



BRASIL MODELADO PELA GRAVIDADE

Fabio L. ALBARICI¹; Gabriel N. GUIMARÃES²; Monieli K. DOMINGUES³; Pedro H. S. M. OLIVEIRA³

RESUMO

Um assunto muito estudado na Geodésia é como obter de forma acurada o valor da aceleração da gravidade para o cálculo da altitude. Muitos entendem que as pequenas diferenças, chamadas de incertezas, não influenciam nos valores calculados. Este trabalho tem como objetivo, mostrar que através de observações coletadas nos bancos de dados disponíveis na internet é possível realizar um modelo de gravidade para o território brasileiro, podendo assim, verificar que o valor da gravidade varia de acordo com a latitude do usuário. Ou seja, os valores da gravidade da região Sul do Brasil são diferentes da região Norte. Assim, os resultados dos modelos obtidos neste trabalho mostram de forma clara que para cada região do país tem-se diferentes gravidades e isso pode impactar na acurácia, por exemplo, da altitude. Ressaltando que o cálculo da altitude está diretamente relacionado com a gravidade.

Palavras-chave:

Gravimetria; Referência de Nível; Modelos.

1. INTRODUÇÃO

Quando se reflete sobre a Geodésia, tanto Geométrica, Celeste ou Física, observamos que todas elas juntas tem o poder de nos dizer a forma e a dimensão da Terra, seja matematicamente ou fisicamente, através da gravidade. Pensando que a Terra devido o seu movimento de rotação e sua velocidade, faz com que ela seja achatada em seu polos, assemelhando-se a uma elipse, que tem uma matemática definida, ou seja, pode-se realizar cálculos em cima desta figura geométrica, podemos definir, por exemplo que o raio equatorial é maior que seu raio polar.

Mas em que isso implica na vida cotidiana? Bem, se existem diferenças entre estes raios podemos dizer que a aceleração da gravidade terá valores diferentes no Equador e no Polos. Segundo Lopes, 2008, essa afirmação muda os ensinamentos de gravidade no ensino médio, onde aprendemos que o valor da aceleração da gravidade é $9,8 \text{ m/s}^2$ e em muitas vezes aproximado para 10 m/s^2 . Dessa forma, o objetivo deste trabalho é obter um modelo de gravidade para o território brasileiro através de observações obtidas no INDE (Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais) e mostrar de forma didática que, pode-se relacionar a aceleração da gravidade com a latitude e altitude, ou seja, que esta aceleração da gravidade vai variar em relação à posição do usuário brasileiro.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Quando se fala em altitude física, automaticamente associa-se com a gravidade, uma vez que as altitudes utilizadas no território brasileiro, está associado rigorosamente à gravidade. O IBGE (2019) em seu relatório de ajustamento da rede altimétrica, descreve o cálculo da gravidade normal

¹Orientador, IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes. E-mail: fabio.albarici@ifsuldeminas.edu.br.

²Orientador, UFU – Campus Monte Carmelo. E-mail: gabriel@ufu.br.

³Bolsista PIBIC/CNPq, IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes. E-mail: pedrocucia@gmail.com; monidomingues98@gmail.com.

média, ao longo da vertical, ou seja, da gravidade teórica dada pelo modelo Terra normal, através da Equação 1:

$$\gamma_p = \gamma_0 \left[1 - \frac{H^N}{a} (1 + \alpha + m - 2\alpha \sin^2 \varphi) + \left(\frac{H^N}{a} \right)^2 \right] \quad (1)$$

onde γ_0 é a gravidade de Somigliana, φ é a latitude geodésica do ponto de interesse, a é o valor do semieixo maior, α é o achatamento, H^N é a altitude normal e $m = \omega^2 a^2 b / GM$, sendo GM a constante gravitacional geocêntrica, ω é a velocidade angular e b é o semieixo menor.

Verifica-se na equação 1 que a latitude (φ) e a altitude (H^N) são as variáveis que dependem do local do usuário, as outras variáveis tem seus valores conhecidos.

