
DETERMINAÇÃO DO MODELO GEOIDAL LOCAL PRELIMINAR DA RMR E PARTE DO AGRESTE DE PERNAMBUCO POR MEIO DE GPS/NIVELAMENTO

MICHAEL ANTÃO DOS SANTOS¹
ANDRÉA DE SEIXAS¹
JOAQUIM ALVES MOTTA²
ADEILDO ANTÃO DOS SANTOS¹

Universidade Federal de Pernambuco - UFPE
Centro de Tecnologia e Geociências - CTG

¹Departamento de Engenharia Cartográfica, Recife, PE

²Departamento de Geologia, Recife, PE

michaelantao@yahoo.com.br, aseixas@ufpe.br, jam@ufpe.br, aantao@ufpe.br

RESUMO – O conhecimento da altitude ortométrica é de grande importância para trabalhos realizados nas obras de Engenharia e na Cartografia. O emprego do Sistema de Posicionamento Global tem proporcionado uma forma de determinação da altitude ortométrica a partir do conhecimento da ondulação geoidal e da altitude elipsoidal. Este trabalho tem por objetivo descrever a metodologia empregada para a determinação de uma superfície geoidal local preliminar da Região Metropolitana do Recife. Para isso foram escolhidos 15 vértices dos pontos de triangulação definidos pelo IBGE, compreendidos entre a área do Litoral, a Zona da Mata e o início do Agreste de Pernambuco, para a aplicação do método GPS/Nivelamento. O produto dessas medições foi utilizado em um modelo matemático que melhor representa essa área em estudo. Desta forma serão apresentados os resultados do processamento das linhas de base e ajustamento da rede e a superfície geoidal local resultante $N = 8,847544e^{-6}X - 2,788156e^{-7}Y - 5,6619758$. Em síntese, têm-se sete etapas: escolha da área para estudo; reconhecimento da área; planejamento de campanha para rastreamento GPS; trabalho de campo – rastreamento GPS; processamento; ajustamento das linhas de base; e cálculo do geóide local. Os resultados encontrados após todo levantamento e processamento dos dados observados, mostraram uma oportunidade de realizar a determinação do geóide local, através de uma metodologia baseada nos rastreios com GPS/Nivelamento.

ABSTRACT – The Knowledge of the orthometric altitude is of great importance to work in Engineering and Cartography. The use of Global Positioning System (GPS) has provided a way of determining the orthometric height from the knowledge of the geoid undulation (N) and ellipsoidal height (h). This paper aims to describe the methodology in the determination of a preliminary local geoidal surface in the Metropolitan Region of Recife. It was chosen for this, fifteen (15) vertices of the triangulation points defined by IBGE, located among the coastal area, forestall zone and the beginning of the arid area of Pernambuco, for applying the method of GPS / Leveling. The result of these measurements was used in a mathematical model that should be the best representation of the study area. Thus it will be presented the results of the processing of the baselines and adjustment of the network and result of the experiment for the local geoidal surface $N = 8,847544e^{-6}X - 2,788156e^{-7}Y - 5,6619758$. In summary, the research was classified in seven steps: choice of study area, recognition of the area; campaign planning for GPS tracking, field work - GPS tracking, processing, adjustment of the baselines, and calculation of the local geoid. The results found out, after all collection and processing of the observed data, the opportunity to realize, the determination of the local geoid through application of the methodology based on survey with GPS / leveling.

1 INTRODUÇÃO

A atividade geodésica aliada aos equipamentos de última geração, no âmbito do Sistema de Posicionamento Global (GPS), tem mostrado que a utilização do GPS vem proporcionando uma forma de determinação da altitude ortométrica a partir do conhecimento da ondulação geoidal (N). Assim, uma metodologia, com base na determinação de

Redes Geodésicas amarradas ao campo de pontos definidores das Redes Geodésicas do IBGE, não necessariamente de primeira ordem, é de grande relevância. Desta forma, o desenvolvimento futuro de modelagem de terrenos aplicados à Engenharia e Cartografia poderá ser realizado com o emprego do GPS, o qual propiciará a determinação da altitude ortométrica por meio de interpolação geométrica a partir de um modelo matemático melhor ajustado à área.

