

Análise de dados pós-processados com o Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)

Bruno Zucuni Prina¹
Romario Trentin¹

¹ Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) – Programa de Pós-Graduação em Geografia
Avenida Roraima, 1000, Prédio 17 – Camobi, Santa Maria - RS, Brasil, CEP 97105-900
{brunozprina, romario.trentin}@gmail.com

Abstract. The aim of this paper is to analyze the results of Positioning by Precise Point (PPP), with points under time collection, performing the comparison with post-processed points (from an adjusted basis). Therefore, the coordinates and the precision of the points were compared, and also were analyzed the precision of the vertices. The points analyzed were collected in the urban area of the municipality of Jaguari/RS. The methodological procedures of this paper are divided into three stages: collection of GNSS data, post-processing and analysis of data. The analysis of the processed data were obtained on average accuracies of 1 cm, 1 cm and 2 cm, respectively for the coordinates E, N and H. The average precision of PPP were 59 cm, 86 cm and 169 cm, respectively for the coordinates E, N and H. The discussions of this paper are of great importance because, consequently, it was possible to identify the realization of the PPP on points with low collection time is problematic, since there is a minimum time of observation, not subsidizing the final quality of results.

Palavras-chave: MDTR, risk, mapping, MDTR, risco, mapeamento.

1. Introdução

Dentre as tecnologias atuais (ou geotecnologias), os sistemas de navegação (globais) por satélites estão inclusos, e, com o passar dos anos os mesmos aliam várias melhorias, minimizando os erros, decorrente, principalmente ao fato de existir novas constelações ou novos satélites às constelações já existentes.

Ainda nesse sentido, Bernardi e Landim (2002, p. 3) destacam que “desde o lançamento dos primeiros receptores GPS no mercado, tem havido um crescente número de aplicações nos levantamentos topográficos, cartográficos e de navegação, face às vantagens oferecidas pelo sistema quanto à precisão, rapidez, versatilidade e economia”.

Portanto, salienta-se que o problema desse trabalho está contido na resolução da seguinte questão: “Qual a precisão alcançada ao realizar o PPP em pontos coletados com baixo tempo de coleta?”.

Justifica-se, desse modo, entender que ainda existem dúvidas quanto a aplicabilidade do PPP, e, com a simulação de dados é possível a sistematização de informações, e, por consequência, a análise dos resultados.

Assim sendo, o objetivo geral do trabalho é o de analisar o comportamento do PPP em pontos com baixo tempo de coleta. Ainda, tem-se o objetivo de comparar tais pontos aos pós-processados a partir de uma base de apoio previamente ajustada.

Dessa forma, serão realizadas comparações entre as coordenadas, entre as precisões dos pontos, e, ainda, serão avaliadas as precisões de todos os vértices, seja oriundo do PPP, seja oriunda do pós-processamento.

Interligado as discussões desse trabalho, cabe distinguir os conceitos de precisão e acurácia, a fim de facilitar o entendimento conceitual. Assim, pode-se destacar que precisão é um conjunto de dados os quais estão dispostos os mais próximos (um dos outros) possível, ou seja, quanto mais próximo, mais precisos. Já por acurácia, entende-se como sendo a relação de um valor com um "alvo", ou seja, o quão próximo o referido ponto está do seu local em que realmente deveria ser. Uma melhor análise referente ao assunto encontra-se no trabalho de Monico et al. (2009).

Pós-processar dados GNSS significa, de forma simples, analisar detalhadamente qualidade dos resultados obtidos. Algumas etapas perpassam até a obtenção dos dados finais, são elas: transferência dos dados do receptor para o computador, obtenção das efemérides (caso for utilizado), *download* de dados de redes ativas (como a RBMC, caso for necessário), conversão dos dados nativos para RINEX (caso for utilizado receptores de diferentes fabricantes), posteriormente, emprega-se rotinas específicas de cada *software* (MONICO, 2007).

O PPP é uma forma de realização do pós-processamento de dados GNSS, no qual utiliza, fundamentalmente, as efemérides e correções dos relógios dos satélites (MONICO, 2007). Esse serviço é disponibilizado pelo IBGE, de forma online, assim, é possível a obtenção de coordenadas com boa precisão (IBGE, 2016). Ainda, cabe destacar, que esse serviço é realizado por meio do aplicativo CSRS-PPP, desenvolvido pelo Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada (NRCan).

