



SIRGAS

Sistema de Referencia Geocêntrico
para las Américas

2019

Rio de Janeiro,
Brasil

POTENCIALIDADE DO USO, EM APLICAÇÕES GEODÉSICAS, DE FUNCIONAIS GRAVIMÉTRICAS GERADAS EM LEVANTAMENTO AEROGEOFÍSICO

RUY MELGAÇO LUCAS DE JESUS

PROF. DR. SÍLVIO ROGERIO CORREIA DE FREITAS



Rio de Janeiro, 14 de Novembro de 2019

CONTEXTUALIZAÇÃO

➤ Realidade Brasileira:

- Realização 2018 incorporou dados gravimétricos sobre as RRNN, sendo baseada em números geopotenciais;
- Dois DV (DVB – I e DVB – S), não conectados (Largura do Rio Amazonas e Características de Acessibilidade da Região);
- Linhas: Distribuição Heterogênea e Existência de ramais;
- Baixa densidade de medições gravimétricas associadas às linhas existentes, em especial na Amazônia;

REDE ALTIMÉTRICA DO SGB



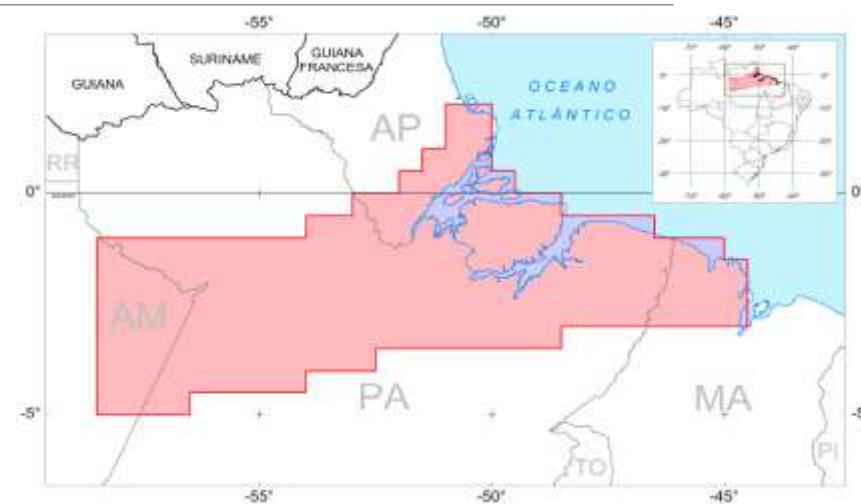
Fonte: IBGE (2018).

ANÁLISE DA POTENCIALIDADE DO USO, EM APLICAÇÕES GEODÉSICAS, DE FUNCIONAIS GRAVIMÉTRICAS GERADAS EM LEVANTAMENTO AEROGEOFÍSICO

CONTEXTUALIZAÇÃO

➤ Convênio ANP/GRAV/AM

- Contratado pela Agência Nacional de Petróleo e Gás Natural (ANP) em 2006, para a realização de aerogravimetria e magnetometria, destinada a estudos de prospecção geofísica na Região Amazônica;
- Arquivo ASC (funcionais gravimétricas de, aproximadamente, 8.600.000 pontos), distribuídos em uma área de aproximadamente 592.000 km²;
- Dados disponibilizados ao LARAS, pelo IBGE, no contexto das atividades de apoio para a modernização da RVRB.



FONTE: ANP (2008)

PROBLEMA

É viável a utilização, para fins geodésicos, das funcionais gravimétricas disponibilizadas na base de dados gerada pelo ANP/GRAV/AM, nos estados do Pará e Amapá, a partir do Levantamento Aerogravimétrico realizado?

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

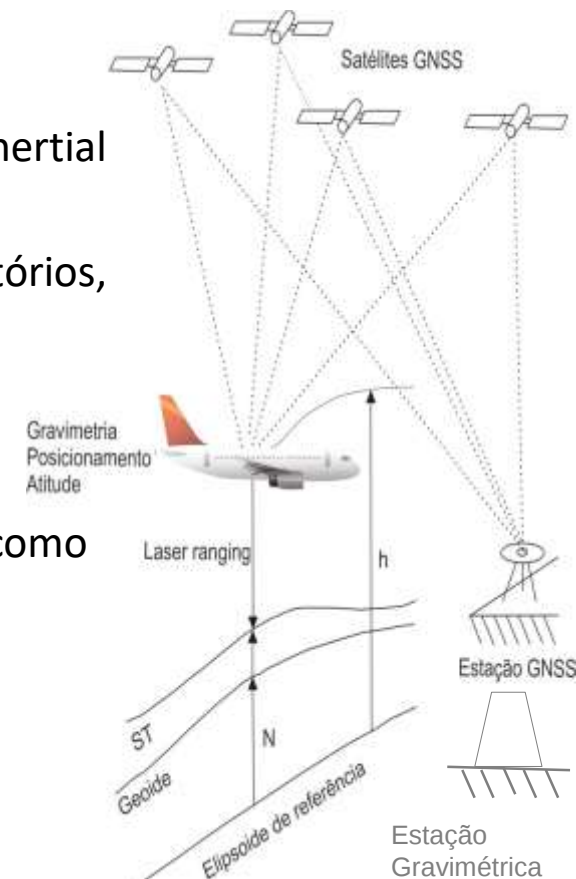
➤ Aerogravimetria;

