

9º Seminário de Transporte e Desenvolvimento Hidroviário Interior

Manaus, 6 a 8 de Outubro de 2015

Posicionamento Vertical em Hidrovias Segundo Prescrições Internacionais da FIG-*International Federation of Surveyors*

**Carlos Aurélio Nadal – Universidade Federal do Paraná – Departamento de
Geomática. ITTI carlos@nadal.eng.br**

**Luis Augusto Koenig Veiga – Universidade Federal do Paraná –
Departamento de Geomática. ITTI kngveiga@gmail.com**

**Eduardo Ratton – Universidade Federal do Paraná – Departamento de
Transportes. ITTI ratton.eduardo@gmail.com**

**Rodrigo de Castro Moro – Instituto Tecnológico de Transporte e
Infraestrutura - ITTI zedi.rodrigo@gmail.com**

**Vinícius Boese - Instituto Tecnológico de Transporte e Infraestrutura - ITTI
vinicius.boese@gmail.com**

**Mauro Canton Nicolau – Instituto Tecnológico de Transporte e
Infraestrutura – ITTI
maurocnicolau@gmail.com**

**Paulo Roberto Coelho Godoy – Departamento Nacional de Infraestrutura e
Transportes – paulo.godoy@dnit.gov.br**

Resumo:

A comunidade hidrográfica internacional por meio da FIG- *International Federation of Surveyors*, publicou em maio de 2014 um guia técnico denominado “*Ellipsoidally Referenced Surveying for Hydrography*”. Com anuência do Centro de Hidrografia da Marinha do Brasil (CHM), descreve os procedimentos observacionais e as metodologias de cálculos utilizados para levantamentos hidrográficos, tendo como objetivos a confecção de cartas náuticas e a segurança na navegação utilizando os mais modernos métodos geodésicos, além da análise de modelos, formas de locação de plataformas e outros problemas de posicionamento de alta precisão no mar. Neste trabalho pretende-se avaliar esta publicação e sua aplicabilidade na determinação de altitudes ortométricas em hidrovias. Utilizando o sistema de posicionamento GNSS de alta precisão, aplicou-se para altitudes conhecidas o método proposto pela FIG, denominado de ERS (Levantamento Direto no Elipsoide de Referência). Para aplicação da metodologia, o sistema geodésico de referência em uso oficial no Brasil é denominado de SIRGAS2000, o qual utiliza como modelo matemático o elipsoide de revolução GRS80. Tais determinações possuem importância fundamental nos trabalhos de locação de obras portuárias, nos levantamentos batimétricos utilizados na manutenção, dragagem, implantação de novas obras nas hidrovias brasileiras. Um estudo de caso com cerca de sessenta RRNN implantadas pelo Instituto Tecnológico de Transporte e Infraestrutura (ITTI) ao longo do trecho brasileiro da Hidrovia do Rio Paraguai será analisado neste contexto, quanto a sua precisão e acurácia. Os métodos aplicados na determinação das altitudes ortométricas das RRNN, os resultados obtidos, e as análises de precisão efetivadas nestes trabalhos fornecem subsídios para aplicabilidade das prescrições contidas no guia técnico da FIG nas hidrovias brasileiras.

Abstract:

The international hydrographic community through FIG- International Federation of Surveyors, published in May 2014 a technical guide called Ellipsoidally Referenced Surveying for Hydrography. This guide had the collaboration of the Hydrographic Center of the Navy of Brazil and deals with observational procedures and hydrographic surveys methodology with goals of making the nautical charts and navigational safety using the most modern surveying methods, models of analysis, lease forms platforms and other high-precision positioning problems in the sea. This work intends to analyze this document and its use in determining orthometric heights in waterways, using the GNSS positioning system with high precision. The method proposed by the FIG called ERS (reference ellipsoid system). The methodology consists in the use of geodetic reference system SIRGAS2000 (official use in Brazil), which utilize a mathematical model as the GRS80 ellipsoid of revolution. It should be noted that these determinations are of fundamental importance in the lease works of port works, in bathymetric surveys used in maintenance, dredging, construction of new works in the Brazilian waterways. A case study is about sixty RRNN implemented by ITTI along the Paraguay River Waterway Brazilian section will be analyzed in this context, as to their accuracy and precision. The methods applied in determining the orthometric heights of RRNN, the results, and the precision of analysis effect these works provide information for applicability to the requirements contained in the technical guide of FIG in Brazilian waterways.

