



Refinamento de Modelos do Geopotencial Global do com base na técnica RTM utilizando modelo digital de altitude local de alta resolução.

Karoline Paes Jamur; Silvio Jacks dos Anjos Garnés; Lucas Gonzales Lima
Pereira Calado (UFPE)

Henry Montecino Castro (UdeC)



SIRGAS

Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas

2019

Rio de Janeiro, Brasil

karoline.jamur@ufpe.br



Pós-Graduação em
Ciências Geodésicas e
Tecnologias da Geoinformação

Os mais recentes Modelos do Geopotencial Global (MGGs) advindos de somente dados de satélites podem chegar a resoluções espaciais de até ~60 km correspondentes ao desenvolvimento harmônico com n e $m = 330$ (GO_CONS_GCF_2_SPW_R5, MGG de somente dados do satélite GOCE).

Porém, mesmo com essa resolução, os MGGs satélite somente precisam ser combinados com outras fontes de informações para se obter um geoide ou quase geoide com resolução sub-decimétrica.

Nesta condição, é necessário utilizar os dados terrestres locais para a obtenção dos curtos comprimentos de onda.

Geralmente, as resoluções das altas frequências estão associadas a efeitos gravitacionais provenientes da topografia. Tais informações podem ser as obtidas da gravimetria terrestre, marinha ou aérea, bem como dos efeitos gravitacionais modelados a partir de dados da topografia tais como os possibilitados pela altimetria por satélites sobre os oceanos e pelos Modelos Digitais de Atitudes (MDAs) nas porções continentais.

Assim sendo, a análise dos efeitos das massas topográficas anômalas e efeitos da batimetria têm papel fundamental na melhoria da resolução dos MGGs resultando em MGGs melhor adaptados à região sob consideração.

A análise dos efeitos das massas topográficas anômalas e efeitos da batimetria têm papel fundamental no desenvolvimento dos MMGs (Modelos do Geopotencial Global) permitindo resoluções para comprimentos de onda de até cerca de 9 km.

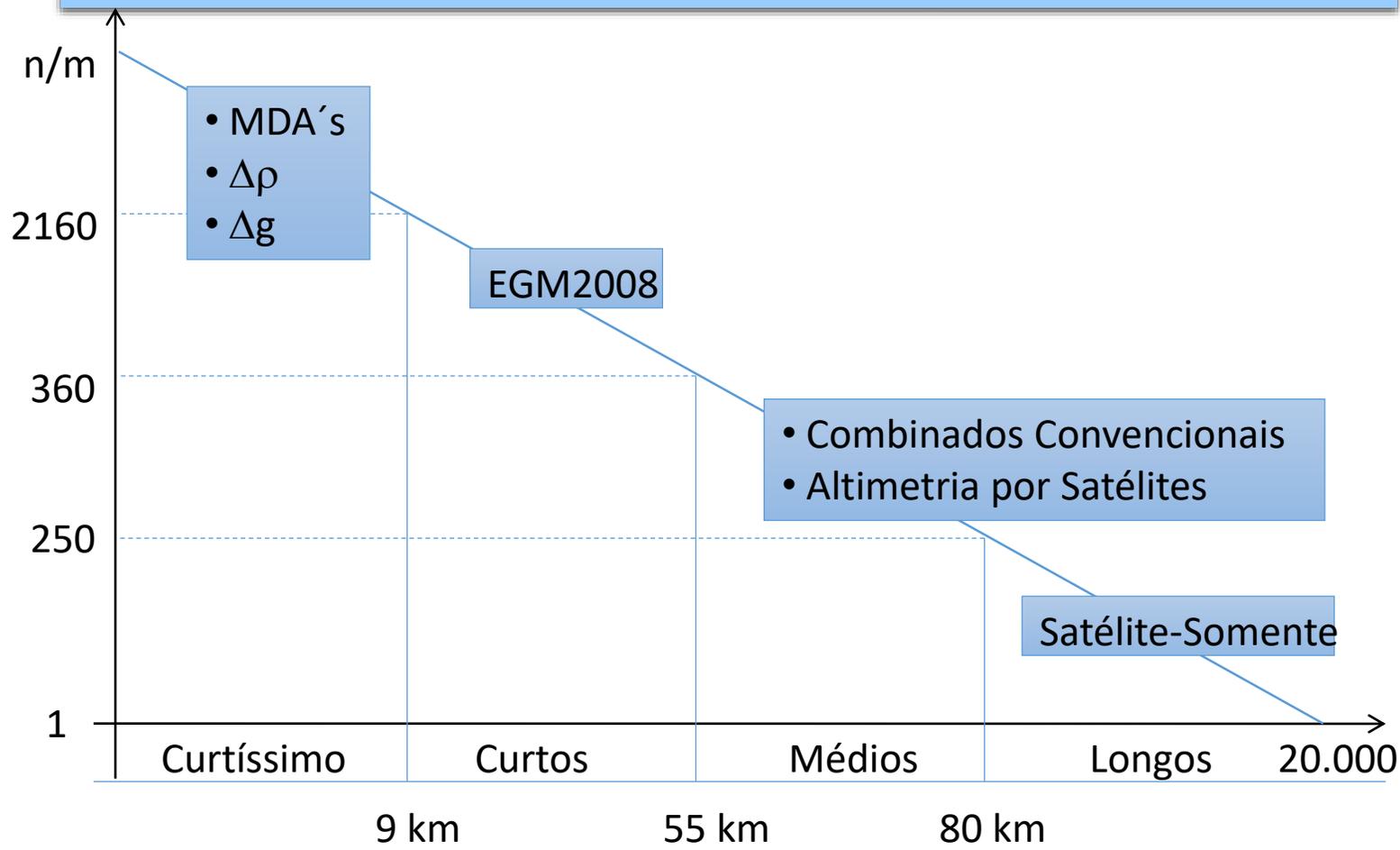
No entanto, quanto mais elevados os graus e ordens destes MGGs, maiores os problemas numéricos associados ao desenvolvimento harmônico devido à grande quantidade de dados a serem integrados em escala global, muitas vezes, em referenciais distintos e resoluções não uniformes no globo.

Então, um aspecto fundamental a ser considerado é o da menor dependência da gravimetria para regiões com baixa cobertura de gravimetria terrestre.

As missões de satélites gravimétricos possibilitaram um aumento da resolução espectral dos MGGs satélite somente. Com isto, a faixa de incertezas associada aos médios comprimentos de onda do geopotencial pôde ser reduzida e, em consequência, exigindo uma menor densidade de dados gravimétricos convencionais que nos MGGs mais antigos.

Então sugere-se neste trabalho uma metodologia baseada na modelagem de efeitos das altas frequências com base na técnica de redução Residual Terrain Model (RTM) e no efeito indireto das massas anômalas utilizando para isto um MDA local com resolução de 1m do Programa Pernambuco Tridimensional (PE3D).