Normalmente, não existe uma Referência de Nível nas proximidades do local da intervenção de uma obra de Engenharia, havendo a necessidade de implantação de um ponto com altitude ortométrica (H) referencial no local dos serviços. Surge, então, a necessidade de transformar a altitude geométrica (h) ou elipsoidal obtida com GPS, em altitude ortométrica (H), altitude essa referenciada ao geóide. Neste contexto, o estudo para a determinação de um modelo geoidal local por meio de posicionamento com GPS/Nivelamento contribui para o desenvolvimento na determinação apropriada de dados altimétricos para utilização na Engenharia e Cartografia. Para poder obter uma maior consistência no resultado final, também foi determinado o modelo geoidal local pelo método gravimétrico, cuja determinação não será abordada nesse trabalho.

Este artigo tem por objetivo descrever a metodologia empregada para a determinação de uma superfície geoidal local preliminar da Região Metropolitana do Recife (RMR). Para isso foram escolhidos 15 (quinze) vértices dos pontos de triangulação definidos pelo IBGE, compreendidos entre o Litoral, Zona da Mata e início do Agreste de Pernambuco, para a aplicação do método GPS/Nivelamento. O resultado dessas medições foi utilizado em um modelo matemático que melhor representa essa área de estudo. Neste contexto serão apresentadas as etapas realizadas, os resultados do processamento GPS/Nivelamento e a superfície geoidal local resultante.

2 DETERMINAÇÃO DO GEÓIDE LOCAL POR MEIO DE GPS/NIVELAMENTO

O embasamento para o estabelecimento da metodologia empregada neste trabalho abrange a definição das superfícies de referência; a relação entre as altitudes e as superfícies de referência; o cálculo da ondulação geoidal; e o posicionamento GPS (SEEBER, 2003).

As definições de superfícies de referência são de suma importância para o entendimento sobre superfícies geoidais. Estas definições referem-se à forma da Terra e do campo de gravidade externo da Terra.

Segundo Gemael (1999), rotineiramente, um geodesta trabalha com três formas representativas para a Terra. São elas:

- a) A superfície física (superfície topográfica) onde são realizadas as operações geodésicas e que corresponde ao aspecto exterior e irregular da superfície terrestre;
- b) A superfície geoidal, representada por uma superfície equipotencial da gravidade melhor ajustada globalmente ao NMM;
- c) A superfície elipsoidal por ser uma superfície matematicamente trabalhável onde serão realizados os cálculos geodésicos.

Conforme Torge (2001), o geóide é usado como superfície de referência para as altitudes e profundidades, definindo-se a altitude ortométrica de um ponto da superfície da Terra como a distância linear entre o ponto e o geóide medida ao longo da linha vertical do lugar.

Molodensky, in Vanicek e Krakiwsky (1982), introduziu a definição do quase-geóide como uma aproximação relativa ao geóide para aplicações práticas, a fim de resolver os problemas nos cálculos geoidais. A separação entre o quase-geóide e o elipsóide corresponde à anomalia de altitude (ζ) que pode ser calculada teoricamente (BLITZKOW & DE FREITAS, 2004). Nesse sistema, também é definida uma outra superfície, o teluróide, cuja altitude em relação ao elipsóide H^N (altitude normal) corresponde à altura entre a superfície física da Terra e o quase-geóide (Figura 1).

Blitzkow et al. (2004), citam a Terra normal como um elipsóide de revolução que possui a mesma massa e velocidade de rotação da Terra real, com esferopotencial de gravidade sobre sua superfície igual ao geopotencial de gravidade da Terra real na superfície do geóide. A Figura 1 acima relaciona a superfície física, elipsoidal, geoidal, o teluróide e o quase-geóide.

Estudos integrados utilizando técnicas GPS/Nivelamento e gravimétrica têm permitido a obtenção de resultados cada vez melhores, possibilitando uma qualidade melhor para a definição de um modelo geoidal mais apurado. O posicionamento GPS tem a finalidade de determinar não só as coordenadas de latitude e longitude dos pontos, mas principalmente a altitude elipsoidal para ser utilizada no modelo geoidal.

