

Determinação de Altitudes ortométricas a partir de Levantamentos por GNSS/Nivelamento na Região central de Mato Grosso do Sul

Luís Renato Jasiewicz¹
Prof. Celso Rubens Smaniotto²

¹ INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
79002-073 Campo Grande MS
luis.renato.incra@gmail.com

² UCDB – Universidade Católica Dom Bosco
79117-900 Campo Grande MS
cr.smaniotto@ucdb.br

Resumo : A determinação da altitude com utilização da tecnologia GNSS depende do conhecimento da ondulação geoidal (N). Esta grandeza pode ser determinada pelo uso de um modelo de ondulação geoidal. O Sistema de Interpolação Geoidal MAPGEO fornece a ondulação com acurácia esperada de 0,5 m. Com o objetivo de melhorar essa acurácia foi desenvolvido um trabalho de levantamento com GNSS em marcos da RAAP. Foram levantadas seis RN's na região central de Mato Grosso do Sul. Com os resultados, foram propostos quatro modelos matemáticos para determinar a ondulação geoidal precisa na região estudada, envolvendo a integração entre os dados estimados pelo MAPGEO a partir informações obtidas pelo GNSS com os valores de altitude ortométrica constantes nos descritivos das estações levantadas.

Palavras chaves : 1. GNSS, 2. Ondulação geoidal, 3. Nivelamento

Abstract : The determination of the altitude with the use of GNSS technology depends on the knowledge of the geoid undulation (N). This quantity may be determined by use of a geoid undulation model. The system provides MAPGEO Geoid Interpolation ripple with expected accuracy of 0.5 m. Aiming to improve this accuracy was developed with GNSS survey work in marks of RAAP. Were raised six RN's in the central region of Mato Grosso do Sul. With the results, we proposed four models to determine the precise geoid undulation in the studied region, involving the integration of the data estimated by MAPGEO from information obtained from GNSS with the values orthometric height of the stations listed in the descriptive raised.

Keywords : 1. GNSS, 2. Geoid ondulation, 3. Flatness

1 Introdução

O GNSS (Global Navigation Satellite System) abrange os principais sistemas de radionavegação baseado em satélites artificiais. Abrange os sistemas GPS (norte-americano), GLONASS (russo) e, mais recentemente, o Galileo (europeu).

O **NAVigation System with Time And Ranging/Global Positioning System** - NAVSTAR-GPS, ou apenas GPS – é um sistema de radionavegação desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos – DoD (*Department of Defense*), vindo ser o principal sistema de navegação das Forças Armadas norte-americanas (MONICO, 2008). O sistema obteve um rápido crescimento em aplicabilidade e popularidade no uso em posicionamento e em navegação. Posteriormente, outros sistemas de navegação baseados em satélites artificiais foram desenvolvidos. O sistema GLONASS (*Global'naya Navigatsionnaya Sputnikowaya Sistema*) foi concebido ainda na década de 1970, na então União Soviética. Da mesma

forma que o GPS, o GLONASS é um sistema militar. No final da década de 1990 a União Européia, através da ESA (*European Space Agency*) iniciou um projeto para desenvolver, também, o seu próprio sistema GNSS. Denominado Galileo, o sistema foi projetado para ser um sistema aberto, com controle civil, compatível com o GPS, mas independente. Até o momento (agosto/2010) dois satélites de testes foram lançados. Em janeiro de 2010 a ESA assinou contrato para implementação do sistema, estando previsto o lançamento de 14 satélites a partir de julho de 2012.

O GNSS tem sido amplamente usado em levantamentos geodésicos, topográficos, e nos mais diversos usos de posicionamentos e navegação. A capacidade de obter posição relativa com alta precisão na altimetria impôs a necessidade de um melhor conhecimento das ondulações do geóide (N) de modo a compatibilizar a determinação da altitude geométrica (h) com a altitude ortométrica (H). Assim, com o advento do GNSS, o conhecimento do geóide deixou de ser importante no posicionamento horizontal, mas tornou-se importantíssimo no posicionamento vertical (SÁ, 1993).

A forma do geóide está diretamente relacionada ao campo da gravidade da Terra. No entanto, o elipsóide é uma superfície matemática com a forma e dimensões próximas ao geóide e utilizado nos levantamentos geodésicos como uma superfície de referência no posicionamento horizontal. Estas superfícies, geralmente, não são coincidentes e nem paralelas e esta separação entre a superfície do geóide e a do elipsóide é denominada como ondulação ou separação geoidal **N**. Esta ondulação pode atingir até dezenas de metros. A inclinação dessas superfícies, pode chegar a até 1' (um minuto de arco) (GEMAEL, 1999).