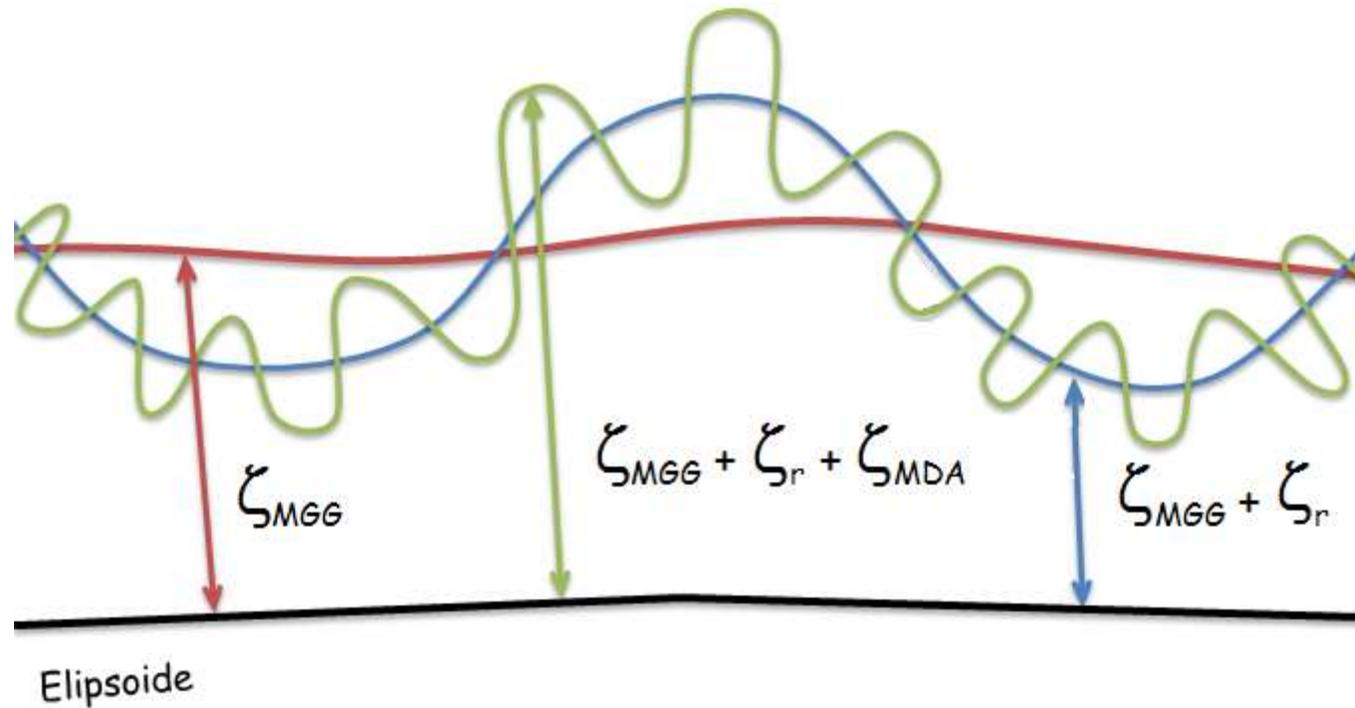
PRINCÍPIO DA TÉCNICA DA DECOMPOSIÇÃO ESPECTRAL



ESPECTRO DA GRAVIDADE E FONTE DE DADOS

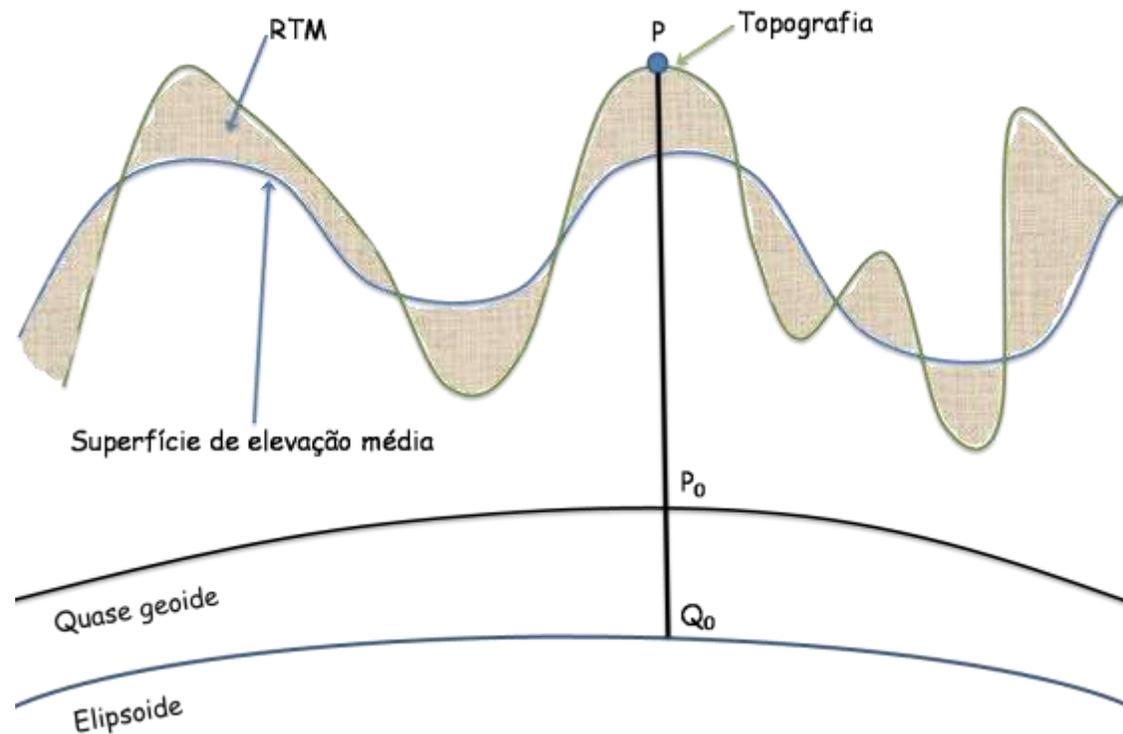
Obs. Sem escalas em benefício da clareza

CONTRIBUIÇÃO DOS TRÊS DIFERENTES COMPRIMENTOS DE ONDA NA ANOMALIA DE ALTITUDE



RESIDUAL TERRAIN MODEL(RTM)

É um método que consiste no cálculo dos efeitos de curtos comprimentos de onda do campo da gravidade mediante uma superfície de referência, relacionada com um MGG, a qual é definida por um filtro passa - alta sobre a superfície original, removendo os longos comprimentos de onda.



A técnica RTM, como definida décadas atrás por Forsberg e Tscherning (1981) e Forsberg (1984) - A topografia detalhada é geralmente representada como uma grade e a topografia de referência como uma expansão harmônica esférica em grau máximo .

