	CLASSIFICAÇÃO DOS DADOS BATIMÉTRICOS	21
2.2.2	ASSOCIAÇÃO DOS DADOS BATIMÉTRICOS	21
2.3	INTERPOLAÇÃO DE DADOS	22
2.4	O BANCO DE MACROALGAS <i>Sargassum furcatum</i>	23
3	MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1	MATERIAL	24
3.1.1	ECOBATÍMETRO MONOFEIXE	24
3.1.2	EMBARCAÇÃO UTILIZADA	25
3.1.3	BOIAS E POSTES DE MARCAÇÃO	26
3.1.4	SOFTWARES PARA MINERAÇÃO DE DADOS E CORREÇÕES	27
3.1.4.1	SOFTWARE SONARVIEWER 2.1.2	27
3.1.4.2	SOFTWARE CSVED	28
3.1.4.3	SOFTWARE MICROSOFT EXCEL	28
3.1.5	SOFTWARE DE INTERPOLAÇÃO	28
3.2	MÉTODOS	29
3.2.1	PLANO GERAL DO LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO	29
3.2.1.1	PLANO DO LEVANTAMENTO DO “BANCO DE SARGASSUM”	31
3.2.1.2	PLANO DO LEVANTAMENTO DO “CAIS DA ILHA DO CABO FRIO”	33
3.2.1.3	PLANO DO LEVANTAMENTO DA “FENDA DE NOSSA SENHORA”	35
3.2.2	MINERAÇÃO E CORREÇÃO DOS DADOS BATIMÉTRICOS	36
3.2.3	INTERPOLAÇÃO DOS DADOS BATIMÉTRICOS	40
4	RESULTADOS	43
4.1	ÁREA DE LEVANTAMENTO DO “BANCO DE SARGASSUM”	43

4.2	ÁREA DE LEVANTAMENTO DO “CAIS DA ILHA DO CABO FRIO”	47
4.3	ÁREA DE LEVANTAMENTO DA “FENDA DE NOSSA SENHORA”	52
4.4	DISCUSSÃO	56
5	CONCLUSÕES	57
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
	ANEXO	62

1 INTRODUÇÃO

Os navegantes, ao longo da história, aprimoraram técnicas e ferramentas de sondagem para auxílio da navegação. Na antiguidade, o prumo de mão e as varas de sondar (SILVA, 2010) eram os principais utensílios utilizados para a medição da coluna de água de um determinado local, um processo impreciso e demorado.

A natureza morfológica do assoalho marinho apresenta elementos determinantes para a navegação, na construção de portos e dragagem, na condução de estudos científicos, na exploração de petróleo e de recursos naturais e na acústica submarina (GONZALEZ; RUIZ, 2012).

Visto o desenvolvimento de novas tecnologias e a importância relativa à navegação, ao transporte e ao comércio global, inúmeras ferramentas (SERAFINO et al., 2010) e métodos foram criados para realização de sondagens. Entre os equipamentos desenvolvidos com esse propósito, o ecobatímetro adquire destaque pela tecnologia empregada e facilidade de manuseio.

Os levantamentos batimétricos monofeixe são utilizados para a obtenção dos valores de profundidade da coluna de água, com o objetivo de identificar a topografia do fundo. Essa caracterização é realizada pelo cálculo da profundidade obtida, unida a marcações georreferenciadas (GUERTAULT et al., 2014) e modelos matemáticos de interpolação.

O ecobatímetro mede a profundidade da coluna de água, ao realizar o cálculo do tempo decorrido entre a emissão de um sinal acústico vertical em direção ao fundo e a recepção de seu eco a bordo da embarcação. A compreensão da geografia submarina de áreas específicas auxilia em uma melhor percepção dos fenômenos marinhos locais (MATOS et al., 2012).

Devido ao seu método de emprego e praticidade, os levantamentos batimétricos monofeixe podem ser realizados a bordo de embarcações de diversos tamanhos (ESTIGONI et al., 2012). O novo modelo de sondagem batimétrica monofeixe é associado às novas tecnologias de geoposicionamento e a modelos matemáticos de interpolação para a criação do Modelo Digital de Profundidade (MDP) (FERREIRA et al., 2013).

Com a construção do MDP, é possível a visualização em três dimensões (3-D) do assoalho submarino. Esse tipo de levantamento oferece uma malha de pontos georreferenciados. Para a correta visualização espacial em um gradiente contínuo de dados, é necessária a aplicação de interpoladores (CARMO et al., 2014) para estimar o valor da profundidade nos pontos não cobertos pela sondagem. Antes da construção de modelos digitais de profundidade, são utilizados processos de mineração de dados (DOMINGUES; ENGEL, 2003), no sentido de preparar os dados batimétricos para o processo de interpolação.

A interpolação é um método matemático que possibilita constituir um novo

conjunto de dados a partir de um conjunto de dados conhecida (ESTIGONI et al., 2012). Mesmo ao respeitar-se o plano inicial de percurso, que deve cobrir toda a área a ser sondada, pode haver falhas na cobertura (GONZALEZ; RUIZ, 2012). Portanto, há a necessidade de interpolação para que os valores em áreas não aferidas sejam estimados.

O MDP é benéfico, por exemplo, à acústica submarina devida à possibilidade de identificar fatores geográficos, os quais possam obstruir ou atrapalhar as ondas sonoras em ambiente submarino (ROSARIO et al., 2015). Ao analisar sua morfologia, identificando a existência de relevo, pedras soltas ou até navios afundados e pode sugerir um guia de ondas mais apropriado para um determinado tipo de aplicação acústica (WEIGERT; MADUREIRA, 2006).

Com sua frequente utilização, a interpretação de dados batimétricos (ARAÚJO FILHO et al., 2011), associada à análise do perfil sonográfico do relevo submarino, visa a caracterização geomorfológica de possíveis arquétipos distintos da biota submarina.

Nesse sentido, a detecção de elementos da biota submarina, como bancos de corais; macroalgas e objetos diversos no assoalho submarino, pode apontar lugares de interesse, onde pesquisas biotecnológicas possam ser conduzidas.

Para a realização deste trabalho, foi utilizado um ecobatímetro monofeixe com Sistema de Posicionamento Global (GPS) integrado, sendo capaz de, no seu ciclo de Pulso Acústico (ping¹), gravar as informações de posicionamento global e profundidade ao mesmo tempo. Esse equipamento é o mais utilizado no mundo, devido ao seu custo, facilidade de uso e precisão subdecimétrica em águas rasas (FERREIRA et al., 2013).

A fisiografia do relevo submarino apresenta características naturais únicas existentes no fundo submarino, ao revelar as condições da natureza morfológica da região (BILHALVA et al., 2013).

Vários estudos científicos podem surgir da interpretação dos dados batimétricos (SILVA; VALENÇA, 2008), as representações geográficas de dados são essenciais em diversas áreas da ciência, incluindo as ciências naturais, com grande uso na biotecnologia.

O banco de "*Sargassum furcatum*", presente na Ilha do Cabo Frio, Arraial do Cabo - RJ, é ponto de estudos em diversas linhas de pesquisa, como sua contribuição na produtividade primária e trabalhos sobre suas propriedades antibacterianas (FERREIRA, 2018).

O mapeamento de elementos da flora submarina, por técnicas de batimetria, agrega informações a estudos com o intuito de revelar o tamanho e distribuição espacial dos componentes dessa comunidade. Dessa maneira, a batimetria pode agregar conhecimento em pesquisas científicas.

¹ Emissão e recepção de um pulso acústico.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral desse trabalho é realizar estudos de levantamentos batimétricos monofeixe, com foco na coleta; mineração de dados; interpolação e criação de MDP, na busca da caracterização sonográfica do banco de macroalgas "*Sargassum furcatum*" e do gradiente submarino do Cais da Ilha e Fenda de Nossa Senhora na Ilha do Cabo Frio, Arraial do Cabo - RJ.

1.1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos desse trabalho são:

- Adaptar um modelo de levantamento batimétrico monofeixe, com a utilização do ecobatímetro HDS-5 do fabricante Lowrance, em embarcação de pequeno porte.
- Identificar as melhores práticas de levantamento batimétrico monofeixe, mineração e interpolação de dados, com foco na construção de MDP.
- Analisar a diferença dos MDP gerados com o foco na visualização do banco de Sargaço e relevo submarinos através de perfis sonográficos e comparação de MDP entre regiões distintas.

1.2 HIPÓTESES

H0: O MDP respectivo ao banco de *Sargassum furcatum* da Ilha do Cabo Frio, Arraial do Cabo - RJ não apresenta características visuais distintas de sua formação e localização.

H1: O MDP respectivo ao banco de *Sargassum furcatum* da Ilha do Cabo Frio, Arraial do Cabo - RJ apresenta características visuais distintas de sua formação e localização.

1.3 JUSTIFICATIVAS

O presente estudo tem início na necessidade de elaborar levantamentos de cabeça de praia², usadas para nortear aproximação de embarcações anfíbias para abicamento, de modo a possibilitar o desembarque seguro de pessoal e equipamentos.

² Espaço ocupado por uma força militar em território litoral inimigo, utilizado para assegurar acesso para avanço ou desembarque de tropas e material

Anteriormente, para a realização desse levantamento, era aplicado um modelo tradicional de sondagem batimétrica. O processo empregava vários mergulhadores dispostos ao longo da praia em intervalos determinados de distância. Com o avanço da prospecção em direção do mar, eram registrados os valores de profundidade de cada mergulhador ao longo de uma grade de trabalho determinada.

Todos os cálculos e representações gráficas eram feitas de maneira manual, refletindo em ineficiência, demora e custo elevado do processo, além da dependência de vários mergulhadores. Esse processo não utiliza métodos matemáticos de interpolação ou mineração dos dados.

A solução proposta para esse problema foi o emprego de um ecobatímetro acoplado em uma embarcação de pequeno porte, permitindo a realização de sondagens batimétricas em pouca profundidade. Dessa maneira, houve aumento significativo na eficiência (SILVA; VALENÇA, 2008), rapidez e qualidade das representações gráficas do leito submarino, diminuindo em vários dias o tempo de trabalho.

A batimetria é o processo mais utilizado nas sondagens submarinas (MICHEL et al., 2020) com grandes perspectivas de estudo e desenvolvimento de novas técnicas, e apresenta um crescimento contínuo na fabricação de novos equipamentos.

Na comparação dos resultados da geração de MDP, em várias localidades distintas, foi detectado uma composição de estruturas diferentes dos padrões de gradiente submarino, obtidos na maioria dos sítios nos quais foram realizados os levantamentos batimétricos.

Ao investigar mais de perto um desses sítios, através de mergulhos localizados, foi detectada a presença de grande quantidade de macroalgas marinhas agrupadas. Em decorrência desse evento, foi possível identificar a presença de componentes da flora submarina com esse modelo de estudo.

Dessa maneira, optou-se por dividir este estudo em duas partes. Na primeira, buscou-se a criação e avaliação do MDP com foco na geologia submarina e, na sua topografia, ao identificar os gradientes de profundidade e a morfologia local. Em um segundo momento, o estudo tem foco na descoberta e classificação de componentes da flora submarina na Ilha do Cabo Frio, Arraial do Cabo - RJ.

Macroalgas são componentes da flora submarina extremamente relevantes em múltiplas linhas de pesquisas científicas, com a utilização de seus extratos e moléculas (YENDE et al., 2014), em diversas indústrias, que vão desde alimentos até farmacêuticas.

O levantamento batimétrico monofeixe estruturado e combinado com novos modelos de mineração de dados voltados para uso em dados batimétricos (GONZALEZ; RUIZ, 2012) e métodos de interpolação tem efeito de maximizar a construção dos modelos computacionais em 3-D.

Para a correta realização das sondagens batimétricas monofeixe, fatores ambi-

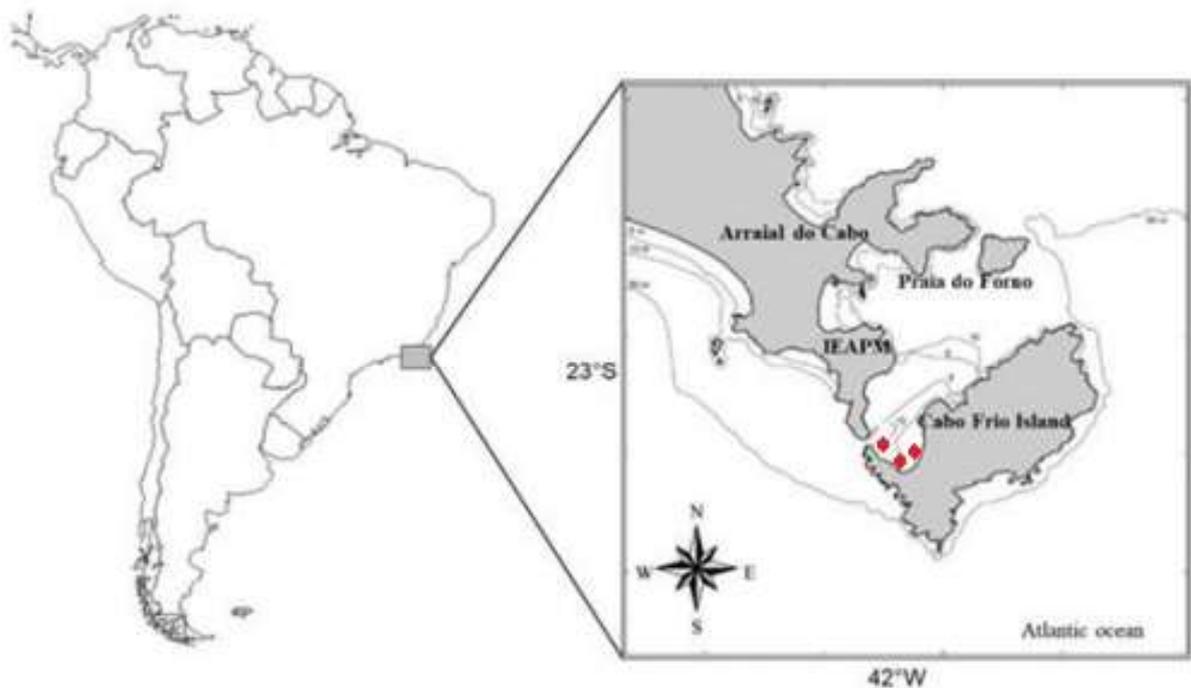
entais são levados em consideração. Para esse estudo, as sondagens foram realizadas em condições visuais favoráveis de vento, maré e ondulação do mar para preservar e padronizar os resultados obtidos.

Para a elaboração do MDP do assoalho submarino, encontram-se, no mercado, diversas opções de *softwares* interpoladores (LANDIM, 2000).

1.4 ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo bem como os levantamentos batimétricos monofeixe realizados para visualização do banco de *Sargassum furcatum*, foram executados na Ilha do Cabo Frio, pertencente ao município de Arraial do Cabo - RJ, figura 1.

Figura 1 – Mapa da área de estudo na Ilha do Cabo Frio, Arraial do Cabo - RJ



Adaptado de: Melo Junior et al. (2020)

Arraial do Cabo - RJ, pertence à região centro-sul da costa do Brasil, a Ilha do Cabo Frio é a maior de suas ilhas. Nessa localidade ocorre o fenômeno oceanográfico da ressurgência (COELHO-SOUZA et al., 2013), caracterizado pela subida das águas frias e profundas ricas em nutrientes, provenientes da corrente do Atlântico Sul.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 BATIMETRIA

A batimetria é um método de obtenção contínua ou não (HELL et al., 2012) da profundidade da coluna d'água dos oceanos, lagos, represas etc. Pode ser representada graficamente através de modelos digitais que unem os pontos das profundidades coletadas.

Os levantamentos batimétricos sofrem constante desenvolvimento e associação às novas técnicas e tecnologias (MATOS et al., 2012). O mapeamento do relevo submarino apresenta grandes possibilidades de investimento por abranger áreas tão distintas.

Atualmente, sua utilização engloba diversas aplicações, como sondagens de canais portuários; levantamentos em reservatórios; auxílio na navegação; atividades relacionadas à pesquisa científicas; mapeamento do relevo submarino e estudos de acústica submarina (GONZALEZ; RUIZ, 2012).

Com o avanço da tecnologia, da necessidade de novas técnicas e de métodos mais eficientes para realização dos levantamentos batimétricos, foram desenvolvidos diversos equipamentos (SERAFINO et al., 2010) para esse propósito.

O ecobatímetro tornou-se essencial para o processo de medições de profundidade. Seu modo de operação consiste em um transdutor¹ instalado abaixo da linha d'água da embarcação, o qual emite e recebe pulsos acústicos, mede o intervalo de tempo entre a emissão do sinal e o instante de seu retorno (BILHALVA et al., 2013), fornecendo a indicação de profundidade.

Para que a emissão e recebimento dos sinais acústicos sejam feitos de maneira correta, o aparelho transdutor deve ser posicionado verticalmente (FERREIRA et al., 2013), em relação ao plano da embarcação. Após o processo de emissão e recepção do sinal acústico, é possível calcular a profundidade local, através do conhecimento da velocidade do som através da água.

A velocidade do som na água pode variar de acordo com a temperatura, salinidade e pressão. A velocidade de propagação do som na água salgada é de aproximadamente 1.500 m/s (MIGUENS, 2000).

Existem diversos modelos de ecobatímetros, classificados de acordo com o método de operação (RENARD; ALLENOU, 1979). Para este trabalho, foi utilizado o monofeixe, dada a simplicidade de seu uso, fácil instalação em diversas categorias de embarcações e o pós-processamento dos dados coletados.

Para a captação correta dos valores de profundidade, os ecobatímetros precisam

¹ É o equipamento que pertence ao conjunto do ecobatímetro utilizado para transmitir e receber pulsos acústicos, instalado abaixo da linha d'água da embarcação.

ser calibrados e corrigidos (BILHALVA et al., 2013). A calibração consiste em verificar se o valor da profundidade obtida pelo ecobatímetro, que pode variar de acordo com a temperatura, salinidade e pressão da água salgada, condiz com o real, obtido com o uso de um prumo de mão graduado². É realizado o lançamento do prumo de mão graduado e o valor obtido da profundidade é confrontado com o valor exposto pelo ecobatímetro. Se houver diferença dos valores, a correção acontece no pós-processamento dos dados.

