

LARISSA MESSIAS DE SOUZA

**ANÁLISE DAS VARIAÇÕES DA TOPOGRAFIA DO NÍVEL “MÉDIO” DO MAR
(TNMM) UTILIZANDO O CRYOSAT-2 (CS2) E OBSERVAÇÕES MAREGRÁFICAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Ítalo Oliveira Ferreira

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2021**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

S729a
2021 Souza, Larissa Messias de, 1993-
Análise das variações da Topografia do Nível “Médio” do
Mar (TNMM) utilizando o CryoSat-2 (CS2) e observações
maregráficas / Larissa Messias de Souza. – Viçosa, MG, 2021.
131 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Ítalo Oliveira Ferreira.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 81-86.

1. Geodésia. 2. Satélites artificiais em navegação.
3. Estatística. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento
de Engenharia Civil. Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil. II. Título.

CDD 22. ed. 526.1

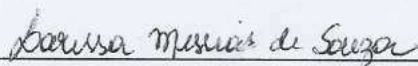
LARISSA MESSIAS DE SOUZA

**ANÁLISE DAS VARIAÇÕES DA TOPOGRAFIA DO NÍVEL “MÉDIO” DO MAR
(TNMM) UTILIZANDO O CRYOSAT-2 (CS2) E OBSERVAÇÕES MAREGRÁFICAS**

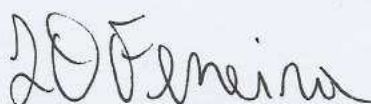
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 08 de fevereiro de 2021.

Assentimento:



Larissa Messias de Souza
Autora



Ítalo Oliveira Ferreira
Orientador

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar perseverança, paciência e capacidade de tornar este sonho possível.

À minha família: Delza, José Alberto, Leonardo e Ana Carolina por todo apoio que sempre me deram e me darão. Especialmente aos meus pais, José Alberto e Delza, por sempre me mostrarem o caminho do bem e a lutar pelos meus objetivos.

Ao Renoir por estar sempre ao meu lado me apoiando com carinho, paciência e companheirismo.

A todos os professores do Departamento de Engenharia Civil - UFV, em especial ao professor Doutor Ítalo Oliveira Ferreira, pela orientação, apoio, paciência, valiosas sugestões e toda contribuição neste trabalho.

Ao professor Doutor Eduardo Antonio Gomes Marques, pela coorientação, cordialidade, por todo apoio e aos ensinamentos imensuráveis.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Civil - UFV, em especial ao Tiago e Sr. Geraldo do Laboratório de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica (LEC), pela paciência e por me ajudarem em todas as vezes precisei.

Aos amigos da Pós, Marconi, Guilherme, Youlia, Raiane e Ligia, pelas discussões, ajuda e pelos momentos de descontração. Dentre estes, um agradecimento especial aos grandes amigos que fiz em Viçosa - MG e que vou levar para vida, Marconi Martins (Camil Gemael Jr), Guilherme Ceccatto (o Papa da Geoestatística) e Youlia, vocês são incríveis!

À Raiane Rintielle pela amizade, ajuda e inúmeras discussões construtivas, você é incrível!

À Universidade Federal de Viçosa, por toda estrutura disponibilizada, pelo conhecimento proporcionado e pelos momentos inesquecíveis.

A todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste sonho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

“Aquilo que se faz por amor está sempre além do bem e do mal.”
Friedrich Nietzsche

RESUMO

SOUZA, Larissa Messias de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2021. **Análise das variações da Topografia do Nível “Médio” do Mar (TNMM) utilizando o CryoSat-2 (CS2) e observações maregráficas.** Orientador: Ítalo Oliveira Ferreira.

A técnica mais comum para mensurar as variações locais do Nível “Médio” do Mar (NMM) e da Topografia do Nível “Médio” do Mar (TNMM), têm sido a partir de dados provenientes de marégrafos instalados na costa oceânica. Porém há evidências em dificuldades na manutenção de longas séries temporais em certos locais, seja pela falta de recursos financeiros para instalação ou dificuldades técnicas para a instalação de marégrafos ou réguas linimétricas. Diante disso, vem sendo desenvolvidos ao longo dos anos novas técnicas no campo da geodésia, com novas tecnologias para pesquisas oceanográficas, permitindo aperfeiçoar e complementar as antigas medições pontuais realizadas por marégrafos. Portanto, o presente estudo tem como objetivo propor uma metodologia para avaliar relativamente as variações e elevações da TNMM a partir de dados Altimetria por Satélites (ALTSAT) e de maregrafia. Para este propósito, foi utilizada a missão CryoSat-2 (CS2) e os dados de maregrafia das estações maregráficas de Fortaleza – CE (EMFOR), Salvador – BA (EMSAL), Macaé – RJ (EMMAC) e Imbituba – SC (EMIMB), todas pertencentes à Rede de Monitoramento Permanente para Geodésia (RMPPG) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no período de fevereiro de 2011 a setembro de 2019. No que se refere a determinação da TNMM por ALTSAT, foi utilizado o *software* BRAT versão 4.2.1 para extrair os parâmetros geofísicos de anomalia do nível do mar, do inglês *Sea Level Anomaly* (SLA) e topografia dinâmica absoluta, do inglês *Absolute Dynamic Topography* (ADT), em que, a partir desses, estimou-se as TNMMs para toda costa brasileira. No entanto, como a resolução espacial da missão CS2 não é suficiente para cobrir pontualmente a região dos marégrafos, foi aplicado o interpolador estatístico Krigagem Universal (KU). Em relação à determinação da TNMM por maregrafia, utilizou-se o *software* PACMARÉ versão 2003 para executar a previsão harmônica das marés e completar os dados faltantes, além de aplicar os filtros de Thompson e Godin. Por fim, foram analisadas estatisticamente as variações e elevações mensais das Topografias do Nível “Médio” do Mar (TNMMs) em ambas

as técnicas para cada estação. Os resultados demonstraram que a metodologia proposta é viável e pode ser empregada como complemento ao uso de estações maregráficas. Numa análise comparativa das variações locais da TNMM, verifica-se, no geral, que houve uma variação mais acentuada nos dados de maregrafia ao serem comparados com a ALTSAT. Neste estudo, tal comportamento foi visível em todas as estações utilizadas, exceto em EMIMB, que apresentou maiores variações mensais na técnica de ALTSAT, em que a amplitude foi de 0,019 m, enquanto na maregrafia a amplitude foi de 0,002 m. Em referência aos estudos comparativos das elevações, a EMIMB também apresentou maior variabilidade pela ALTSAT, em que a mesma, apresentou uma elevação de -2,034 mm com a variação anual média de -0,020 mm, enquanto a técnica de maregrafia apresentou queda na elevação total de -0,819 mm e uma variação anual média de -0,008 mm. Apesar do exposto, os resultados foram satisfatórios, explicitando uma discrepância anual entre as técnicas em todas as estações maregráficas na casa dos milímetros.

Palavras-chave: Topografia do Nível “Médio” do Mar. Altimetria por Satélites. Missão CryoSat-2. Rede Maregráfica Permanente para Geodesia.

ABSTRACT

SOUZA, Larissa Messias de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2021. **Analysis of variations in the Mean Dynamic Topography (MDT) using CryoSat-2 (CS2) and tide observations.** Advisor: Ítalo Oliveira Ferreira.

The most common technique for measuring local variations of the “Mean” Sea Level (MSL) and the “Mean” Dynamic Topography (MDT), has been based on data from tide gauges installed on the ocean coast. However, there is evidence of difficulties in maintaining long time series in certain locations, either due to the lack of financial resources for installation or technical difficulties for the installation of tide gauges or limimetric rulers. In view of this, new techniques have been developed over the years in the field of geodesy, with new technologies for oceanographic research, allowing to perfect and complement the old point measurements made by tide gauges. Therefore, the present study aims to propose a methodology to evaluate relatively the variations and elevations of the MDT based on Satellite Altimetry (SATALT) and tide gauge data. For this purpose, the CryoSat-2 (CS2) mission and maregraph data from the tide stations in Fortaleza - CE (EMFOR), Salvador - BA (EMSAL), Macaé - RJ (EMMAC) and Imbituba - SC (EMIMB) were used , all belonging to the Permanent Monitoring Network for Geodesy (PMNG), from February 2011 to September 2019. Regarding the determination of MDT by SATALT, the BRAT software version 4.2.1 was used to extract the geophysical parameters of Sea Level Anomaly (SLA) and Absolute Dynamic Topography (ADT), from which the MDT for the entire Brazilian coast were estimated. However, as the spatial resolution of the CS2 mission is not sufficient to cover the region of the tide gauges on time, the statistical interpolator Kriging Universal (KU) was applied. Regarding the determination of MDT by maregraphy, the software PACMARÉ version 2003 was used to perform the harmonic prediction of the tides and complete the missing data, in addition to applying the Thompson and Godin filters. Finally, the monthly variations and elevations of the MDT were statistically analyzed in both techniques for each season. The results showed that the proposed methodology is feasible and can be used as a complement to the use of tide stations.. In a comparative analysis of the local variations of the MDT, it is verified in general that there was a more accentuated variation in the maregraph data when compared with SATALT. In this study, such behavior was visible in all stations used, except in EMIMB,

where it presented greater monthly variations in the SATALT technique, in which the amplitude was 0,019 m. While in maregraphy the amplitude was 0,002 m. In reference to the comparative studies of the elevations, EMIMB also showed greater variability by SATALT, where it showed an increase of -2,034 mm with the average annual variation of -0,020 mm. While the maregraph technique showed a decrease in the total elevation of -0,819 mm and an average annual variation of -0,008 mm. Despite the above, the results were satisfactory, explaining an annual discrepancy between the techniques in all tide stations around the millimeters.

Keywords: "Mean" Dynamic Topography. Satellite Altimetry. CryoSat-2 mission. Permanent Monitoring Network for Geodesy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Superfícies de referências utilizadas pela ALTSAT.	27
Figura 2 - Distribuição global das anomalias de gravidade e as fontes que contribuem para a elaboração do EGM2008.	32
Figura 3 - Área de estudo com a localização geográfica das estações.....	38
Figura 4 - Fluxograma geral das estimativas da TNMM por meio da ALTSAT.	39
Figura 5 - Fluxograma das etapas de processamento no <i>software</i> BRAT	40
Figura 6 - Fluxograma geral das estimativas da TNMM através de maregrafia.	42
Figura 7 - Relação entre as superfícies de referências utilizadas.	45
Figura 8 - Semivariograma da TNMM por meio do CS2 em toda costa brasileira.....	49
Figura 9 - Variações mensais em metros da TNMM na EMFOR.	52
Figura 10 - Gráfico das discrepâncias entre as técnicas de ALTSAT e maregrafia para a EMFOR.	54
Figura 11 - Variações mensais em metros da TNMM na EMSAL.	56
Figura 12 - Gráfico das discrepâncias entre as técnicas de ALTSAT e maregrafia para a EMSAL.	58
Figura 13 - Variações mensais em metros da TNMM na EMMAC.	61
Figura 14 - Gráfico das discrepâncias entre as técnicas de ALTSAT e maregrafia para a EMMAC.	63
Figura 15 - Variações mensais em metros da TNMM na EMIMB.....	65
Figura 16 - Gráfico das discrepâncias entre as técnicas de ALTSAT e maregrafia para a EMIMB.....	67
Figura 17 - Elevações anuais em milímetros da TNMM com ambas as técnicas (EMFOR).....	69
Figura 18 - Elevações anuais em milímetros da TNMM com ambas as técnicas (EMSAL).....	72
Figura 19 - Elevações anuais em milímetros da TNMM com ambas as técnicas (EMMAC).....	74
Figura 20 - Elevações anuais em milímetros da TNMM com as técnicas (EMIMB). .	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais características da missão altimétrica CS2.	29
Tabela 2 - Altitudes geométricas e normais das RRNN primárias das estações.....	46
Tabela 3 - Altura da RN primária acima do NMM local e altura da RN primária acima do NR.	47
Tabela 4 - Estatísticas descritivas resultantes da validação cruzada.....	50
Tabela 5 - Relatório estatístico das variações entre as técnicas de ALTSAT e maregrafia para a EMFOR.	51
Tabela 6 - Discrepância anual média em milímetros da TNMM na EMFOR.	54
Tabela 7 - Relatório estatístico das variações entre as técnicas de ALTSAT e maregrafia para a EMSAL.....	55
Tabela 8 - Discrepância anual média em milímetros da TNMM na EMSAL.....	58
Tabela 9 - Relatório estatístico das variações entre as técnicas de ALTSAT e maregrafia para a EMMAC.....	60
Tabela 10 - Discrepância anual média em milímetros da TNMM na EMMAC.....	63
Tabela 11 - Relatório estatístico das variações entre as técnicas de ALTSAT e maregrafia para a EMIMB.	64
Tabela 12 - Discrepância anual média em milímetros da TNMM na EMIMB.	67
Tabela 13 - Relatório estatístico das elevações das TNMMs para as técnicas de ALTSAT e maregrafia na EMFOR.....	69
Tabela 14 - Elevações anuais médias em milímetros das TNMMs para as técnicas de ALTSAT e maregrafia na EMFOR.....	69
Tabela 15 - Relatório estatístico das elevações das TNMMs para as técnicas de ALTSAT e maregrafia na EMSAL.....	71
Tabela 16 - Elevações anuais médias em milímetros das TNMMs para as técnicas de ALTSAT e maregrafia na EMSAL.....	71
Tabela 17 - Relatório estatístico das elevações das TNMMs para as técnicas de ALTSAT e maregrafia na EMMAC.	73
Tabela 18 - Elevações anuais médias em milímetros das TNMMs para as técnicas de ALTSAT e maregrafia na EMMAC.	74
Tabela 19 - Relatório estatístico das elevações das TNMMs para as técnicas de ALTSAT e maregrafia na EMIMB.	75

Tabela 20 - Elevações anuais médias em milímetros das TNMMs para as técnicas de ALTSAT e maregrafia na EMIMB.	75
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADT	<i>Absolute Dynamic Topography</i>
ALTSAT	Altimetria por Satélite
BDG	Banco de Dados Geodésicos
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CGVD28	<i>Canadian Geodetic Vertical Datum 1928</i>
CMEMS	Serviço de Monitoramento Ambiental Marinho
CNES	<i>Centre National d'Etudes Spatiales</i>
COI	Comissão Oceanográfica Internacional
CS2	CryoSat-2
DEC	Departamento de Engenharia Civil
DHN	Diretoria de Hidrografia e Navegação
DORIS	<i>Doppler Orbitography and Radiolocation Integrated by Satellite</i>
DVB	<i>Datum Vertical Brasileiro</i>
DVL	<i>Datum Vertical Local</i>
EGM	<i>Earth Gravitational Model</i>
EIGEN	<i>European Improved Gravity Model of the Earth by New Techniques</i>
EMARC	Estação Maregráfica de Arraial do Cabo-RJ
EMBEL	Estação Maregráfica de Belém-PA
EMFOR	Estação Maregráfica de Fortaleza-CE
EMIMB	Estação Maregráfica de Imbituba-SC
EMMAC	Estação Maregráfica de Macaé-RJ
EMSAL	Estação Maregráfica de Salvador-BA
EMSAN	Estação Maregráfica de Santana-AP
ERS	<i>European Remote Sensing Satellite</i>

ESA	<i>European Space Agency</i>
GEOS	<i>Geostationary Operational Environmental Satellite</i>
GFZ	<i>German Research Centre of Geosciences</i>
CGEM	Controle Geodésico de Estações Maregráficas
GLOSS	<i>Global Sea Level Observing System</i>
GNSS	<i>Global Navigation Satellite System</i>
GOCE	<i>Gravity Field and Stead-State Ocean Circulation Explorer</i>
GRACE	<i>Gravity Recovery and Climate Experiment</i>
GRGS	<i>Groupe de Recherche de Géodésie Spatiale</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IHRS	<i>International Height Reference System</i>
LAGEOS	<i>Laser Geodynamics Satellite</i>
LRM	<i>Low Resolution Model</i>
MDT	<i>Mean Dynamic Topography</i>
MGG	Modelo Geopotencial Global
MGGs	Modelos Globais do Geopotencial
MSS	<i>Mean Sea Surface</i>
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
NAVD88	<i>North American Vertical Datum 1988</i>
NGA	<i>National Geospatial-Intelligence Agency</i>
NMM	Nível Médio do Mar
PVCG	Problema do Valor do Contorno da Geodésia
REALT	Reajustamento da Rede Altimétrica com Números Geopotenciais
RMPG	Rede Maregráfica Permanente para Geodésia
RN	Referência de Nível
RRNN	Referências de Nível

RSS	<i>Root Sum Squared</i>
RVF	Rede Vertical Fundamental
SAR	<i>Synthetic Aperture Radar</i>
SARIn	<i>Synthetic Aperture Radar Interferometry</i>
SGB	Sistema Geodésico Brasileiro
SIRAL	<i>SAR/Interferometric Radar Altimeter</i>
SLA	<i>Sea Level Anomaly</i>
SLR	<i>Satellite Laser Ranging</i>
SSB	<i>Sea State Bias</i>
SSH	<i>Sea Surface Height</i>
SST	<i>Sea Surface Topography</i>
SVRG	Sistema de Referência Virtual Global
T/P	TOPEX/ <i>Poseidon</i>
TD	Topografia Dinâmica
TNMM	Topografia do Nível “Médio” do Mar
TNMMs	Topografias do Nível “Médio” do Mar
TO	Topografia Oceânica
TUC	Tempo Universal Coordenado
UE	União Europeia
UFPR	Universidade Federal do Paraná
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFV	Universidade Federal de Viçosa

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	17
2. OBJETIVOS.....	20
2.1. Objetivo Geral.....	20
2.2. Objetivos Específicos	20
3. JUSTIFICATIVA	21
4. FUNDAMENTAÇÃO TEORICA.....	23
4.1. Topografia do Nível “Médio” do Mar (TNMM)	23
4.2. Altimetria por Satélites (ALTSAT).....	25
4.2.1. CryoSat-2 (CS2).....	28
4.3. Modelos Globais do Geopotencial (MGGs).....	29
4.3.1. EGM2008	31
4.3.2. EIGEN-6C4	33
4.4. Rede Maregráfica Permanente para Geodésia (RMPG)	34
4.5. Serviço de Monitoramento Ambiental Marinho Copernicus (CMEMS)	36
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	38
5.1. Área de Estudo.....	38
5.2. Metodologia	39
5.2.1. Determinação da TNMM por ALTSAT	39
5.2.2. Determinação da TNMM por maregrafia	41
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
6.1. Análise do interpolador Geoestatístico.....	48
6.2. Análise das variações locais das TNMMs	51
6.2.1. Estação Maregráfica de Fortaleza - CE (EMFOR)	51
6.2.2. Estação Maregráfica de Salvador - BA (EMSAL)	55
6.2.3. Estação Maregráfica de Macaé - RJ (EMMAC)	60
6.2.4. Estação Maregráfica de Imbituba - SC (EMIMB).....	64
6.3. Análise das elevações das TNMMs	68

6.3.1. Estação Maregráfica de Fortaleza - CE (EMFOR)	68
6.3.2. Estação Maregráfica de Salvador - BA (EMSAL)	71
6.3.3. Estação Maregráfica de Macaé - RJ (EMMAC)	73
6.3.4. Estação Maregráfica de Imbituba – SC (EMIMB)	75
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
APÊNDICES	87

1. INTRODUÇÃO

A representação física que melhor descreve a forma real da Terra corresponde ao geóide, o qual se aproxima da superfície do Nível Médio do Mar (NMM) estendido sob os continentes, sem variação de corrente, vento, densidade de água, entre outros distúrbios. O estudo do geóide está associado a diversos estudos, dentre os quais um deles corresponde à definição de um sistema de altitudes, que por sua vez necessita da definição da altura de pontos na superfície terrestre em relação a uma referência vertical com sentido físico (expressa pelo geóide) (SANTOS, 2015; SOUZA e PALMEIRO, 2020).

Além da definição de um sistema de altitudes, destaca-se a importância do geóide na determinação das superfícies do NMM, em que o conhecimento da mesma possui grande interesse para estudos sobre as mudanças climáticas, definição de referenciais verticais e segurança da navegação. Porém, a partir da década de 1980, com o advento das modernas técnicas espaciais, foi evidenciado que existe uma discrepância entre o geóide e o NMM, sendo esta chamada de Topografia do Nível “Médio” do Mar (TNMM) (DA SILVA e DE FREITAS, 2019).

Sendo assim, devido ao vínculo com o geóide, a TNMM possui caráter físico e a sua negligência na determinação do sistema de altitudes, juntamente com inconsistências durante o ajustamento da rede altimétrica, propagam incertezas e ocasionam a não conexão entre os *data* verticais (HUANG, 2017; SILVA e GUIMARÃES, 2018).

No Brasil e na maioria dos países, uma rede oficial de nivelamento nacional é estabelecida para realizar o *datum* vertical geodésico, que tradicionalmente fornece uma referência para o levantamento de dados no campo para obras de engenharia, mapas topográficos, entre outros produtos e serviços. Com base nesta rede, a TNMM pode ser calculada por meio de registros maregráficos que mensuram as alturas dos níveis médios do mar em relação ao *datum* vertical (MAKANO e YAMADA, 1975; THOMPSON, 1980; HUANG, 2017). Porém, essa metodologia, no geral, apresenta limitações no que diz respeito à precisão da TNMM. Woodworth et al. (2012) demonstraram em sua pesquisa que o *Datum* Vertical Geodésico Canadense

(*Canadian Geodetic Vertical Datum*) de 1928 (CGVD28) e o *Datum Vertical Norte Americano* (*North American Vertical Datum*) de 1988 (NAVD 88) não foram precisos o suficiente para estimar a TNMM ao longo dos oceanos Atlântico e Pacífico.

A determinação das variações do NMM e TNMM são realizadas comumente por meio de registros maregráficos na costa e com intervalos de tempo entre as observações. Porém em alguns locais não é possível obter dados maregráficos seja pela falta de recursos financeiros para instalação de marégrafos ou dificuldades técnicas para instalação de marégrafos ou réguas linimétricas. Além disso, tais observações são, na maioria das vezes, insuficientes, haja vista que são discretas (pontuais) e, assim, não conseguem representar de forma fidedigna a variação espacial do nível da água do mar. Nos últimos anos vem sendo desenvolvidas novas tecnologias no campo da geodésia, além de novos instrumentos para pesquisas oceanográficas, permitindo, assim, aperfeiçoar e complementar as antigas medições pontuais realizadas por marégrafos (PEIXOTO, 2007; REIS, PALMEIRO e BARBOSA, 2018).

Neste sentido, a técnica de Altimetria por Satélites (ALTSAT) e as missões altimétricas vêm apresentando resultados satisfatórios em relação às escalas espaciais e temporais nas estimativas das alturas das superfícies do mar (do inglês *Sea Surface Height - SSH*) (AVISO, 2020). Os Estados Unidos lançaram em 1973, pelo foguete Saturn V, o primeiro altímetro a bordo do satélite Skylab. Esta primeira missão foi precursora para o desenvolvimento dos sistemas ALTSAT, tendo como sequência as missões: GEOS-3, em 1975; Seasat, em 1978 e Geosat, em 1985 (VIGNUDELLI et al., 2011). Além destas, a Agência Espacial Europeia (ESA - *European Space Agency*) foi responsável pelo lançamento dos satélites ERS-1 (1991), ERS-2 (1995), Envisat (2002), CryoSat (2005), CryoSat-2 (2010), Sentinel-3A (2016) e Sentinel-3B (2018).

Devido à sua precisão e disponibilidade de informações, vários estudos vêm sendo desenvolvidos com base em dados da ALTSAT, proporcionando conhecimento em escala global e regional (DALAZOANA, LUZ e FREITAS, 2005; REIS, PALMEIRO, BARBOSA e 2018). Daher et al. (2015) realizaram um estudo que comparou os três modelos clássicos de componentes da maré com dados ALTSAT. A análise se deu através do método estatístico *Room Sum Squared* (RSS), exibindo diferenças de 12

cm nas regiões de águas profundas e exibiram resultados semelhantes em água rasas.

Já Da Silva e De Freitas (2019) analisaram a evolução temporal do *Datum* Vertical Brasileiro (DVB) de Imbituba a partir de séries temporais da associação de dados de posicionamento *Global Navigation Satellite System* (GNSS), observações maregráficas e ALTSAT (multimissões de 1991 a 2015). Os resultados apresentaram estar em consonância com a visão de integração do *International Height Reference System* (IHRS) e evidenciaram uma taxa de elevação do NMM de +2,24 mm/ano na região do *Datum*.

A missão CryoSat-2 (CS2) foi a primeira missão europeia com o principal objetivo de medir a espessura do gelo, a fim de fornecer informações precisas para estudos sobre a relação entre o gelo e o clima global. O CS2 também é capaz de medir o nível do mar e pequenos fenômenos locais na superfície do oceano, com uma precisão sem precedentes. Além disso, diferente das outras missões, o altímetro embarcado nesta missão tem o potencial de mapear o nível do mar próximo à costa e alvos de águas interiores, como pequenos lagos e rios (ESA, 2020).

Neste sentido, a literatura científica apresenta alguns estudos sobre a TNMM com uso de observações do CS2, podendo-se citar Karimi, Andersen e Deng (2020), que utilizaram os dados de sete anos da missão CS2 com o objetivo de determinar a TNMM e comparar os dados de maregrafia da costa australiana e os dois modelos de TNMM globais. Comparado aos modelos globais, a $TNMM_{CS2}$ exibiu altos valores, justificado pela elevação do mar. Em relação aos dados maregráficos, a $TNMM_{CS2}$ apresentou resultados semelhantes e estatisticamente melhores do que os modelos globais na representação da TNMM da região.

Diante do exposto, este trabalho visou prioritariamente mostrar a aplicação da ALTSAT por meio da missão CS2, como alternativa para as estimativas da TNMM ao longo da costa brasileira. Neste sentido, realizou-se um estudo comparativo das variações e elevações da TNMM por meio da ALTSAT em relação às técnicas de maregrafia, em algumas estações pertencentes à Rede Maregráfica Permanente para Geodésia (RMGP) no período de 2011 a 2019.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

O objetivo principal desta pesquisa foi analisar as variações da TNMM nas estações maregráficas pertencentes à costa brasileira por meio de dados do satélite CS2 e observações maregráficas.

2.2. Objetivos Específicos

Com o intuito de alcançar o objetivo geral, os objetivos específicos foram:

- Calcular a TNMM nos marégrafos pertencentes à RMPG no contexto das altitudes normais – REALT (Reajustamento da Rede Altimétrica com Números Geopotenciais) 2018;
- Verificar as elevações das TNMMs por ALTSAT e maregrafia; e
- Analisar as variações entre as TNMMs obtidas por ALTSAT e dados maregráficos.

3. JUSTIFICATIVA

Ao longo dos últimos anos, a determinação da TNMM nas regiões costeiras tem se dado principalmente pela abordagem clássica, em que a mesma é determinada através de marégrafos ao longo da costa (KARIMI, ANDERSEN e DENG, 2020). Contudo, devido à dificuldade de manter e recuperar longas séries de dados maregráficos, a utilização de satélites altimétricos tem sido uma alternativa viável na obtenção de informações oceânicas (DALAZOANA, 2005).

A técnica de ALTSAT fornece medidas absolutas do nível do mar, possibilitando assim, a estimativa do mesmo de forma global. Apesar da resolução temporal dos satélites variar de alguns dias a dezenas de dias, suas observações são determinadas com alta resolução espacial, estimulando a comunidade científica a desenvolver melhorias, nesta tecnologia, bem como na metodologia de modelagem das marés durante as últimas décadas (NEREM e MITCHUM, 2001; REIS, PALMEIRO e BARBOSA, 2018).

O CS2 corresponde a uma missão de satélites altimétricos acoplados por um radar interferométrico de abertura sintética (SARIn), abertura sintética (SAR) ou modo convencional de baixa resolução (WINGHAM et al., 2006; ESA, 2020). No qual ambos tem apresentado bons resultados nas estimativas do NMM nas regiões costeiras, como mostraram Pajak e Kowalczyk (2019), por meio de uma comparação das variações sazonais do nível do mar através do CS2 e maregrafia na região do Mar Báltico.

Além disso, outros autores estudaram as variações do NMM através da técnica de ALTSAT, como mostram Cabanes, Cazenave e Le Provost (2001) que analisaram a contribuição das variações do NMM, bem como suas flutuações climáticas no Oceano Atlântico, por meio do satélite TOPEX/Poseidon de 1993 a 1999. Da mesma forma, Reis, Palmeiro e Barbosa (2018), realizaram um estudo teórico das estimativas do NMM na costa brasileira através das missões altimétricas, TOPEX/Poseidon, Jason-1, Jason-2 e Jason-3.

Observa-se, na comunidade científica vários estudos sobre a estimativa do NMM nas proximidades da costa oceânica por meio da ALTSAT, porém existe uma carência

de pesquisas em relação à sua aplicação ao estudo da TNMM (IDŽANOVIĆ, OPHAUG e ANDERSEN, 2017). Em que destaca-se a importância da TNMM para a conexão entre os data verticais, o NMM (local) determinado por meio de observações maregráficas deve ser adequadamente corrigido da TNMM e a sua negligência ocasiona à propagação de incertezas na rede vertical altimétrica (REIS, PALMEIRO e BARBOSA, 2018).

Sendo assim, a principal justificativa deste estudo é mostrar a relevância e aplicabilidade da estimativa da TNMM de acordo com uma abordagem oceânica, ou seja, através da missão altimétrica CS2.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEORICA

A seguir encontram-se descritos os conceitos empregados para realização do presente estudo, buscando esclarecer as definições utilizadas que serviram de base para os procedimentos metodológicos aplicados.

4.1. Topografia do Nível “Médio” do Mar (TNMM)

Atualmente, sabe-se que existe de fato uma separação entre o NMM local (para determinada data de observação) e o modelo geopotencial, essa discrepância corresponde à TNMM, do inglês *Mean Dynamic Topography* (MDT) (REIS, PALMEIRO e BARBOSA, 2018). Tal superfície também é conhecida em outras literaturas como: Topografia Oceânica (TO) (Lopes, 2006), Topografia Dinâmica (TD) (Lopes, 2010) e Topografia da Superfície do Mar, do inglês *Sea Surface Topography* (SST) (TORGE, 2001; HAYDEN et al., 2012; SILVA e GUIMARÃES, 2018).

A TNMM é uma superfície dinâmica e seu valor médio depende do período de avaliação, podendo atingir ± 2 m em relação ao denominado geóide global (CHELTON et al., 2001). Esta variação faz com que os diferentes níveis da maré presentes ao longo da costa brasileira não representem a mesma superfície equipotencial. Assim não se pode usar os diferentes NMM ao longo da costa como injeção para uma única rede altimétrica. Devido a este fato, a maior parte da rede vertical brasileira está referenciada ao NMM observada em Imbituba – SC, apesar da propagação de erros aumentar conforme as Referências de Nível (RRNN) se afastam do *Datum* (SILVA, FREITAS e DALAZONA, 2016).

Em uma abordagem geodésica, a determinação da TNMM está diretamente associada aos modelos geopotenciais globais, tendo como referência um geopotencial global W_0 vinculado à um Sistema de Referência Vertical Global (SVRG). No entanto, a estimativa da TNMM é realizada por meio das diferenças de potenciais ΔW , ou seja, a diferença de potencial entre o *Datum* Vertical Local (DVL), de uma Rede Vertical Fundamental (RVF) e o SVRG (SILVA, FREITAS e DALAZOANA, 2016).