No que tange as observáveis GNSS, pode-se citar a “pseudodistância e a fase de onda portadora, que são utilizadas para determinar a posição, velocidade e tempo” (PENHA et al., 2009, p. 1844).

Ainda, deve-se ressaltar que toda a análise dos dados aconteceu no perímetro urbano do município de Jaguari/RS, sendo, que os pontos foram coletados a fim de realizar o mapeamento das áreas de risco à inundação no referido local (PRINA, 2015).

Em resumo, todo o trabalho ocorreu a fim de justificar o já explicitado em trabalhos anteriores, como o de Alves, Monico e Romão (2011), os quais destacam que “a solução de ambiguidades no PPP se torna possível de ser obtida, com dados de até uma hora, para trabalhos que exigem acurácia centimétrica”.

2. Metodologia

Dentre os aplicativos utilizados para subsidiar as rotinas metodológicas, pode-se destacar o *Topcon Tools* e o *Microsoft Office Excel*. O *Topcon Tools* foi importante para realizar o pós-processamento dos dados GNSS, já a planilha eletrônica do *Excel* foi importante para realizar a análise dos dados. Ainda, deve-se destacar, que foi utilizado, para a coleta dos dados, um receptor de sinal GNSS L1/L2, coletando informações, simultâneas, das constelações americana (GPS) e russa (GLONASS). O receptor utilizado para a coleta dos dados estava configurado com uma taxa de coleta de 3 segundos.

Para contextualizar os procedimentos metodológicos desse trabalho, pode-se citar, basicamente, três etapas: coleta de dados GNSS, pós-processamento e análise dos dados.

No que tange a coleta dos dados, os mesmos foram obtidos nos anos de 2014 e 2015, no município de Jaguari/RS, os quais fazem parte da dissertação de mestrado de Prina (2015). Assim sendo, analisaram-se 25 pontos, com tempo de rastreamento médio de 3:06 minutos (máximo de 4:54 minutos; mínimo de 1:54 minutos). A técnica utilizada para a coleta dos dados foi o Posicionamento Relativo Estático Rápido. Relativo, pelo fato de empregar dois receptores os quais coletam informações simultâneas dos satélites (mesmas épocas), gerando linhas-base, com seus respectivos deltas (Δx , Δy , e Δz) entre o receptor móvel (também denominado de Rover) e a base, gerando um produto final altamente preciso (KAVANAGH, 2003, p. 266). Estático Rápido pelo fato de que procede de um levantamento em que o tempo de rastreamento de um ponto é inferior a 10 minutos (KAVANAGH, 2003, p.281).

Esses pontos foram pós-processados de duas formas distintas. A primeira forma com o ajustamento da base de apoio e realização do pós-processamento dos dados móveis (25 vértices).

O segundo processamento refere-se a realização do PPP para cada um dos pontos (25). Para realizar o ajuste da base local foi utilizado o método do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP), referenciado no *site* do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE),

disponível em <<http://www.ppp.ibge.gov.br/ppp.htm>>. De acordo com o *site* do IBGE “o termo Posicionamento por Ponto Preciso normalmente refere-se à obtenção da posição de uma estação utilizando as observáveis fase da onda portadora coletadas por receptores de duas frequências e em conjunto com os produtos do IGS”.

A última etapa perpassa pela análise comparativa dos dados em uma planilha eletrônica do *Excel*. Assim sendo, conforme a proposta desse trabalho, realizou-se a comparação entre os 25 pontos pós-processados com os mesmos 25 vértices obtidos pelo método do PPP.

Para realizar a análise comparativa dos dados, foram utilizados alguns critérios de equiparação e outros estatísticos. Para equiparar os dados, realizou-se a diferença entre coordenada pós-processada e a oriunda do PPP (para a coordenada E e N – Equações 1 e 2), a fim de verificar o padrão de divergência dos dados. Ainda, a fim de analisar esses dados, verificou-se a diferença encontrada junto a acurácia planimétrica (Equação 3) e altimétrica (Equação 4) dos dados. Por fim, tais dados comparados, foram sintetizados, por meio da análise da média aritmética (Equação 5) e desvio padrão (Equação 6) de cada conjunto numérico.