2.1.1 Plano de sondagem

O plano de sondagem é parte fundamental do processo do levantamento batimétrico. Esse passo começa anteriormente a realização das sondagens (ESTIGONI et al., 2012). Nele, são definidos a área do levantamento, pontos em terra (se possível) para auxiliar o geoposicionamento da embarcação e o conjunto de equipamentos necessários para a realização do trabalho.

Na condução de sondagens com o uso de ecobatímetro, a região do levantamento deve ser fragmentada (SILVA; VALENÇA, 2008), de maneira a cobrir toda a área pesquisada, servindo de gabarito para o traçado da embarcação.

A composição do trajeto da embarcação no plano de sondagem está relacionada diretamente à geografia existente na região do levantamento, de maneira a desviar de obstáculos presentes e preencher todos os seus contornos.

O distanciamento entre as linhas deve ser regular e cobrir toda a área a ser mapeada. O correto emprego e espaçamento entre as linhas incide diretamente na qualidade do levantamento.

2.2 MINERAÇÃO DE DADOS

A mineração de dados é a metodologia usada na informática para a identificação de padrões, erros e tendências em um conjunto de dados. É utilizada para a extração de informações necessárias a realização do levantamento, auxiliando na tomada de decisões (ROCHA et al., 2005).

Os processos de mineração de dados voltados à batimetria monofeixe são direcionados à procura por padrões de dados de geoposicionamento e de profundidade. Esses dados são “simplificados”, de forma a descartar as informações não necessárias. Assim, o processamento é otimizado ao focar o esforço computacional a um grupo específico de dados (DOMINGUES; ENGEL, 2003).

A sequência aplicada à mineração de dados batimétricos envolve os seguintes processos (GONZALEZ; RUIZ, 2012):

² Instrumento náutico que consiste em um peso de chumbo de forma troncônica e cabo, onde se faz uma graduação em metros.

- 1) Pré-processamento: Leitura da base de dados por *software* compatível. Seleção e transformação de dados para aplicação do processo de mineração.
- 2) Mineração de dados: Consiste na aplicação das ferramentas dos *softwares* para a realização da mineração dos dados.
- 3) Pós-processamento: Processamento dos dados obtidos e padrões encontrados, visualização do conjunto de dados.

A mineração de dados para um sistema de batimetria monofeixe visa, primordialmente, à retirada de informações X, Y e Z (Posição X, Posição Y e Profundidade) úteis nos arquivos gerados nas sondagens realizadas. Para isso, realiza-se a leitura dos arquivos criados pelo equipamento com os *softwares* de mineração. O conjunto resultante de dados agregam as informações condensadas pelo conjunto ecobatímetro - transdutor.

O processo de mineração de dados batimétricos inclui tarefas de associação dos dados (ROCHA et al., 2005), de geolocalização e união sequencial das respectivas profundidades obtidas nos ciclos de ping, limpeza e ordenamento do arquivo resultante para leitura em *softwares* de interpolação.

Existem diversos métodos de mineração de dados, que são aplicados de acordo com a necessidade do trabalho (DOMINGUES; ENGEL, 2003) a ser realizado. Exemplo de métodos de mineração de dados: caracterização, associação, classificação, análise de agrupamentos, análise de evolução e de desvio. Para esse trabalho, foram utilizados: a classificação e a associação.

2.2.1 Classificação dos dados batimétricos

A classificação é a técnica de localizar em um conjunto de dados os membros regulares de um grupo específico de características de classes ou conceitos (CÔRTEZ et al., 2002). Para esse fim, é realizada a comparação entre os conjuntos de valores lidos com um conjunto de dados.

A classificação é uma técnica que auxilia outras técnicas ao agrupar membros semelhantes de uma determinada classe na busca de características desejáveis.

Na aplicação em dados batimétricos monofeixe, visa a retirada de informações de geoposicionamento e profundidade coletados pelo ecobatímetro.

2.2.2 Associação dos dados batimétricos

A ferramenta de associação é fundamental na prática da mineração de dados da batimetria monofeixe. Essa técnica faz a correlação dos valores posicionamento e

profundidade com o objetivo de localizar registros específicos no grupo de dados os quais possuem relação entre si.

A associação permite as junções de vários grupos de dados a um único evento (ROCHA et al., 2005). Para isso, realiza-se a correlação entre dois ou mais objetos, geralmente do mesmo tipo, para identificar padrões.

2.3 INTERPOLAÇÃO DE DADOS

A interpolação é um método matemático que possibilita produzir um novo conjunto de dados a partir de uma massa de dados conhecida (CAMARGO et al., 1998). Na interpolação, voltada ao uso da batimetria monofeixe, estima-se o valor da profundidade em locais não cobertos pelo levantamento.

Mesmo ao respeitar o plano de sondagem inicial (que deve cobrir toda área a ser mapeada) (ESTIGONI et al., 2012), podem haver falhas na cobertura da área. Dessa maneira, deve-se interpolar o conjunto de dados para que os valores, em áreas não aferidas, sejam estimados.

O produto do levantamento batimétrico, ao utilizar ecobatímetro monofeixe, é uma rede de pontos com coordenadas X, Y e Z (CARMO et al., 2014), as quais formam a base de construção do modelo MDP. O mapa criado representa, no seu gradiente, a distribuição da profundidade em relação aos pontos geoposicionados existentes.

Existem diversos métodos matemáticos de interpolação (MOSAR et al., 2005) empregados na construção de valores das áreas desconhecidas, como; vizinho mais próximo; inverso da distância; krigagem; curvatura mínima e regressão poligonal.

O método da krigagem é apontado por vários autores, como o mais acurado no conjunto gerado em levantamentos batimétricos monofeixe.

Estudos realizados por Ferreira et al. (2013) e Carmo et al. (2014) analisaram, de forma comparativa, a qualidade dos modelos gráficos gerados a partir de diferentes métodos de interpolação. Ao verificar os modelos criados, seja com a presença de dados esparsos ou abundantes, o método da krigagem foi melhor em definir valores de locais não cobertos.

Outros métodos de interpolação, não são eficazes em predizer a ligação espacial entre os pontos coletados (FERREIRA et al., 2013), porque não correlacionam os valores dos pontos pela proximidade no espaço.

A krigagem reconhece que os dados existentes estão associados no espaço (ZHONG et al., 2016), exatamente o que ocorre nos levantamentos batimétricos monofeixe. Esse método utiliza algoritmos matemáticos para determinar os valores dos pontos não cobertos pelas sondagens, através do uso dos pontos conhecidos mais próximos.

2.4 O BANCO DE MACROALGAS *Sargassum furcatum*

Na elaboração do referencial teórico para essa dissertação, o tópico onde se obteve mais trabalhos de pesquisa e referências correlatas foi ao estudo do gênero *Sargassum*.

Segundo Ferreira (2018), os membros da espécie *Sargassum furcatum* pertencem ao grupo de macroalgas mais abundantes na praia do Farol, Ilha do Cabo Frio, podendo ser encontrado desde da superfície até uma profundidade de 5 m.

Em parte onde se localiza o banco de *Sargassum furcatum* na praia do Farol, na Ilha do Cabo Frio, ocorre um afloramento de arenitos resultantes habitualmente de grãos quartzosos consolidados por cimento carbonático (SAVI et al., 2005).

Além disso, são espécies marinhas importantes por contribuírem na produtividade primária do local onde habitam (COUTINHO et al., 2020). A espécie *Sargassum furcatum* desenvolve biomassa a qual age como alimento e abrigo para diversos organismos, como crustáceos, moluscos, peixes e esponjas (LEITE; TURRA, 2003).

Na região da costa sudeste, os bancos de Sargaço podem constituir mais de 80% da cobertura e biomassa de algas (PAVANI et al., 2009). Membros deste gênero crescem sobre rochas, preferencialmente em locais não expostos à forte incidência de ondas, desde a zona entremarés até o infralitoral (NEUFELD et al., 2015).

As macroalgas do gênero *Sargassum* destacam-se em abundância (MUNIZ, 2011) nos costões rochosos do litoral sudeste do Brasil, apresentam morfologia complexa e estão entre as macroalgas marinhas mais ricas em comunidade acompanhante (FERREIRA, 2018).

Esse gênero produz diversas substâncias conhecidas como alvos de estudos biotecnológicos (YENDE et al., 2014) e formam uma multiplicidade de moléculas que são utilizadas em diversas áreas da indústria.

Trabalhos científicos, como o de (RODRIGUES et al., 2016) apontam a importância da utilização de macroalgas em diversos ramos industriais. Em adição a essa possibilidade, (MALAJOVICH, 2016) relaciona os avanços da via biotecnológica no desenvolvimento de materiais e produtos oriundos de biomassa.

A localização de elementos da flora submarina por batimetria monofeixe contribui como uma ferramenta de descoberta dessas comunidades que, uma vez reveladas, podem ser alvo de pesquisas e estudos direcionados.

A análise de imagens batimétricas de regiões extensas, onde-se situa o banco de macroalgas, pode ser bastante trabalhosa e sensível a erros, devido a detalhes sutis, tais como pequenas variações de profundidade ou do gradiente acidentado.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MATERIAL

3.1.1 Ecobatímetro monofeixe

O ecobatímetro monofeixe, utilizado para a realização desse projeto, foi o HDS-5 do fabricante Lowrance, figura 2 o qual tem como características sua fácil instalação e utilização. O ecobatímetro HDS-5 tem capacidade para leituras em profundidade de até 1.000 m (LOWRANCE, INC, 2011), dependendo de sua configuração e condição da água.

Figura 2 – Ecobatímetro Lowrance HDS-5



Fonte: Do Autor

Uma das características do ecobatímetro HDS-5 é a sua capacidade de gravação de vários dados da navegação e profundidade ao mesmo tempo, no decorrer de sua operação, conseguindo gerar arquivos com essas informações de forma condensada, o fabricante disponibiliza um *software* para a visualização dos arquivos.

O HDS-5 possui uma antena interna de GPS de alto desempenho e sensibilidade, para precisão de geoposicionamento no auxílio na navegação (LOWRANCE, INC, 2011). O *software* proprietário da Lowrance, o SonarViewer 2.1.2, permite a exportação dos dados do ecobatímetro e sua manipulação de forma rápida. Ele oferece, para tal, a gravação dos arquivos em cartões de memória Secure Digital Card (SD).

3.1.2 Embarcação utilizada

O Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM) é uma organização que desenvolve pesquisas na área de ciências do mar e conta com um conjunto de embarcações para uso em suas atividades marítimas, figura 3.

Figura 3 – Embarcação Cherne



Fonte: Do Autor

A embarcação CHERNE pertencente ao IEAPM foi utilizada durante os levantamentos batimétricos pela sua estabilidade, condição de navegação a baixa velocidade e fácil instalação do ecobatímetro a bordo. A embarcação CHERNE é do tipo casco rígido e possui capacidade de até dezessete pessoas, além das seguintes especificações:

- Comprimento 6,20 m
- Boca¹ 2,56 m
- Calado² 0,64 m

¹ Largura da secção transversal de uma embarcação, medida de um bordo ao outro.

² Profundidade do ponto mais baixo da quilha de uma embarcação, em relação à superfície da água.

Devido ao seu baixo calado, é possível realizar levantamentos em pouca profundidade e em regiões de difícil manobrabilidade. O transdutor do ecobatímetro HDS-5 foi instalado no espelho de popa da embarcação, com o uso de braçadeiras de fixação e a alimentação do aparelho realizada pela bateria principal.

3.1.3 Boias e postes de marcação

Em decorrência da necessidade de estabelecer um limite visual nas áreas, foi utilizado, para os levantamentos batimétricos, um conjunto de postes e boias de marcação.

Na elaboração do plano de levantamento batimétrico, é estabelecido o traçado, onde a embarcação irá realizar a sondagem, de maneira adequada a proporcionar a cobertura total da área.

O conjunto utilizado, figura 4, consiste em quatro boias e quatro poitas, de modo a realizar a ancoragem no fundo marinho. Cabo de polipropileno e flutuadores circulares, dispostos a cada 3 m, efetuam a ligação entre as boias. Os flutuadores auxiliam a condução da embarcação, servindo de base para o traçado.

Os postes são fixados em terra e servem como referência para a instalação do conjunto de boias.

Figura 4 – Boias, postes e cabo de ligação para delimitação da área de sondagem



3.1.4 Softwares para mineração de dados e correções

3.1.4.1 Software Sonarviewer 2.1.2

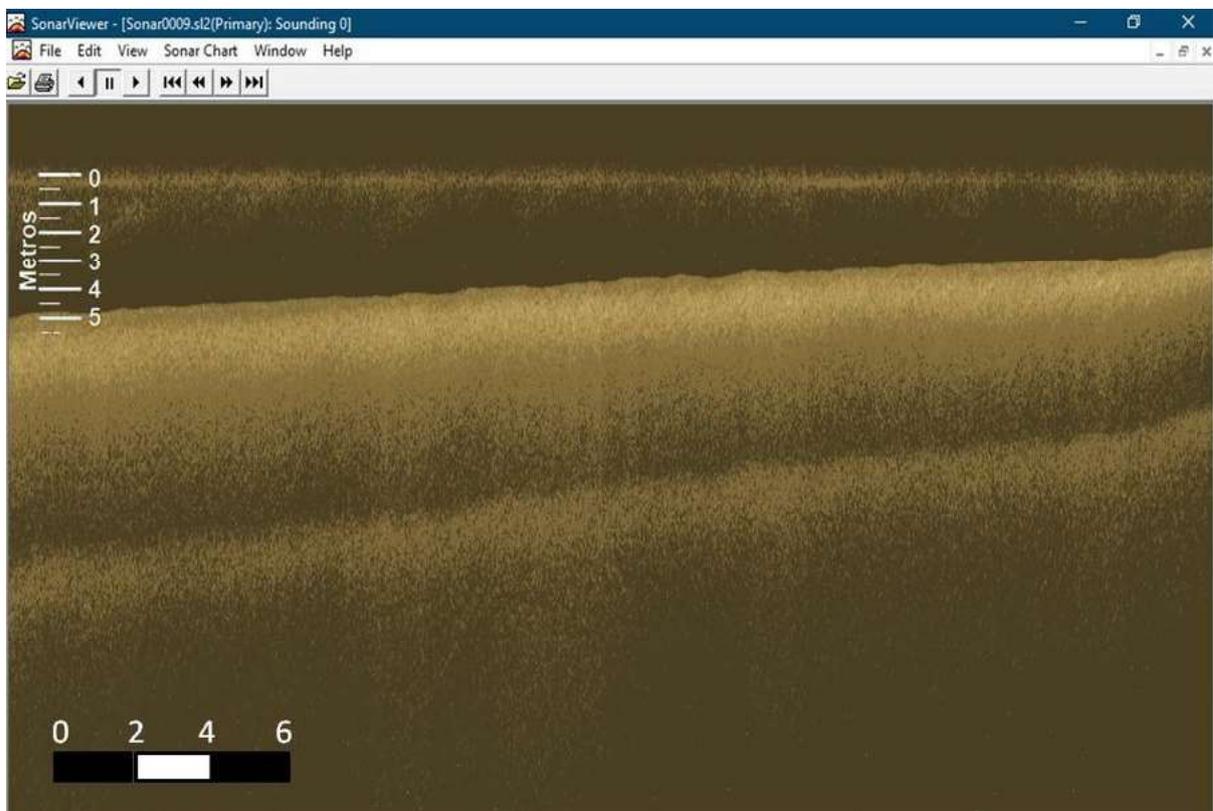
O software da Lowrance, o SonarViewer 2.1.2, permite visualizar as gravações do ecobatímetro HDS-5 Gen2 no formato Lowrance Sonar Log v2 File (“.sl2”). Entre suas funções, há a possibilidade de exportar os dados gerados pelo ecobatímetro. Esse tipo de formato agrupa todas as informações captadas pelo conjunto ecobatímetro - transdutor.

Seu modo de visualização permite mostrar a profundidade por ping disparado e tem a ferramenta para reproduzir o levantamento de forma linear, como um filme, através de controles específicos e indicador de posição. Com o seu uso, é possível saber a profundidade e geolocalização de um ponto específico na sondagem, o que viabiliza o estudo das linhas de contorno.

Esse processo possibilita visualização de várias gravações simultaneamente, sendo possível a comparação em tempo real das sondagens. Os arquivos exportados pelo programa são da extensão Comma-Separated Values (“.csv”).

A figura 5 apresenta a tela principal do programa SonarViewer 2.1.2, com a visualização de um arquivo de sondagem batimétrica no formato “.sl2”.

Figura 5 – Visualização arquivo “.sl2” no software SonarViewer 2.1.2



Fonte: SonarViewer 2.1.2

3.1.4.2 Software CSVed

O *software* CSVed foi empregado na primeira etapa de mineração ao realizar a leitura e refinamento dos registros dos arquivos “.csv” gerados no programa Sonar Viewer 2.1.2.

O arquivo “.csv” exportado pelo *software* SonarViewer 2.1.2 agrupa todas as informações gravadas do ecobatímetro em um formato de tabela. Através da inserção de comandos no *software*, são executadas a separação das colunas, quebra de linhas e seleção de valores da tabela.

Após a aplicação da técnica de mineração de dados, ou seja a classificação, o conteúdo resultante é selecionado e dividido em três colunas principais. O *software* CSVed possui diferentes formatos para a exportação dos arquivos gerados.

Depois de selecionadas as colunas relativas aos dados de geoposicionamento (posição X e posição Y) e de profundidade, um novo arquivo é gerado e exportado para uso no *software* Microsoft Excel, continuando o processo de mineração de dados.

3.1.4.3 Software Microsoft Excel

No arquivo criado pelo *software* CSVed, foram incluídas três colunas principais para os valores da posição X, posição Y e profundidade.

O *software* Microsoft Excel foi empregado para a estruturação e correção do arquivo final tabelado para leitura no *software* interpolador de dados. A principal função do programa é corrigir e converter esses valores.

Outra utilização foi identificar e eliminar, dentro da tabela de sondagem, os valores nulos na coluna de profundidade. Dessa maneira, evita-se erros na construção do MDP com valores inexatos para interpolação.

3.1.5 Software de interpolação

Com a utilização do *software* SURFER 13, buscou-se restabelecer parte dos dados coletados que não foram cobertos no levantamento, com o emprego de técnicas de interpolação. Esse método determina, pela posição espacial dos pares mais próximos, o valor dos pares não cobertos (MOSAR et al., 2005).