Na grande maioria dos trabalhos de posicionamento em obras de engenharia, levantamentos geodésicos e topográficos faz-se necessária a determinação da altitude ortométrica (altitude referenciada ao geóide). Surge então a necessidade de transformar a altitude geométrica obtida no GPS, em altitude ortométrica. Esta transformação, do ponto de vista matemático, constitui-se numa operação simples, envolvendo a altitude geométrica e altura geoidal no ponto. A diferença e a relação entre altitudes ortométricas e geométricas pode ser observada na figura abaixo:

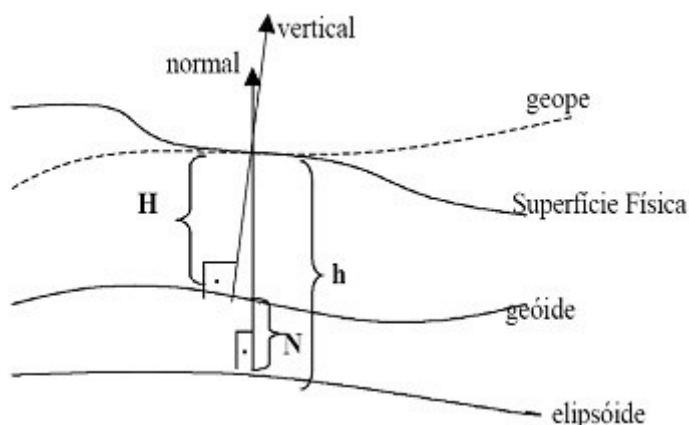


Figura 1 : Relação entre altitude geométrica e ortométrica.

$$H = h - N \text{ (equação 1)}$$

Onde:

H = altitude ortométrica

h = altitude geométrica

N = ondulação geoidal

Define-se **altitude ortométrica** como sendo a distância, contada ao longo da vertical, do geóide ao ponto pertencente à superfície física; a **altitude geométrica** é definida como a distância, contada sobre a normal, da superfície do elipsóide de referência ao ponto; e a **ondulação do geóide** é definida como a distância, contada sobre a normal, da superfície do elipsóide à superfície do geóide (ARANA, 2000).

Há muitos métodos e trabalhos realizados para a determinação da altitude ortométrica, ou ondulações geoidais, com base no GNSS. A maioria dos métodos, no entanto, apresenta incertezas superiores à necessária para obras de engenharia. Na determinação da ondulação do geóide, no modo absoluto, com uso do modelo geopotencial **Earth Gravity Model 96 - EGM96** espera-se uma acurácia de, aproximadamente, 50 cm (ARANA, 2003), ou seja, a “incerteza” da altura geoidal determinada com os

modelos, é superior às precisões aceitáveis nos nivelamentos. Diante disso, faz-se necessária a adoção de técnicas específicas para melhorar a acurácia dos modelos de ondulação geoidal, a fim de tornar os resultados compatíveis com a necessidade dos projetos de engenharia. Uma dessas metodologias propõe a integração entre levantamentos GNSS e sua associação a RAAP – Rede Altimétrica de Alta Precisão e um modelo Geopotencial.

Existem vários modelos de ondulação geoidal. O mais conhecido é EGM96, citado anteriormente. No Brasil, destaca-se o modelo gerado pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP, em parceria com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, que tem uma resolução de 10' de arco. A partir deste, foi desenvolvido um Sistema de Interpolação de Ondulação Geoidal - MAPGEO2004, que fornece a ondulação geoidal (N) em um ponto e/ou conjunto de pontos, referida aos sistemas SIRGAS2000 e SAD69 (LOBIANCO, BLITZKOW e MATOS, 2005). Em abril de 2008, foi publicado o modelo EGM2008, de grau 2190 (NGA, 2008), ou seja, trata-se do modelo mais refinado (de maior/melhor resolução) desenvolvido até a atualidade (SAATKAMP, 2009).

Utilizando-se as efemérides transmitidas, onde a precisão destas é da ordem de 10 à 20 m (SEEBER, 1993), no processamento dos dados GNSS, obtém-se as coordenadas do ponto rastreado no sistema WGS84. Com a finalidade de obter maior precisão e confiabilidade nas coordenadas dos pontos, no processamento dos dados GNSS é interessante utilizar-se das efemérides precisas, referenciadas ao **International Terrestrial Reference Frame 2005** – ITRF05, calculadas (determinadas) e divulgadas pelo **International GPS Service** – IGS, cuja precisão esperada está na ordem de 1 à 2 m. O uso de órbitas precisas proporciona melhora na precisão esperada para o ponto. Principalmente em relação à altimetria isto é particularmente importante, pois a acurácia na determinação altimétrica com uso de GNSS é, de modo geral, menos precisa que na planimétrica.