A fim de explicitar os procedimentos matemáticos, após a apresentação das equações, ter-se-á, junto ao Quadro 1, a indexação e explicitação dos símbolos apresentados junto às fórmulas, facilitando, dessa forma, o entendimento das mesmas.

$$\Delta \text{Coord } E = \text{Coord } E_{\text{processamento}} - \text{Coord } E_{\text{PPP}} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$\Delta \text{Coord } N = \text{Coord } N_{\text{processamento}} - \text{Coord } N_{\text{PPP}} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$\Delta \text{Acurácia}_{XY} = \text{Acurácia}_{XY (\text{processamento})} - \text{Acurácia}_{XY (\text{PPP})} \quad (\text{Eq. 3})$$

$$\Delta \text{Acurácia}_Z = \text{Acurácia}_Z (\text{processamento}) - \text{Acurácia}_Z (\text{PPP}) \quad (\text{Eq. 4})$$

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (\text{Eq. 5})$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (\text{Eq. 6})$$

Quadro 1. Síntese acerca da diferença entre os dados pós-processamento e do PPP.

Símbolo	Explicação
$\Delta \text{Coord } E$	Diferença de coordenada UTM “E”
$\text{Coord } E_{\text{processamento}}$	Coordenada UTM “E” oriunda do pós-processamento
$\text{Coord } E_{\text{PPP}}$	Coordenada UTM “E” oriunda do PPP
$\Delta \text{Coord } N$	Diferença de coordenada UTM “N”
$\text{Coord } N_{\text{processamento}}$	Coordenada UTM “N” oriunda do pós-processamento
$\text{Coord } N_{\text{PPP}}$	Coordenada UTM “N” oriunda do PPP
$\Delta \text{Acurácia}_{XY}$	Diferença planimétrica entre a acurácia planimétrica
$\text{Acurácia}_{XY}(\text{processamento})$	Acurácia planimétrica do pós-processamento
$\text{Acurácia}_{XY}(\text{PPP})$	Acurácia planimétrica do PPP
$\Delta \text{Acurácia}_Z$	Diferença planimétrica entre a acurácia altimétrica
$\text{Acurácia}_Z(\text{processamento})$	Acurácia altimétrica do pós-processamento
$\text{Acurácia}_Z(\text{PPP})$	Acurácia altimétrica do PPP
\bar{x}	Média aritmética
$\sum x_i$	Somatório dos dados
n	Número de dados
s	Desvio padrão

3. Resultados

Para explicitar os resultados desse trabalho, os mesmos serão evidenciados a seguir, gerando as análises, principalmente no tocante a comparação entre dados pós-processados e obtidos pelo método do PPP. Porém, inicialmente será realizado uma análise geral sobre os dados.

Dentre os 25 pontos coletados, em média, haviam 6,36 satélites GPS (o ponto com o menor número possuía 5 satélites e o máximo com 8 satélites) e 6,40 satélites GLONASS (o ponto com o menor número possuía 5 satélites e o máximo com 9 satélites), gerando uma média total de cerca de 12,76 satélites por ponto. O receptor utilizado para a coleta dos dados estava configurado com uma máscara de elevação de 15°.

Na análise dos dados processados obteve-se, em média, precisões de 1 cm, 1 cm e 2 cm, respectivamente para as coordenadas E, N e Z. Já na análise do PPP as precisões médias alcançadas foram de 59 cm, 86 cm e 169 cm, respectivamente para as coordenadas E, N e Z.

Com o intuito de analisar com detalhe os dados comparativos entre as diferenças existentes entre as coordenadas pós-processadas e as oriundas do PPP, tem-se, junto a Tabela 1, um resumo das mesmas. Assim, na Tabela 1 fica visível a diferença existente, com a alta diferenciação entre as coordenadas, seja ela planimétrica ou altimétrica.

Tabela 2. Síntese acerca da diferença entre os dados pós-processamento e do PPP.

