

Análise da influência das correções geofísicas em dados de altimetria por satélite na região de Imbituba-SC

RESUMO

O estudo do geoide está diretamente relacionado ao Nível Médio do Mar (NMM), uma vez que o mesmo corresponde à superfície equipotencial do NMM prolongada sobre os continentes sem perturbações. Devido à ausência e dificuldade nas informações gravimétricas em determinadas regiões, informações estas necessárias à determinação do geoide e de sistemas de altitude físicas, a técnica de Altimetria por Satélites (ALTSAT), permite a determinação das altitudes da superfície do mar, através das informações acerca do oceano. Porém, na referida técnica existem erros no processo de geração da massa de dados, sendo eles: geofísicos e eletromagnéticos. Neste trabalho, foram realizadas correções de efeitos geofísicos da ionosfera, troposfera seca e úmida nos dados de altura da superfície do mar provenientes do satélite TOPEX/Poseidon (T/P). A análise da influência dessas correções foi realizada por meio da comparação de modelos brutos e com correções geofísicas. Essas correções são importantes para avaliar o comportamento da Altura da Superfície do Mar na região do *Datum* Vertical Brasileiro (DVB). Os resultados mostram que os efeitos das correções ionosféricas e de troposfera úmida foram mais significativos no conjunto de dados, enquanto, a troposfera seca não mostrou variação em comparação ao modelo com correções ionosféricas. Mediante aos modelos e análises, verifica-se ainda que a influência das correções geofísicas suavizou todos modelos apresentados neste trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: Nível Médio do Mar. *Datum* Vertical Brasileiro. Altimetria por Satélites. Correções Geofísicas.

Larissa Messias de Souza

larissamessias@gmail.com

orcid.org/0000-0002-7767-1131

Universidade Federal de Viçosa (UFV),
Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

Alessandra Svonka Palmeiro

aspalmeiro@yahoo.com.br

orcid.org/0000-0003-2575-6720

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil.

INTRODUÇÃO

A representação física que melhor descreve a forma real da Terra corresponde ao geoide, o qual representa a superfície do Nível Médio do Mar (NMM) estendido sob os continentes, sem variação de corrente, vento, densidade de água, entre outros distúrbios. De acordo com Santos (2015), uma das aplicações do geoide está relacionada aos Sistemas de Altitudes, onde o mesmo necessita da definição da altura de pontos na superfície física em relação a uma referência vertical com sentido físico (expressa pelo geoide).

No entanto, apesar das dificuldades em definir um referencial vertical com sentido físico, devido à falta de informações gravimétricas, a materialização do geoide pode ser realizada ao longo da costa oceânica, através de registros maregráficos que estimam as variações do NMM (ESCOBAR, 1991). Os registros maregráficos devem ser realizados em locais apropriados e com intervalos de tempo entre as observações. Porém, o NMM estimado por meio de instrumentos costeiros devem ser adequadamente corrigidos da Topografia do Nível Médio do Mar (TNMM) que corresponde à separação entre o NMM e o geoide (TORGE, 2001; REIS, PALMEIRO, BARBOSA, 2018).

Nos últimos anos, com o desenvolvimento de novas tecnologias no campo da Geodésia e com a difusão de novos instrumentos para pesquisas oceanográficas, tais tecnologias permitiram aperfeiçoar e acrescentar as antigas medições pontuais realizadas por marégrafos. Sendo assim, a técnica de Altimetria por Satélites (ALTSAT) e as missões altimétricas alcançaram uma boa precisão, em escalas espaciais e temporais nas estimativas das alturas das superfícies do mar (do inglês *Sea Surface Height* - SSH) (PEIXOTO, 2007; REIS, PALMEIRO, BARBOSA, 2018; AVISO, 2020).

Quando se refere à técnica de Altimetria por Satélites (ALTSAT) é importante ter o conhecimento necessário sobre os efeitos causados pelas incertezas presentes no processo de geração da sua massa de dados. Entre os mais importantes podem-se citar: os erros de atrasos pela ionosfera e troposfera, correções do estado do mar, erros nas órbitas, erros nos modelos de maré oceânica, variações do relógio do altímetro e variações da calibração eletrônica do altímetro (ESCOBAR, 1991). Portanto, é de fundamental relevância à aplicação das correções destes erros inerentes aos dados altimétricos, para que o resultado seja o mais condizente o possível na determinação da superfície do Nível do Mar (NM) ou SSH.

Com base em toda problemática apresentada e na possibilidade da utilização dos dados da ALTSAT para a obtenção de um geoide mais refinado e conseqüentemente de um sistema de altitudes consistente, este trabalho teve como objetivo mostrar a influência de três correções (ionosfera, troposfera seca e troposfera úmida) nas estimativas da SSH na região do *Datum* Vertical Brasileiro (DVB) situado em Imbituba-SC, através do satélite altimétrico Topex/Poseidon (T/P).