Alguns autores propõem a integração entre os modelos de ondulação geoidal com o nivelamento e levantamentos GNSS para melhorar a acurácia altimétrica. De acordo com ARANA, isto pode ser facilmente feito em regiões onde existam Referências de Nível – RNs – disponíveis. Entretanto, os resultados são restritos à área de abrangência do levantamento. O objetivo deste trabalho é a determinar ondulações precisas do geóide, integrando levantamentos com GNSS com a utilização de um modelo de ondulação geoidal associado ao nivelamento geométrico, a partir das estações da RAAP.

2 Material e métodos

2.1 Definição da área em estudo

A área estudada está compreendida entre as latitudes 20°05'56"S e 20°27'51"S e entre as longitudes 54°28'37"O e 55°01'00"O, compreendendo partes dos municípios de Campo Grande, Corguinho, Jaraguari, Rochedo e Terenos, na região central do Estado de Mato Grosso do Sul. Engloba uma área total de, aproximadamente, 2281 km².

As altitudes da área em estudo variam de 200 m a 744 m (DSG, 1979), e está compreendida na região denominada Serra de Maracaju.

Esta região foi selecionada por englobar a capital do Estado, onde existe um grande potencial na construção de obras de engenharia e, também, por dispor de linhas de nivelamento em vários sentidos, ao longo das rodovias que saem em várias direções, proporcionando uma distribuição geográfica de RN's adequada para o trabalho. Além disso, não houve possibilidade de realizar um trabalho para uma região mais ampla devido à limitação dos recursos financeiros, tempo necessário para a realização dos levantamentos e disponibilidade de equipamentos.

2.2 Levantamento de informações sobre as Referências de Nível

Após a escolha da região foi feita uma pesquisa sobre a localização das RN's junto ao Banco de Dados Geodésicos do IBGE, que disponibiliza *on-line* os descritivos das estações, com as informações sobre localização, tipo de estação, dados planimétricos e altimétricos, bem como outras informações relevantes.

De posse dos descritivos indicados na região do estudo foram realizadas saídas para campo, a fim de localizar e selecionar estações para a execução do trabalho de levantamento geodésico. Ao todo foram encontradas 6 RN's em boas condições. A grande maioria das estações descritas não foi encontrada, enquanto outras foram encontradas, mas o marco principal está destruído. Na tabela 1 estão listadas as RN's selecionadas:

Tabela 1 : RN's encontradas e selecionadas

Estação	Município	Localização
258A	Campo Grande	Junto ao monumento a Pandiá Calógeras, na Praça Ari Coelho.
258M	Terenos	Na plataforma de embarque da estação ferroviária de Terenos.
258P	Terenos	Na plataforma da estação ferroviária de Pedro Celestino.
1208N	Jaraguari	Na cidade de Jaraguari, a 23 m da margem direita da BR-163.
1208X	Jaraguari	A 26 m da margem esquerda da BR 163, no km 511,6.
1209C	Campo Grande	A 25 m da margem direita da BR 163, no km 499,5.

2.3 Levantamento de campo com GNSS

A ocupação dos marcos das RN's foi efetuada com um receptor GNSS da marca Topcon®, modelo HiperPlus, com os acessórios tripé de alumínio e base nivelante óptica. O equipamento usado tem capacidade de rastrear as fases das portadoras L1/L2, rastreando simultaneamente os sinais dos satélites dos sistemas GPS e GLONASS.

O trabalho de campo foi realizado nos dias 20, 21, 22 e 23 de outubro de 2009. As ocupações dos marcos foram feitas com 02 (duas) horas, segundo a recomendação de Especificações e Normas Gerais para Levantamentos GPS (IBGE, 1993), para linhas de base de até 50 km. Somente a RN 258P foi ocupada por uma hora, por problemas técnicos. As RN's 258A, 258M e 258P não puderam ser lidas diretamente sobre o marco, devido à impossibilidade de instalação do receptor GNSS sobre os mesmos. Para efetuar as leituras a altitude foi transportada com nível para pontos próximos, conforme tabela 2:

