

ANÁLISE DA PRECISÃO DE LEVANTAMENTO GEODÉSICO ESTÁTICO UTILIZANDO POSICIONAMENTO RELATIVO COM DIFERENTES BASES.

ANALYSIS OF THE ACCURACY OF THE STATIC GEODESIC SURVEY USING RELATIVE POSITIONING WITH DIFFERENT BASES.

Antonio Felipe da Silva Sena
Universidade Federal Rural da Amazônia
Instituto CiberEspacial
eng_antoniofelipe@outlook.com

Carolina Teixeira Laurido
Universidade Federal Rural da Amazônia
Instituto CiberEspacial
carollaurido20@gmail.com

Gabrielle Laredo Leão
Universidade Federal Rural da Amazônia
Instituto CiberEspacial
gabi.laredo11@gmail.com

Ryan de Azevedo Pereira
Universidade Federal Rural da Amazônia
Instituto CiberEspacial
ryanazevedo36@gmail.com

Sayuri Braid Minori
Universidade Federal Rural da Amazônia
Instituto CiberEspacial
sayuribraydminori@gmail.com

Resumo:

Devido a sua precisão, o levantamento GNSS tornou-se amplamente utilizado para levantamentos topográficos de registro para áreas urbanas e agrícolas. Apesar disso, dependendo da finalidade do projeto ainda é necessário que se façam análises para saber qual método de posicionamento tem a melhor precisão para se desenvolver projetos de alta qualidade. Diante disso, o objetivo principal deste trabalho foi avaliar e comparar os processamentos utilizando o método PPP - (Posicionamento Por Ponto Preciso) e o método relativo utilizando como base estações da RBMC - (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS), com o intuito de indicar qual método de posicionamento com GNSS é mais acurado para o levantamento feito na porção nordeste da Universidade Federal Rural da Amazônia. Diante disso, destacar-se-á o método de Posicionamento por Ponto Preciso em função dos bons resultados apresentados e a praticidade de uso.

Palavras-chave: Ciências Geodésicas; Sistema de Posicionamento Global; Precisão.

Abstract:

Due to its accuracy, GNSS survey has become widely used for topographic survey of urban and agricultural areas. Despite this, despite the high-quality design intent, even if the execution method is necessary to know the positioning, it has the best accuracy to develop the high quality designs. Therefore, the main objective of this work was to evaluate and compare the processing using the PPP method - (Positioning by Precise Point) and the relative method using the RBMC - (Brazilian Network for Continuous Monitoring of GNSS Systems) as base stations, with the objective of indicate which GNSS positioning method is more accurate for the survey carried out in the northeast region of the Universidade Federal Rural da Amazônia. From this, the method of precise positioning of the point stands out due to the good results presented and the practicality of use.

Keywords: Geodetic Sciences; Global Positioning System; Precision.

1 INTRODUÇÃO

A tecnologia GNSS - (Sistema Global de Navegação por Satélite) está cada vez mais presente no nosso cotidiano, sendo utilizada para inúmeras atividades em que é necessário determinar a posição de algum ponto. Seu funcionamento baseia-se na medida da distância entre o usuário e os satélites que estejam em um sistema de referência apropriado, sendo possível a execução do cálculo das coordenadas da antena do usuário no mesmo sistema de referência dos satélites (MONICO, 2000).

Atualmente, no mercado, podem ser encontradas diversas tecnologias de posicionamento na superfície que fazem uso de satélites. Essas tecnologias são associadas tanto à evolução de programas de processamento quanto ao desenvolvimento de equipamentos geodésicos. Ao longo do percurso do sinal do satélite até o receptor, podem ocorrer interferências que ocasionam em erros de posicionamento (HILLEBRAND, 2012).

A precisão em medidas de posicionamento é importante para a realização de qualquer levantamento geodésico, sendo que a seleção e utilização de receptores GNSS de forma adequada é de vital importância para garantir a acurácia do mesmo, de modo a garantir a qualidade esperada de procedimentos do tipo (DOMPIERI; SILVA; JÚNIOR, 2015).

Portanto, o presente trabalho objetiva realizar a comparação da precisão entre base obtida por método PPP - (Posicionamento Por Ponto Preciso) e estação base da RBMC - (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS) para a realização de levantamento geodésico por posicionamento relativo, pautado pela norma brasileira para levantamentos geodésicos (IBGE 1992).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As principais finalidades que as redes geodésicas podem ser empregadas são para referencial geodésico para cadastro de municípios, monitoramento de estruturas, locação de obras de engenharia e implantação e manutenção de diversos serviços de infraestrutura (NBR 14.166; FARZAN, 2010; PINTO, 2000; IBGE, 1983).