RESIDUAL TERRAIN MODEL(RTM)

O cálculo do efeito RTM foi realizado por FFT, dividindo em regiões de acordo com a distância entre o ponto de cálculo e o ponto de integração. Isto foi realizado com base em programa da *IAG-International Geoid School** (FORSBERG; TSCHERNING, 2008) o qual utiliza duas grades para o cálculo:

- Grade Detalhada ou de Alta resolução: Esta grade é a que recupera a maior parte do efeito do terreno sobre a grandeza do campo de gravidade considerada devido à proximidade do ponto de cálculo, e é considerada até um raio l_0 .
- - Grade de Referência: Esta grade serve como filtro de passa alta.

*Programa tcfour.exe do conjunto GRAVSOFT, opção 3.



SIRGAS

Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas

2019

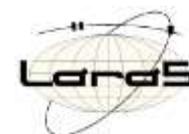
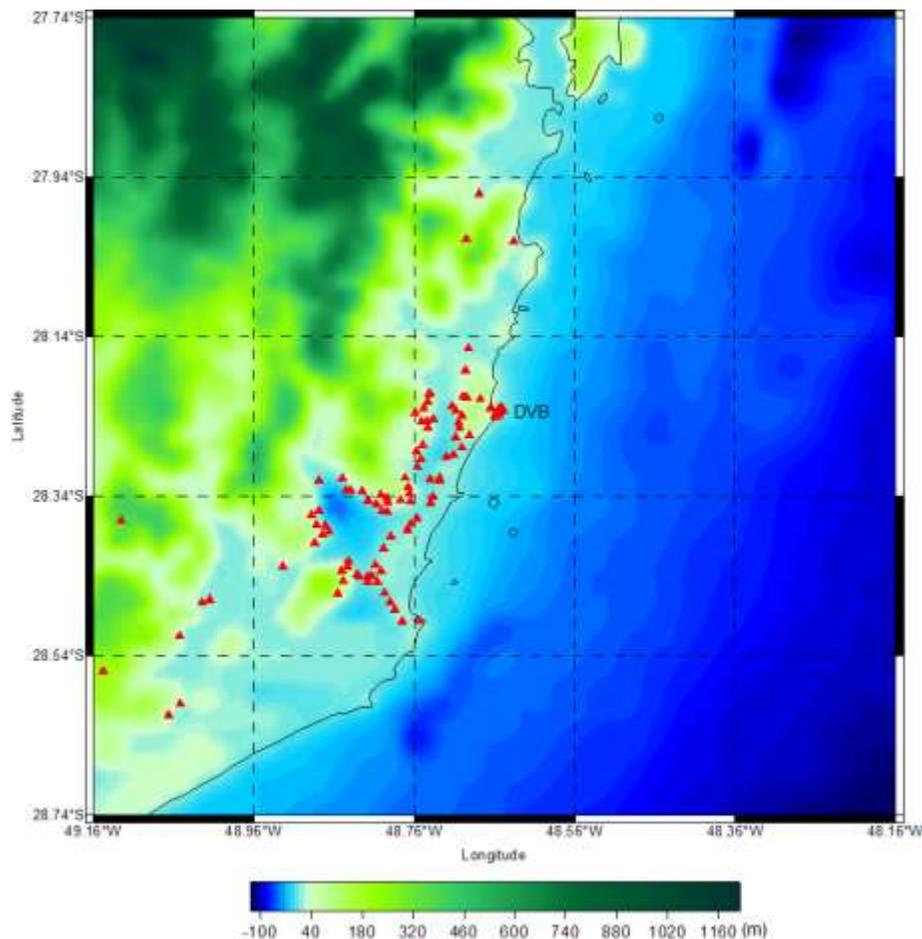
Rio de Janeiro, Brasil

karoline.jamur@ufpe.br



Pós-Graduação em
Ciências Geodésicas e
Tecnologias da Geoinformação

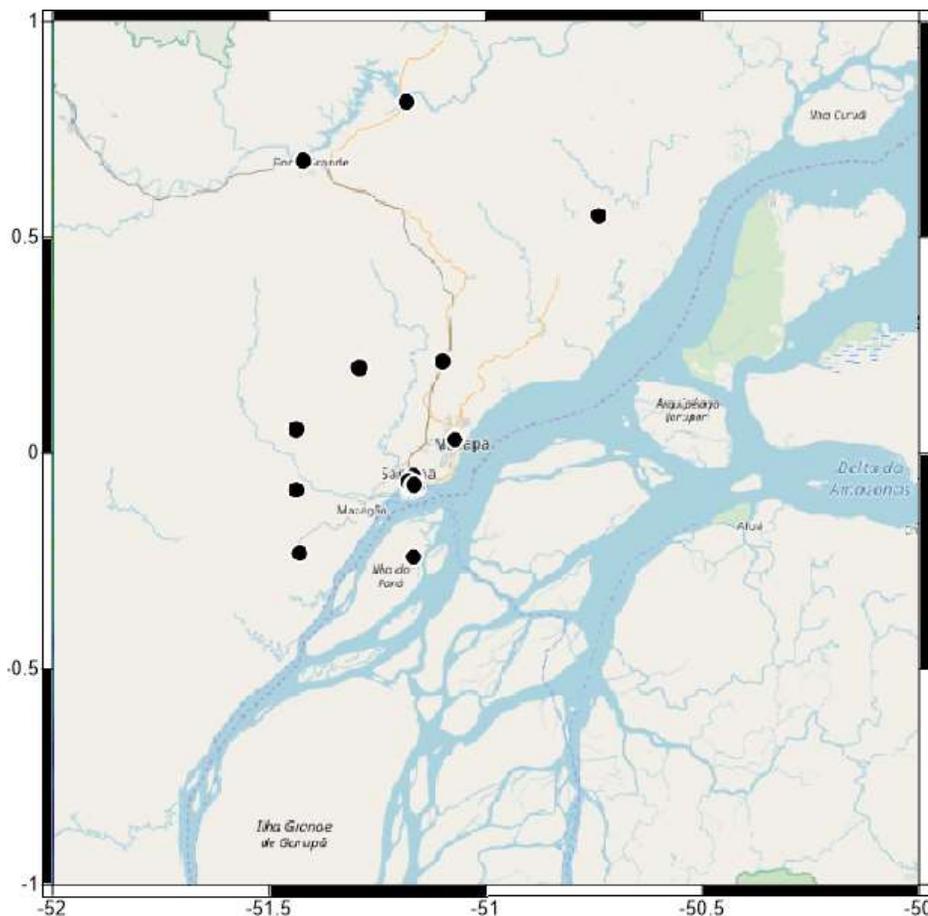
Modelagem dos efeitos topográficos e determinação do efeito indireto na região do DVB-I



