

## ACURÁCIA NA DETERMINAÇÃO DA POSIÇÃO PELOS MÉTODOS DE POSICIONAMENTO POR PONTOS SIMPLES E POR POSICIONAMENTO DIFERENCIAL

DAVID L. ROSALEN<sup>1</sup>, RAFAEL CONTIERO<sup>2</sup>, BRUNA R. ALVARENGA<sup>3</sup>, CÉSAR A. P.  
TELES<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Engº Agrônomo, Prof. Assistente Doutor, Depto. de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, UNESP, Jaboticabal-SP, rosalen@fcav.unesp.br.

<sup>2</sup>Aluno de Engenharia Agrônômica, FCAV/UNESP, Jaboticabal – SP.

<sup>3</sup>Aluna de Engenharia Agrônômica, FCAV/UNESP, Jaboticabal – SP.

<sup>4</sup>Aluno de Engenharia Agrônômica, FCAV/UNESP, Jaboticabal – SP.

Apresentado no  
XLIII Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2014  
14 a 17 de setembro de 2014- Estância São Pedro - SP, Brasil.

**RESUMO:** Devido à aplicabilidade, praticidade e acurácia encontrada nos Sistemas GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*), eles têm sido cada vez mais utilizados em diversas aplicações, como levantamentos cadastrais e na agricultura de precisão. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a acurácia planimétrica obtida nos métodos de posicionamento por ponto simples e diferencial, utilizando-se diferentes modelos de receptores GNSS. O experimento foi conduzido no laboratório de campo do Núcleo de Geomática e Agricultura de precisão da FCAV/UNESP, Jaboticabal - SP. Foram determinadas as coordenadas de 14 estações geodésicas, previamente georreferenciadas ao Sistema Geodésico Brasileiro e a partir, destas determinações, foram calculadas as respectivas acurácias. Os resultados indicaram que o posicionamento diferencial pode não melhorar a qualidade em relação ao posicionamento por ponto simples, quando as estações base encontrarem-se numa distância acima de 370 km. Também, a utilização da ferramenta média disponível em alguns modelos de receptores de navegação não melhoram a acurácia planimétrica. A acurácia planimétrica encontrada tanto no posicionamento por ponto simples, como no posicionamento diferencial (bases longas), ficou em torno de 1,5 m nos melhores tratamentos.

**PALAVRAS-CHAVE:** GNSS, acurácia, erro.

### ACCURACY IN DETERMINING THE POSITION FOR POSITIONING METHODS FOR SINGLE POSITIONING POINTS AND DIFFERENTIAL POSITIONING

**ABSTRACT:** Due to feasibility, practicality and accuracy found in GNSS systems (*Global Navigation Satellite Systems*), they have been increasingly used in various applications such as cadastral surveying and precision agriculture. Thus, the present study aimed to evaluate the planimetric accuracy in positioning methods obtained by simple point and differential, using different models of GNSS receivers. The experiment was conducted in the field laboratory of the Nucleus for Geomatics and Precision Agriculture FCAV / UNESP, Jaboticabal - SP. We determined the coordinates of 14 geodetic stations, previously georeferenced to the Brazilian

Geodetic System and from, these determinations, we calculated the respective accuracies. The results indicate that the differential position can not improve quality in relation to single point positioning when the base stations themselves find a distance above 370 km. Also, the use of average tool available on some models of navigation receivers do not improve the planimetric accuracy. The planimetric accuracy found in both the single point positioning, plus the differential positioning (long base) was around 1.5 m on the best treatments.

**KEYWORDS:** GNSS, accuracy, error.

## INTRODUÇÃO

Sistemas GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*), no qual se inclui o sistema estadunidense GPS (*Global Positioning System*), são sistemas de posicionamento tridimensional de pontos sobre a superfície terrestre através da rádio-navegação. Devido à aplicabilidade, praticidade e acurácia encontrada nesses sistemas, eles têm sido cada vez mais utilizados em diversas aplicações, desde levantamentos cadastrais, como o georreferenciamento de imóveis rurais (INCRA, 2013), monitoramento de frotas e de estruturas e também na navegação, na qual se enquadra a navegação de máquinas agrícolas. Sendo que esta última aplicação, permitiu a viabilização do conceito de agricultura de precisão (AP) em larga escala (MONICO, 2008)

No mercado, hoje, existem diferentes tipos e modelos de receptores GNSS, de variados custos, utilizados na coleta de dados. Cada vez mais comuns, e mais acessíveis, estão os receptores denominados de “Navegação” e os receptores "SIG". Como, ambos, são receptores de fácil utilização, com alta aplicabilidade no planejamento e operações agrícolas, tornaram-se ferramentas amplamente utilizadas, com especial destaque na AP, na qual é fundamental o georreferenciamento de pontos. Uma das principais utilizações destes receptores é na determinação da posição de pontos na amostragem de parâmetros físico-químicos do solo (CAMPOS et al., 2008; MONTANARI et al., 2008), como, por exemplo, o estabelecimento de grades de amostragens para um posterior processo de interpolação e modelagem de superfícies. Destaca-se ainda, que existem dois métodos de posicionamento (Posicionamento por Ponto Simples - PPS e Posicionamento Diferencial - DGNSS) que podem ser utilizados nessas categorias de receptores GNSS. Nos receptores de navegação o método PPS predomina e os receptores SIG permitem tanto o PPS como o DGNSS pós-processado. O DGNSS em tempo real só é possível em locais que exista uma cobertura SBAS (*Satellite Based Augmentation System*), tanto para os receptores de navegação, como para os receptores SIG. Destaca-se que no pós-processamento do posicionamento DGNSS, assim como do posicionamento relativo, o comprimento da linha de base é um fator que irá influenciar diretamente na qualidade final das coordenadas obtidas (MONICO, 2008).