JUSTIFICATIVA

A contribuição desse trabalho consiste na aplicação da correção dos efeitos geofísicos nos dados do satélite altimétrico T/P e sua importância e a partir destes

realizar estimativas da altura da superfície do mar, bem como gerar modelos de superfície e verificar a viabilidade dos mesmos com base em análises estatísticas.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

ALTIMETRIA POR SATÉLITE (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).

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. As micro-ondas são bandas espectrais com baixa absorção na troposfera e ionosfera, mas alta refletância nos corpos de água (SEEBER, 2003).

O processo baseia-se na medição do tempo de deslocamento entre um pulso de micro-ondas emitido pelo satélite para a superfície da água e a chegada do pulso refletido pela superfície da água à antena de acordo com a Equação 1 (AVISO, 2020; REIS, PALMEIRO, BARBOSA, 2018):

$$R = c \cdot \left(\frac{\Delta t}{2}\right) \quad (1)$$

onde, R corresponde à distância entre o satélite e a superfície do mar; c a velocidade de propagação da luz e Δt o tempo do percurso (emitido e refletido).

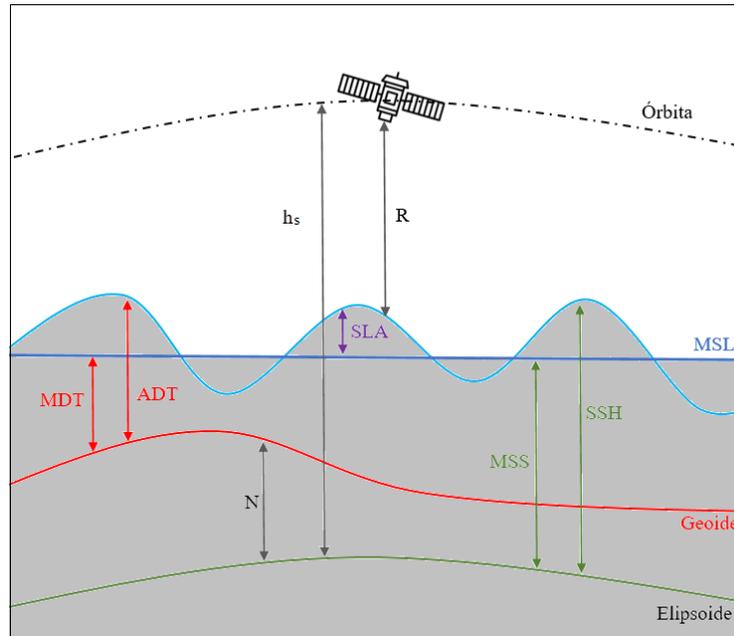
Na Geodésia Física, a aceleração da gravidade é de suma importância para os estudos de densidade de massa na Terra, tal fato que está diretamente relacionado com a determinação do geoide. Na Altimetria por Satélite a gravidade é medida de forma indireta, a partir das variações da altura do mar (variações do geoide).

Os sistemas de posicionamento *Doppler Orbitography and Radiolocation Integrated by Satellite* (DORIS) e o *Global Navigation Satellite System* (GNSS) que acompanham a missão, 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 altura da superfície do mar (do inglês, *Sea Surface Height* – SSH) sobre o elipsoide de referência, conforme a Equação 2:

$$SSH = h_s - R \quad (2)$$

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

Figura 1 – Superfícies de referências utilizadas pela ALTSAT



Fonte: Autoria própria (2020).

Além da SSH outras superfícies de referências são utilizadas na técnica de ALTSAT, conforme as Equações 3, 4 e 5 a seguir:

$$SLA = SSH - MSS \quad (3)$$

$$ADT = SLA + MDT \quad (4)$$

$$MDT = MSS - N \quad (5)$$

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 topografia do nível médio do mar. A altura geoidal (N) pode ser extraída de alguns modelos globais geopotenciais disponíveis, como, EGM2008, EIGEN-6C4 e GOCO05C.

RANGE ALTIMÉTRICO

De acordo com Chelton et al. (2001), a distância entre o centro de massa do satélite e a superfície da Terra é denominada *range* (R). O R é baseado na distância do satélite até o NMM, conforme a Equação 6:

$$R = R_s - \sum \Delta R \quad (6)$$

De acordo com a Equação 6, o *range* calculado através da velocidade da luz é o resultado do R_s (distância entre o satélite e a superfície do mar) subtraído do somatório que envolve as correções no altímetro. O somatório envolve uma série de correções necessárias para eliminar diversos efeitos que afetam os valores medidos pelo altímetro (CHENEY et al., 1987). De acordo com Luz e De Freitas (2008) o *range* corrigido R é igual à Equação 7:

$$R = R_s - \sum r_{instrum} + \sum r_{atmosf} + \sum r_{superf} + \sum r_{geof} \quad (7)$$

As correções instrumentais $r_{instrum}$, referentes, dentre outras causas, às alterações de frequência do sinal refletido, à deriva do temporizador, às variações de atitude 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 et al., 2018).