LABORATÓRIO DE REFERENCIAIS GEODÉSICOS
E ALTIMETRIA POR SATÉLITES



Modelagem dos efeitos topográficos e determinação do efeito indireto na região do DVB-II



Altitudes normais
Altitudes geodésicas



SIRGAS
Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas

2019

Rio de Janeiro, Brasil

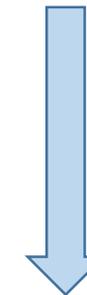
karoline.jamur@ufpe.br



Pós-Graduação em
Ciências Geodésicas e
Tecnologias da Geoinformação

Grau e ordem	MGG utilizado
250	<ul style="list-style-type: none"> ✓ NULP-02s ✓ GOCO03s ✓ SGG-UGM-1 truncado em 250
300	<ul style="list-style-type: none"> ✓ GOCO06s ✓ GO_CONS_GCF_2_DIR_R6 ✓ GO_CONS_GCF_2_TIM_R6 ✓ EIGEN-GRGS.RL04.MEAN-FIELD ✓ SGG-UGM-1 truncado em 300 ✓ XGM2019 truncado em 300
360	<ul style="list-style-type: none"> ✓ GGM05C ✓ GAO2012 ✓ SGG-UGM-1 truncado em 360
720	<ul style="list-style-type: none"> ✓ XGM2016 ✓ GOCO05c ✓ SGG-UGM-1 truncado em 720
2159	<ul style="list-style-type: none"> ✓ GECO ✓ EIGEN-6C4 ✓ SGG-UGM-1

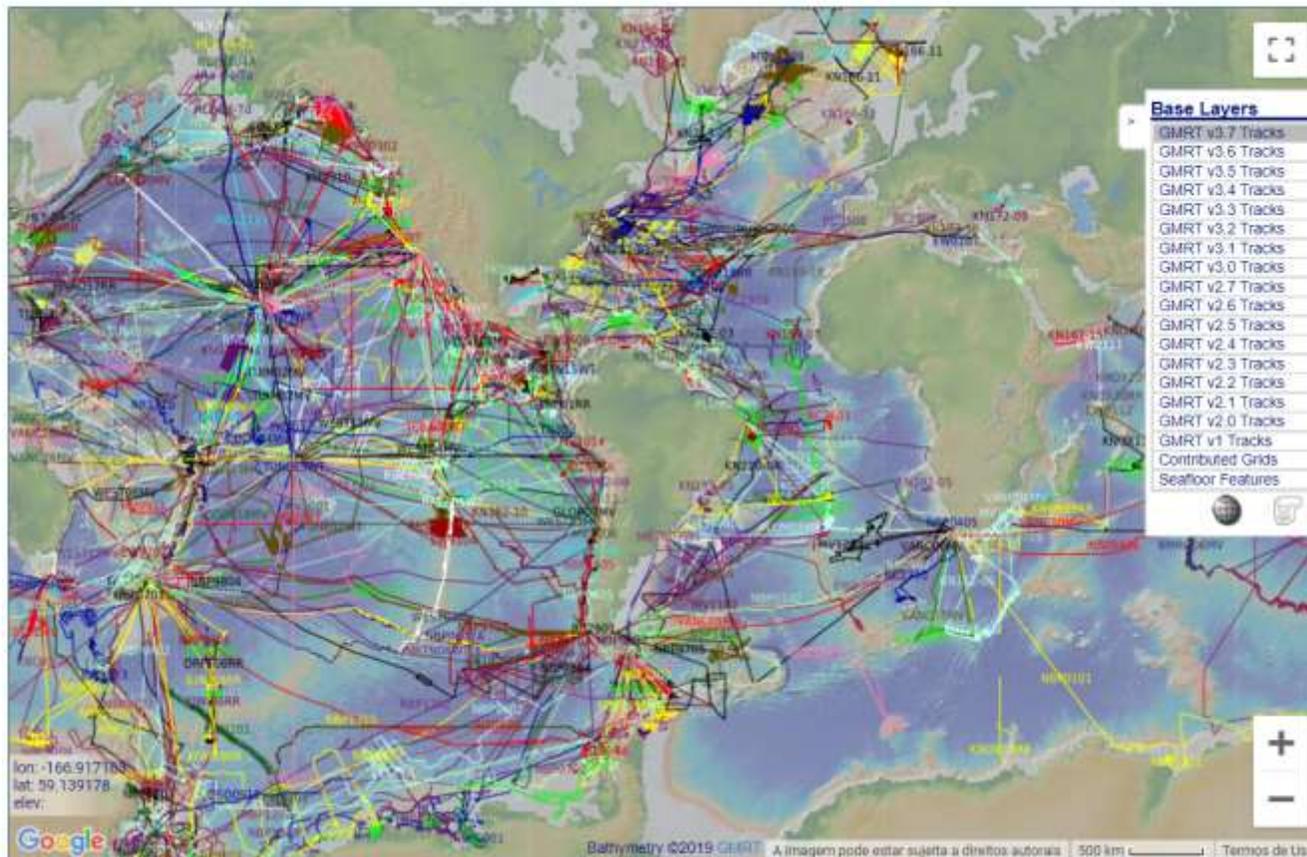
$$\zeta_{Final}^{N \max}(\varphi, \lambda) = \zeta_{MGG}^{N \max \text{ de } 100 \text{ até } (n, m)}(\varphi, \lambda) + \zeta_{RTM}^{N > (n, m) \text{ até } (\frac{\pi R}{ResMDA})}(\varphi, \lambda)$$



- ✓ GMRT v3.7
- ✓ SRTM15+
- ✓ PE3d
- ✓ ETOPO1
- ✓ DTM2006

<http://icgem.gfz-potsdam.de/calcpoints>

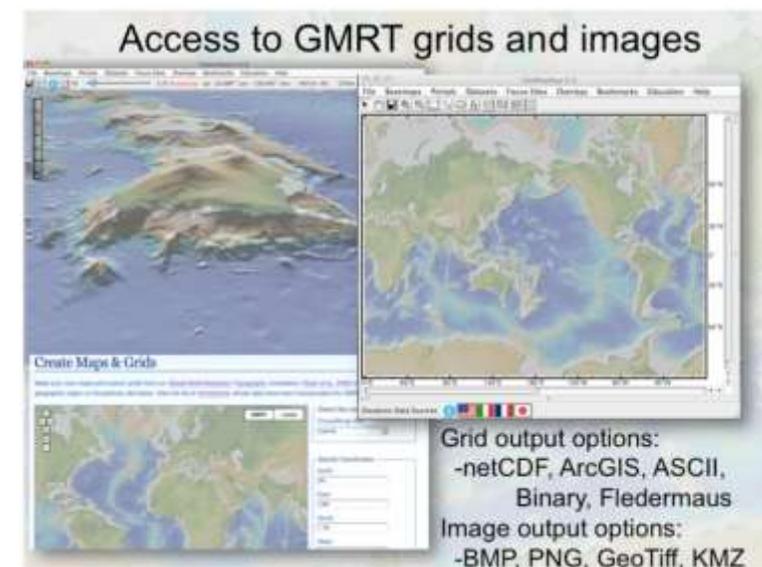
GMRT v3.7



[<https://www.gmrt.org/>]