Normalmente as diferenças de potenciais são resultantes de efeitos de anomalias locais de massas continentais e oceânicas, que por sua vez influenciam as estimativas da TNMM. A Equação (1), representa a determinação da TNMM de forma física (BURSĂ et al., 2002; SILVA, FREITAS e DALAZOANA, 2016).

$$TNMM_i = \frac{W_0 - W_i}{\gamma_i} \quad (1)$$

Em que, W_0 representa o potencial global de referência, W_i o valor do potencial no ponto i e γ_i corresponde ao valor da gravidade normal no elipsoide em determinada latitude geodésica. O γ_i pode ser calculado por meio da seguinte expressão da Somigliana, conforme demonstra a Equação (2) (MORITZ, 1980; SILVA, FREITAS e DALAZOANA, 2016):

$$\gamma_i = \frac{a\gamma_e \cos^2 \phi + b\gamma_p \sin^2 \phi}{\sqrt{a\gamma_e \cos^2 \phi + b\gamma_p \sin^2 \phi}} \quad (2)$$

Em que:

- a : corresponde o valor do semieixo maior do elipsoide de referência;
- b : o semieixo menor do elipsoide de referência;
- γ_e : a gravidade normal no Equador;
- γ_p : a gravidade normal nos polos; e
- ϕ : a latitude geodésica do ponto de interesse.

Com o avanço da tecnologia ALTSAT em estudos do monitoramento do NMM nas regiões costeiras, houve também o crescimento da aplicação da referida técnica em outros estudos, como por exemplo nas estimativas das TNMMs. Dessa forma, além da determinação da TNMM em uma abordagem geodésica, por meio de técnicas convencionais (maregrafia), destaca-se a importância de estudos de tal superfície através de uma abordagem oceânica utilizando a técnica de ALTSAT. No entanto, em ambas as abordagens e conforme demonstram as equações acima, o modelo geopotencial é de fundamental relevância nas estimativas das mesmas.

4.2. Altimetria por Satélites (ALTSAT)

A ALTSAT é imprescindível para a determinação do geoide nos oceanos tendo em vista que sua definição é a superfície equipotencial do campo da gravidade, que melhor se ajusta ao NMM não perturbado e que os métodos clássicos não permitem obter estas informações com a precisão exigida para tal finalidade (AVISO, 2020). Nesse contexto, vale ressaltar que a técnica ALTSAT é fundamental para um modelo geoidal refinado, uma vez que a combinação do geoide com a altimetria demonstra vantagens em relação a escalas espaciais (LOPES, 2010; SOUZA e PALMEIRO, 2020).

O princípio de medição é baseado em um feixe de micro-ondas no qual o satélite emite verticalmente em direção à superfície dos oceanos e o retorno é a chegada do sinal refletido da superfície à antena (Figura 1). As micro-ondas são bandas espectrais com baixa absorção na troposfera e ionosfera, mas que têm alta refletância nos corpos d'água. Em geral, o radar altímetro trabalha na Banda Ku, que tem uma frequência de aproximadamente 13,5 GHz, correspondendo a um comprimento de onda (λ) de aproximadamente 2,2 cm (SEEBER, 2003).

$$R = \frac{1}{2}c\Delta t - \sum \Delta e \quad (3)$$

Em que:

- R : corresponde à distância entre o satélite e a superfície do mar corrigida de efeitos que afetam o altímetro;
- c : a velocidade de propagação da luz,
- Δt : o tempo do percurso (emitido e refletido);
- Δe : as correções necessárias.

A distância (R) é estimada considerando que o sinal do radar se propaga com a velocidade da luz. No entanto, a velocidade de propagação do sinal na atmosfera sofre um atraso, resultando na superestimação da medida. Desta forma, por convenção, considera-se que todas as correções sejam positivas (CHELTON et al., 2001).

A somatória das correções necessárias envolve uma série de medidas para eliminar os efeitos que afetam as medidas do altímetro, é expressada por Luz e De Freitas (2008) e vista e representada na Equação 4:

$$\sum \Delta e = \sum e_{inst} + \sum e_{atm} + \sum e_{sup} + \sum e_{geof} \quad (4)$$

As correções instrumentais e_{inst} , referem-se, dentre outras causas, às alterações de frequência do sinal refletido, à deriva do temporizador, às variações de altitude do satélite e aos ajustes introduzidos pelos próprios sistemas de coleta e tratamento do sinal refletido, embarcados no satélite, a fim de maximizar a resolução vertical das observações (CHELTON et al., 2001; REIS, PALMEIRO e BARBOSA, 2018).

Os efeitos atmosféricos e_{atm} são constituídos pelas componentes ionosféricas e troposféricas, esta última por sua vez é tratada separadamente segundo os efeitos dos gases secos e do vapor d'água (LUZ e DE FREITAS, 2008). As correções referentes à superfície refletora e_{sup} dizem respeito à irregularidade da superfície oceânica em função das ondas, que introduz um desvio, em relação ao NMM instantâneo, conhecido comumente por *Sea State Bias* (SSB). As correções geofísicas e_{geof} , incluem as marés terrestres e oceânicas, as alturas geoidais, o nível dinâmico do mar, e o efeito do barômetro inverso (variação da pressão atmosférica) (LUZ e DE FREITAS, 2008).

Os sistemas de posicionamento *Doppler Orbitography and Radiolocation Integrated by Satellite* (DORIS) e o (GNSS) que acompanham as missões altimétricas, permitem a determinação da posição da órbita do satélite de forma precisa, e o conhecimento da posição da órbita possibilita a determinação da altitude do satélite h_s com relação ao elipsoide de referência. Sendo assim, é possível determinar a *Sea Surface Height* (SSH) sobre o elipsoide de referência, conforme a Equação (5) (AVISO, 2020):

$$SSH = h_s - R \quad (5)$$

Em que:

- SSH : corresponde à altura da superfície do mar;
- h_s : a altitude do satélite em relação ao elipsoide de referência;
- R : a distância corrigida entre o satélite e a superfície do mar.

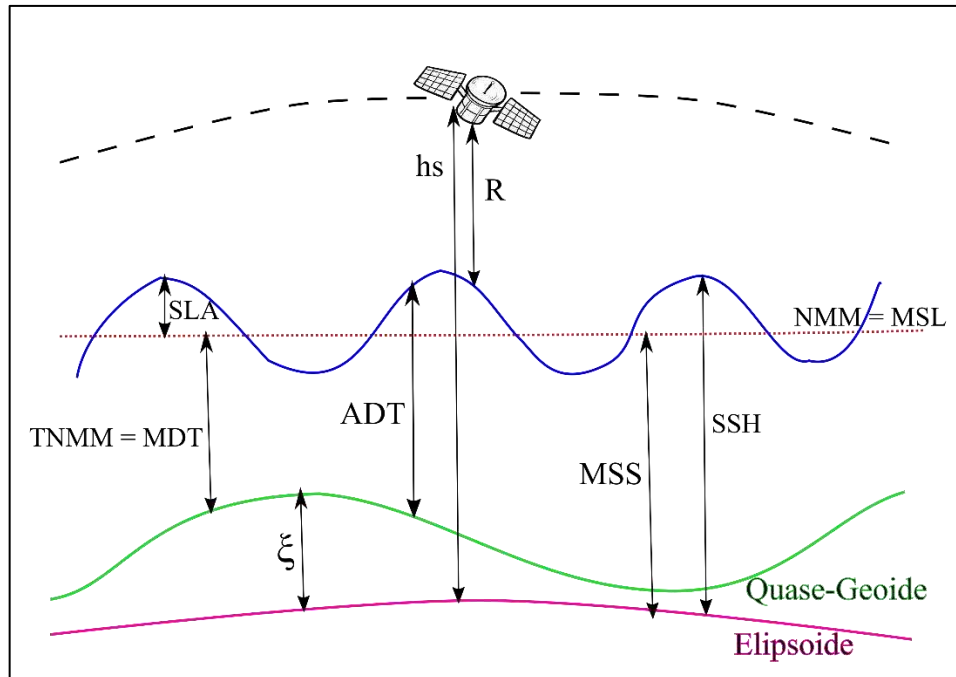


Figura 1 - Superfícies de referências utilizadas pela ALTSAT.
Fonte: Adaptado de (SOUZA e PALMEIRO, 2020).

De acordo com Birol et al., (2004) e Pajak e Kowalczyk, (2019), além da SSH outras superfícies de referências são utilizadas na técnica de ALTSAT, conforme as Equações 6, 7 e 8 a seguir:

$$SLA = SSH - MSS \quad (6)$$

$$ADT = SLA + MDT \quad (7)$$

$$MDT = MSS - N \quad (8)$$

Em que *Sea Level Anomaly* (SLA) é anomalia do nível do mar, *Mean Sea Surface* (MSS) é a superfície média do mar, *Absolute Dynamic Topography* (ADT) é a topografia dinâmica absoluta e *Mean Dynamic Topography* (MDT) é a TNMM. A anomalia de altura (ξ) pode ser extraída de alguns modelos globais geopotenciais disponíveis, como, EGM2008, EIGEN-6C4 e GOCO05C (SOUZA e PALMEIRO).

4.2.1. CryoSat-2 (CS2)

O CryoSat é uma missão de satélites altímetros operados por radar, sua primeira missão foi lançada pela Agência Espacial Europeia (ESA - *European Space Agency*) em meados da década de 90. Seu principal objetivo era medir a extensão do desgaste do gelo ártico devido às mudanças climáticas e realizar o monitoramento das variações das espessuras das camadas de gelo marinho e continental. No entanto, em outubro de 2005, o satélite CryoSat-2 (CS2) substituiu a primeira missão CryoSat devido a uma falha em seu lançamento (PEREIRA, ABREU e MAILLARD, 2017 e ESA, 2020).

Esta substituição se deu em 08 de abril de 2005, com o lançamento do CS2, que possui os mesmos objetivos da missão CryoSat original, porém com o diferencial de monitorar o derretimento do gelo polar e o consequente aumento do nível dos mares, ampliando assim sua atuação e obtenção de dados. No que tange os tipos de radares interferométricos acoplados em sua estrutura física, o SIRAL (*SAR/Interferometric Radar Altimeter-2*) é o principal instrumento a bordo do CS2 e possui amplos recursos para realizar a medição da elevação das lâminas de gelo e o nível marinho (ESA, 2020).

De acordo com a ESA (2020), o SIRAL combina três modos de operação para determinar a topografia das massas de gelo terrestres e marinhas, assim como as elevações do nível do mar. O modo convencional de baixa resolução, do inglês *Low Resolution Mode* (LRM) é responsável pela mensuração das camadas de gelo sobre os oceanos e operações em mar aberto, já o de abertura sintética, do inglês *Synthetic Aperture Radar* (SAR) é comumente utilizado para mapear pequenos blocos de gelos e realizar medições de alta resolução em gelos marinhos flutuantes e camadas de gelo terrestre, permitindo a medição indireta da espessura das camadas. O modo de radar interferométrico de abertura sintética, do inglês *Synthetic Aperture Radar Interferometric* (SARIn) corresponde ao modo mais avançado do CS2, sendo utilizado ao redor das margens do manto de gelo e sobre as geleiras em montanhas, fornecendo uma medida exata da superfície a ser medida, além de estudos em terrenos mais contrastantes, como as áreas localizadas nas junções entre as camadas de gelo, o continente Antártico e a Groelândia. A Tabela 1, apresenta as principais características do CS2 (ESA, 2020).

Tabela 1 - Principais características da missão altimétrica CS2.

MISSÃO ALTIMÉTRICA CS2	
Lançamento	08 de abril de 2010
Duração da Missão	No mínimo 3 anos
Órbita	Baixa órbita terrestre, não sincronizada com o Sol
Altitude Orbital	730 Km
Inclinação	92°
Resolução Temporal	369 dias (com subciclos de 30 dias) SIRAL (SAR <i>Interferometric Radar Altimeter</i>)
Carga Útil	Receptor DORIS Refletor a Laser (3) Rastreadores de estrelas
Massa	720 kg (incluindo 37 kg de combustível e 90 kg do SIRAL) 4,60 x 2,40 x 2,2 m

Fonte: Adaptado de ESA (2020).

Atualmente, a altimetria por SAR têm sido uma alternativa viável para o mapeamento das SSH. Sendo assim, as missões altimétricas com tecnologia SAR representam um importante passo para melhorar modelos costeiros de NMM e TNMM (IDŽANOVIĆ, OPHAUG e ANDERSEN, 2017).

O acesso aos dados do CryoSat 1 e 2 são controlados por um sistema de registro. Para realizar o registro ou baixar os dados, basta visitar o portal CryoSat da ESA (*Earthnet Online*)¹. Todos os produtos científicos desta missão estão disponíveis no servidor da ESA e são processados com órbitas precisas (ESA, 2020).

4.3. Modelos Globais do Geopotencial (MGGs)

Com o avanço das tecnologias espaciais e a popularização das atividades que envolvem o posicionamento de forma global, evidencia-se que o sistema *Global Positioning System* (GPS) revolucionou as atividades que englobam o posicionamento, por causa da sua precisão e rapidez. Tal fato despertou o interesse e necessidade de estimar modelos globais adequados e confiáveis para, por exemplo,

¹ Mais informações em: <<https://earth.esa.int/eogateway/missions/cryosat>>

fornecer a determinação do geóide para uma aplicação mais precisa nos campos de geodésia, cartografia e engenharia (NICÁCIO e DALAZOANA, 2017).

Os MGGs são compostos por um conjunto de parâmetros terrestres e coeficientes do potencial anômalo, expressos como funções harmônicas esféricas determinadas por meio de tecnologias espaciais. Atualmente, os modelos representam uma forma mais confiável, além de matematicamente fidedigna ao expressar o potencial gravitacional global terrestre, o valor da gravidade e seus derivados. Portanto, os MGGs representam parâmetros como: altura do geóide, anomalias de altura, distúrbios gravitacionais, entre outros (NICÁCIO e DALAZOANA, 2017).

De acordo com Nicácio e Dalazoana (2017), um desenvolvimento importante na modelagem do campo gravitacional, corresponde à utilização do geopotencial em funções harmônicas esféricas e suas grandezas associadas. Desta forma, o geopotencial representa a soma do potencial do campo da gravidade e o potencial centrífugo. Segundo a Equação de Laplace (Equação 9), a evolução do geopotencial em harmônicos esféricos ocorre por meio da visualização do potencial gravitacional como uma função harmônica (HOFMANNWELLENHOF e MORITZ, 2006).

$$V_p = \nabla^2 V(r, \varphi, \lambda) = 0 \quad (9)$$

Em que:

- V_p : potencial gravitacional no ponto p;
- V : potencial de atração gravitacional;
- ∇ : operador Laplaciano;
- r : representa a distância do ponto de cálculo ao geocentro do modelo; e
- φ, λ : são as coordenadas geocêntricas;

A Equação 10 demonstra o geopotencial expandido em termos de funções harmônicas esféricas (NICÁCIO; DALAZONA, 2017).

Em que:

- a : corresponde ao semieixo maior do elipsoide de referência;
- ω : é a velocidade angular de rotação do modelo;
- C_{nm} e S_{nm} : são os coeficientes do desenvolvimento em séries;
- GM : é a constante gravitacional geocêntrica associada ao modelo;

- φ, λ : são as coordenadas geocêntricas;
- r : representa a distância do ponto de cálculo ao geocentro do modelo; e
- P_{nm} : representa as funções de Legendre associadas com grau n e ordem m .

$$W(r, \varphi, \lambda) = \frac{GM}{r} + \left[1 + \sum_{n=2}^{\infty} \sum_{m=0}^n \left(\frac{a}{r}\right)^n (C_{nm} \cos m\lambda + S_{nm} \sin m\lambda) \right] P_{nm}(\sin\varphi) + \frac{1}{3} \omega^2 r^2 [1 - P_{20}(\sin\varphi)] \quad (10)$$

Logo, além dos parâmetros derivados do potencial da gravidade, o estudo dos MGGs impulsionou aplicações na engenharia. Pois tais parâmetros permitiram que as altitudes elipsoidais obtidas por levantamentos com GNSS pudessem ter caráter físico e fossem convertidas em altitudes ortométricas, ou seja, referidas ao geóide (MATOS, et al., 2012).

No entanto, com o passar dos anos verificou-se uma melhora no ajustamento dos esféricos harmônicos, ampliação da rede gravimétrica, dentre outros fatores que propiciaram a criação de diversos modelos geopotenciais. Diante disso, os próximos tópicos abordarão os aspectos teóricos do modelo EGM2008, o qual corresponde ao utilizado pela missão CryoSat-2, e o EIGEN-6C4, modelo responsável pela concepção do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB).

4.3.1. EGM2008

O EGM2008 corresponde a um modelo esférico harmônico que representa o potencial gravitacional da Terra, que foi desenvolvido por meio de uma combinação de dados do satélite gravimétrico *Gravity Recovery and Climate Experiment* (GRACE), do modelo geopotencial EIGEN-GL04C de grau e ordem 360, e dos dados gravimétricos terrestres e oceânicos (PAVLIS et al., 2012; FÖRSTE et al., 2014). A equipe de desenvolvimento do *Earth Gravity Model* (EGM) é afiliada à *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) / *National Geospatial-Intelligence Agency* (NGA) e responsável pelo desenvolvimento e distribuição dos dados à comunidade científica desde o início do ano 2000 (PAVLIS et al., 2012).

O MGG surgiu da necessidade de substituir o EGM96 com melhorias em seu modelo gravitacional, isto foi possível em virtude da grande quantidade de dados

gravitacionais da missão GRACE. Inicialmente, sua precisão tinha um objetivo de alcançar aproximadamente um erro quadrático médio global de 15 centímetros na determinação da altitude geoidal (NICÁCIO e DALAZOANA, 2017). Para que isso fosse possível, foi realizada uma combinação do ajustamento pelo método dos mínimos quadrados do modelo gravitacional ITG-GRACE03S com sua matriz de variância-covariância, e com informações gravitacionais oriundas de um conjunto global de anomalias da gravidade, obtidos em um *grid* global com resolução de 5' x 5' (PAVLIS et al., 2012).

Este *grid* global foi constituído pela fusão de dados gravimétricos terrestres, derivados de ALTSAT e aerotransportados. Em áreas em que apenas dados de gravidade de baixa resolução espacial estavam disponíveis, seu conteúdo espectral foi acrescido com informações gravitacionais derivadas de uma base de dados de topografia global (PAVLIS et al., 2012; NICÁCIO e DALAZOANA, 2017). A Figura 2 representa a distribuição global do EGM2008 de acordo com as principais fontes que compuseram sua criação.

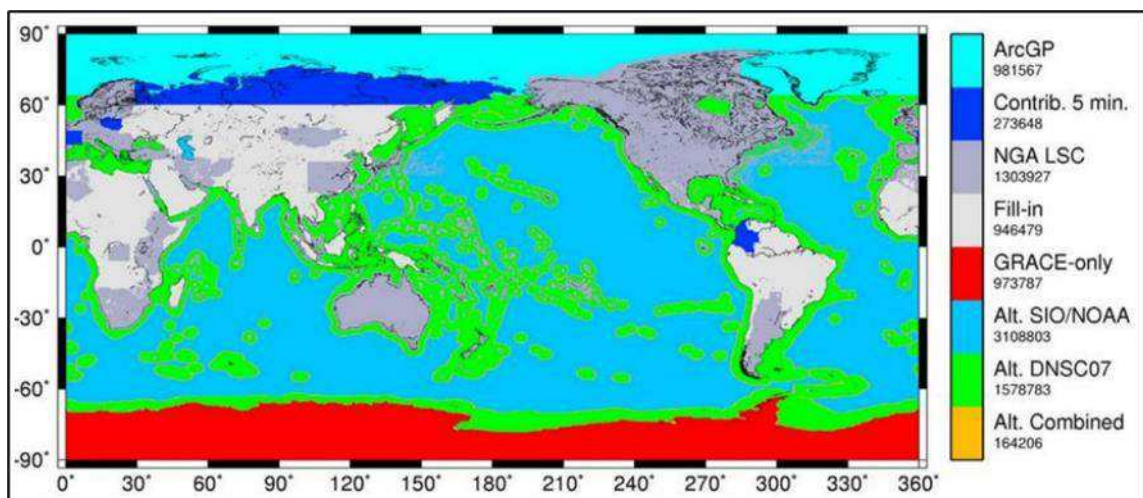


Figura 2 - Distribuição global das anomalias de gravidade e as fontes que contribuem para a elaboração do EGM2008.

Fonte: Adaptado de (PAVLIS et al., 2012; NICÁCIO e DALAZOANA, 2017).

O EGM2008 está completo até o grau e ordem 2159 e contém coeficientes adicionais até o grau 2190 e ordem 2159. Em áreas com cobertura de dados de gravidade com alta resolução espacial, as discrepâncias entre as ondulações geoidais do EGM2008 e os valores independentes de GPS / Nivelamento são da ordem de ± 5 a ± 10 cm (PAVLIS et al., 2012).

Tais resultados são comparáveis e às vezes até melhores do que aqueles obtidos usando modelos geoidais regionais mais detalhados, conforme mostra o estudo de Blitzkow e Matos (2009), em que seus resultados na avaliação do MGG EGM2008 na América do Sul apresentaram melhores resultados estatísticos ao serem comparados com o MGGs anteriores (EGM96, EIGEN-GL04S1, EIGEN-GL04C, GGM02S, GGM02C) (NICÁCIO e DALAZOANA, 2017).

4.3.2. EIGEN-6C4

O primeiro lançamento do EIGEN-6C foi publicado em 2011 pelo *GFZ Potsdam* (Centro de Pesquisa Alemão de Geociências, em Potsdam, Alemanha) e pelo *GRGS Toulouse* (Grupo de Pesquisa de Geodésia Espacial, em Toulouse, França). A nomenclatura corresponde a um acrônimo para “*European Improved Gravity model of the Earth by New techniques*”, ou seja, modelo europeu de gravidade terrestre que foi melhorado por novas técnicas (NICÁCIO e DALAZOANA, 2017).

Este modelo foi o primeiro modelo geopotencial global combinado com informações da gravidade do satélite *Gravity Field and Steady-State Ocean Circulation Explorer* (GOCE). Ele foi calculado a partir de uma combinação de dados *Laser Geodynamics Satellite* (LAGEOS), GRACE, GOCE e anomalias de gravidade terrestre (FÖRSTE et al., 2014).

A combinação dos diferentes tipos de dados foi realizada com base em equações normais completas até o grau 370, além de coeficientes harmônicos esféricos com curtos comprimentos de ondas. As versões subsequentes EIGEN-6C2, lançada em 2012 e EIGEN-6C3stat, lançada em 2013, foram concluídas com grau e ordem 1949, correspondendo à aproximadamente 10 km de resolução espacial. Ambas possuem informações gravimétricas das missões LAGEOS, GRACE e GOCE (FÖRSTE et al., 2014).

No entanto, o EIGEN-6C4 corresponde à quarta versão de modelos EIGEN combinados, ele foi desenvolvido para grau e ordem 2190 e contém informações atualizadas da missão GRACE e dados tridimensionais sobre o gradiente da gravidade de quase toda missão GOCE (set. 2009 até set. 2013) (FÖRSTE et al.,

2014). De acordo com Förste et al. (2014) e Nicácio e Dalazoana (2017), o MGG EIGEN-6C4 é constituído com as seguintes fontes:

- Informações de *Satellite Laser Ranging* (SLR) das missões LAGEOS-1 e 2 entre os anos de 1985 até 2010;
- Informações GPS-SST da missão GRACE entre o período de fevereiro de 2003 até dezembro de 2012;
- Informações tridimensionais sobre o gradiente de gravidade da missão GOCE, relativas aos períodos de 1º de novembro de 2009 até 20 de outubro de 2013; e
- Dados terrestres, compostos por um *grid* global de anomalias da gravidade de resolução espacial 2'×2', derivadas de informações de ALTSAT sobre os oceanos, e dados do EGM2008 sobre os continentes.

A comparação dos resultados dos testes de cálculo de órbita, nivelamento por GNSS e velocidades de corrente geostrófica do EIGEN-6C4 quando comparados com os modelos GOCE, EGM2008, GGM03 e GRACE-ITG2010S demonstram que o mesmo obteve um ganho em precisão em altos graus. Pode-se concluir que, ao ser comparado com as versões precursoras do EIGEN-6, esta nova versão mostra uma grande melhoria no geral (FÖRSTE et al., 2014).

4.4. Rede Maregráfica Permanente para Geodésia (RMPG)

A Rede Maregráfica Permanente para Geodésia (RMPG) foi proposta em 1996 pela parceria da Coordenação de Geodésia do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e Universidade Federal do Paraná (UFPR). Com o objetivo de auxiliar a vinculação temporal e espacial dos *Data* Verticais Brasileiros em relação aos demais níveis de referência maregráficos empregados na cartografia náutica e engenharia costeira (IBGE, 2016). Além da definição dos *Data* Verticais, a rede atua no monitoramento do NMM, por consequência na TNMM, e na modelagem matemática do Problema de Valor de Contorno da Geodésia (PVCG) (IBGE, 2016 e CALADO, GARNÉS, JAMUR, 2018).

As estações da RMPG estão em conformidade com as diretrizes da Comissão Oceanográfica Intergovernamental (COI), sendo compostas por, pelo menos, dois

sensores de observação do nível do mar, para garantir a redundância dos dados e minimizar problemas de ausência de informação devido às falhas dos instrumentos (IBGE, 2020). Os tipos de maregrafos utilizados nas estações da RMPG são: radar; contrapeso, boia eletrônica e pressão hidrostática. Todas as estações da RMPG contribuem para a definição do Sistema Global de Observação do Nível do Mar (*Global Sea Level Observing System –GLOSS*), coordenado pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil (IBGE, 2020).

As observações maregráficas são enviadas a cada 5 minutos para o centro de controle da RMPG, situada na Coordenação de Geodésia na cidade do Rio de Janeiro, RJ, lá os mesmos são organizados em arquivos diários correspondentes às sessões que começam às 00:00 e terminam às 23:59 ou 23 do Tempo Universal Coordenado (TUC). A variação no encerramento das sessões depende da resolução temporal do sensor, que podem ser de 5 minutos ou 1 minuto (IBGE, 2020).

Após o recebimento dos dados são criados arquivos no formato .txt, nos quais são executados o controle de qualidade das observações, a reformatação do horário para o fuso de Brasília desconsiderando o horário de verão e por fim, uma filtragem das observações. Após esses processos, os arquivos de dados .txt são então compactados e disponibilizados na área de *downloads* do portal do IBGE² (IBGE, 2020).

De acordo com Calado, Garnés e Jamur (2018) e IBGE (2020), atualmente a RMPG disponibiliza os dados maregráficos de sete estações ao longo da costa oceânica brasileira, são elas: EMIMB (Estação Maregráfica e Meteorológica de Imbituba – Santa Catarina), EMMAC (Estação Maregráfica de Macaé – Rio de Janeiro), EMSAL (Estação Maregráfica de Salvador – Bahia), EMFOR (Estação Maregráfica de Fortaleza – Fortaleza), EMSAN (Estação Maregráfica e Meteorológica de Santana – Amapá), EMBEL (Estação Maregráfica de Belém – Belém) e EMARC (Estação Maregráfica e Meteorológica de Arraial do Cabo – Rio de Janeiro). Dessas seis estações, cinco delas estão atualmente ativas (a estação EMMAC está inativa desde 2015).

² Mais informações em:

<https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-sobre-posicionamento-geodesico/rede-geodesica/10842-rmpg-rede-maregrafica-permanente-para-geodesia.html?edicao=16277&t=arquivos-de-dados-da-estacao>

4.5. Serviço de Monitoramento Ambiental Marinho Copernicus (CMEMS)

O Serviço de Monitoramento Ambiental Marinho Copernicus (do inglês, *Copernicus Marine and Environment Monitoring – CMEMS*), possui financiamento da União Europeia (UE) e serve de base para orientar os usuários sobre informações marinhas. O serviço iniciou sua pré-operação em 2008, e teve o início das suas operações entre 2011-2013 e por fim, em 2014 atingiu a totalidade em sua capacidade operacional (RAVDAS, ZACHARIOUDAKI e KORRES, 2018).

O CMEMS baseia-se em uma forte parceria europeia, com mais de 50 centros de pesquisa marinha envolvidos nos serviços de monitoramento e previsão marítima, fornecendo uma ampla gama de medições marítimas de valor social e ambiental, tais como: correntes oceânicas, temperatura, salinidade, nível do mar, anomalias do nível do mar, topografia dinâmica absoluta, pelágicas biogeoquímicas e ondas. O centro disponibiliza de forma gratuita em sua plataforma informações de monitoramento marítimo de onze missões altimétricas, sendo essas: Jason-3, Sentinel-3A, HY-2A, Saral/ AltiKa, CryoSat-2, Jason-2, Jason-1, T/P, ENVISAT, GFO e ERS1/2. (CMEMS, 2015).

No entanto, para o desenvolvimento desse trabalho utilizou-se dados de SLA e ADT provenientes da missão altimétrica CS2. Tais dados foram obtidos por meio da plataforma da CMEMS com uma resolução espacial de 14 km x 14 km. As SLA e ADT são calculadas com relação a uma média de 20 anos de observações, os parâmetros são processados pelo sistema de processamento de dados da CMEMS e os produtos atendem em tempo quase real os principais centros operacionais de oceanografia e previsão do clima da Europa e do mundo. O centro fornece ainda um catálogo consistente e homogêneo de produtos para aplicações variadas, tanto para aplicações em tempo quase real, quanto para estudos *offline* (CMEMS, 2015).

Para o processamento das SLA e ADT, o centro de controle utiliza os registros de dados geofísicos que são calculados a partir de efemérides de órbitas precisas e são entregues em 3 meses, dependendo de cada missão. Posteriormente, o centro de controle adquire e sincroniza os dados geofísicos do altímetro, bem como, os dados auxiliares que contribuem para o processamento. Após essa etapa verifica-se a qualidade dos produtos, para isso, o sistema utiliza os melhores dados da missão

altimétrica, além de executar o processo de calibração cruzada, no qual remove qualquer erro de órbita residual ou erro de longos comprimentos de ondas.

Por fim, todos os dados das missões altimétricas são interpolados de acordo com os locais e as datas dos cruzamentos entre as trilhas, e disponibilizados no site da instituição. Cabe ressaltar que todos os parâmetros disponibilizados na plataforma são acrescidos de correções nos efeitos atmosféricos (efeitos de ionosfera, troposfera seca e úmida) e geofísicos (correções de marés terrestres, oceânicas, polar, efeitos de cargas oceânicas e variações do estado do mar). Todas as informações sobre as missões encontram-se no *site* da CMEMS³.

³ Mais informações em:

https://resources.marine.copernicus.eu/?option=com_csw&view=details&product_id=SEALEVEL_GLO_PHY_L3_REP_OBSERVATIONS_008_062

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1. Área de Estudo

Nesta pesquisa foram utilizados dados (ADT e SLA) da missão altimétrica CS2 e observações maregráficas de algumas estações situadas na costa brasileira e pertencentes à RMPG. Devido às dificuldades na integração dos dados de ALTSAT com a parte continental, devido à influência dos efeitos de borda do sensor na interface oceano/continente, além da ausência de informações maregráficas equivalentes à série temporal da ALTSAT, optou-se por utilizar somente as estações: EMIMB, EMMAC, EMFOR e EMSAL neste estudo. A Figura 3 mostra a localização geográfica das estações que compõem a RMPG utilizadas neste estudo e a densificação da Rede Altimétrica de Alta Precisão (REALT) que teve a sua reformulação realizada em 2018.