	Valor que expressa a diferença entre as coordenadas "E" (Processamento – PPP)	Valor que expressa a diferença entre as coordenadas "N" (Processamento – PPP)	Acurácia planimétrica	Acurácia altimétrica
	1,780	-1,234	2,166	1,143
	1,880	-1,720	2,548	3,333
	2,321	-3,469	4,174	0,695
	1,081	-2,638	2,851	1,650
	1,321	-1,496	1,996	0,378
	1,509	-1,667	2,249	0,120
	1,868	-1,895	2,661	0,525
	1,374	-1,562	2,080	1,027
	1,982	-2,121	2,903	1,381
	1,378	-1,609	2,118	0,092
	1,171	-1,898	2,230	0,773
	1,050	-1,914	2,183	0,966
	1,145	-1,701	2,050	0,098
	1,476	-1,368	2,012	0,312
	1,482	-1,452	2,075	0,616
	1,358	-1,178	1,798	0,460
	1,528	-2,255	2,724	1,060
	1,529	-1,722	2,303	1,573
	2,110	-1,942	2,868	0,384
	1,580	-1,527	2,197	0,672
	1,732	-1,886	2,561	0,341
	1,442	-1,598	2,152	0,662
	2,144	-1,553	2,647	0,452
	1,803	-2,376	2,983	0,660
	0,871	-2,210	2,375	1,528
Média	1,56	-1,84	2,44	0,84
Desvio padrão	0,37	0,49	0,49	0,69

A seguir, com as Figuras 1, 2 e 3 há a comparação entre os sigmas existentes entre os pontos pós-processados e os obtidos por meio do PPP, para as coordenadas E, N, e Z. Assim sendo, deve-se destacar que há uma acentuada disparidade para com os dados analisados, evidenciando um fato lógico, no qual remete a questão da baixa precisão alcançada ao realizar o PPP de pontos coletados com baixo tempo de coleta.

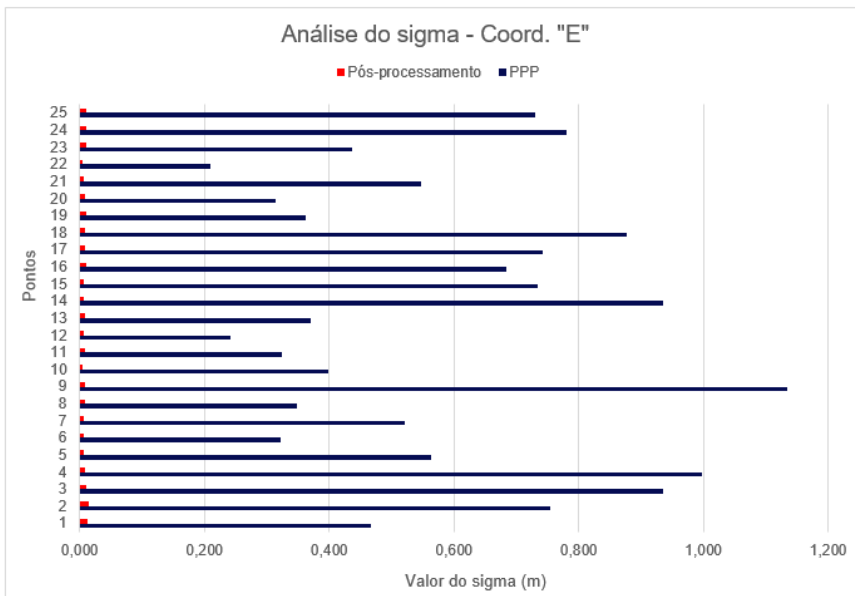


Figura 1. Comparação entre coordenada pós-processada e PPP: Coordenada “E”.

