

LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO DE GLEBA AGRÍCOLA UTILIZANDO-SE RECEPTOR GNSS RTK EMBARCADO EM MÁQUINA AGRÍCOLA

DAVID LUCIANO ROSALEN¹, RAMON CESAR DOS SANTOS PINTO², CRISTIANO ZERBATO³

¹Professor Doutor, Dep. de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias-FCAV/UNESP, Jaboticabal-SP, fone: (16) 3209-7286, rosalen@fcav.unesp.br.

²Graduando em Agronomia, Dep. de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - FCAV/UNESP, Jaboticabal-SP.

³Professor Doutor, Dep. de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias-FCAV/UNESP, Jaboticabal-SP.

Apresentado no
XLV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2016
24 a 28 de julho de 2016 - Florianópolis - SC, Brasil

RESUMO: O levantamento planialtimétrico é uma operação indispensável para o correto manejo agrícola. Atualmente, nas operações mecanizadas são utilizadas diversas geotecnologias como receptores GNSS, monitores de bordo e sistemas de navegação; sendo que o conjunto receptor GNSS/monitor pode também ser utilizado para levantamentos planialtimétricos. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade de um conjunto receptor GNSS/monitor, instalados e operados numa máquina agrícola, para fins de levantamento planialtimétrico. O trabalho foi conduzido numa gleba de terras de 50 ha na região de Jaboticabal-SP; utilizou-se um trator equipado com antena GNSS e monitor (posicionamento RTK) para o mapeamento; também, foi realizado o levantamento topográfico da área através do método de posicionamento GNSS relativo. Para fins de comparação, foram elaborados dois mapas de declividade, um para o levantamento GNSS RTK embarcado em máquina agrícola e outro para o levantamento topográfico. Os resultados indicaram que os dados obtidos pelo conjunto receptor GNSS/monitor embarcado, gerou um mapa de declividade com maior homogeneidade e coerência com relação à distribuição das classes de declividade com relação ao levantamento topográfico. Nesse sentido, a realização de levantamentos planialtimétricos utilizando-se do posicionamento relativo GNSS com receptores instalados em máquinas agrícolas, pode ser uma opção viável para essa finalidade.

PALAVRAS-CHAVE: GPS, Declividade, Modelo digital de terreno.

MAPPING OF LAND PLOTS USING SIMPLE POINT GNSS POSITIONING AND SOFTWARE FREWARE

ABSTRACT: The planialtimetric survey is an essential operation to correct agricultural management. Currently, the mechanized operations are used as various geo GNSS receivers, onboard monitors and navigation systems; wherein the set GNSS receiver/monitor may also be used to planialtimetric surveys. Thus, this study aimed to evaluate the feasibility of a joint GNSS receiver/monitor, installed and operated in an agricultural machine to planialtimetric survey purposes. The work was conducted on a plot of land of 50 ha in Jaboticabal-SP region; it is used a tractor equipped with a GNSS antenna and monitor (RTK positioning) for mapping; Also, we carried out the survey of the area through the GNSS relative positioning method. For comparison purposes, they were prepared two gradient maps, one for GNSS RTK survey embedded in agricultural machine and one for the planialtimectric survey. The results indicated that the data obtained by the GNSS receiver set/embedded monitor, generated a gradient map with greater uniformity and consistency with regard to the distribution of slope classes in relation to the survey. Accordingly, conducting surveys

planialtimetric using the relative positioning of GNSS receivers installed in agricultural machines, may be a viable option for this purpose.

KEYWORDS: GPS, Slope, Digital terrain model.

INTRODUÇÃO

O levantamento planialtimétrico é uma operação indispensável para o correto manejo agrícola. Esses levantamentos podem ser realizados através do uso de diferentes geotecnologias; por exemplo, pode-se utilizar imagens aéreas ou orbitais obtidas a partir de satélites e veículos aéreos não tripulados (ROSALEN, 2015). Também, através de levantamentos realizados diretamente no local, utilizando-se de métodos de posicionamento por satélites (*Global Navigation Satellite System* - GNSS).

No caso da utilização da tecnologia GNSS, para se obter uma descrição adequada do relevo deve-se adotar métodos que possam fornecer uma qualidade de posicionamento na ordem de centímetros; por exemplo o posicionamento relativo estático, estático rápido, semicinemático ou ainda o cinemático em tempo real (*Real Time Kinematic* - RTK) (MONICO, 2008). O método RTK é uma opção interessante pois dispensa a etapa de pós-processamento das observáveis GNSS. Destaca-se ainda o uso do posicionamento RTK em Rede que é um aprimoramento da tecnologia RTK e tem sido usado em muitos países, por causa do aumento da demanda por informações espaciais de alta qualidade e em tempo real (BARBOSA et al., 2010).