- Uso impulsionado na década de 90;
- Aferição de g_{obs} , através de gravímetros relativos embarcados, acoplados a um sistema inercial (Inertial Navigation System – INS) e referenciados a uma estação gravimétrica terrestre;
- Possibilita uma maior resolução gravimétrica, com distribuição homogênea, para grandes territórios, sem as limitações impostas pela acessibilidade do terreno;

➤ Conceitos Fundamentais

- Associação INS/GPS permite separar as acelerações gravitacionais das cinemáticas (movimentos e mudanças de atitude) através da modelagem adequada dos sensores gravimétricos e inerciais, bem como dos erros advindos do Sistema GPS;

$$g_{obs} = grav_Z - \frac{\partial^2 h}{\partial t^2} + \delta g_{Eotvos} + \delta g_{tilt} - grav_{Z_0} + g_0 \quad (1)$$



Fonte: Adaptado de Carrión, 2017

MATERIAIS

➤ Delimitação e Caracterização da Região de Estudos

- Área de Estudo 1 AP (2,3° de longitude por 2,1° de latitude);
- Área de Estudo 2 PA (3,8° de longitude por 2,8° de latitude);

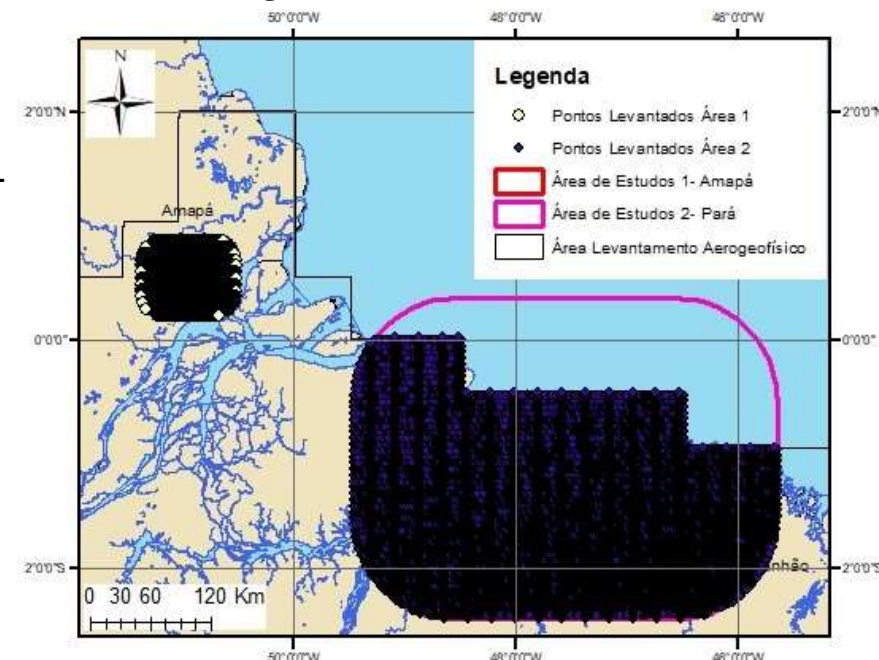


FONTE: Elaborada pelos Autores, (2019)