A seguir serão apresentadas as etapas realizadas, os resultados do processamento e a superfície geoidal local resultante.

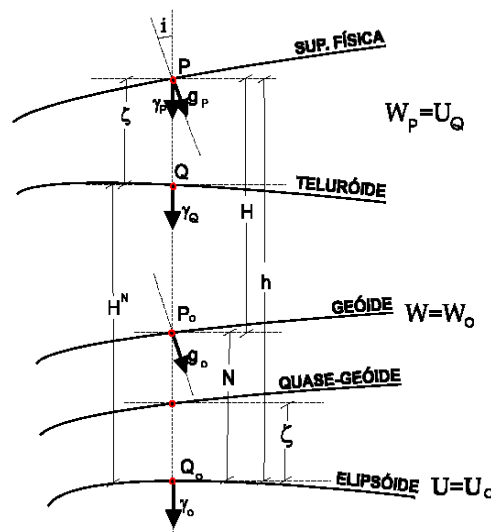


Figura 1 – Relação entre superfícies. Fonte: BLIZTKOW, CAMPOS e FREITAS (2004).

2.1 Escolha da área

A região onde foi desenvolvida a pesquisa tem uma área de aproximadamente 7.360 km² e compreende o Litoral, Zona da Mata e Agreste do Estado de Pernambuco. Constata-se que nesta área de desenvolvimento da pesquisa desde a implantação das RRNN pelo IBGE, a região passou por muitas transformações, melhorias nas vias, com duplicações, recuperação, dentre outras. Houve muitas mudanças nas escolhas dos locais, onde quase não existem mais RRNN (Referências de Nível) em bom estado de conservação, restando apenas as Igrejas, as quais em sua grande maioria mantiveram o bom estado das RRNN. A Figura 2 apresenta um exemplo de RN (Referência de Nível) encontrada e materializada com uma chapa cravada ao lado direito da porta principal da Igreja Matriz de São Lourenço da Mata (RN 391-L). A partir de uma lista disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), foram selecionadas todas as RRNN constantes na lista que faziam parte da área escolhida para o trabalho. Nesta lista existe o nome da RN, a localização, as coordenadas (latitude, longitude e altitude elipsoidal).



Figura 2 – RN 391 – L materializado com chapa cravada ao lado direito da porta principal da Igreja Matriz de São Lourenço da Mata-Pe. Fonte: O AUTOR (2007).

2.2 Reconhecimento da área

Foi feito um reconhecimento minucioso de todas as RRNN, definindo-se 15 RRNN neste trabalho. O principal objetivo da etapa do reconhecimento foi a de obter um primeiro contato com a região de estudo, observando a facilidade

de acesso às RRNN. Como as RRNN mais bem conservadas estão localizadas nas Igrejas e que por sua vez estas são cravadas na sua porta principal, foi constatado, nesta etapa, a necessidade de se empregar mais uma técnica de medição, com o emprego do nivelamento geométrico. Foi dada uma atenção especial para diagnosticar possíveis obstruções dos sinais GPS e multi-caminhos (*multipath*), havendo-se necessidade, então, de utilizar estações excêntricas (Figura 3).

As estações excêntricas foram implantadas a uma distância máxima de 20m das respectivas RRNN. As estações excêntricas foram determinadas para eliminar possíveis bloqueios dos sinais causados por construções civis ou por vegetações próximas às RRNN, ou ainda, por reflexos indesejáveis geradores de multicaminhos (*multipath*).

O desnível entre a estação excêntrica e a RN original foi determinado por nivelamento geométrico, onde se executou o nivelamento e contra-nivelamento. Não houve nenhum caso com a necessidade de mais de um lance, desta forma verificou-se que a maior discrepância aceita entre o nivelamento e contra nivelamento foi de 2 mm. Essas observações foram realizadas com o nível Kern GK-1 e acessórios.



Figura 3 – Estação excêntrica da Igreja Matriz de São Lourenço da Mata. Foto: O AUTOR (2007).