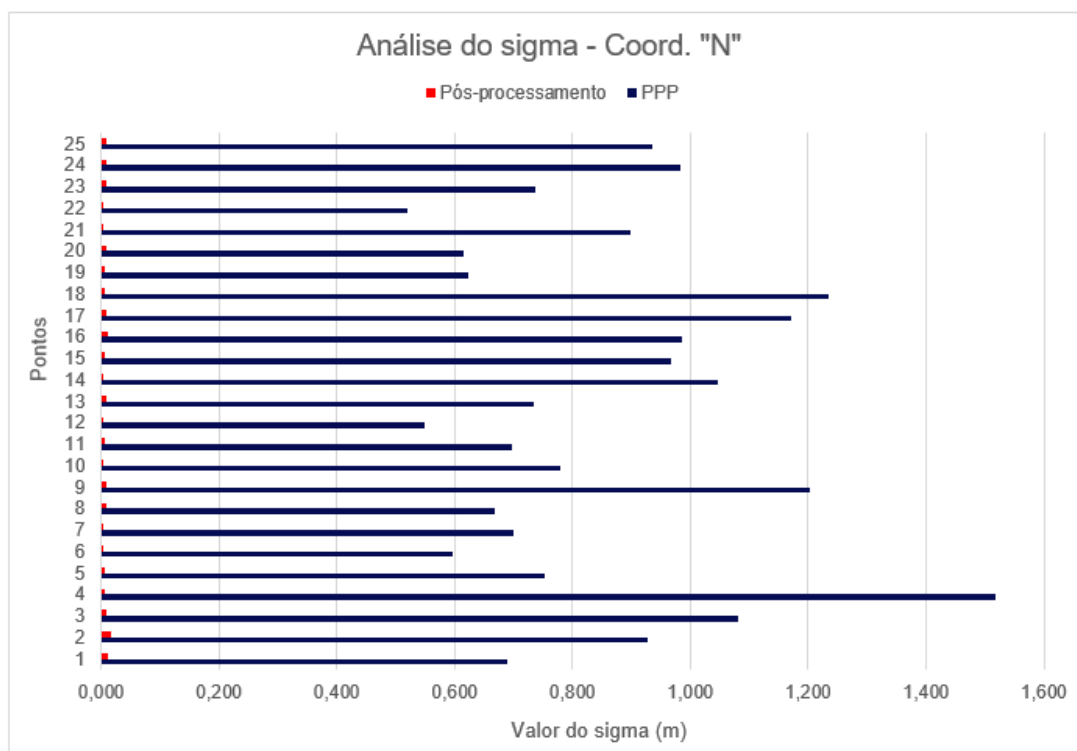


Figura 2. Comparação entre coordenada pós-processada e PPP: Coordenada “N”.

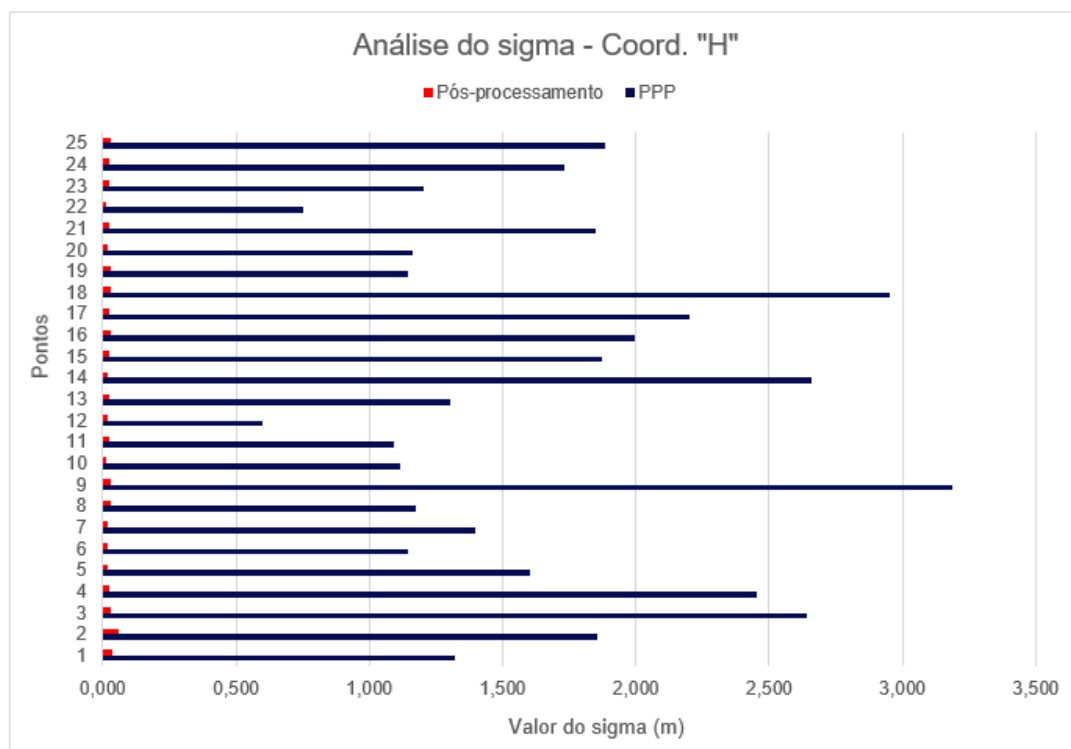


Figura 3. Comparação entre coordenada pós-processada e PPP: Coordenada “H”