1 – Introdução

O projeto intitulado “Estudos de Viabilidade Técnico-Econômica e Ambiental-EVTEA e os projetos básico e executivo de Engenharia de sinalização de margem e balizamento, projetos básico e executivo de Engenharia de dragagem na hidrovía do rio Paraguai”, que engloba o trajeto brasileiro da hidrovía do Paraguai, é objeto de uma parceria do Instituto Tecnológico de Transportes e Infraestrutura (ITTI) da Universidade Federal do Paraná (UFPR) e o Departamento Nacional de Transportes e Infraestrutura (DNIT).

Pelo próprio escopo do trabalho torna-se fundamental uma cartografia de precisão para a tomada de decisões, definições de projeto de Engenharia, estudo de cargas e análises ambientais. Entende-se como cartografia de precisão aquela em que há efetivo controle de qualidade, por exemplo: o não aparecimento de erros grosseiros, a retirada de erros sistemáticos por modelos matemáticos e o tratamento estatístico de erros acidentais. No que diz respeito à representação cartográfica da Terra, busca-se a acurácia do trabalho, que pode ser entendida como a tendência da medida a representar o espaço geográfico de forma real, principalmente na representação de feições tridimensionais do terreno. Neste caso é fundamental a determinação de altitudes tanto das áreas lindeiras como as altitudes correspondentes ao leito. Essas permitem, por exemplo, a quantificação dos volumes de dragagem e de modelagem hidrodinâmica dos rios que compõe a hidrovía.

Torna-se também fundamental a determinação com alta precisão de altitudes unificadas das origens dos linímetros localizados ao longo da Hidrovía, os quais

devem ter sua origem no mesmo sistema geodésico.

Com o advento do sistema de posicionamento geodésico por satélites artificiais, *Global Navigation Satellite System* (GNSS), e com a implantação da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) os métodos de posicionamento fornecem precisões da ordem de centímetros para o posicionamento geodésico em quase todas as regiões do país.

Sob este prisma a FIG - *International Federation of Surveyors*, publicou em maio de 2014 um guia técnico denominado de “*Ellipsoidally Referenced Surveying for Hydrography*”, que sugere a adoção do elipsoide de revolução como modelo matemático da superfície terrestre a ser utilizado para os cálculos de posicionamento geodésico em Hidrografia. A transformação para os *data* locais somente é efetivada após todos os cálculos, correção de erros observacionais e controle de qualidade dos trabalhos. (MILLS, DODD, 2014).

Neste trabalho mostra-se a aplicação desta metodologia com a utilização do sistema geodésico de referência em uso oficial no Brasil, denominado de SIRGAS2000, o qual utiliza como modelo matemático o elipsoide de revolução GRS80. Um estudo de caso com cerca de sessenta RRNN implantadas pelo ITTI ao longo do trecho brasileiro da Hidrovía do Rio Paraguai será analisado neste contexto, quanto a sua precisão e a sua acurácia. Os métodos aplicados na determinação das altitudes ortométricas das RRNN, os resultados obtidos, e as análises de precisão efetivadas nestes trabalhos fornecem subsídios para aplicabilidade das prescrições contidas no guia técnico da FIG nas hidrovías brasileiras.