O método RTK também tem sido muito utilizado para a navegação de máquinas agrícolas, pois proporciona alta qualidade de posicionamento que pode proporcionar ganhos nas operações agrícolas mecanizadas de maneira geral (MACHADO, 2011; BAIO; MORATELLI, 2011; MOLIN et al., 2011).

Destaca-se que a antena receptora GNSS em conjunto com o computador de bordo, instalados numa máquina agrícola, podem ser utilizados, não só para a navegação da máquina, como também para a realização de um levantamento planialtimétrico, desde que o computador de bordo permita a gravação das coordenadas planialtimétricas, de forma automatizada, a medida que a máquina se desloca na área. Dessa forma, esse recurso torna-se interessante, pois pode dispensar o uso do serviço de uma equipe de topografia, minimizando dessa forma o custo do levantamento planialtimétrico.

Dentro deste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade de um conjunto receptor GNSS/monitor, instalados e operados numa máquina agrícola, para fins de execução de um levantamento planialtimétrico.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo situa-se no município de Jaboticabal, Estado de São Paulo, localizando-se a cerca de 10 km do centro da área urbana do município. Abrange cerca de 50 ha, com declividade média em torno de 8 % e cultivada com cana-de-açúcar (Figura 1).



FIGURA 1. Delimitação da área de estudo (polígono vermelho).

Fonte: Imagem do Google Earth.

Foi realizado um levantamento planialtimétrico da área de estudo utilizando-se de duas metodologias distintas. A primeira delas, mais usual, que é a realização de um levantamento topográfico utilizando-se receptor GNSS e posicionamento relativo pós-processado. Nesse método a área foi percorrida pela equipe de topografia coletando pontos amostrais planialtimétricos que possam representar adequadamente o relevo da área. No segundo método foi utilizada uma máquina agrícola (trator) equipada com tecnologia GNSS embarcada, isto é, antena receptora GNSS e monitor de bordo; nesse caso o método de posicionamento é o relativo cinemático em tempo real (*Real Time Kinematic - RTK*). Nesse método a área é percorrida pela máquina ao longo das linhas de nível e os pontos amostrais planialtimétricos são gravados automaticamente no monitor de bordo mediante uma taxa de gravação pré-estabelecida. Em ambos levantamentos os pontos amostrais foram coletados ao longo de carregadores e terraços agrícolas presentes na área de estudo. A área recoberta pelo levantamento realizado pela equipe de topografia foi maior do que a realizada pelo uso da máquina agrícola, dessa forma houve a necessidade de realizar um recorte com cerca de 50 ha que fosse coincidente em ambos os levantamentos.

Após a realização dos levantamentos planialtimétricos, utilizando-se os dois métodos (levantamento topográfico convencional por equipe de topografia e máquina agrícola equipada com sistema RTK), os dados de ambos levantamentos foram exportados para o *software* DataGeosis Office, versão 7.5 para a elaboração do modelo digital de terreno e, posteriormente, a geração dos mapas de declividade. Também, foi realizada análise estatística descritiva dos dados utilizando-se do *software* Assistat (SILVA; AZEVEDO, 2002).

O método utilizado para a modelagem matemática da superfície do terreno foi o método da triangulação, que consiste, numa primeira etapa, no estabelecimento de uma topologia representada por uma rede de triângulos, cujos vértices são constituídos pelos pontos amostrais obtidos no levantamento planialtimétrico da área (pontos planialtimétricos coletados nos levantamentos de campo). Após o estabelecimento da topologia, para cada um dos triângulos, o terreno passa a ser representado por uma função bivariada de primeiro grau,

conforme descrita pela Equação 1.

$$h = a.E + b.N + c \quad (1)$$

em que,

h - altitude do terreno, m;

E - coordenada Este do terreno, m;

N - coordenada Norte do terreno, m e

a, b e c - coeficientes do modelo matemático.