The current version (GMRT v3.7) was released in October 2019:

- Bathymetry data (100-m resolution);
- Terrestrial elevation data (10-m resolution-US);
- Terrestrial elevation data (30-m resolution)



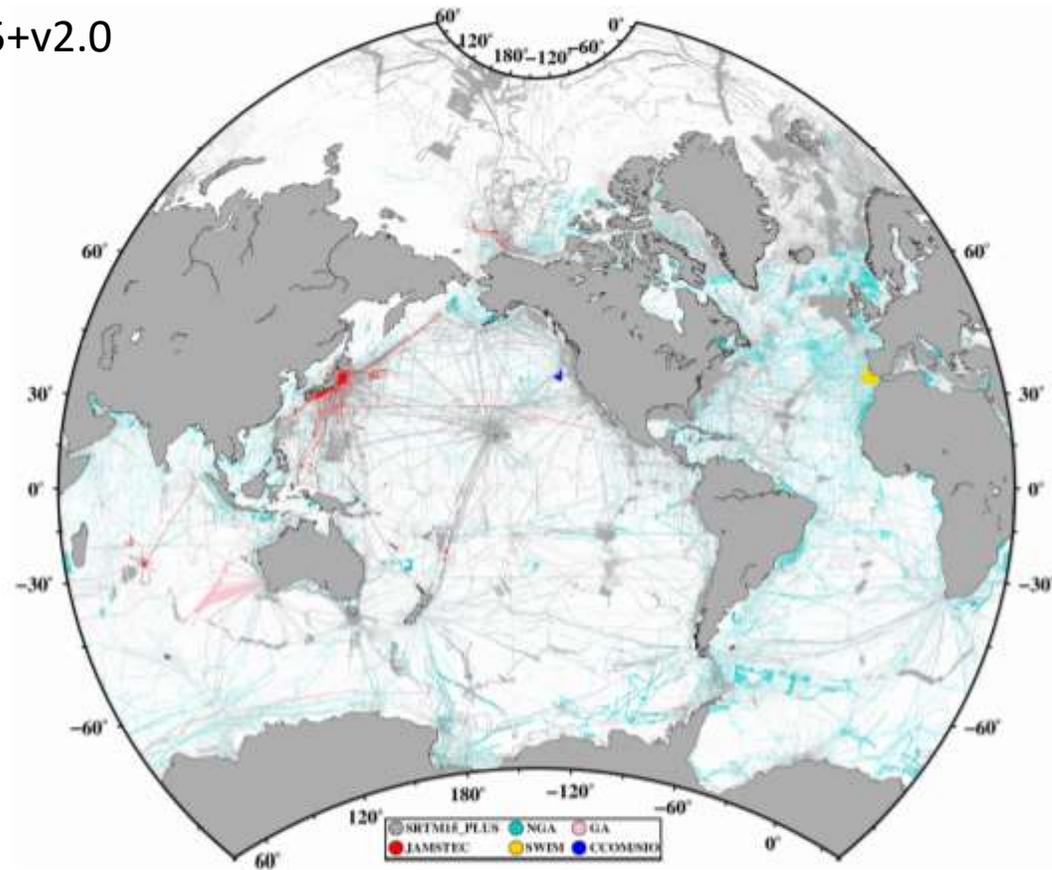


Figure 1. Global data coverage map of shipboard soundings included in SRTM15+V2.0 plotted to 89°N using a van der Grinten projection for visualization purposes. Readers are referred to the 15-arc sec source identification grid provided in Supporting Information S1 for a more accurate representation of the data coverage. Gray = SRTM15_PLUS (i.e., previous soundings). Colors = new soundings included in SRTM15+V2.0; cyan = National Geospatial-Intelligence Agency (NGA); red = Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC); pink = Geoscience Australia (GA); yellow = South West Iberian Margin (SWIM); and blue = Mendocino composite cruises collected by Center for Coastal and Ocean Mapping (CCOM) and Scripps Institution of Oceanography (SIO). Note that above 80°N, the IBCAO v3 grid is used (Jakobsson et al., 2012).

The current version (SRTM15+v2.0) was released in August 2019, :

- Bathymetric grid cells constrained by satellite altimetry have estimated uncertainties of ± 150 m in the deep oceans and ± 180 m between coastlines and the continental rise.
- Terrestrial elevation data (10-m resolution-US);
- Terrestrial elevation data (30-m resolution)

This follows from SRTM30_PLUS (Becker et al., 2009) and SRTM15_PLUS (V1; Olson et al., 2016)

<https://topex.ucsd.edu/>



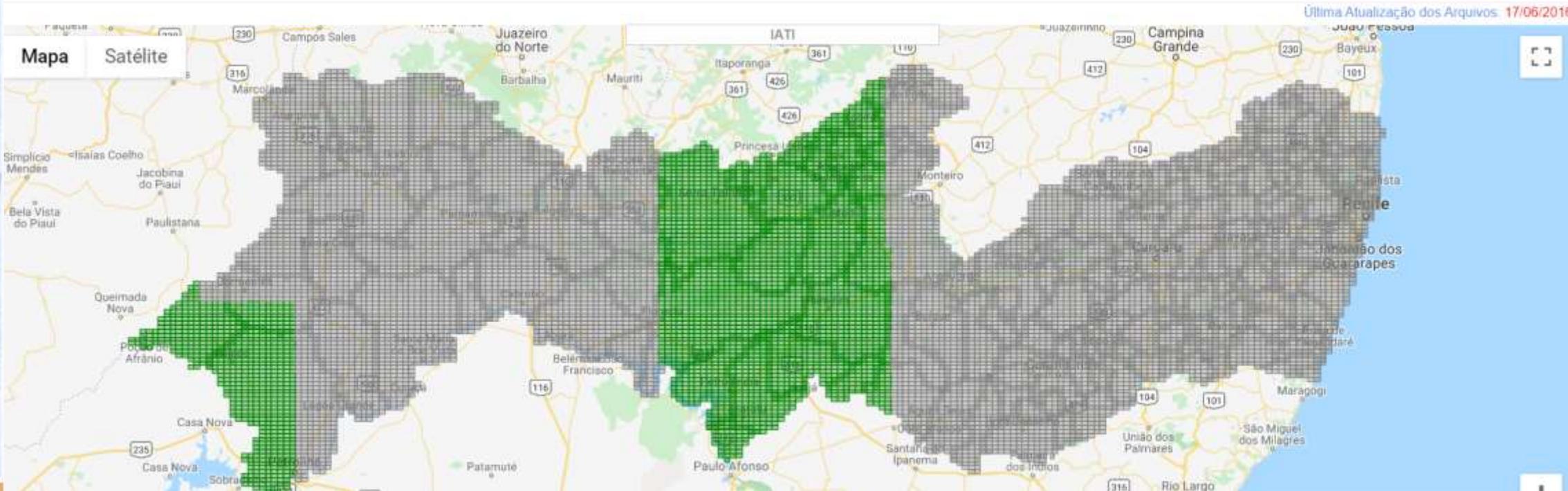
Tipo do Arquivo: *

- Modelo Digital de Elevação (RASTER)
- Intensidade-Hipsometria
- Modelo Digital de Terreno (XYZ)