2.3 Planejamento

Com as RRNN encontradas foi feito um planejamento de campanha para rastreamento GPS de forma a montar a melhor configuração geométrica (Figura 4). O nome de cada vértice da rede geodésica levantada com GPS foi dado a partir do nome de cada município e RN ocupada: CSA (Cabo de Santo Agostinho), ECD (Escada), GLR (Glória de Goitá), GVT (Gravatá), IGR (Igarassu), JBT (Jaboatão dos Guararapes), LMR (Limoeiro), MRN (Moreno), PDL (Paudalho), PLT (Paulista), PTZ (Pontezinha), SLM (São Lourenço da Mata), SRN (Siriinhaém), VSA (Vitória de Santo Antão) e MCZ (Marco Zero).

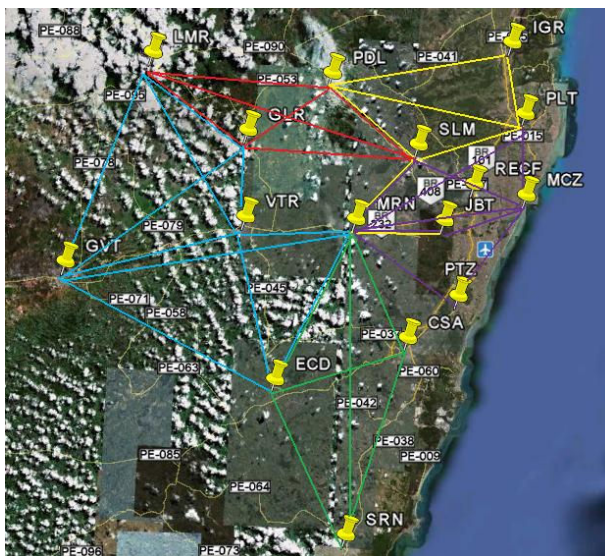


Figura 4 – Localização dos vértices na área em estudo. Fonte: Google (2011).

2.4 Trabalho de campo – Rastreo GPS

Foram empregados 02 (dois) pares de receptores de dupla frequência: modelos Rascal e 4000SST. Ambos foram utilizados simultaneamente, configurando quadriláteros completos, ou seja, lados e diagonais, e assim garantir maior rigidez nas figuras geométricas observadas.

Considerando que a distância média entre os vértices seria de 30 km, e que o vértice mais distante do Recife, onde se encontra a RBMC (**R**ede **B**rasileira de **M**onitoramento **C**ontínuo), teria apenas 80 km de distância do Recife, verificou-se que 60 minutos de rastreamento com ângulo de elevação de 15° com uma taxa de coleta de dados GPS de 15 segundos seriam suficientes para obter resultados confiáveis.

O rastreo de figuras formando um quadrilátero proporcionou levantar várias vezes a mesma linha de base, uma vez que quando terminava o primeiro rastreo apenas dois receptores e antenas GPS mudavam de posição, ocupando outras RRNN, e os outros dois receptores GPS continuavam rastreando até o término do rastreo deste outro quadrilátero formado. No final de cada dia de trabalho, os dados eram descarregados para liberar os equipamentos para novos rastreios, sem ter a preocupação de perda de dados (SANTOS, 2009).

2.5 Processamento

Para o processamento das linhas de base e ajustamento da rede, adotou-se o *software* TGO (Trimble Geomatic Office) e para o tratamento dos dados foram utilizados os softwares GrafNav e GrafNet do fabricante Allen Osborne Associates (AOA) dos receptores RASCAL.

Neste caso, os dados de campo dos receptores RASCAL tiveram que ser convertidos para arquivo RINEX (**R**eceive **I**ndependence **E**Xchange) e para assim serem utilizados pelo *software* TGO.

Para todas as linhas de base calculadas adotaram-se as coordenadas em SIRGAS2000 do vértice da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – Estação RECF) como fixas ($\phi = 8^{\circ}03'03,4697''$; $\lambda = 34^{\circ}57'05,4591''$; $h = 20,18$ m; Fonte: IBGE) pelo fato de ser um equipamento ligado 24 horas/dia, e estes dados são fornecidos via internet através do site do IBGE.