Para realizar as interpolações nos levantamentos batimétricos efetuados, foi utilizado o *software* SURFER 13 da *Golden Software*. Ele confecciona mapas com uso de variáveis, a partir de dados espacialmente distribuídos (LANDIM et al., 2002).

O SURFER 13 reduz o tempo de processamento da interpolação, pois, usa algoritmos matemáticos para realizar seus cálculos. Ele possui um mecanismo de

operação claro e objetivo, com opção de vários métodos de interpolação.

Os algoritmos matemáticos de interpolação operam ao atribuir valor a pontos, não cobertos ou em falta, pelo cálculo estimado, utilizando a proximidade dos pontos vizinhos. Dessa maneira, quanto mais pontos coletados, mais correta é a interpolação.

O resultado do emprego de interpolação é um conjunto de dados contínuos, com novos valores obtidos das posições criadas pelo processo de interpolação (MOSAR et al., 2005). A base de um MDP é a ligação correspondente entre os pontos apresentados pelos valores de X, Y e Z.

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Plano geral do levantamento batimétrico

O plano de levantamento batimétrico deve considerar as características físicas e geológicas das áreas a serem mapeadas. Nessa fase, é definida a área, figura 6, do levantamento, com a utilização dos equipamentos disponíveis para o trabalho.

Figura 6 – Área dos levantamentos batimétricos



Fonte: Google Earth

Os levantamentos foram realizados, em três sítios na Ilha do Cabo Frio, Arraial do Cabo - RJ:

- “Banco de Sargassum”
- “Cais da Ilha do Cabo Frio
- “Fenda de Nossa Senhora”

O primeiro sítio onde foi realizado o levantamento batimétrico monofeixe desse estudo, foi nomeado de “Banco de Sargassum”. A seleção ocorreu depois da realização de mergulhos autônomos em busca da região aonde existe a presença de elementos dessa comunidade.

Denominado “Cais da Ilha do Cabo Frio”, o segundo sítio, onde foram realizados os levantamentos batimétricos monofeixe, teve o objetivo de revelar o gradiente submarino de um ponto afastado pré estabelecido.

O terceiro e último sítio pesquisado foi denominado “Fenda de Nossa Senhora”, essa região foi escolhida por apresentar diferentes direções do gradiente submarino. Em sua geografia, destaca-se pela proximidade com o canal do “Boqueirão”.

Para a escolha dos sítios, para os levantamentos batimétricos, foram realizados 8 mergulhos em diferentes locais da costa de Arraial do Cabo - RJ, em busca da topologia ideal que retratasse o gradiente submarino e o banco de macroalgas *Sargassum furcatum*.

A realização de sondagens em sítios diferentes tem objetivo de comparar os resultados dos modelos MDP criados para demonstrar as diferenças dos gradientes obtidos no “Banco de Sargassum” e outras regiões.

A tabela 1 apresenta as áreas de sondagem de cada sítio realizado e a quantidade de pontos amostrais obtidos.

Tabela 1 – Número de pontos obtidos por sítio estudado

Sítios	Quantidade de Pontos
Banco de Sargassum	15.360
Cais da Ilha do Cabo Frio	13.345
Fenda de Nossa Senhora	13.850

Em vista da falta de um sistema compensador de ondas ou de sensores inercias na embarcação utilizada para as sondagens, os levantamentos batimétricos foram realizados em condição de tempo favorável, com vento e mar visualmente calmos.

Segundo Ferreira et al. (2013), na falta de sensores inerciais ou compensadores de ondas, é necessário realizar um filtro nos dados, no sentido de eliminar elementos anormais ao conjunto de dados coletados.

As informações de sondagem foram gravadas em um cartão SD, inserido no ecobatímetro. Todos os levantamentos foram configurados para serem feitos com ping de vinte pulsos acústicos por segundo.

3.2.1.1 Plano do levantamento do “Banco de Sargassum”

Após pesquisa bibliográfica e a realização de mergulhos autônomos na Ilha do Cabo Frio, foi localizada a região ideal de sondagem. Para o levantamento no sítio “Banco de Sargassum”, foram realizados treze ensaios, no sentido de ajustar o equipamento para utilização na embarcação Cherne e estabelecer o melhor ponto de lançamento das boias de marcação.

O levantamento batimétrico monofeixe, que gerou os dados utilizados na construção do MDP “Banco de Sargassum” foi realizado em fevereiro de 2020.

A utilização de postes na praia e boias dispostas de maneira conveniente foram decisivos para o levantamento batimétrico. Dessa maneira, foi delimitada a área desejada para a sondagem, de modo a realçar no MDP o gradiente submarino com presença predominante de areia, até ao encontro com a formação do banco de macroalgas.

Os dados de profundidade, obtidos no levantamento batimétrico no “Banco de Sargassum”, foram corrigidos de acordo com a calibração realizada com cabo graduado, pelos valores da maré obtidos na tábua de maré do dia e valor da altura de instalação do aparelho transdutor na embarcação (Draft), tabela 2.

Tabela 2 – Tabela de correção da profundidade do “Banco de Sargassum”

Ocorrência	Valor
Calibração	- 0,2 cm
Maré	- 0,33 cm
Draft	+ 0,76 cm

O plano de levantamento batimétrico no “Banco de Sargassum” tem como objetivo a caracterização das especificidades da comunidade de macroalgas “*Sargassum furcatum*” pela interpretação dos dados batimétricos colhidos nas sondagens.

Nesse sentido, foi estabelecida a fixação de dois postes (P1 e P2) e quatro boias (B1, B2, B3 e B4,) para direcionar os levantamentos batimétricos. Esses constituíram, de acordo com o levantamento idealizado, um quadrado usado como referência para as sondagens.

As boias B1, B2, B3 e B4 formaram um quadrado com 40 m de lado, perfazendo uma área de 1.600 m². A figura 7 revela a localização do conjunto de postes e boias.

Figura 7 – Posição dos postes e boias no levantamento do “Banco de Sargassum”



Fonte: Google Earth

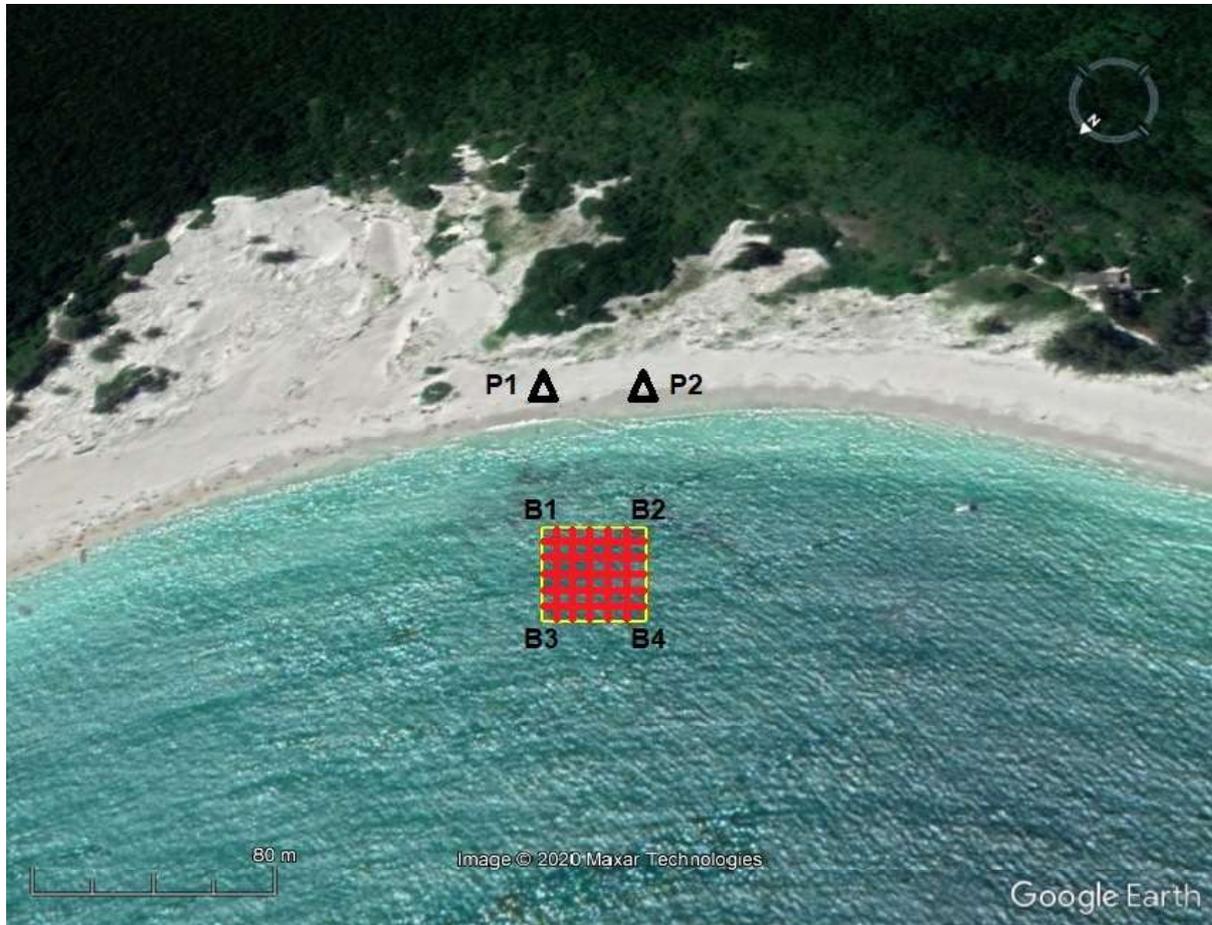
Os postes P1 e P2 foram fixados em terra a uma distância de 40 m entre si, para servirem de referência ao lançamento das boias que delimitavam a área do levantamento batimétrico. Foi estabelecida uma distância de segurança para o lançamento das boias B1 e B2 de 1,5 m de profundidade.

Ao empregar as boias B1 e B2 como nova base, foram colocadas as boias B3 e B4 em sentido longitudinal. Nessa configuração, ficou delimitada exatamente a área a ser mapeada, com suporte à orientação do traçado feito pelo conjunto de boias e postes fixados em terra.

Dessa maneira, com o uso de boias, foi abalizada a exata área a ser levantada. Para seguir o traçado proposto, foi utilizada a carta eletrônica disponível no ecobatímetro. Por meio dela, foi possível visualizar o traçado realizado pela embarcação durante a execução do levantamento, o que permitiu correções no rumo e direção do traçado proposto.

O plano de sondagem, exposto na figura 8, estabelece linhas horizontais e verticais ao longo do conjunto de boias B1, B2, B3 e B4.

Figura 8 – Plano de sondagem do “Banco de Sargassum”



Fonte: Google Earth

3.2.1.2 Plano do levantamento do “Cais da Ilha do Cabo Frio”

O levantamento batimétrico realizado no “Cais da Ilha do Cabo Frio” teve como objetivo apresentar o relevo submarino na direção do cais. Mergulhos autônomos preliminares revelaram um fundo predominantemente de areia.

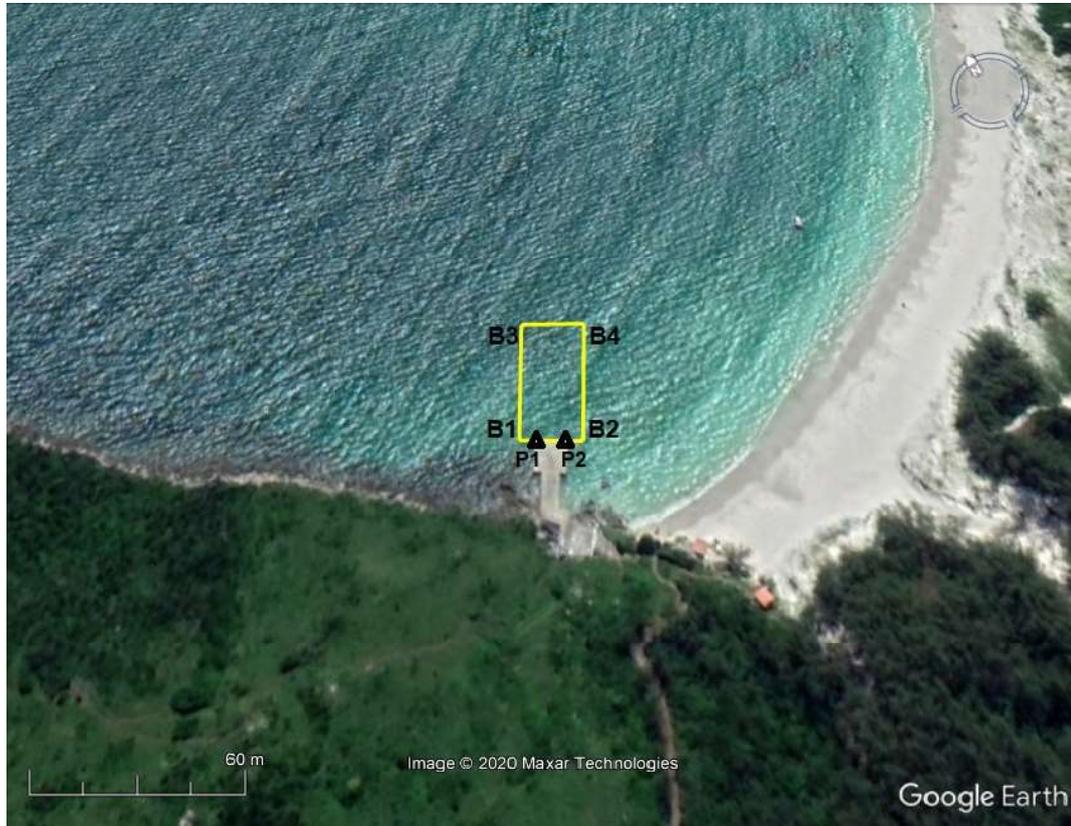
Ao visualizar as condições do seu relevo submarino identificando o seu gradiente de profundidade, foi possível realizar a comparação com o modelo do sítio “Banco de Sargassum”.

Foram realizados nesse sítio 9 ensaios de levantamento batimétrico, anteriormente, a coleta dos dados batimétricos para construção do MDP, esses ensaios serviram para marcação da área de lançamento das boias de marcação.

Os postes P1 e P2 empregados no levantamento do “Cais da Ilha do Cabo Frio” foram fixados nas extremidades do cais para servirem de referência para instalação das boias B1 e B2 afastadas lateralmente dos postes a uma distância de 5 m.

As boias B1, B2, B3 e B4 formaram um retângulo com comprimento de 50 m de altura e de 22 m de largura, compreendendo uma área total de 1,100 m², figura 9.

Figura 9 – Posição dos postes e boias no levantamento do “Cais da Ilha do Cabo Frio”



Fonte: Google Earth

A tabela 3, apresenta os valores de correção nos dados de profundidade.

Tabela 3 – Tabela de correção da profundidade do “Cais da Ilha do Cabo Frio”

Ocorrência	Valor
Calibração	- 0,2 cm
Maré	- 0,23 cm
Draft	+ 0,76 cm

O levantamento batimétrico no sítio “Cais da Ilha do Cabo Frio”, durou 25 minutos, foi realizado em março de 2020 e a profundidade máxima registrada no monitor do ecobatímetro foi de 6,61 m.

Diferente do observado no levantamento no “Banco de Sargassum”, nas proximidades das boias B1 e B2 não ocorreram perdas de sinais acústicos por parte do

ecobatímetro. Sendo assim, desnecessária a correção no processo de mineração por decorrência da inexistência de sinal.

O plano de sondagem adotado foi o de linhas transversais e longitudinais ao longo do conjunto de boias B1, B2, B3 e B4, com intervalo de 3 m. Esse delineamento foi obtido ao usar um cabo com flutuadores, que serviram de marcações ao longo das ligações entre as boias.

3.2.1.3 Plano do levantamento da “Fenda de Nossa Senhora”

O levantamento batimétrico realizado na “Fenda de Nossa Senhora” teve como objetivo apresentar o relevo submarino e seu gradiente acentuado a pouca distância. A Fenda de Nossa Senhora é ponto turístico muito visitado nos passeios de barco em Arraial do Cabo - RJ

O levantamento (figura 10) não utilizou postes para referência em terra, pela impossibilidade de acesso por via terrestre ou desembarque nessa região. A boia B1 foi lançada em frente da formação da Fenda de Nossa Senhora.

Figura 10 – Posição das boias no levantamento da “Fenda de Nossa Senhora”



Fonte: Google Earth

As boias B1, B2, B3 e B4 formaram um quadrado com comprimento de 40 m de lado totalizando uma área total de 1.600 m².

Outro elemento de estudo nesse sítio específico, é o gradiente formado à frente da Fenda de Nossa Senhora em direção do “Boqueirão”, canal marítimo trafegável.

Com o levantamento batimétrico monofeixe nessa região da Ilha do Cabo Frio, foi possível identificar e visualizar as condições do seu relevo submarino e determinar seu gradiente de profundidade.

A tabela 4 apresenta as correções realizadas nos dados do levantamento, de acordo com os valores obtidos.

Tabela 4 – Tabela de correção da profundidade da “Fenda de Nossa Senhora”

Ocorrência	Valor
Calibração	- 0,1cm
Maré	- 0,18 cm
Draft	+ 0,76 cm

Foram executados 10 ensaios para a realização do levantamento batimétrico nessa região. Dessa maneira, foi estabelecido o melhor local para o lançamento das boias de marcação sem a utilização de postes em terra para referência.

O levantamento final foi realizado em abril de 2020 e durou cerca de 40 minutos, a profundidade máxima registrada no ecobatímetro foi de 10,45 m e a menor de 2,68 m.

3.2.2 Mineração e correção dos dados

A mineração de dados para um sistema de batimetria monofeixe visa, primordialmente, a retirada de informações X, Y e Z (GONZALEZ; RUIZ, 2012), nos arquivos exportados dos levantamentos batimétricos realizados.

No processo de mineração de dados batimétricos monofeixe, especificamente, envolvem-se tarefas de seleção das colunas de geoposicionamento e a união sequencial das respectivas profundidades, limpeza da tabela e ordenamento do arquivo resultante.

A primeira etapa do processo de mineração, usada nesse trabalho, foi a extração dos arquivos gerados pelo ecobatímetro gravados no cartão SD. Para leitura desse arquivo, foi utilizado o *software* SonarViewer 2.1.2.