Ao analisar as correlações entre as precisões, dos dados pós-processados e PPP obteve-se, para a coordenada E um valor de 0,21 (R^2), para a coordenada N um valor de 0,25 (R^2) e para a coordenada H um valor de 0,31 (R^2). Em resumo, pode destacar que não há uma variação padrão entre os dados pós-processados e obtidos pelo PPP, ou seja não existe uma tendência a fim de julgar se determinado vértice possui uma boa precisão para a análise do pós-processamento e manter o mesmo padrão para o PPP.

Junto as Figuras 4 e 5 há a explicitação da acurácia planimétrica e altimétrica. Em outras palavras, avaliou-se a acurácia dos dados por meio da comparação entre as coordenadas. A fim de comparar os dados (acurácia planimétrica e altimétrica), tem-se junto a Figura 6 a descrição da mesma.

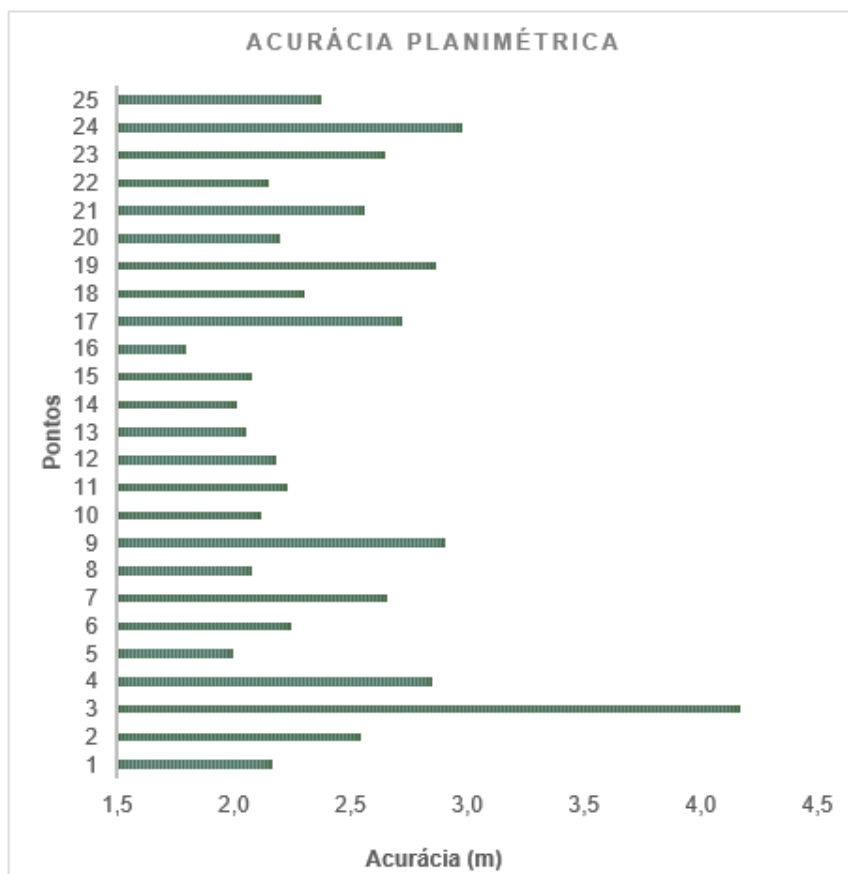


Figura 4. Análise da acurácia planimétrica entre os pontos pós-processados e o PPP.