➤ Fontes dos Dados Utilizados

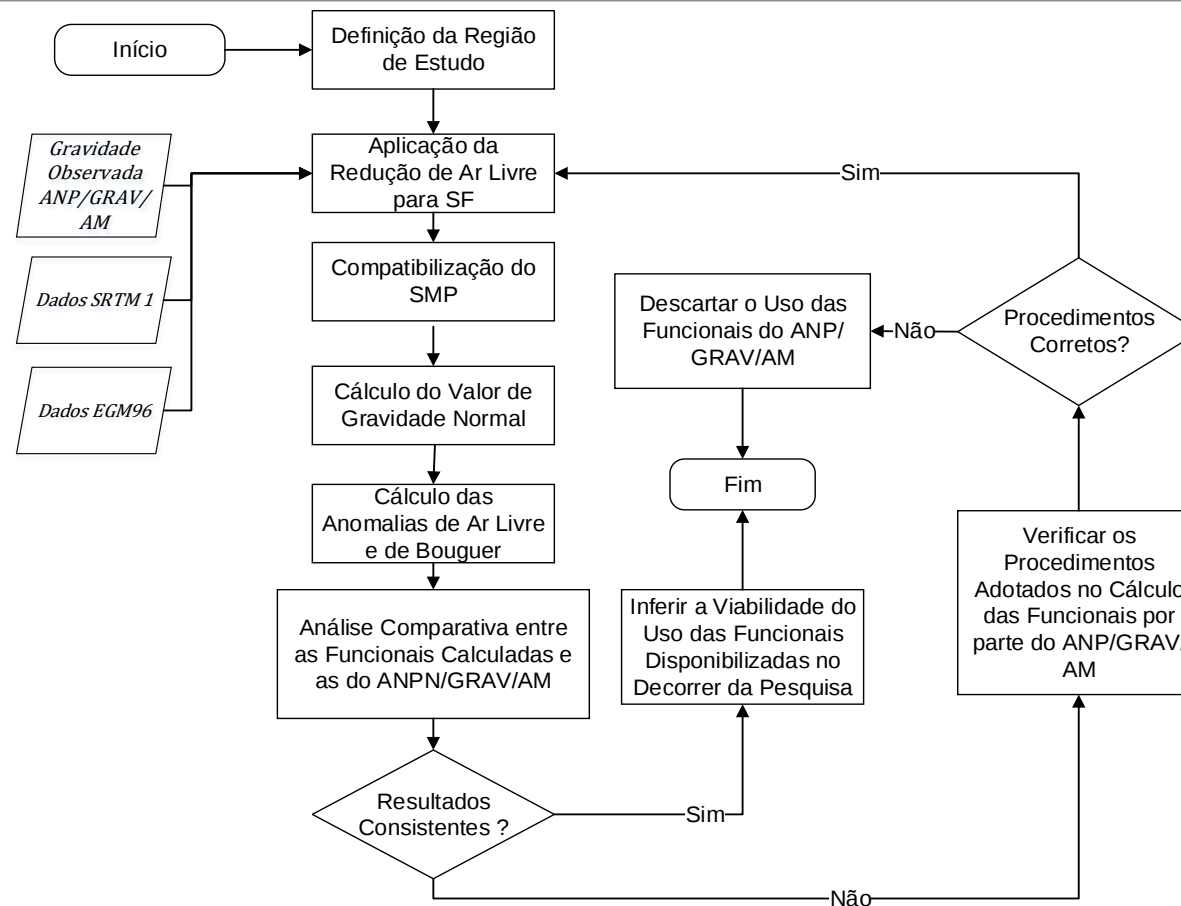
- Área de Estudo 1 AP (93.522 pontos) ;
- Área de Estudo 2 PA (1.308.715 pontos);
- Informações ANP/GRAV/AM ($\varphi, \lambda, h_v, \Delta g_{AL}, \Delta g_{Bg}, \gamma, g_{obs}$);
- N , provenientes do EGM96;
- Altitudes físicas $H_{P(SRTM)}$ - MDA

Shuttle Radar Topography Mission 1 (SRTM 1).



FONTE: Elaborada pelos Autores, (2019)

METODOLOGIA EMPREGADA



FONTE: Elaborada pelos Autores, (2019)

METODOLOGIA EMPREGADA

➤ Atividades Desenvolvidas:

- Redução do valor da Gravidade na Altura de Vôo para a Superfície Física;

$$g_{SF\ Calc} = g_{obs} - \left(\frac{\partial \gamma}{\partial h}\right)(h_v - (H_{(SRTM\ 1)} + N_{EGM96})) + \frac{\partial^2 \gamma}{\partial h^2} \left(h_v - (H_{(SRTM\ 1)} + N_{EGM96})\right)^2 \quad (2)$$

- Cálculo das Anomalias de Ar Livre e de Bouguer, após compatibilização do Sistema de Maré Permanente ($k = 0,3$ e $h = 0,6$);