Quase que em sua totalidade as linhas de base apresentaram a necessidade de alguma mudança durante o processamento em sua configuração para que os dados ficassem mais refinados, pois a configuração original de rastreo trouxe algumas falhas, tais como interrupções, interferências, dentre outras. Todas estas modificações são possíveis dentro de certos critérios para que se possa atingir a precisão: *fixação da ambigüidade – solução livre de ionosfera; índice de variação; variação de referência e RMS* (Root Mean Square Error). Com esta modificação, procurou-se atingir o critério adotado de precisão. Em (SANTOS, 2009) podem ser vistos os critérios adotados para o cálculo de linha de base e de análise para a determinação da qualidade da solução de linha de base.

Em relação a este trabalho todas as soluções tiveram suas resoluções em fixada a ambigüidade, logo não foi necessária a volta ao campo para refazer algum levantamento. Um outro elemento importante a ser considerado no processamento é o Pdop (Position Dilution of Precision). Este tem sua unidade em m/ciclo. Quando seus valores estão abaixo do valor de 0,4/ciclos o TGO dá um resultado satisfatório, com uma boa solução para ambigüidade. Uma geometria de satélites de boa qualidade indica que o tempo de rastreo foi suficiente, e por fim com o Pdop baixo e o ratio bom significa dizer que as condições atmosféricas eram favoráveis na hora do rastreo sem interferências, tais como: antenas e fios de alta tensão. Em (SANTOS, 2009) também podem ser vistas as considerações sobre o Pdop.

2.6 Ajustamento das linhas de base

O ajustamento envolvendo todas as linhas de base foi efetuado pelo programa TGO. O critério de confiança adotado foi de 95% para o limite de tolerância. A Tabela 1 mostra as coordenadas ajustadas e descreve também a transformação das coordenadas geodésicas para coordenadas UTM em SIRGAS2000 e essa transformação foi efetuada pelo programa TCGeo fornecido pelo IBGE.

Tabela 1 – Coordenadas (φ , λ ,h) ajustadas no Sistema WGS'84. Fonte:TGO e Coordenadas UTM (E,N) dos vértices ajustados.

RNs	Latitude (S)	Erro N (m)	Longitude (W)	Erro L (m)	N (m)	E (m)	Altitude elipsoidal l - h - (m)	Erro alt (m)
IGR	7°50'02,92106"	0,014	34°54'22,24461"	0,025	9133560,937	289819,008	15,075	0,055
PDL	7°53'44,93349"	0,014	35°10'39,93716"	0,030	9126592,883	259896,037	64,348	0,057
PLT	7°56'25,85899"	0,006	34°52'47,76337"	0,007	9121808,357	292766,845	7,621	0,018
SLM	7°59'46,56140"	0,009	35°02'23,63953"	0,014	9115557,866	275156,673	53,594	0,033
JBT	8°06'30,49252"	0,011	34°59'38,13936"	0,011	9103171,175	280286,394	23,771	0,029
MRN	8°06'50,63850"	0,005	35°07'42,41786"	0,006	9102476,820	265460,113	104,582	0,022
CSA	8°17'19,41788"	0,027	35°02'21,33421"	0,057	9083206,271	275390,443	24,061	0,209
ECD	8°21'45,76145"	0,044	35°14'17,15843"	0,030	9074903,074	253525,707	103,789	0,073
SRN	8°35'28,54753"	0,011	35°07'00,12369"	0,028	9049693,081	267038,708	43,146	0,221
MCZ	8°03'47,38625"	0,006	34°52'16,09992"	0,008	9108246,988	293798,428	-2,219	0,039
PTZ	8°13'14,47371"	0,010	34°57'56,76776"	0,011	9090773,390	283450,940	1,67	0,051
LMR	7°52'46,76454"	0,015	35°27'12,64736"	0,034	9128211,775	229466,029	132,212	0,063
GLR	7°59'21,87510"	0,011	35°18'04,11390"	0,023	9116164,651	246343,391	130,953	0,074
GVT	8°12'10,85130"	0,008	35°34'04,52539"	0,013	9092353,396	217067,159	441,328	0,117
VTR	8°07'12,53788"	0,005	35°17'49,37440"	0,006	9101702,419	246876,245	139,715	0,057