Uma segunda quantidade muito importante no cálculo das altitudes e que está diretamente relacionado com a gravidade é o número do geopotencial descrita na Equação 2 (KINGDON et al., 2005; SÁNCHEZ, 2013). Como este valor tem significado físico, pode-se dizer que ele atende a lei das águas, ou seja, respeita o conceito de alto e baixo (LUZ, 2008).

$$C = W_0 - W_p \cong \sum_{i=0}^P g_i^m \cdot dh_i \quad (2)$$

Nessa expressão, g_i^m é média dos valores de aceleração da gravidade entre os pontos e dh_i os desníveis entre eles.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para se calcular as altitude no Brasil, exige-se dados gravimétricos terrestres medidos em RN (Referências de Nível) da RAAP (Rede Altimétrica de Alta Precisão) do IBGE.

Os dados foram obtidos no sítio do INDE, tendo assim, as informações de latitude, longitude e gravidade, distribuídos pelo território brasileiro.

O IBGE, possui em seu banco de dados mais de 46 mil RNs espalhadas do Norte ao Sul (Figura 1). Esta distribuição ajudará a verificar a variação da gravidade em função da latitude.

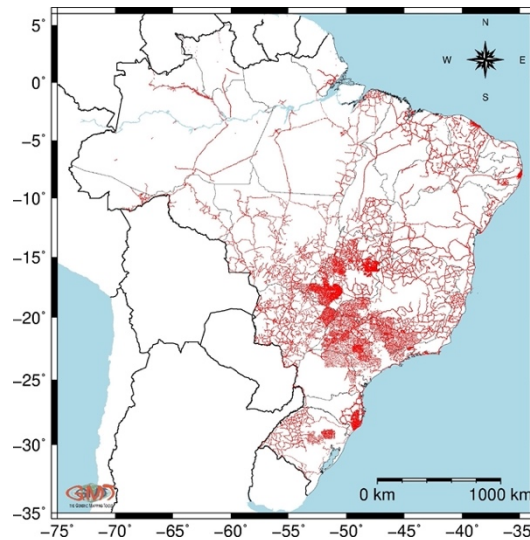


Figura 1 – Distribuição das RN no território brasileiro.

O resultado esperado é que se tenha menor valor de gravidade nas regiões Norte e Nordeste, pois estão mais próximas ao equador (0°) e o inverso se espera nas regiões Sul, mais próximas ao polo (90°).

Como forma de validar os resultados desse método, foram comparados com os resultados

obtidos pelo modelo global, o XGM2019e_2159 (Maiores detalhes destes modelos ver Zingerle et al. (2019). Este modelo realiza o cálculo da gravidade e são disponibilizados pelo ICGEM (*International Centre for Global Earth Models*) através do sítio <http://icgem.gfz-potsdam.de/calc>. Para calcular os valores do modelo da gravidade, utilizou-se os seguintes parâmetros: sistema de referência GRS80, sem correção de maré e os termos para os harmônicos esféricos com grau e ordem de 2190.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Segundo Lopes, 2008 os valores da aceleração da gravidade calculados para latitude de 0° tem valor de $9,7803 \text{ m/s}^2$ e na latitude de 90° é $9,8322 \text{ m/s}^2$, com uma variação de $0,0519 \text{ m/s}^2$.

Utilizando-se dos valores obtidos no INDE, verificou-se que o valor mínimo é de $9,7736 \text{ m/s}^2$ próximo ao Equador e o valor máximo de $9,7964 \text{ m/s}^2$ em direção ao polo, a diferença entre eles é de $0,0228 \text{ m/s}^2$. Os resultados obtidos neste trabalho não focam apenas no Equador e Polo, mas em todo o território brasileiro, podendo assim, realizar uma modelagem entre a gravidade e a latitude. A Figura 2 ilustra os valores obtidos, onde pode-se verificar, didaticamente, que realmente os valores da gravidade variam de acordo com latitude.

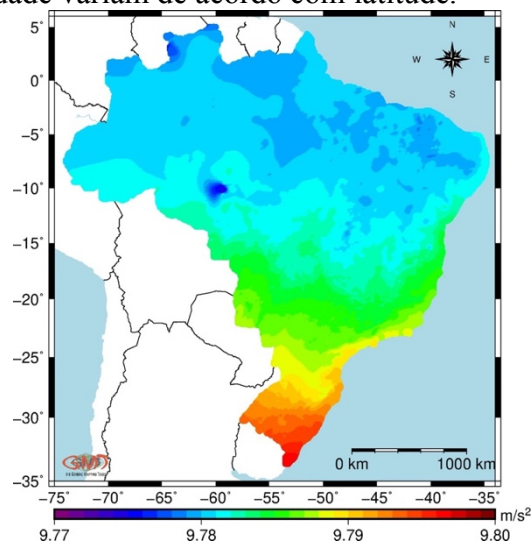


Figura 2 – Variação da Gravidade em relação à Latitude (gravidade terrestre)

Para validar os resultados obtidos com a aceleração da gravidade terrestre, utilizou-se o modelo global XGM2019e_2159, e o resultados para o território brasileiro pode ser visto na Figura 3.