2 – Global Navigation Satellite System (GNSS)

O sistema GNSS, empregado nos levantamentos geodésicos efetivados, é baseado nas técnicas de posicionamento espacial. Com os avanços científicos e tecnológicos, é possível associar o sistema global de posicionamento (*Global Positioning System – GPS*) à infraestrutura espacial (*Satellite Based Augmentation System - SBAS*). Esta associação foi denominada de sistema de navegação global por satélites (*Global Navigation Satellite System - GNSS*). Como exemplos de SBAS podem ser citados o WAAS (*Wide Area Augmentation System*) dos EUA e sistema europeu EGNOS (*European Geostationary Navigation Overlay System*). A atual constelação do sistema GPS possui 32 satélites, dos quais 30 são operacionais.

O conceito de GNSS está sendo ampliado para o posicionamento por satélites utilizando toda infraestrutura citada anteriormente em concomitância com os sistemas GLONASS (URSS), Galileo (Europeu), Compass (China) e outros.

O sistema de posicionamento por satélites artificiais russo, denominado GLONASS, foi concebido de forma análoga ao GPS. A integração entre estes dois sistemas é dificultada em função de algumas diferenças, por exemplo, o sistema de referência utilizado, o sistema de medição do tempo e a forma de emissão dos dados. O sistema conta com 28 satélites em órbita, sendo 24 operacionais.

O sistema de posicionamento Galileo é realizado por satélites artificiais e foi criado por países europeus e outros colaboradores (Canadá e Japão). Quando completa a sua constelação, espera-se que o sistema seja utilizado juntamente com o GPS e o GLONASS. Sua responsabilidade civil compete a ESA (*European Space Agency*). Este sistema conta com 8 satélites em órbita, sendo 4 operacionais.

A China possui o sistema integrante do GNSS, o Compass/Beidou (*China's Compass Navigation Satellite System – CNSS*). Pesquisas, construção e administração do CNSS competem ao CNSPC (*China Satellite Navigation Project Center*). Este sistema conta com 17 satélites em órbita, sendo 16 operacionais.

Existem, portanto, cerca de setenta satélites em órbita para o posicionamento geodésico de pontos do terreno. Desde a criação do GPS houve diversas melhorias no sistema, sendo as últimas o desenvolvimento e disponibilização das novas observáveis,

denominadas de segundo sinal civil (L2C) e terceiro sinal civil (L5) nos anos de 2005 e de 2010, respectivamente. Estas observáveis melhoram a qualidade dos sinais transmitidos pelos satélites e, quando associadas a novas frequências transmitidas, permitem a correção de erros, como o de refração ionosférica. (Leik,2014)

3 – Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC)

A RBMC utiliza o sistema GNSS e foi implementada em parceria de instituições públicas. Dentre as instituições destacam-se o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), o Observatório Nacional e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O sistema conta com mais de 100 estações, fato de suma importância para o desenvolvimento do Brasil. Cada estação da RBMC é equipada com um receptor GNSS conectado a um link de internet, através do qual os dados são disponibilizados gratuitamente no portal do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015).

A entrada da Universidade do Estado do Amazonas (UEA) na RBMC destaca-se na atualidade, apresentando um número elevado de estações e contribuindo para os trabalhos nas Hidrovias da Região Norte do Brasil.

Atualmente, a RBMC conta com mais de 110 estações, que permite diretamente o acesso aos levantamentos realizados em SIRGAS2000, tanto por métodos no modo pós-processado quanto em tempo-real. Noventa e duas estações operam em tempo real através do serviço RBMC-IP, nos quais os dados e correções dos dados são disponibilizados via protocolo de Internet, conhecido por NTRIP (*Networked Transport of RTCM via Internet Protocol*). Esse serviço é destinado a aplicações em tempo real para usuários que fazem uso da técnica RTK (relativo cinemático em tempo real) nos seus levantamentos.