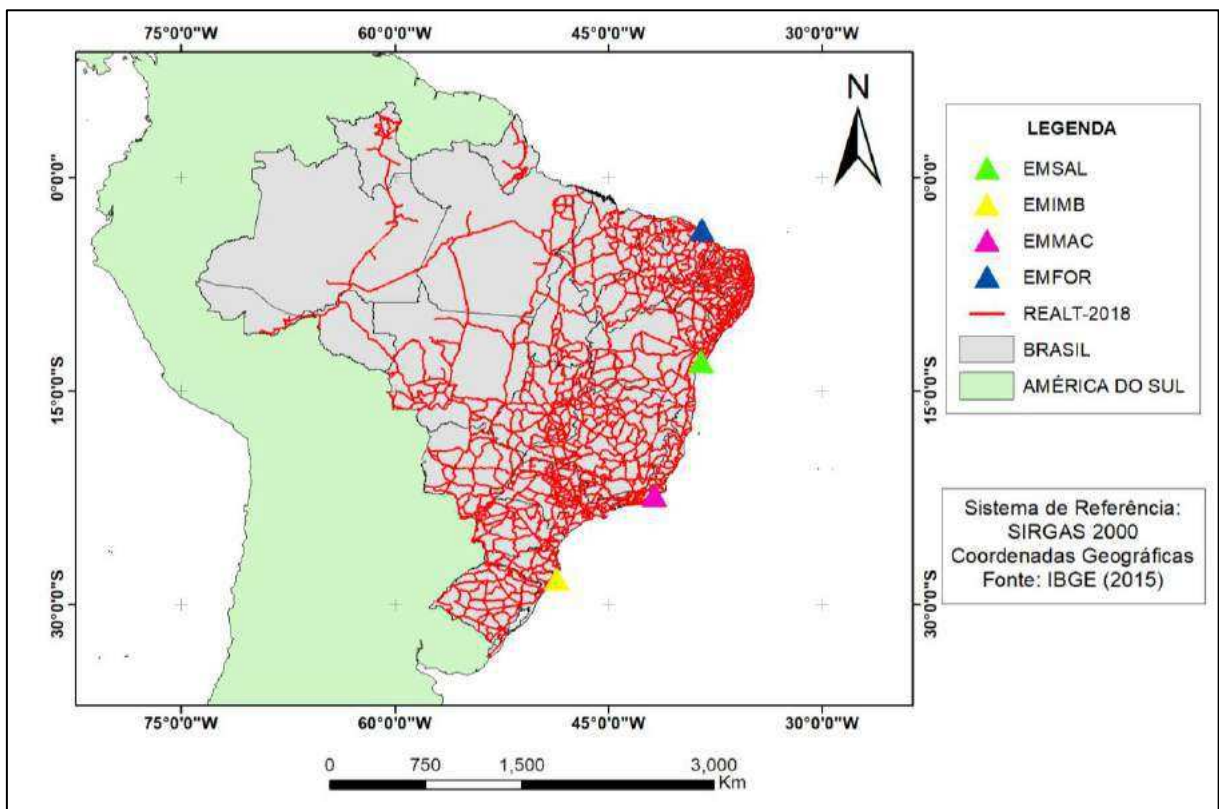


Figura 3 - Área de estudo com a localização geográfica das estações.

5.2. Metodologia

Nos próximos tópicos serão detalhados os métodos adotados na execução deste trabalho, bem como, a determinação das TNMMs em diferentes técnicas e metodologias.

5.2.1. Determinação da TNMM por ALTSAT

A metodologia utilizada neste trabalho para determinação da TNMM seguiu as recomendações propostas por Pajak e Kowalczyk (2019). Neste sentido, o fluxograma abaixo demonstra as principais etapas que possibilitaram a determinação das variações da TNMM nas estações maregráficas utilizadas (Figura 4).

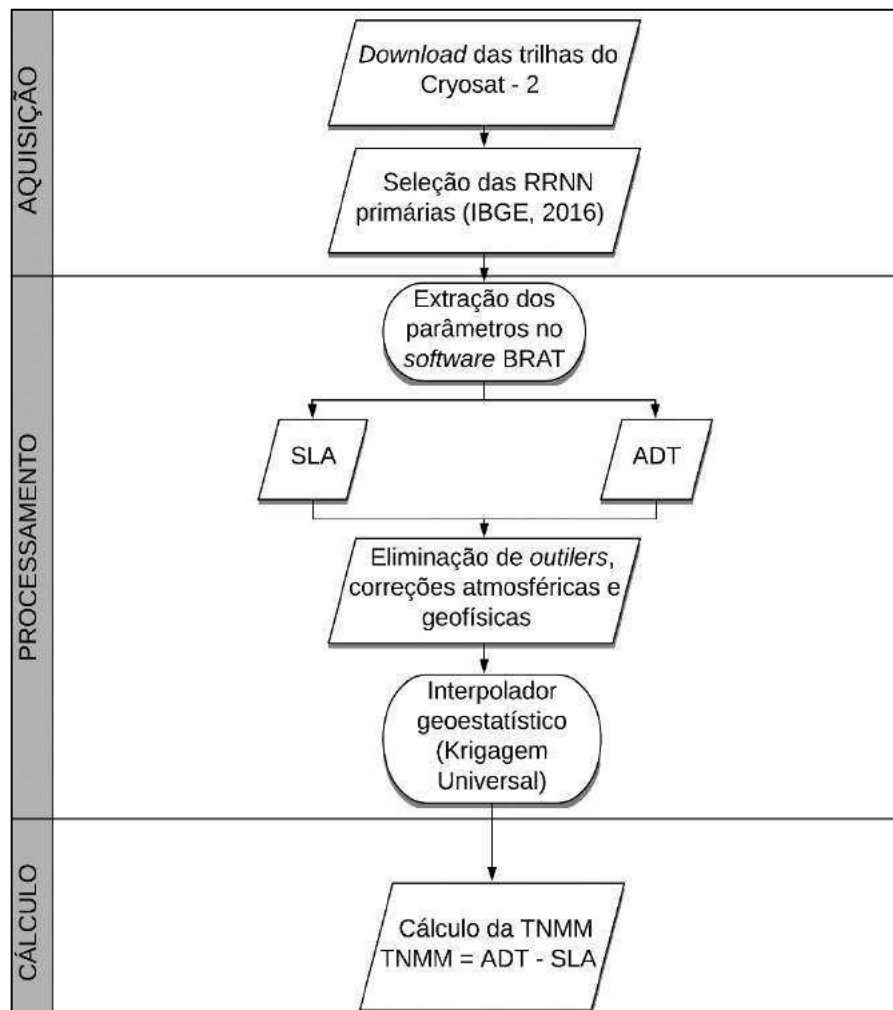


Figura 4 - Fluxograma geral das estimativas da TNMM por meio da ALTSAT.

Os dados de ALTSAT são criptografados e encontram-se disponíveis em extensão .nc (NetCDF-*Network Common Data Form*), sendo necessário aplicar um *software* específico para o tratamento dos mesmos. Para isto, utilizou-se o *software* livre BRAT (*Broadview Radar Altimetry Toolbox*) versão 4.2.1 (ROSMORDUC et al., 2016), o qual corresponde a um projeto conjunto entre a *European Space Agency* (ESA) e o *Centre National d'Etudes Spatiales* (CNES) que possibilitou o desenvolvimento de uma ferramenta de código aberto (GPL-3) disponível gratuitamente para a comunidade.

Após a obtenção dos dados de SLA e ADT obtidas pelo CS2, referentes ao período de fevereiro de 2011 a setembro de 2019 na plataforma da CMEMS, seguiu-se o fluxograma das etapas de processamento no BRAT, conforme é apresentado na Figura 5.

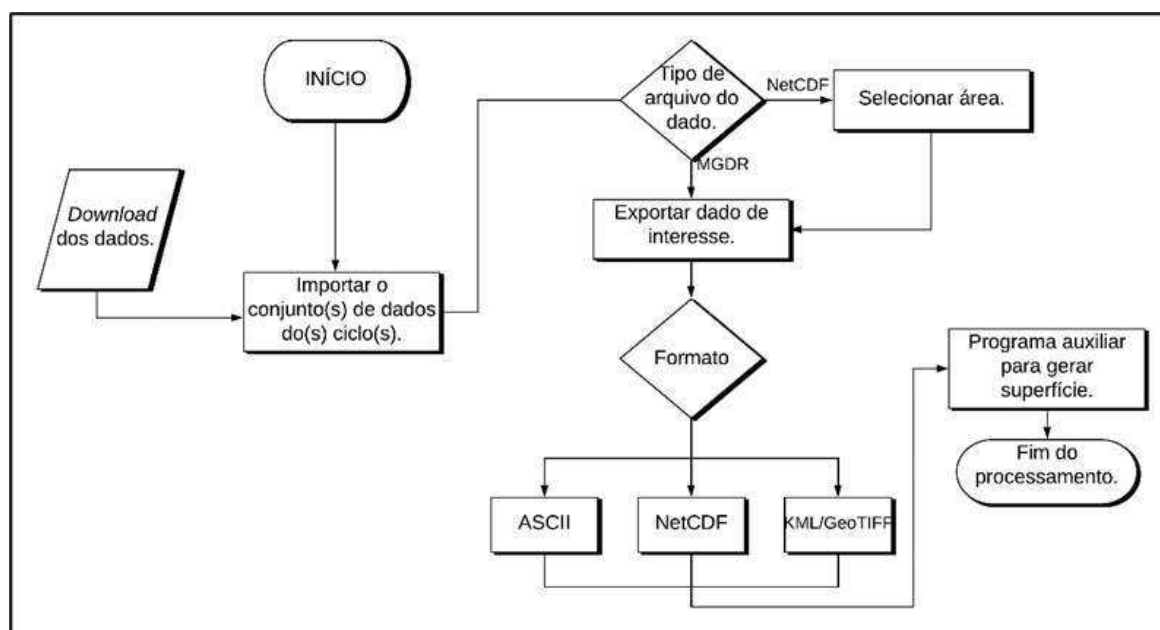


Figura 5 - Fluxograma das etapas de processamento no *software* BRAT

Importou-se os arquivos com a extensão .nc para o BRAT e, posteriormente aplicou-se o retângulo envolvente com as coordenadas geográficas no entorno dos marégrafos pertencentes à RMPG, com a finalidade de extrair informações de Latitude, Longitude, SLA e ADT apenas da região de interesse. Em seguida, estas informações foram exportadas em formato ASCII. A escolha desta extensão se deve ao fato da mesma ser compatível com o *software* ArcGis (ESRI, 2020), este devidamente licenciado nos laboratórios do Departamento de Engenharia Civil (DEC) na Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Vale ressaltar que os dados de SLA e ADT possuem uma resolução espacial de 14 km e estão referenciados ao modelo geopotencial global EGM2008. Desta forma, foi necessário estimar as lacunas entre as trilhas do satélite a partir de um interpolador matemático. Devido às características estatisticamente ótimas (estimativa sem viés e com variância mínima) (Matheron, 1967 e Cressie, 1990), optou-se por empregar um interpolador Geoestatístico, em especial, a Krigagem Universal (KU), conforme recomenda Ferreira (2013). As análises foram conduzidas através do *software* ArcGis versão 10.5 da *Environmental Systems Research Institute* (ESRI). Por convenção optou-se por utilizar dados mensais, uma vez que, a missão CS2 não possui resolução temporal diária e na maregráfica as leituras são gravadas e disponibilizadas ao usuário a cada 5 minutos.

Sendo assim, de posse das informações mensais de SLA e ADT, utilizaram-se as relações entre as superfícies com a finalidade de estimar a TNMM através de ALTSAT na região, conforme apresentada na Equação (11) a seguir (AVISO, 1996):

$$\text{TNMM} = \text{ADT} - \text{SLA} \quad (11)$$

Por fim, foi realizada as análises das variações da TNMM nas estações pertencente à RMPG, bem como uma análise estatística.

5.2.2. Determinação da TNMM por maregrafia

A metodologia utilizada para determinação da TNMM por meio de uma abordagem clássica, ou seja, através da maregrafia, seguiu-se as recomendações propostas por Hayden et al. (2012) e Andersen et al. (2018). A Figura 6 exibe o fluxograma adotado.

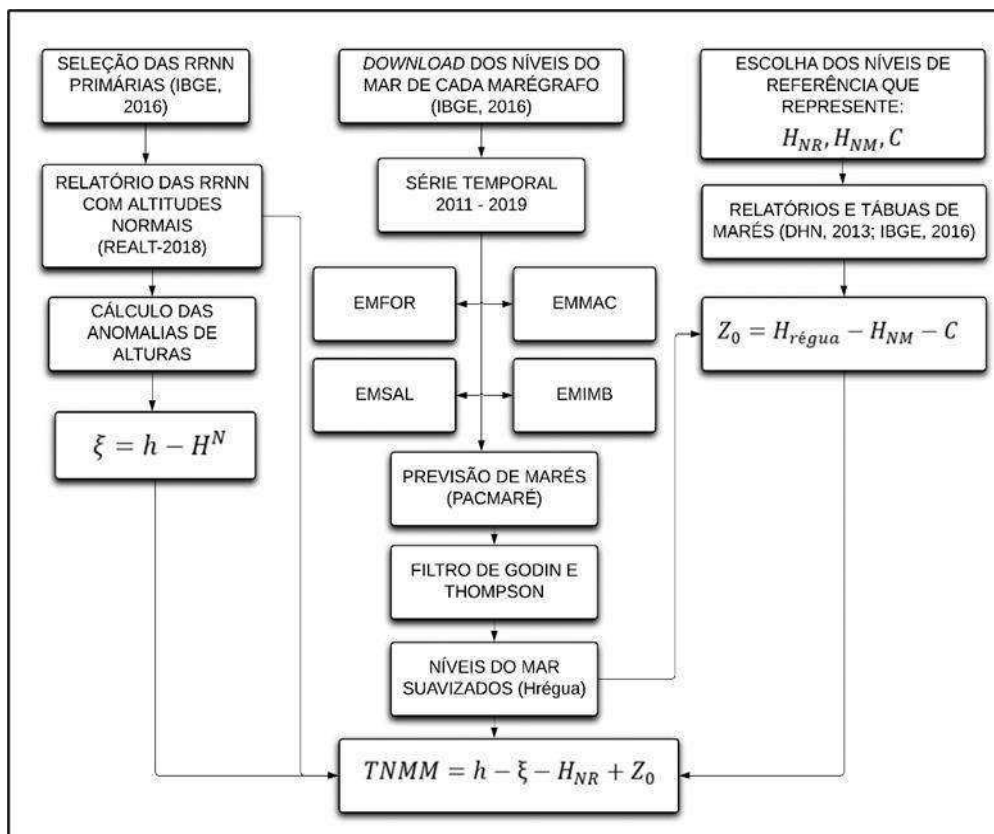


Figura 6 - Fluxograma geral das estimativas da TNMM através de maregrafia.

Para a estimativa da TNMM nos marégrafos da RMPG foram utilizados dados maregráficos contidos no banco de dados do IBGE para cada conjunto de Estações/Data, tendo o formato do tipo texto (.txt) e contendo leituras do nível do mar (IBGE, 2016). Apesar do IBGE apresentar um banco de dados com informações no nível d'água para todas as estações pertencentes à rede, a base de dados apresenta falhas nas observações devido aos diversos períodos de inatividade das estações e falhas nos sensores (IBGE, 2016). Visando minimizar tais problemas foi necessário realizar a previsão dos dados faltantes, para isto fez-se o uso dos módulos ANALEXEC e PREVISÃO do *software* PACMARÉ versão 2003 (FRANCO, 1988).

O *software* PACMARÉ (Previsão Harmônica e Análise de Marés) foi desenvolvido e idealizado por Franco (1988) com o objetivo principal de estimar as alturas de marés através de constantes harmônicas obtidas por meio de análises realizadas pelo método harmônico. Seu pacote de programas utiliza a técnica de decomposição de um conjunto periódico não-sinusoidal baseado no teorema de Fourier. Além disso, o *software* permite a utilização da rejeição percentual de pequenos componentes estabelecidos pelo usuário e analisa até 13 tipos de

componentes diários para indicar o número de ciclos para a espécie analisada (RIBEIRO, 2008; COELHO, 2016).

Para realizar a previsão dos dados faltantes, inicialmente obteve-se as constantes harmônicas por meio do módulo ANALEXEC. Nele é possível realizar a análise harmônica dos dados de marés ou de correntes de marés no domínio da frequência. As previsões de maré podem ser obtidas a partir do resultado da análise harmônica de observações maregráficas. Tais análises têm como objetivo reproduzir parâmetros significativos, estáveis no tempo, que descrevem o regime das marés em relação a interação entre a Terra, Sol e Lua no local de observação.

Os parâmetros são frequentemente denominados componentes harmônicos de maré, e estão relacionados fisicamente ao processo de geração da maré, além de considerar uma estabilidade de característica regional. Desta forma, pressupõe-se que empregando uma série suficientemente longa de leituras maregráficas (>18,61 anos), é possível definir um valor verdadeiro para cada constante. Na prática, as medições se estendem por períodos finitos, neste estudo considerou-se um período mínimo de 32 dias e os resultados da análise harmônica dos dados produziram componentes aproximadas do valor verdadeiro. Porém, quanto maior o período de dados disponível para análise, maior será a proximidade dos valores reais (PUGH, 2001).

De posse das constantes harmônicas de cada estação maregráfica, utilizou-se o módulo PREVISÃO (previsão das marés ou correntes) que permitiu a estimativa da previsão do nível do mar dos períodos de dados faltantes. Além disso, as previsões de marés são essenciais para a aplicação dos filtros passa-baixa de Thompson e Godin (utilizados no cálculo do Nível “Médio” do Mar), pois os mesmos só podem ser utilizados caso não haja dados faltantes.

Os dados ALTSAT provenientes da missão altimétrica CS2 são disponibilizados na plataforma da CMEMS com diversas correções, dentre elas, a eliminação de dados espúrios e *outliers*, correção dos efeitos atmosféricos (ionosfera, troposfera seca e úmida) e efeitos geofísicos (correções de marés terrestres, oceânicas, efeito polar, efeitos de cargas oceânicas e variações do estado do mar) (AVISO, 2020). No entanto, os dados de maregrafia foram submetidos apenas à eliminação de dados espúrios e *outliers* não havendo, assim, suavizações, mantendo em seu valor puro.

Desse modo, visando atenuar as componentes astronômicas e inerciais, e suavizar os valores do nível d'água provenientes da RMPG, fez-se necessário a aplicação dos filtros passa-baixa de Thompson e Godin no módulo NIMED através do *software* PACMARE. O filtro de Thompson foi proposto em 1983 e permite que o usuário suavize as frequências de interesse e otimize seu desempenho por meio da seleção de parâmetros de cálculo. Porém, o filtro exige complexidade em sua implementação e elevado esforço computacional, uma vez que a definição na seleção das frequências ocasiona a piora no ajustamento da função de resposta (THOMPSON, 1983; COSTA, 2010).

O filtro de Godin (1972) consiste em um filtro de simples implementação, o qual corrige a tendenciosidade dos dados e se baseia na aplicação de três médias móveis. Porém, como desvantagem ele amortece excessivamente as oscilações de frequências inferiores à banda diurna, em cerca de 40% (COSTA, 2010).

Os filtros passa-baixa são comumente utilizados em estudos oceanográficos, como mostra: i) Godínez et al. (2000) ao aplicarem filtros passa-baixa nas análises de dados meteorológicos e de correntes no Alto Golfo da Califórnia; ii) Costa (2010), no qual realizou filtragens numéricas e análises espectrais para avaliar as influências das tensões do vento na variação do NMM na região costeira de Cananéia (SP) e iii) Antunes e Godinho (2011) aplicaram os filtros de Thompson e Godin para o estudo das análises harmônicas e da marés no marégrafo de Cascais em Lisboa (Portugal).

Após a suavização das observações dos níveis do mar através do filtro de Godin, e a eliminação dos *outliers*, realizou-se a análise das superfícies de referências adotadas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) e IBGE, com o objetivo de estimar as variações temporais da TNMM para cada estação pertencente à RMPG. A Figura 7 ilustra as relações entre os níveis de referência que proporcionaram as estimativas da TNMM.

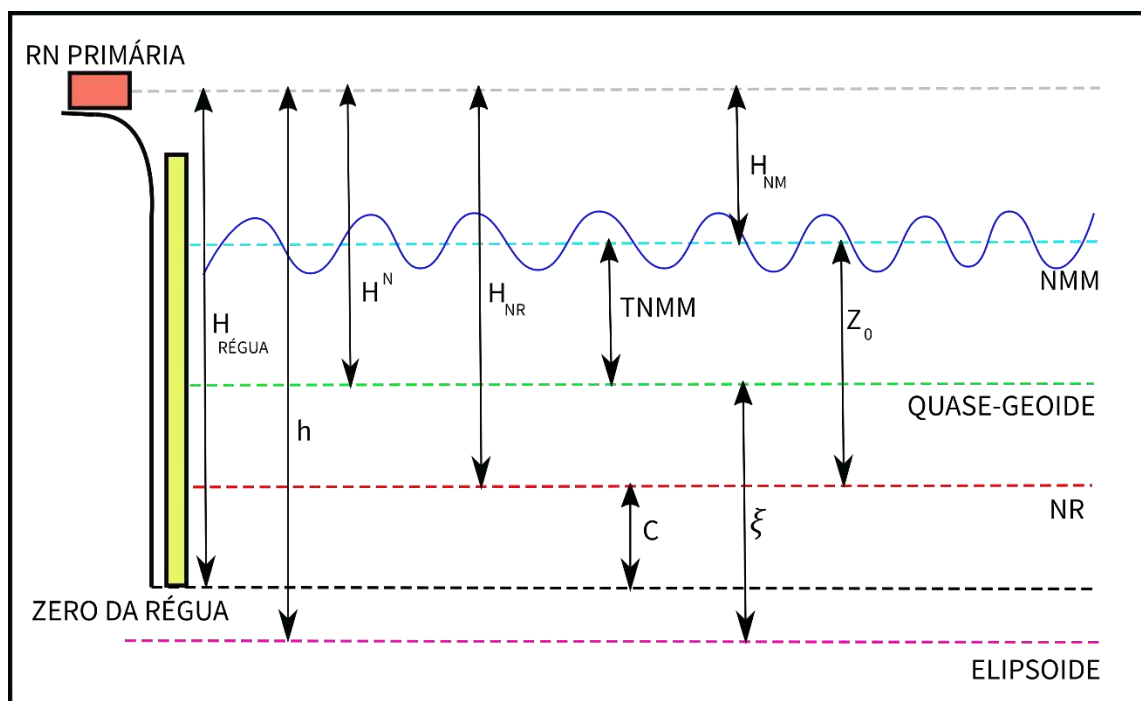


Figura 7 - Relação entre as superfícies de referências utilizadas.
 Fonte: Adaptado de Hayden et al. (2012) e IBGE (2016).

Os níveis de referência representados na Figura 7 correspondem ao Elipsóide adotado, Zero da régua, Nível de Redução (NR), Quase-Geoide e Nível “Médio” do Mar Local. Além disso, observa-se a representação da altitude elipsoidal (h), Altura da RN em relação ao zero da régua ($H_{\text{régua}}$), Altura da RN em relação do NR (H_{NR}), Altitude hidrográfica da RN (H_{NM}), distância entre o nível zero da régua e o nível de redução (C), anomalia de altura (ξ), semiamplitude máxima da onda de maré (Z_0), a Topografia do Nível “Médio” do Mar (TNMM) e a altitude normal (H^N). A TNMM é calculada pelas Equações (12 e 13), apresentadas na sequência (HAYDEN et al., 2012; ANDERSEN et al., 2018).

$$TNMM = h - \xi - H_{NR} + Z_0 \quad (12)$$

$$Z_0 = H_{\text{régua}} - H_{NM} - C \quad (13)$$

Visando padronizar todas as superfícies para um único referencial, utilizou-se como base a régua da DHN. Sendo assim, foi realizado o transporte das alturas das régua do IBGE para as régua da DHN, somando-se a diferença de nível entre as mesmas. O Banco de Dados Geodésicos (BDG), do IBGE, disponibiliza as altitudes elipsoidais e normais das referências de níveis (RN) primárias das estações. Através destas superfícies, realizou-se, em concordância com Heiskanen e Moritz (1967), o

cálculo da anomalia de altura ou altura quase-geoidal (ξ), por meio da diferença entre o valor da altitude geométrica (h_{GNSS}) e a altitude normal (H^N).

$$\xi = h_{GNSS} - H^N \quad (14)$$

A anomalia de altura (proposta por Molodenski) é um elemento importante, pois permite a integração entre as superfícies de referências nas técnicas de maregrafia e ALTSAT. A maregrafia mede as variações do nível do mar em relação à uma referência local. Já a ALTSAT realiza as mensurações em relação a um elipsoide e modelo geopotencial global. Sendo então necessário compatibilizar as superfícies de referência das duas técnicas (PAJAK e KOWALCZYK, 2019).

Neste sentido, as anomalias de alturas utilizadas neste estudo foram calculadas em relação às altitudes normais propostas pelo Reajustamento da Rede Altimétrica com Números Geopotenciais propostas pelo IBGE em 2018. A Tabela 2 relaciona os valores das altitudes normais e elipsoidais de acordo com as RRNN primárias de cada estação.

Tabela 2 - Altitudes geométricas e normais das RRNN primárias das estações.

Estação	RRNN	h (m)	H^N (m)
Fortaleza	4336A	-5,3663	3,6712
Salvador	3640A	-8,661	2,4110
Macaé	3086U	-3,408	3,3884
Imbituba	3012X	3,3539	2,0449

Fonte: IBGE (2020).

As alturas das réguas correspondem às variações do nível do mar em relação às RRNN primárias de cada estação maregráfica e as alturas H_{NR} e H_{NM} foram obtidas por meio de observações das tábuas de maré da DHN e relatórios técnicos fornecidos pelo IBGE. Todos os parâmetros relativos às superfícies de níveis utilizadas na maregrafia são monitorados, atualizados e disponibilizados pelo IBGE e DHN. A Tabela 3 relaciona os valores de H_{NR} e H_{NM} de acordo com as RRNN de cada estação maregráfica.

Tabela 3 - Altura da RN primária acima do NMM local e altura da RN primária acima do NR.

Estação	RRNN	H_{NM} (m)	H_{NR} (m)
Fortaleza	4336A	3,244	4,789
Salvador	3640A	1,655	3,265
Macaé	3086U	4,377	4,197
Imbituba	3012X	2,042	2,406

Fonte: DHN (2013) e IBGE (2016).

Por fim, fez-se o cálculo das elevações anuais e a comparação de todos os resultados da TNMM através de maregrafia e ALTSAT. Para tal, analisou-se as variações mensais e anuais de cada estação maregráfica ao longo dos 9 anos de estudo. Cabe ressaltar que os valores de TNMM obtidos através da maregrafia estão associados ao modelo geopotencial global utilizado no contexto do Sistema Geodésico Brasileiro (SBG), e as TNMMs oriundas do CS2 estão diretamente relacionados ao modelo geopotencial EGM2008. Devido a isso, as análises das variações temporais não são somente oceânicas com variações locais do nível do mar, mas também, expressam as diferenças de potenciais relativas as duas técnicas.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste tópico serão apresentados os parâmetros e resultados que permitiram analisar a influência da TNMM por meio das técnicas de maregrafia e ALTSAT. No entanto, ao realizar a comparação entre as técnicas é importante levar em consideração duas situações: as observações maregráficas devem possuir a mesma amostragem dos satélites altímetros e necessita-se trabalhar com uma série temporal de pelo menos 5 anos de observações (DA SILVA e DE FREITAS, 2019). Tais condições foram atendidas, uma vez que se utilizou dados mensais, para ambas as técnicas, ao longo de fevereiro de 2011 a setembro de 2019.

Para apresentação dos resultados foram gerados dois tipos de gráficos, todos referenciados ao período do estudo e as estimativas da TNMM para cada estação pertencente à RMPG. O gráfico de linhas ilustra melhor as variações das médias locais da TNMM para as técnicas de maregrafia e ALTSAT. Já o gráfico em barras, representa de forma mais clara as discrepâncias e elevações anuais das TNMM nas duas técnicas. Todos os gráficos foram elaborados em escalas diferenciadas com a finalidade de melhor ilustrar os picos identificados.

6.1. Análise do interpolador Geoestatístico

De acordo com a seção 5, as missões altimétricas disponibilizam suas trilhas com uma resolução espacial que geralmente não abrange a região das estações maregráficas. No entanto, visando minimizar tais efeitos, torna-se necessário a aplicação de um interpolador Geoestatístico para estimar os valores de TNMM para os locais não amostrados.

Para isto, fez-se o uso da KU e o ajuste do semivariograma. A Figura 8 mostra o comportamento do semivariograma omnidirecional experimental e o modelo ajustado.

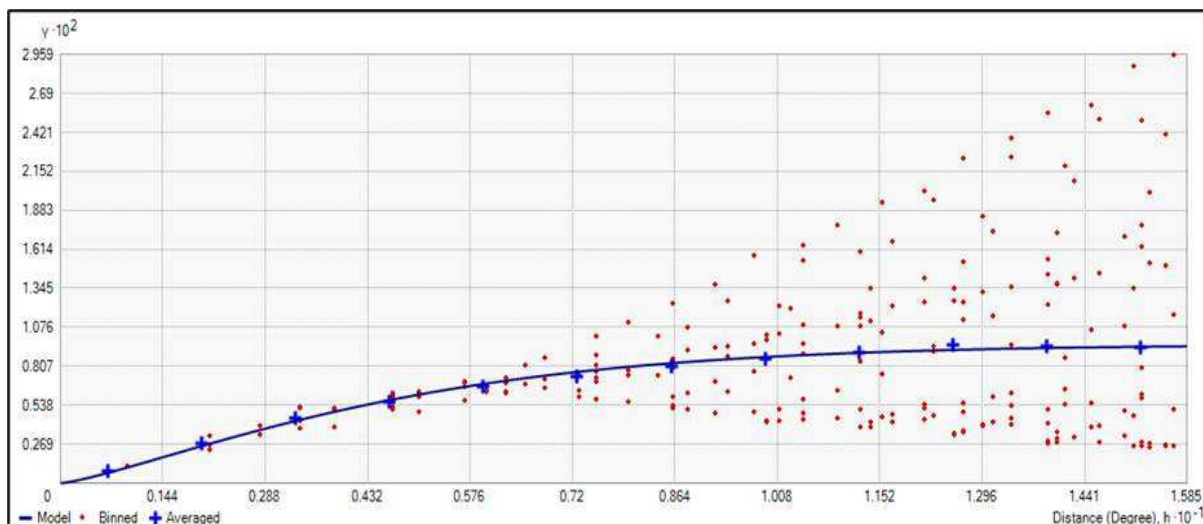


Figura 8 - Semivariograma da TNMM por meio do CS2 em toda costa brasileira.

Os pontos representados em vermelho representam o conjunto amostral, ou seja, os valores de TNMM da costa brasileira, as cruces em azul, as semivariâncias estimadas e a curva azul o modelo exponencial de primeiro grau que melhor se ajustou ao conjunto de dados. Ressalta-se que todas as análises apresentadas neste tópico correspondem ao comportamento dos dados oriundos de toda costa oceânica brasileira, uma vez a ALTSAT fornece um *grid* com os valores de ADT e SLA.