O SonarViewer 2.1.2 permite a visualização da sonografia construída no decorrer do levantamento. O traçado resultante revela as variações de profundidade e identifica elementos da topologia local.

O anexo 1 apresenta um exemplo do conjunto de dados obtidos, já ajustados dos levantamentos batimétricos monofeixe realizados com o ecobatímetro Lowrance.

Depois do processo de exportação dos dados batimétricos, efetuado pelo *software* SonarViewer 2.1.2, é realizada a leitura do arquivo “.csv” pelo *software* CSVed.

A função do *software* CSVed é realizar a primeira fase de mineração de dados, ao classificar as informações no conjunto de dados que são utilizadas na construção do MDP. A seleção ocorre ao agrupar os dados em colunas e descartar os registros desnecessários.

São selecionadas, as colunas referentes as posições X e Y coordenadas referentes à Universal Transversa de Mercator (UTM) e profundidade, figura 11. O novo arquivo gerado é exportado, contendo somente as informações selecionadas, o conteúdo é gravado na extensão “.xlsx”, para uso no *software* Microsoft Excel para continuidade das operações de mineração e correção dos dados.

Figura 11 – Tela do *software* CSVed com a classificação dos dados batimétricos.

The screenshot shows the CSVed software interface with a data table. The columns are labeled as Column 16, Column 6, Column 8, Column 4, Column 12, Column 13, Column 14, and Column 18. The data rows are as follows:

Column 16	Column 6	Column 8	Column 4	Column 12	Column 13	Column 14	Column 18
Speed [kn]	Depth [ft]	WaterTem...	LowerLimi...	PositionX	PositionY	TimeOffs...	Track [rad]
0.583153	34.279999	25.049988	98.400002	-4660975	-2623131	48	5.619960
0.583153	34.279999	25.049988	98.400002	-4660975	-2623132	129	5.619960
0.583153	34.330002	25.049988	98.400002	-4660976	-2623130	238	5.619960
0.583153	34.330002	25.079987	98.400002	-4660976	-2623130	324	5.619960
0.583153	34.369999	25.079987	98.400002	-4660976	-2623130	335	5.619960
0.583153	34.369999	25.079987	98.400002	-4660976	-2623130	419	5.619960
0.583153	34.349998	25.049988	98.400002	-4660976	-2623130	514	5.619960
0.583153	34.349998	25.049988	98.400002	-4660976	-2623130	607	5.619960
0.583153	34.439999	25.049988	98.400002	-4660976	-2623130	710	5.619960
0.738661	34.439999	25.049988	98.400002	-4660976	-2623130	798	5.619960
0.738661	34.529999	25.049988	98.400002	-4660976	-2623130	901	5.619960
0.738661	34.529999	25.049988	98.400002	-4660976	-2623130	985	5.637414
0.738661	34.500000	25.049988	98.400002	-4660976	-2623130	1088	5.637414
0.738661	34.500000	25.049988	98.400002	-4660976	-2623129	1178	5.637414
0.738661	34.770000	25.049988	98.400002	-4660976	-2623129	1288	5.637414

The interface also shows a navigation panel on the left, a menu bar at the top, and a toolbar at the bottom. The software version is 2.5.3 2018.

Fonte: CSVed

O ecobatímetro Lowrance grava as informações de profundidade na unidade de medida em pé (ft). Para melhor visualização no MDP gerado, a medida é convertida para metro (m). Essa conversão ocorre ao se aplicar a seguinte fórmula na célula alvo:

$$=CONVERTER(A"X";"ft";"m")*-1$$

Em adição à fórmula empregada na conversão, houve a necessidade de multiplicar o produto resultante por (-1); essa obrigação ocorre em decorrência da construção do MDP, onde valores negativos representam profundidade.

Depois da conversão da unidade de medida de profundidade, é necessária a aplicação de três outras correções nesse valor. A primeira correção é referente a diferença de profundidade ocasionada pela maré do momento da sondagem.

A Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) é a responsável pela publicação da tábua de marés. Os valores de profundidade dos levantamentos batimétricos foram corrigidos com base na tábua de maré do Porto do Forno, Arraial do Cabo - RJ.

Por se tratar de um trabalho acadêmico onde o objetivo é a visualização do banco de “*Sargassum furcatum*”, não foram considerados para efeito de correção de profundidade, outros dados relativos à maré, como a influência da atmosfera no nível do mar.

A segunda correção é referente ao valor da altura de instalação do transdutor (*Draft*). Na embarcação CHERNE, essa medida é de 76 cm, correspondendo a distância da linha d’água até a extremidade do equipamento.

A terceira correção se deve pela diferença dos valores de profundidades, na calibração do transdutor com o uso de prumo de mão graduado, figura 12.

Figura 12 – Conversão e correção dos dados batimétricos

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	PX	PY	Depth(ft)	Depth[m]	Maré	Draft	Calibração	PZ			
2	-4660388	-2623304	13,25	-4,04	0,40	0,76	0,02	-4,38			
3	-4660389	-2623304	13,25	-4,04	0,40	0,76	0,02	-4,38			
4	-4660390	-2623303	13,00	-3,96	0,40	0,76	0,02	-4,30			
5	-4660390	-2623302	13,09	-3,99	0,40	0,76	0,02	-4,33			
6	-4660390	-2623302	13,09	-3,99	0,40	0,76	0,02	-4,33			
7	-4660391	-2623302	12,66	-3,86	0,40	0,76	0,02	-4,20			
8	-4660391	-2623301	12,99	-3,96	0,40	0,76	0,02	-4,30			
9	-4660392	-2623300	13,42	-4,09	0,40	0,76	0,02	-4,43			
10	-4660393	-2623300	13,61	-4,15	0,40	0,76	0,02	-4,49			
11	-4660393	-2623299	13,36	-4,07	0,40	0,76	0,02	-4,41			
12	-4660394	-2623298	12,97	-3,95	0,40	0,76	0,02	-4,29			
13	-4660395	-2623297	12,83	-3,91	0,40	0,76	0,02	-4,25			
14	-4660396	-2623296	13,30	-4,05	0,40	0,76	0,02	-4,39			
15	-4660396	-2623295	13,27	-4,04	0,40	0,76	0,02	-4,38			
16	-4660397	-2623295	13,58	-4,14	0,40	0,76	0,02	-4,48			
17	-4660397	-2623294	13,41	-4,09	0,40	0,76	0,02	-4,43			
18	-4660397	-2623293	13,41	-4,09	0,40	0,76	0,02	-4,43			
19	-4660398	-2623293	12,62	-3,85	0,40	0,76	0,02	-4,19			
20	-4660398	-2623292	12,62	-3,85	0,40	0,76	0,02	-4,19			
21	-4660398	-2623291	12,62	-3,85	0,40	0,76	0,02	-4,19			
22	-4660399	-2623290	13,28	-4,05	0,40	0,76	0,02	-4,39			
23	-4660399	-2623289	13,14	-4,01	0,40	0,76	0,02	-4,35			
24	-4660399	-2623288	13,19	-4,02	0,40	0,76	0,02	-4,36			
25	-4660399	-2623287	12,96	-3,95	0,40	0,76	0,02	-4,29			

Fonte: Dados batimétricos

Para a realização de levantamentos batimétricos, os ecobatímetros monofeixes devem ser calibrados no momento da sondagem (FERREIRA et al., 2013).

A calibração foi realizada através de um prumo de mão graduado. O prumo de mão é arriado na direção do transdutor, medindo-se a profundidade pelo cabo graduado e comparando com o valor obtido pelo ecobatímetro. Assim, a diferença do valor de profundidade, se houver, é corrigida no pós-processamento, ao adicionar ou subtrair valores dos dados coletados.

Em um novo processo de mineração de dados, com a técnica de associação demonstrada na figura 13, foram eliminados os dados de geoposicionamento e profundidade encontrados na tabela que continham valores iguais a 0. Esse valor é registrado com a perda de sinal acústico no transdutor. É essencial que esses dados não sejam considerados na construção dos MDP, o que poderia influenciar nos modelos construídos.

Figura 13 – Associação dos valores nulos de profundidade

1	PX	PY	Depth[ft]	Depth[m]	Maré	Draft	Calibração	PZ
5420	-4660385	-2623290	10,08	-3,07	0,40	0,76	0,02	-3,41
5421	-4660385	-2623290	0,00	0,00	0,40	0,76	0,02	-0,34
5422	-4660385	-2623290	0,00	0,00	0,40	0,76	0,02	-0,34
5423	-4660385	-2623290	0,00	0,00	0,40	0,76	0,02	-0,34
5424	-4660385	-2623290	0,00	0,00	0,40	0,76	0,02	-0,34
5425	-4660385	-2623290	0,00	0,00	0,40	0,76	0,02	-0,34
5426	-4660385	-2623290	0,00	0,00	0,40	0,76	0,02	-0,34
5427	-4660385	-2623290	0,00	0,00	0,40	0,76	0,02	-0,34
5428	-4660385	-2623290	0,00	0,00	0,40	0,76	0,02	-0,34
5429	-4660385	-2623290	0,00	0,00	0,40	0,76	0,02	-0,34
5430	-4660385	-2623290	0,00	0,00	0,40	0,76	0,02	-0,34
5431	-4660385	-2623290	0,00	0,00	0,40	0,76	0,02	-0,34
5432	-4660385	-2623290	0,00	0,00	0,40	0,76	0,02	-0,34
5433	-4660385	-2623290	0,00	0,00	0,40	0,76	0,02	-0,34
5434	-4660385	-2623290	0,00	0,00	0,40	0,76	0,02	-0,34
5435	-4660385	-2623290	0,00	0,00	0,40	0,76	0,02	-0,34
5436	-4660384	-2623290	0,00	0,00	0,40	0,76	0,02	-0,34
5437	-4660384	-2623290	0,00	0,00	0,40	0,76	0,02	-0,34
5438	-4660384	-2623290	10,44	-3,18	0,40	0,76	0,02	-3,52
5439	-4660384	-2623290	10,44	-3,18	0,40	0,76	0,02	-3,52
5440	-4660384	-2623290	0,00	0,00	0,40	0,76	0,02	-0,34
5441	-4660384	-2623290	0,00	0,00	0,40	0,76	0,02	-0,34
5442	-4660384	-2623290	0,00	0,00	0,40	0,76	0,02	-0,34
5443	-4660384	-2623290	0,00	0,00	0,40	0,76	0,02	-0,34

Fonte: Dados Batimétricos

Após realizada a mineração os dados, é executada a tabulação final dos valores obtidos e gravados para inserção correta dos dados de batimetria no *software* de interpolação.

3.2.3 Interpolação dos dados batimétricos

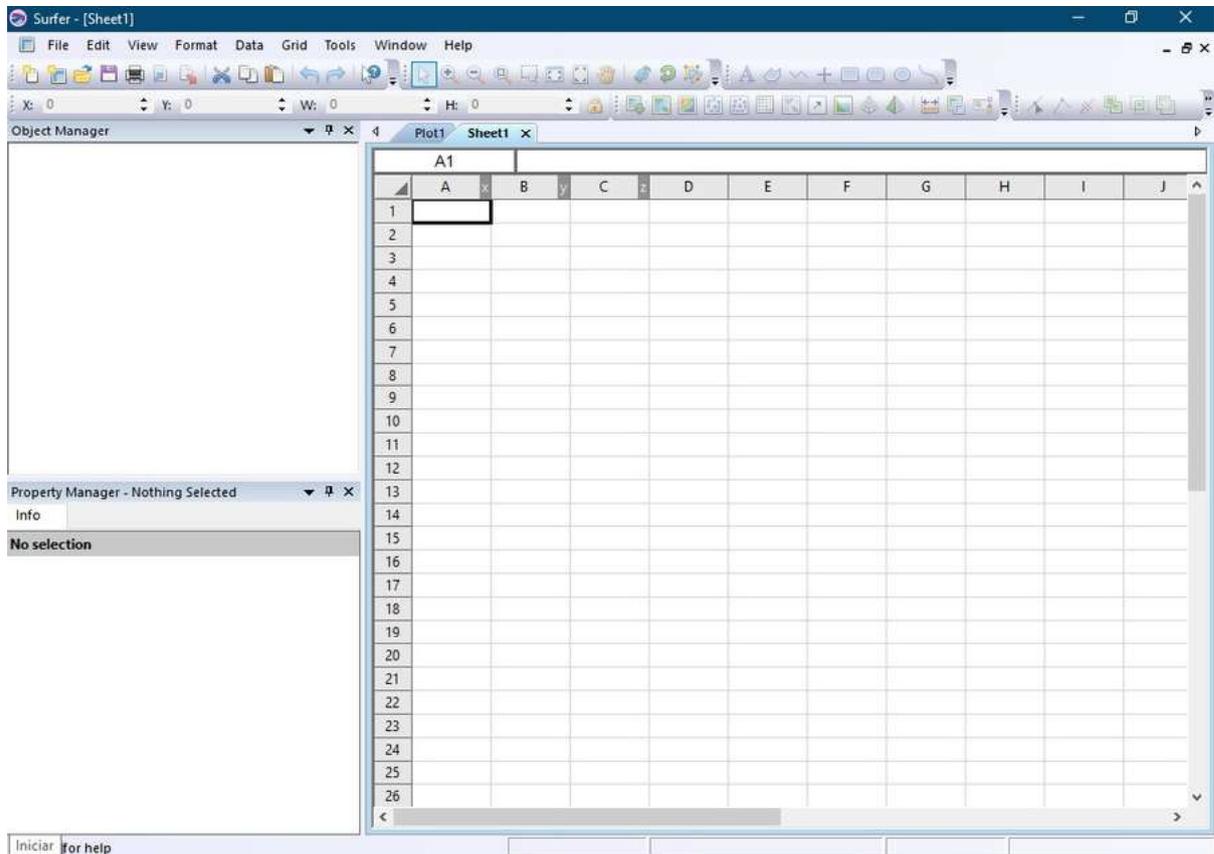
Depois do processo de mineração e correção, o arquivo gerado pelo Microsoft Excel inclui os dados batimétricos já formatados na condição X, Y e Z, passíveis de leitura no *software* SURFER 13, para início da construção do MDP.

A interpolação de dados batimétricos monofeixe parte do princípio que posições aproximadas no espaço tendem a ter valores mais parecidos do que pontos mais afastados (CARMO et al., 2014). A quantidade de dados coletados tem peso determinante no método escolhido de interpolação.

A interpolação de dados batimétricos é fundamental na construção do MDP. O resultado do levantamento batimétrico monofeixe é um conjunto de coordenadas X, Y e Z. Seu emprego de forma direta, sem o uso correto de métodos de interpolação pode gerar erros na construção dos MDP, por não considerarem valores de locais não cobertos nas sondagens.

A figura 14 apresenta a tela inicial do *software* SURFER 13, com sua planilha de entrada de dados. É possível visualizar, ao lado dos nomes nas colunas A, B e C, a correspondência dos valores de X, Y e Z.

Figura 14 – Tela do *software* SURFER 13 com a planilha de entrada de dados XYZ



Fonte: SURFER 13

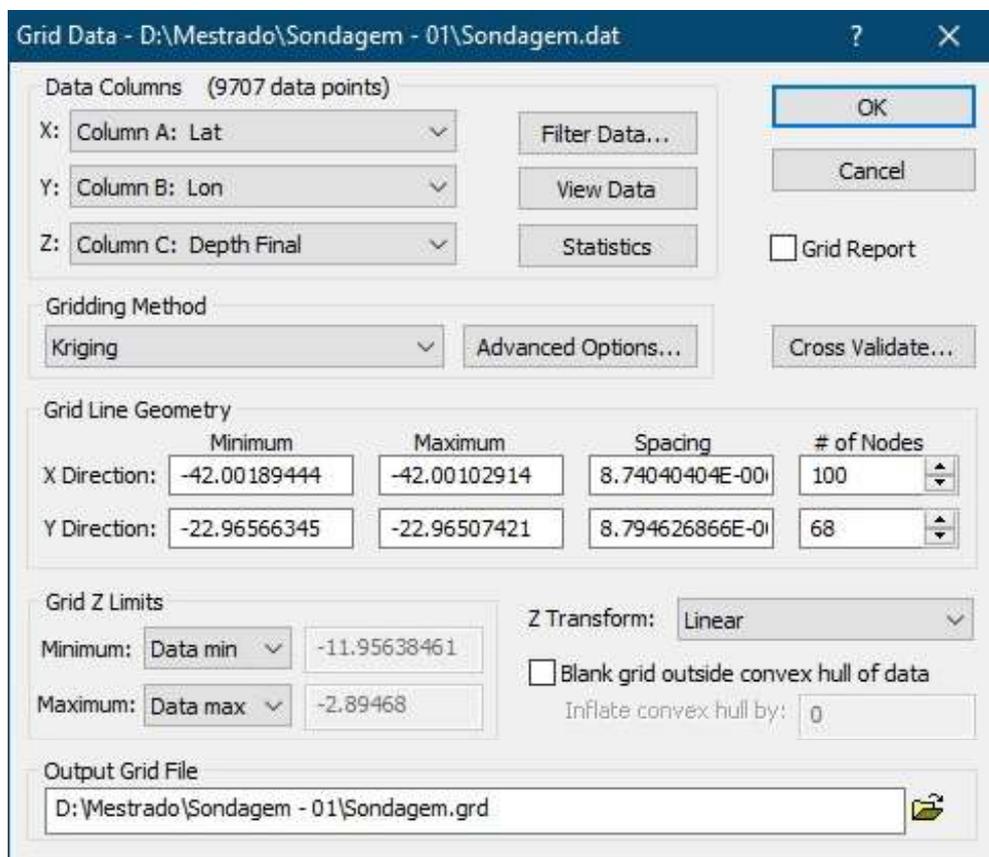
O *software* SURFER 13 possui uma planilha de entrada de dados semelhante à planilha disponibilizada no *software* Microsoft Excel. Dessa maneira, permite importar grupos de informações, o que favorece o carregamento dos dados de batimetria monofeixe. Essa planilha de entrada pode ser acessada através do comando “FILE | NEW | WORKSHEET”.

Para preencher a planilha, são criadas três colunas que vão receber os dados da sondagem. É possível renomear a primeira linha de cada coluna em relação ao nome da variável atribuída. A primeira coluna recebe os valores da posição X, a segunda os valores da posição Y e terceira os valores de profundidade, respectivamente, se tornando a variável Z.