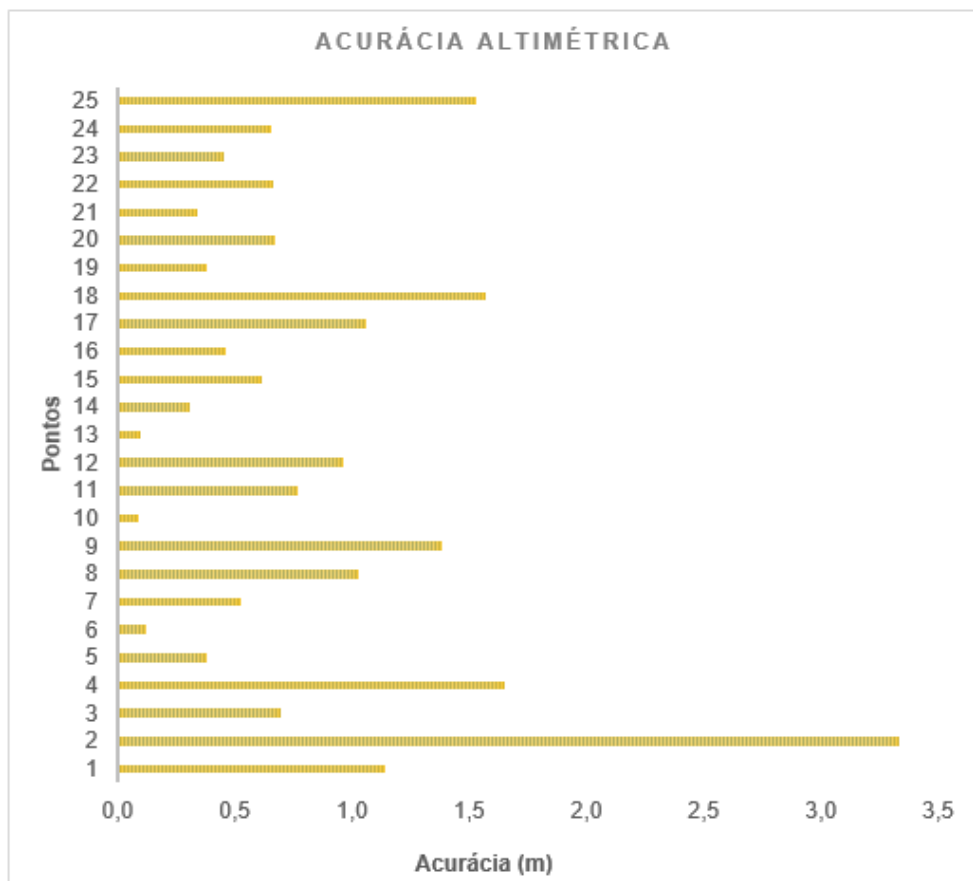


Figura 5. Análise da acurácia altimétrica entre os pontos pós-processados e o PPP.

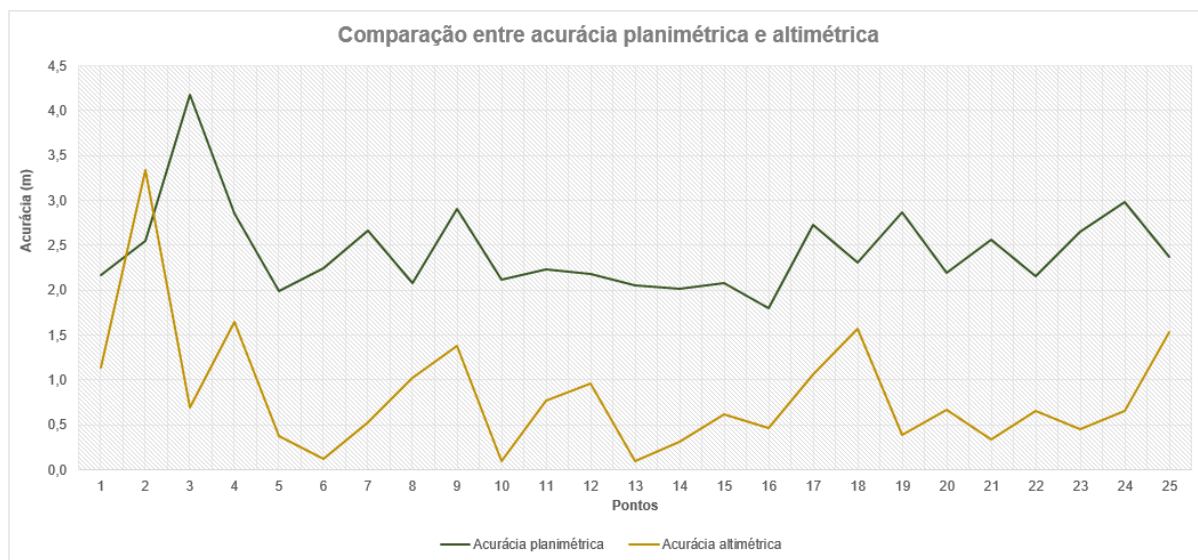


Figura 6. Comparação da acurácia planimétrica e altimétrica entre os pontos pós-processados e o PPP.