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a acurácia planimétrica obtida nos métodos PPS e DGNSS, utilizando-se diferentes modelos de receptores, na determinação da posição de pontos.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na FCAV/UNESP, câmpus de Jaboticabal -SP, localizada em torno da Latitude de 21°14'07"S e Longitude de 47°28'28"W com altitude ortométrica média de 613 m. A área experimental foi constituída de quatorze estações geodésicas, todas localizadas no laboratório de campo do Núcleo de Geomática e Agricultura de Precisão - NGAP do Departamento de Engenharia Rural. Uma das estações, a SAT 93901, pertence ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB); as demais estações (estações "MAI") estão todas

conectadas ao SGB; adotou-se o SIRGAS2000 como Sistema Geodésico de Referência. Para a conexão das estações MAI ao SGB foi utilizado o Posicionamento Relativo Semi-cinemático utilizando-se como base a estação SAT 93901 e o receptor GNSS marca Trimble, modelo R6. Essas coordenadas assim obtidas e as coordenadas oficiais da estação SAT 93901 foram adotados como valores de referência para a determinação da acurácia.

Foram estabelecidos nove tratamentos abaixo descritos:

- 1) Receptor marca Garmin, modelo Etrex 30 sem a utilização da ferramenta média - Posicionamento por ponto simples (PPS);
- 2) Receptor marca Garmin, modelo Etrex 30 com a utilização da ferramenta média - Posicionamento por ponto simples (PPS);
- 3) Receptor marca Garmin, modelo GPSMap 62 sem a utilização da ferramenta média - Posicionamento por ponto simples (PPS);
- 4) Receptor marca Garmin, modelo GPSMap 62 com a utilização da ferramenta média - Posicionamento por ponto simples (PPS);
- 5) Receptor marca Trimble, modelo Nomad - Posicionamento por ponto simples (PPS);
- 6) Receptor marca Astech, modelo Mobile Mapper 6 - Posicionamento por ponto simples (PPS);
- 7) Receptor marca Astech, modelo Mobile Mapper 6, estação base UFPR (base de 476 km) - Posicionamento diferencial (DGNSS);
- 8) Receptor marca Astech, modelo Mobile Mapper 6, estação base CHPI (base de 377 km) - Posicionamento diferencial (DGNSS);
- 9) Receptor marca Astech, modelo Mobile Mapper 6, estações base UFPR e CHPI (ajuste em rede) - Posicionamento diferencial (DGNSS);

A Figura 1 exibe imagens dos diferentes receptores GNSS utilizados no trabalho.



Figura 1: Equipamentos utilizados na coleta de dados de campo. Da esquerda para a direita e de cima para baixo, receptor Trimble R6 (1), receptor Mobile Mapper 6 (2), Receptor Trimble GPS Nomad (3), receptor Garmin GPSMap62 (4) e receptor Garmin Etrex30 (5).

Fonte: fotos do autor.

Para cada tratamento foram realizadas quatro repetições por estação geodésica, totalizando 504 posições determinadas. A variável analisada foi o erro de posição planimétrico como descrito em INCRA (2003), sendo submetidas à ANOVA e ao Teste de Tukey as diferenças de posição planimétrica dos diferentes tratamentos em relação ao tratamento controle. Também, determinou-se a acurácia da variável analisada conforme conceitos descritos em Ghilani e Wolf (2006) e Mikhail e Gracie (1981).

Utilizou-se o *software* Assistat (SILVA; AZEVEDO, 2002) para análise dos dados e o *software* TopoEVN para representação gráfica e processamento de dados, além de planilha eletrônica para a tabulação final dos resultados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 exibe as acurácias, em metros, determinadas nos diferentes tratamentos estabelecidos (média de todas as estações geodésicas). As letras indicam diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 1. Acurácias planimétricas determinadas nos diferentes tratamentos estabelecidos.

Tratamento	Acurácia planimétrica (m)*
Garmin Etrex 30 - PPS	1,4 cd
Garmin Etrex 30 (média) -PPS	2,0 bc
Garmin Map 62 - PPS	1,4 cd
Garmin Map 62 (média) -PPS	2,0 bc
Trimble GPS Nomad - PPS	5,1 a
Ashtech Mobile Mapper 6 - PPS	5,3 a
Ashtech Mobile Mapper 6 UFPR (base de 476 km) - DGNSS	2,2 b
Ashtech Mobile Mapper 6 CHPI (base de 377 km) - DGNSS	1,3 d
Ashtech Mobile Mapper 6 UFPR/CHPI - DGNSS	1,6 bcd

\*As letras indicam diferença significativa ( $p < 0,01$ ); DMS = 0,63540.