Deste modo, com os dados corretamente estabelecidos em suas respectivas colunas, grava-se o arquivo para posterior interpolação. Os dados gravados dessa forma adquirem a extensão de arquivo Surfer Grid File (“.dat”), que vai ser lido pelas próximas etapas do processo de criação do MDP.

O próximo passo é carregar o arquivo “.dat” gerado anteriormente (LANDIM et al., 2002), através do menu “GRID\DATA” (figura 15). A janela aberta na sequência apresenta algumas informações básicas sobre os dados.

Figura 15 – Tela do *software* SURFER 13 com o menu Grid\Data



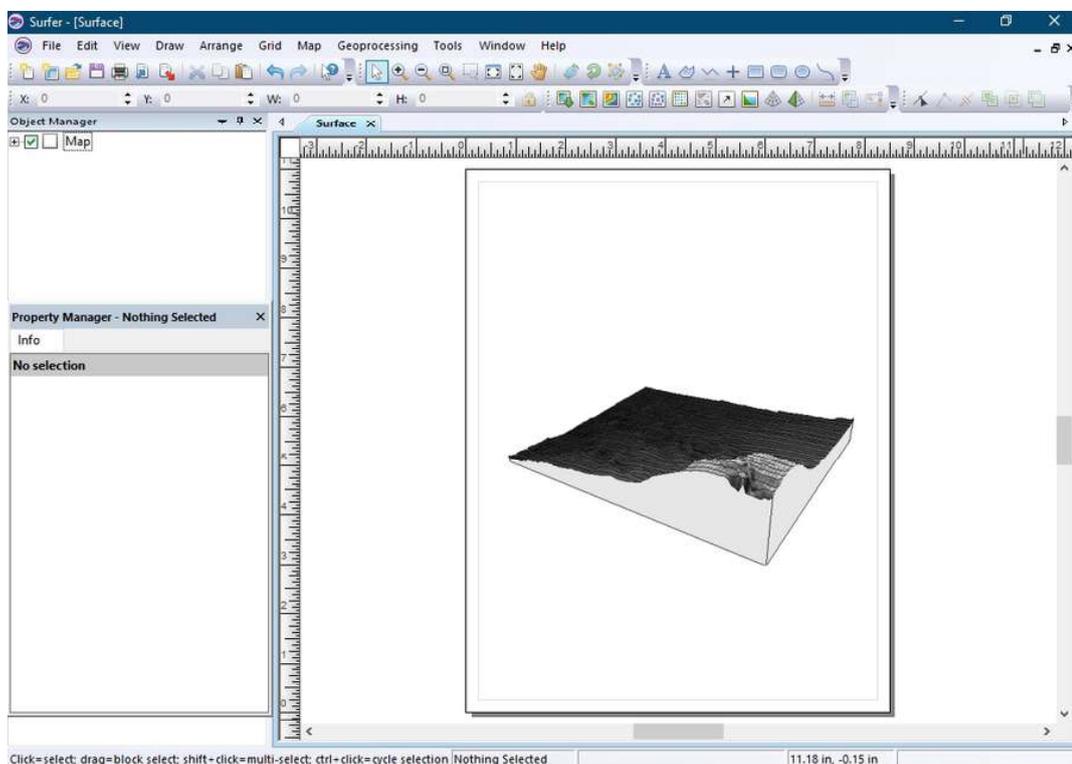
Posteriormente, deve-se selecionar o método de interpolação desejado, de maneira a atender as peculiaridades dos dados alvos da interpolação.

O método da krigagem é definido como padrão inicial para os processos de interpolação no *software* SURFER 13. Após essa etapa, gera-se um arquivo com os dados já interpolados, no formato Surfer Grid File (".grd") pelo comando no menu "MAP|WIREFRAME". Na utilização da krigagem, foi selecionado no *software* SURFER 13 o método da krigagem normal, que utiliza por padrão o modelo de variograma linear e da tipagem por pontos.

A característica principal da krigagem, em relação a outros métodos de interpolação, está no peso atribuído aos pontos pela posição espacial que ocupam. Os dados coletados de geoposicionamento pelo ecobatímetro Lowrance estão referenciados ao sistema de coordenadas UTM e WGS-84³.

Após a geração da malha de pontos interpolados no formato ".grd", define-se a construção do MDP. O *software* SURFER 13, figura 16, permite a criação de diversas categorias de MDP: mapa de contorno; mapa de pontos; mapas de base ou de superfície 3-D (LANDIM et al., 2002). O MDP escolhido para esse projeto foi a superfície 3-D, por permitir uma visualização singular das características da variável profundidade.

Figura 16 – Tela do *software* SURFER 13 com o MDP criado



Fonte: SURFER 13

³ Modelo matemático teórico da representação da superfície da Terra ao nível do mar.

4 RESULTADOS

4.1 ÁREA DE LEVANTAMENTO DO “BANCO DE SARGASSUM”

A figura 17 apresenta o assoalho marinho do “Banco de Sargassum”.

Figura 17 – “Banco de Sargassum” da Praia do Farol



Fonte: Do Autor

Através de dados batimétricos do levantamento realizado na praia do Farol, foi possível identificar a mudança na linha de contorno de profundidade (figura 18), de quando, realizava a sondagem em cima do banco de macroalgas. Houve mudanças significativas na continuidade das linhas observadas.

Figura 18 – Perfil sonográfico no “Banco de Sargassum”

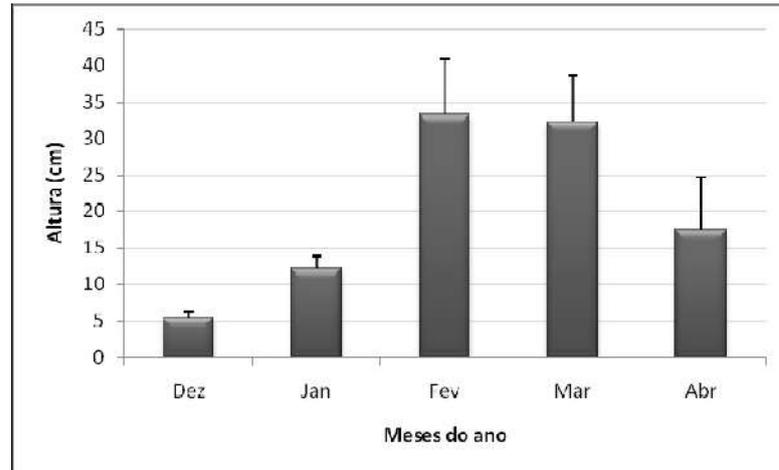


Fonte: Dados batimétricos "Banco de Sargassum"

O perfil sonográfico revela as diferenças de altura dos arranjos formados pela comunidade de macroalgas desse banco. As alturas oscilaram em uma média de 35 cm, aumentando a profundidade progressivamente no decorrer dos pontos visualizados.

O estudo realizado por Ferreira (2018), figura 19, revela a altura média e desvio mensal da população de *Sargassum furcatum* no banco da Ilha do Cabo Frio de dezembro de 2014 a abril de 2015.

Figura 19 – Altura média e desvio mensal da população de *Sargassum furcatum*



Adaptado de: Ferreira (2018)

O primeiro MDP gerado com os dados coletados no levantamento batimétrico monofeixe do “Banco de Sargassum” apresenta o mapeamento em uma superfície 3-D.

Ao observar o primeiro modelo (figura 20) gerado pelo *software* SURFER 13, percebe-se o relevo submarino, na maior parte amostrada de forma acidentada e crescente à medida que a profundidade diminui. À direita da imagem, com a cor em azul-escuro esta o ponto onde se obteve a menor profundidade.

Figura 20 – MDP do “Banco de Sargassum” em 3-D vista de perfil



Fonte: Dados batimétricos do sítio "Banco de Sargassum"

Ao analisar esse conjunto de estruturas, três fatores corroboram para a determinação que essa construção se trata do banco de “Sargassum furcatum”:

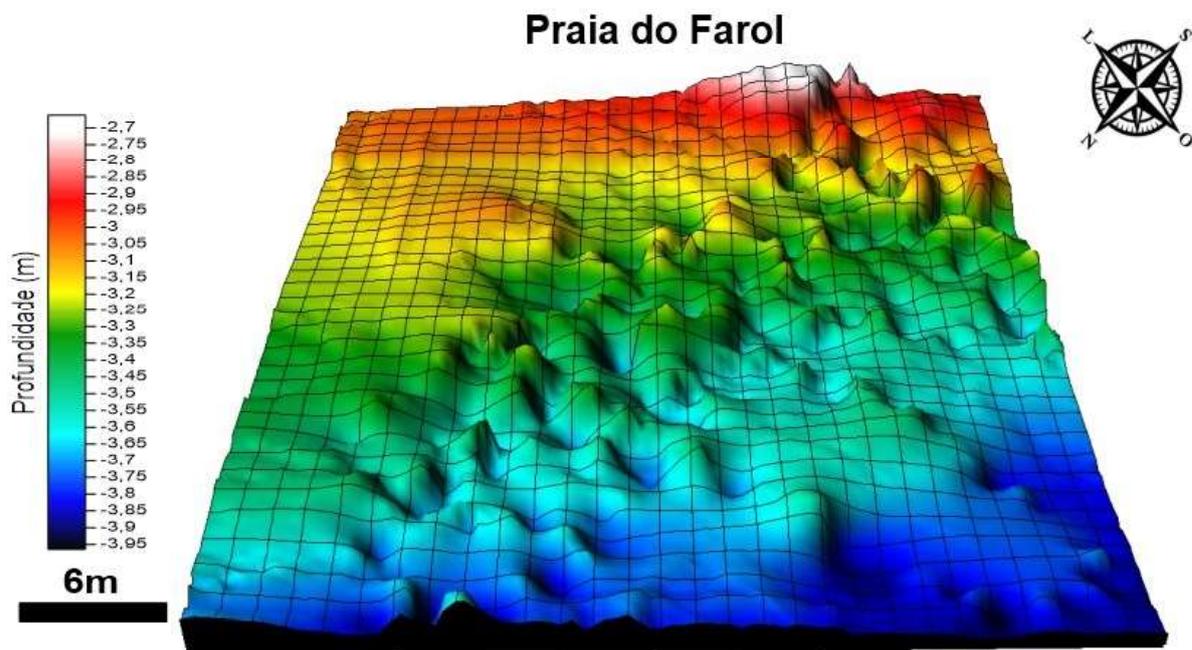
- Diferença entre elementos do mesmo gráfico
- Localização geográfica do sítio
- Altura média das estruturas

Na visualização do “Banco de Sargassum” em um ângulo de 45°, (figura 21) é possível identificar, na parte esquerda da imagem (do ponto de vista do observador), um relevo mais suave (menos acidentado). Esse arranjo ocorre até o encontro com uma construção mais acidentada.

Esse relevo refere-se ao fundo submarino com presença predominante de areia, formando um gráfico mais tênue sem muitas imperfeições ou rugosidades.

Essa formação se estende à esquerda da imagem e percorre quase totalmente a parte menos profunda do gráfico, representada pela cor mais avermelhada.

Figura 21 – MDP do “Banco de Sargassum” em 3-D vista de 45°



Fonte: Dados batimétricos do sítio "Banco de Sargassum"

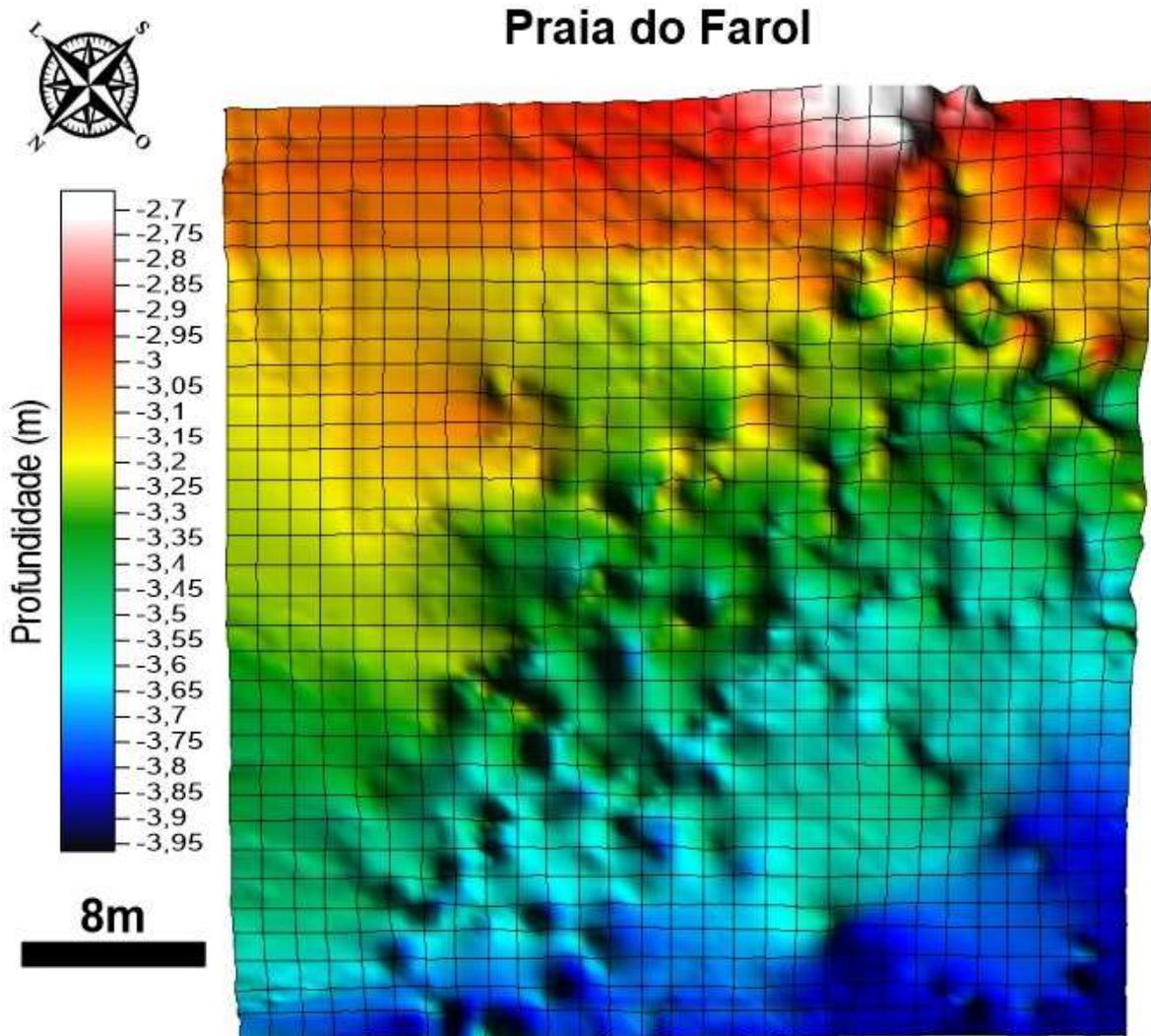
O terceiro MDP gerado com os dados do levantamento batimétrico “Banco de Sargassum” revela uma visão aérea sobre o sítio. É possível identificar que as estruturas do banco de Sargassum se prolongam em todo MDP, com poucas estruturas reveladas nas profundidades acima de 2,8 m.

Outro aspecto nesse MDP é o relevo menos acidentado no lado esquerdo do gráfico, expondo um gradiente submarino menos acentuado, sem a presença das estruturas que constituem a maior parte do MDP.

As maiores profundidades exibidas no MDP Superfície 3-D “Banco de Sargassum” Vista Aérea, são representadas pela cor azul-escuro e sua incidência ocorre entre os valores de 3.7 a 3.95 m.

No MDP abaixo (figura 22), é revelada a presença isolada de algumas estruturas do banco de “*Sargassum furcatum*” em diferentes profundidades, sendo o conjunto mais abundante desses elementos no seu centro e à direita.

Figura 22 – MDP do “Banco de Sargassum” em 3-D vista de 90°



Fonte: Dados batimétricos do sítio "Banco de Sargassum"

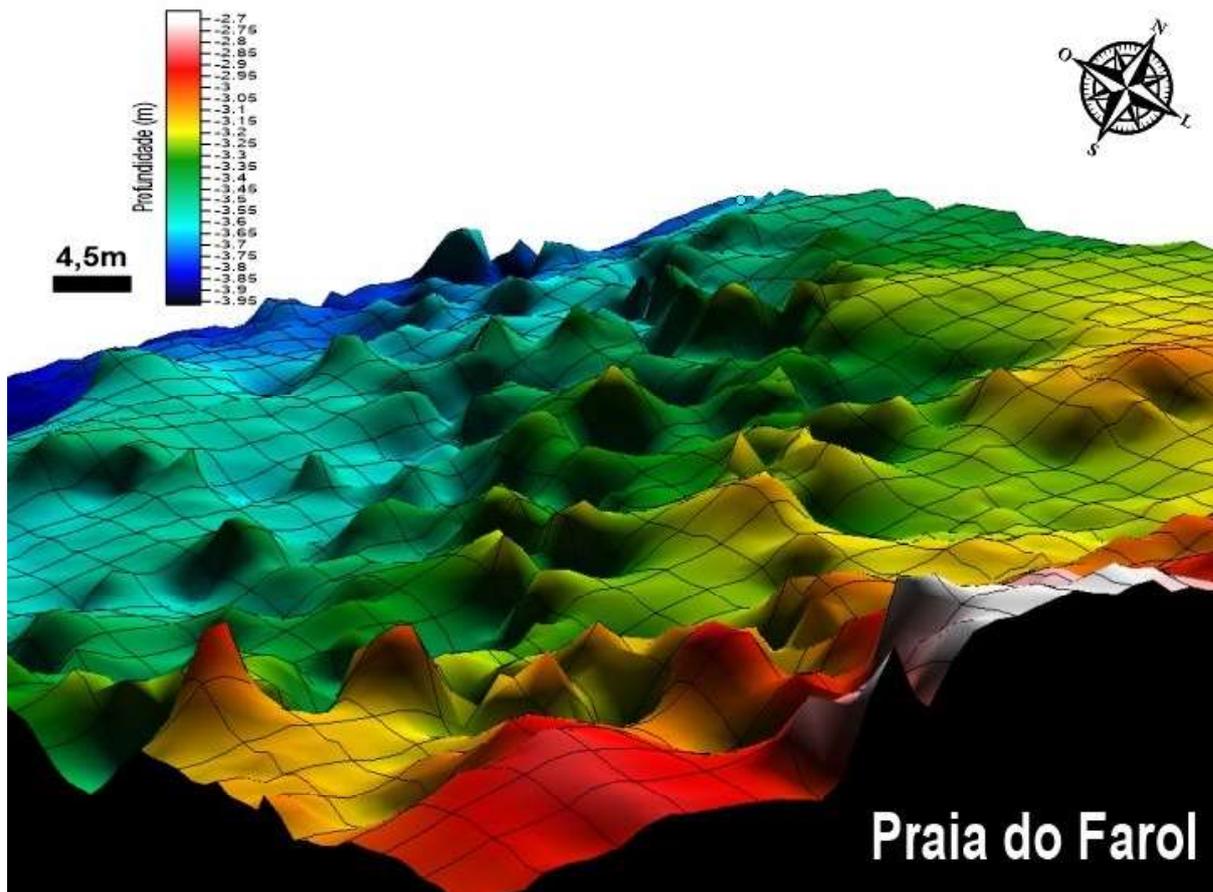
O MDP com a visão aproximada das estruturas no “Banco de Sargassum” apresenta um gradiente decrescente e estruturas separadas em direção a região de maior profundidade.