Com a avaliação dos dados explicitados anteriormente, pode-se destacar que a acurácia planimétrica obteve pior resultado que a altimétrica, com média de 1,60 m de decréscimo. Porém, essa diferenciação dos dados não é padrão para toda a amostra, visto que há um alto desvio padrão dos dados (0,78) e uma baixa correlação entre acurácia altimétrica e

planimétrica, na ordem de 0,16 (valor obtido após a aplicação do coeficiente de correlação linear de Pearson).

3. Conclusão

Destaca-se como de grande importância a estrutura de discussões envolventes nesse trabalho, pois, dessa forma, foi possível evidenciar que a realização do PPP em pontos com baixo tempo de coleta é problemática, uma vez que há um mínimo tempo de observação, não subsidiando a qualidade final dos resultados.

Deve-se destacar que essa pesquisa ocorreu após haver a discussão quanto a utilização ou não do PPP em pontos em que não há a utilização de uma base de apoio. Assim sendo, conforme a exemplificação dos resultados, com a análise comparativa dos dados, pode-se destacar que ao utilizar o PPP em pontos coletados com baixo tempo de coleta acaba por gerar precisões médias posicionais de 1,04 m (E: 0,59 m; N: 0,86 m) e altimétricas de 1,69 m. Em contrapartida os mesmos pontos, obtidos através do pós-processamento resultaram em precisões milimétricas (0,01 cm; 0,01 cm; 0,02 cm).

Em síntese, ainda pode-se destacar que as precisões obtidas refletem a acurácia dos dados. Assim sendo, deve-se frisar que não é viável realizar o PPP com pontos coletados com baixos tempos de coleta. Em trabalhos futuros serão discutidos, com maior detalhamento, o tempo ideal (e mínimo) para obtenção de resultados confiáveis junto a aplicação do PPP.

Referências

ALVES, C. M. D.; MONICO, J. F. G.; ROMÃO, V. M. C. **Análise da acurácia no PPP a partir da solução de ambiguidades GPS em curtos períodos de ocupação.** Revista Brasileira de Cartografia (2011) Nº 63/5: 589-600. Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto. ISSN: 1808-0936.

IBGE – Posicionamento por Ponto Preciso (PPP). Disponível em: <<http://www.ppp.ibge.gov.br/ppp.htm>>. Acesso: 19 maio 2016.

KAVANAGH, B. F. **Geomatics.** Editor Ed Francis. ISBN 0-13-032289-X, 2003.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS – Descrição, fundamentos e aplicações.** São Paulo: Editora UNESP, 2007.

MONICO, J. F. G.; PÓZ, A. P. D.; GALO, M; SANTOS, M. C. dos; OLIVEIRA, L. C. de. **Acurácia e Precisão: Revendo os conceitos de forma acurada.** Bol. Ciênc. Geod., sec. Comunicações, Curitiba/PR, v. 15, nº 3, p.469-483, jul-set, 2009.

PENHA, J. W. da; GUIMARÃES, N. A.; DIAS, J. dos S.; COSTA, M. F. **Avaliação da acurácia dos dados pós-processados de receptores GPS de navegação na determinação de coordenadas planimétricas** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR), 2009, Natal. Anais... São José dos Campos: INPE, 2009. p. 4797-4804. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. (INPE-15962-PRE/10571). Disponível em: <<http://urlib.net/3ERPFQRTBW/3485PTL>>. Acesso em: 09 julho. 2016.

PRINA, B. Z. **Geotecnologias aplicadas no mapeamento das áreas de inundação do perímetro urbano de Jaguari/RS.** Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO). Santa Maria, RS, Brasil, 2015.