2.7 Cálculo do geóide local

O objetivo desta sub-seção é a modelagem dos dados adquiridos no levantamento GPS/Nivelamento para definir um modelo matemático que viabilize a determinação geoidal na região sem o uso do nivelamento geométrico, ou seja, através de levantamento de uma linha de base por GPS poder-se-á determinar por interpolação geométrica a altitude ortométrica do ponto usando as coordenadas tridimensionais das RRNN, determinadas nessa pesquisa, e o modelo matemático.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, através da Coordenação de Geodésia - CGED, e a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - EPUSP, geraram um Modelo de Ondulação Geoidal com uma resolução de 10' de arco e desenvolveram o Sistema de Interpolação de Ondulação Geoidal - MAPGEO2004.

A Tabela 2 dos vértices que compõem a área estudada apresentada as altitudes (Referência de Nível – RN). Esta Tabela mostra a ondulação geoidal determinada pela diferença entre a altitude elipsoidal determinada pelo GPS/Nivelamento e as RRNN ocupadas, mostra também a ondulação geoidal (N^{cal}) determinada através do programa MAPGEO2004 fornecido pelo IBGE. Este programa encontra-se no site www.ibge.com.br. Na última coluna verifica-se a diferença entre as ondulações geoidais observadas e a calculadas.

Tabela 2 – Altitudes e Ondulação Geoidal calculada com o MAPGEO2004.

Vértice	Alt. Elipsoidal	Alt. Ortométrica	N^{cal} (m)	$N^{OBS} = h-H$ (m)	$N^{OBS} - N^{cal}$
IGR	15,075	20,330	-5,55	-5,255	0,295
PDL	64,348	69,777	-5,12	-5,429	0,131
PLT	7,621	13,216	-5,79	-5,595	-0,025
SLM	53,594	59,101	-5,60	-5,507	0,073
JBT	23,771	29,673	-5,90	-5,902	-0,312
MRN	104,582	109,876	-5,63	-5,294	0,306
CSA	24,061	29,935	-6,04	-5,874	-0,264
ECD	103,789	109,567	-5,88	-5,778	-0,158
SRN	43,146	49,253	-6,35	-6,107	-0,477
MCZ	-2,219	4,700	-6,09	-6,919	-1,279
PTZ	1,670	7,648	-6,20	-5,978	-0,328
LMR	132,212	137,819	-4,67	-5,607	0,053
GLR	130,953	136,366	-5,12	-5,413	0,257
GVT	441,328	447,182	-5,31	-5,854	-0,174
VTR	139,715	145,463	-5,45	-5,748	-0,058

Desta Tabela tira-se a seguinte conclusão em valores absolutos: Média da diferença = 0,279 m; Valor máximo da diferença = 1,279 m; Valor mínimo da diferença = 0,025 m. O vértice Marco Zero (MCZ) não faz parte do Sistema de Referência do IBGE, sendo assim excluído do modelo matemático.

Pode-se definir um modelo que melhor se ajuste as condições locais através do plano inclinado (KING, 1985):

$$N = AX + BY + C . \quad (1)$$

Onde a ondulação geoidal para um determinado local é conhecida quando se conhece os parâmetros A, B e C.

Sendo X e Y valores conhecidos, tal que:

N – ondulação geoidal

A, B e C – parâmetros definidores da equação

X - diferença entre a ordenada do ponto e a ordenada média da área:

$$X = N - N_M . \quad (2)$$

N = Coordenadas em UTM ao Norte;

N_M = Média das coordenadas em UTM ao Leste;

Y - diferença entre a abscissa do ponto e a abscissa média da área:

$$Y = E - E_M . \quad (3)$$

E = Coordenadas em UTM ao Leste;

E_M = Média das coordenadas em UTM ao Leste.

Estudaram-se os modelos das equações (1), e como pode ser visto no ajustamento foi utilizado o método paramétrico com a seguinte equação:

$$AX = L . \quad (4)$$

Cuja solução é dada por (GEMAEL, 1999):

$$X = N^{-1}U . \quad (5)$$

Com

$$N = A^T P A \quad e \quad U = A^T P L$$

A matriz dos coeficientes é dada pelas coordenadas em UTM e a ondulação geoidal calculada, veja Tabela 3 a seguir.