Os efeitos atmosféricos r_{atmosf} 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; DE FREITAS, 2008). As correções referentes à superfície refletora r_{superf} 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 r_{geof} , incluem-se as marés terrestres e oceânicas, as alturas geoidais, o nível dinâmico do mar, e o efeito do barômetro inverso (variação da pressão atmosférica) (LUZ; DE FREITAS, 2008).

MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção será apresentada a metodologia utilizada no desenvolvimento deste trabalho. Nela será explicitada os dados utilizados, bem como, suas particularidades e aquisição das informações geofísicas utilizando o *software BRAT*. Nesta seção, também será mostrado como foi realizada a aplicação das correções geofísicas no *range* dos dados do TOPEX/Poseidon e, por fim, como foram feitas as análises estatísticas dos modelos gerados ao longo do trabalho.

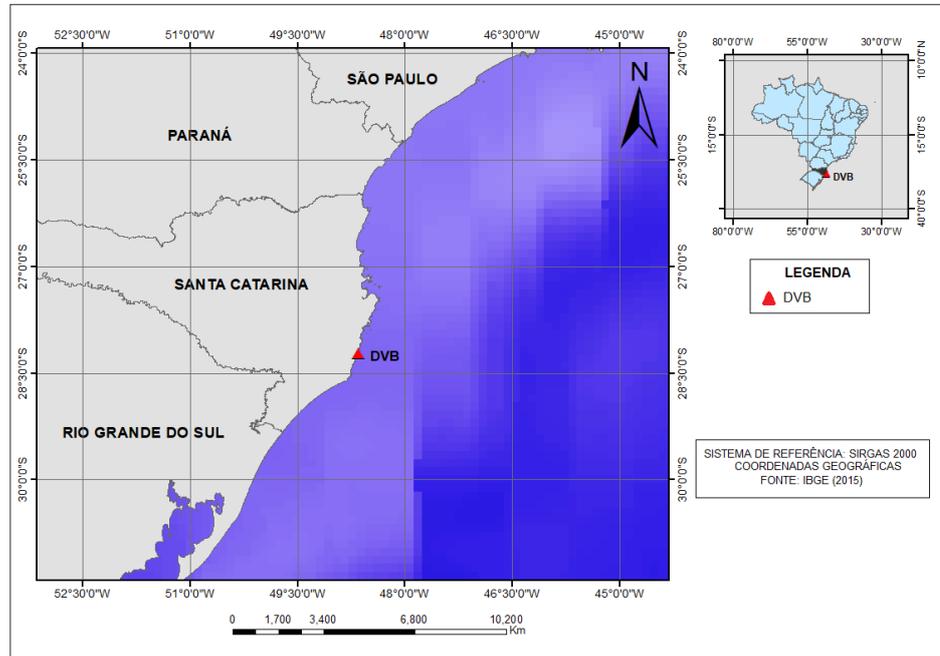
AQUISIÇÃO DOS DADOS DE ALTIMETRIA POR SATÉLITE (T/P)

Os dados de Altimetria por Satélites foram obtidos a partir do *site* do *Physical Oceanography Distributed Active Center* (PODAAC) - <https://podaac.jpl.nasa.gov/>, onde informações globais foram extraídas dos dados do satélite altímetro T/ P.

Para este trabalho foram utilizados o *Merged Geophysical Data Record* (MGDR-B) em formato binário, que contém dados da geração B (informações atualizadas), que substituem a geração A (preliminar). O MGDR-B contém informações sobre a superfície média do mar, correções ionosféricas, σ_0 e todos os parâmetros necessários para calcular as anomalias da altura da superfície do mar e o conteúdo total de elétrons. Todas informações provenientes do conjunto de dados estão disponíveis no site da PODAAC¹.

Durante as análises, cruzamentos de 14 ciclos com época variando de 1997-1999 foram baixados para obter cobertura global dos dados, porém, um filtro foi utilizado para restringir os dados na área de estudo, ou seja, a região ao redor do *Datum Vertical Brasileiro* (DVB) em Imbituba-SC. A Figura 2 ilustra a região de estudo em Imbituba-SC.