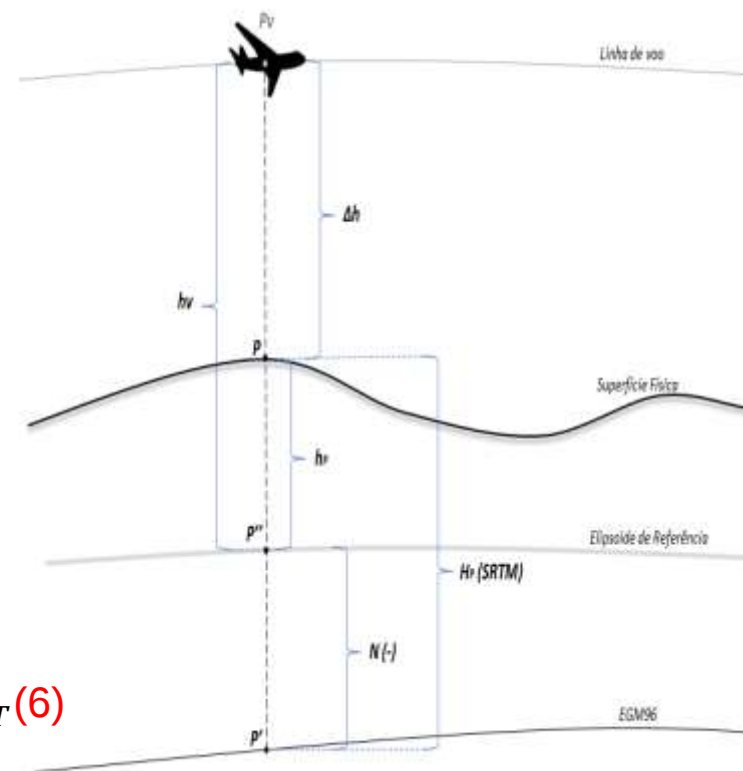
$$H_{Mean\ Tide} = H_{Tide\ Free} - (1 + k - h) \frac{\Delta W_{zero-tide}}{g} \quad (3)$$

$$\frac{\Delta W_{zero-tide}}{g} \approx -0,198 \left(\frac{3}{2} \sin^2 \bar{\varphi} - \frac{1}{2} \right) \text{ metros} \quad (4)$$

$$\Delta g_{AL\ MT} = g_{SF\ Calc} - \left(\gamma_{Somigliana} + \frac{\partial \gamma}{\partial h} (H_{SRTM-MT}) + \frac{\partial^2 \gamma}{\partial h^2} (H_{SRTM-MT})^2 \right) \quad (5)$$

$$\Delta g_{Bg\ MT} = g_{SF\ Calc} - \left(\gamma_{Somigliana} + \frac{\partial \gamma}{\partial h} (H_{SRTM-MT}) + \frac{\partial^2 \gamma}{\partial h^2} (H_{SRTM-MT})^2 \right) - 0,1119 H_{SRTM-MT} \quad (6)$$

ALTITUDES E SUPERFÍCIES DE REFERÊNCIA ENVOLVIDAS NA AEROGRAVIMETRIA



FONTE: Santacruz e De Freitas (2017)

RESULTADOS ALCANÇADOS

➤ Funcionais Calculadas X Funcionais Disponibilizadas ANP/GRAV/AM

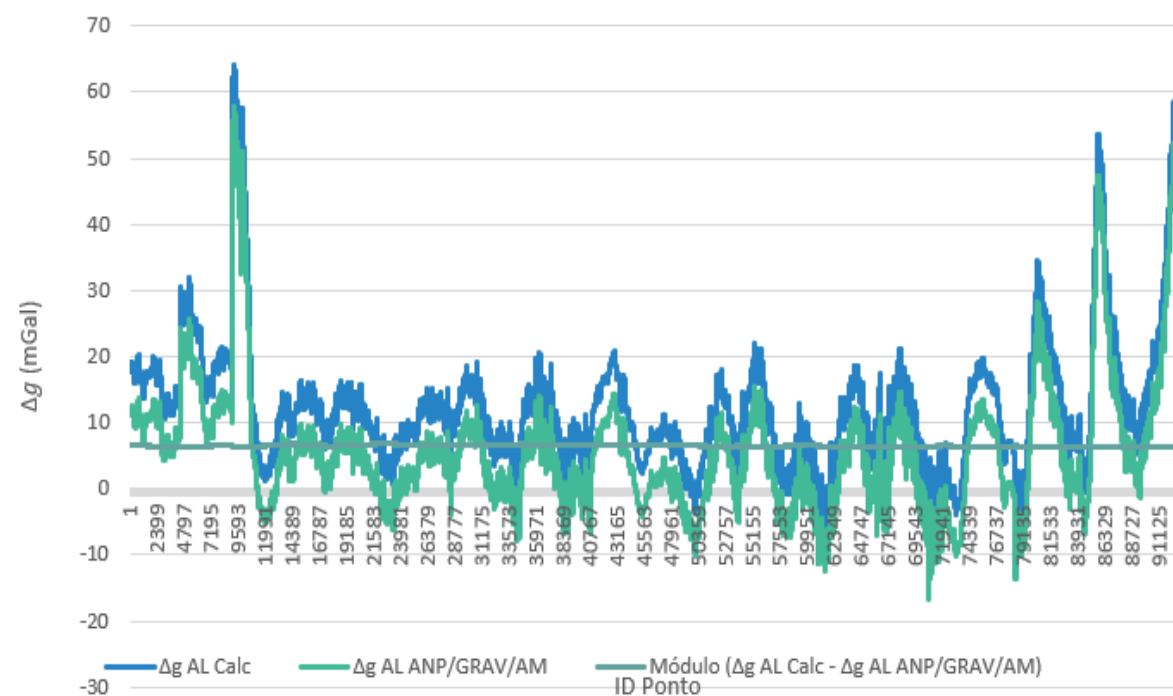
- Cálculo do RMS e Coeficiente de Correlação de Pearson;
- Valores encontrados semelhantes para as 2 áreas de estudo;