Tabela 2 : pontos transportados a partir das RN's

RN	Ponto transportado	
	Azimute (geográfico)	Distância (m)
RN 258A	70°31'18"	7,65
RN 258M	166°47'27"	7,74
RN 258P	0°00'00"	15,83

Os rastreios foram efetuados com o equipamento configurado para o modo estático, com intervalo de gravação de 5 segundos. Nos locais onde foi efetuado o trabalho as condições gerais de rastreio foram boas, exceto a RN 258A, cuja condição foi considerada regular (está no centro da cidade de Campo Grande, havendo prédios altos nas proximidades). Por limitação de tempo para a utilização do equipamento receptor GNSS, foi feito um único rastreio para cada estação. Depois de instalado e nivelado, o equipamento foi ligado e deixado funcionando por pelo menos 10 minutos, antes de ser iniciada a gravação de dados. A medição da altura da antena, particularmente importante por se tratar de um trabalho envolvendo altimetria, foi executada com uma trena metálica previamente aferida.

2.4 Processamento de dados em escritório

No escritório os dados foram extraídos do receptor para um computador pessoal utilizando-se um módulo PCCDU versão 2.1. Para o processamento dos dados foi utilizado o software Topcon Tools® versão 7.1, operando em modo Demo. Como base foram utilizados os arquivos da estação ativa da RIBaC/RBMC de Campo Grande. Optou-se pela adoção dos dados disponíveis no site do INCRA, pois os arquivos são disponibilizados em intervalos de uma hora, com taxa de gravação de 5 segundos (a mesma que foi adotada no levantamento).

Como os dados são disponibilizados pela RIBaC em intervalos de uma hora e as ocupações dos marcos das RN's envolvidas foi de duas horas, tornou-se necessário o agrupamento dos arquivos da base. Para isso, foi utilizado o programa computacional denominado Leica GNSS QC versão 2.2.0, produzido pela Leica Geosystems AG. A versão utilizada pode ser obtida na Internet, sem custos com o pagamento de licença (versão *free*). Com este software é possível concatenar arquivos de observações GNSS em formato *Rinex*, ou seja, unificar arquivos contíguos formando um único. Este foi o método utilizado para concatenar os arquivos da estação utilizada como base para o processamento.

Os dados disponibilizados pelas estações ativas são arquivos brutos, com observações referenciadas ao sistema WGS84. Para melhorar a compatibilidade com o sistema de referência

SIRGAS2000 foram adotadas, no processamento, efemérides precisas disponibilizadas pelo IGS. Estas trazem as correções dos relógios e das órbitas dos satélites, com referência ao ITRF, que é essencialmente idêntico ao SIRGAS2000.

2.5 Análise estatística

Após o processamento dos dados e verificação da qualidade dos resultados procedeu-se às análises dos dados obtidos. O GNSS fornece a altura elipsoidal ou geométrica e as coordenadas horizontais – latitude e longitude. Para a obtenção das altitudes ortométricas foi utilizado o Modelo de Interpolação MAPGEO2004 (IBGE, 2004). Com este modelo foram determinadas as ondulações geoidais aproximadas dos pontos levantados. Como os descritivos das estações RN trazem o valor da altitude ortométrica obtida pelo nivelamento geométrico, é possível determinar a ondulação geoidal precisa, aplicando-se a equação 1.

Obtidos os valores da ondulação geoidal calculados pela equação citada no parágrafo anterior e pelos que foram determinados pelo modelo MAPGEO procedeu-se à análise estatística. Optou-se por trabalhar com as medidas de ondulação em detrimento das altitudes. Essa opção justifica-se pelo fato de que os valores de altitude para a região em estudo são da ordem de centenas de metros, ou seja, várias vezes superiores aos valores típicos de ondulação geoidal, da ordem de metros ou centímetros. Ao comparar valores de altitude muito próximos poderia ocorrer a falsa conclusão de que medidas são estatisticamente iguais. Dessa forma, os dados foram agrupados em uma tabela em que a variável dependente (Y) são os valores calculados pela diferença entre a altitude geométrica e a altitude ortométrica homologada e a variável independente (X), os valores estimados pelo MAPGEO. Foram testados quatro modelos algébricos – linear, quadrático, cúbico e exponencial – para determinar qual se ajusta às observações. O ajustamento dos modelos foi verificado pelo teste F, para $(n - 2)$ graus de liberdade, sendo n o número de observações.

3 Resultados e discussão

3.1 Resultados do levantamento

Após o processamento dos dados verificou-se a qualidade dos resultados, analisando-se as precisões e a integridade dos dados. Verificada a validade das observações o primeiro passo foi proceder às determinações dos valores de altimetria e ondulação geoidal. Na tabela 3 estão descritos os valores encontrados e calculados.