Figura 2 – Área de estudo no Datum Vertical Brasileiro em Imbituba-SC



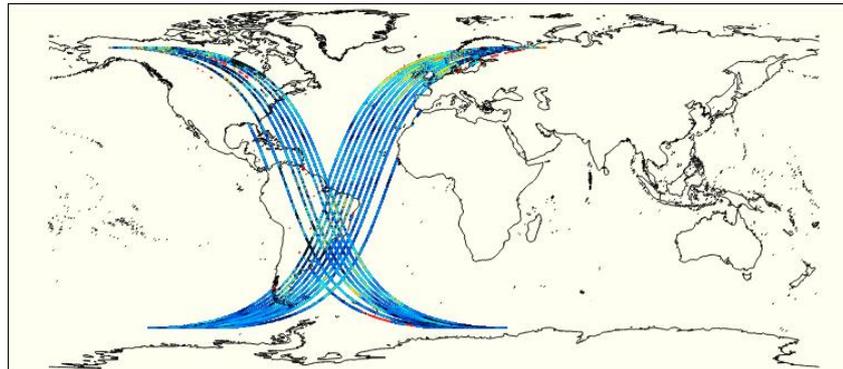
Fonte: Autoria própria (2020).

Após o *download* dos ciclos, verificou-se que os dados do *range* referentes ao satélite T/P não possuem correções de troposfera seca, úmida e ionosfera, sendo necessário aplicá-las. Sendo assim, foram utilizados os ciclos 12 e 13, pois ao realizar testes com os demais ciclos encontramos uma cobertura global e não na região do presente estudo. No processamento global de dados, uma nuvem de 612113 pontos está disponível, mas o objetivo do estudo é a região do Datum Vertical Brasileiro (DVB), então a nuvem foi reduzida para 602 pontos.

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* BRAT (*Broadview Radar Altimetry Toolbox*) versão 4.0, no qual corresponde a um projeto conjunto entre a ESA (*European Space Agency*) e o CNES (*Centre National D'Etudes Spatiales*) que possibilitou o desenvolvimento de uma ferramenta de código aberto (GPL-3), disponível gratuitamente para a comunidade (ROSMORDUC et al., 2016).

O *software* foi utilizado para extrair informações referentes à longitude, latitude, correções de troposfera seca, correções de troposfera úmida, correções ionosféricas, altura e *range* do satélite (sem correções geofísicas). E posteriormente, na aba Operações, foram inseridas as coordenadas geográficas, o *range* do satélite (distância do satélite ao NMM), bem como os parâmetros da troposfera seca, troposfera úmida e correções ionosféricas de interesse neste estudo, e no final do a seleção, o processamento foi realizado e, como resultado, o *software* forneceu uma visualização das trilhas do satélite de acordo com os parâmetros selecionados (Figura 3).

Figura 3 – Visualização das trilhas do satélite T/P no software BRAT



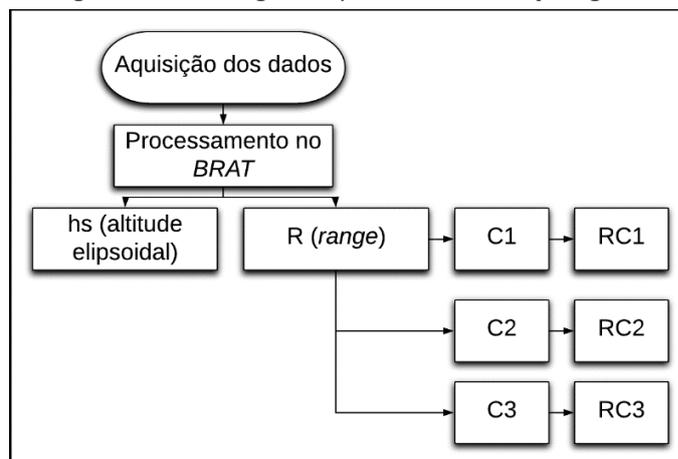
Fonte: Autoria própria (2020).

Neste trabalho, três correções foram aplicadas aos dados do satélite TOPEX/Poseidon: a ionosfera e a troposfera (seca e úmida). Entretanto, além dessas correções, é necessário enfatizar a importância da aplicação de outras correções, tais como: correção atmosférica combinada, maré oceânica, maré polar, maré superficial, órbita, superfície do mar e variação do estado do mar (AVISO, 2020). Vale ressaltar, que nesta etapa as correções no *range* ainda não foram realizadas, apenas as informações das correções geofísicas que serão aplicadas na faixa foram extraídas.