FUNCIONAIS COMPARADAS	ÁREA DE ESTUDO 1 AMAPÁ (93.522 Pontos)		ÁREA DE ESTUDO 2 PARÁ (1.308.715 Pontos)	
	RMS	PEARSON	RMS	PEARSON
$\Delta g_{AL_MT_Calc} \times \Delta g_{AL_ANP}$	6,499 mGal	0,999	6,700 mGal	0,999
$\Delta g_{Bg_MT_Calc} \times \Delta g_{Bg_ANP}$	6,141 mGal	0,995	6,292 MGal	0,998

FONTE: Elaborada pelos Autores, (2019)

- Valores de g_{obs} e MDA utilizados foram os mesmos;
- RMS encontrado considerado inconsistente;
- Presença de erro sistemático na ordem de 6 mGal.

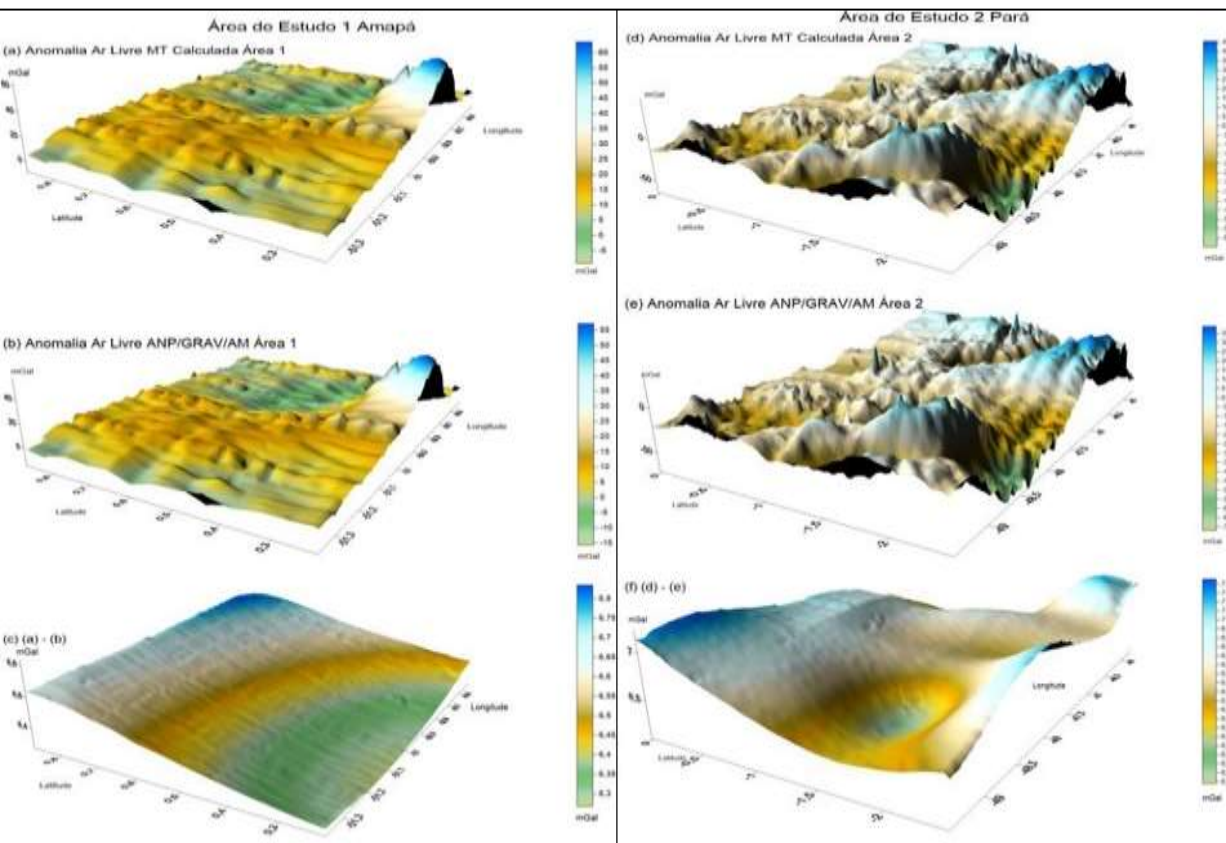
Anomalias de Ar Livre – Área de Estudo 1