Tabela 3 – Formação da matriz A e L

RN	$N - N_M = A[i,1]$	$E - E_M = A[i,2]$	$A[i,3]$	$N^{OBS} = L[i]$
IGR	30691,216	26780,17286	1	-5,255
PDL	23723,162	-3142,798143	1	-5,429
PLT	18938,636	29728,00986	1	-5,595
SLM	12688,145	12117,83786	1	-5,507
JBT	301,454	17247,55886	1	-5,902
MRN	-392,901	2421,277857	1	-5,294
CSA	-19663,450	12351,60786	1	-5,874
ECD	-27966,647	-9513,128143	1	-5,778
SRN	-53176,640	3999,872857	1	-6,107
PTZ	-12096,331	20412,10486	1	-5,978
LMR	25342,054	-33572,80614	1	-5,607
GLR	13294,930	-16695,44414	1	-5,413
GVT	-10516,325	-45971,67614	1	-5,854
VTR	-1167,302	246876,245	1	-5,748

Cuja solução, através da equação (1) para o modelo foi:

$A = 8,847454488732229e-006$; $B = -2,788156200827332e-007$; $C = -5,661975762351019$.

Tal que:

$$N = 8,847544e^{-6}X - 2,788156e^{-7}Y - 5,6619758$$

Ressalta-se que não foi realizada neste trabalho uma atualização com respeito ao programa MAPEGEO2010, pois na época da realização da pesquisa de mestrado o mesmo não existia.

3 CONCLUSÕES

Este trabalho mostra que o emprego do GPS/NIVELAMENTO, pode através do seu alto nível de precisão proporcionar para a região em estudo a construção de um modelo da ondulação geoidal, levando assim o conhecimento da altitude ortométrica. Já que tal região não possui uma rede gravimétrica densificada, ou melhor, a rede gravimétrica é inexistente.

Para tal determinação foi definida uma equação do primeiro grau, que através do Matlab foi determinado os coeficientes desta equação, como foi mostrado $N = 8,847544e^{-6}x - 2,788156e^{-7}y - 5,6619758$.

Esta equação é de grande valia para a Engenharia em um modo geral, principalmente para a civil, nos projetos que envolvem água, estrada, dentre outros.

Após a geração do modelo matemático foi visto que através de interpolação de qualquer ponto na área estudada, pode ser determinado o Geóide com a mesma precisão observada nos pontos de controle (RRNN).

Recomenda-se que para resultados ainda melhores no que diz respeito a ondulação geoidal através do GPS/Nivelamento, faz-se necessário uma densificação de pontos na área em estudo, pois quanto maior esta for, melhor será o resultado no cálculo desta ondulação.

AGRADECIMENTOS

Aos laboratórios LAGEO, LATOP do Departamento de Engenharia Cartográfica e LAG do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Pernambuco. À INFRAERO pelo acesso ao terminal aéreo do Aeroporto Internacional dos Guararapes.

REFERÊNCIAS

BLITZKOW, D.; CAMPOS, I.O.; FREITAS, S.R.C. **Altitude: O que interessa e como equacionar**. Anais do I Simpósio de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. DECart/UFPE – Recife, 1 a 3 de setembro de 2004.

VANICEK, P.; KRAKIWSKY, E.J. **Geodesy: The Concepts**. Amsterdam, New York: North Holland Publishing Company, 1982. 691 p.

GEMAEL, C. **Introdução à Geodésia Física**. Curitiba: Editora da UFPR, 1999.

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

IBGE/EPUSP. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. MAPGEO2004.

KING, R. W. **Surveying with Global Positioning System – GPS**. Bonn, 1985. 128p.

SEEBER, G. **Satellite Geodesy: Foundations, Methods, and Applications**. Berlin – New York: de Gruyter, 2 ed., 2003.

SANTOS, M. A. dos. **Metodologia para obtenção de altitudes ortométricas através de interpolação de modelos geoidais locais definidos por GPS/Nivelamento e gravimetria**. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 110p.

FREITAS, S.R.C. de; BLITZKOW, D. **Altitudes e Geopotencial**. IGeS Bulletin N.9 – Internacional Geoid Service, June 1999, 47 – 62, Milan.