APLICAÇÃO DAS CORREÇÕES GEOFÍSICAS NO *RANGE* DO SATÉLITE ALTÍMETRO TOPEX/POSEIDON (T/P)

O objetivo deste artigo foi realizar uma análise da influência da aplicação ou não de correções geofísicas relacionadas à ionosfera, troposfera seca e troposfera úmida nos valores do *range* e consequentemente no valor da Altura da Superfície do Mar (SSH), conforme ilustra a Equação 2. A Figura 4 mostra o fluxograma do processo seguido para as correções geofísicas no valor do *range* *R*.

Figura 4 – Fluxograma metodológico do processo de correções geofísicas no *range*



Fonte: Autoria própria (2020).

Inicialmente, a primeira correção denominada C1, corresponde à correção ionosférica, no qual foi aplicada nos dados de *range* brutos, a partir dos valores de

R corrigidos em C1 obtemos o modelo RC1. Posteriormente, as correções de troposfera secas denominadas C2 são aplicadas nos valores de R, obtendo-se assim o modelo RC2. Por fim, aplica-se as correções de troposfera úmida denominada C3 e dos valores de R corrigidos em C3 obtêm-se o modelo RC3. Assim temos os modelos corrigidos para a etapa subsequente, ou seja, o cálculo da Altura da Superfície do Mar (SSH) corrigidos.

APLICAÇÃO DAS ANÁLISES ESTATÍSTICAS

De acordo com Landeiro (2011), o R é um *software* livre para computação estatística e construção de gráficos que pode ser baixado e distribuído gratuitamente, para usar o R é necessário conhecer e digitar comandos que por sua vez, resultará na função desejada. Em geral, as estatísticas descritivas são divididas em dois tipos de medidas, as medidas de dispersão e as medidas de posição. As medidas de posição visam representar a posição onde a maioria dos dados se encontram. A média, mediana e moda são as medidas de posição mais comuns. Já as medidas de dispersão representam a variabilidade nos dados (LANDEIRO, 2011).

Ao longo do trabalho foram executados comandos no *software* que resultaram em análises estatísticas descritivas, bem como coeficientes de determinação que mostraram a variabilidade dos modelos sem com correção em relação aos modelos corrigidos.

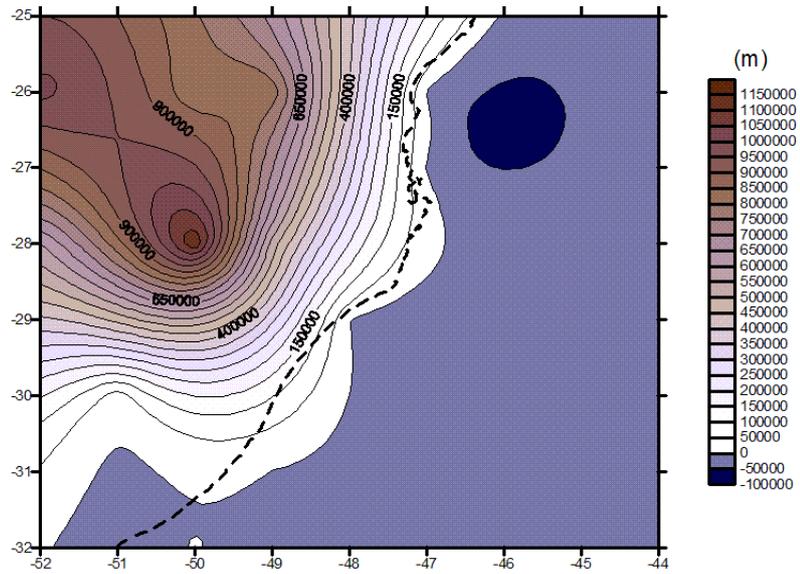
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante o trabalho, três correções geofísicas foram feitas na faixa do satélite T/P. Para isso, foram desenvolvidos modelos que descrevem o comportamento de cada influência desses efeitos no conjunto de dados do satélite altímetro na região DVB.

RESULTADO DO MODELO COM AUSÊNCIA DE CORREÇÕES NA ALTURA DA SUPERFÍCIE DO MAR

O primeiro modelo (Figura 5), ilustra o comportamento da SSH sem qualquer correção, e como esperado, temos um modelo aproximado com várias áreas afetadas por morros localizados na região ao redor do DVB e algumas lagoas na parte continental, além dos efeitos de borda do satélite que geram uma descontinuidade da parte oceânica com a parte continental, outra questão digna de nota é a falta de informação gravimétrica que influencia diretamente as altitudes, bem como os efeitos geofísicos não corrigidos. A linha pontilhada em preto indica a delimitação continental em cada modelo.

Figura 5 – Modelo sem correções nas alturas das superfícies do mar



Fonte: Autoria própria (2020).