Pode-se resumir as redes geodésicas como a realização do referencial geodésico de uma região, utilizando pontos materializados com uma relação de precisão entre estes, com alta confiabilidade (MARINI, 2002).

O projeto de uma rede geodésica inclui etapas de planejamento de rede, coleta dos dados ou observações em campo, ajustamento das observações a fim de obter a melhor solução para as incógnitas abordadas e a etapa de controle de qualidade que objetiva detectar e identificar eventuais erros das observações (KLEIN, 2014).

Segundo o IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017), o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) é estabelecido e mantido pelo mesmo órgão, reunindo diferentes tipos de estações materializadas em diversas regiões do país, sendo ainda estações de referências para atividades geodésicas. Pode-se citar como referenciais as estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas (GNSS) e as estações RBMC da rede planimétrica passiva, sendo vinculadas ao SGB.

No posicionamento Relativo com o GNSS é necessário a utilização de no mínimo dois receptores: um dos receptores irá ocupar uma estação, com coordenadas conhecidas, que é a base; e, simultaneamente, um ou mais receptores ocupam os pontos de interesse, que são os rovers, nos quais se deseja determinar as coordenadas tridimensionais. Esta técnica de posicionamento objetiva minimizar os erros através da diferença entre as informações recebidas simultaneamente por receptores que ocupam duas estações (IBGE 2008).

Quanto à técnica de posicionamento por ponto de alta precisão, de acordo com IBGE - Brasileiro de Geografia e Estatística (2008), necessita-se da utilização da pseudodistância e da fase das ondas portadoras L1, L2 e L5, para reduzir os efeitos de primeira ordem da ionosfera modelar os efeitos da troposfera. Pelo IGS (International GNSS Service), é possível adquirir as informações de órbita e relógio dos satélites e os parâmetros de rotação da Terra. Evidencia-se que os receptores não estão preparados para esse tipo de posicionamento, sendo necessário copiar os dados do receptor para um pós-processamento em software apropriado. Esta técnica de posicionamento proporciona um alto grau de precisão.

3 METODOLOGIA

O levantamento foi realizado na porção nordeste do território da Universidade Federal Rural do Pará, cuja área constitui o polígono exibido na Figura 1, de centroide com coordenadas 1°27'11,25" S; 48°25'26,15" W.

Para a realização do trabalho foi distribuído um total de 11 pontos ao longo de uma porção da área de estudo (Figura 1), considerando-se a influência de obstáculos como árvores e construções. Foi utilizado um receptor GNSS da marca Trimble, modelo R8s. O tempo de coleta foi de 3 horas para atingir a precisão da base de referência local, e de 15 a 20 minutos para os pontos rover.

Figura 1 – Pontos Coletados



Fonte: Autores (2022)

O levantamento foi iniciado no dia 19/04/2022, quando foi estacionada a base geodésica para subsídio do levantamento dos pontos rover, utilizando uma base niveladora e um tripé a uma altura vertical de 1,396 metros. O método utilizado foi de medição estática feita com o aplicativo Trimble DL, utilizando os seguintes parâmetros: intervalo de registro de 10 segundos; máscara de elevação de 10°; constelações de satélites Glonass, Galileo, Beidou, QZSS; e tempo de rastreamento de 3 horas. Posteriormente, foi feito o pós-processamento no PPP online IBGE.

Os pontos rover levantados tiveram os mesmos parâmetros da base, com tempo de rastreamento de 15 a 20 minutos. Os mesmos foram coletados, pós-processados.

Para o outro método de pós-processamento foi utilizado uma base RBMC localizada a aproximadamente 6 km de distância do local do levantamento: a estação “BELE”, localizada em pilar de concreto de formato cilíndrico, com dispositivo de centragem forçada. No seu topo, possui chapa de identificação com o código 93620 estampado, e encontra-se situada nas dependências do Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM) - Centro Regional de Belém. Os pontos rover utilizados nesse processamento foram os mesmos coletados do método anterior.

4 RESULTADO E DISCUSSÕES

A partir do processamento por posicionamento por ponto preciso e com base RBMC, obteve-se os resultados exibidos na Tabela 1 e Tabela 2, respectivamente.

