

**POSICIONAMENTOS POR GNSS E LEVANTAMENTO CADASTRAL DE
COORDENADAS TOPOGRÁFICAS****TERESA CRISTINA TARLÉ PISSARRA¹, DAVID LUCIANO ROSALEN², CRISTIANO
ZERBATO³, RENATA CRISTINA ARAÚJO COSTA⁴; GABRIEL SARTORI BAYO⁵**

^{1,2,3} Prof. Dr., Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Câmpus de Jaboticabal, Departamento de Engenharia Rural (16-32097281), teresap@fcav.unesp.br, rosalen@fcav.unesp.br, cristianozerbato@hotmail.com

⁴ Pós-Graduada do Curso de Pós-Graduação em Agronomia (Programa Ciência do Solo), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Câmpus de Jaboticabal, Departamento de Engenharia Rural (16-32097281), renata.criscosta@gmail.com

⁵ Graduando do Curso de Graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Câmpus de Jaboticabal, Departamento de Engenharia Rural (16-32097281), sartori_1995@terra.com.br

Apresentado no
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

RESUMO: O sistema de navegação por satélite (*Global Navigation Satellite System* – GNSS) estabelece o posicionamento de pontos sobre a superfície terrestre. Este trabalho teve como objetivo analisar a acurácia e a precisão das coordenadas de pontos obtidos na execução de um levantamento topográfico e cadastral de uma área teste, que equivale a um campo de futebol. Para o levantamento dos dados foi utilizado quatro receptores de sinal GNSS. Os dados foram coletados em cinco períodos (manhã – tarde; dois dias seguidos e uma manhã após uma semana). Os procedimentos utilizados na realização dos serviços topográficos seguiram as Normas Técnicas Brasileiras. Os dados foram analisados estatisticamente e de acordo com os resultados obtidos, conclui-se que, a partir das coordenadas obtidas pelo receptor GNSS R6, os pontos cadastrados com os receptores de navegação apresentaram média precisão e baixa acurácia. Os receptores apresentam facilidade de operação, e a localização espacial de pontos topográficos resultou em satisfatória proximidade da medida relativa ao verdadeiro valor da coordenada cadastrada (referência), constituindo-se numa poderosa ferramenta de trabalho empregado em levantamentos de áreas e medidas lineares que não exijam a exatidão submétrica de pontos topográficos.

PALAVRAS-CHAVE: georreferenciamento; receptor de navegação; cadastro de coordenadas

**POSITIONING BY GNSS AND CADASTRAL OF TOPOGRAPHIC COORDINATES
SURVEY**

ABSTRACT: The Global Navigation Satellite System (GNSS) establishes the positioning of points on the Earth's surface. This work had as objective to analyze the accuracy and precision of the coordinates of points obtained in the execution of a topographic and cadastral survey of a test area, which is equivalent to a soccer field. For data collection, four GNSS signal receivers were used. Data with GNSS receivers were collected in five periods (morning - afternoon, two consecutive days and one morning after one week). The procedures used to perform the topographic services followed the Brazilian Technical Standards. The data were analyzed statistically and according to the obtained results, it is concluded that, from the coordinates obtained by the R6 receptor GNSS, the points registered with the receivers presented medium precision and low accuracy. The receivers are easy to operate, and the spatial location of topographic points resulted in a satisfactory proximity to the relative value of the registered coordinate (reference), constituting a powerful work tool used in area surveys and linear measurements that do not require the sub-metric accuracy of topographic points.