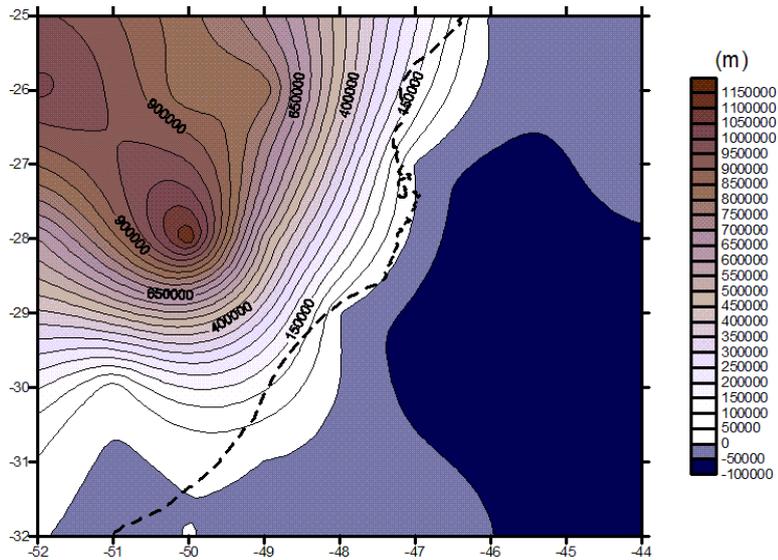
O modelo sem aplicação das correções geofísicas, obteve um coeficiente de determinação (indica a proporção da variabilidade do nível do mar que é explicada pelos dados brutos) de 51,6% mostrando a eficiência estatística em relação à faixa não corrigida. Portanto, a equação encontrada explica 51,6% dos desvios, sendo 48,4% atribuídos a fatores aleatórios e variáveis não consideradas no modelo.

RESULTADO DO MODELO COM CORREÇÕES DA IONOSFERA NA ALTURA DA SUPERFÍCIE DO MAR

O segundo modelo (Figura 6) mostra o efeito das correções da ionosfera. Sabe-se que a refração ionosférica depende da frequência e, conseqüentemente, do índice de refração, portanto este índice está diretamente relacionado ao número total de elétrons (do inglês *Total Electron Content* - TEC) presentes ao longo do trajeto percorrido pelo sinal entre o satélite e a superfície de contato na via de pulso (MONICO, 2008).

Portanto, o modelo apresenta uma suavização significativa na parte continental, como na parte oceânica principalmente em torno dos valores próximos ao *Datum*, além disso, verifica-se que a correção da ionosfera proporcionou uma melhora no índice de refração, que conseqüentemente suavizou os efeitos da refração da ionosfera.

Figura 6 – Modelo com as correções ionosféricas nas alturas das superfícies do mar



Fonte: Autoria própria (2020).

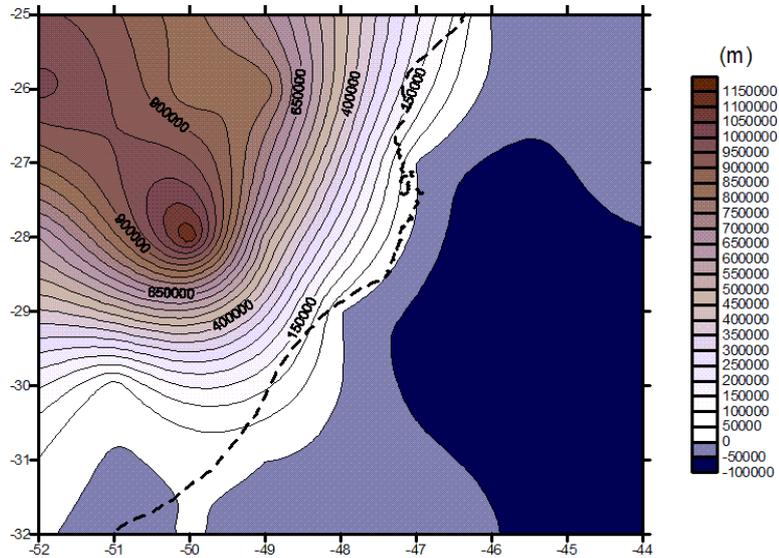
A análise estatística do modelo com a aplicação das correções ionosféricas obteve um coeficiente de determinação de 61,5% nos dados corrigidos, ou seja, a eficiência quantitativa do modelo em relação aos dados brutos (sem correção geofísica). Portanto, a equação encontrada explica 61,5% dos desvios, sendo 38,5% atribuídos a fatores aleatórios e variáveis não consideradas no modelo.