A utilização da KU foi baseada em estudos de Ferreira, Santos e Rodrigues (2013) que realizaram um estudo sobre a utilização adequada da Krigagem na representação computacional de superfícies batimétricas, e mediante aos resultados apresentados nesta dissertação, foi o interpolador que melhor estimou o parâmetro em análise. Tal justificativa foi confirmada através do semivariograma representado na Figura 8, que demonstra que o efeito pepita no eixo das ordenadas, ou seja, o espaçamento da amostragem dos dados do CS2 após a interpolação foi satisfatório e igual a 0 m, sendo considerados ideais na Geoestatística.

Além disso, verificou-se a presença de um raio de ação praticamente idêntico em todas as direções, ou seja, uma condição de isotropia. O alcance máximo representa a variação máxima no qual pode ser correlacionada espacialmente com a TNMM, e foi estimada em 11,794 graus decimais. Já o patamar, que representa a máxima dispersão nos valores de TNMM foi de 1,270 m.

A Tabela 4, representa as estatísticas descritivas dos valores de TNMM obtidas na validação cruzada.

Tabela 4 - Estatística descritiva resultantes da validação cruzada.

Análises descritivas	
Número de pontos	23875
Média máxima dos erros (m)	0,002
RMS máximo (m)	0,461

Outro parâmetro importante na análise da aplicação da KU, são os '*lag size*' e o '*number of lags*'. O *Lag* corresponde à distância entre os pares nos quais o semivariograma é calculado, '*number of lags*', representa o número de *lags* que devem ser calculados no semivariograma e '*lag size*' especifica o tamanho da distância entre os pares.

Na ferramenta *Geostatistical Analyst* do *software* ArcGIS o '*number of lags*' foi padrão, com um valor correspondente a 12. No entanto, o '*lag size*' foi calculado através da ferramenta do *software* e obteve um valor correspondente a 1,320491 em graus decimais.

6.2. Análise das variações locais das TNMMs

Após a interpolação dos valores das TNMM para toda extensão da costa oceânica brasileira, realizou-se um comparativo das variações locais e a análise das discrepâncias para a ALTSAT e maregrafia.

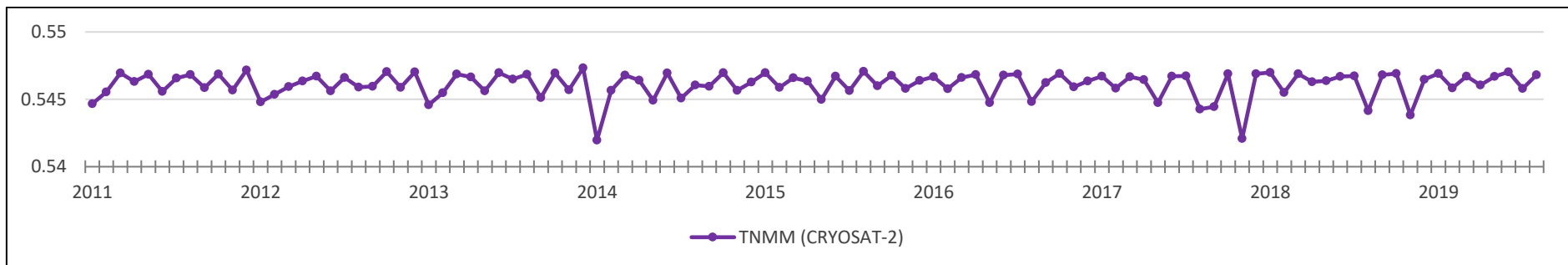
6.2.1. Estação Maregráfica de Fortaleza - CE (EMFOR)

Na Tabela 5 apresenta-se a estatística descritiva das variações locais. Nas Figuras 9 (a) e (b) estão ilustradas respectivamente as variações mensais locais por meio das técnicas de ALTSAT e a maregrafia.

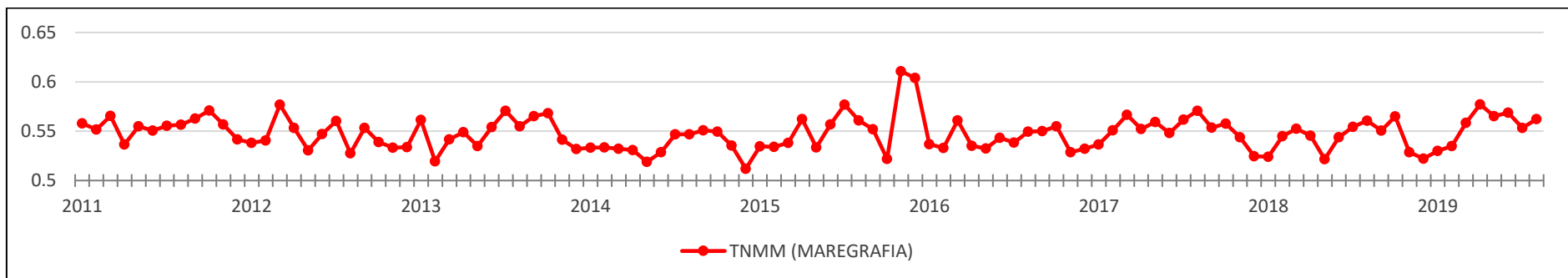
Já a Figura 9 (c) representa as comparações em metros entre as variações locais na EMFOR por ambas as técnicas.

Tabela 5 - Relatório estatístico das variações entre as técnicas de ALTSAT e maregrafia para a EMFOR.

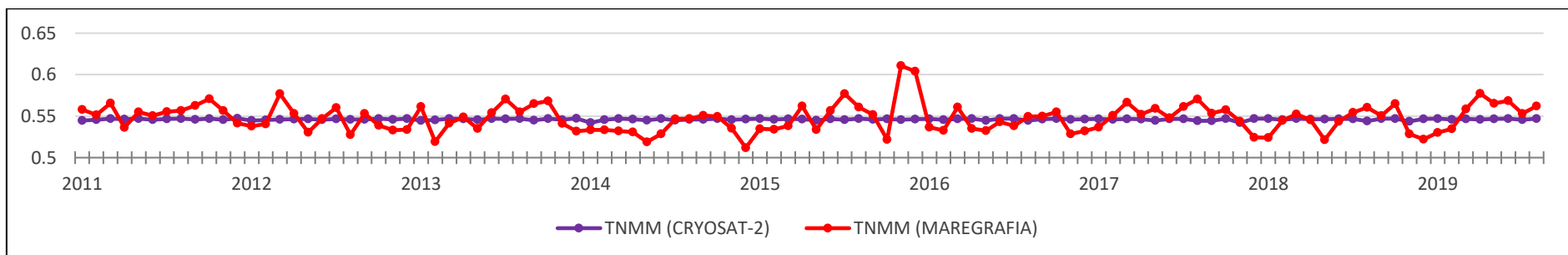
Estatística	TNMM – ALTSAT (m)	TNMM – Maregrafia (m)
Média	0,546	0,548
Mediana	0,546	0,549
Máximo	0,547	0,611
Mínimo	0,542	0,512
Amplitude	0,005	0,099
Desvio Padrão	0,001	0,017



(a) Variações mensais em metros da TNMM de acordo com a ALTSAT.



(b) Variações mensais em metros da TNMM de acordo com a maregrafia.



(c) Comparação mensal em metros das variações locais por ambas as técnicas.

Figura 9 - Variações mensais em metros da TNMM na EMFOR.

De acordo com a Tabela 5 e Figura 9 (a), foi possível identificar na técnica de ALTSAT quedas acentuadas em janeiro de 2014 e dezembro de 2017, em que obtiveram valores de 0,547 m e 0,542 m, respectivamente.

As variações da TNMM estão diretamente associadas ao modelo geopotencial global e as variações locais das anomalias do nível do mar. Sendo assim, a influência de eventos sísmicos e meteorológicos são algumas das justificativas para os picos evidenciados na referida técnica. Mediante a isso, ressalta-se ainda os efeitos dos fenômenos oceânico-atmosférico El Niño e La Niña, que são responsáveis, respectivamente, pelo aquecimento e resfriamento da camada mais superficial do Oceano Pacífico (KAYANO et al., 2016; MOHAMMADI e GOUDARZI, 2018).

De acordo com INPE (2020), os últimos episódios destes eventos foram identificados em 2015-2016, a ocorrência do El Niño classificado de forte intensidade e La Niña em 2017-2018 classificada como moderada. Portanto, tais efeitos podem ter contribuído para a diminuição do nível médio mar e conseqüentemente das TNMMs, nos períodos de janeiro de 2014 e dezembro de 2017.

Em relação às variações médias mensais da TNMM por meio da maregrafia, na Figura 9 (b), percebe-se que os dados derivados da RMPG apresentaram maiores variações ao serem comparados com a ALTSAT. A partir da Tabela 5 foi possível identificar maior diferença nos valores de máximo e mínimo para dados da RMPG do que para ALTSAT. Desigualdade quantificada pelas amplitudes de 0,005 m e 0,099 m para ALTSAT e maregrafia, respectivamente.

O desvio padrão reflete a dispersão de um conjunto de dados, caracterizando a confiabilidade deste conjunto. Desse modo, esta estatística também refletiu o que foi discutido anteriormente, em que os dados ALTSAT apresentaram menor dispersão nos valores em relação aos dados do marégrafo, uma vez que o desvio padrão do CS2 foi menor que da maregrafia, com valores de 0,001 m e 0,017m, respectivamente.

A Tabela 6, representa as discrepâncias anuais em milímetros entre a ALTSAT e a maregrafia. A Figura 10 demonstra um gráfico com as discrepâncias anuais em milímetros entre as técnicas.

Tabela 6 - Discrepância anual média em milímetros da TNMM na EMFOR.

Referência	Discrepância entre ALTSAT e maregrafia (mm)
2011	-10,178
2012	1,000
2013	-3,358
2014	9,211
2015	-3,228
2016	-1,025
2017	-7,089
2018	3,164
2019	-5,987
Média	-1,748
Total	-181,747

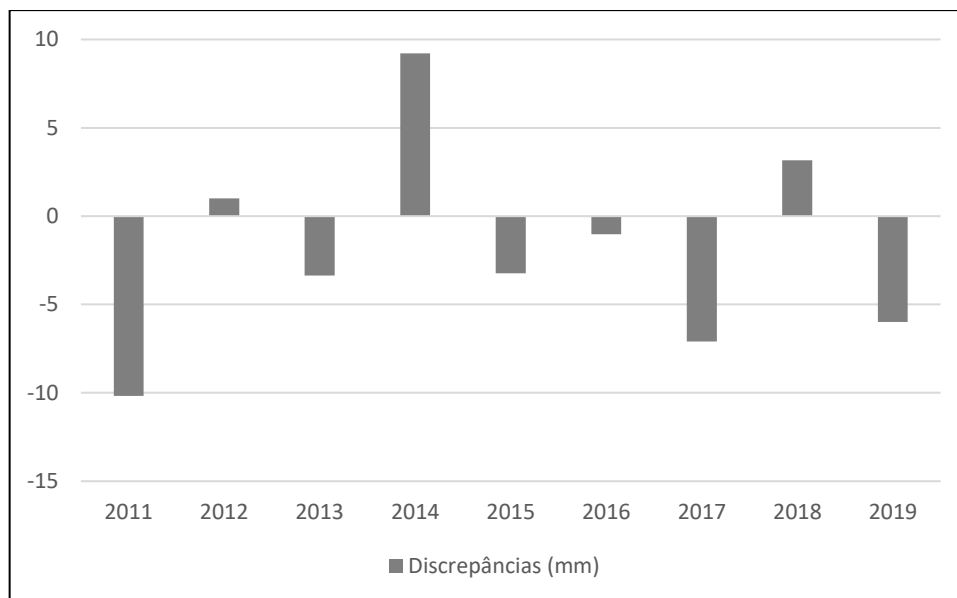


Figura 10 - Gráfico das discrepâncias entre as técnicas de ALTSAT e maregrafia para a EMFOR.

Com base na Figura 10 e Tabela 6, constatou-se que os valores de discrepância maior (9,211 mm) e menor (-10,178 mm) foram identificados exatamente nos picos correspondentes a 2011 e 2014. Logo, reafirmando que pode ter sofrido influências de efeitos climáticos anômalos (Kayano et al., 2016).

No entanto, apesar da influência dos movimentos da crosta e fenômenos climáticos que afetam as leituras na EMFOR, a discrepância média entre o CS2 e maregrafia foi de - 1,748 mm.

Porém, de forma geral os valores da TNMM encontrados em ambas as técnicas, diferem com os valores encontrados no modelo geopotencial EIGEN-6C4, MGG que

compõem o SGB, em aproximadamente 12,79 cm. Essa desigualdade foi calculada por meio da diferença das TNMM estimadas pelo EIGEN-6C4 e a média das TNMM entre a ALTSAT e a maregrafia.

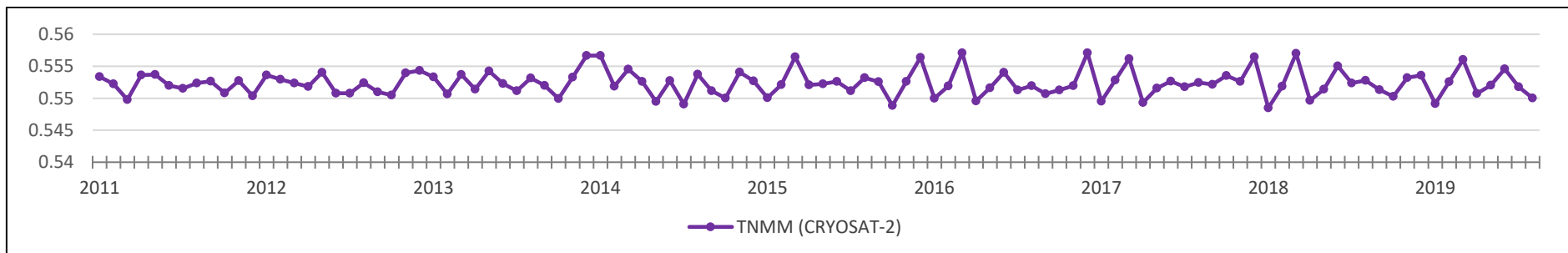
6.2.2. Estação Maregráfica de Salvador - BA (EMSAL)

A Tabela 7 apresenta as estatísticas descritivas das variações locais. Na Figura 11 (a) e (b) estão ilustradas respectivamente as variações mensais locais por meio das técnicas de ALTSAT e maregrafia.

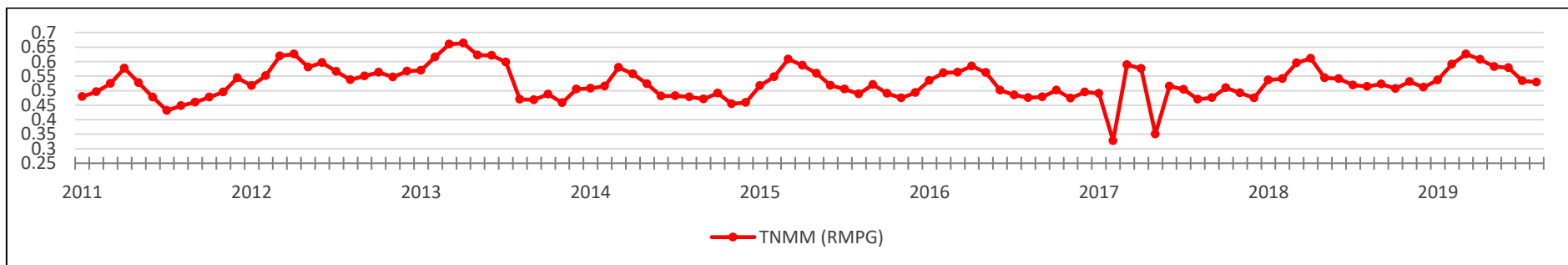
A Figura 11 (c) representa as comparações em metros entre as variações locais na EMSAL por ambas as técnicas.

Tabela 7 - Relatório estatístico das variações entre as técnicas de ALTSAT e maregrafia para a EMSAL.

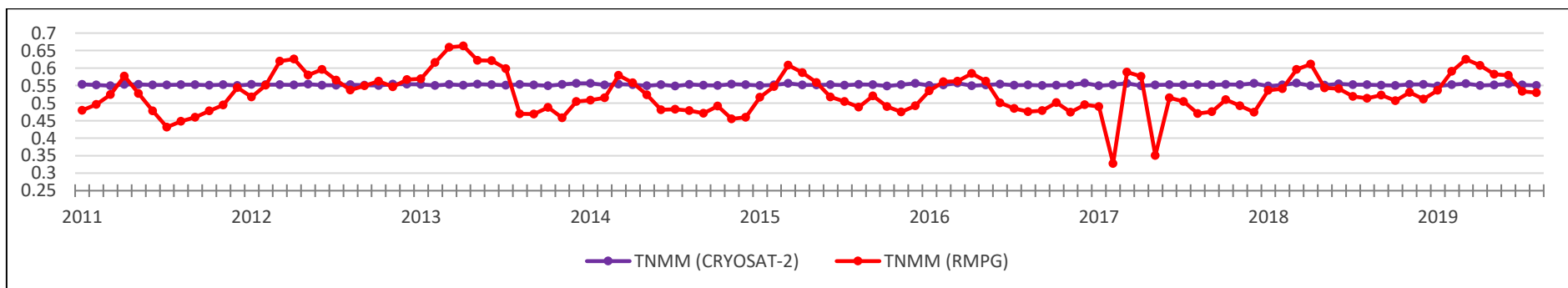
Estatística	TNMM – ALTSAT (m)	TNMM – Maregrafia (m)
Média	0,552	0,528
Mediana	0,552	0,522
Máximo	0,557	0,663
Mínimo	0,549	0,328
Amplitude	0,009	0,336
Desvio Padrão	0,002	0,057



(a) Variações mensais em metros da TNMM de acordo com a ALTSAT.



(b) Variações mensais em metros da TNMM de acordo com a técnica de maregrafia.



(c) Comparação mensal em metros das variações locais por ambas as técnicas.

Figura 11 - Variações mensais em metros da TNMM na EMSAL.

De acordo com Tabela 7 e a Figura 11 (a), foi possível identificar na técnica de ALTSAT que os anos de 2016, 2017 e 2018, foram os que apresentaram maiores variações em suas topografias, com respectivamente, 0,557, 0,558 e 0,557 m. Dentre eles, destacando-se o ano de 2017, que apresentou maior TNMM em relação ao período em análise. No entanto, em fevereiro de 2018 verificou-se uma diminuição de 8,6 mm das TNMMs relação à série temporal utilizada neste estudo.

Sendo assim, destaca-se a manutenção e recuperação das séries temporais dos dados de ALTSAT, o estudo da superfície dinâmica dos oceânicos de acordo com cada missão altimétrica, as diversas bases de dados, resoluções espaciais e referenciais distintos, que por sua vez ocasionam incertezas no nível do mar e consequentemente nas estimativas da TNMM (DALAZOANA, 2005; PALMEIRO, 2011; DA SILVA e DE FREITAS, 2019).

Em relação às variações sazonais da TNMM por meio da maregrafia, Figura 11 (b), foi constatado que os dados derivados da RMPG apresentaram maiores variações ao serem comparados com a ALTSAT. A partir da Tabela 7 foi possível identificar maior diferença nos valores de máximo e mínimo para dados da RMPG do que para ALTSAT. Diferença quantificada pelas amplitudes de 0,009 m e 0,336 m para ALTSAT e maregrafia, respectivamente.

O desvio padrão reflete a dispersão de um conjunto de dados, caracterizando a confiabilidade deste conjunto. O desvio padrão do CS2 foi menor que da maregrafia, com valores de 0,002 m e 0,057 m, respectivamente.

Desse modo, esta estatística também reflete o que foi discutido anteriormente, que a ALTSAT apresenta menor dispersão nos valores em relação aos dados de maregrafia. Uma vez que, os dados provenientes da ALTSAT são acrescidos de correções de órbita, correções atmosféricas e geofísicas, eliminação de dados espúrios, mitigação dos efeitos das cargas oceânicas, dentre outras, ao passo que os marégrafos provenientes da RMPG passam apenas por correções de dados espúrios.

Portanto, destaca-se outras influências para a maior variabilidade dos resultados da TNMM por maregrafia na EMSAL, como os movimentos efetivos da crosta que ocasionam movimentos eustáticos e tectônicos e a dificuldade na integração das observações maregráficas com a ALTSAT (DALAZOANA, 2005; SILVA, FREITAS e DALAZOANA, 2016).

A Tabela 8, representa as discrepâncias anuais em milímetros entre a ALTSAT e a maregrafia. A Figura 12 demonstra um gráfico com as discrepâncias anuais em milímetros entre as técnicas.

Tabela 8 - Discrepância anual média em milímetros da TNMM na EMSAL.

Referência	Discrepância entre ALTSAT e maregrafia (mm)
2011	62,029
2012	-14,418
2013	-14,380
2014	48,702
2015	29,252
2016	34,465
2017	69,610
2018	16,078
2019	-13,988
Média	24,886
Total	2588,139

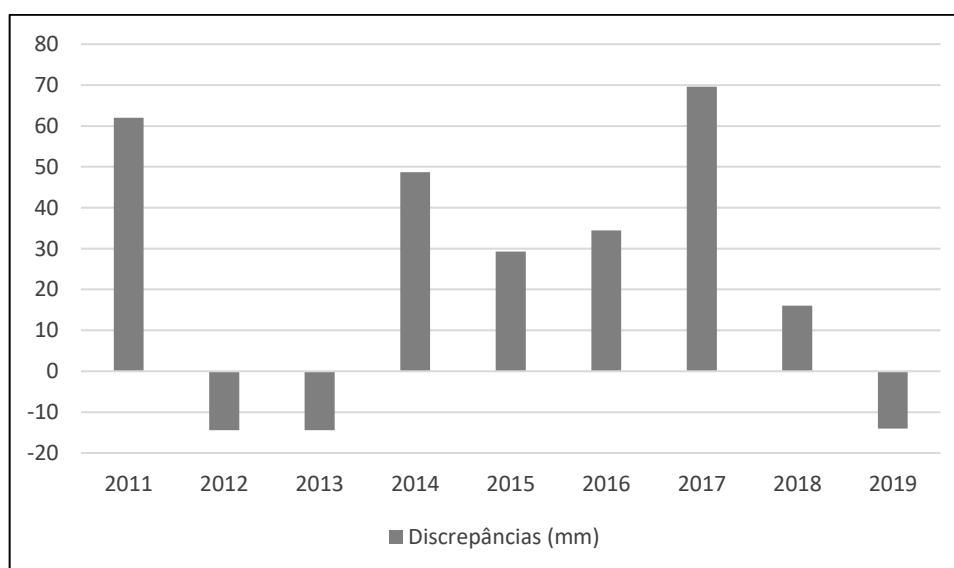


Figura 12 - Gráfico das discrepâncias entre as técnicas de ALTSAT e maregrafia para a EMSAL.

Com base na Figura 12 e Tabela 8, constatou-se que os valores de discrepância maior (69,610 mm) e menor (-13,988 mm) foram identificados exatamente nos picos correspondentes aos anos de 2017 e 2019. Logo, cada técnica está sujeita a diversas incertezas associadas à determinação das TNMMs, onde os efeitos climáticos anômalos, por exemplo, as chuvas e secas anormais influenciam diretamente nas alturas do nível do mar e conseqüentemente nas estimativas da TNMM.

Além desta incerteza, o relatório do IBGE (2016) que dispõe sobre as análises do nível do mar nas estações da RMPG, mostra uma significativa movimentação de recalque em relação à RN principal da estação maregráfica situada no píer. No entanto, isolando o píer do quebra-mar, em uma comparação com a RN no continente, o Controle Geodésico de Estações Maregráficas (CGEM) fornece um recalque de 1 mm/ano.

A propagação deste recalque pode ter influenciado nas estimativas do nível do mar referente as leituras da EMSAL e conseqüentemente em suas TNMM. Apesar do exposto, a discrepância média entre as técnicas foi de 24,886 mm.

Por fim, de forma geral a discrepância obtida através das diferenças das TNMMs do EIGEN-6C4 e a média das TNMM nas duas técnicas, foi de, aproximadamente 13,50 cm, concluindo que as desigualdades entre os MGGs ficaram na casa dos centímetros.

6.2.3. Estação Maregráfica de Macaé - RJ (EMMAC)

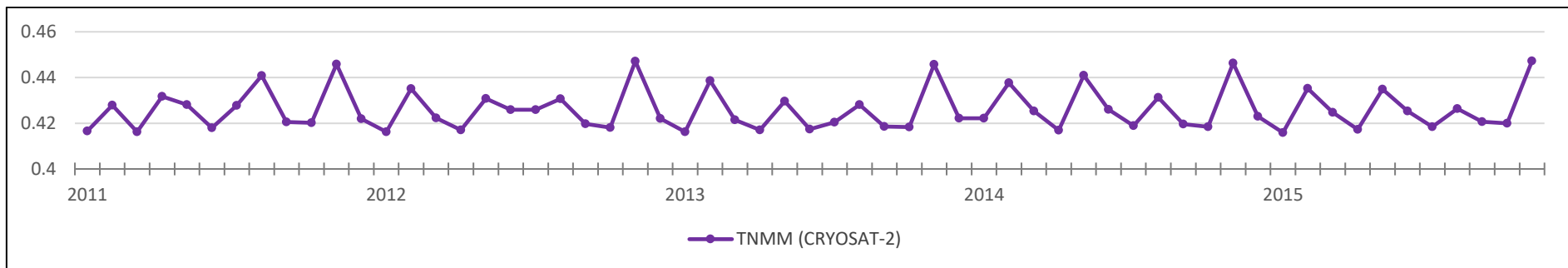
A Estação Maregráfica de Macaé – RJ foi desativada em dezembro de 2015, por não haver possibilidade de renovação do acordo firmado entre o IBGE e a Petrobrás em 2004. Portanto os resultados expressos neste tópico são referentes ao período de fevereiro de 2011 a dezembro de 2015.

Ao longo dos parágrafos seguintes, a Tabela 9 apresenta a estatística descritiva das variações locais. Na Figura 13 (a) e (b) estão ilustradas respectivamente as variações mensais locais por meio das técnicas de ALTSAT e maregrafia.

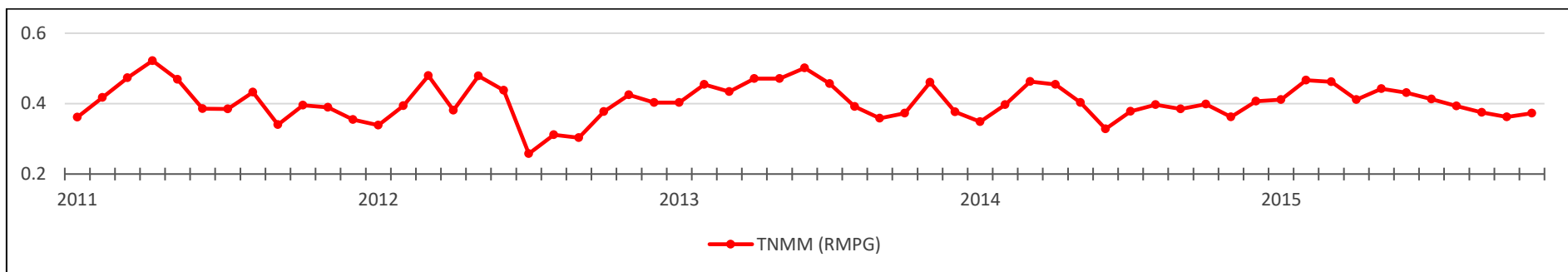
E a Figura 13 (c) representa as comparações, em metros, entre as variações locais na EMMAC por ambas as técnicas.

Tabela 9 - Relatório estatístico das variações entre as técnicas de ALTSAT e maregrafia para a EMMAC.

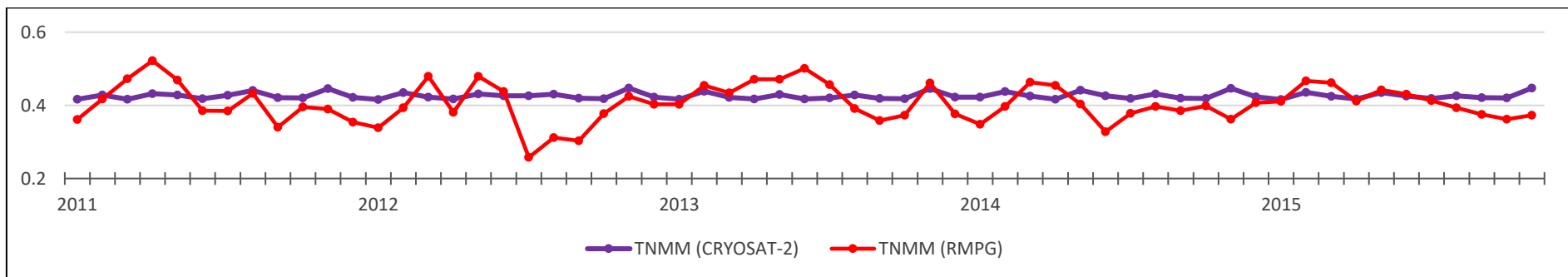
Estatística	TNMM – CS2 (m)	TNMM – Maregrafia (m)
Média	0,426	0,405
Mediana	0,422	0,398
Máximo	0,447	0,522
Mínimo	0,416	0,258
Amplitude	0,031	0,264
Desvio Padrão	0,009	0,052



(a) Variações mensais em metros da TNMM de acordo com a ALTSAT.



(b) Variações mensais em metros da TNMM de acordo com a técnica de maregrafia.



(c) Comparação mensal em metros das variações sazonais por ambas as técnicas.

Figura 13 - Variações mensais em metros da TNMM na EMMAC.

Na técnica de ALTSAT, foi possível identificar que todos os anos deste estudo apresentaram variações expressivas em suas séries temporais, em que o mês de dezembro de 2015 apontou elevado pico em sua TNMM, com aproximadamente 0,447 m (Tabela 9 e Figura 13 (a)). Entretanto, na referida técnica, em fevereiro de 2015 verificou-se uma diminuição de 31,31 mm das TNMMs em relação à série temporal utilizada.

Já nas variações da TNMM por meio da maregrafia, como mostra a Figura 13 (b), percebeu-se que os dados oriundos de tal técnica apresentaram maiores variações ao serem comparados com a ALTSAT. Tal afirmação pode ser comprovada através da Tabela 9, em que foi possível identificar maiores amplitudes para os dados de maregrafia do que para os dados de ALTSAT. Portanto, as amplitudes variam de 0,031 m para maregrafia e 0,264 m para a ALTSAT.

Além das amplitudes, que justificam as variações acentuadas da maregrafia, o desvio padrão reflete as variações da TNMM em torno de sua média, demonstrando que a técnica de maregrafia foi mais expressiva, em que, o desvio padrão da maregrafia foi de 0,052 m e 0,009 m do CS2.

Entretanto, uma possível justificativa para os resultados expressos por maregrafia na EMMAC, diz respeito às derivas instrumentais acentuadas que foram verificadas nos sensores eletrônicos do marégrafo. O IBGE em conjunto com o CGEM aplicaram funções lineares corretivas para minimizar as derivas em sua série histórica, no entanto, tais correções não anulam a presença de efeitos sistemáticos no conjunto de dados (DALAZOANA, 2005; SILVA, FREITAS e DALAZOANA, 2016; DA SILVA e DE FREITAS, 2019).