Antes da geração do modelo digital de terreno da área experimental, foi recortada uma área de aproximadamente 50 ha que se sobrepunha em ambos os levantamentos planialtimétricos realizados. A modelagem foi executada utilizando-se do *software* DataGeosis. Também, através deste *software*, foram obtidos os mapas de declividade. As classes de declividade foram estabelecidas considerando-se as classes de relevo prescritas no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999). Destaca-se que a classe de relevo suave-ondulado foi dividida em duas categorias, de 8 a 12 % e de 12 a 20 %, de forma a separá-la no limite de declividade (12 %) recomendado para operações agrícolas mecanizáveis com tratores de rodado (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise descritiva dos levantamentos planialtimétricos executados na área de estudo são exibidos na Tabela 1.

TABELA 1. Análise descritiva dos dados oriundos dos levantamentos planialtimétricos realizados na área de estudo.

	Método de Levantamento Planialtimétrico	
	Equipe de Topografia	Máquina Agrícola RTK
Número pontos amostrais	528	164
Menor altitude (m)	586,899	581,910
Maior altitude (m)	616,237	614,342
Amplitude (m)	29,338	32,432
Altitude média (m)	604,560	600,513
Desvio-padrão (m)	8,016	9,529
Coeficiente de variação (%)	1,3	1,6

Os resultados exibidos na Tabela 1 indicam que o levantamento planialtimétrico realizado de forma convencional, isto é, por uma equipe de topografia coletou 520 pontos amostrais e o levantamento através da navegação da máquina agrícola foi de 164. Esse resultado se deve ao fato do levantamento planialtimétrico realizado pela equipe de topografia ter abrangido uma área maior do que o outro método realizado e também a um maior adensamento dos pontos amostrados; as Figuras 1 e 2 podem ilustrar esse fatos (os pontos amostrados são exibidos na cor magenta). Quando se compara os outros resultados, como a amplitude, altitude média e coeficiente de variação, notam-se valores muito próximos.

Destaca-se que, considerando a declividade média da área em torno de 8 %, a norma

técnica que trata da Execução de Levantamentos Topográficos (ABNT, 1994), recomenda uma densidade de 18 pontos amostrais por hectare para um relevo com declividade inferior a 10% e para uma escala de representação de 1:1000. Considerando que a área recoberta pelo levantamento realizado pela equipe de topografia foi de cerca de 126 ha, teríamos uma densidade de 4 pontos por hectare; no caso do levantamento realizado utilizando-se da máquina agrícola, a área total do levantamento foi de 84 ha, fornecendo uma densidade de 2 pontos por hectare, fato que constata a maior densidade de pontos realizada pela equipe de topografia e também que nenhum dos levantamentos atende a norma numa escala de 1:1000. No caso, o levantamento realizado pela equipe de topografia se enquadraria, aproximadamente, numa escala de 1:2000 e o levantamento utilizando-se da máquina agrícola numa escala de 1:5000, conforme a norma técnica citada. Esses resultados são oriundos na metodologia adotado em ambos os levantamentos, que seria a coleta de pontos amostrais ao longo de carregadores e/ou terraços agrícolas, não realizando amostragens nas áreas internas a esses elementos.

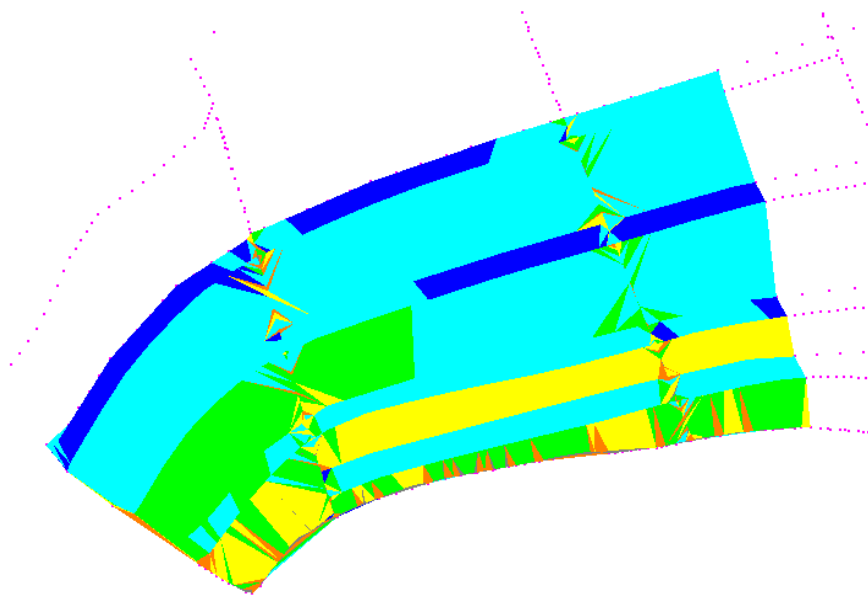


FIGURA 1. Mapa de declividade obtido a partir do modelo digital de terreno oriundo do levantamento planialtimétrico da área de estudo realizado pela equipe de topografia. As cores indicam as diferentes faixas de declividade: azul 0-3%; azul claro 3-8%; verde 8-12%; amarelo 12-20% e laranja 20-25%. Os pontos amostrais são representados na cor magenta.