KEYWORDS: Global Position System; topography survey; georeferencing

INTRODUÇÃO: As coordenadas geográficas obtidas por sistema de navegação por satélite (*Global Navigation Satellite System – GNSS*) estabelecem o posicionamento de pontos sobre a superfície terrestre, e é uma ferramenta valiosa para monitoramento de deformação contínua a longo prazo na área (Jiang et al, 2017). É necessário desenvolver estudo sobre o levantamento cadastral que tem como finalidade atualizar o acervo técnico das propriedades rurais e oferecer maior confiabilidade nos dados e possibilitar maior agilidade na tomada de decisões das áreas para a implantação de sistemas de produção agrícola. O cadastro dos pontos depende da metodologia, do processo e do equipamento utilizado para mensurar os valores das coordenadas (X, Y e Z) (Monico, 2000; Cai et al., 2015), e os resultados devem considerar a acurácia (proximidade da medida relativamente ao verdadeiro valor da variável); a precisão (proximidade entre os valores obtidos pela repetição do processo de mensuração); e a exatidão (correção, perfeição ou ausência de erro em uma medida ou cálculo). No Brasil, a lei 10.267 de 28 de agosto de 2001, criou o Cadastro Nacional de Imóveis Rurais (CNIR) e tornou obrigatório o georreferenciamento do imóvel rural (Silva; Monico, 2009). Como é necessário realizar a descrição do imóvel rural em suas características, limites e confrontações, como o levantamento das coordenadas dos vértices georreferenciados ao sistema geodésico brasileiro, com precisão posicional fixada pelo INCRA, este trabalho possui estreita relação com o processo que o proprietário irá unificar e gerenciar de forma mais eficiente às informações da propriedade para fins legais (Kim; Tinin, 2009; Jiang et al., 2017). Este trabalho teve como objetivo analisar a acurácia e a precisão das coordenadas de pontos obtidos na execução de um levantamento topográfico e cadastral.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi realizado em uma área experimental, que equivale a um campo de futebol, localizada na Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Câmpus de Jaboticabal. Com a indicação precisa dos limites, foram definidos 9 pontos e anotados no croqui. O levantamento foi de acordo com as Normas Técnicas NBR 13133 de maio de 1994 e Lei 10267 de 28/08/01. O trabalho foi iniciado num marco, sendo o mesmo identificado por um código, e os próximos pontos foram definidos por uma numeração sequencial para referenciar as coordenadas geodésicas/geográficas: latitude, longitude, altitude; dos vértices a um sistema de referência geodésico, WGS84. Para referenciar as coordenadas de um sistema de projeção plana-UTM: Norte, Este - a um sistema de referência geodésico - foram utilizados quatro instrumentos de medida topográfica - receptores do sistema global de navegação por satélite, do inglês *Global Navigation Satellite System* (GNSS), os quais foram denominados de Receptores Recp1, Recp2, Recp3 e um receptor base: R6 - Receptor GNSS/GLONASS/GPS/RTK, Trimble® R6 com tecnologia de rastreamento de satélites Trimble R-Track. A partir do levantamento realizado pelo R6 foi elaborado o mapa base. Os dados com cada receptor GNSS (Recp1, Recp2, Recp3) foram coletados em três períodos: Dia 1: manhã (Período 1); tarde (Período 2) e Dia 2: manhã (Período 3), com três repetições. O levantamento da área consistiu no Levantamento Cinemático e o apoio topográfico planimétrico vinculou-se ao transporte do marco da rede geodésica (SGB) a situação do marco do Departamento de Engenharia Rural, para coincidir um vértice geodésico, e a distância entre o Marco de Referência. A geometria da constelação de satélites estava sempre na acurácia das coordenadas, valores de PDOP entre 2 e 6. Após a coleta de dados em cada receptor, os valores cadastrados dos pontos foram transferidos no programa *Topograph*. As coordenadas planoretangulares dos vértices geodésicos foram transformadas para o sistema de representação cartográfica UTM, permitindo a determinação dos dados lineares no eixo ESTE (resultante nas projeções leste (X)); os dados lineares no eixo NORTE (resultante nas projeções norte (Y)); e os dados de altitudes (resultantes nas projeções Z). Para verificar o grau de ajuste das coordenadas em cada ponto utilizou-se a comparação entre os valores das coordenadas cadastradas em cada período com as coordenadas obtidas pelo receptor R6 da Trimble, onde os receptores GNSS de navegação foram comparados, H_0 : diferença=0; H_1 : diferença \neq 0. O mapa final foi gerado utilizando-se os programas *Topograph* e *AutoCad*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os dados lineares resultante nas projeções no eixo ESTE (X), NORTE (Y); altitudes (Z) obtidos por cada instrumento de medida topográfica podem ser observados na Figura 1, os pontos indicando a precisão e acurácia e o mapa dos alinhamentos na Figura 2 e os valores estatísticos dos dados na Tabela 1.