É possível identificar uma maior ocorrência de estruturas na região entre as profundidades de 2,8 m a 3,7 m. Com o MDP é possível visualizar a altura das estruturas em relação à base do gráfico a que pertencem não superiores a 35 cm.

De acordo com o trabalho de Ferreira (2018), no ano de 2015, a altura média dos indivíduos pertencentes ao banco “*Sargassum furcatum*” da Ilha do Cabo Frio, no mês de fevereiro, foi de 33,25 cm.

O modelo digital de profundidade com visão aproximada, demonstrada na figura 23, revela a distribuição espacial dos elementos do banco de “*Sargassum furcatum*” do ponto de vista de sua base, expondo a ligação entre as estruturas e o declínio na profundidade.

Figura 23 – MDP com visão aproximada das estruturas do “Banco de Sargassum”



Fonte: Dados batimétricos do sítio "Banco de Sargassum"

Encontra-se evidenciada a formação irregular nas linhas de contorno de profundidade em confrontação aos demais perfis sonográficos gerados pelos levantamentos realizados em outros sítios.

4.2 ÁREA DE LEVANTAMENTO DO “CAIS DA ILHA DO CABO FRIO”

O segundo sítio onde foi realizado o levantamento batimétrico monofeixe desse estudo foi denominado “Cais da Ilha do Cabo Frio”.

Ao determinar o gradiente de profundidade, não foi observado no perfil sonográfico obtido, as linhas de contorno formadas no primeiro levantamento, o que indica a inexistência de estruturas similares ao banco de macroalgas, nas proximidades do Cais da Ilha do Cabo Frio, figura 24.

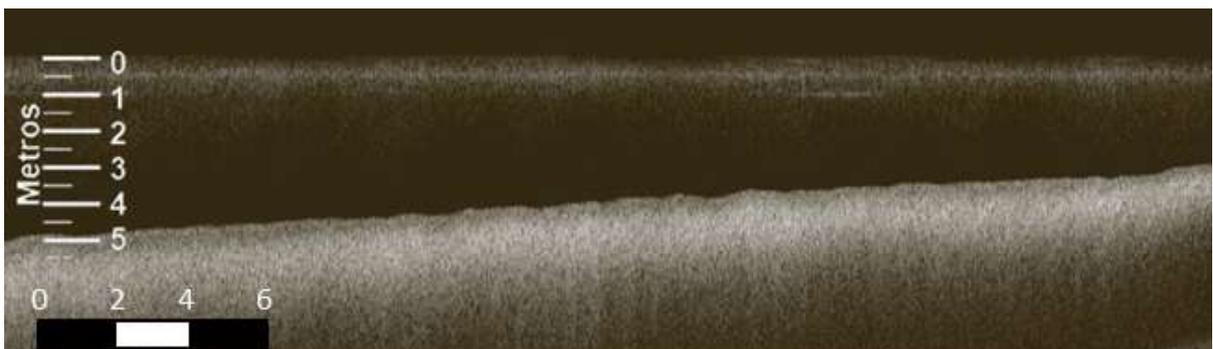
Figura 24 – Cais da Ilha do Cabo Frio



Fonte: Google Earth

Ao analisar o perfil sonográfico do Cais da Ilha do Cabo Frio, figura 25, construído com os dados do levantamento batimétrico, foi constatado um leve relevo crescente ao se aproximar na direção do cais da ilha, com pouca rugosidade no fundo.

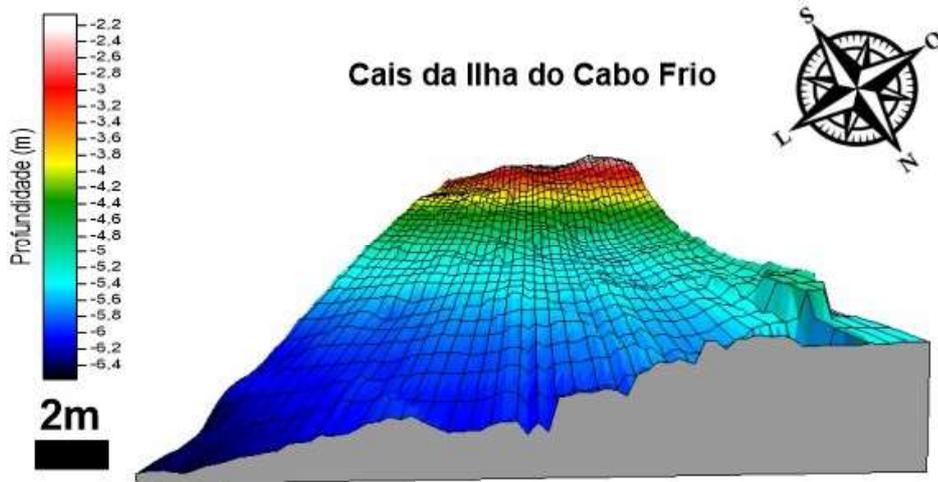
Figura 25 – Perfil Sonográfico do Cais da Ilha do Cabo Frio



Fonte: Dados batimétricos "Cais da Ilha do Cabo Frio"

Ao analisar o primeiro MDP gerado pelo *software* SURFER 13 da superfície 3-D do Cais da Ilha do Cabo Frio, em perfil na figura 26, percebe-se o relevo submarino sem estruturas parecidas com o modelo do “Banco de Sargassum”.

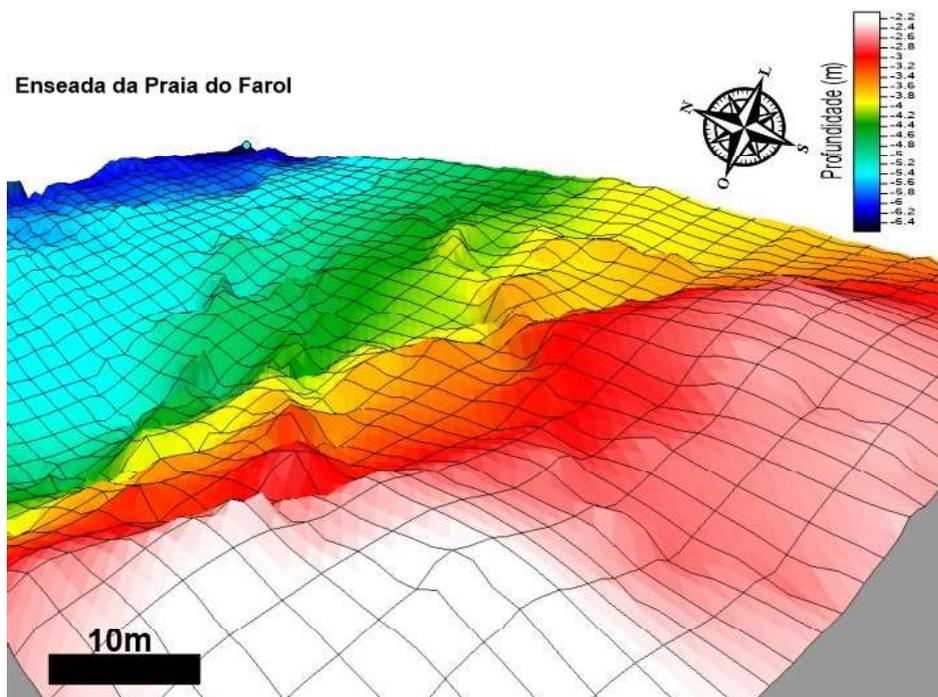
Figura 26 – MDP do “Cais da Ilha do Cabo Frio” em 3-D vista de perfil



Fonte: Dados batimétricos "Cais da Ilha do Cabo Frio"

A visão aproximada do relevo do “Cais da Ilha de Cabo Frio” (figura 27) Apresenta um gradiente leve, crescente e contínuo, na medida que se aproxima da região com menores profundidades.

Figura 27 – MDP com visão aproximada do relevo do “Cais da Ilha do Cabo Frio”



Fonte: Dados batimétricos "Cais da Ilha do Cabo Frio"

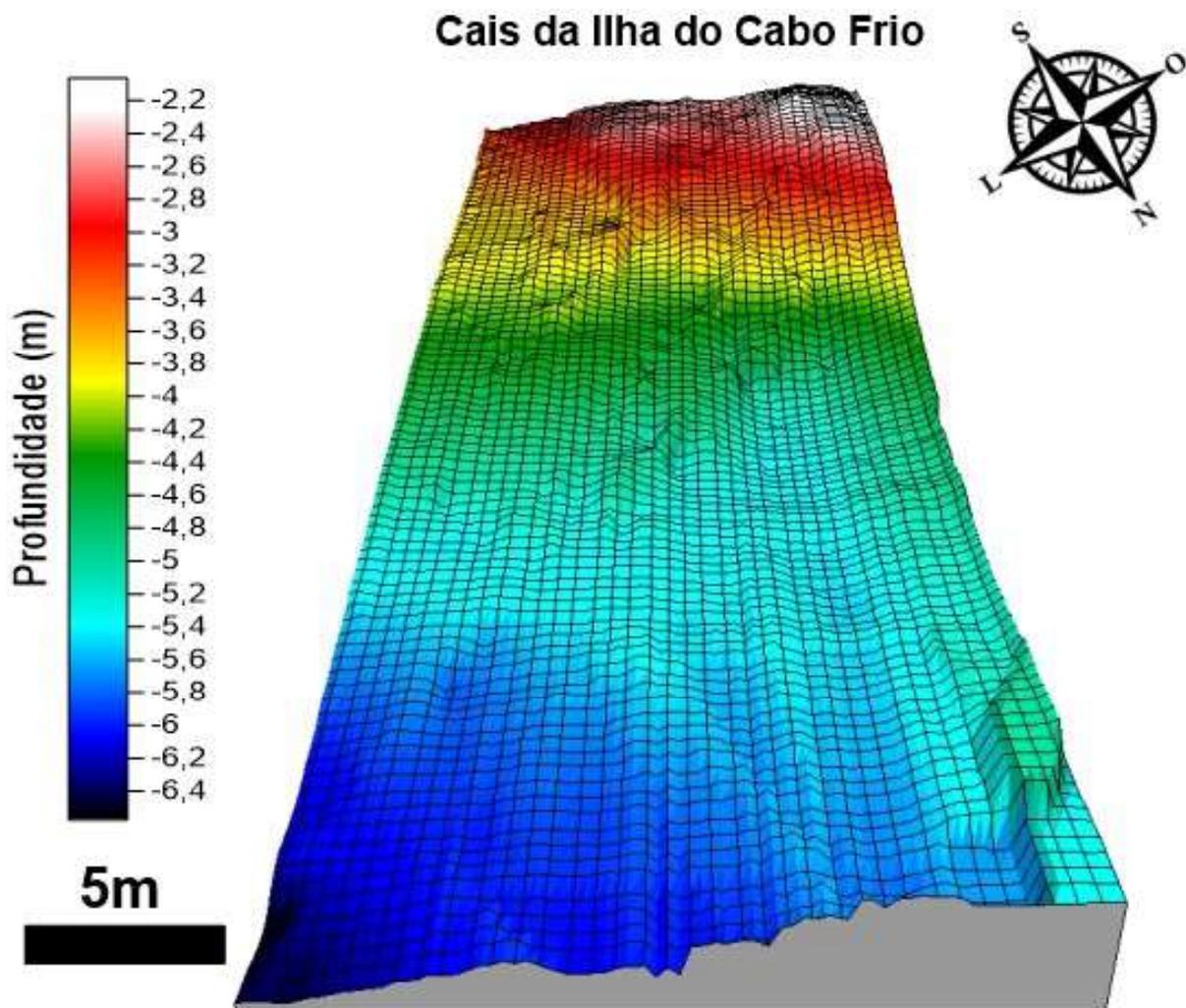
Dessa maneira, é possível concluir que inexistem elementos da comunidade do banco de "*Sargassum furcatum*" nessa região pesquisada. Não é possível verificar no gráfico gerado nenhum elemento que dificulte ou que seja necessária atenção especial para a navegação nessa localidade.

O segundo MDP, ao mudar o ângulo de visão, indica a continuação do relevo submarino de forma crescente a região com menos profundidade.

Com o auxílio do gradiente de cores formado pelas diferenças de profundidade na imagem, é possível notar com clareza a sua variação contínua e regular.

O contorno submarino do cais da ilha, visto em um ângulo de 45°, exibido na figura 28, apresenta, em sua grande parte, um gradiente tênue, sem ondulações ou vestígios de estruturas similares ao encontrado no sítio "Banco de Sargassum".

Figura 28 – MDP do "Cais da Ilha do Cabo Frio" em 3-D vista de 45°

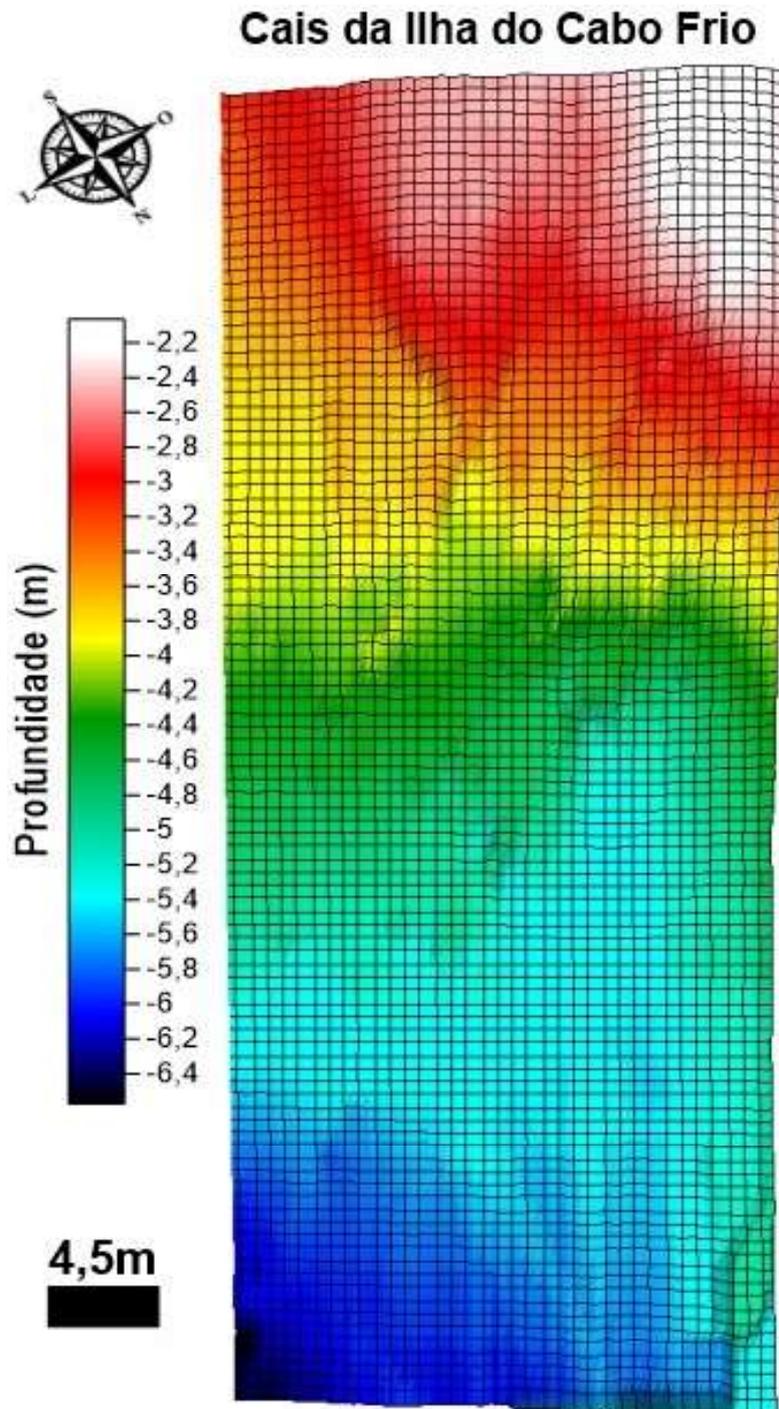


Fonte: Dados batimétricos "Cais da Ilha do Cabo Frio"

O contorno do relevo é gradual e contínuo em todo seguimento do modelo digital de profundidade apresentado.

O último MDP gerado com os dados do levantamento batimétrico “Cais da Ilha do Cabo Frio”, figura 29, revela uma visão aérea sobre o sítio. O gradiente submarino construído é regular e sem evidência de estruturas similares ao encontrado no MDP do “Banco de Sargassum”.

Figura 29 – MDP do “Cais da Ilha do Cabo Frio” em 3-D vista de 90º



Fonte: Dados batimétricos "Cais da Ilha do Cabo Frio"

4.3 ÁREA DE LEVANTAMENTO DA “FENDA DE NOSSA SENHORA”

O terceiro e último ponto onde foi realizado o levantamento batimétrico desse estudo foi denominado “Fenda de Nossa Senhora” (figura 30).