A Tabela 10 representa as discrepâncias anuais em milímetros entre a ALTSAT e a maregrafia. A Figura 14 demonstra um gráfico com as discrepâncias anuais em milímetros entre as técnicas.

Tabela 10 - Discrepância anual média em milímetros da TNMM na EMMAC.

Referência	Discrepância entre ALTSAT e maregrafia (mm)
2011	11,227
2012	47,765
2013	-6,911
2014	36,308
2015	13,612
Média	20,556
Total	1212,801

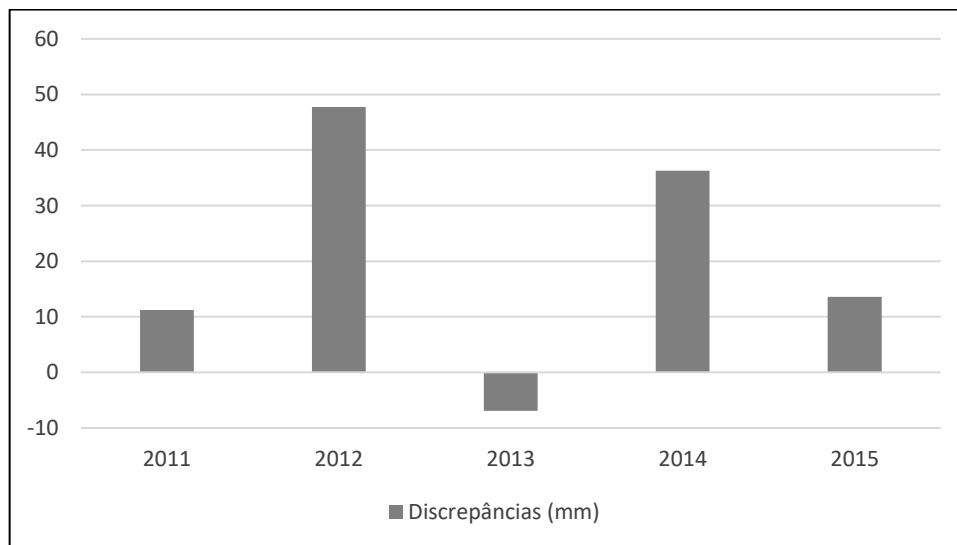


Figura 14 - Gráfico das discrepâncias entre as técnicas de ALTSAT e maregrafia para a EMMAC.

Com base na Figura 14 e Tabela 10, constatou-se que os valores de discrepância maior (47,765 mm) e menor (-6.911 mm) foram identificados exatamente nos picos correspondentes aos anos de 2012 e 2013. No entanto, segundo o relatório do IBGE (2016) que dispõe sobre as análises do nível do mar nas estações da RMPG, não houve movimentações significativas de abalos, recalques e soerguimentos das RRNN na região em torno da EMMAC. Porém, mesmo não ocorrendo abalos expressivos, a discrepância média entre as técnicas foi de 20,56 mm.

Por fim, de forma geral a discrepância obtida através das diferenças das TNMMs do EIGEN-6C4 e a média das TNMM nas duas técnicas, foi de 16,57 cm, concluindo que as desigualdades entre os MGGs ficaram na casa dos centímetros.

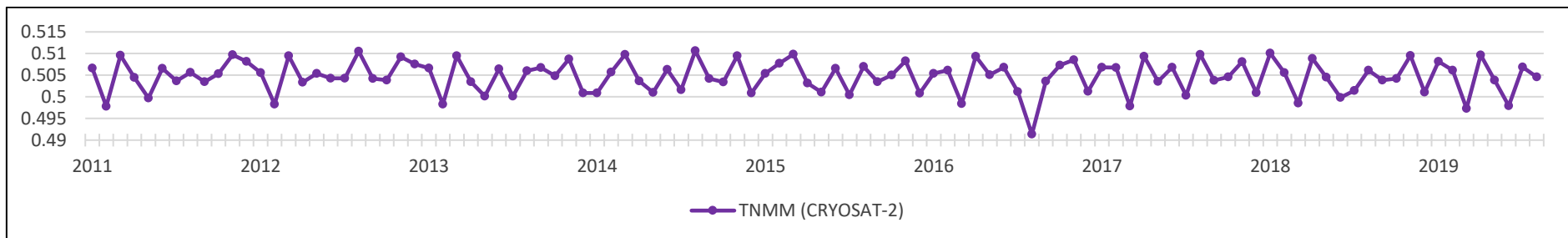
6.2.4. Estação Maregráfica de Imbituba - SC (EMIMB)

Na EMIMB, ressalta-se sua extrema importância nos estudos associados a Geodésia e Engenharia, pois as estimativas do nível d'água no Porto de Imbituba – SC serviram de base para a definição do DVB.

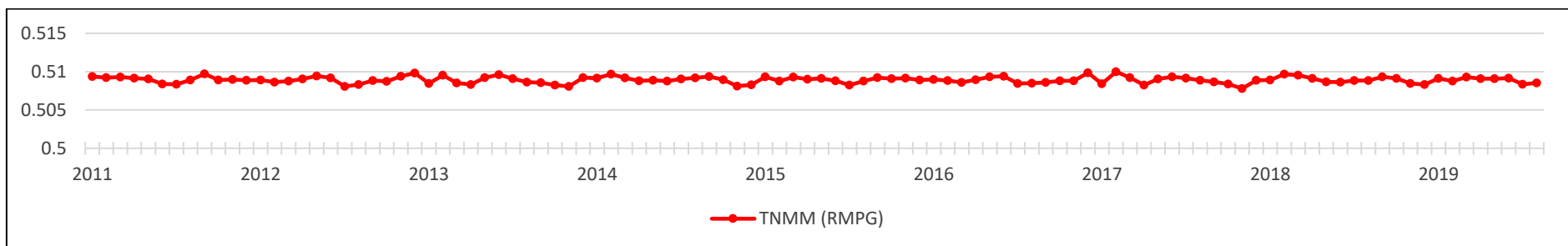
Neste contexto, ao longo dos próximos parágrafos, a Tabela 11 representa a estatística descritiva das variações locais. Nas Figuras 15 (a) e (b) estão ilustradas respectivamente as variações mensais locais por meio das técnicas de ALTSAT e maregrafia. E a Figura 15 (c) representa as comparações em metros entre as variações locais na EMSAL por ambas as técnicas.

Tabela 11 - Relatório estatístico das variações entre as técnicas de ALTSAT e maregrafia para a EMIMB.

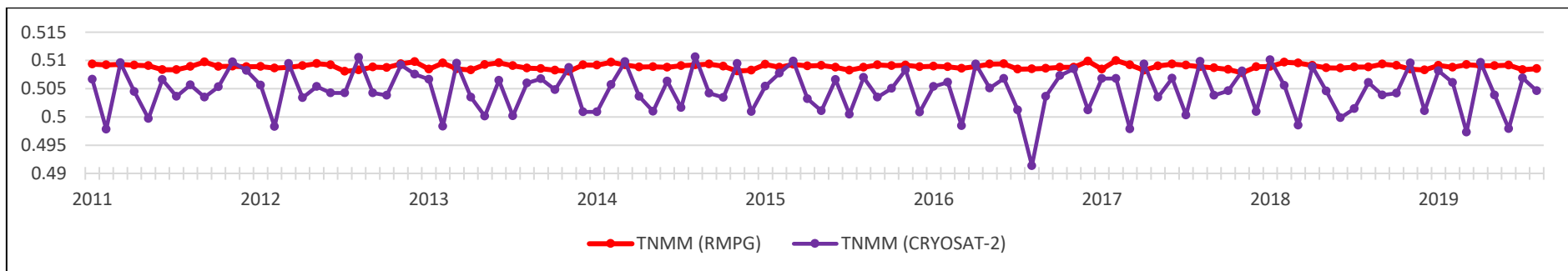
Estatística	TNMM – ALTSAT (m)	TNMM – Maregrafia (m)
Média	0,505	0,509
Mediana	0,505	0,509
Máximo	0,511	0,510
Mínimo	0,491	0,508
Amplitude	0,019	0,002
Desvio Padrão	0,004	0,0004



(a) Variações mensais em metros da TNMM de acordo com a ALTSAT.



(b) Variações mensais em metros da TNMM de acordo com a técnica de maregrafia.



(c) Comparação mensal em metros das variações sazonais por ambas as técnicas.

Figura 15 - Variações mensais em metros da TNMM na EMIMB.

Conforme a Tabela 11 e a Figura 15 (a), a técnica de ALTSAT apresentou variações expressivas em todos os anos correspondentes à série temporal, em que o mês de setembro de 2015 apontou elevado pico em sua TNMM, com aproximadamente 0,511 m. No entanto, em setembro de 2016 houve uma diminuição de 19,3 mm das TNMM em relação ao período de análise.

Portanto, mediante as dificuldades de integração da ALTSAT com a vinculação da PVCG, associadas as constantes correções instrumentais, derivas e movimentos da crosta na região do marégrafo, percebeu-se que na EMIMB as variações da TNMM foram mais significativas pela ALTSAT do que na técnica de maregrafia.

Tal afirmativa é justificada por meio da Tabela 11, em que evidenciou-se maiores amplitudes para os dados de ALTSAT do que para os dados de maregrafia. Portanto, as amplitudes variam de 0,019 m para ALTSAT e 0,002 para maregrafia.

Além das amplitudes, que justificam as variações acentuadas da ALTSAT, o desvio padrão reflete as variações da TNMM em torno de sua média, demonstrando que a técnica de ALTSAT foi mais expressiva. Em que, o desvio padrão da missão altimétrica foi de 0,004 m e 0,0004 m para maregrafia.

A seguir, a Tabela 12, representa as discrepâncias anuais em milímetros entre a ALTSAT e a maregrafia. Na Figura 16 é possível ver um gráfico com as discrepâncias anuais em milímetros entre as técnicas.

Tabela 12 - Discrepância anual média em milímetros da TNMM na EMIMB.

Referência	Discrepância entre ALTSAT e maregrafia (mm)
2011	-4,237
2012	-3,305
2013	-3,957
2014	-4,232
2015	-4,001
2016	-5,174
2017	-4,002
2018	-4,537
2019	-4,905
Média	-4,243
Total	-441,252

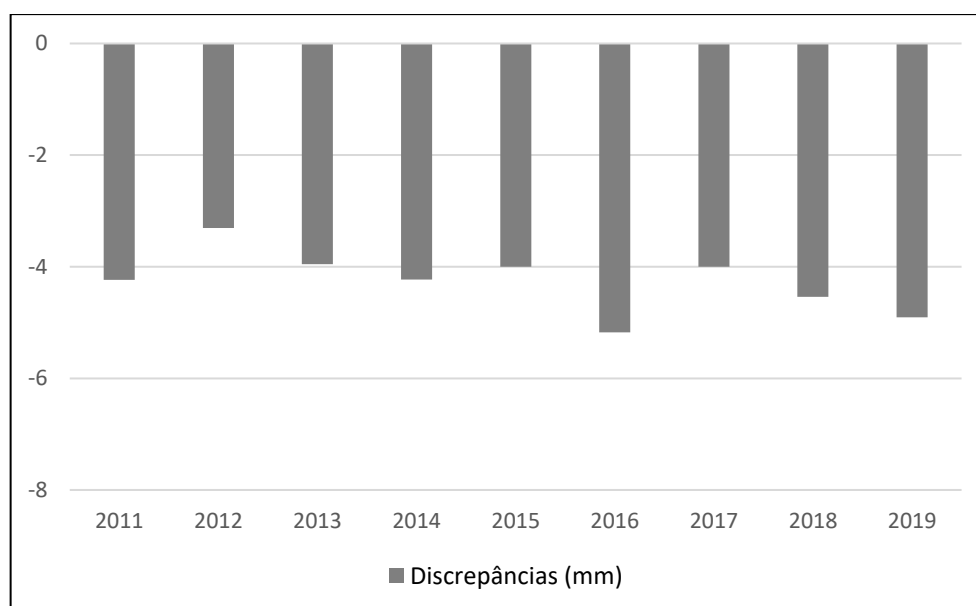


Figura 16 - Gráfico das discrepâncias entre as técnicas de ALTSAT e maregrafia para a EMIMB.

Com base na Figura 16 e Tabela 12, constatou-se que os valores de discrepância maior (-3,305 mm) e menor (-5,174 mm) foram identificados exatamente nos picos correspondentes aos anos de 2012 e 2016. A média anual de todas as discrepâncias foram negativas (-4,243 mm), mostrando que no geral houve uma queda nos valores da TNMM entre a ALTSAT e maregrafia,

Diante do exposto, as discrepâncias das TNMM entre as duas técnicas podem estar associadas às diferenças entre os referenciais de níveis do IBGE e DHN, pois eles não são compatíveis, sendo necessário realizar um transporte dos referenciais de níveis das distintas instituições. Além disso, notou-se na EMIMB que não houve

uma comunicação por parte do IBGE em relação à troca de equipamentos e sensores, mudança de referenciais entre outros. Como resultado disso foi verificado no banco de dados da RMPG na EMIMB muitos dados faltantes e a mudança do referencial altimétrico sem algum aviso prévio, induzindo efeitos sistemáticos no processamento das previsões de marés.

Por fim, de forma geral as discrepâncias obtidas através das diferenças das TNMMs do EIGEN-6C4 e a média das TNMM nas duas técnicas, foi de aproximadamente 46,28cm, concluindo que as desigualdades entre os MGGs ficaram na casa dos centímetros.

6.3. Análise das elevações das TNMMs

Após as análises das variações pontuais nas estações maregráficas pertencentes à RMPG, buscou-se realizar um estudo das elevações/decréscimos das TNMMs através das técnicas de ALTSAT e maregrafia durante os nove anos de série temporal.

Para isto, nos próximos tópicos serão apresentadas tabelas com estatísticas descritivas das elevações para cada técnica e gráficos com suas respectivas elevações anuais. Com o escopo de uma melhor visualização dos dados, foram apresentados apenas os gráficos com as elevações anuais da TNMM, as estimativas com as elevações mensais encontram-se no Apêndice D.

6.3.1. Estação Maregráfica de Fortaleza - CE (EMFOR)

Neste tópico serão explicitadas todas as informações e análises pertinentes às elevações da TNMM para o marégrafo de Fortaleza – CE. A Tabela 13 ilustra o relatório estatístico das elevações das TNMMs entre as técnicas de ALTSAT e maregrafia.

Na Tabela 14 estão contidas as elevações anuais em milímetros das TNMMs e por fim, na Figura 17 a representação gráfica das elevações anuais por ambas as técnicas.

Tabela 13 - Relatório estatístico das elevações das TNMMs para as técnicas de ALTSAT e maregrafia na EMFOR.

Estatística	ALTSAT (mm)	Maregrafia (mm)
Média	0,021	0,042
Mediana	0,273	1,086
Máximo	4,807	88,742
Mínimo	-5,355	-67,175
Amplitude	10,162	155,917
Desvio Padrão	1,545	19,586

Tabela 14 - Elevações anuais médias em milímetros das TNMMs para as técnicas de ALTSAT e maregrafia na EMFOR.

Referência	ALTSAT (mm)	Maregrafia (mm)
2011	0,226	-1,481
2012	-0,012	-0,645
2013	0,025	-0,914
2014	-0,088	-1,667
2015	0,010	7,661
2016	-0,004	-5,968
2017	0,046	-0,645
2018	-0,035	-0,188
2019	0,043	4,997
Média	0,021	0,042
Total	2,141	4,333

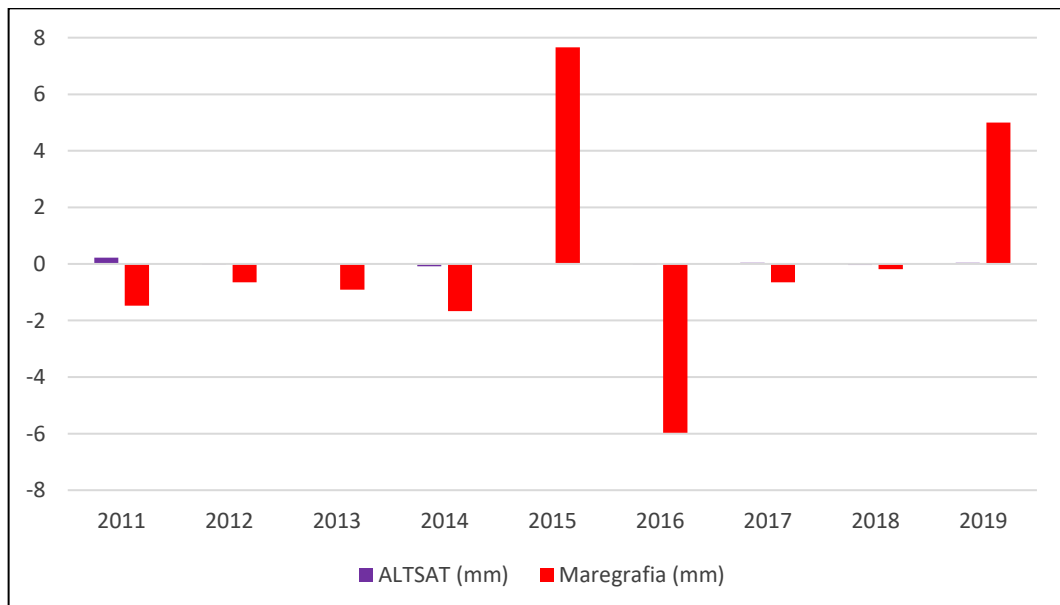


Figura 17 - Elevações anuais em milímetros da TNMM com ambas as técnicas (EMFOR).

De acordo com a Tabela 14, os dados maregráficos da RMPG apresentaram maiores taxas de variação da elevação da TNMM nos anos de 2011, 2014, 2015, 2016 e 2019, com respectivamente -1,481 mm, -1,667 mm, 7,661 mm, -5,968 mm e 4,997 mm. Em relação à técnica ALTSAT os anos de 2011, 2014, 2017 e 2018 apresentaram resultados mais expressivos, respectivamente 0,226 mm, -0,088 mm, 0,046 mm e -0,035 mm. Acredita-se que as elevações estejam relacionadas aos fenômenos oceânico-atmosférico e o ciclo das chuvas/seca que afetam o Nordeste. Vale ressaltar que o período chuvoso no território do Ceará compreende, essencialmente, o quadrimestre fevereiro-maio, podendo-se estender até início de julho em anos mais chuvosos (MONTEIRO e ZANELLA, 2019).

No ano de 2019 foram considerados apenas 9 meses (janeiro até setembro), sendo os meses com registros de fortes chuvas na região o que conseqüentemente a não análise dos dados do ano completo influenciou na maior variação da TNMM. O mesmo comportamento pode ter ocorrido em 2011, pelo fato de o mês de janeiro não ter sido contabilizado na análise anual.

Ao comparar as duas técnicas, percebeu-se que, de modo geral, houve uma variação da TNMM mais acentuada nos dados de maregrafia pertencentes à RMPG com uma elevação total de 4,333 mm, durante o período de pesquisa, com a variação anual média de 0,042 mm. Por outro lado, a técnica ALTSAT resultou em elevação total de 2,141 mm e uma variação anual média de 0,021 mm.

Mediante ao exposto, conclui-se que os resultados das elevações foram semelhantes às variações pontuais, em que a técnica de maregrafia apontou elevações mais acentuadas. As justificativas para esse comportamento também são semelhantes às causas apontadas nas variações locais na EMFOR.

6.3.2. Estação Maregráfica de Salvador - BA (EMSAL)

Nos próximos tópicos serão apresentadas todas as informações e análises relacionadas às elevações da TNMM para o marégrafo de Salvador - BA. A Tabela 15 ilustra o relatório estatístico das elevações das TNMMs entre as técnicas de ALTSAT e maregrafia.

Na Tabela 16 estão contidas as elevações anuais em milímetros das TNMMs e por fim, na Figura 18 a representação gráfica das elevações anuais por ambas as técnicas.

Tabela 15 - Relatório estatístico das elevações das TNMMs para as técnicas de ALTSAT e maregrafia na EMSAL.

Estatística	ALTSAT (mm)	Maregrafia (mm)
Média	-0,032	0,487
Mediana	0,080	1,290
Máximo	5,181	261,183
Mínimo	-7,971	-225,204
Amplitude	13,152	486,387
Desvio Padrão	3,089	52,585

Tabela 16 - Elevações anuais médias em milímetros das TNMMs para as técnicas de ALTSAT e maregrafia na EMSAL.

Referência	ALTSAT (mm)	Maregrafia (mm)
2011	-0,275	5,890
2012	0,330	0,330
2013	-0,067	-5,215
2014	-0,329	-3,790
2015	0,305	2,796
2016	0,059	0,215
2017	-0,052	-1,747
2018	-0,238	3,118
2019	-0,444	2,207
Média	-0,032	0,487
Total	-3,331	50,191

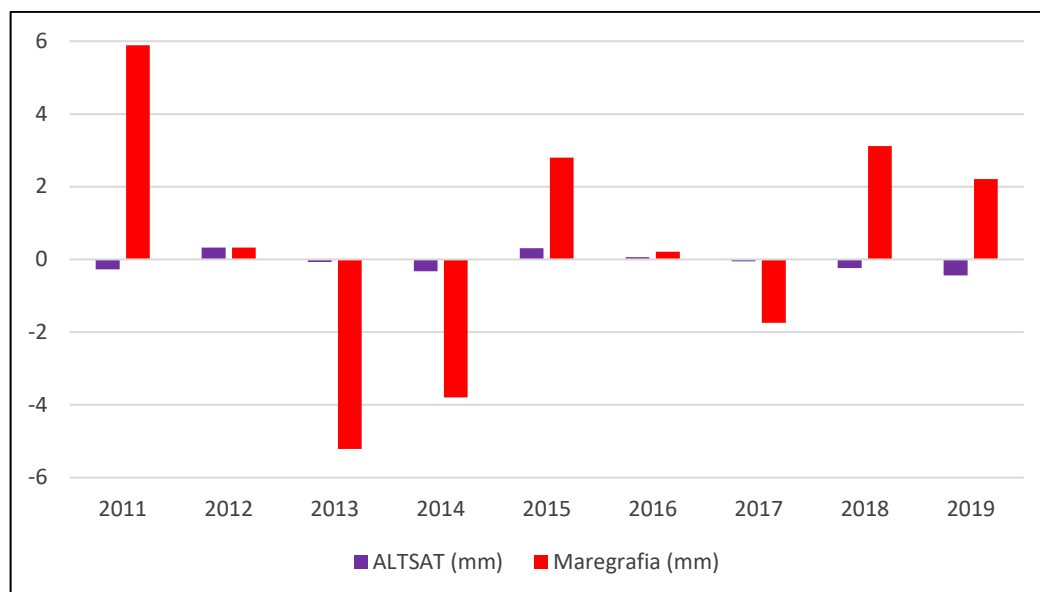


Figura 18 - Elevações anuais em milímetros da TNMM com ambas as técnicas (EMSAL).

Nas análises das elevações da TNMM referentes à EMSAL, foi possível observar através da Tabela 15 que os dados provenientes de maregrafia apresentaram maiores elevações ao serem comparados com a técnica de ALTSAT, em que a média total da maregrafia corresponde a 0,487 mm e na ALTSAT a média apontou um decréscimo de -0,032 mm. Acrescenta-se ainda para tal análise, os resultados expressos na Tabela 16, em que a maregrafia nos anos de 2011, 2013, 2014 e 2018 com respectivamente, 5,890 mm, -5,215 mm, -3,790 mm e 3,118 mm demonstraram acentuadas variações.

Ao comparar as duas técnicas, percebe-se que os dados de maregrafia pertencentes à RMPG obtiveram uma elevação total de 50,191 mm com a variação anual média de 0,487 mm durante o período de pesquisa. Por outro lado, a técnica de ALTSAT resultou em elevação total de -3,331 mm e uma variação anual média de -0,032 mm. Tais diferenças entre as técnicas foram semelhantes aos apresentados no tópico das variações pontuais e as justificativas para esse comportamento também são semelhantes as causas apontadas nas variações locais.

Segundo Dalazona (2005), as estimativas da TNMM estão diretamente associadas ao monitoramento das séries temporais do NMM, uma vez que, o NMM atual não corresponde com a época de realização do DV. Sendo assim, a influência de longas séries temporais relacionadas ao estudo do NMM no contexto da ALTSAT e maregrafia afetam diretamente o comportamento das elevações da TNMM nas

diferentes técnicas. Portanto, além da integração entre maregrafia e ALTSAT, ressalta-se a importância do aumento das séries temporais e a utilização de multimissões altimétricas.

De acordo com a Equação 12 apresentada na metodologia, o nível do mar influencia diretamente a determinação da TNMM neste estudo, neste sentido, Calado, Garnés e Jamur (2018) verificou em seu estudo que a EMSAL apresentou uma taxa de elevação total no NMM de 2,30 mm com variações de $\pm 1,03$ mm ao ano para a técnica de maregrafia.

Sendo assim, conclui-se que apesar do autor aplicar correções nos movimentos da crosta e utilizar uma série temporal de 20 anos em sua pesquisa, as diferenças dos resultados entre as técnicas para a referida estação maregráfica foram coerentes com os apresentados nesta dissertação.

6.3.3. Estação Maregráfica de Macaé - RJ (EMMAC)

Nos próximos tópicos, foram apresentadas todas as informações e análises relacionadas às elevações da TNMM para o marégrafo de Macaé - RJ. A Tabela 17 ilustra o relatório estatístico das elevações das TNMMs entre as técnicas de ALTSAT e maregrafia.

Na Tabela 18 estão contidas as elevações anuais em milímetros das TNMMs e por fim, na Figura 19 a representação gráfica das elevações anuais por ambas as técnicas.

Tabela 17 - Relatório estatístico das elevações das TNMMs para as técnicas de ALTSAT e maregrafia na EMMAC.

Estatística	ALTSAT (mm)	Maregrafia (mm)
Média	0,528	0,199
Mediana	-2,630	-2,903
Máximo	29,052	97,656
Mínimo	-25,016	-179,677
Amplitude	54,068	277,333
Desvio Padrão	14,702	54,045

Tabela 18 - Elevações anuais médias em milímetros das TNMMs para as técnicas de ALTSAT e maregrafia na EMMAC.

Referência	ALTSAT (mm)	Maregrafia (mm)
2011	0,484	-0,642
2012	0,012	4,032
2013	0,007	-2,177
2014	0,067	2,527
2015	2,205	-3,088
Média	0,528	0,199
Total	30,605	11,553

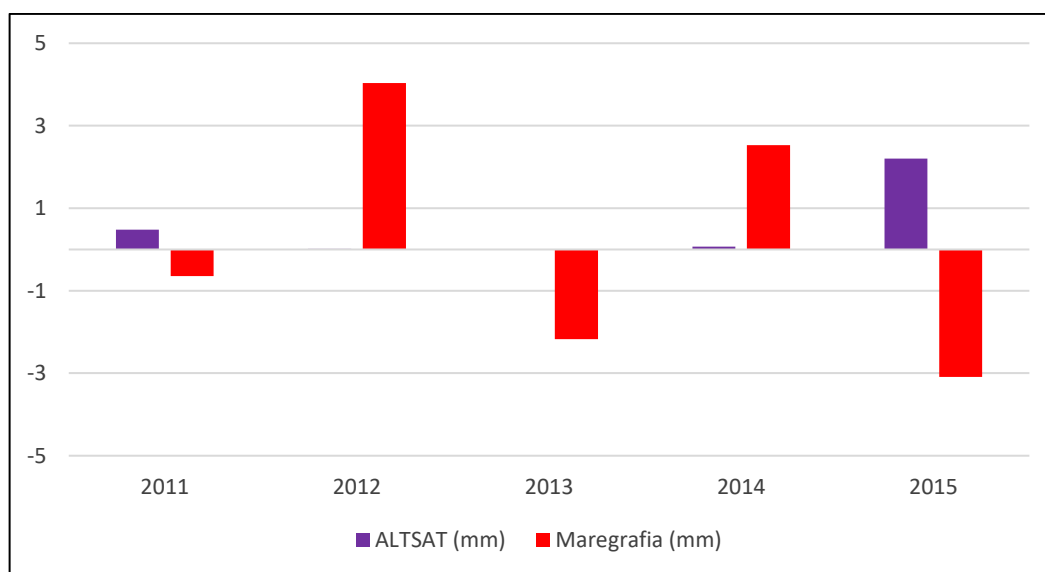


Figura 19 - Elevações anuais em milímetros da TNMM com ambas as técnicas (EMMAC).

Assim como na EMFOR e EMSAL, a técnica de maregrafia na EMMAC apresentou alta variabilidade em suas elevações ao serem comparados com a ALTSAT. Os dados maregráficos da RMPG apresentaram maiores taxas de variação da elevação da TNMM nos anos de 2012, 2013, 2014 e 2015, com respectivamente 4,032 mm, -2,177 mm, 2,527 mm e 3,088 mm (conforme ilustra a Tabela 18).

Ao analisar as variações das elevações em relação à técnica ALTSAT, os anos de 2011 e 2015 apresentaram resultados mais expressivos, na seguinte ordem: 0,484 mm e 2,205 mm. Além disso, a variabilidade em torno da média, ou seja, o desvio padrão da maregrafia foi de, 54,045 mm, sendo superior ao da missão altimétrica, comprovando estatisticamente o exposto no parágrafo anterior.

Entretanto, verificou-se que a ALTSAT apontou alta elevação total e variação anual média, com respectivamente 30,605 mm e 0,528 mm. Enquanto, a técnica de

maregrafia resultou em uma elevação total de 11,553 mm e variação anual média de 0,199 mm. Sendo assim, a possível justificativa para altas elevações na ALTSAT, são atribuídas aos diversos rebaixamentos da TNMM nas médias mensais, que por sua vez, influenciaram no somatório total.

6.3.4. Estação Maregráfica de Imbituba – SC (EMIMB)

Nos próximos tópicos, foram apresentadas todas as informações e análises relacionadas às elevações da TNMM para o marégrafo de Imbituba - SC. A Tabela 19 ilustra o relatório estatístico das elevações das TNMMs entre as técnicas de ALTSAT e maregrafia.

Na Tabela 20 estão contidas as elevações anuais em milímetros das TNMMs e por fim, na Figura 20 a representação gráfica das elevações anuais por ambas as técnicas.

Tabela 19 - Relatório estatístico das elevações das TNMMs para as técnicas de ALTSAT e maregrafia na EMIMB.

Estatística	ALTSAT (mm)	Maregrafia (mm)
Média	-0,020	-0,008
Mediana	-0,409	-0,016
Máximo	12,321	1,548
Mínimo	-9,858	-1,427
Amplitude	22,179	2,974
Desvio Padrão	6,045	0,545

Tabela 20 - Elevações anuais médias em milímetros das TNMMs para as técnicas de ALTSAT e maregrafia na EMIMB.