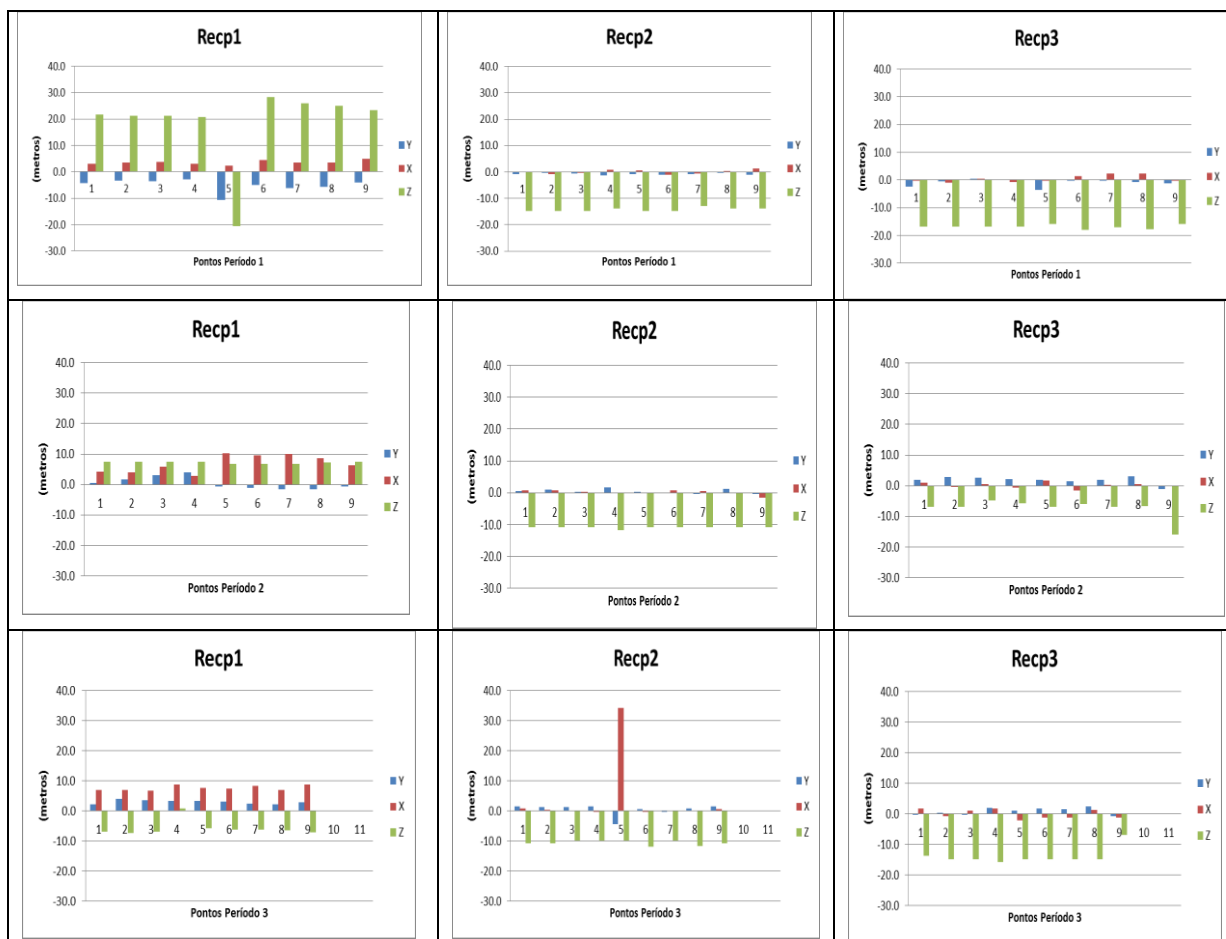


FIGURA 1. Valores das coordenadas planas este (X), norte (Y), e altitude (Z) dos pontos topográficos levantados com o Receptor GNSS – R6 da Trimble e três receptores de navegação: Recp1, Recp2, Recp3.

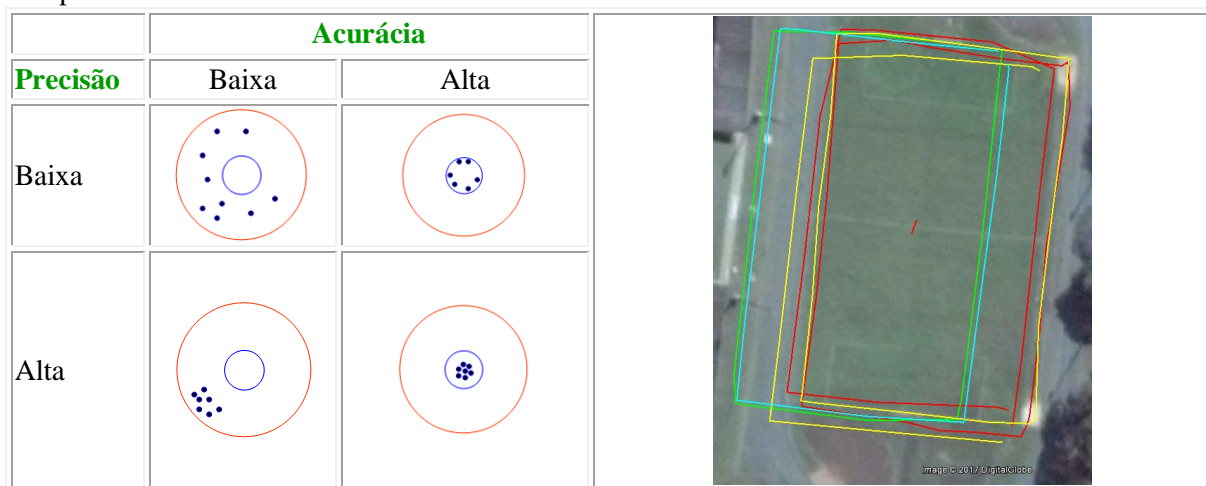


FIGURA 2. Precisão e acurácia dos pontos cadastrados dos levantados com o Receptor GNSS – R6 da Trimble e três receptores de navegação: Recp1, Recp2, Recp3.

A avaliação dos dados levantados permite dizer que o uso do Sistema GNSS é de grande valia em levantamentos topográficos, e apresenta vantagens do ponto de vista econômico e grande facilidade para obter os dados com tempo e custo inferior aos dados levantados com outro equipamento topográfico para o cadastramento do imóvel rural.

TABELA 1. Síntese dos valores estatísticos das variáveis X, Y, Z; Receptores (Recp) 1, 2 e 3; e Períodos 1, 2 e 3.