Tabela 3 : valores de altitudes geométrica e ortométrica e de ondulação geoidal, em metros

Estação	Altitude geométrica (GNSS)	Altitude ortométrica (descritivo da RN)	Ondulação geoidal (calculada para a RN)	Ondulação geoidal (MAPGEO)
RN 258A	540,4351	538,5778	1,8573	1,7900
RN 258M	440,9196	438,2146	2,7050	2,6300
RN 258P	299,6629	296,3115	3,3514	3,1500
RN 1208N	552,7302	551,7526	0,9776	0,7300
RN 1208X	725,6286	724,3927	1,2359	1,0700
RN 1209C	651,3774	649,9344	1,4430	1,3200

Pela análise da tabela pode-se inferir que, na região em estudo, os valores de ondulação geoidal são positivos, ou seja, a altitude geométrica é maior que a altitude ortométrica. Outro fato a ser observado é amplitude dos valores de ondulação, que variaram de menos de 1 metro (RN 1208N) a mais de 3 metros (RN 258P). Essa ocorrência é coerente com as características do campo de gravidade da Terra. Conforme ARANA, 2000 as superfícies do geóide e do elipsóide não são paralelas, o que explica a variação encontrada.

3.2 Avaliação dos modelos matemáticos

Quatro modelos matemáticos predefinidos foram testados, conforme descrito no item 2.5. Os gráficos com as equações podem ser visualizados a seguir. Na figura 2 tem-se o modelo linear, que teve um ajuste razoável, com R^2 igual a 0,9945. Na avaliação do ajuste pelo teste F o valor calculado mostrou-

se suficiente para a aceitação, ou seja, superou o valor tabelado. Para os modelos quadrático e cúbico a situação foi semelhante, porém os valores de R^2 foram ligeiramente superiores. Na figura 3 temos o valor de R^2 igual a 0,9999 para o modelo quadrático, enquanto na figura 4 tem-se o valor de 1,0000 para o modelo cúbico. Já o modelo exponencial (figura 5) apresentou um coeficiente de determinação um pouco menor, com o valor de 0,9880. Analisando-se pelo valor dos coeficientes de determinação, tem-se que os quatro modelos testados têm elevada correlação entre as variáveis, indicando possibilidade de aplicação no cálculo de correção da ondulação geoidal.