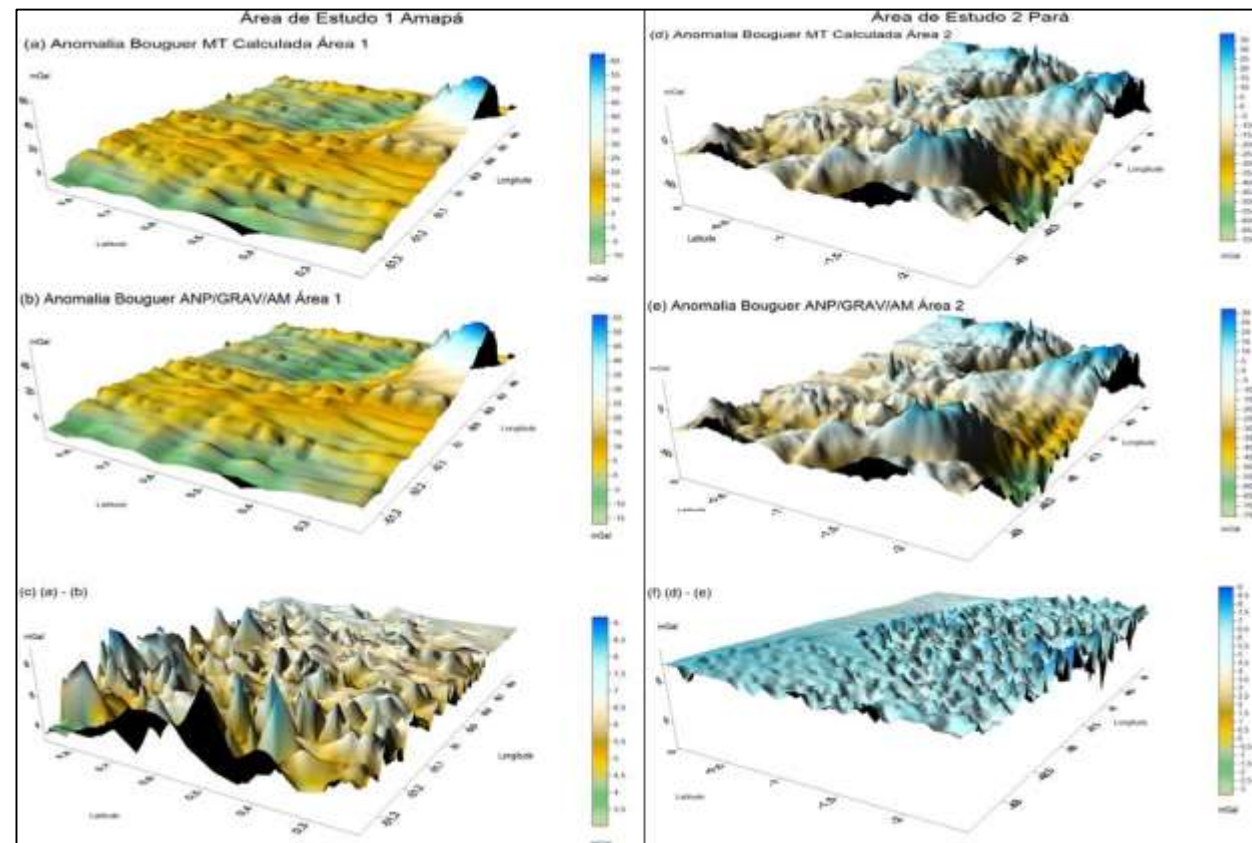
FONTE: Elaborada pelos Autores, (2019)

RESULTADOS ALCANÇADOS

➤ Funcionais Calculadas X Funcionais ANP/GRAV/AM



FONTE: Elaborada pelos Autores, (2019)



FONTE: Elaborada pelos Autores, (2019)

ANÁLISE DA POTENCIALIDADE DO USO, EM APLICAÇÕES GEODÉSICAS, DE FUNCIONAIS GRAVIMÉTRICAS GERADAS EM LEVANTAMENTO AEROGEOFÍSICO

REVISÃO DOS PROCEDIMENTOS ADOTADOS PELO ANP/GRAV/AM

➤ Diferenças Apresentadas no Cálculo da Gravidade Normal

- Utilização da Equação de Clairaut na forma linear;

$$\gamma_{Relatorio} = 978031,8 (1 + 0,0053024 \sin^2 \varphi + 0,0000059 \sin^2 2\varphi) \quad (7)$$