4 – Sistema Geodésico Brasileiro (SGB)

A definição, implantação e manutenção do SGB – Sistema Geodésico Brasileiro é realizada pelo IBGE segundo a resolução R.PR-1/2005, onde foi adotado como novo sistema de referência geodésico para o SGB e para o Sistema Cartográfico Nacional (SCN) o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS), em sua realização do ano de 2000 (SIRGAS2000). Para o SGB, o SIRGAS2000 se tornou, a partir deste ano, o

único sistema geodésico em uso no Brasil. (IBGE,2005)

O SIRGAS é um sistema Geodésico de referência compatível com o ITRS (*International Terrestrial Reference System*) e que adota como representação geométrica da Terra o elipsoide GRS80 (*Geodetic Reference System 1980*) da União Geodésica e Geofísica Internacional (UGGI). O sistema possui como principais parâmetros:

Semi-eixo maior $a = 6.378.137$ m.

Achatamento $f = 1/298,257222101$.

Adota como origem do centro de massa da Terra. Como orientação do sistema, os pólos e o meridiano de referência consistentes em um erro de $\pm 0,005''$, com as direções definidas pelo *Bureau International de l'Heure-BIH* (1984).

As vinte e uma estações da rede continental SIRGAS2000, estabelecidas no Brasil constituem a estrutura de referência a partir da qual o sistema SIRGAS2000 é materializado em território nacional. A época de referência das coordenadas é 2000,4. Para materialização do sistema adota-se a RBMC.

5 – Métodos de Posicionamentos GNSS

Ao longo dos estudos realizados na Hidrovia do Rio Paraguai foram utilizados dois métodos GNSS para os levantamentos: o método absoluto denominado Posicionamento Preciso por Pontos (PPP) e o método de posicionamento relativo estático de alta precisão.

5.1 – Método de posicionamento preciso por ponto (PPP)

De acordo com MONICO (2008), no posicionamento por ponto, a obtenção das coordenadas de uma estação é realizada “com base em observações de pseudodistância, derivadas do código, fixando-se a órbita e demais parâmetros dos satélites aos valores calculados com base em mensagens de navegação”. Segundo o autor, quando são utilizadas as observáveis pseudodistância ou fase da onda portadora, ou ambas, coletadas por receptores de simples ou dupla frequência, com efemérides precisas, trata-se do PPP.

O IBGE-PPP é um serviço on-line, gratuito, para o pós-processamento de dados GPS (*Global Positioning System*). Ele permite aos usuários de GPS, obterem coordenadas de alta precisão no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000) e no *International Terrestrial Reference Frame* - ITRF. No posicionamento com GPS, o termo Posicionamento por Ponto Preciso

normalmente refere-se à obtenção da posição de uma estação utilizando as observáveis de fase da onda portadora, coletadas por receptores de duas frequências e em conjunto com os produtos do IGS (*International GNSS Service*) (IBGE,2015).

O resultado do IBGE-PPP independe de qualquer ajustamento de rede geodésica e não está associado às realizações ou ajustamentos de rede planimétrica. Deste modo, os resultados obtidos através deste serviço terão uma pequena diferença daqueles disponíveis no Banco de Dados Geodésicos – BDG (IBGE,2015).

5.2 – Método Relativo Estático

No posicionamento relativo estático utilizam-se, no mínimo, dois receptores. Tanto o receptor da estação referência (aquela cujas coordenadas geodésicas são conhecidas), quanto o da estação “rover” (com coordenadas a determinar) permanecem estacionários durante todo o levantamento.

A duração do levantamento pode variar de 20 minutos a horas. Para levantamentos realizados com linhas de base (distância linear entre duas estações) inferiores a 10 km, com receptores em locais onde não há obstrução e sob condições ionosféricas favoráveis, o tempo de rastreio de 20 minutos é suficiente para se fixar a solução das ambiguidades com receptores de simples frequência. Esta situação se modifica conforme as condições da localização das estações e com o aumento da linha de base. No caso de linhas de base maiores que 10 km, recomenda-se a utilização de receptores de dupla frequência, bem como a utilização de efemérides e do erro do relógio do IGS (*International GNSS Service*). A precisão obtida com esta técnica de posicionamento pode variar de 0,1 a 1 ppm (MONICO, 2008, SEEBER,2003).