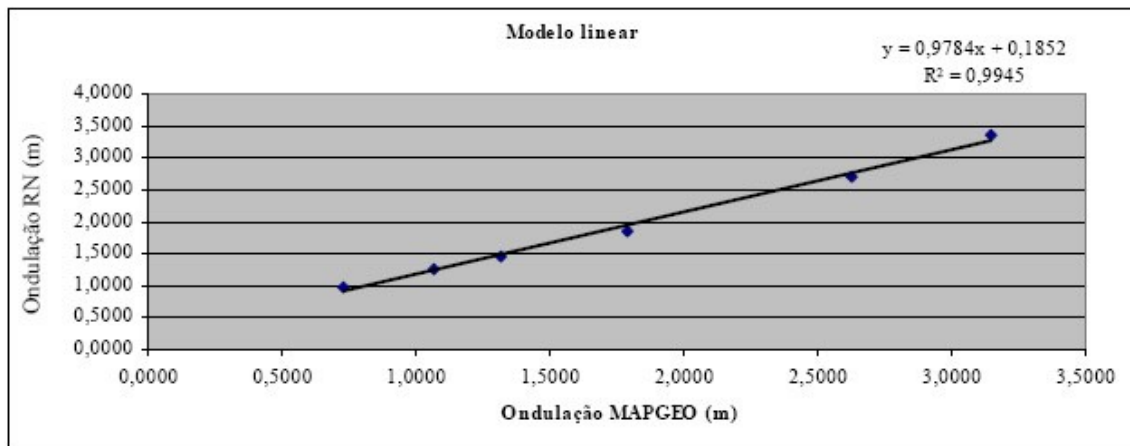


Figura 2 : Gráfico e equação do modelo linear

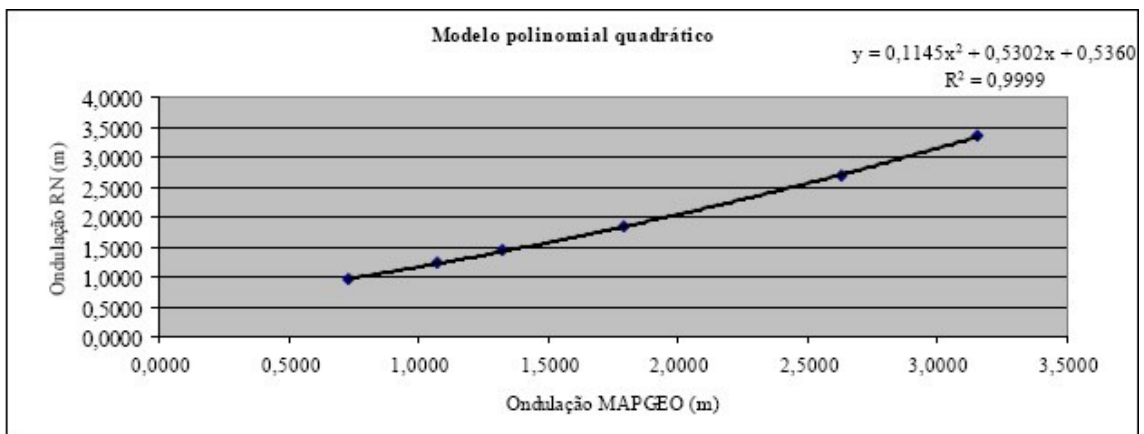


Figura 3 : Gráfico e equação do modelo polinomial quadrático

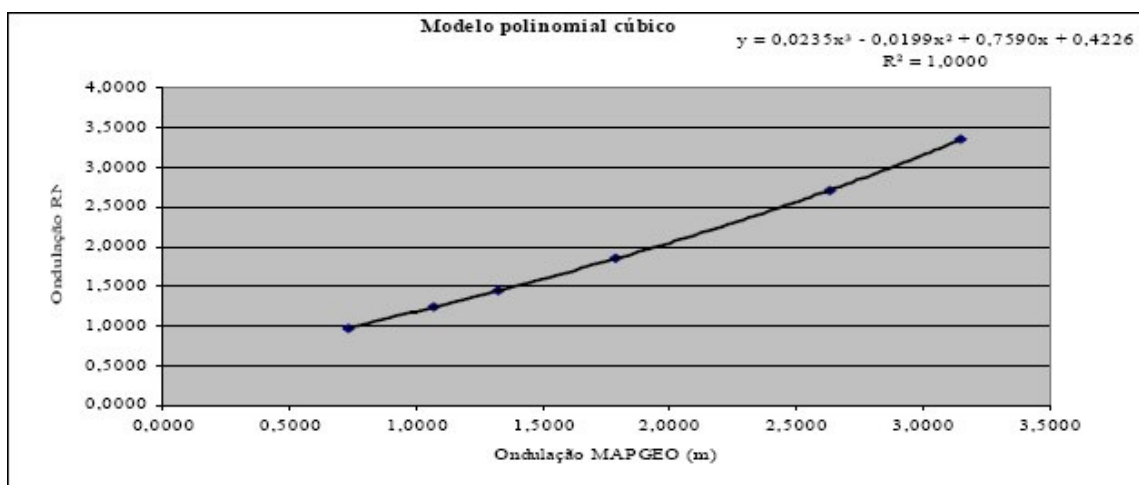


Figura 4 : Gráfico e equação do modelo polinomial cúbico

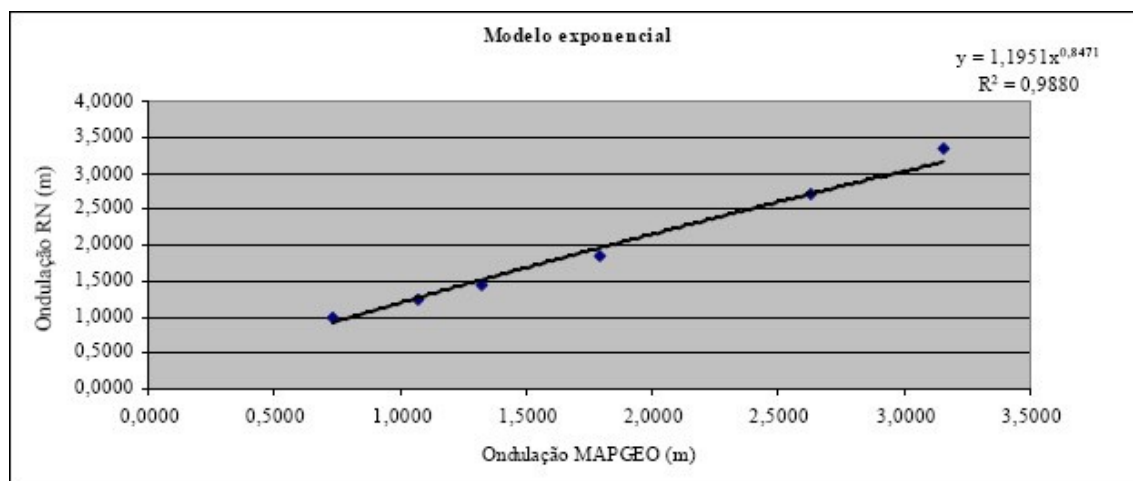


Figura 5 : Gráfico e equação do modelo exponencial

3.3 Comparação dos resultados calculados pelos modelos

A aceitabilidade dos modelos foi baseada na realização do teste F de Snedecor, para $F_{(1;n-2)}$, sendo 1 os graus de liberdade do numerador e $(n - 2)$ graus de liberdade do denominador, ao nível de confiança de 95%. Sendo $n = 6$ (número de observações), tem-se o valor de 4 para os graus de liberdade do denominador. De acordo com a tabela de F, valor crítico para a situação em estudo é 7,71. Na tabela 4 estão expressos os valores de F calculados e a condição de suficiência do modelo.

Tabela 4 : valores calculados pelo teste F de Snedecor

Modelo de regressão	F calculado	F tabelado	Aceitabilidade
Linear	720,25	7,71	Aceito
Quadrático	32841,71	7,71	Aceito
Cúbico	245548,84	7,71	Aceito
Exponencial	266,41	7,71	Aceito

De acordo com os dados da tabela acima todos os quatro modelos matemáticos são válidos, ou seja, foram suficientes para calcular a ondulação geoidal referente ao Datum Vertical Imbituba, a partir dos valores estimados pelo MAPGEO2004.

A aplicabilidade dos modelos pode ser verificada pela análise dos resíduos dos modelos matemáticos. Na tabela 5 estão expostos os valores observados (descritivo da estação) e os valores calculados. Na tabela 6 estão expressos os erros correspondentes.

Tabela 5 : valores de ondulação geoidal observados e calculados, em metros

Estação	Valor oficial	Valor calculado pelos modelos matemáticos			
		Linear	Quadrático	Cúbico	Exponencial