Os resultados da Tabela 1 indicam que os melhores tratamentos foram o Etrex 30 (sem média), GPSMap 62 (sem média) e Mobile Mapper DGNSS (estação base CHPI e em rede UFPR/CHPI). Esse resultado indicou que a utilização do método DGNSS não melhorou a acurácia. Esse fato pode ser explicado pelo comprimento se linha base muito longo (acima de 370 km); isso pode ser corroborado pelo fato de quando utilizada a estação base CHPI (distância de 377 km) a acurácia melhorou significativamente em relação estação base UFPR (distância de 476 km), inclusive, mesmo realizando um ajuste utilizando-se as duas estações base simultaneamente, a acurácia ficou numa posição intermediária, indicando que o uso de uma estação mais distante, na rede, piorou o resultado.

Também, nota-se que a utilização da ferramenta média (tratamentos Etrex 30 e GPSMap 62) teve um efeito contrário ao esperado, isto é, piorou a acurácia. Os receptores Nomad e Ashtech, no PPS, apresentaram os piores resultados; esse fato pode ser explicado que esses receptores são projetados para, a princípio, serem utilizados no posicionamento diferencial e não por ponto simples, como os receptores da Marca Garmin; também, os receptores Garmin avaliados eram de modelos mais atualizados, enquanto que o Mobile Mapper 6 e o Nomad são modelos que estão a mais tempo no mercado, inclusive, já foram lançados o Mobile Mapper 10 e o Nomad série 900G.

A Tabela 2 exibe as acurácias, em metros, determinadas nas diferentes estações geodésicas (média de todos os tratamentos). As letras indicam diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 2. Acurácias planimétricas determinadas nas diferentes estações geodésicas da área de estudo.

Estação geodésica	Acurácia planimétrica (m)*
SAT 93901	2,1 b
MAI 103	3,9 a
MAI 104	2,5 b
MAI 166	2,4 b
MAI 167	2,4 b
MAI 109	2,4 b
MAI 110	2,4 b
MAI 165	2,1 b
MAI 127	2,5 b
MAI 168	2,7 b
MAI 128	2,3 b
MAI 153	2,4 b
MAI 169	2,3 b
MAI 154	2,3 b

\* As letras indicam diferença significativa ( $p < 0,01$ ); DMS = 0,85621.

Os resultados exibidos na Tabela 2 indicam que não ocorreu diferença significativa entre as acurácias das diferentes estações geodésicas, salvo para a estação MAI 103. Esse resultado era esperado, pois as acurácias obtidas nos diferentes tratamentos deveriam manter-se estáveis, independente da estação geodésica utilizada, considerando-se que todas as estações teriam uma qualidade similar nas suas coordenadas geodésicas.

O fato da estação MAI 103 ter apresentado diferença significativa em relação às demais, pode indicar que as coordenadas de controle desta estação podem não estarem adequadas, originando um erro sistemático nas posições planimétricas determinadas nos diferentes tratamentos. Neste caso recomenda-se uma revisão destas coordenadas de controle.

## CONCLUSÕES

Os resultados indicaram que o posicionamento diferencial pode não melhorar a qualidade em relação ao posicionamento por ponto simples, quando as estações base encontrarem-se numa distância acima de 370 km. Também, a utilização da ferramenta média disponível em alguns modelos de receptores de navegação não melhoram a acurácia planimétrica. A acurácia planimétrica encontrada tanto no posicionamento por ponto simples, como no posicionamento diferencial (bases longas), ficou em torno de 1,5 m nos melhores tratamentos.

## REFERÊNCIAS

CAMPOS, M. C.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; SOUZA, Z. M. de; BARBIERI, D. M. Aplicação de adubo e corretivo após o corte da cana-planta utilizando técnicas geoestatísticas. *Ciência Rural*, v.38, n.4, p.974-980, 2008.

GHILANI, C. D.; WOLF, P. R. **Adjustment computations: Spatial data analysis**, 4. Ed. New Jersey: John Wiley & Sons Inc., 2006. 611 p.

INCRA. INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. **Norma técnica para georreferenciamento de imóveis rurais**: Aplicada à Lei 10.267. Brasília: 2013. 4 p.

INCRA. INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. **Norma técnica para georreferenciamento de imóveis rurais**: aplicada à Lei 10.267. 1. ed. Brasília: 2003. 42 p.

MIKHAIL, E.M.; GRACIE, G. **Analysis and adjustment of survey measurements**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1981. 340p.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo NAVSTAR – GPS**: Descrição, fundamentos e aplicações. Presidente Prudente: UNESP, 2.a ed., 2008. 480 p.

MONTANARI, R.; PEREIRA, G. T.; MARQUES JÚNIOR, J.; SOUZA, Z. M. de; PAZETO, R. J. CAMARGO, L. A. Variabilidade espacial de atributos químicos em Latossolo e Argissolos. **Ciência Rural**, v.38, n.5, p.1266-1272, 2008.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.4,n.1, p71-78, 2002.