A precisão do posicionamento relativo estático ocorre em função do tempo de observação, do equipamento utilizado e do comprimento da linha de base. Por exemplo, para uma linha de base de 50 km, deve-se realizar um rastreio com no mínimo 3h e com um receptor de dupla frequência, segundo as prescrições do IBGE.

5.3 – Coordenadas geodésicas de pontos no terreno e as recomendações da FIG para levantamentos hidrográficos

Define-se como coordenadas geodésicas de um ponto no terreno, as coordenadas tridimensionais obtidas com relação ao elipsoide de revolução: latitude geodésica (φ), longitude geodésica (λ) e altitude elipsoidal ou

geométrica (h). Estas coordenadas estão associadas a uma linha matemática denominada de normal (reta imaginária que une o ponto no terreno e o elipsoide de revolução, sendo perpendicular ao último). A latitude geodésica é o ângulo formado entre a normal e sua projeção no plano do equador elipsóidico. A longitude geodésica é definida como o ângulo diedro formado entre os meridianos elipsóidicos origem ou de Greenwich e o meridiano elipsóidico do ponto considerado. A altitude elipsoidal ou geométrica é a distância vertical medida entre o ponto do terreno e o elipsoide de revolução, medida sobre a normal.

As recomendações da FIG, tendo em vista a possibilidade de obtenção direta das coordenadas geodésicas tridimensionais numa única operação com posicionamento por satélites, é que se use na hidrografia estas coordenadas, inclusive as altitudes referenciadas ao elipsoide do sistema geodésico em uso.

Os levantamentos hidrográficos foram tradicionalmente conduzidos com o principal propósito de produzir cartas náuticas, que tem como objetivo uma navegação com total segurança. Atualmente esses levantamentos possuem papel de fundamental importância no estudo ambiental das áreas afetadas pelos empreendimentos ao longo dos rios e da costa. Há, portanto, a necessidade de uma compatibilidade entre as áreas de navegação e as áreas de terra contíguas, por exemplo, estudo dos processos de movimentação das feições de praias e de linhas de costa, o estudo de transporte de sedimentos, os projetos de engenharia (derrocamentos, dragagens, implantações de portos, revitalizações de áreas costeiras, uso múltiplo da água, projetos ambientais e outros).

Muitos dos projetos e intervenções nas margens dos rios, lagos e na costa exigem levantamentos topográficos associados a levantamentos hidrográficos. A altitude utilizada de forma generalizada na Topografia deve estar diretamente vinculada a batimetria nos levantamentos hidrográficos.

A altitude utilizada oficialmente no Brasil é a altitude ortométrica (H), que pode ser definida de forma simplificada como a distância vertical medida desde um ponto no terreno até o geoide. O geoide por sua vez pode ser definido como uma das superfícies equipotenciais da gravidade, correspondente ao nível médio dos mares em repouso, prolongado através dos continentes. O geoide e a altitude ortométrica são entes físicos, enquanto a altitude geométrica é um ente matemático.

A FIG também sugere que se processem todas as altitudes geométricas de um levantamento e só então após o processamento e controle de qualidade do mesmo, que se transforme a altitude elipsoidal obtida em altitude ortométrica.

No Brasil o IBGE fornece um modelo geoidal obtidos de observações da aceleração da gravidade em todo o País denominado de MAPGEO2010, o IBGE também é responsável por uma rede de pontos denominados de referência de nível (RRNN) onde se conhece a altitude ortométrica obtida por observações de nivelamento geométrico de alta precisão. Este modelo permite a transformação de uma altitude elipsoidal em uma altitude ortométrica em um ponto pela Equação (1):

$$H=h-N \quad (1)$$

Sendo:

H = altitude ortométrica objetivo do mapeamento;

h = altitude geométrica ou elipsoidal fornecida pela medição com o sistema GNSS;

N = ondulação geoidal obtida por interpolação pelo modelo MAPGEO2010.