RN 258A	1,8573	1,9365	1,8519	1,8521	1,9570
RN 258M	2,7050	2,7584	2,7224	2,7084	2,7111
RN 258P	3,3514	3,2671	3,3422	3,3502	3,1589
RN 1208N	0,9776	0,8994	0,9840	0,9751	0,9154
RN 1208X	1,2359	1,2321	1,2344	1,2407	1,2656
RN 1209C	1,4430	1,4767	1,4353	1,4438	1,5119

Tabela 6 : erros de cada um dos modelos

Estação	Valor oficial (m)	Erro do modelo (cm)			
		Linear	Quadrático	Cúbico	Exponencial
RN 258A	1,8573	-7,92	0,54	0,52	-9,97
RN 258M	2,7050	-5,34	-1,74	-0,34	-0,61
RN 258P	3,3514	8,43	0,92	0,12	19,25
RN 1208N	0,9776	7,82	-0,64	0,25	6,22
RN 1208X	1,2359	0,38	0,15	-0,48	-2,97
RN 1209C	1,4430	-3,37	0,77	-0,08	-6,89

Os valores expressos na tabela 5 mostram coerência e confirmam os resultados esperados, de acordo com os resultados do coeficiente de determinação, acima de 0,9 para os quatro modelos. No entanto, as estimativas variaram para mais ou para menos. A tabela 6 expressa os valores dos erros dos modelos em relação ao descritivo. Analisando os resultados, pode-se verificar que dois modelos apresentaram grande acurácia, enquanto os outros foram menos precisos. Como foi feita uma única coleta de dados para cada estação, não foi possível realizar a análise de variância para ter-se uma análise estatística mais apurada de comparação entre os modelos. No entanto, ao analisar os dados absolutos, é possível perceber que os modelos linear e exponencial apresentaram valores de amplitude dos erros maiores que os modelos quadrático e cúbico. Para as regressões linear e exponencial a amplitude do erro foi de 16,35 e 29,22 cm, respectivamente, o que pode ser um erro considerável para levantamentos precisos. Já para as regressões quadrática e cúbica a amplitude foi de 2,66 e 1,00 cm, respectivamente, ou seja, o valor calculado por estes dois modelos está bem próximo do valor real, sendo adequados para a maioria dos levantamentos altimétricos em que se utiliza o GNSS.