Camadas: *

- Ortoimagem
- Modelo Digital de Elevação (XYZI)
- Modelo Digital de Terreno (RASTER)
- Municípios
- Quadriculas

Download



Etopo1



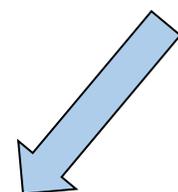
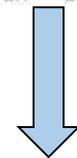
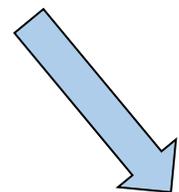
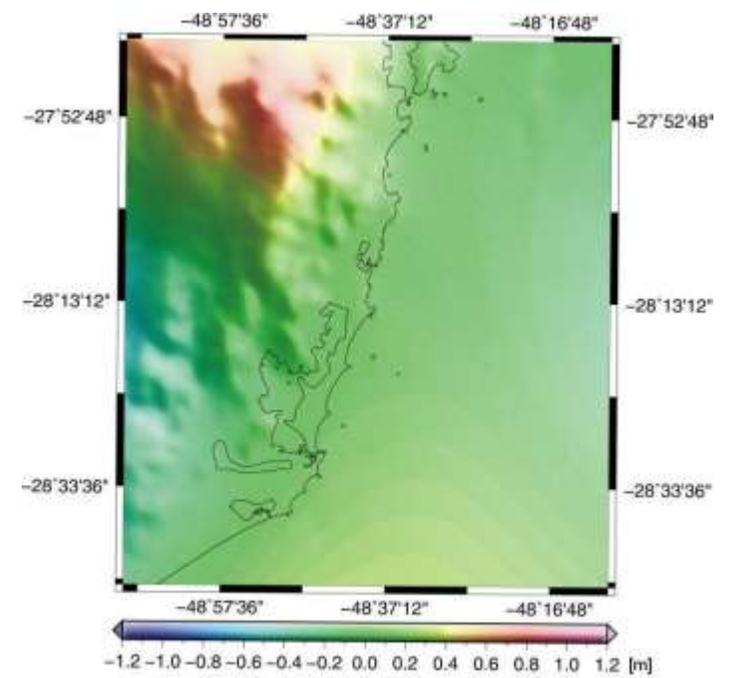
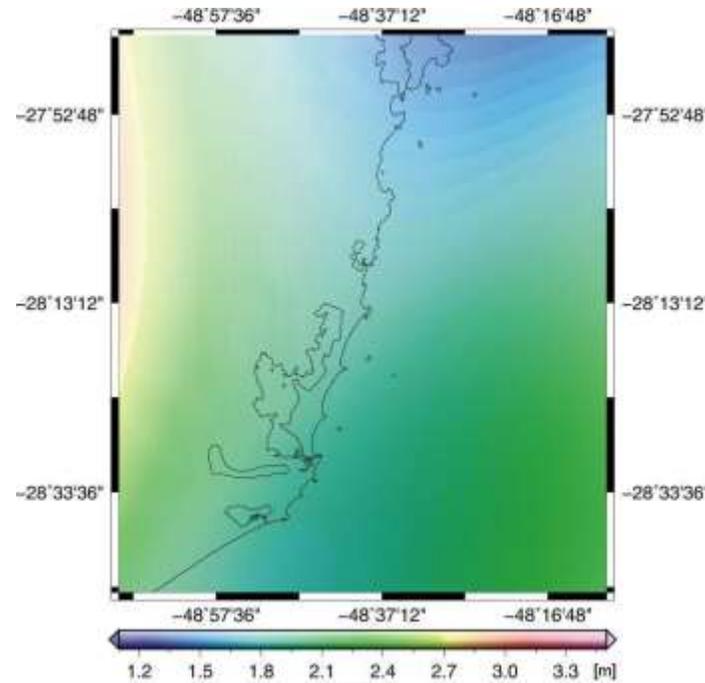
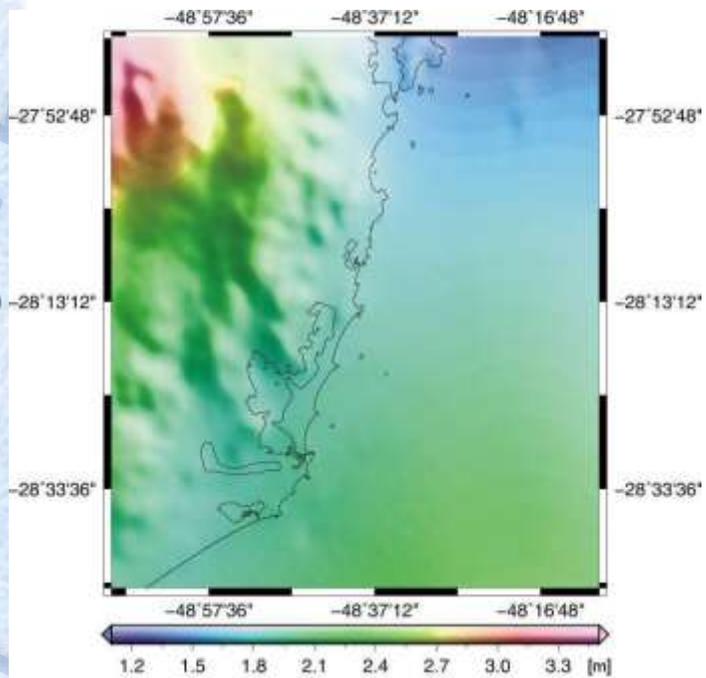
[<https://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/>]

Desenvolvido em expansão harmônico esférico!