Para aprimoramento e controle de qualidade dos resultados, devem ser efetivados métodos GNSS sobre as RRNN do IBGE, que possibilitaram o cálculo direto da ondulação geoidal no local.

Uma vez que o MAPGEO2010 possui precisão relativa melhor que a sua precisão absoluta, o mesmo foi utilizado em conjunto com as ondulações medidas sobre as RRNN existentes.

De acordo com SANTOS & SA (2006), os levantamentos altimétricos realizados com GPS consiste em determinar a altitude ortométrica do ponto de interesse (i) em relação a, pelo menos, uma estação de referência (A), de coordenadas geodésicas (ϕ_A , λ_A , h_A) e altitude ortométrica (H_A) conhecidas.

A determinação é feita pela diferença das altitudes geométricas (Equação 2), onde:

Δh = desnível entre os pontos;

h_i = altitude elipsoidal do ponto de interesse;

h_A = altitude elipsoidal da estação de referência.

As altitudes elipsoidais são determinadas pelo posicionamento relativo por GNSS, e por alturas geoidais, conforme a Equação 3. O valor de N_i é obtido a partir de um modelo geoidal, por exemplo, o MAPGEO2010.

$$\Delta N_i = N_i - N_A \quad (3)$$

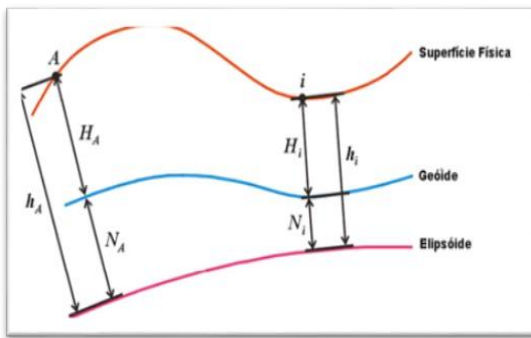


Figura 1 - Modelo de cálculo para transformação de ondulação geoidal em ortométrica.

6 – Levantamentos na hidrovia do rio Paraguai

A área do levantamento foi uma região litorânea ao Rio Paraguai, principalmente nos locais onde se encontram estações fluviométricas e linímetros. Também foram selecionados os locais que representam passos críticos à navegação fluvial de embarcações.

A Figura 2 mostra os locais de implantação dos marcos topográficos, levantados com o sistema GNSS, dentro das prescrições mencionadas, no tramo sul da Hidrovia do Rio Paraguai.

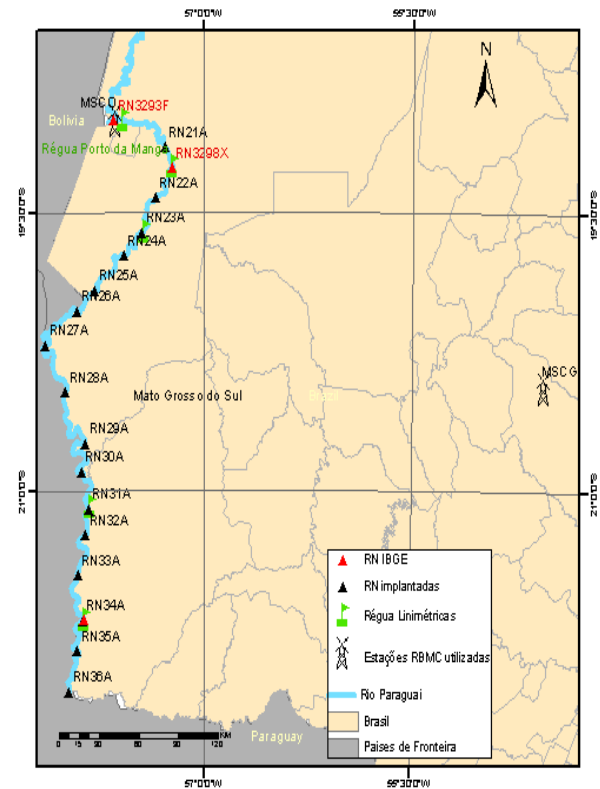


Figura 2 - Localização das RRNN e dos linímetros no tramo sul do rio Paraguai.