Referência	ALTSAT (mm)	Maregrafia (mm)
2011	0,140	-0,043
2012	-0,055	0,076
2013	-0,555	-0,048
2014	0,002	-0,078
2015	-0,008	0,052
2016	0,035	0,081
2017	-0,026	-0,083
2018	0,011	-0,047
2019	0,445	0,030
Média	-0,020	-0,008
Total	-2,034	-0,819

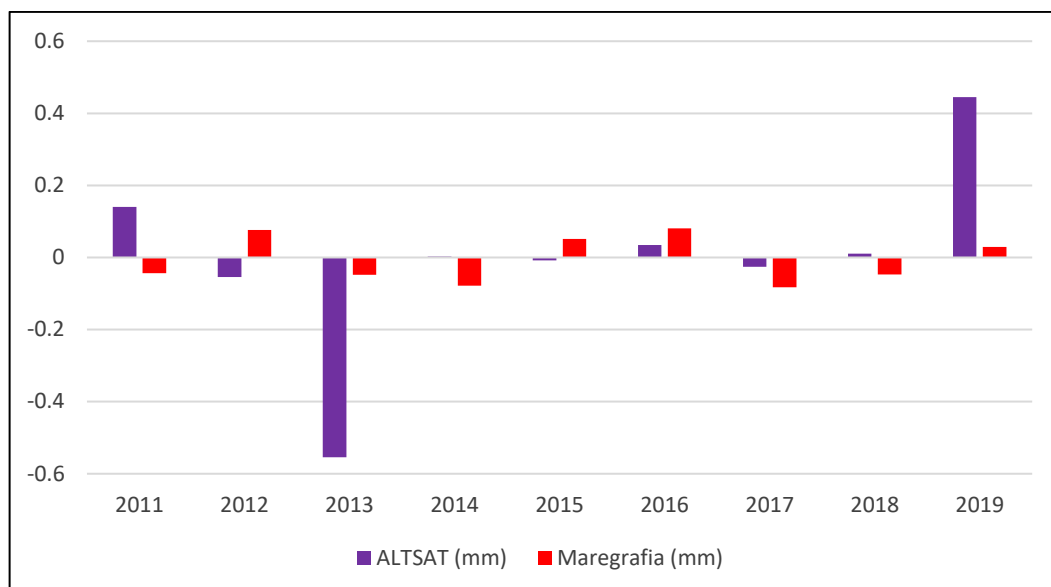


Figura 20 - Elevações anuais em milímetros da TNMM com as técnicas (EMIMB).

Nas análises das elevações da TNMM referentes à EMIMB, foi possível observar através da Tabela 19 que os dados provenientes de ALTSAT apresentaram maiores elevações ao serem comparados com a maregrafia, em que a média total da ALTSAT corresponde a $-0,020$ mm e na maregrafia a média apontou um decréscimo de $-0,008$ mm. Acrescenta-se ainda para tal análise, os resultados expressos na Tabela 20, em que a missão altimétrica demonstrou acentuadas variações nos anos de 2011, 2013 e 2019 com respectivamente, $0,140$ mm, $-0,555$ mm e $0,445$ mm.

Em relação as elevações totais, verifica-se ainda que as observações da ALTSAT obtiveram maiores variações, em que foi estimada uma elevação total de $-2,034$ mm com a variação anual média de $-0,020$ mm. Enquanto a técnica de maregrafia resultou em elevação total de $-0,819$ mm e uma variação anual média de $-0,008$ mm.

Tais análises foram relevantes, uma vez que, ao contrário das demais estações, a EMIMB foi a única estação que apresentou na técnica de ALTSAT maior variabilidade em torno da média, ou seja, maior desvio padrão e amplitude em relação à maregrafia (conforme demonstra a Tabela 19).

De acordo o relatório do IBGE (2016), acredita-se que todas as análises foram influenciadas pela descontinuidade nas observações maregráficas mensais do NMM em outubro de 2011 e de junho a outubro de 2013 na EMIMB. Ressalta-se que essas descontinuidades nas observações foram ocasionadas por uma mudança da

referência zero do sensor do marégrafo durante esse mesmo período. Além desse fator, a EMIMB está localizada na origem da rede vertical brasileira, e por consequência, há constantes correções e monitoramentos diários das derivas instrumentais.

Sendo assim, apesar das diversas fontes que acarretam incertezas em ambas as técnicas, pode-se afirmar que as alterações na referência do marégrafo foram relevantes para a elevação/ decréscimo das taxas de elevação da TNMM na EMIMB.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Um dos objetivos desta pesquisa foi realizar um estudo comparativo das variações e elevações locais da TNMM por meio da ALTSAT em relação a técnica de maregrafia nas estações de Fortaleza – CE (EMFOR), Salvador – BA (EMSAL), Macaé – RJ (EMMAC) e Imbituba – SC (EMIMB), todas pertencentes à RMPG do IBGE. Sendo assim, para se alcançar o objetivo principal foram estimadas as variações locais da TNMM em cada marégrafo com uma série temporal de 9 anos (2011-2019), e posteriormente, utilizou-se estas variações no estudo da elevação anual.

Para as estimativas da TNMM por meio da ALTSAT, utilizou-se as SLA e ADT provenientes da missão altimétrica CS2. Para o cálculo da TNMM por meio da maregrafia, utilizou-se os valores de níveis d'água do banco de dados pertencentes à RMPG – IBGE.

Entretanto, conforme metodologia aplicada e os resultados obtidos nesta dissertação, pode-se constatar algumas vantagens na utilização da técnica de ALTSAT. A primeira se refere à possibilidade de um monitoramento do nível do mar em caráter global, sem a necessidade da instalação de marégrafos. Outra vantagem corresponde ao fato de os dados serem gratuitos e acrescidos de correções geofísicas e eletromagnéticas (AVISO, 2020). Logo, os dados ALTSAT se apresentam como uma ótima alternativa para a obtenção de informações sobre o comportamento recente do NMM e, conseqüentemente, da TNMM.

Numa análise comparativa das variações locais da TNMM, verifica-se no geral que houve uma variação mais acentuada nos dados de maregrafia ao serem comparados com a ALTSAT. Tal comportamento foi visível em todas as estações utilizadas neste estudo, porém a EMIMB apresentou variações mensais e anuais mais acentuadas na técnica de ALTSAT, em que a amplitude na EMIMB através da ALTSAT foi de 0,019 m, enquanto na maregrafia a amplitude foi de 0,002 m.

Em relação à análise comparativa das elevações/diminuições da TNMM, a EMIMB também foi a única que apresentou maior variabilidade em torno da média, ou seja, maior desvio padrão na técnica de ALTSAT. Observou-se uma elevação da

TNMM de -2,034 mm com a variação anual média de -0,020 mm, enquanto a técnica de maregrafia apresentou queda na elevação total de -0,819 mm e uma variação anual média de -0,008 mm. Apesar do exposto, no geral, os resultados foram satisfatórios, explicitando uma discrepância anual entre as técnicas em todas as estações maregráficas na casa dos milímetros.

As discrepâncias identificadas devem-se ao fato da não aplicação, proposital, de filtros e correções nos dados provenientes da RMPG, nos quais foram realizados apenas procedimentos de exclusão de valores espúrios, visando comparar as técnicas ALTSAT e os dados brutos de maregrafia na estimativa da TNMM. Portanto, a influência da não aplicação dos movimentos efetivos da crosta ocasionando movimentos eustáticos e tectônicos nos sensores presentes nos marégrafos foram significativos para as discrepâncias entre as técnicas.

É importante considerar que neste estudo se utilizou apenas dados da missão CS2. Para maiores análises da TNMM seria necessário aumentar a quantidade de observações através da utilização de outras missões, considerando assim, a variabilidade da região (DALAZOANA, 2005; DA SILVA e DE FREITAS, 2019).

O estudo da TNMM está diretamente associado aos modelos geopotenciais globais. Porém, cabe ressaltar que os modelos globais do geopotencial e o modelo oficial das anomalias de alturas não apresentam compatibilidade nos dados. Enquanto os modelos globais são fundamentados em uma série de parâmetros que envolvem gravimetria por satélites e dados terrestres de todo o globo, as altitudes normais (REALT-2018) apesar de conter dados da solução EIGEN-6C4 e dados gravimétricos do continente sul americano, não apresentam informações gravimétricas no oceano, o que pode causar inconsistência dos dados na região litorânea (SILVA e GUIMARÃES, 2018). Portanto, as anomalias de altura utilizadas como parâmetro para o cálculo da TNMM por maregrafia, podem ter influenciado nas discrepâncias entre as técnicas. Tais discrepâncias estão associadas às heterogeneidades das composições e metodologias dos modelos, por isto, optou-se por não utilizar neste estudo as estações maregráficas de Santana (AP) / EMSAN e Belém (PA) / EMBEL, uma vez que, uma das razões para a ocorrência desta diferença pode estar relacionada aos vazios gravimétricos na região Nordeste comparado a outras regiões do país.

Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se desenvolver um estudo semelhante envolvendo, dados geológicos, geofísicos, modelos geopotenciais de alta

resolução e que apresentem dados gravimétricos consistentes para a área de estudo, além da aplicação das correções dos movimentos da crosta terrestre nas regiões dos marégrafos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSEN, O. B. et al. Improving the Coastal Mean Dynamic Topography by Geodetic Combination of Tide Gauge and Satellite Altimetry Improving the Coastal Mean Dynamic Topography by Geodetic Combination of Tide Gauge and Satellite Altimetry. **Marine Geodesy**, v. 0, n. 0, p. 1–29, 2018.

ANTUNES, C.; GODINHO, J. M.. Estudo da análise harmônica da maré aplicada ao marégrafo de Cascais. In: **Actas da VII Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia**, p. 5-6, 2011.

AVISO. **Archiving, Validation and Interpretation of Satellite Oceanographic data**, 2020 Disponível em: <http://www.aviso.altimetry.fr/en/data/products/ocean-indicators-products/mean-sea-level.html>. Acessado em: 09 nov. 2020.

AVISO. **User handbook merged TOPOX/Poseidon products**, 1996. Disponível em: <http://www.altimetry.info/webs-documents/user-handbook-for-poseidon-product/>. Acessado em: 09 nov. 2020.

BIROL, F. et al. Impact of Ocean Mean Dynamic Topography on Satellite Data Assimilation. **Marine Geodesy**, v.27, p. 59–78, 2004.

BLITZKOW, D.; MATOS, A. C. O. C. EGM2008 and PGM2007A evaluation for South America. **Newton's Bulletin**, v. 4, p. 79-89, 2009.

BURŠA, M. et al. World height system specified by geopotential at tide gauge stations. In: **Vertical Reference Systems**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2002, p. 291-296.

CABANES, C.; CAZENAVE, A.; LE PROVOST, C. Sea level change from Topex-Poseidon altimetry for 1993–1999 and possible warming of the southern oceans. **Geophysical Research Letters**, v. 28, n. 1, p. 9-12, 2001, <https://doi.org/10.1029/2000GL011962>.

CALADO, L. G. L. P.; GARNÉS, S. J. A.; JAMUR, K. P. Análise da estação maregráfica de Fortaleza para determinar as variações do nível do mar. In: **VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO**, Recife, Anais, p. 461-470, 2018.

CHELTON, D. B. et al. Satellite Altimetry. In: FU, L. L.; CAZENAVE, A. **Satellite Altimetry and Earth Sciences: a Handbook of Techniques and Applications**. Academic Press, p. 1-131, 2001, [https://doi.org/10.1016/S0074-6142\(01\)80146-7](https://doi.org/10.1016/S0074-6142(01)80146-7).

COELHO, A. L. **Método de previsão de maré oceânica, utilizando análise harmônica em séries de 18,69 anos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil / Recursos Hídricos, Energéticos e Ambientais) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.

CMEMS. COPERNICUS MARINE AND ENVIRONMENT MONITORING. **Catalogue**

Services, 2015. Disponível em: <https://marine.copernicus.eu/about-us/about-your-copernicus-marine-service/>. Acessado em: 31 jul. 2020.

COSTA, M.C. **Influência das tensões do vento na variação do nível médio do mar da região costeira de Cananéia (SP): filtragem numérica e análise espectral**. Dissertação (Mestrado em Ciências em Meio Ambiente) – Universidade Federal de Itajubá, UNIFEI, Itajubá, MG, 2010.

CRESSIE, N. The origins of kriging. **Mathematical geology**, v. 22, n. 3, p. 239-252, 1990.

DALAZOANA, R. **Estudos Dirigidos à Análise temporal do Datum Vertical Brasileiro**. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

DALAZOANA, R.; LUZ, R.T.; FREITAS, S.R.C. Estudos do MSL a partir de séries temporais maregráficas e de altimetria por satélites visando a integração da rede vertical brasileira ao SIRGAS. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 57, n. 2, p.140-153, 2005.

DAHER, V. B. et al. Extraction of Tide Constituents by Harmonic Analysis Using Altimetry Satellite Data in the Brazilian Coast. **Journal of Atmospheric and Oceanic Technology**, v. 32, n. 3, p. 614-626, 2015.

DA SILVA, L.M.; DE FREITAS, S.R.C. Análise de Evolução Temporal do Datum Vertical Brasileiro de Imbituba. **Revista Cartográfica**, v. 98, n. 5, p. 33-57, 2019, doi: <https://doi.org/10.35424/rcar.v5i98.140>.

DE FREITAS, S. R. C. et al. Modelagem do potencial anômalo no Datum Vertical Brasileiro visando sua nova definição. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 13, n. 2, p. 395-419, 2007.

ESA. European Space Agency. **Satellite Radar Altimetry: past and future**. 2020. Disponível em: http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/CryoSat. Acessado em: 13 abr. 2020.

ESRI. ArcGIS Desktop. **Geostatistical Analyst**. 2020. Disponível em: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/extensions/geostatistical-analyst/what-is-geostatistics-.htm>. Acessado em: 18 dez. 2020.

FERREIRA, I. O. **Coleta, processamento e análise de dados batimétricos visando a representação computacional do relevo submerso utilizando interpoladores determinísticos e probabilísticos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil / Informações Espaciais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

FERREIRA, Í. O.; SANTOS, G. R.; RODRIGUES, D. D. Estudo sobre a utilização adequada da Krigagem na representação computacional de superfícies batimétricas. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 65, n. 5, 2013.

FÖRSTE, C. et al. EIGEN-6C4 The latest combined global gravity field model including GOCE data up to degree and order 2190 of GFZ Potsdam and GRGS Toulouse. **GFZ Data Services**, v. 16, 2014, doi:10.5880/icgem.2015.1.

FRANCO, A S. **Tides: Fundamentals, Analysis and Prediction**. 2. ed. São Paulo: Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH), 1988.

GODIN, G. **The analysis of tides**. Liverpool, University Press, 1972.

GODÍNEZ, V. M. et al. Datos meteorológicos y de corrientes en el Alto Golfo de California: Experimento de invierno del 17 de enero al 2 de marzo del 2000. Informe Técnico CTOFT200011. **Comunicaciones Académicas. Serie Oceanografía Física**, CICESE, p. 53, 2000.

HAYDEN, T. et al. Evaluation of W0 in Canada using tide gauges and GOCE gravity field models. **Journal of Geodetic Science**, v. 2, n. 4, p. 290-301, 2012.

HEISKANEN, W.A.; MORITZ, H. **Physical Geodesy**. W. H. Freeman Company, São Francisco, p. 374, 1967.

HOFMANN-WELLENHOF, B., MORITZ, H. **Physical Geodesy**. 2nd Ed. Graz, Austria: Springer-Verlag Wien, 2006.

HUANG, J. Determining Coastal Mean Dynamic Topography by Geodetic Methods. **Geophysical Research Letters**, v. 44, n. 21, p. 11-125, 2017.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Análise do Nível Médio do Mar nas Estações da Rede Maregráfica Permanente para Geodésia - RMPG 2001/2015**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_sobre_posicionamento_geodesico/rmpg/relatorio/relatorio_RMPG_2001_2015_GRRV.pdf. Acessado em: 10 ago. 2020.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estações maregráficas da RMPG - IBGE** - Download. Site. 2020. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_sobre_posicionamento_geodesico/rmpg/dados/. Acessado em: 10 ago. 2020.

IDŽANOVIĆ, M.; OPHAUG, V.; ANDERSEN, O. B. The coastal mean dynamic topography in Norway observed by CryoSat-2 and GOCE. **Geophysical Research Letters**, v. 44, n. 11, p. 5609–5617, 2017.

INPE. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **El Niño e La Niña. CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos**. 2020. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acessado em: 10 mai. 2020.

KARIMI, A. A.; ANDERSEN, O. B.; DENG, D. Mean sea surface and mean dynamic topography determination from Cryosat-2 data around Australia. **Advances in Space Research**, 2020, doi: 10.1016/j.asr.2020.01.009.

KAYANO, M.T. et al. El Niño e La Niña dos Últimos 30 Anos: Diferentes Tipos. **Revista Climanalise - Edição Comemorativa de 30 anos**, p. 6, 2016.

LOPES, B. A. **O Geoide Gravimétrico e o Nível Médio do Mar na Região do Datum Altimétrico Brasileiro: Um Estudo Comparativo**. Dissertação (Mestrado em Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

LOPES, A. B. **A utilização de modelos geoidais e altimetria por satélite no estudo das variabilidades no nível do mar e correntes geostróficas no Atlântico Sul e região da Confluência Brasil Malvinas**. Tese (Doutorado em Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010, doi: 10.11606/T.21.2010.tde-01082011-134202.

LUZ, R. T.; DE FREITAS, S. R. C. Estratégias para modernização da componente vertical do Sistema Geodésico Brasileiro e sua integração ao SIRGAS. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 14, n. 3, p. 3, 2008.

MAKANO, M.; YAMADA, S. On the mean sea levels at various locations along the coasts of Japan. **Journal of the Oceanographical Society of Japan**, v. 21, p.71–84, 1975.

MATHERON, G. Kriging or Polynomial Interpolation Procedures. **CIMM Transactions**, v. 70, p. 240-244, 1967.

MATOS, A. C. O. C. et al. Validação do MAPGEO2010 e comparação com modelos do geopotencial recentes. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 18, n. 1, p. 101-122, 2012.

MOHAMMADI, K.; GOUDARZI, N. Study of inter-correlations of solar radiation, wind speed and precipitation under the influence of El Niño Southern Oscillation (ENSO) in California. **Renewable Energy**, v. 120, p. 190-200, 2018.

MONTEIRO, J. B.; ZANELLA, M. E. Eventos extremos no estado do Ceará, Brasil: uma análise estatística de episódios pluviométricos no mês de março de 2019. **GeoTextos**, v. 15, n. 2, 2019.

MORITZ, H. Advanced physical geodesy. **Bulletin Géodésique**, v. 54, n. 3, p. 395-407, 1980.

NEREM, R.S.; MITCHUM, G.T. Sea level change, In: FU, L-L & CAZENAVE, A. (ed.). **Satellite Altimetry and Earth Sciences**, Editora Academic Press, p. 329-349, 2001.

NICACIO, E.; DALAZOANA, R. Passado e presente dos Modelos Globais do Geopotencial: uma abordagem conceitual sobre sua evolução. **Revista Eletrônica Multidisciplinar FACEAR**, v. 2, n. 6, p. 1-15, 2017.

PAJAK, K.; KOWALCZYK, K. A comparison of seasonal variations of sea level in the southern Baltic Sea from altimetry and tide gauge data. **Advances in Space Research**, v. 63, n. 5, p. 1768–1780, 2019.

PALMEIRO, A. S. **Análise do vínculo do Datum Vertical Brasileiro a um Sistema Global de Altitudes com base em soluções fixadas e livres do PVCG**. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2011.

PAVLIS, N. K. et al. The development and evaluation of the Earth Gravitational Model 2008 (EGM2008). **Journal of Geophysical Research**, v. 117, n. B4, p. 1–38, 2012.

PEIXOTO, P. S. **Jason-1: Lendo os dados de altimetria por satélite para o nível do mar**. Instituto de Oceanografia da Universidade de São Paulo (USP). Trabalho de conclusão de curso de especialização em “medição, análise, previsão e modelagem do nível do mar”, p. 1-40, 2007.

PEREIRA, E. O.; ABREU, L. G. Á. DE C.; MAILLARD, P. Altimetria por satélite radar aplicada a hidrologia no Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 69, p. 347–360, 2017.

PUGH, D. T. Tides. **Encyclopedia of Ocean Sciences**. Ed. STEELE, J. H.; THORPE, S. A.; TUREKIAN, K. K. Academic Press, San Diego p. 2961-2968, 2001.

RAVDAS, M.; ZACHARIOUDAKI, A.; KORRES, G. Implementation and validation of a new operational wave forecasting system of the Mediterranean Monitoring and Forecasting Centre in the framework of the Copernicus Marine Environment Monitoring Service. **Natural Hazards & Earth System Sciences**, v. 18, n. 10, 2018.

REIS, V. P.; PALMEIRO, A. S.; BARBOSA, L. G. Estudo da obtenção do nível médio do mar com altimetria por satélites. **Revista Brasileira de Geomática**, v. v.6, n.1, p. 3–22, 2018.

RIBEIRO, C. R. **Processos de alterações da maré astronômica na desembocadura da Lagoa dos Patos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) - Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2008.

ROSMORDUC, V. et al. **Radar Altimetry Tutorial (BRAT)**, p. 357, 2016.

SANTOS, M. C. Tendências modernas e questões relacionadas com a definição e realização de sistemas verticais: a experiência canadense. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 67, p. 1627-1639, 2015.

SEEBER, G. **Satellite Geodesy: Foundations**. Methods and Applications. 2. ed. Berlin, New York: Walter de Gruyter, p. 589, 2003.

SILVA, L. M. DA; FREITAS, S. R. C. DE; DALAZOANA, R. Análise de séries temporais maregráficas correlacionadas com observações GNSS no Datum vertical brasileiro de Imbituba-SC. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 68, n. 1, p. 73–90, 2016.

SILVA, V. C.; GUIMARÃES, N. Análise do Potencial de Gravidade nas Estações da Rede Maregráfica Permanente para Geodésia Obtido com Diferentes Modelos Geoidais. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 41, n. 0101–9759, p. 605–613, 2018.

SOUZA, L. M.; PALMEIRO, A. S. Análise da influência das correções geofísicas em dados de Altimetria por Satélite na região de Imbituba-SC. **Revista Brasileira de Geomática**, v. 8, n. 4, p. 299 - 313, 2020.

THOMPSON, K. R. An analysis of British monthly mean sea level. **Geophysical Journal International**, v. 63, n. 1, p. 57-73, 1980.

THOMPSON, R. O.; Low-pass filters to suppress inertial and tidal frequencies. **Journal of Physical Oceanography**, v. 13, p. 1077-1083, 1983.

TORGE, W. **Geodesy**. 3. ed. Berlin: Walter de Gruyter, p. 416, 2001.

VIGNUDELLI, S.; KOSTIANOY, A. G.; CIPOLLINI, P.; BENVENISTE, J. (Ed.). **Coastal altimetry**. Springer, p. 578, 2011.

WINGHAM, D. J. et al. CryoSat: A mission to determine the fluctuations in Earth's land and marine ice fields. **Advances in Space Research**, v. 37, p. 841–871, 2006.

WOODWORTH, P. L. et al. Towards worldwide height system unification using ocean information. **Journal of Geodetic Science**, v. 2, n. 4, p. 302–318, 2012, doi: 10.2478/v10156-012-0004-8

APÊNDICES

APÊNDICE A – Parâmetros definidores da TNMM por meio da missão CS2.

ESTAÇÃO MAREGRÁFICA DE FORTALEZA - CE			
Ano	Mês	<i>Absolute Dynamic Topography (ADT) (m)</i>	<i>Sea Level Anomaly (SLA) (m)</i>
2011	02	0,5810	0,0364
2011	03	0,5583	0,0127
2011	04	0,6020	0,0550
2011	05	0,5704	0,0241
2011	06	0,5880	0,0411
2011	07	0,6082	0,0627
2011	08	0,6046	0,0581
2011	09	0,6231	0,0763
2011	10	0,5965	0,0507
2011	11	0,6372	0,0904
2011	12	0,6592	0,1135
2012	01	0,6203	0,0731
2012	02	0,6070	0,0622
2012	03	0,5917	0,0463
2012	04	0,5864	0,0405
2012	05	0,6430	0,0966
2012	06	0,6103	0,0636
2012	07	0,6494	0,1038
2012	08	0,6596	0,1130
2012	09	0,6143	0,0684
2012	10	0,6157	0,0697
2012	11	0,5906	0,0435
2012	12	0,6142	0,0683
2013	01	0,5456	-0,0015
2013	02	0,5912	0,0466
2013	03	0,6072	0,0617
2013	04	0,5739	0,0271
2013	05	0,5454	-0,0012
2013	06	0,6327	0,0871
2013	07	0,5747	0,0278
2013	08	0,6570	0,1105
2013	09	0,5878	0,0410
2013	10	0,6236	0,0784
2013	11	0,6249	0,0780
2013	12	0,6228	0,0771
2014	01	0,6002	0,0529
2014	02	0,5698	0,0278
2014	03	0,5371	-0,0085
2014	04	0,5607	0,0139
2014	05	0,5591	0,0127

ESTAÇÃO MAREGRÁFICA DE FORTALEZA - CE			
Ano	Mês	<i>Absolute Dynamic Topography (ADT) (m)</i>	<i>Sea Level Anomaly (SLA) (m)</i>
2014	06	0,5293	-0,0156
2014	07	0,5808	0,0338
2014	08	0,6288	0,0837
2014	09	0,6511	0,1050
2014	10	0,5999	0,0539
2014	11	0,6355	0,0886
2014	12	0,6341	0,0884
2015	01	0,5923	0,0460
2015	02	0,5674	0,0204
2015	03	0,6065	0,0607
2015	04	0,5750	0,0284
2015	05	0,6018	0,0554
2015	06	0,5646	0,0196
2015	07	0,6533	0,1066
2015	08	0,6402	0,0946
2015	09	0,6030	0,0560
2015	10	0,6164	0,0704
2015	11	0,5913	0,0445
2015	12	0,5853	0,0395
2016	01	0,5888	0,0424
2016	02	0,6370	0,0903
2016	03	0,6319	0,0861
2016	04	0,6001	0,0535
2016	05	0,6256	0,0788
2016	06	0,6091	0,0643
2016	07	0,6706	0,1238
2016	08	0,6469	0,1000
2016	09	0,6382	0,0934
2016	10	0,6457	0,0995
2016	11	0,6576	0,1107
2016	12	0,6152	0,0693
2017	01	0,6061	0,0598
2017	02	0,6009	0,0542
2017	03	0,6024	0,0565
2017	04	0,6468	0,1001
2017	05	0,5964	0,0500
2017	06	0,6825	0,1377
2017	07	0,6179	0,0712
2017	08	0,6123	0,0656
2017	09	0,6352	0,0910
2017	10	0,6111	0,0667
2017	11	0,6389	0,0920
2017	12	0,6196	0,0775

ESTAÇÃO MAREGRÁFICA DE FORTALEZA - CE			
Ano	Mês	<i>Absolute Dynamic Topography (ADT) (m)</i>	<i>Sea Level Anomaly (SLA) (m)</i>
2018	01	0,6052	0,0583
2018	02	0,5770	0,0300
2018	03	0,6380	0,0924
2018	04	0,6337	0,0868
2018	05	0,6285	0,0822
2018	06	0,6258	0,0794
2018	07	0,6109	0,0642
2018	08	0,6760	0,1292
2018	09	0,6416	0,0975
2018	10	0,7015	0,1547
2018	11	0,6520	0,1051
2018	12	0,6119	0,0681
2019	01	0,6596	0,1132
2019	02	0,6149	0,0680
2019	03	0,5437	-0,0021
2019	04	0,6192	0,0725
2019	05	0,6553	0,1093
2019	06	0,6792	0,1325
2019	07	0,6195	0,0725
2019	08	0,6398	0,0940
2019	09	0,6819	0,1351

ESTAÇÃO MAREGRÁFICA DE SALVADOR - BA			
Ano	Mês	<i>Absolute Dynamic Topography (ADT) (m)</i>	<i>Sea Level Anomaly (SLA) (m)</i>
2011	02	0,6361	0,0827
2011	03	0,6304	0,0782
2011	04	0,6756	0,1259
2011	05	0,6711	0,1175
2011	06	0,5954	0,0417
2011	07	0,6357	0,0837
2011	08	0,5915	0,0400
2011	09	0,5538	0,0014
2011	10	0,5828	0,0301
2011	11	0,6028	0,0520
2011	12	0,5547	0,0020
2012	01	0,6093	0,0589
2012	02	0,5594	0,0058
2012	03	0,5851	0,0322
2012	04	0,6047	0,0523
2012	05	0,6385	0,0867
2012	06	0,6072	0,0531
2012	07	0,6185	0,0677
2012	08	0,6238	0,0730
2012	09	0,5810	0,0286
2012	10	0,5621	0,0112
2012	11	0,5441	-0,0064
2012	12	0,6110	0,0570
2013	01	0,6026	0,0482
2013	02	0,5895	0,0362
2013	03	0,6173	0,0667
2013	04	0,6452	0,0915
2013	05	0,5862	0,0348
2013	06	0,6359	0,0816
2013	07	0,5918	0,0395
2013	08	0,5904	0,0392
2013	09	0,5814	0,0282
2013	10	0,5859	0,0339
2013	11	0,5957	0,0457
2013	12	0,5793	0,0260
2014	01	0,6572	0,1005
2014	02	0,6034	0,0468
2014	03	0,5808	0,0290
2014	04	0,6495	0,0950
2014	05	0,6151	0,0625
2014	06	0,6321	0,0827
2014	07	0,6067	0,0540
2014	08	0,5883	0,0393

ESTAÇÃO MAREGRÁFICA DE SALVADOR - BA			
Ano	Mês	<i>Absolute Dynamic Topography (ADT) (m)</i>	<i>Sea Level Anomaly (SLA) (m)</i>
2014	09	0,5760	0,0222
2014	10	0,5827	0,0316
2014	11	0,6067	0,0567
2014	12	0,5433	-0,0107
2015	01	0,6214	0,0687
2015	02	0,5754	0,0254
2015	03	0,5758	0,0237
2015	04	0,6736	0,1172
2015	05	0,6528	0,1007
2015	06	0,6628	0,1106
2015	07	0,6007	0,0481
2015	08	0,5830	0,0318
2015	09	0,5848	0,0316
2015	10	0,6332	0,0806
2015	11	0,6135	0,0647
2015	12	0,6296	0,0769
2016	01	0,6341	0,0778
2016	02	0,6588	0,1088
2016	03	0,6274	0,0755
2016	04	0,7008	0,1437
2016	05	0,6329	0,0833
2016	06	0,6763	0,1247
2016	07	0,6235	0,0694
2016	08	0,6158	0,0645
2016	09	0,6188	0,0669
2016	10	0,5585	0,0078
2016	11	0,6290	0,0777
2016	12	0,6056	0,0536
2017	01	0,6080	0,0509
2017	02	0,5985	0,0490
2017	03	0,6055	0,0526
2017	04	0,6636	0,1074
2017	05	0,6765	0,1272
2017	06	0,6078	0,0562
2017	07	0,6384	0,0858
2017	08	0,6023	0,0505
2017	09	0,6240	0,0716
2017	10	0,5558	0,0037
2017	11	0,6191	0,0656
2017	12	0,6188	0,0662
2018	01	0,6210	0,0645
2018	02	0,6071	0,0586
2018	03	0,6244	0,0725

ESTAÇÃO MAREGRÁFICA DE SALVADOR - BA			
Ano	Mês	<i>Absolute Dynamic Topography (ADT) (m)</i>	<i>Sea Level Anomaly (SLA) (m)</i>
2018	04	0,6640	0,1070
2018	05	0,6705	0,1208
2018	06	0,6699	0,1184
2018	07	0,6255	0,0704
2018	08	0,6052	0,0528
2018	09	0,6279	0,0751
2018	10	0,6098	0,0584
2018	11	0,5997	0,0494
2018	12	0,6043	0,0511
2019	01	0,6313	0,0777
2019	02	0,6677	0,1186
2019	03	0,6865	0,1339
2019	04	0,7215	0,1655
2019	05	0,6760	0,1253
2019	06	0,6837	0,1316
2019	07	0,7264	0,1718
2019	08	0,6340	0,0822
2019	09	0,6221	0,0720