Período 1	R6 - Recp1 (m)			R6 - Recp2 (m)			R6 - Recp3 (m)		
	Y	X	Z	Y	X	Z	Y	X	Z
Maior	10.66	4.94	28.43	1.34	1.24	14.89	3.60	2.47	17.89
Menor	2.87	2.46	20.56	0.16	0.21	12.90	0.01	0.02	15.85
Média	5.05	3.61	23.14	0.78	0.67	14.31	1.02	0.97	16.86
DP	2.38	0.75	2.76	0.39	0.33	0.73	1.20	0.96	0.70
CV	47.09	20.88	11.94	50.72	48.85	5.08	117.33	98.49	4.16
Período 2	Y	X	Z	Y	X	Z	Y	X	Z
Maior	3.88	10.24	7.56	1.66	1.55	11.86	3.06	1.63	15.85
Menor	0.53	2.92	6.78	0.05	0.06	10.79	1.23	0.13	4.89
Média	1.66	6.82	7.25	0.62	0.57	10.97	2.10	0.74	7.42
DP	1.15	2.84	0.36	0.56	0.48	0.34	0.63	0.56	3.24
CV	69.30	41.63	5.01	89.12	83.62	3.06	29.93	75.96	43.67
Período 3	Y	X	Z	Y	X	Z	Y	X	Z
Maior	3.99	8.87	7.37	4.52	34.23	11.89	2.38	2.13	15.86
Menor	2.12	6.69	0.82	0.12	0.14	9.85	0.05	0.82	6.85
Média	2.96	7.63	5.99	1.42	4.11	10.64	1.13	1.42	13.97
DP	0.64	0.83	2.00	1.26	11.30	0.82	0.78	0.41	2.72
CV	21.60	10.88	33.35	89.08	275.25	7.68	69.14	29.04	19.45

As diferenças de posicionamento observadas no caso do sistema GNSS estão dentro dos limites especificados para os receptores empregados; sendo o Receptor 2, nos três períodos, o que apresentou maior precisão, acurácia e exatidão, indicando os aparelhos diferem significativamente no cadastro dos pontos. Quanto a altitude, as diferenças oscilaram entre 0,34m a 28,43m. Na figura 2 pode-se visualizar a área levantada por todos os aparelhos, plotada utilizando-se os programas *Topograph*. O desvio padrão amostral indica a medida de dispersão dos dados em torno de média amostral e o coeficiente de variação de Pearson demonstra a medida de dispersão relativa, empregada para estimar a precisão de experimentos e representa o desvio-padrão expresso como porcentagem da média, o que demonstra a capacidade de comparação de distribuições diferentes.

CONCLUSÕES: Os receptores GNSS possibilitam, pela facilidade de operação e precisão, a localização espacial de pontos topográficos com boa precisão, constituindo-se numa poderosa ferramenta de trabalho empregada em levantamentos topográficos de imóveis rurais e respectivos cadastramentos ao INCRA.

REFERÊNCIAS

- Brasil. Decreto n. 4.449, de 22 de outubro de 2002. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, n. 166, Seção 1, 31 out. 2002.
- BRASIL. Lei n. 10.267, de 28 de agosto de 2001. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, n. 166, Seção 1, 29 ago. 2001.
- CAI, C., GAO, Y., PAN, L. AND ZHU, J. Precise point positioning with quad-constellations: GPS, BeiDou, GLONASS and Galileo. *Advances in Space Research*, v.56, n.1, pp.133-143, 2015.
- JIANG, W., XI, R., CHEN, H. AND XIAO, Y. Accuracy analysis of continuous deformation monitoring using BeiDou Navigation Satellite System at middle and high latitudes in China. *Advances in Space Research*, v.59, n.3, p.843-857, 2017.
- KIM, B.C.; TININ, M.V. The association of the residual error of dual-frequency Global Navigation Satellite Systems with ionospheric turbulence parameters. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, v.71, n.17, pp.1967-1973, 2009.
- MONICO, J. F. G. Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS: descrição, fundamentos e aplicações. São Paulo/SP.: Unesp. 2000. 287 p.
- SILVA, H.A.da; MONICO, J.F.G. Ajustamento de Redes GPS em conformidade com as exigências da Lei 10.267/2001. *Boletim de Ciências Geodésicas*, v.15, n.4, 2009.