Tabela 1 – Processamento com base PPP

PONTOS	Duração	Precisão de Pós-Processamento com base PPP				Elevação (m)
		Precisão Horizontal (m)	Precisão Vertical (m)	Malha Norte (m)	Malha Este (m)	
CH1	00:15:00	0,009	0,018	9839240,678	785578,736	-16,426
CH2	00:20:00	0,005	0,011	9838748,448	785467,008	-16,065
CH3	00:15:00	0,004	0,008	9839379,586	785567,751	-17,245
HV1	00:15:00	0,004	0,007	9838705,488	785331,620	-16,900
HV2	00:20:00	0,005	0,009	9839236,211	785534,327	-16,967
HV3	00:15:00	0,008	0,016	9838833,521	785322,749	-19,014
HV4	00:15:00	0,007	0,014	9839294,535	785550,099	-15,869
HV5	00:15:00	0,008	0,017	9838836,814	785885,118	-21,801
HV6	00:20:00	0,005	0,009	9838846,849	785840,162	-22,251
HV7	00:15:00	0,012	0,025	9839482,769	785275,332	-20,198
HV8	00:15:00	0,371	0,313	9839501,294	785325,857	-19,610
Desvio Padrão (σ)		0.003	0,006			

Fonte: Autores (2022)

Tabela 2 – Processamento com base RBMC

PONTOS	Duração	Precisão de Pós-Processamento com base RBMC				Elevação (m)
		Precisão Horizontal (m)	Precisão Vertical (m)	Malha Norte (m)	Malha Este (m)	
CH1	00:15:00	0,014	0,030	9839482,781	785275,368	-20,173
CH2	00:20:00	0,093	0,199	9839379,611	785567,748	-17,217
CH3	00:15:00	0,013	0,025	9839294,594	785550,121	-15,958
HV1	00:15:00	0,008	0,013	9839240,694	785578,727	-16,362
HV2	00:20:00	0,310	0,444	9838705,500	785331,635	-16,890
HV3	00:15:00	0,021	0,041	9838833,549	785322,775	-18,907
HV4	00:15:00	0,020	0,039	9838748,473	785467,023	-16,019
HV5	00:15:00	0,164	0,151	9838836,967	785884,945	-21,569
HV6	00:20:00	0,240	0,400	9838846,878	785840,183	-22,293
HV7	00:15:00	0,014	0,029	9839236,125	785534,593	-17,196
HV8	00:15:00	0,328	0,301	9839501,524	785325,950	-19,598
Desvio Padrão (σ)		0.111	0,162			

Fonte: Autores (2022)

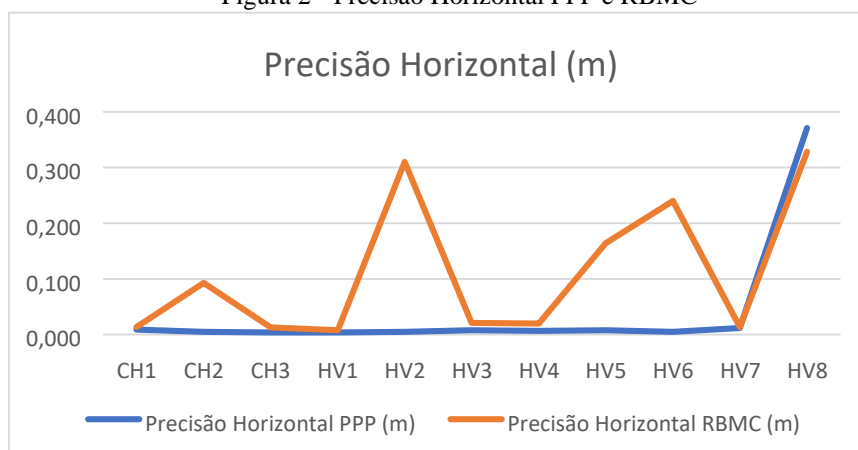
Analisando as tabelas com as precisões, pode-se perceber que para o método PPP, o ponto mais preciso foi HV1, com precisão horizontal de 0,004 m e precisão vertical de 0,007 m, com o ponto menos preciso sendo o HV8, com precisão horizontal de 0,371 m e precisão vertical de 0,313 m.

Para o processamento pelo método relativo utilizando base da RBMC, o ponto mais preciso foi HV1, onde obteve-se precisão horizontal de 0,008 m e precisão vertical de 0,013 m,

enquanto que o ponto HV8 foi considerado o menos preciso, com uma precisão horizontal de 0,328 m e precisão vertical de 0,301 m.