ESTAÇÃO MAREGRÁFICA DE MACAÉ - RJ			
Ano	Mês	<i>Absolute Dynamic Topography (ADT) (m)</i>	<i>Sea Level Anomaly (SLA) (m)</i>
2011	02	0,3806	-0,0360
2011	03	0,4212	-0,0067
2011	04	0,5277	0,1114
2011	05	0,6226	0,1908
2011	06	0,5624	0,1343
2011	07	0,4399	0,0219
2011	08	0,4416	0,0138
2011	09	0,4176	-0,0232
2011	10	0,4190	-0,0016
2011	11	0,4260	0,0058
2011	12	0,3789	-0,0669
2012	01	0,3693	-0,0526
2012	02	0,3822	-0,0340
2012	03	0,4000	-0,0351
2012	04	0,4832	0,0610
2012	05	0,4432	0,0262
2012	06	0,5074	0,0766
2012	07	0,5517	0,1258
2012	08	0,3651	-0,0609
2012	09	0,5070	0,0763
2012	10	0,4139	-0,0058
2012	11	0,3908	-0,0272
2012	12	0,5230	0,0759
2013	01	0,4739	0,0518
2013	02	0,4414	0,0252
2013	03	0,4737	0,0351
2013	04	0,4769	0,0554
2013	05	0,5137	0,0967
2013	06	0,5162	0,0866
2013	07	0,6209	0,2036
2013	08	0,5545	0,1342
2013	09	0,6143	0,1861
2013	10	0,4520	0,0334
2013	11	0,4736	0,0552
2013	12	0,4622	0,0166
2014	01	0,4768	0,0546
2014	02	0,4601	0,0380
2014	03	0,3907	-0,0469
2014	04	0,4311	0,0058
2014	05	0,4429	0,0259
2014	06	0,4989	0,0580
2014	07	0,4359	0,0099
2014	08	0,4892	0,0702

ESTAÇÃO MAREGRÁFICA DE MACAÉ - RJ			
Ano	Mês	<i>Absolute Dynamic Topography (ADT) (m)</i>	<i>Sea Level Anomaly (SLA) (m)</i>
2014	09	0,4867	0,0554
2014	10	0,4346	0,0150
2014	11	0,3696	-0,0488
2014	12	0,4620	0,0157
2015	01	0,5129	0,0899
2015	02	0,4147	-0,0012
2015	03	0,5146	0,0795
2015	04	0,4844	0,0597
2015	05	0,4235	0,0062
2015	06	0,5286	0,0938
2015	07	0,5163	0,0909
2015	08	0,4279	0,0094
2015	09	0,4677	0,0414
2015	10	0,4227	0,0021
2015	11	0,4132	-0,0068
2015	12	0,4219	-0,0253

ESTAÇÃO MAREGRÁFICA DE IMBITUBA - SC			
Ano	Mês	<i>Absolute Dynamic Topography (ADT) (m)</i>	<i>Sea Level Anomaly (SLA) (m)</i>
2011	02	0,5003	-0,0064
2011	03	0,5242	0,0264
2011	04	0,5606	0,0510
2011	05	0,5751	0,0706
2011	06	0,5643	0,0646
2011	07	0,6026	0,0960
2011	08	0,4425	-0,0612
2011	09	0,5980	0,0924
2011	10	0,4894	-0,0142
2011	11	0,4659	-0,0395
2011	12	0,5678	0,0580
2012	01	0,5651	0,0569
2012	02	0,5496	0,0440
2012	03	0,5819	0,0836
2012	04	0,6120	0,1026
2012	05	0,4725	-0,0309
2012	06	0,6726	0,1673
2012	07	0,6617	0,1574
2012	08	0,5348	0,0305
2012	09	0,5435	0,0330
2012	10	0,4255	-0,0787
2012	11	0,4970	-0,0068
2012	12	0,5105	0,0013
2013	01	0,5691	0,0615
2013	02	0,6921	0,1855
2013	03	0,5967	0,0984
2013	04	0,6425	0,1331
2013	05	0,6276	0,1241
2013	06	0,6091	0,1090
2013	07	0,7340	0,2275
2013	08	0,6827	0,1825
2013	09	0,5585	0,0525
2013	10	0,5029	-0,0038
2013	11	0,4823	-0,0225
2013	12	0,6866	0,1779
2014	01	0,5107	0,0099
2014	02	0,4885	-0,0124
2014	03	0,5186	0,0129
2014	04	0,5956	0,0859
2014	05	0,7280	0,2243
2014	06	0,6341	0,1331
2014	07	0,5457	0,0394
2014	08	0,5457	0,0441

ESTAÇÃO MAREGRÁFICA DE IMBITUBA - SC			
Ano	Mês	<i>Absolute Dynamic Topography (ADT) (m)</i>	<i>Sea Level Anomaly (SLA) (m)</i>
2014	09	0,6716	0,1610
2014	10	0,6197	0,1155
2014	11	0,5522	0,0488
2014	12	0,4887	-0,0208
2015	01	0,6250	0,1241
2015	02	0,5420	0,0366
2015	03	0,4686	-0,0392
2015	04	0,5697	0,0599
2015	05	0,6424	0,1393
2015	06	0,5965	0,0954
2015	07	0,5982	0,0916
2015	08	0,6214	0,1209
2015	09	0,5907	0,0837
2015	10	0,7942	0,2907
2015	11	0,5393	0,0343
2015	12	0,5698	0,0615
2016	01	0,5536	0,0528
2016	02	0,4888	-0,0166
2016	03	0,7161	0,2100
2016	04	0,6234	0,1250
2016	05	0,7266	0,2173
2016	06	0,5912	0,0862
2016	07	0,5580	0,0512
2016	08	0,6212	0,1200
2016	09	0,6864	0,1950
2016	10	0,6057	0,1020
2016	11	0,6242	0,1169
2016	12	0,8724	0,3639
2017	01	0,6453	0,1441
2017	02	0,5051	-0,0017
2017	03	0,6507	0,1440
2017	04	0,5958	0,0980
2017	05	0,6812	0,1719
2017	06	0,6463	0,1428
2017	07	0,4712	-0,0356
2017	08	0,5059	0,0056
2017	09	0,5897	0,0799
2017	10	0,5892	0,0854
2017	11	0,7058	0,2012
2017	12	0,6602	0,1520
2018	01	0,6154	0,1145
2018	02	0,6912	0,1811
2018	03	0,7070	0,2014

ESTAÇÃO MAREGRÁFICA DE IMBITUBA - SC			
Ano	Mês	<i>Absolute Dynamic Topography (ADT) (m)</i>	<i>Sea Level Anomaly (SLA) (m)</i>
2018	04	0,6076	0,1091
2018	05	0,6336	0,1248
2018	06	0,7416	0,2371
2018	07	0,7194	0,2196
2018	08	0,5876	0,0861
2018	09	0,5812	0,0751
2018	10	0,6027	0,0988
2018	11	0,6204	0,1162
2018	12	0,6151	0,1056
2019	01	0,6545	0,1535
2019	02	0,6763	0,1682
2019	03	0,5252	0,0191
2019	04	0,7055	0,2082
2019	05	0,7277	0,2181
2019	06	0,6525	0,1487
2019	07	0,7510	0,2531
2019	08	0,7666	0,2597
2019	09	0,5654	0,0608

APÊNDICE B – Constantes harmônicas utilizadas nas previsões de maré.

CONSTANTES HARMÔNICAS DO MARÉGRAFO DE FORTALEZA - CE		
Estação	EMFOR	
Coordendas Geográficas	3°42.80' S	
	38°28.60' W	
Nº de constantes harmônicas	47	
Semi-amplitude máxima de maré (Zo) em centímetros	636,3	
Componentes Harmônicas	Amplitudes (Hi) em cm	Ângulo de Fase (Gj) em graus
"SIGMA1"	0,4	143,68
"Q1"	1,44	141,6
"O1"	6,9	176,58
"P1"	1,81	212,93
"S1"	1,25	136,05
"K1"	7,4	212,26
"J1"	0,43	232,67
"2PO1"	0,36	103,2
"MNS2"	0,83	79,53
"2N2"	2,44	87,77
"MU2"	3,41	96,1
"N2"	19,49	104,6
"NU2"	3,63	107,03
"MTS2"	0,54	309,49
"M2"	93,16	117,83
"MST2"	0,67	73,19
"LAMBDA2"	0,64	76,42
"L2"	2,15	117,54
"T2"	1,87	138,89
"S2"	30,53	138,12
"K2"	8,95	133,57
"KJ2"	0,66	338,12
"MO3"	0,44	244,49
"M3"	0,97	143,49
"SO3"	0,29	292,76
"SP3"	0,24	105,32
"S3"	0,23	344,12
"SK3"	0,3	156,69
"N4"	0,16	209,29
"3MS4"	0,2	157,64
"MN4"	0,32	274,61
"M4"	0,72	330,73
"MS4"	0,47	54,34
"S5"	0,14	309,62
"2MN6"	0,34	355,86

Componentes Harmônicas	Amplitudes (Hi) em cm	Ângulo de Fase (Gj) em graus
"M6"	0,54	31,13
"MSN6"	0,19	48,98
"2MS6"	0,48	80,35
"2SM6"	0,13	126,02
"M8"	0,14	150,66
"3MS8"	0,15	196,59
"3MSO9"	0,1	159,07
"4MS10"	0,06	233,9
"Sa"	2,15	119,54
"Ssa"	1,13	338,91
"Mm"	0,93	344,15
"Mf"	1,85	0,59

CONSTANTES HARMÔNICAS DO MARÉGRAFO DE SALVADOR - BA		
Estação	EMSAL	
Coordendas Geográficas	12°58.40 ' S	
	38°31.00 ' W	
Nº de constantes harmônicas	55	
Semi-amplitude máxima de maré (Zo) em centímetros	730	
Componentes Harmônicas	Amplitudes (Hi) em cm	Ângulo de Fase (Gj) em graus
"SIGMA1"	0.38	75.74
"Q1"	1.92	98.24
"O1"	6.39	120.72
"MP1"	0.28	219.26
"P1"	1.35	194.90
"S1"	0.61	152.94
"K1"	3.88	205.11
"2N2"	2.84	108.27
"MU2"	2.74	116.90
"N2"	14.93	101.26
"NU2"	2.20	68.79
"OP2"	4.13	227.61
"MTS2"	3.74	229.64
"M2"	77.27	101.48
"MST2"	3.86	178.23
"MKS2"	4.49	358.88
"L2"	4.06	78.08
"T2"	1.68	123.29
"S2"	30.84	113.71
"K2"	8.47	110.29
"MO3"	0.40	197.86
"M3"	0.95	109.58
"MK3"	0.23	200.23
"SP3"	0.39	227.34
"SK3"	0.51	236.12
"N4"	0.22	53.51
"3MS4"	0.36	45.33
"MN4"	0.42	171.04
"M(NU)4"	0.28	178.17
"2MTS4"	0.14	17.13
"M4"	1.13	246.74
"2MST4"	0.10	235.00
"2MKS4"	0.18	125.65
"2MKT4"	0.23	128.27
"SN4"	0.19	15.08
"3MN4"	0.27	55.42
"MS4"	0.84	347.83

Componentes Harmônicas	Amplitudes (Hi) em cm	Ângulo de Fase (Gj) em graus
"SL4"	0.14	329.50
"S4"	0.10	34.96
"S5"	0.06	215.03
"2MN6"	0.15	313.34
"3MSK6"	0.07	300.93
"M6"	0.24	324.54
"MSN6"	0.08	338.73
"2MS6"	0.24	328.91
"2MK6"	0.08	297.83
"2SM6"	0.08	329.91
"3MKKS7"	0.04	263.86
"2MSN8"	0.03	305.45
"3MS8"	0.04	347.20
"3MK8"	0.04	266.27
"3MSK9"	0.03	69.48
"4MS10"	0.03	269.36
"Sa"	5.23	47.06
"Ssa"	2.97	58.47

CONSTANTES HARMÔNICAS DO MARÉGRAFO DE MACAÉ - RJ		
Estação	EMMAC	
Coordendas Geográficas	22° 23.10' S	
	41° 46.20' W	
Nº de constantes harmônicas	62	
Semi-amplitude máxima de maré (Zo) em centímetros	151,5	
Componentes Harmônicas	Amplitudes (Hi) em cm	Ângulo de Fase (Gj) em graus
"2Q1"	0,65	26,2
"SIGMA1"	0,37	33,36
"Q1"	2,83	60,1
"RO1"	0,39	48,11
"O1"	10,47	87,37
"MP1"	0,29	169,27
"M1"	0,66	181,78
"QUI1"	0,24	169,19
"P1"	2,02	131,99
"S1"	0,68	92,55
"K1"	6,29	143,87
"2N2"	1,11	105,88
"MU2"	1,61	70,59
"N2"	4,53	86
"NU2"	0,58	109,83
"MTS2"	0,53	148,5
"M2"	38,12	67,41
"LAMBDA2"	0,51	317,3
"L2"	1,16	90,63
"T2"	0,83	76,22
"S2"	19,29	74,22
"R2"	0,35	116,38
"K2"	5,75	67,96
"MO3"	0,36	329,16
"M3"	0,46	112,15
"SO3"	0,19	63,46
"MK3"	0,22	59,73
"SP3"	0,19	179,54
"S3"	0,23	132,35
"SK3"	0,28	175,76
"N4"	0,28	274,97
"3MS4"	0,23	309,62
"MN4"	1,1	317,54
"M(NU)4"	0,2	303,65
"M4"	2,54	358,83
"SN4"	0,23	31,37
"3MN4"	0,27	221,87

Componentes Harmônicas	Amplitudes (Hi) em cm	Ângulo de Fase (Gj) em graus
"MS4"	1,14	76,86
"MK4"	0,4	78,93
"SL4"	0,13	134,4
"S4"	0,15	265,64
"MNO5"	0,15	226,72
"2MO5"	0,33	290,56
"MNK5"	0,11	304,9
"2MK5"	0,22	39,95
"2NM6"	0,32	173,32
"2MN6"	0,82	219,65
"M6"	0,93	258,04
"MSN6"	0,23	239,66
"2MS6"	1	251,55
"2MK6"	0,3	269,3
"3MSN6"	0,3	108,59
"2SM6"	0,34	276,35
"MSK6"	0,4	260,47
"3MO7"	0,1	184,66
"3MK7"	0,09	322,49
"3MKKS7"	0,14	227,75
"3MN8"	0,04	274,85
"M8"	0,04	296,54
"3MS8"	0,05	351,85
"5SK11"	0,05	221,23
"Sa"	3,77	70,27

CONSTANTES HARMÔNICAS DO MARÉGRAFO DE IMBITUBA - SC		
Estação	EMIMB	
Coordendas Geográficas	28° 13.80' S	
	48° 39' W	
Nº de constantes harmônicas	66	
Semi-amplitude máxima de maré (Zo) em centímetros	195,1	
Componentes Harmônicas	Amplitudes (Hi) em cm	Ângulo de Fase (Gj) em graus
"2Q1"	0,42	19,53
"SIGMA1"	0,68	43,58
"Q1"	3,37	48,69
"RO1"	0,76	42,12
"O1"	11,23	68,95
"M1"	0,38	53,35
"P1"	2,32	114,56
"S1"	1,24	145,78
"K1"	6,35	130,51
"J1"	0,32	333,76
"OO1"	0,55	328,65
"MNS2"	0,27	65,62
"2N2"	1,03	117,79
"MU2"	1,13	91,83
"SNK2"	0,28	299,4
"N2"	3,27	142,08
"NU2"	0,57	151,62
"OP2"	0,45	171,62
"M2"	14,82	58,5
"LAMBDA2"	0,3	311,35
"L2"	1,35	35,26
"2SK2"	0,46	297,3
"T2"	0,43	78,03
"S2"	11,35	54,97
"K2"	3,45	36,25
"MSN2"	0,2	189,04
"KJ2"	0,27	222,32
"NO3"	0,17	242,61
"MO3"	0,7	272,47
"2MP3"	0,15	11,15
"M3"	1,48	125,6
"SO3"	0,59	31,43
"MK3"	0,51	19,51
"SP3"	0,27	199,09
"S3"	0,25	198,75
"SK3"	0,26	163,22
"N4"	0,24	254,16

Componentes Harmônicas	Amplitudes (Hi) em cm	Ângulo de Fase (Gj) em graus
"3MS4"	0,16	329,67
"MN4"	1,36	298,18
"M(NU)4"	0,38	295,87
"2MSK4"	0,28	189,94
"2MTS4"	0,24	0,57
"M4"	3,14	338,76
"SN4"	0,19	50,45
"3MN4"	0,21	181,58
"MS4"	1,23	61,98
"MK4"	0,33	34,76
"MNO5"	0,27	111,15
"2MO5"	0,42	143,85
"MNK5"	0,3	205,9
"2MK5"	0,51	241,16
"S5"	0,27	133,91
"2MN6"	0,11	202,71
"M6"	0,15	241,77
"2MS6"	0,13	166,6
"2SM6"	0,11	234,09
"2MSO7"	0,13	229,98
"2SMK7"	0,12	183,94
"3MN8"	0,17	324,32
"M8"	0,1	337,69
"3MS8"	0,1	359,19
"3MNO9"	0,06	146,66
"4MO9"	0,06	185,23
"3MSO9"	0,07	221,36
"4SK9"	0,18	123,77
"4MS10"	0,06	326,96

APÊNDICE C – Relação das TNMMs por meio da técnica de ALTSAT e maregrafia, bem como as discrepâncias.

ESTAÇÃO MAREGRÁFICA DE FORTALEZA - CE				
Ano	Mês	TNMM (CS2) (m)	TNMM (MAREGRAFIA) (m)	DISCREPÂNCIAS (mm)
2011	02	0,5447	0,5579	-13,2270
2011	03	0,5455	0,5516	-6,0777
2011	04	0,5469	0,5656	-18,6247
2011	05	0,5463	0,5364	9,8666
2011	06	0,5469	0,5549	-8,0440
2011	07	0,5456	0,5506	-5,0549
2011	08	0,5466	0,5555	-8,9156
2011	09	0,5468	0,5566	-9,7267
2011	10	0,5459	0,5629	-17,0460
2011	11	0,5469	0,5709	-24,0270
2011	12	0,5457	0,5568	-11,0850
2012	01	0,5472	0,5416	5,5543
2012	02	0,5448	0,5381	6,7246
2012	03	0,5454	0,5406	4,7131
2012	04	0,5459	0,5769	-30,9570
2012	05	0,5464	0,5532	-6,8706
2012	06	0,5467	0,5306	16,1543
2012	07	0,5456	0,5471	-1,4695
2012	08	0,5466	0,5603	-13,7144
2012	09	0,5459	0,5276	18,3253
2012	10	0,5460	0,5532	-7,2686
2012	11	0,5470	0,5389	8,1440
2012	12	0,5459	0,5332	12,6584
2013	01	0,5470	0,5339	13,1543
2013	02	0,5446	0,5615	-16,8824
2013	03	0,5455	0,5194	26,1314
2013	04	0,5469	0,5416	5,3133
2013	05	0,5467	0,5490	-2,3770
2013	06	0,5456	0,5349	10,7130
2013	07	0,5470	0,5542	-7,2263
2013	08	0,5465	0,5706	-24,1529
2013	09	0,5468	0,5549	-8,0580
2013	10	0,5451	0,5652	-20,0381
2013	11	0,5470	0,5682	-21,2783
2013	12	0,5457	0,5413	4,4029
2014	01	0,5473	0,5319	15,3917
2014	02	0,5420	0,5333	8,7119
2014	03	0,5457	0,5335	12,1068
2014	04	0,5468	0,5322	14,5637
2014	05	0,5464	0,5310	15,4435

ESTAÇÃO MAREGRÁFICA DE FORTALEZA - CE				
Ano	Mês	TNMM (CS2) (m)	TNMM (MAREGRAFIA) (m)	DISCREPÂNCIAS (mm)
2014	06	0,5449	0,5189	26,0220
2014	07	0,5469	0,5287	18,2345
2014	08	0,5451	0,5468	-1,6920
2014	09	0,5461	0,5469	-0,8430
2014	10	0,5460	0,5510	-5,0045
2014	11	0,5470	0,5496	-2,5907
2014	12	0,5457	0,5355	10,1864
2015	01	0,5463	0,5119	34,3417
2015	02	0,5470	0,5347	12,2933
2015	03	0,5459	0,5342	11,6937
2015	04	0,5466	0,5382	8,3527
2015	05	0,5463	0,5623	-15,9058
2015	06	0,5450	0,5336	11,4083
2015	07	0,5467	0,5568	-10,0650
2015	08	0,5456	0,5768	-31,1280
2015	09	0,5471	0,5609	-13,8260
2015	10	0,5460	0,5519	-5,9383
2015	11	0,5468	0,5219	24,8760
2015	12	0,5458	0,6106	-64,8359
2016	01	0,5464	0,6039	-57,4737
2016	02	0,5467	0,5367	9,9739
2016	03	0,5458	0,5329	12,8690
2016	04	0,5466	0,5609	-14,2820
2016	05	0,5468	0,5352	11,6669
2016	06	0,5447	0,5326	12,1793
2016	07	0,5468	0,5432	3,5764
2016	08	0,5469	0,5384	8,4931
2016	09	0,5448	0,5496	-4,7507
2016	10	0,5462	0,5500	-3,7578
2016	11	0,5469	0,5549	-7,9940
2016	12	0,5459	0,5287	17,2035
2017	01	0,5463	0,5323	14,0912
2017	02	0,5467	0,5365	10,2366
2017	03	0,5458	0,5510	-5,1435
2017	04	0,5467	0,5666	-19,8957
2017	05	0,5465	0,5523	-5,7968
2017	06	0,5448	0,5592	-14,4823
2017	07	0,5467	0,5481	-1,3413
2017	08	0,5467	0,5616	-14,8837
2017	09	0,5443	0,5706	-26,3057
2017	10	0,5444	0,5535	-9,0972
2017	11	0,5469	0,5576	-10,6727
2017	12	0,5421	0,5439	-1,7777

ESTAÇÃO MAREGRÁFICA DE FORTALEZA - CE				
Ano	Mês	TNMM (CS2) (m)	TNMM (MAREGRAFIA) (m)	DISCREPÂNCIAS (mm)
2018	01	0,5469	0,5245	22,3841
2018	02	0,5470	0,5240	23,0116
2018	03	0,5455	0,5448	0,6735
2018	04	0,5469	0,5526	-5,6677
2018	05	0,5463	0,5455	0,8204
2018	06	0,5464	0,5216	24,8073
2018	07	0,5467	0,5439	2,8253
2018	08	0,5467	0,5545	-7,7879
2018	09	0,5442	0,5606	-16,4147
2018	10	0,5468	0,5506	-3,8339
2018	11	0,5469	0,5649	-17,9800
2018	12	0,5438	0,5287	15,1275
2019	01	0,5465	0,5223	24,2172
2019	02	0,5469	0,5300	16,8731
2019	03	0,5458	0,5348	10,9985
2019	04	0,5467	0,5586	-11,8507
2019	05	0,5461	0,5771	-31,0425
2019	06	0,5467	0,5652	-18,5473
2019	07	0,5470	0,5687	-21,6795
2019	08	0,5458	0,5532	-7,4286
2019	09	0,5468	0,5622	-15,4193

ESTAÇÃO MAREGRÁFICA DE SALVADOR - BA				
Ano	Mês	TNMM (CS2) (m)	TNMM (MAREGRAFIA) (m)	DISCREPÂNCIAS (mm)
2011	02	0,5534	0,4792	74,1341
2011	03	0,5522	0,4960	56,2510
2011	04	0,5498	0,5241	25,6650
2011	05	0,5536	0,5773	-23,6383
2011	06	0,5537	0,5271	26,6030
2011	07	0,5520	0,4776	74,4261
2011	08	0,5515	0,4311	120,3817
2011	09	0,5524	0,4478	104,5993
2011	10	0,5526	0,4595	93,1296
2011	11	0,5508	0,4778	73,0353
2011	12	0,5527	0,4950	57,7358
2012	01	0,5504	0,5440	6,3175
2012	02	0,5536	0,5173	36,3326
2012	03	0,5530	0,5515	1,4952
2012	04	0,5524	0,6198	-67,3907
2012	05	0,5518	0,6260	-74,1270
2012	06	0,5540	0,5804	-26,4153
2012	07	0,5508	0,5960	-45,1890
2012	08	0,5508	0,5660	-15,1890
2012	09	0,5524	0,5374	14,9747
2012	10	0,5510	0,5498	1,1541
2012	11	0,5505	0,5628	-12,2957
2012	12	0,5539	0,5466	7,3179
2013	01	0,5543	0,5673	-12,9493
2013	02	0,5533	0,5692	-15,9189
2013	03	0,5507	0,6160	-65,3190
2013	04	0,5537	0,6598	-106,0447
2013	05	0,5514	0,6631	-111,6537
2013	06	0,5542	0,6224	-68,2013
2013	07	0,5523	0,6215	-69,1508
2013	08	0,5512	0,5986	-47,3776
2013	09	0,5532	0,4698	83,4133
2013	10	0,5520	0,4686	83,4204
2013	11	0,5500	0,4878	62,1863
2013	12	0,5533	0,4582	95,0400
2014	01	0,5567	0,5047	51,9754
2014	02	0,5567	0,5082	48,4846
2014	03	0,5519	0,5153	36,5252
2014	04	0,5545	0,5794	-24,9033
2014	05	0,5526	0,5579	-5,2805
2014	06	0,5495	0,5238	25,6983
2014	07	0,5527	0,4811	71,6167
2014	08	0,5491	0,4824	66,6444

ESTAÇÃO MAREGRÁFICA DE SALVADOR - BA				
Ano	Mês	TNMM (CS2) (m)	TNMM (MAREGRAFIA) (m)	DISCREPÂNCIAS (mm)
2014	09	0,5537	0,4784	75,3077
2014	10	0,5512	0,4708	80,3613
2014	11	0,5500	0,4914	58,5907
2014	12	0,5541	0,4547	99,4064
2015	01	0,5527	0,4592	93,5112
2015	02	0,5501	0,5171	32,9640
2015	03	0,5521	0,5473	4,8407
2015	04	0,5565	0,6084	-51,9753
2015	05	0,5521	0,5869	-34,8827
2015	06	0,5522	0,5591	-6,8670
2015	07	0,5526	0,5179	34,7115
2015	08	0,5512	0,5047	46,4884
2015	09	0,5532	0,4888	64,4273
2015	10	0,5526	0,5208	31,7803
2015	11	0,5488	0,4904	58,4107
2015	12	0,5526	0,4750	77,6158
2016	01	0,5564	0,4927	63,6278
2016	02	0,5500	0,5349	15,1374
2016	03	0,5519	0,5611	-9,2153
2016	04	0,5571	0,5628	-5,6687
2016	05	0,5496	0,5847	-35,0976
2016	06	0,5516	0,5624	-10,7993
2016	07	0,5540	0,5011	52,8987
2016	08	0,5513	0,4847	66,5944
2016	09	0,5519	0,4754	76,5057
2016	10	0,5507	0,4786	72,1614
2016	11	0,5513	0,5018	49,5123
2016	12	0,5520	0,4740	77,9245
2017	01	0,5571	0,4953	61,7562
2017	02	0,5495	0,4900	59,5599
2017	03	0,5528	0,3276	225,2591
2017	04	0,5562	0,5888	-32,5977
2017	05	0,5493	0,5760	-26,6720
2017	06	0,5516	0,3508	200,8153
2017	07	0,5526	0,5156	36,9986
2017	08	0,5518	0,5044	47,4289
2017	09	0,5524	0,4704	82,0077
2017	10	0,5522	0,4753	76,8262
2017	11	0,5535	0,5101	43,4320
2017	12	0,5526	0,4921	60,5030
2018	01	0,5565	0,4744	82,0959
2018	02	0,5485	0,5364	12,0973
2018	03	0,5519	0,5411	10,7397

ESTAÇÃO MAREGRÁFICA DE SALVADOR - BA				
Ano	Mês	TNMM (CS2) (m)	TNMM (MAREGRAFIA) (m)	DISCREPÂNCIAS (mm)
2018	04	0,5570	0,5958	-38,7497
2018	05	0,5497	0,6111	-61,4723
2018	06	0,5514	0,5434	7,9827
2018	07	0,5550	0,5411	13,8947
2018	08	0,5524	0,5192	33,1802
2018	09	0,5528	0,5141	38,6740
2018	10	0,5513	0,5227	28,5888
2018	11	0,5503	0,5071	43,1980
2018	12	0,5532	0,5305	22,7009
2019	01	0,5536	0,5118	41,8206
2019	02	0,5491	0,5367	12,3991
2019	03	0,5526	0,5905	-37,8961
2019	04	0,5561	0,6254	-69,3733
2019	05	0,5507	0,6073	-56,5163
2019	06	0,5520	0,5824	-30,3993
2019	07	0,5546	0,5792	-24,5948
2019	08	0,5518	0,5337	18,0531
2019	09	0,5500	0,5294	20,6127

ESTAÇÃO MAREGRÁFICA DE MACAÉ - RJ				
Ano	Mês	TNMM (CS2) (m)	TNMM (MAREGRAFIA) (m)	DISCREPÂNCIAS (mm)
2011	02	0,4166	0,3612	55,3841
2011	03	0,4279	0,4174	10,5105
2011	04	0,4163	0,4729	-56,6533
2011	05	0,4318	0,5219	-90,1596
2011	06	0,4281	0,4689	-40,8143
2011	07	0,4179	0,3855	32,4670
2011	08	0,4278	0,3845	43,2888
2011	09	0,4408	0,4326	8,1630
2011	10	0,4206	0,3403	80,2763
2011	11	0,4202	0,3956	24,5690
2011	12	0,4458	0,3893	56,4691
2012	01	0,4219	0,3542	67,7674
2012	02	0,4162	0,3388	77,3636
2012	03	0,4351	0,3935	41,5195
2012	04	0,4223	0,4793	-57,0137
2012	05	0,4170	0,3813	35,7186
2012	06	0,4309	0,4789	-48,0833
2012	07	0,4259	0,4374	-11,4855
2012	08	0,4259	0,2577	168,1920
2012	09	0,4306	0,3116	119,0470
2012	10	0,4197	0,3029	116,7757
2012	11	0,4181	0,3773	40,7843
2012	12	0,4471	0,4245	22,5998
2013	01	0,4221	0,4026	19,5193
2013	02	0,4162	0,4027	13,5456
2013	03	0,4386	0,4545	-15,9222
2013	04	0,4215	0,4339	-12,4133
2013	05	0,4170	0,4710	-53,9078
2013	06	0,4296	0,4713	-41,6487
2013	07	0,4174	0,5010	-83,5838
2013	08	0,4204	0,4568	-36,3753
2013	09	0,4281	0,3913	36,8813
2013	10	0,4186	0,3581	60,5024
2013	11	0,4184	0,3729	45,4327
2013	12	0,4457	0,4606	-14,9593
2014	01	0,4222	0,3764	45,7313
2014	02	0,4222	0,3484	73,7843
2014	03	0,4377	0,3971	40,6051
2014	04	0,4253	0,4629	-37,6593
2014	05	0,4169	0,4542	-37,2546
2014	06	0,4410	0,4033	37,7223
2014	07	0,4260	0,3281	97,9514
2014	08	0,4189	0,3777	41,2070