- γ_e , β , e β' referentes ao Elipsóide GRS67 e φ referenciadas ao Elipsóide WGS84;
- RMS entre $\gamma_{Somigliana}$ e $\gamma_{Relatorio}$ no valor de 0,733 mGal.

$$\gamma_{Somigliana} = \frac{a\gamma_e \cos^2 \varphi + b\gamma_p \sin^2 \varphi}{(a^2 \cos^2 \varphi + b^2 \sin^2 \varphi)^{1/2}} \quad (8)$$

➤ Cálculo das Anomalias de Ar Livre e de Bouguer;

- Impropriedade Conceitual na Descrição do cálculo de $\Delta g_{AL\ ANP}$ e $\Delta g_{Bg\ ANP}$:

$$\Delta g_{AL\ ANP} = g_{obs} - \gamma_{Relatorio} + 0,3086 h \quad (9)$$

$$\Delta g_{Bg\ ANP} = g_{obs} - \gamma_{Relatorio} + 0,3086 h - C_B - c_t \quad (10)$$

- Não foi realizada a compatibilização do SMP e negligenciou-se o termo de grau 2 do gradiente vertical da gravidade normal;
- $C_B = 0,1119 H_{SRTM}$;
- (9) deveria ser usada para o Cálculo de δg_{ANP} e (10) não corresponde a nenhuma funcional conhecida.

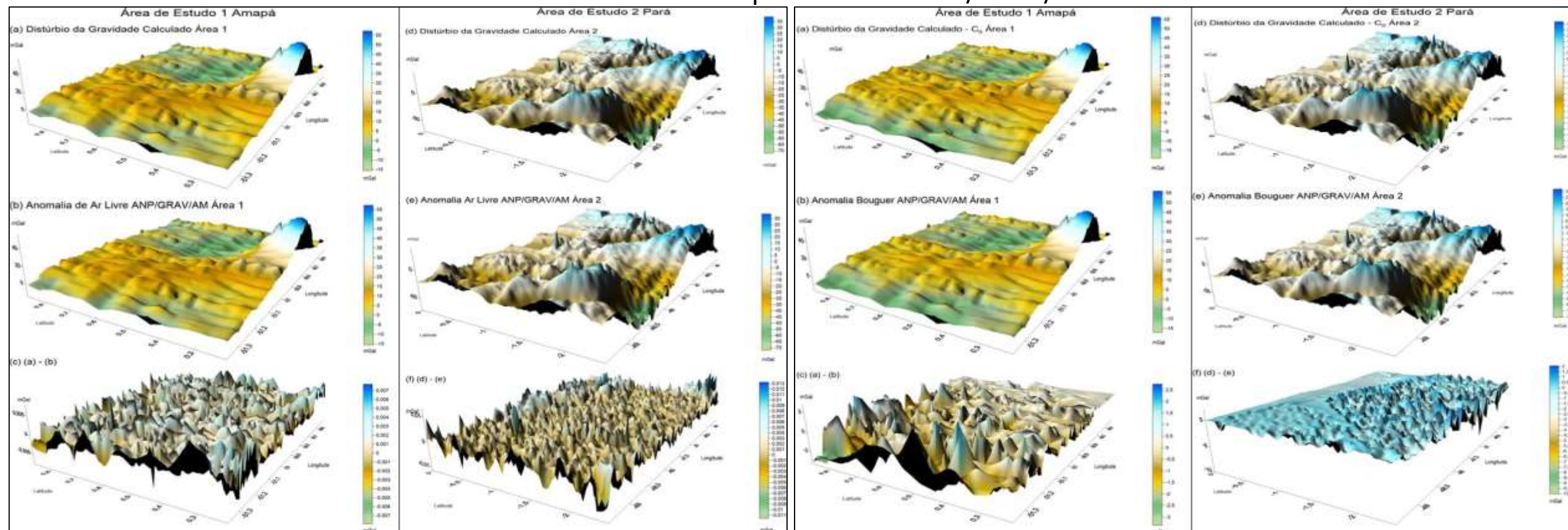
Funcionais Calculadas conforme o Relatório X Funcionais Disponibilizadas ANP/GRAV/AM

FUNCIONAIS COMPARADAS	ÁREA DE ESTUDO 1 AMAPÁ (93.522 Pontos)		ÁREA DE ESTUDO 2 PARÁ (1.308.715 Pontos)	
	RMS	PEARSON	RMS	PEARSON
$\Delta g_{AL_MT_CalcRel} \times \Delta g_{AL\ ANP}$	0,0042	0,9999	0,0042	0,9999
$\Delta g_{Bg_MT_CalcRel} \times \Delta g_{Bg\ ANP}$	1,0570	0,9957	1,1090	0,9983