RESULTADO DO MODELO COM CORREÇÃO DA IONOSFERA E CORREÇÃO DA TROPOSFERA SECA NA ALTURA DA SUPERFÍCIE DO MAR

O terceiro modelo (Figura 7) mostra o comportamento dos efeitos da correção da troposfera seca em conjunto com a correção da ionosfera na altura da superfície do mar, e verifica-se que a troposfera seca não exerce muita influência em comparação ao modelo com apenas correções ionosféricas. Ou seja, podemos afirmar através dos coeficientes de determinação (que se mantiveram), que a correção da troposfera seca não foi muito significativa neste modelo.

Apesar deste resultado, é necessário aplicá-lo nos dados ALTSAT, pois a correção da troposfera seca afeta diretamente na parte continental, corrigindo os gases secos que, por sua vez, contribuem para o índice de refração na superfície atmosférica terrestre (CHELTON et al., 2001). Segundo (AVISO, 2020), a incerteza de correção da troposfera seca é de 0,7 cm em uma escala de 1000 a 3000 km.

Figura 7 - Modelo com correções de troposfera seca e ionosfera nas alturas das superfícies do mar



Fonte: Autoria própria (2020).

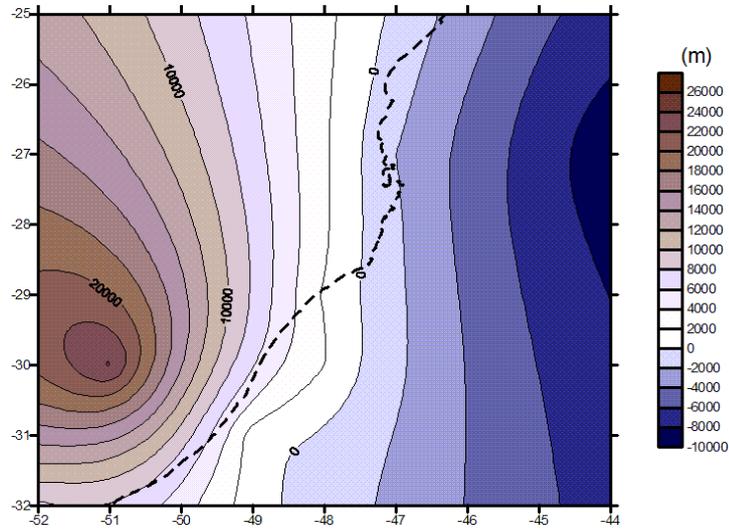
A análise estatística do modelo com a aplicação das correções de troposfera seca obteve um coeficiente de determinação de 61,5% nos dados corrigidos, ou seja, a eficiência quantitativa do modelo em relação aos dados brutos (sem correção geofísica). Portanto, a equação encontrada explica 61,5% dos desvios, sendo 38,5% atribuídos a fatores aleatórios e variáveis não consideradas no modelo.

RESULTADO DO MODELO COM TODAS CORREÇÕES NA ALTURA DA SUPERFÍCIE DO MAR

O quarto modelo (Figura 8) mostra o comportamento das correções de ionosfera, troposfera seca e úmida nas alturas da superfície do mar, em comparação com o modelo sem qualquer correção. Verifica-se que a correção da troposfera úmida suavizou os dados oceânicos e principalmente continental na região das lagoas, pois sofre vasta ação dos ventos. Este fato foi verificado através do coeficiente de determinação, no qual apresentou melhora significativa quando comparado com o modelo sem correções geofísicas.

Portanto, é relevante aplicar correções de troposfera úmida, pois o atraso de velocidade do pulso emitido pelo radar é causado pela presença de vapor de água na atmosfera, podendo causar erro entre 6 e 30 cm de altura (h) (AVISO, 2020).

Figura 8 - Influência de todas correções (ionosfera, troposfera seca e troposfera úmida) nas alturas das superfícies do mar



Fonte: Autoria própria (2020).

A análise estatística do modelo obteve um coeficiente de determinação de 72,7% nos dados corrigidos, ou seja, a eficiência quantitativa do modelo em relação aos dados brutos (sem correção geofísica). Portanto, a equação encontrada explica 72,7% dos desvios, sendo 27,3% atribuídos a fatores aleatórios e variáveis não consideradas no modelo.

CONCLUSÃO

Neste trabalho foi realizada correções dos efeitos da ionosfera, troposfera seca e úmida, nas estimativas das alturas das superfícies do mar provenientes dos dados do satélite T/P. As refrações atmosféricas foram as principais fontes de erros que ocasionaram o atraso da velocidade de propagação das micro-ondas, influenciando diretamente nas medidas da SSH ao redor do DVB.