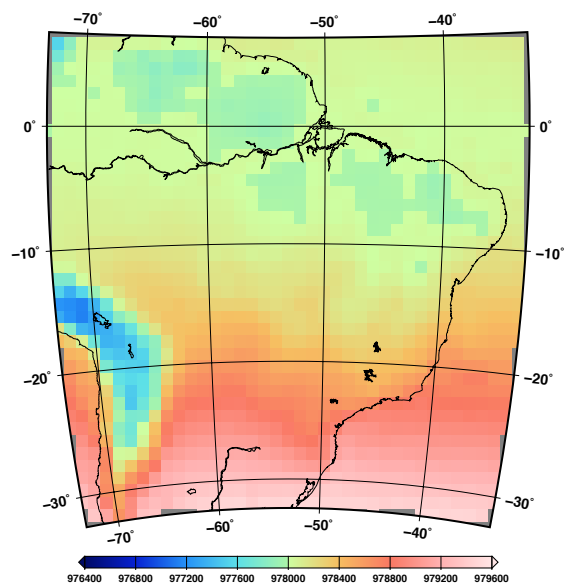


Figura 3 - Variação da Gravidade em relação à Latitude (gravidade satelital)

Ao analisarmos o comportamento da gravidade nas Figuras 2 e 3, nota-se que elas são semelhantes. Um nota a ser relatada é que a Figura 3 utiliza-se de observações realizadas no oceanos e também nos países vizinhos, isso pode ter mascarado um pouco a interpolação na região central do Brasil. Por outro lado, mostra de forma clara que os valores dentro das latitudes são coesos.

5. CONCLUSÕES

Dentro da problemática que envolve a realização de um sistema altimétrico moderno, a gravidade tem um papel fundamental. Os valores de gravidade em banco de dados gratuitos como o INDE, tem auxiliado os esforços dos pesquisadores na melhoria da realização destes sistemas. Dentro do contexto brasileiro o IBGE, juntamente com universidades e empresas privadas tem realizado consideráveis esforços para cobrir todo o território brasileiro.

O experimento aqui realizado comprovou que existe uma ligação entre a gravidade e a latitude e que apesar de diferenças consideradas pequenas aos olhos do leigo, faz uma grande diferença em cálculos geodésicos.

Como é sabido os valores de gravidade aumenta quando se caminha em direção dos polos e o inverso é verdadeiro, diminui quando se caminha em direção do Equador. Esta afirmação pode ser visualizada na Figura 1, onde os valores obtidos através de gravimetria terrestre, mostram os maiores valores na região Sul (latitude aproximada -30°) e menores valores na região Norte (latitude 0°).

REFERÊNCIAS

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2019. **Relatório Reajustamento da Rede Altimétrica com Números Geopotenciais REALT-2019**. 2 ed. IBGE, Rio de Janeiro, 56 páginas.. [on line] Disponível em:< <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101666.pdf>> Acesso em 17 Jun. 2021.

KINGDON, R. et al. **Toward an improved orthometric height system for Canada**. Geomatica 59(3):241–250, Vol 60 (1):101), 2005.

LOPES, W. **Variação da Aceleração da Gravidde com a Latitude e Altitude**. Caderno Catarinense de Ensino de Física , v. 24, p. 561-568, 2008.

LUZ, R.T. *Estratégias para modernização da componente vertical do sistema geodésico brasileiro e sua integração ao SIRGAS*. 2008. 205 p. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) - Universidade Federal do Paraná - UFPR, Curitiba, 2008. Disponível em: www.sirgas.org/fileadmin/docs/Roberto_Teixeira_Luz_Tese_de_Doutorado.pdf. Acesso em: 18 jun. 2021.

SÁNCHEZ, L. **Towards a vertical datum standardisation under the umbrella of Global Geodetic Observing System**. Journal of Geodetic Science, v. 2, n. 4, p. 325 – 342, 2013.

ZINGERLE, P. et al. **The combined global gravity field model XGM2019**. Journal Geodesy. v. 94, n. 66, 2020.