FONTE: Elaborada pelos Autores, (2019)

RESULTADOS OBTIDOS

➤ Funcionais Calculadas conforme o Relatório X Funcionais Disponibilizadas ANP/GRAV/AM



ANÁLISE DA POTENCIALIDADE DO USO, EM APLICAÇÕES GEODÉSICAS, DE FUNCIONAIS GRAVIMÉTRICAS GERADAS EM LEVANTAMENTO AEROGEOFÍSICO

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- Impossibilidade do uso da gravidade normal e das anomalias geradas pelo levantamento ANP/GRAV/AM para o emprego com finalidade geodésica;
- Em virtude dos produtos, derivados da base de dados e entregues a ANP, serem mapas de anomalias, onde o produto preponderante é representado pelo contraste lateral, os erros conceituais cometidos pelo convênio não impede, *a priori*, o cumprimento dos objetivos propostos pelo projeto;
- Possível executar a redução ar livre dos valores da gravidade observada para a superfície física, bem como realizar o cálculo de distúrbios e anomalias de ar livre e de *Bouguer* utilizando os dados de altimetria extraídos do MDA SRTM1 e do MGG EGM96;
- Considerações sobre o uso das funcionais calculadas para as 2 áreas de estudo, a partir dos valores de gravidade observada em voo, poderão ser realizadas comparando-se os valores obtidos com as mesmas funcionais advindas de MGGs combinados atuais;
- Considerações sobre o uso dos valores de gravidade observada na altura de voo para fins diversos ao geofísico, poderão ser realizados a partir da sua redução para a superfície física e posterior interpolação para Pontos de Controle compostos, por exemplo, de Estações Gravimétricas da Rede Gravimétrica do IBGE.



SIRGAS
Sistema de Referência Geocêntrico
para las Américas

2019
Rio de Janeiro,
Brasil



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARRIÓN, J. L. S. **Vínculo Do Datum Vertical Equatoriano Ao International Height Reference System**. 2017. Tese de doutorado. Universidade Federal Do Paraná, Programa de Pós-graduação em Ciências Geodésicas, Curitiba, 2017. 268 p.
- EKMAN, M. Impacts of Geodynamic Phenomena. Bulletin. **Géodésique**, vol. 63, n. 1, 1989. pp. 281–296.
- DE FREITAS, S.R.C; BLITZKOW, D. **Altitudes e Geopotencial**. Iges Bulletin, n. 9, 1999.
- DE FREITAS, S. DE. **SIRGAS-WGIII activities for unifying height systems in Latin America**. Revista Cartográfica, v. 91, p. 75–92, 2015.
- FIGUEIREDO FILHO, Dalson Britto; SILVA JÚNIOR, José Alexandre da. **Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson (r)**. Revista Política Hoje, Recife, v. 18, n. 1, p. 115-146, 2009
- FORSBERG, R. et al. Airborne Gravimetry Survey for the Marine Area of the United Arab Emirates. **Marine Geodesy**, [s.l], vol. 35, n. 3, 2012. pp. 221–232. DOI. 10.1080/01490419.2012.672874.
- HOFMANN-WELLENHOF, B; MORITZ, H. **Physical geodesy**. New York: Springer Wien, 2005.
- MÄKINEN, J. A Note on the Treatment of the Permanent Tidal Effect in the European Vertical Reference System (EVRS). In: **Reports of the EUREF Technical Working Group**. München: Bayerischen Akademie der Wissenschaften. n. 9, . 2000. pp. 111-113.
- MÄKINEN, J.; IHDE, J. The Permanent Tide In Height Systems. **International Association of Geodesy Symposia**, vol. 133, n. 1, 2009. , pp. 81–87.
- OLESEN, A. V. **Improved airborne scalar gravimetry for regional gravity field mapping and geoid determination**. 2002.
- TORGE, W. **Gravimetry**. Berlim; New York: Walter de Gruyter, 1989.
- TORGE, W. **Geodesy**. 2.^a ed. Berlim: New York: Walter de Gruyter, 1991.

ANÁLISE DA POTENCIALIDADE DO USO, EM APLICAÇÕES GEODÉSICAS, DE FUNCIONAIS GRAVIMÉTRICAS GERADAS EM LEVANTAMENTO AEROGEOFÍSICO

AGRADECIMENTO

THANK YOU FOR YOUR ATTENTION !

MUCHAS GRACIAS POR LA ATENCIÓN !

OBRIGADO PELA ATENÇÃO !

Contato: ruyrj2@gmail.com