Os dados dos rastreios foram processados em redes geodésicas com circuitos fechados, por meio de linhas de base compostas da seguinte forma: uma linha de base iniciada em uma estação RBMC existente na região (Corumbá) ligando a uma RN implantada (por exemplo, RN22A), outra linha de base entre duas RRNN implantadas (RN22A e RN23A) e uma terceira linha de base fechando o circuito com origem na segunda RRNN (RN23A) implantada, unido a RBMC (Corumbá). Assim procedeu-se com todas as RRNN a serem calculadas utilizando-se sempre a Estação RBMC mais próxima existente na Região dos levantamentos. Adotou-se como procedimento em todo o processamento de dados entre os pontos geodésicos a obrigatoriedade de fixação das ambiguidades com um mínimo de 70% do tempo total de rastreio. A ambigüidade é entendida como a determinação do número inteiro de ciclos na pseudodistância. O tempo mínimo de rastreio entre os pontos foi de 3 horas, e o resultado do ajustamento do circuito teve como controle na solução um valor crítico do teste *F-test* menor que 1,89. A aplicação do *F-test* fornece como qualidade o teste da inexistência de erros grosseiros nos levantamentos.

Também foram calculadas as coordenadas geodésicas dos pontos utilizando o método

PPP disponibilizado pelo IBGE, sendo os resultados utilizados como controle de qualidade dos ajustes efetuados.

Nos estudos foi elaborado um modelo de ondulação geoidal local obtido da seguinte forma: inicialmente calculou-se a ondulação nas RRNN do IBGE existentes na região, utilizando a equação (1), com a altitude elipsoidal medida pelo sistema GNSS e a altitude ortométrica fornecida pelo IBGE. Esta ondulação calculada foi aceita como correta para aqueles pontos. A seguir foi calculado para todos os pontos que compõe a rede geodésica implantada e para as RRNN o valor da ondulação geoidal fornecida pelo modelo MAPGEO2010. As diferenças obtidas entre valor medido numa RRNN e o valor calculado pelo modelo foram interpoladas para cada ponto que compõe a rede geodésica implantada e somadas algebricamente às ondulações obtidas pelo modelo. Na *Figura 3* mostra-se o mapa de ondulações geoidais locais utilizado para transformação das altitudes elipsoidais, obtidas com o posicionamento GNSS, em altitude ortométricas.