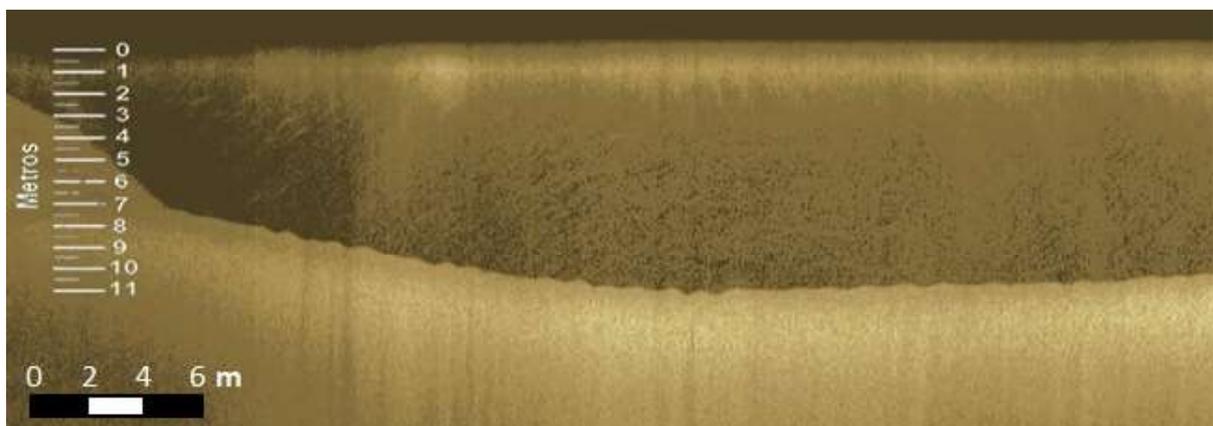
Figura 30 – Fenda de Nossa Senhora



Fonte: Google Earth

Os dados batimétricos desse levantamento foram visualizados no programa SonarViewer 2.1.2 (figura 31). Na análise do perfil sonográfico construído, é possível verificar mudanças bruscas na profundidade.

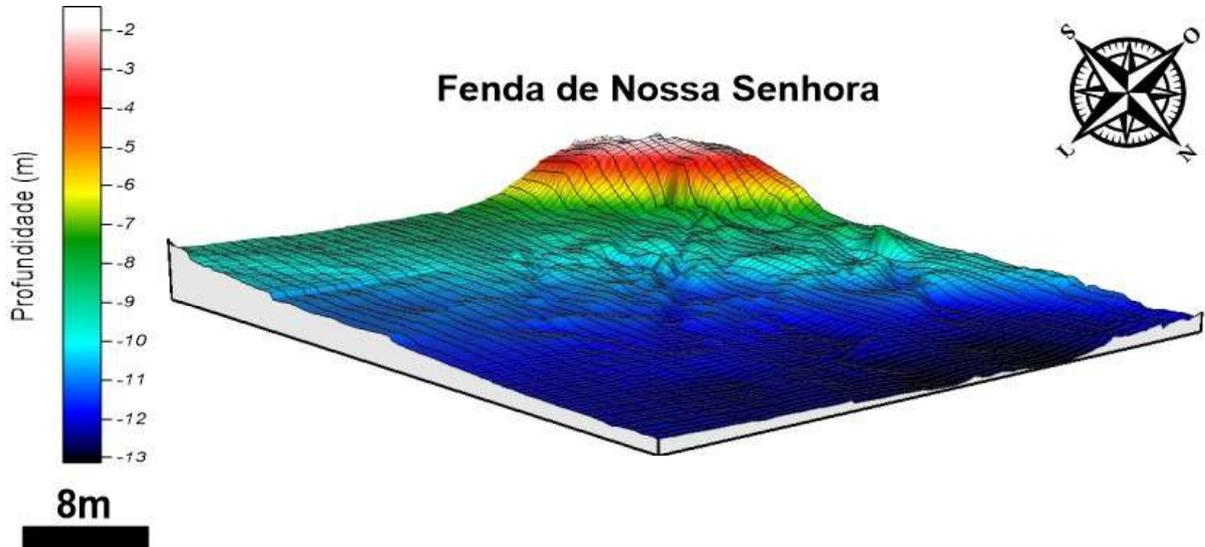
Figura 31 – Perfil Sonográfico da “Fenda de Nossa Senhora”



Fonte: Dados batimétricos "Fenda de Nossa Senhora"

Percebe-se no relevo submarino apresentado no MDP da figura 32, a grande elevação de profundidade ao centro da imagem de acordo com a escala de cores.

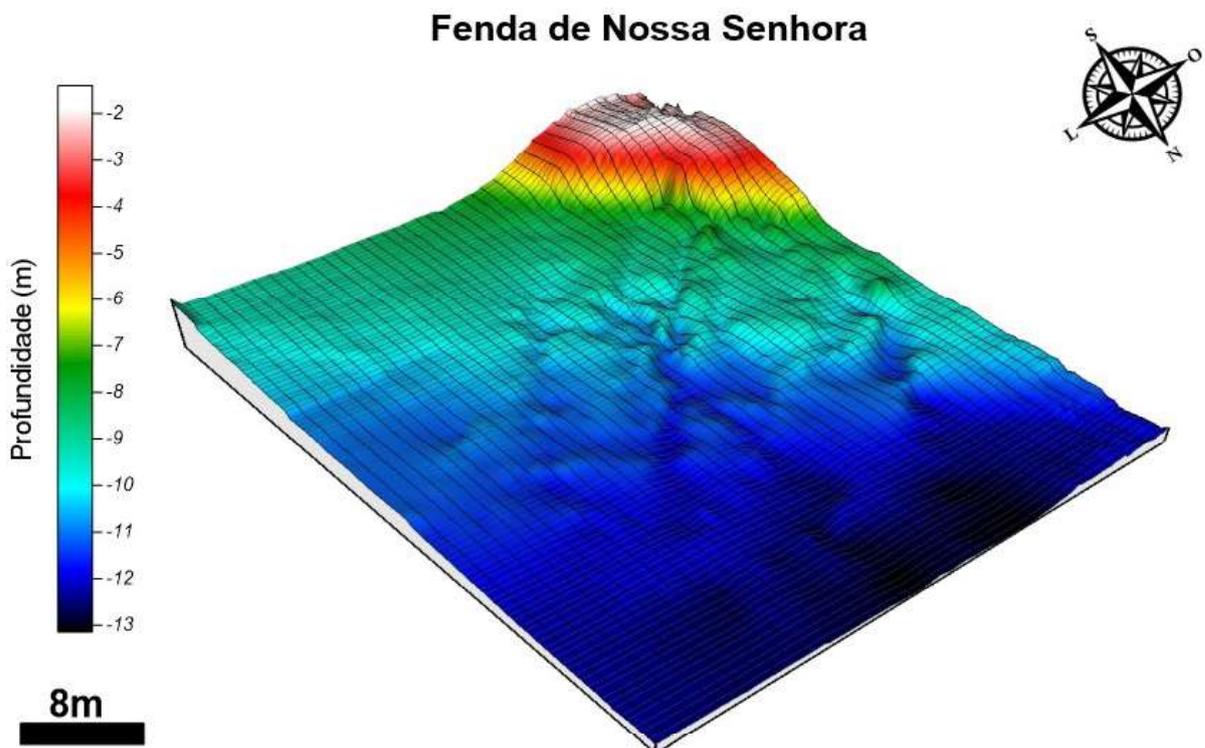
Figura 32 – MDP da “Fenda de Nossa Senhora” em 3-D vista de perfil



Fonte: Dados batimétricos da "Fenda de Nossa Senhora"

Na parte superior da figura 33, os valores de profundidade variam em torno de 2 a 6 m pela escala de cores. A região de maior profundidade visualizada na figura encontra-se à direita da imagem (do ponto de vista do observador) chegando a 13 m.

Figura 33 – MDP da “Fenda de Nossa Senhora” em 3-D vista de 45°



Fonte: Dados batimétricos da "Fenda de Nossa Senhora"

A proximidade da “Fenda de Nossa Senhora” com o canal marítimo do “Boqueirão” permitiu a identificação do gradiente formado e revelou grandes diferenças de profundidade nessa região da enseada.

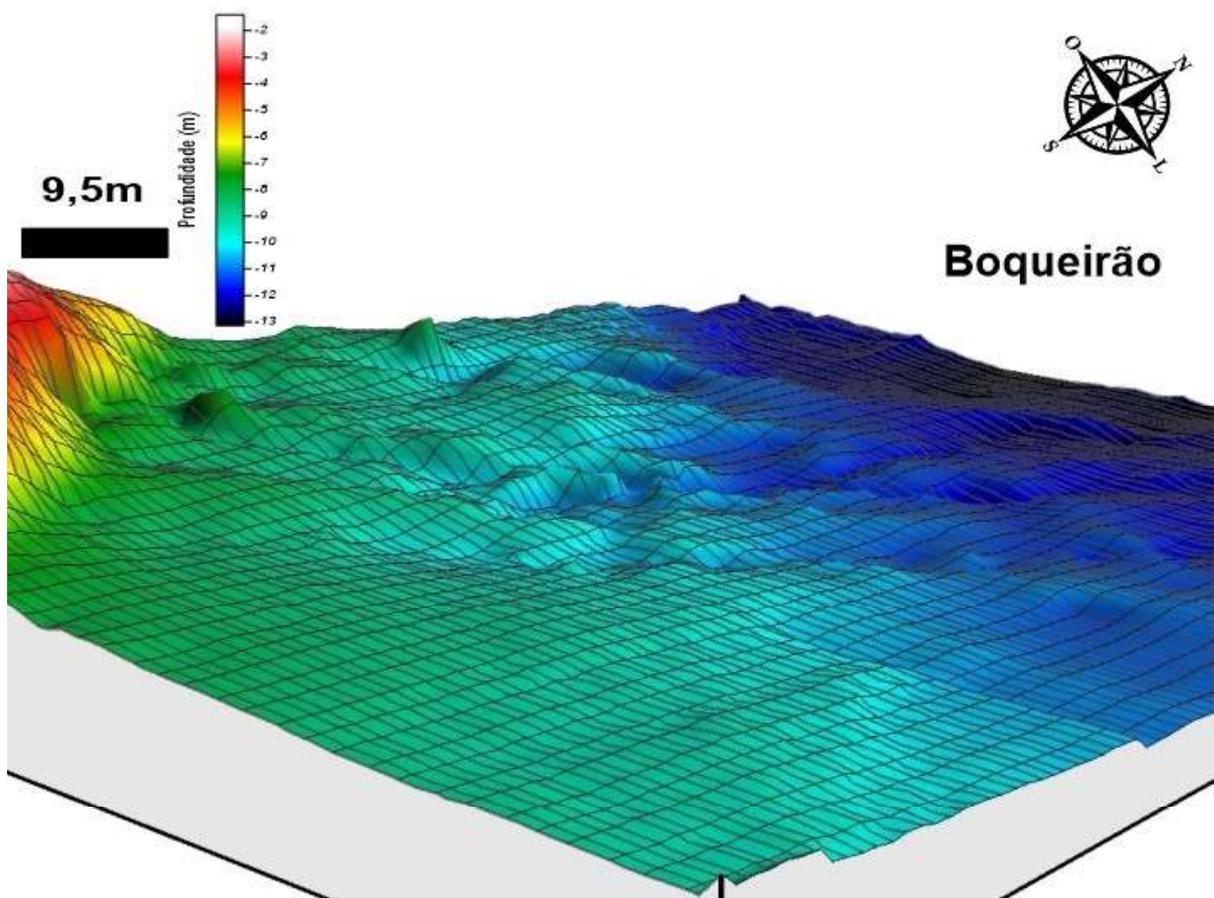
Em profundidades menores e mais próximas da “Fenda de Nossa Senhora”, são observadas estruturas espalhadas e irregulares. Nessa região, através de mergulhos autônomos, foi verificada a presença de diversos conjuntos de pedras soltas, o que corrobora para esse tipo de formação no MDP criado.

As estruturas morfológicas reveladas no MDP da “Fenda de Nossa Senhora” apontam para uma maior incidência de suas formações a partir da profundidade de 7 m. Elas se diferenciam das encontradas no “Banco de *Sargassum*” em sua distribuição espacial, altura média e profundidade.

Ocorreu o aumento acentuado da profundidade ao se aproximar da área que se compreende o “Boqueirão”, à direita da “Fenda de Nossa Senhora”.

A visão aproximada do relevo do MDP da “Fenda de Nossa Senhora” (figura 34) apresenta um gradiente acidentado, à medida que aumenta a profundidade. As estruturas e disposições formadas no seu relevo difere das encontradas no MDP do “Banco de *Sargassum*”.

Figura 34 – MDP com a visão aproximada do relevo da “Fenda de Nossa Senhora”



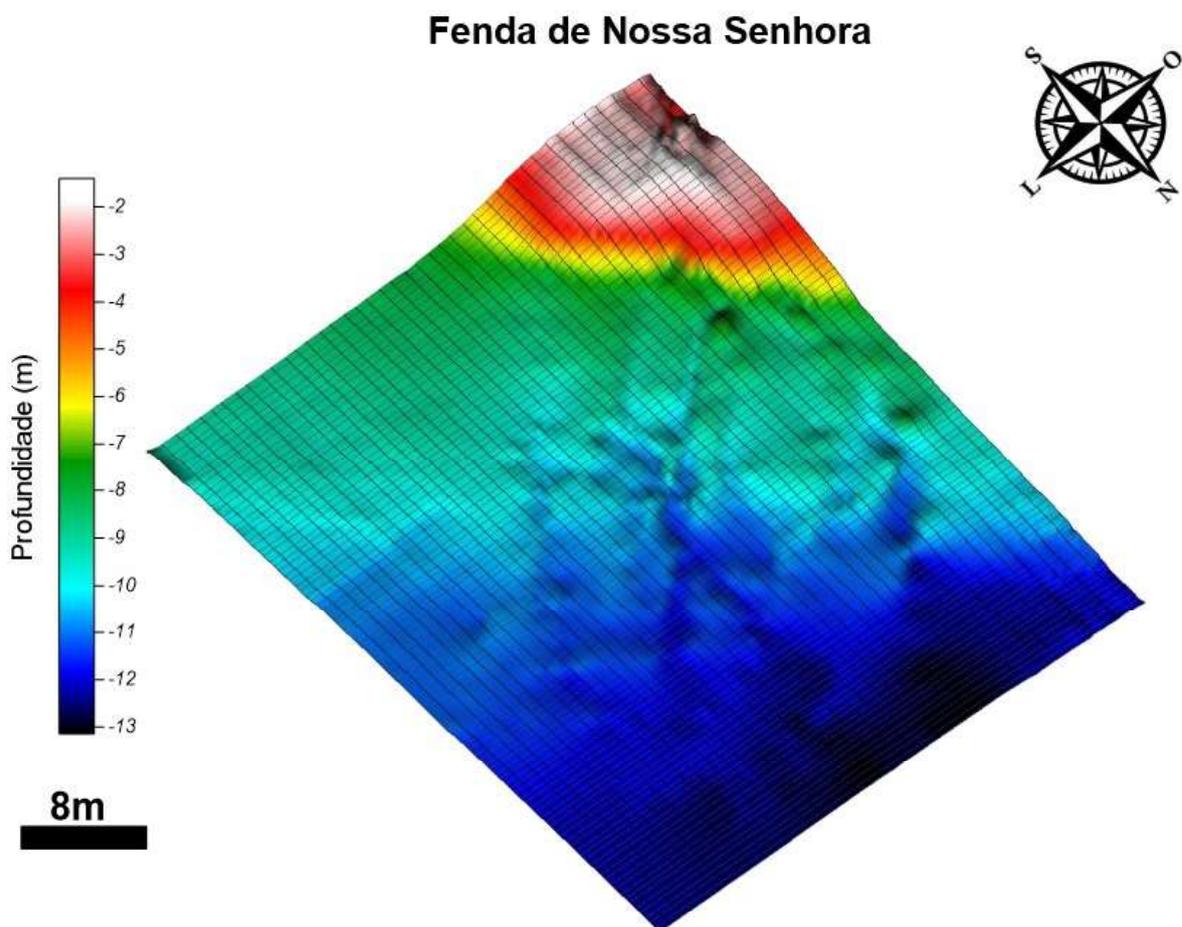
Fonte: Dados batimétricos da "Fenda de Nossa Senhora"

As diferenças de profundidade são bem visíveis, com o auxílio das cores apresentadas. O contorno do relevo é gradual e contínuo em todo seguimento do modelo digital de profundidade, apresentando poucas estruturas e com maior variedade nas suas alturas.

Nas proximidades das boias B1, ocorreram perdas de sinal acústico por parte do ecobatímetro, dados corrigidos no pós-processamento.

O último MDP construído com os dados do levantamento batimétrico realizado na “Fenda de Nossa Senhora”, figura 35, apresenta um gradiente decrescente pela indicação das cores, ao se aproximar da região com maior profundidade.

Figura 35 – MDP da “Fenda de Nossa Senhora” em 3-D vista 90°



Fonte: Dados batimétricos da "Fenda de Nossa Senhora"

Observa-se um gradiente liso em regiões de menor profundidade, indicando a aproximação da Praia do Farol, um relevo menos acidentado formado na sua totalidade por areia. Diferentemente do que foi observado no levantamento no “Banco de *Sargassum*”, as estruturas reveladas no MDP não têm uma variação de tamanho definido e estão localizadas, em sua maioria, em profundidades de 6 a 11 m.

As regiões de menores profundidades demonstradas na figura com cores verdes mais claras apresentam um relevo submarino menos acidentado, com características semelhantes ao encontrado no “Cais da Ilha do Cabo Frio”.

O gradiente do assoalho submarino construído nos MDP apresentados desse sítio, encontram-se regulares e as variações de profundidade são bem definidas.

A proximidade com o canal marítimo do “Boqueirão” permitiu a visualização de profundidades maiores de 13 m.

4.4 DISCUSSÃO

Estudos como de Branco et al. (2008) apresentam a dinâmica sazonal de comunidades de macroalgas. Nesse sentido, modelos digitais de profundidades (LEE, 2020) podem servir de auxílio no dimensionamento dessas populações em períodos determinados do ano.

Na condução do levantamento batimétrico, o desempenho e precisão do ecobatímetro podem ser afetados pela natureza do fundo. Mergulhos autônomos realizados indicaram nos três sítios fundos predominantemente de areia, com a presença de arenito, (SAVI et al., 2005) no sítio do “Banco de *Sargassum*”.

De acordo com MIGUENS (2000), a refração do sinal acústico varia de acordo com a profundidade e sedimentos que cobrem o assoalho submarino. Em comparação, fundos de lama absorvem uma parte maior da onda sonora em relação a fundos hegemonicamente de areia.