Resultados DVB-I



UFPE

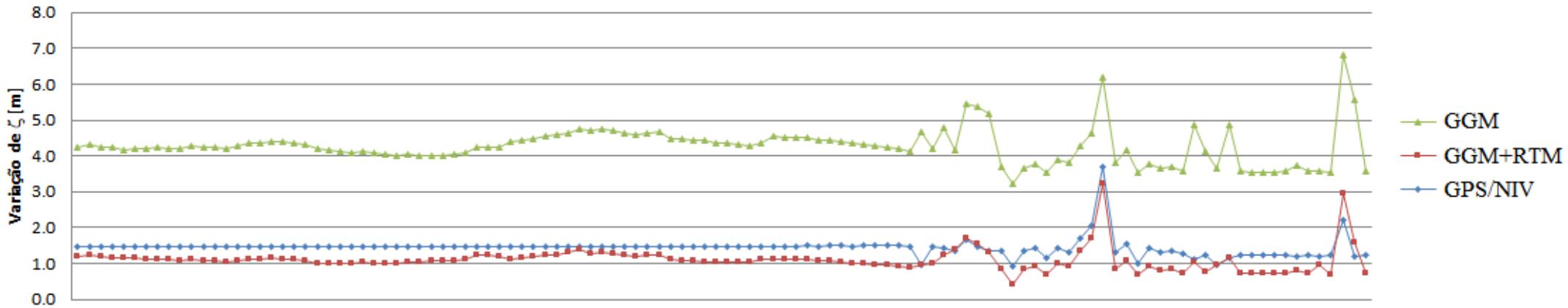


$$\zeta_{Final}^{N_{max}}(\varphi, \lambda) = \zeta_{MGG}^{N_{300}}(\varphi, \lambda) + \zeta_{RTM}^{N_{300}}(\varphi, \lambda)$$

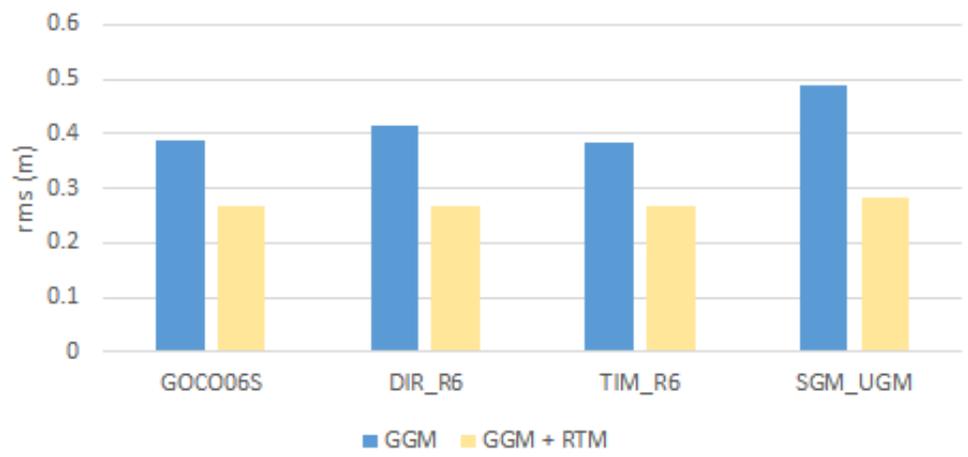


Resultados DVB-I

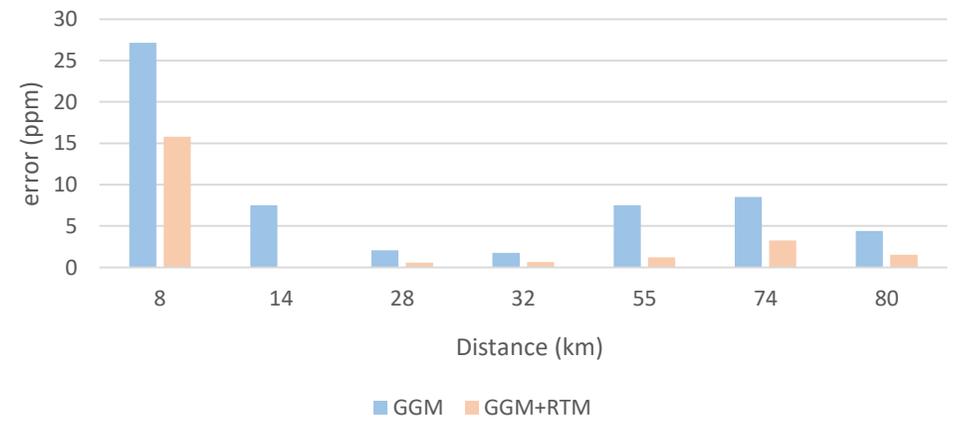
DEGREE = 300



Analisis GGM and GGM+RTM degree 300 DVB-I



Relative Analisis GGM and GGM+RTM degree 300



SIRGAS
Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas

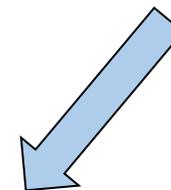
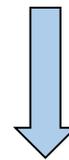
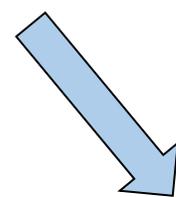
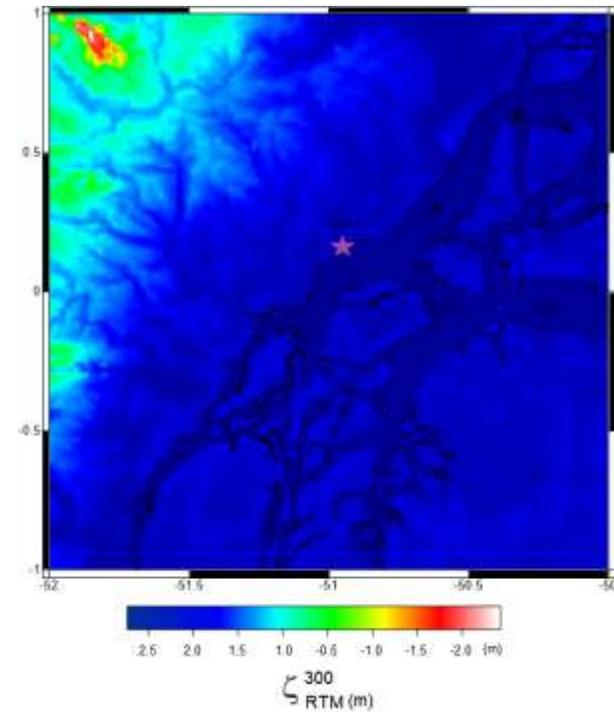
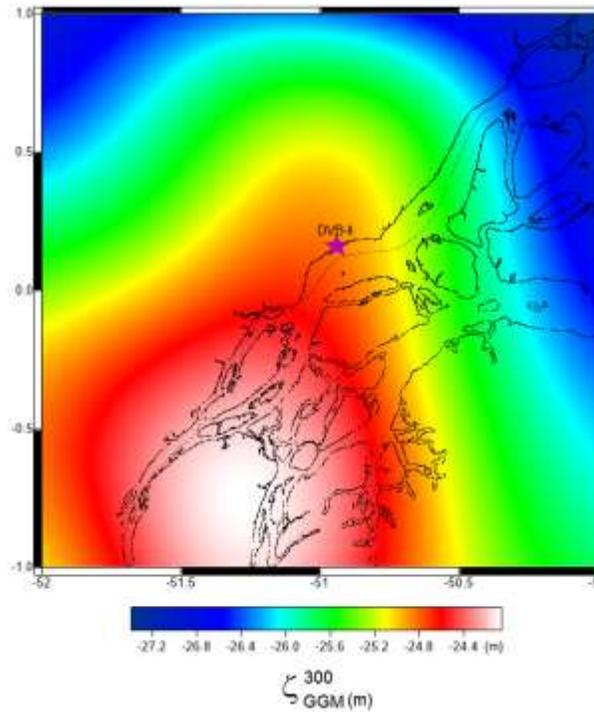
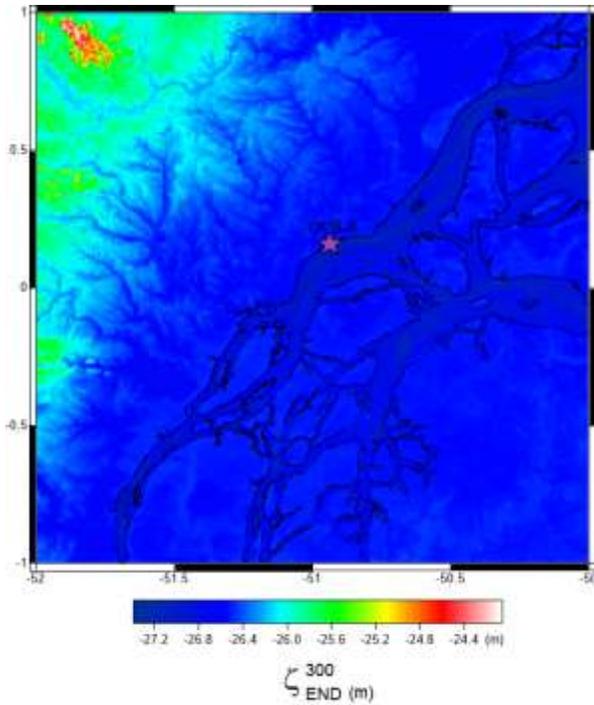
2019