Ao analisarmos um comparativo da precisão horizontal do processamento por PPP e RBMC, como ilustrado na Figura 2, observa-se que o método PPP apresenta valores menos dispersos em relação ao método RBMC, razão pela qual o desvio padrão da precisão horizontal é de 0,003 m para o método PPP.

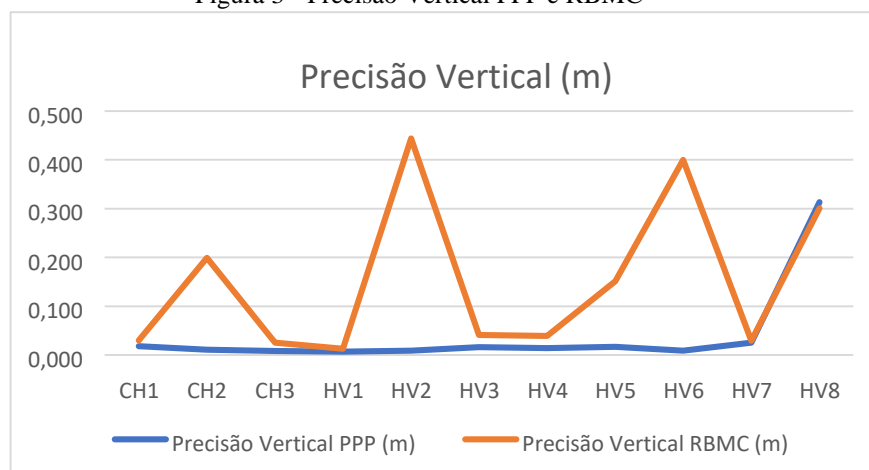
Figura 2 - Precisão Horizontal PPP e RBMC



Fonte: Autores (2022)

Considerando a mesma análise para desvio vertical, também observa-se uma pequena dispersão entre os valores processados pelo método PPP em relação ao método RBMC (Figura 3), tendo como desvio padrão para o método PPP de 0,006 m.

Figura 3 - Precisão Vertical PPP e RBMC



Fonte: Autores (2022)

5 CONCLUSÃO

Os dados obtidos no levantamento, bem como seus processamentos seja usando a base de PPP ou RBMC, apresentaram resultados satisfatórios, tornando-os assim um bom material

de subsídio para futuras obras de engenharia. Porém, dependendo da finalidade e precisão necessária é importante uma análise sobre qual dos processamentos podem atingir maior precisão que garanta a qualidade do trabalho de engenharia.

Analisando os resultados obtidos nesse trabalho, considerando os valores de precisão horizontal e vertical, bem como os seus desvios padrões, conclui-se que o processamento pela base de método de processamento utilizando método PPP é o mais preciso, se comparado com o método de base da RBMC.

Referências

DOMPIERI, M. H. G. D.; SILVA, M. A. S. S.; JÚNIOR, L. R. N. **Sistemas de Referência Terrestre e Posicionamento por Satélite**. Aracaju, 2015.

FAZAN, J. A. **Aplicação do Teste de Congruência Global e Análise Geométrica para Detecção de Deslocamentos em Redes Geodésicas: Estudo de Caso na UHE de Itaipu**. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

HILLEBRAND, F. L. **Precisão de coordenadas planimétricas obtidas com receptores GNSS de pontos situados sob redes elétricas de alta tensão**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

IBGE. **Especificações e Normas Gerais para Levantamentos GPS (Preliminares)**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1992.

IBGE. **Resolução – PR nº 22, de 21/07/1983**. Rio de Janeiro: IBGE, 1983. _____. **Recomendações para levantamentos relativos estáticos – GPS, 2008**. _____. **Especificações e Normas para Levantamentos Geodésicos Associados ao Sistema Geodésico Brasileiro**, 2017.

KLEIN, I. **Proposta de um Novo Método para o Planejamento de Redes Geodésicas**. Dissertação de Doutorado em Sensoriamento Remoto. Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto da UFRGS, Porto Alegre, 2014.

MARINI, M. C. **Integração da Rede GPS ITESP ao Sistema Geodésico Brasileiro**. Dissertação de Mestrado em Ciências Cartográficas. Faculdade de Ciência e Tecnologia, UNESP, Presidente Prudente, São Paulo, 2002.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS: Descrição, fundamentos e aplicações**. São Paulo: Editora UNESP, 2000.

PINTO, J. R. M. **Potencialidade do Uso do GPS em Obras de Engenharia**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia, UNESP, Presidente Prudente, 2010.