Ao empregar técnicas determinadas de mineração no conjunto de dados obtidos, foi possível corrigir e eliminar possíveis erros de inconsistência nos MDP apresentados. A quantidade de dados coletados tem peso determinante na qualidade do modelo gerado (MCMILLAN et al., 2009).

Os trabalhos de Carmo et al. (2014) e Ferreira et al. (2013) indicam que o método geoestatístico da krigagem, é o mais eficiente para interpolação dos dados batimétricos monofeixe, por considerar a relação espacial dos pontos na atribuição de valores.

Na comparação dos MDP gerados dos três sítios alvos desse projeto, ficou evidenciado a diferença da representação do assoalho submarino entre os modelos, principalmente em confrontação ao sítio “Banco de *Sargassum*”.

Esse modelo apresenta, rugosidades atípicas de altura média de 35 cm. De acordo com o trabalho de Ferreira (2018), essa altura refere-se a elementos do banco de macroalgas *Sargassum furcatum*, presente na Ilha do Cabo Frio.

Ao eliminar procedimentos manuais, buscou-se a construção do MDP com base no uso sistemático de processos de coleta, mineração e interpolação. Dessa maneira, adquiriu-se padronização em sua elaboração. Na utilização de processos análogos de construção, foi possível realizar a comparação dos MDP obtidos.

5 CONCLUSÕES

Os levantamentos batimétricos são de fundamental importância a diversas áreas de estudo. Na aplicação em ciências biológicas e biotecnologia, eles podem se tornar uma ferramenta importante na descoberta de elementos da biota submarina.

A visualização do assoalho submarino em áreas específicas de interesse da pesquisa científica contribui de maneira significativa aos processos de tomada de decisão e apoio ao desenvolvimento de estudos biotecnológicos.

Os MDP obtidos, ao utilizar os processos descritos nesse trabalho, apresentam características divergentes, o que era esperado, em consequência da natureza do fundo submarino, no qual foi feito o levantamento.

Os planos de sondagens impactaram positivamente na construção dos MDP, ao estabelecer a área desejada dos levantamentos batimétricos. O conjunto de dados resultantes depois de aplicadas as ferramentas de mineração de dados, oferecem propriedades ideais para o emprego do método de interpolação krigagem.

Os resultados encontrados neste trabalho, na construção e análise dos MDP, foram bastante convincentes e puderam, de uma forma geral, concluir um dos objetivos específicos que era caracterizar, através de métodos acústicos de batimetria monofeixe, a localização de elementos da flora submarina, realçando os elementos necessários para a interpretação e caracterização dessa comunidade.

Esse trabalho permite concluir que é possível utilizar a batimetria monofeixe como apoio para localização e mapeamento de material biológico para o desenvolvimento de pesquisas relacionadas à biotecnologia.

Como recomendação para estudos futuros, é aconselhado a utilização das técnicas de coleta, mineração e interpolação de dados de batimetria monofeixe, empregados nesse estudo, para criação e comparação de MDP, em diferentes épocas do ano, com o propósito de identificar fatores de sazonalidade nos modelos gerados.

Aplicar outros métodos de interpolação de dados para comparação dos MDP gerados e o emprego da metodologia proposta, para identificação de outras espécies da biota marinha.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO FILHO, L. P. de et al. **Caracterização geomorfológica e modelagem de dados espaciais na plataforma continental rasa do RN nos limites da folha Touros**. 2011. 114 p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica) — Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

BILHALVA, W. D. de B. et al. **BATIMETRIA DE PEQUENOS RESERVATÓRIOS ATRAVÉS DE METODOLOGIA CONVENCIONAL E ALTERNATIVA**. 2013. 73 p. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Geomática) — Universidade Federal de Santa Maria.

BRANCO, C. C. Z. et al. Seasonality of macroalgal communities in a subtropical drainage basin in Paraná state, southern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, n. 4, p. 741 – 749, Novembro 2008. ISSN 1678-4375.

CAMARGO, E. C. G. et al. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. 2^a. ed. São José dos Campos, INPE, 1998.

CARMO, E. J. do et al. **Avaliação dos interpoladores krigagem e Topo to Raster na geração de Modelos Digitais de Elevação a partir de dados batimétricos**. 2014. 112 p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) — Universidade Federal de Viçosa.

COELHO-SOUZA, S. A. et al. Yearly variation of bacterial production in the Arraial do Cabo protection area (Cabo Frio upwelling region): An evidence of anthropogenic pressure. **Brazilian Journal of Microbiology**, Brazilian Society of Microbiology, v. 44, n. 4, p. 1349 – 1357, 12 2013. ISSN 1517-8382. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3958209/>.

CÔRTEZ, S. D. C. et al. Mineração de Dados – Funcionalidades, Técnicas e Abordagens. **PUC-Rio Inf.MCC10/02**, PUC - Rio Informática, p. 1 – 35, Maio 2002.

COUTINHO, R. et al. **Biodiversidade Marinha dos Costões Rochosos de Arraial do Cabo Histórico, Ecologia e Conservação**. 1. ed. Arraial do Cabo: IEAPM, 2020. 407 p. ISBN 978-65-81772-000.

DOMINGUES, M. L. C. S.; ENGEL, P. M. **Mineração de dados utilizando aprendizado não-supervisionado**. 2003. 127 p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Computação) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

ESTIGONI, M. V. et al. **Influência da quantidade e disposição de dados na modelação de terrenos aplicada a batimetria de reservatórios. Estudos de caso**. 2012. 148 p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental) — Universidade de São Paulo.

FERREIRA, I. C. C. **Caracterização da população de *Sargassum furcatum* e seus epibiontes do banco da Ilha do Cabo Frio, Arraial do Cabo, RJ: sazonalidade e propriedades antibacterianas**. 2018. 83 p. Dissertação (Programa Associado de Pós-Graduação em Biotecnologia Marinha) — Universidade Federal Fluminense.

FERREIRA, Í. O. et al. **Coleta, processamento e análise de dados batimétricos visando a representação computacional do relevo submerso utilizando interpoladores determinísticos e probabilísticos**. 2013. 85 p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) — Universidade Federal de Viçosa.

GONZALEZ, L. F. P.; RUIZ, D. D. A. **Uma abordagem para mineração de dados e visualização de resultados em imagens batimétricas**. 2012. 73 p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação) — Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

GUERTAULT, L. et al. Long term evolution of a dam reservoir subjected to regular flushing events. **Advances in Geosciences, European Geosciences Union**, n. 39, p. 89 – 94, 2014.

HELL, B. et al. The Use of Bathymetric Data in Society and Science: A Review from the Baltic Sea. **Ambio**, Springer Netherlands, v. 41, n. 2, p. 138 – 150, Março 2012. ISSN 0044-7447.

LANDIM, P. et al. **Introdução à confecção de mapas pelo software SURFER**. DGA,IGCE,UNESP / Rio Claro, Lab. Geomatemática, 2002.

LANDIM, P. M. B. **Introdução aos métodos de estimação espacial para confecção de mapas**. DGA,IGCE,UNESP/Rio Claro, 2000. – 20 p.

LEE, A. **There's a 975-acre coral reef hidden deep underwater off the MS Gulf Coast**. 2020. Disponível em: <https://www.sunherald.com/news/local/education/article246396875.html>.

LEITE, F. P. P.; TURRA, A. Temporal variation in Sargassum biomass, Hypnea epiphytism and associated fauna. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 46, n. 4, p. 663 – 669, Dezembro 2003.

LOWRANCE, INC. **Operation Manual HDS-5, HDS-7, HDS-5m & HDS-7m**. USA, 2011.

MALAJOVICH, M. A. **BIOTECNOLOGIA**. 2. ed. Bteduc, 2016. 312 p. ISBN 978-85-921077-0-3. Disponível em: https://bteduc.com/livros/Biotecnologia_2016.pdf. Acesso em: 12/01/2020.

MATOS, A. J. S. et al. **Melhorias qualitativas na modelagem de levantamentos batimétricos em reservatórios por meio da ferramenta computacional “CAV-NH”**. 2012. 137 p. Tese (Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental) — Universidade de São Paulo.

MCMILLAN, M. et al. Amundsen Sea Bathymetry: The Benefits of Using Gravity Data for Bathymetric Prediction. **IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing**, v. 47, n. 12-2, p. 4223 – 4228, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1109/TGRS.2009.2023665>.

MELO JÚNIOR, U. G. de et al. Characterization of the acoustic activity of Perna perna (bivalve mollusc) under laboratory conditions. In: ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA, 7-12 July 2019, Den Haag, The Netherlands. **5th International Conference on the Effects of Noise on Aquatic Life**. Den Haag, The Netherlands, 7–12 July 2019. v. 37, p. 1 – 13.

MICHEL, G. et al. Acoustic remote sensing monitoring of morphological and sedimentological seabed evolution of small and medium-scale French estuaries. **EGU General Assembly Conference Abstracts**, p. 4175 –, 2020.

MIGUENS, A. P. **Navegação a Ciência e a Arte - Navegação Eletrônica e em Condições Especiais**. Rio de Janeiro: DHN, BRASIL, 2000. v. 3. 1264 p.

MOSAR, F. B. et al. Comparação dos resultados de interpoladores “Vizinho mais próximo” e “Inverso de uma distância” no cálculo de volume a partir de dados do laser scanner. In: ANAIS, 2005, Goiânia, Brasil. **XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Goiânia, Brasil, 2005. p. 731 – 736.

MUNIZ, R. A. **USO DAS MACROALGAS COMO INDICADORES DE ALTERAÇÕES AMBIENTAIS. ESTUDO DE CASO: BANCOS DE SARGASSUM VULGARE (OCHROPHYTA) DA PRAINHA, ARRAIAL DO CABO, RJ**. 2011. 73 p. Dissertação (Programa de Engenharia Ambiental) — Universidade Federal do Rio de Janeiro.

NEUFELD, A. B. et al. **Bioacumulação de metais pesados em Sargassum**: influência na distribuição e aptidão de anfípodes herbívoros associados. 2015. 56 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Biologia.

PAVANI, L. et al. **Anfípodes gamarídeos associados a bancos de Sargassum (Phaeophyceae, Fucales) em ambientes sujeitos a contaminação por hidrocarbonetos de petróleo**. 2009. 78 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Biologia.

RENARD, V.; ALLENOU, J. Sea Beam, Multi-Beam Echo-Sounding in “Jean Charcot” Description, Evaluation and First Results. **The International Hydrographic Review**, n. 301, p. 35 – 66, Janeiro 1979.

ROCHA, L. C. D. da et al. **Uma metodologia de caracterização de serviços de mineração de dados**. 2005. 76 p. Dissertação (Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação) — Universidade Federal de Minas Gerais.

RODRIGUES, D. et al. BIOACTIVE POLYSACCHARIDES EXTRACTS FROM SARGASSUM MUTICUM BY HIGH HYDROSTATIC PRESSURE. **Journal of Food Processing and Preservation**, p. 1 – 12, FEV 2016. ISSN 1745-4549.

ROSARIO, A. A. et al. **Sistema para monitoramento e análise de paisagens acústicas submarinas**. 2015. 103 p. Tese (Doutorado em Engenharia em Ciências) — Universidade de São Paulo.

SAVI, D. C. et al. BEACHROCK E O SAMBAQUI DA ILHA DO CABO FRIO. In: RESUMOS, 2005, Guarapari - ES. **10º Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quartenário**. Guarapari - ES, 2005. p. 29 – 33.

SERAFINO, F. et al. Bathymetry Determination via X-Band Radar Data: A New Strategy and Numerical Results. **Sensors (Basel, Switzerland)**, Molecular Diversity Preservation International (MDPI), v. 10, n. 7, p. 6522 – 6534, 2010. ISSN 1424-8220.

SILVA, J. G. S. **A Utilização do Sonar de Varredura Lateral e do ecobatímetro multifeixe na Interpretação e Análise da Morfologia da Baía de Vitória (ES)**. 2010. 76 p. Monografia (Bacharelado em Geofísica) — Universidade Federal Fluminense.

SILVA, J. P. da; VALENÇA, L. M. M. **Estudos sedimentológicos, hidrodinâmicos, batimétricos e da qualidade da água visando a evolução e os aspectos ambientais associados do Estuário do Rio Formoso - PE.** 2008. 162 p. Tese (Programa de Pós-Graduação em Geociências) — Universidade Federal de Pernambuco.

WEIGERT, S. C.; MADUREIRA, L. A. S. P. **Avaliação hidroacústica dos efeitos causados por bancos submarinos e ilhas sobre a distribuição e a densidade acústica de organismos pelágicos, na zona econômica exclusiva das regiões central e nordeste do Brasil.** 2006. 128 p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Biológica).

YENDE, S. R. et al. Therapeutic potential and health benefits of Sargassum species. **Pharmacognosy Reviews**, Medknow Publications & Media Pvt Ltd, v. 8, n. 15, p. 1 – 7, Janeiro 2014. ISSN 0973-7847.

ZHONG, X. et al. Stream Kriging: Incremental and recursive ordinary Kriging over spatiotemporal data streams. **Geosciences**, v. 90, p. 134 – 143, 2016.

Anexo

Figura 36 – Conjunto de dados do ecobatímetro Lowrance

1	Channel	Frequency	U[ft]	LowerLimit[ft]	DV	Depth[ft]	WTV	WaterTemp[C]	WSV	WS[kn]	PV	PositionX	PositionY	ToF[ms]	SV	S[kn]	TV	Track[rad]	AV	A[ft]	HV	HR
2	Primary	200kHz	0	65.599.998	T	16.910.000	T	24.649.994	F	0	T	-4660321	-2623422	1101	T	0.27	T	2.216.568	F	0	F	0
3	Primary	200kHz	0	65.599.998	T	16.910.000	T	24.649.994	F	0	T	-4660321	-2623422	1174	T	0.27	T	2.216.568	F	0	F	0
4	Primary	200kHz	0	65.599.998	T	17.010.000	T	24.649.994	F	0	T	-4660321	-2623422	1259	T	0.27	T	2.216.568	F	0	F	0
5	Primary	200kHz	0	65.599.998	T	17.010.000	T	24.649.994	F	0	T	-4660321	-2623422	1327	T	0.27	T	2.216.568	F	0	F	0
6	Primary	200kHz	0	65.599.998	T	17.080.000	T	24.649.994	F	0	T	-4660321	-2623422	1405	T	0.25	T	2.216.568	F	0	F	0
7	Primary	200kHz	0	65.599.998	T	17.080.000	T	24.649.994	F	0	T	-4660321	-2623422	1478	T	0.25	T	2.216.568	F	0	F	0
8	Primary	200kHz	0	65.599.998	T	17.139.999	T	24.649.994	F	0	T	-4660321	-2623422	1562	T	0.25	T	2.216.568	F	0	F	0
9	Primary	200kHz	0	65.599.998	T	17.139.999	T	24.649.994	F	0	T	-4660321	-2623422	1638	T	0.23	T	2.216.568	F	0	F	0
10	Primary	200kHz	0	65.599.998	T	17.209.999	T	24.649.994	F	0	T	-4660321	-2623422	1726	T	0.25	T	2.216.568	F	0	F	0
11	Primary	200kHz	0	65.599.998	T	17.209.999	T	24.649.994	F	0	T	-4660321	-2623422	1802	T	0.28	T	2.216.568	F	0	F	0
12	Primary	200kHz	0	65.599.998	T	17.150.000	T	24.649.994	F	0	T	-4660321	-2623422	1890	T	0.28	T	2.216.568	F	0	F	0
13	Primary	200kHz	0	65.599.998	T	17.150.000	T	24.649.994	F	0	T	-4660321	-2623422	1955	T	0.28	T	2.216.568	F	0	F	0
14	Primary	200kHz	0	65.599.998	T	17.139.999	T	24.649.994	F	0	T	-4660321	-2623422	2032	T	0.28	T	2.216.568	F	0	F	0
15	Primary	200kHz	0	65.599.998	T	17.139.999	T	24.649.994	F	0	T	-4660321	-2623422	2106	T	0.28	T	2.216.568	F	0	F	0
16	Primary	200kHz	0	65.599.998	T	17.139.999	T	24.649.994	F	0	T	-4660321	-2623422	2191	T	0.29	T	2.216.568	F	0	F	0
17	Primary	200kHz	0	65.599.998	T	17.139.999	T	24.649.994	F	0	T	-4660321	-2623422	2269	T	0.29	T	2.216.568	F	0	F	0
18	Primary	200kHz	0	65.599.998	T	17.230.000	T	24.649.994	F	0	T	-4660321	-2623422	2349	T	0.29	T	2.216.568	F	0	F	0
19	Primary	200kHz	0	65.599.998	T	17.230.000	T	24.649.994	F	0	T	-4660321	-2623422	2420	T	0.27	T	2.216.568	F	0	F	0
20	Primary	200kHz	0	65.599.998	T	17.340.000	T	24.649.994	F	0	T	-4660321	-2623422	2507	T	0.27	T	2.216.568	F	0	F	0
21	Primary	200kHz	0	65.599.998	T	17.459.999	T	24.649.994	F	0	T	-4660321	-2623422	2656	T	0.27	T	2.216.568	F	0	F	0
22	Primary	200kHz	0	65.599.998	T	17.459.999	T	24.649.994	F	0	T	-4660321	-2623422	2733	T	0.27	T	2.216.568	F	0	F	0
23	Primary	200kHz	0	65.599.998	T	17.240.000	T	24.649.994	F	0	T	-4660321	-2623422	2816	T	0.28	T	2.216.568	F	0	F	0
24	Primary	200kHz	0	65.599.998	T	17.240.000	T	24.649.994	F	0	T	-4660321	-2623422	2888	T	0.28	T	2.216.568	F	0	F	0
25	Primary	200kHz	0	65.599.998	T	17.240.000	T	24.649.994	F	0	T	-4660321	-2623422	2966	T	0.28	T	2.216.568	F	0	F	0
26	Primary	200kHz	0	65.599.998	T	17.240.000	T	24.649.994	F	0	T	-4660321	-2623422	3034	T	0.28	T	2.216.568	F	0	F	0
27	Primary	200kHz	0	65.599.998	T	17.309.999	T	24.649.994	F	0	T	-4660321	-2623422	3121	T	0.28	T	2.216.568	F	0	F	0

Fonte: Dados batimétricos