De acordo com a metodologia utilizada, pode-se afirmar que as correções da ionosfera e troposfera úmida foram as que mais influenciaram na suavização dos modelos, tal fato foi confirmado por sua análise estatística, onde a correção da ionosfera tem um coeficiente de determinação de 61,5% e o coeficiente de determinação da troposfera úmida foi de 72,7%. A eliminação dos efeitos ionosféricos ocorreram tanto nas partes oceânicas quanto nas continentais, respondendo muito bem na massa gasosa que se concentra nas camadas baixas da atmosfera terrestre, porém sua variação não foi tão significativa em comparação com a eliminação dos efeitos da troposfera seca, que tanto no modelo individual como no modelo em conjunto não tiveram influência nos dados deste estudo.

Como recomendação para complementação deste estudo sugere-se, além dos dados do T/P a utilização de outras missões altimétricas, a inserção de informações de maré e batimetria da região, além das demais correções eletromagnéticas. Mas, a técnica permitiu ampliar os horizontes para os estudos de SSH e, apesar da complexidade e do alto esforço computacional, a Altimetria por Satélites foi eficiente.

Analysis of the influence of geophysical corrections in satellite altimetry data in the region of Imbituba-SC

ABSTRACT

The study of the geoid is directly related to the Mean Sea Level (MSL), since it corresponds to the equipotential surface of the MSL extended over the continents without disturbances. Consider the absence and difficulty of gravimetric information in regions, information that is necessary to determine the geoid and the altitude systems, a satellite altimeter technique (ALTSAT), allows a determination of the altitudes of the sea surface, using information about the Ocean. However, in the technical technique there are errors in the mass data generation process, which are: geophysical and electromagnetic. In this work, corrections of geophysical effects of the ionosphere, dry and wet troposphere were performed on the sea surface height data in the TOPEX / Poseidon (T / P) period. An analysis of the influence of these corrections was carried out by comparing raw models and geophysical corrections. These corrections are important to assess the behavior of the Height of the Sea Surface in the region of the Brazilian Vertical Datum (DVB). The results showing the effects of ionospheric corrections and the wet troposphere were higher in the data set, while the dry troposphere showed no variation in comparison with the model with ionospheric corrections. Through the models and analyzes, also check if the influence of geophysical corrections softened all the models presented in this work.

KEYWORDS: Mean Sea Level. Brazilian Vertical *Datum*. Satellite Altimetry. Geophysical Corrections.

REFERÊNCIAS

AVISO. Focus on TOPEX/Poseidon: Objectives of Topex/Poseidon. **PODAAC**, 2020. Disponível em: <https://podaac.jpl.nasa.gov/TOPEX-POSEIDON?sections=about%2Bdata>>. Acesso em: 14 jul. 2020.

CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES (CNES). **AVISO: Archivage, Validation et Interprétation des données des Satellites Océanographiques**, 2016. Disponível em < <https://www.aviso.altimetry.fr/>>. Acesso em: 14 jul. 2020.

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

CHENEY, R. E, DOUGLAS, B. C., AGREEN, R. W., MILLER L., PORTER D. L. & DOYLE, N. S. **Geosat Altimeter geophysical data record user handbook**. Tech. Memo. NOS NGS - 46. Natl. Oceanic and Atmos. Admin., Boulder, Colo, 30p., 1987.

ESCOBAR, I. P. **Altitude: conceituação, realização, modelamento matemático e ajustamento**. 1991. 144p. Tese de Doutorado, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

LANDEIRO, V. L. **Introdução ao uso do programa R**. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2011. 67p.

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 de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2010. 118p. <https://doi.org/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, 2008. 3p.

MONICO, J. F. G. 2008. **Posicionamento pelo GNSS: Fundamentos, Definição e Aplicação**. 2 ed. São Paulo: Editora UNESP, 2008. 476p.

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, 2007. p. 1-40.

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. 6, n. 1, p. 3-22, 2018. <https://doi.org/10.3895/rbgeo.v6n1.5518>.

ROSMORDUC, V.; BENVENISTE, J.; BRONNER, E.; DINARDO, S.; LAURET, O.; MAHEU, C.; MILAGRO, M. **Radar altimetry tutorial**. In: Benveniste, J., Picot, N.(eds.) ESA & CNES, 2016. 357p.

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, 2003. 589p.

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

Recebido: 28 ago. 2019

Aprovado: 28 set. 2020

DOI: 10.3895/rbgeo.v8n4.10629

Como citar: SOUZA, L. M.; PALMEIRO, A. S. Análise da influência das correções geofísicas em dados de Altimetria por Satélite na região de Imbituba-SC. R. bras. Geom., v. 8, n. 4, p. 299-313, out./dez. 2020. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbgeo>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Larissa Messias de Souza

Av. Peter Henry Rolfs, s/n - Campus Universitário - Departamento de Eng Civil – UFV, CEP 36570-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