Rio de Janeiro, Brasil karoline.jamur@ufpe.br



Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação

Resultados DVB-II



$$\zeta_{Final}^{N \max}(\varphi, \lambda) = \zeta_{MGG}^{N_{300}}(\varphi, \lambda) + \zeta_{RTM}^{N_{300}}(\varphi, \lambda)$$

Resultados DVB-II

Problemas a ser resolvidos – RTM com Modelos Digitais de Altitudes de alta precisão

GGM				
	EIGEN-GRGS	TIM_R6	GOCO06S	XGM2019
MIN (m)	-2.10	-2.03	-2.04	-1.86
MAX (m)	-1.22	-1.22	-1.22	-1.45
MEAN (m)	-1.74	-1.64	-1.65	-1.67
standard deviation (m)	0.21	0.19	0.19	0.10
RMS (m)	1.53	1.45	1.45	1.46

GGM + RTM				
	EIGEN-GRGS	TIM_R6	GOCO06S	XGM2019
MIN (m)	-3.40	-3.23	-3.24	-3.06
MAX (m)	-1.55	-1.43	-1.42	-1.53
MEAN (m)	-2.30	-2.20	-2.20	-2.22
standard deviation (m)	0.49	0.52	0.52	0.47
RMS (m)	2.05	1.97	1.97	1.98

Journal of Geodesy
<https://doi.org/10.1007/s00190-019-01303-4>

ORIGINAL ARTICLE



Residual terrain modelling (RTM) in terms of the cap-modified spectral technique: RTM from a new perspective

Blažej Bucha¹ · Christian Hirt^{2,3} · Meng Yang² · Michael Kuhn⁴ · Moritz Rexer^{2,3}

Received: 2 May 2019 / Accepted: 16 September 2019
 © Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2019



Resultados DVB-II

Problemas a ser resolvidos – RTM com Modelos Digitais de Altitudes de alta precisão

GGM				
	EIGEN-GRGS	TIM_R6	GOCO06S	XGM2019
MIN (m)	-2.10	-2.03	-2.04	-1.86
MAX (m)	-1.22	-1.22	-1.22	-1.45
MEAN (m)	-1.74	-1.64	-1.65	-1.67
standard deviation (m)	0.21	0.19	0.19	0.10
RMS (m)	1.53	1.45	1.45	1.46

GGM + RTM				
	EIGEN-GRGS	TIM_R6	GOCO06S	XGM2019
MIN (m)	-1.90	-1.74	-1.74	-1.83
MAX (m)	-0.84	-0.74	-0.74	-0.74
MEAN (m)	-1.53	-1.43	-1.43	-1.45
standard deviation (m)	0.34	0.33	0.33	0.34
RMS (m)	1.36	1.28	1.28	1.30

Journal of Geodesy
<https://doi.org/10.1007/s00190-019-01303-4>

ORIGINAL ARTICLE



Residual terrain modelling (RTM) in terms of the cap-modified spectral technique: RTM from a new perspective

Blažej Bucha¹ · Christian Hirt^{2,3} · Meng Yang² · Michael Kuhn⁴ · Moritz Rexer^{2,3}

Received: 2 May 2019 / Accepted: 16 September 2019
 © Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2019



Conclusões

Em síntese, buscou-se explorar, de forma mais central, os efeitos da modelagem do terreno, com menor dependência da gravimetria terrestre, considerando locais onde se tem carência desses dados como é o caso da região de estudos circundante ao DVB-II e também em uma área com variação brusca de topografia (aproximadamente -120m a 1200m) como é onde fica localizada o DVB-I que se encontra entre o oceano e um maciço rochoso.

Assim considerando o potencial dos MGGs mais recentes, baseados dados satélite somente para modelagem até graus e ordens que representem uma adequada resolução regional como também os MGGs combinados, investigou-se a técnica RTM para modelagem dos efeitos locais predominantemente com base em MDAs recentes bem como efeitos da batimetria.

Conclusões

As melhorias relacionadas nas avaliações relativas na região do DVB-I e DVB-II são significativas, principalmente na solução final com $n/m = 300$, porém cabe ainda investigações a respeito de Modelos Digitais de Altitudes de alta precisão como é o caso do PE3d.

Segundo Bucha et. Al. (2019) estes demonstraram que a filtragem passa alta da topografia detalhada precisa ser realizada por meio de uma topografia de referência derivada diretamente da detalhada. Isso demonstrou reduzir significativamente possíveis inconsistências espectrais entre os dois modelos topográficos que posteriormente poderiam ser mal interpretados como uma parte útil do sinal de gravidade que pode ter ocorrido nesta pesquisa.



Muito obrigada!
Thank you very much!
¡muchas gracias!

Karoline.jamur{@ufpe.br}



SIRGAS

Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas

2019

Rio de Janeiro, Brasil

karoline.jamur@ufpe.br



Pós-Graduação em
Ciências Geodésicas e
Tecnologias da Geoinformação