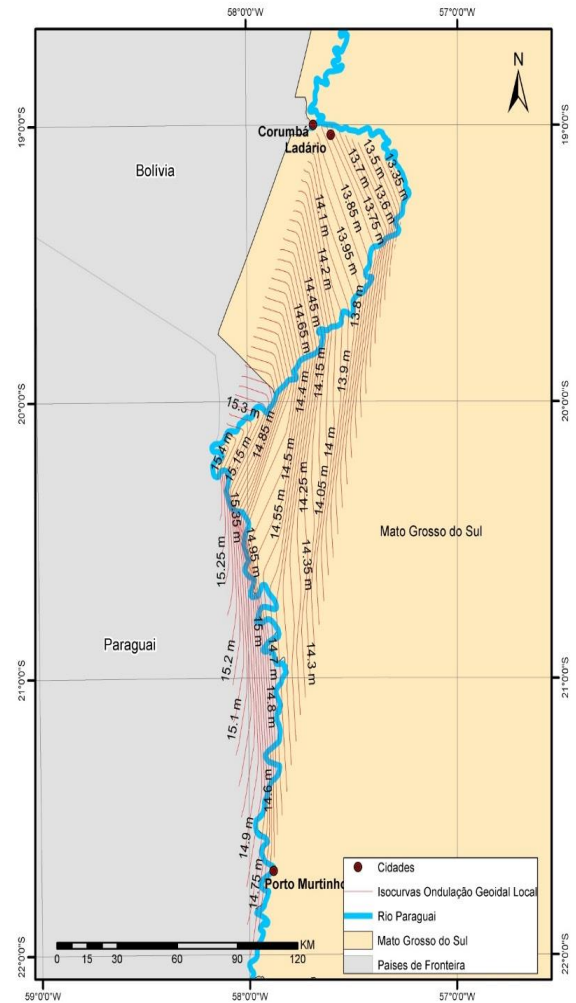


Figura 3 – Mapa de ondulação geoidal local.

7 – Resultados e conclusões

Na Tabela 1 são apresentadas algumas coordenadas finais obtidas por processamento dos dados do posicionamento GNSS e posterior ajustamento. A totalidade dos levantamentos (tramos norte e sul da Hidrovia) possuem relatório técnico apresentado junto ao DNIT.

Tabela 1 - Coordenadas tridimensionais geodésicas de pontos da hidrovia do rio Paraguai.

Altitudes para as RN rastreadas por método GNSS			
RN	km rio	Altitude Elipsoidal	Altitude Ortométrica
AUX LÁDARIO	1514,7	103,56	89,87
21A	1459,1	98,86	85,67
RN3298	1444,1	98,96	85,86
22A	1417,8	98,35	84,66
EG-MS-74	1386,1	99,07	85,17

A implantação da rede geodésica altimétrica ao longo da Hidrovia do Paraguai pode ser assim obtida e está disponibilizada para a comunidade. A mesma poderá ser utilizada em estudos de modelagem hidrodinâmica do rio para previsão de transporte de sedimentos. Na engenharia, aplica-se aos trabalhos de batimetria para projeto e execução de dragagens e, principalmente, para tornar possível a fiscalização, verificação e acompanhamento dos trabalhos a serem realizados para a navegação plena da Hidrovia.

O método de posicionamento GNSS utilizado permitiu alcançar resultados melhores que 1,0 centímetro de precisão horizontal e 2,0 centímetros de precisão vertical para a maior parte dos pontos levantados, sendo estas precisões compatíveis com os requisitos dos trabalhos desenvolvidos.

Agradecimentos:

Ao Departamento Nacional de Infraestruturas e a FUNPAR – Fundação da UFPR para o Desenvolvimento da Ciência da Tecnologia e da Cultura.

Referências Bibliográficas

IBGE, Resolução R.RP-1/2005, Altera o Sistema Geodésico Brasileiro. ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/projeto_mudanca_referencial_geodesico/legislacao/rpr_01_25fev2005.pdf, 2005.

IBGE, Posicionamento por Ponto Preciso PPP, Manual do Usuário Aplicativo online PPP. http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/ppp/manual_ppp.pdf, 2015.

LEICK, A. GPS Satellite Surveying. 3 ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 2014.

MILLS, J. DODD, D. Ellipsoidally Referenced Surveying for Hydrography, FIG. Publications no 62. <http://www.fig.net/resources/publications/figpub/pub62/figpub62.asp>, **64p.2014.**

NAVSTAR-GPS: descrição, fundamentos e aplicações. São Paulo: Editora UNESP, p287, 2000.

MONICO, J. F. G. Posicionamento pelo GNSS: Fundamentos, Definição e Aplicação. 2 ed. São Paulo: Editora UNESP, 2008.

SANTOS, M.S.T.; SÁ, N.C de.. O uso do GNSS em levantamentos geofísicos terrestres. Revista Brasileira de Geofísica, v.24, n.1, p.63-80. 2006.

SEEBER, G. Satellite Geodesy: Foundations, Methods, and Applications. Berlin, New York: Walter de Gruyter, 2003.