ESTAÇÃO MAREGRÁFICA DE MACAÉ- RJ				
Ano	Mês	TNMM (CS2) (m)	TNMM (MAREGRAFIA) (m)	DISCREPÂNCIAS (mm)
2014	09	0,4312	0,3966	34,6480
2014	10	0,4196	0,3851	34,4356
2014	11	0,4184	0,3983	20,1533
2014	12	0,4463	0,3619	84,3714
2015	01	0,4230	0,4068	16,2147
2015	02	0,4159	0,4109	5,0043
2015	03	0,4352	0,4664	-31,2627
2015	04	0,4247	0,4616	-36,9000
2015	05	0,4173	0,4116	5,7260
2015	06	0,4348	0,4419	-7,1083
2015	07	0,4254	0,4306	-5,2733
2015	08	0,4185	0,4129	5,5947
2015	09	0,4263	0,3929	33,3847
2015	10	0,4206	0,3748	45,7902
2015	11	0,4200	0,3623	57,7423
2015	12	0,4472	0,3728	74,4358

ESTAÇÃO MAREGRÁFICA DE IMBITUBA - SC				
Ano	Mês	TNMM (CS2) (m)	TNMM (MAREGRAFIA) (m)	DISCREPÂNCIAS (mm)
2011	02	0,5067	0,5094	-2,7063
2011	03	0,4978	0,5092	-11,4052
2011	04	0,5096	0,5093	0,2962
2011	05	0,5045	0,5092	-4,6794
2011	06	0,4997	0,5091	-9,3488
2011	07	0,5066	0,5084	-1,7804
2011	08	0,5036	0,5084	-4,7110
2011	09	0,5057	0,5089	-3,2619
2011	10	0,5035	0,5097	-6,1971
2011	11	0,5053	0,5089	-3,5510
2011	12	0,5097	0,5090	0,7403
2012	01	0,5082	0,5089	-0,6862
2012	02	0,5056	0,5089	-3,3137
2012	03	0,4983	0,5086	-10,3452
2012	04	0,5094	0,5088	0,6849
2012	05	0,5034	0,5091	-5,6799
2012	06	0,5054	0,5094	-4,0568
2012	07	0,5043	0,5092	-4,9403
2012	08	0,5043	0,5081	-3,8113
2012	09	0,5105	0,5083	2,2093
2012	10	0,5042	0,5088	-4,6019
2012	11	0,5038	0,5087	-4,9172
2012	12	0,5092	0,5094	-0,2014
2013	01	0,5075	0,5098	-2,2552
2013	02	0,5066	0,5085	-1,8046
2013	03	0,4983	0,5095	-11,2218
2013	04	0,5095	0,5085	0,9779
2013	05	0,5035	0,5083	-4,8407
2013	06	0,5001	0,5092	-9,0873
2013	07	0,5065	0,5096	-3,1435
2013	08	0,5002	0,5091	-8,9004
2013	09	0,5060	0,5086	-2,6152
2013	10	0,5067	0,5085	-1,8152
2013	11	0,5048	0,5083	-3,4401
2013	12	0,5088	0,5081	0,6618
2014	01	0,5009	0,5092	-8,3322
2014	02	0,5009	0,5092	-8,2650
2014	03	0,5057	0,5097	-3,9588
2014	04	0,5098	0,5092	0,5723
2014	05	0,5036	0,5088	-5,1670
2014	06	0,5010	0,5089	-7,8732
2014	07	0,5063	0,5088	-2,4487
2014	08	0,5016	0,5090	-7,4195

ESTAÇÃO MAREGRÁFICA DE IMBITUBA - SC				
Ano	Mês	TNMM (CS2) (m)	TNMM (MAREGRAFIA) (m)	DISCREPÂNCIAS (mm)
2014	09	0,5106	0,5092	1,4513
2014	10	0,5042	0,5094	-5,1711
2014	11	0,5034	0,5090	-5,5346
2014	12	0,5095	0,5081	1,3604
2015	01	0,5009	0,5083	-7,3623
2015	02	0,5054	0,5093	-3,9057
2015	03	0,5077	0,5088	-1,0277
2015	04	0,5098	0,5093	0,5601
2015	05	0,5032	0,5090	-5,8356
2015	06	0,5011	0,5091	-8,0203
2015	07	0,5066	0,5088	-2,2021
2015	08	0,5004	0,5082	-7,8005
2015	09	0,5070	0,5088	-1,7920
2015	10	0,5035	0,5092	-5,7332
2015	11	0,5050	0,5091	-4,0336
2015	12	0,5083	0,5092	-0,8560
2016	01	0,5008	0,5089	-8,0756
2016	02	0,5054	0,5090	-3,6040
2016	03	0,5061	0,5089	-2,7233
2016	04	0,4984	0,5086	-10,1544
2016	05	0,5093	0,5089	0,4091
2016	06	0,5051	0,5093	-4,2606
2016	07	0,5068	0,5094	-2,5625
2016	08	0,5012	0,5085	-7,2351
2016	09	0,4914	0,5085	-17,1253
2016	10	0,5036	0,5086	-4,9909
2016	11	0,5073	0,5088	-1,4948
2016	12	0,5085	0,5088	-0,2741
2017	01	0,5012	0,5099	-8,6244
2017	02	0,5068	0,5084	-1,6367
2017	03	0,5068	0,5100	-3,2123
2017	04	0,4979	0,5092	-11,3634
2017	05	0,5093	0,5082	1,0805
2017	06	0,5035	0,5090	-5,5309
2017	07	0,5068	0,5093	-2,5002
2017	08	0,5003	0,5092	-8,8504
2017	09	0,5098	0,5089	0,9298
2017	10	0,5038	0,5087	-4,8631
2017	11	0,5046	0,5084	-3,7930
2017	12	0,5081	0,5078	0,3375
2018	01	0,5009	0,5089	-7,9377
2018	02	0,5101	0,5089	1,1961
2018	03	0,5056	0,5097	-4,1166

ESTAÇÃO MAREGRÁFICA DE IMBITUBA - SC				
Ano	Mês	TNMM (CS2) (m)	TNMM (MAREGRAFIA) (m)	DISCREPÂNCIAS (mm)
2018	04	0,4985	0,5095	-11,0139
2018	05	0,5089	0,5091	-0,2517
2018	06	0,5046	0,5087	-4,1109
2018	07	0,4998	0,5086	-8,7942
2018	08	0,5014	0,5088	-7,3904
2018	09	0,5061	0,5088	-2,7374
2018	10	0,5039	0,5093	-5,4507
2018	11	0,5042	0,5091	-4,9163
2018	12	0,5095	0,5085	1,0779
2019	01	0,5011	0,5083	-7,2452
2019	02	0,5082	0,5091	-0,9424
2019	03	0,5061	0,5088	-2,6657
2019	04	0,4973	0,5093	-11,9630
2019	05	0,5096	0,5091	0,5502
2019	06	0,5039	0,5091	-5,2256
2019	07	0,4979	0,5092	-11,2754
2019	08	0,5069	0,5084	-1,4570
2019	09	0,5046	0,5085	-3,9209

APÊNDICE D – Relação das elevações mensais das TNMMs por meio da técnica de ALTSAT e maregrafia.

ESTAÇÃO MAREGRÁFICA DE FORTALEZA - CE			
Ano	Mês	Elevações (CS2) (mm)	Elevações (Maregrafia) (mm)
2011	02	0,8590	-6,2903
2011	03	1,4100	13,9570
2011	04	-0,6270	-29,1183
2011	05	0,5410	18,4516
2011	06	-1,2690	-4,2581
2011	07	0,9780	4,8387
2011	08	0,2750	1,0860
2011	09	-0,9860	6,3333
2011	10	1,0190	8,0000
2011	11	-1,1870	-14,1290
2011	12	1,4780	-15,1613
2012	01	-2,3670	-3,5373
2012	02	0,5580	2,5695
2012	03	0,5880	36,2581
2012	04	0,4090	-23,6774
2012	05	0,3690	-22,6559
2012	06	-1,0970	16,5269
2012	07	0,9810	13,2258
2012	08	-0,7130	-32,7527
2012	09	0,0620	25,6559
2012	10	1,0900	-14,3226
2012	11	-1,1630	-5,6774
2012	12	1,1410	0,6452
2013	01	-2,4330	27,6037
2013	02	0,8940	-42,1198
2013	03	1,3970	22,2151
2013	04	-0,2280	7,4624
2013	05	-1,0390	-14,1290
2013	06	1,3510	19,2903
2013	07	-0,4750	16,4516
2013	08	0,3530	-15,7419
2013	09	-1,7220	10,2581
2013	10	1,8350	3,0753
2013	11	-1,2650	-26,9462
2013	12	1,6340	-9,3548
2014	01	-5,3550	1,3249
2014	02	3,6830	0,2880
2014	03	1,1450	-1,3118
2014	04	-0,3890	-1,2688
2014	05	-1,4860	-12,0645

ESTAÇÃO MAREGRÁFICA DE FORTALEZA - CE			
Ano	Mês	Elevações (CS2) (mm)	Elevações (Maregrafia) (mm)
2014	06	2,0190	9,8065
2014	07	-1,8620	18,0645
2014	08	0,9780	0,1290
2014	09	-0,0970	4,0645
2014	10	1,0160	-1,3978
2014	11	-1,3090	-14,0860
2014	12	0,6070	-23,5484
2015	01	0,7050	22,7535
2015	02	-1,0950	-0,4954
2015	03	0,7020	4,0430
2015	04	-0,2370	24,0215
2015	05	-1,3740	-28,6882
2015	06	1,7310	23,2043
2015	07	-1,0630	20,0000
2015	08	1,4310	-15,8710
2015	09	-1,0800	-8,9677
2015	10	0,7820	-30,0323
2015	11	-0,9700	88,7419
2015	12	0,5880	-6,7742
2016	01	0,2730	-67,1746
2016	02	-0,8980	-3,7931
2016	03	0,8490	28,0000
2016	04	0,2070	-25,7419
2016	05	-2,0790	-2,5914
2016	06	2,0530	10,6559
2016	07	0,0780	-4,8387
2016	08	-2,0610	11,1828
2016	09	1,4230	0,4301
2016	10	0,6670	4,9032
2016	11	-0,9960	-26,1935
2016	12	0,4360	3,5484
2017	01	0,3620	4,2166
2017	02	-0,8870	14,4931
2017	03	0,8500	15,6022
2017	04	-0,2130	-14,3118
2017	05	-1,7070	6,9785
2017	06	1,9690	-11,1720
2017	07	0,0060	13,5484
2017	08	-2,4650	8,9570
2017	09	0,1870	-17,0215
2017	10	2,4460	4,0215
2017	11	-4,8040	-13,6989
2017	12	4,8070	-19,3548

ESTAÇÃO MAREGRÁFICA DE FORTALEZA - CE			
Ano	Mês	Elevações (CS2) (mm)	Elevações (Maregrafia) (mm)
2018	01	0,0860	-0,5415
2018	02	-1,4740	20,8641
2018	03	1,3900	7,7312
2018	04	-0,5980	-7,0860
2018	05	0,0730	-23,9140
2018	06	0,3190	22,3011
2018	07	0,0320	10,6452
2018	08	-2,5730	6,0538
2018	09	2,6560	-9,9247
2018	10	0,1120	14,2581
2018	11	-3,0860	-36,1935
2018	12	2,6380	-6,4516
2019	01	0,4440	7,7880
2019	02	-1,0820	4,7926
2019	03	0,8820	23,7312
2019	04	-0,6650	18,5269
2019	05	0,6350	-11,8602
2019	06	0,3410	3,4731
2019	07	-1,2330	-15,4839
2019	08	1,0200	9,0108

ESTAÇÃO MAREGRÁFICA DE SALVADOR - BA			
Ano	Mês	Elevações (CS2) (mm)	Elevações (Maregrafia) (mm)
2011	02	-1,1550	16,7281
2011	03	-2,4570	28,1290
2011	04	3,8580	53,1613
2011	05	0,0800	-50,1613
2011	06	-1,6930	-49,5161
2011	07	-0,4960	-46,4516
2011	08	0,8520	16,6344
2011	09	0,2830	11,7527
2011	10	-1,8470	18,2473
2011	11	1,9370	17,2366
2011	12	-2,3860	49,0323
2012	01	3,2520	-26,7631
2012	02	-0,6550	34,1824
2012	03	-0,5740	68,3118
2012	04	-0,5320	6,2043
2012	05	2,1740	-45,5376
2012	06	-3,2360	15,5376
2012	07	0,0000	-30,0000
2012	08	1,6260	-28,5376
2012	09	-1,4120	12,4086
2012	10	-0,5250	12,9247
2012	11	3,4630	-16,1505
2012	12	0,3780	20,6452
2013	01	-0,9880	1,9816
2013	02	-2,6720	46,7281
2013	03	3,0700	43,7957
2013	04	-2,3080	3,3011
2013	05	2,8180	-40,6344
2013	06	-1,9280	-0,9785
2013	07	-1,1300	-22,9032
2013	08	2,0060	-128,7849
2013	09	-1,2080	-1,2151
2013	10	-2,0190	19,2151
2013	11	3,3160	-29,5376
2013	12	3,3870	46,4516
2014	01	0,0000	3,4908
2014	02	-4,8050	7,1544
2014	03	2,6790	64,1075
2014	04	-1,9040	-21,5269
2014	05	-3,1610	-34,1398
2014	06	3,2840	-42,6344
2014	07	-3,6820	1,2903
2014	08	4,6740	-3,9892

ESTAÇÃO MAREGRÁFICA DE SALVADOR - BA			
Ano	Mês	Elevações (CS2) (mm)	Elevações (Maregrafia) (mm)
2014	09	-2,5700	-7,6237
2014	10	-1,1470	20,6237
2014	11	4,0630	-36,7527
2014	12	-1,3790	4,5161
2015	01	-2,6440	57,9032
2015	02	2,0380	30,1613
2015	03	4,3560	61,1720
2015	04	-4,4020	-21,4946
2015	05	0,1770	-27,8387
2015	06	0,3850	-41,1935
2015	07	-1,4490	-13,2258
2015	08	2,0250	-15,9140
2015	09	-0,6040	32,0430
2015	10	-3,7460	-30,3763
2015	11	3,7750	-15,4301
2015	12	3,7540	17,7419
2016	01	-6,3770	42,1135
2016	02	1,9210	26,2736
2016	03	5,1810	1,6344
2016	04	-7,5150	21,9140
2016	05	2,0510	-22,2473
2016	06	2,3970	-61,3011
2016	07	-2,7560	-16,4516
2016	08	0,6640	-9,2473
2016	09	-1,2260	3,1183
2016	10	0,5660	23,2151
2016	11	0,6810	-27,7312
2016	12	5,1220	21,2903
2017	01	-7,5650	-5,3687
2017	02	3,3260	-162,3733
2017	03	3,3260	261,1828
2017	04	-6,8700	-12,7957
2017	05	2,2830	-225,2043
2017	06	1,0650	164,8817
2017	07	-0,8600	-11,2903
2017	08	0,6540	-33,9247
2017	09	-0,2890	4,8925
2017	10	1,3800	34,7742
2017	11	-0,9290	-18,0000
2017	12	3,8510	-17,7419
2018	01	-7,9710	62,0276
2018	02	3,3890	4,7465
2018	03	5,1450	54,6344

ESTAÇÃO MAREGRÁFICA DE SALVADOR - BA			
Ano	Mês	Elevações (CS2) (mm)	Elevações (Maregrafia) (mm)
2018	04	-7,3570	15,3656
2018	05	1,7560	-67,6989
2018	06	3,6110	-2,3011
2018	07	-2,6500	-21,9355
2018	08	0,3970	-5,0968
2018	09	-1,4400	8,6452
2018	10	-1,0360	-15,6452
2018	11	2,8900	23,3871
2018	12	0,4100	-18,7097
2019	01	-4,4560	24,9654
2019	02	3,4490	53,7442
2019	03	3,4690	34,9462
2019	04	-5,3150	-18,1720
2019	05	1,2890	-24,8280
2019	06	2,5680	-3,2366
2019	07	-2,8360	-45,4839
2019	08	-1,7200	-4,2796

ESTAÇÃO MAREGRÁFICA DE MACAÉ - RJ			
Ano	Mês	Elevações (CS2) (mm)	Elevações (Maregrafia) (mm)
2011	02	0,0113	11,2900
2011	03	-0,0116	-11,6370
2011	04	0,0155	15,4830
2011	05	-0,0036	-3,6440
2011	06	-0,0102	-10,1810
2011	07	0,0099	9,8540
2011	08	0,0130	12,9710
2011	09	-0,0202	-20,1770
2011	10	-0,0004	-0,4170
2011	11	0,0256	25,6420
2011	12	-0,0239	-23,8630
2012	01	-0,0057	-5,7430
2012	02	0,0189	18,8500
2012	03	-0,0128	-12,8020
2012	04	-0,0053	-5,2570
2012	05	0,0139	13,8540
2012	06	-0,0049	-4,9290
2012	07	0,0000	0,0000
2012	08	0,0047	4,7260
2012	09	-0,0110	-10,9810
2012	10	-0,0016	-1,6150
2012	11	0,0291	29,0520
2012	12	-0,0250	-25,0160
2013	01	-0,0059	-5,8700
2013	02	0,0224	22,3640
2013	03	-0,0171	-17,0610
2013	04	-0,0045	-4,4730
2013	05	0,0126	12,5710
2013	06	-0,0122	-12,2470
2013	07	0,0030	3,0150
2013	08	0,0078	7,7620
2013	09	-0,0096	-9,5940
2013	10	-0,0002	-0,1880
2013	11	0,0273	27,3070
2013	12	-0,0235	-23,5030
2014	01	0,0000	0,0000
2014	02	0,0155	15,5190
2014	03	-0,0124	-12,4150
2014	04	-0,0083	-8,3480
2014	05	0,0241	24,0630
2014	06	-0,0150	-14,9860
2014	07	-0,0071	-7,0670
2014	08	0,0123	12,3120

ESTAÇÃO MAREGRÁFICA DE MACAÉ - RJ			
Ano	Mês	Elevações (CS2) (mm)	Elevações (Maregrafia) (mm)
2014	09	-0,0117	-11,6640
2014	10	-0,0012	-1,1640
2014	11	0,0279	27,8740
2014	12	-0,0233	-23,3180
2015	01	-0,0071	-7,0860
2015	02	0,0193	19,2860
2015	03	-0,0105	-10,4760
2015	04	-0,0074	-7,3740
2015	05	0,0175	17,4990
2015	06	-0,0095	-9,4660
2015	07	-0,0069	-6,8740
2015	08	0,0078	7,8330
2015	09	-0,0057	-5,7020
2015	10	-0,0006	-0,6070
2015	11	0,0272	27,2230

ESTAÇÃO MAREGRÁFICA DE IMBITUBA - SC			
Ano	Mês	Elevações (CS2) (mm)	Elevações (Maregrafia) (mm)
2011	02	-8,84	-0,1411
2011	03	11,787	0,0856
2011	04	-5,115	-0,1393
2011	05	-4,78	-0,1107
2011	06	6,886	-0,6823
2011	07	-2,944	-0,0134
2011	08	2,006	0,5569
2011	09	-2,148	0,7872
2011	10	1,845	-0,8011
2011	11	4,38	0,0887
2011	12	-1,534	-0,1075
2012	01	-2,603	0,0246
2012	02	-7,298	-0,2665
2012	03	11,152	0,1219
2012	04	-6,07	0,2948
2012	05	1,995	0,3719
2012	06	-1,121	-0,2375
2012	07	0	-1,1290
2012	08	6,276	0,2554
2012	09	-6,287	0,5242
2012	10	-0,409	-0,0936
2012	11	5,374	0,6582
2012	12	-1,664	0,3898
2013	01	-0,894	-1,3446
2013	02	-8,328	1,0892
2013	03	11,171	-1,0287
2013	04	-6,013	-0,1944
2013	05	-3,33	0,9167
2013	06	6,304	0,3602
2013	07	-6,281	-0,5242
2013	08	5,838	-0,4471
2013	09	0,723	-0,0771
2013	10	-1,909	-0,2841
2013	11	3,929	-0,1729
2013	12	-7,865	1,1290
2014	01	0	-0,0672
2014	02	4,817	0,5108
2014	03	4,062	-0,4691
2014	04	-6,117	-0,3777
2014	05	-2,648	0,0582
2014	06	5,326	-0,0986
2014	07	-4,702	0,2688
2014	08	9,02	0,1492

ESTAÇÃO MAREGRÁFICA DE IMBITUBA - SC			
Ano	Mês	Elevações (CS2) (mm)	Elevações (Maregrafia) (mm)
2014	09	-6,4490	0,1734
2014	10	-0,7730	-0,4095
2014	11	6,0410	-0,8539
2014	12	-8,5480	0,1747
2015	01	4,4940	1,0373
2015	02	2,3380	-0,5400
2015	03	2,1030	0,5152
2015	04	-6,6690	-0,2733
2015	05	-2,0920	0,0927
2015	06	5,4970	-0,3212
2015	07	-6,1360	-0,5376
2015	08	6,5340	0,5255
2015	09	-3,4990	0,4422
2015	10	1,5630	-0,1366
2015	11	3,2470	0,0694
2015	12	-7,4750	-0,2554
2016	01	4,5690	0,0973
2016	02	0,7430	-0,1377
2016	03	-7,6910	-0,2599
2016	04	10,9040	0,3405
2016	05	-4,2740	0,3956
2016	06	1,7460	0,0479
2016	07	-5,6000	-0,9274
2016	08	-9,8580	0,0323
2016	09	12,2500	0,1156
2016	10	3,7000	0,2039
2016	11	1,2050	-0,0157
2016	12	-7,2750	1,0753
2017	01	5,5610	-1,4267
2017	02	-0,0280	1,5476
2017	03	-8,9150	-0,7639
2017	04	11,4740	-0,9700
2017	05	-5,8220	0,7894
2017	06	3,3300	0,2993
2017	07	-6,5250	-0,1747
2017	08	9,4890	-0,2912
2017	09	-5,9990	-0,2061
2017	10	0,8040	-0,2661
2017	11	3,5230	-0,6075
2017	12	-7,2000	1,0753
2018	01	9,1780	0,0442
2018	02	-4,5370	0,7757
2018	03	-7,0460	-0,1487

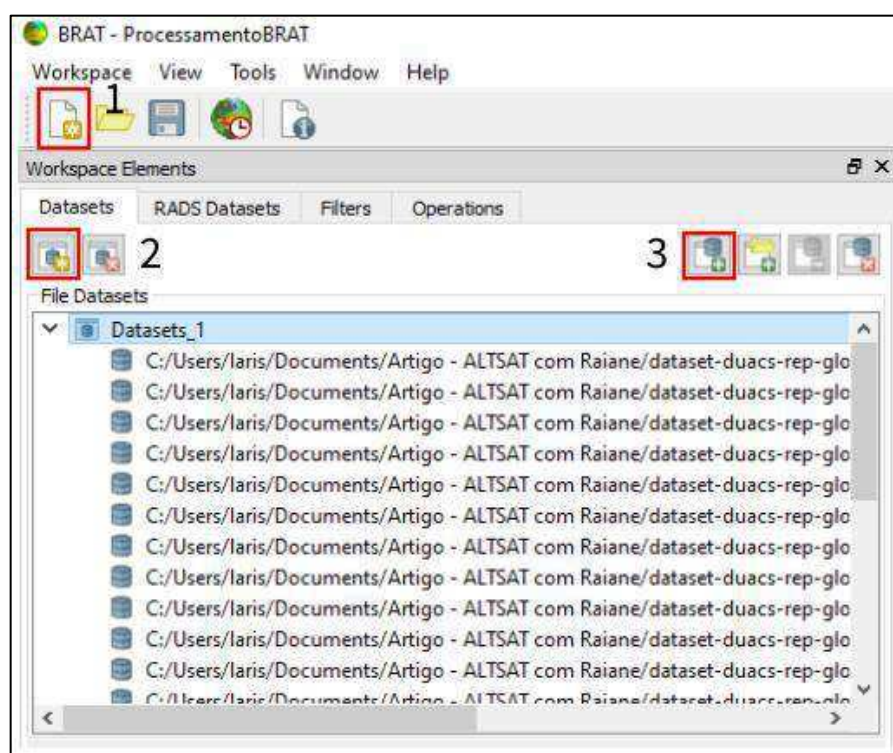
ESTAÇÃO MAREGRÁFICA DE IMBITUBA - SC			
Ano	Mês	Elevações (CS2) (mm)	Elevações (Maregrafia) (mm)
2018	04	10,3330	-0,4292
2018	05	-4,3050	-0,4458
2018	06	-4,7080	-0,0246
2018	07	1,5920	0,1882
2018	08	4,6700	0,0170
2018	09	-2,2330	0,4803
2018	10	0,3180	-0,2164
2018	11	5,3370	-0,6573
2018	12	-8,47100	-0,1478
2019	01	7,1050	0,8021
2019	02	-2,0550	-0,3317
2019	03	-8,7960	0,5013
2019	04	12,3210	-0,1922
2019	05	-5,7780	-0,0022
2019	06	-5,9670	0,0829
2019	07	9,0120	-0,8065
2019	08	-2,2820	0,1819

APÊNDICE E – Roteiro do processamento dos dados de ALTSAT no *software* BRAT versão 4.2.1.

1º) Passo: Importar as trilhas do mês inteiro no BRAT. Como são muitos dados ao mês, pode levar alguns minutos.

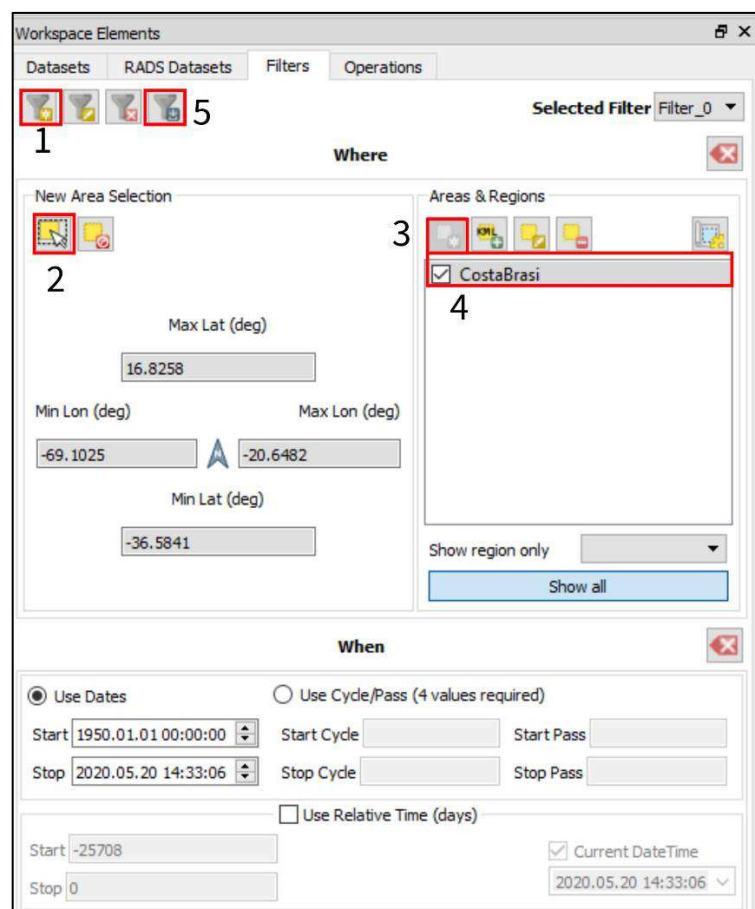
- 1: Criar o diretório;
- 2: Criar Novo Banco de Dados;
- 3: Importar as trilhas referentes ao dia/mês.

OBS: Executar esse processo em todos dos meses no período de 2011-2019.



2º) Passo: Aplicar um filtro na região que deseja exportar os dados de interesse.

- 1: Criar um Novo Filtro;
- 2: Selecionar a área de interesse (pode selecionar utilizando o cursor no mapa ou manualmente inserindo as coordenadas);
- 3: Criar a área de seleção, por exemplo, costa brasileira;
- 4: Habilitar (clicando na caixinha) a área de seleção;
- 5: Salvar o Filtro.



3º) Passo: Selecionar e rodar os parâmetros de interesse (Latitude, Longitude e MDT/MSS).

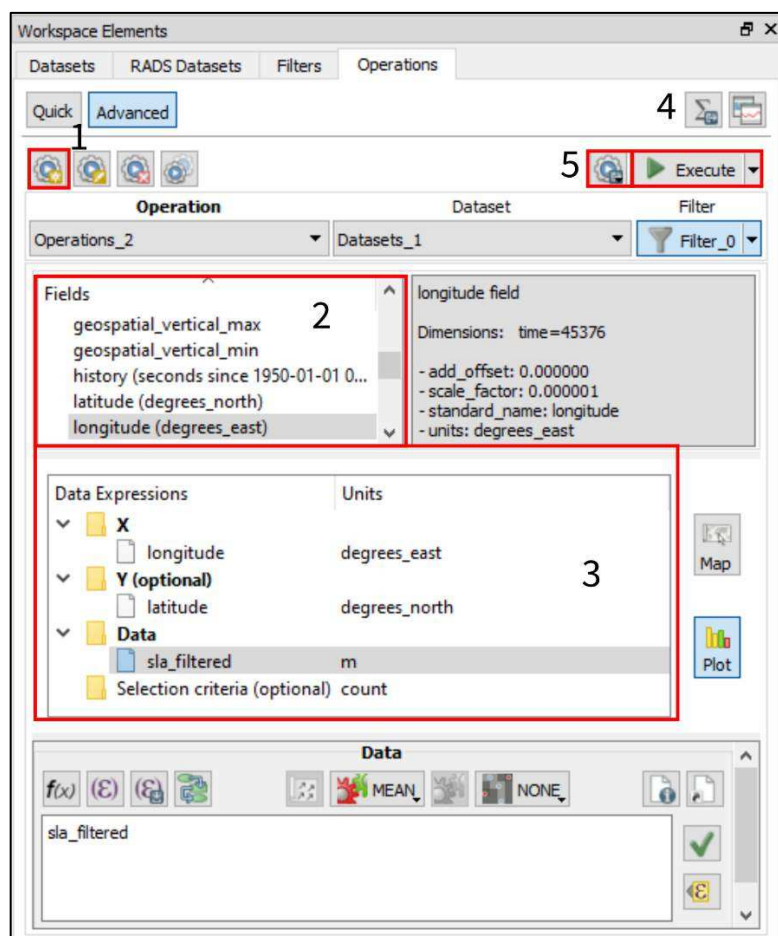
1: Criar a operação;

2: Em *Field* contém todos os parâmetros que estão contidos nos dados de ALTSAT. Porém, nesse estudo utilizamos somente a LAT, LONG, ADT e SLA;

3: Em *Data Expressions* arrastamos os parâmetros contidos em *Field*. Por exemplo: em x arrastamos a longitude, em y arrastamos a latitude e em data arrastamos o ADT e SLA;

4: Executar (Processamento dos dados). Esse processo pode ser demorado, tendo em vista a quantidade de informações;

5: Em *Export Operation* é possível exportar os dados para o formato ASCII.



4º Passo: Exportar para um formato compatível com o ArcGIS, QGIS (ou qualquer outro *software* de SIG). Neste estudo optou-se por trabalhar com o formato ASCII.

- 1: Selecionar a opção para exportar em ASCII;
- 2: Marcar os dois campos (desta forma evita que o documento venha com dados ausentes);
- 3: Direcione o diretório de saída;
- 4: Executar (Pode ser demorado).