4 Considerações finais

Os sistemas GNSS possuem limitação quando se trata da determinação da altimetria, uma vez que as altitudes determinadas com o uso dessa tecnologia são geométricas, não possuindo significado físico. Na maioria das obras de engenharia faz-se necessário o conhecimento das altitudes ortométricas. Estas duas grandezas estão relacionadas pela ondulação do geóide.

O presente trabalho apresenta uma proposta para realizar a integração do modelo de interpolação MAPGEO com levantamentos por GNSS em RN's, a fim de obter modelos de ondulação geoidal local. A metodologia pode ser facilmente reproduzida pelos usuários, de acordo com as informações contidas no item 2., subitens 2.2 a 2.5.

A determinação da ondulação pelo MAPGEO2004 tem acurácia esperada de 0,5 m. Os quatro modelos estudados apresentam boa acurácia, sendo que os modelos quadrático e cúbico mostram-se mais precisos, com amplitude de erro absoluta menor que 3 cm. Isso indica que estes são os mais adequados para a região em estudo, embora essa afirmação necessite de confirmação, visto que foi feita apenas uma observação em cada RN.

O objetivo principal do trabalho foi atingido, na medida em que se pôde melhorar a acurácia da estimativa da ondulação do geóide com a metodologia proposta. No entanto, os modelos apresentados têm validade apenas para a região em estudo. Com base nas constatações, sugere-se:

- Repetir as observações, a fim de validar os modelos propostos e possibilitar a análise estatística comparativa entre eles;
- Realizar o estudo em outras regiões do Estado de Mato Grosso do Sul, para obter um modelo regional apurado;
- Desenvolver aplicativos computacionais que integrem o modelo local ao modelo MAPGEO2004, para possibilitar determinação direta da ondulação geoidal precisa.

Os resultados deste trabalho mostram a viabilidade da integração entre dados do nivelamento geométrico e o uso do MAPGEO, para determinação de altitudes ortométricas em levantamentos por GNSS. A metodologia poderá ser facilmente aplicada em regiões onde existem RN's disponíveis, sendo recomendada para aplicação em obras de engenharia de modo geral.

5 Referências bibliográficas

Arana, J. M. *O uso do GPS na elaboração da carta geoidal*. 2000, 180f. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

_____. *Determinação da ondulação geoidal com uso do GPS/nivelamento*. In: XXI Congresso Brasileiro de Cartografia, 2003, Belo Horizonte. Anais do XXI Congresso Brasileiro de Cartografia, 2003.

Carvalho, L. V. O. *GPS – GLONASS – GALILEO*. Disponível em: <<http://leivan.wordpress.com/2007/09/21/gps-galileo-glonass/>>. Ac: 13/nov/2009

DSG. *Cartas topográficas*. Folhas S21-X-B-II e S21-X-B-III. Rio de Janeiro, 1969. Escala 1:100.000

ESA. *The future: Galileo*. Disponível em: < <http://www.esa.int/esaNA/galileo.html>>. Ac: 10/nov/2009.

Gemael, C. *Introdução a geodésia física*. Curitiba: Editora da UFPR, 1999.

IBGE. *Banco de dados geodésicos*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Ac: 17/nov/2009.

INCRA. *Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais*. 1ª ed. Brasília, 2003.

Lobianco, M. C. B.; Blitzkow, D.; Matos, A. C. O. C. *O novo modelo geoidal para o Brasil*. In: IV Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas. In: IV Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas, 2005, Curitiba. Anais do IV Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas, 2005.

Monico, J. F. G. *Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações*. 2.ed. São Paulo: Editora UNESP, 2008.

NGA. *Earth gravitational model 2008 (EGM 2008)*. WGS84 Version. Disponível em: <<http://earth-info.nga.mil/GandG/wgs84/gravitymod/egm2008/index.html>>. Ac: 20/out/2009.

Sá, N. C. *Um geóide para aplicações do GPS em Geociências*. In: III Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica: Rio de Janeiro, 1993. v. 1. p. 584-589.

Saatkamp, E. D.; Moraes, C. V.; Farret, J. C. *Avaliação do modelo geoidal EGM2008 para o Brasil*. In: XIV Simpósio de Sensoriamento Remoto, 2009, Natal. Anais do XIV Simpósio de Sensoriamento Remoto, abr. 2009. p. 4303-4310.

Seeber, G. *Satellite geodesy: foundations, methods and applications*. Berlim: Walter de Gruyter, 1993.