Na Figura 1 nota-se uma certa irregularidade na carta de declividade obtida a partir do levantamento planialtimétrico realizado pela equipe de topografia. Quando se compara essa figura com a Figura 2, que exibe o mapa de declividade obtido a partir do levantamento realizado com o uso de máquina agrícola, observa-se que o mapa da Figura 2 é mais homogêneo e não apresenta as classes de declividade de 12 - 20 % e de 20 - 25 %, indicando uma maior coerência na modelagem do terreno. Esse fato pode ser explicado, talvez, por uma amostragem mais densa e/ou por alguma falha de amostragem em certas regiões da área, principalmente na porção sul da área, no levantamento realizado pela equipe de topografia.

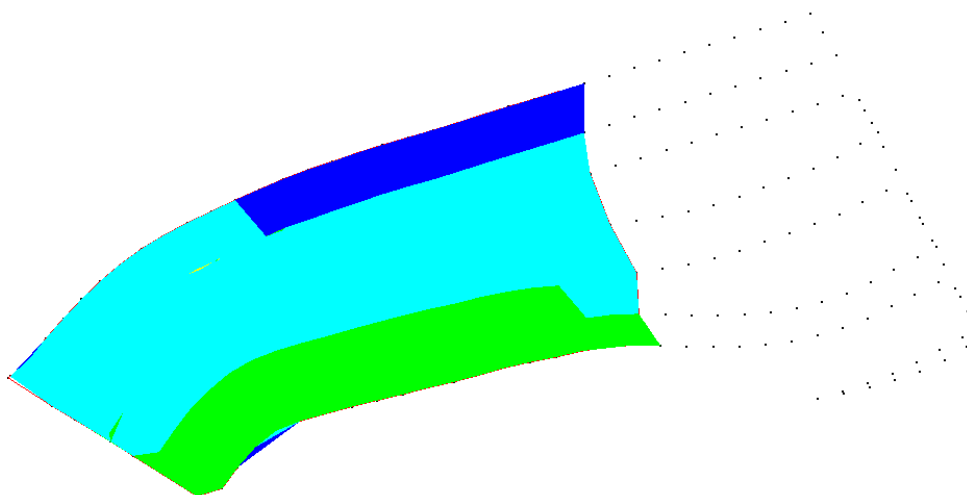


FIGURA 2. Mapa de declividade obtido a partir do modelo digital de terreno oriundo do levantamento planialtimétrico da área de estudo realizado pelo uso da máquina agrícola equipada com sistema RTK. As cores indicam as diferentes faixas de declividade: azul 0-3%; azul claro 3-8% e verde 8-12%. Os pontos amostrais são representados na cor magenta.

A Tabela 2 exhibe os resultados dos mapas de declividades gerados a partir dos dois levantamentos planialtimétricos.

TABELA 2. Classes de declividade obtidas a partir da modelagem digital de terreno, gerado com os dados dos levantamentos planialtimétricos realizados na área de estudo.

Relevo	Declividade (%)	Área - Equipe de Topografia		Área - Máquina Agrícola RTK		Diferença de área (%)
		(ha)	(%)	(ha)	(%)	
Plano	0 - 3	3,7	8,6	6,1	12,3	-3,7
Suave-ondulado	3 - 8	25,3	58,8	30,6	61,7	-2,9
Ondulado (mecanizável)	8 - 12	7,4	17,2	12,9	26,0	-8,8
Ondulado (não mecanizável)	12 - 20	5,6	13,0	0	0,0	13,0
Forte-ondulado	20 - 45	0,8	1,9	0	0,0	1,9
Montanhoso	> 45	0,2	0,5	0	0,0	0,5
-	Total	43,0	-	49,6	-	-

Na Tabela 2 nota-se que os resultados indicaram que no levantamento realizado através do uso de máquina agrícola, não ocorreram de forma significativa áreas com declividade Ondulada, Forte-ondulada e Montanhosa, sendo que esta última tem também pouca expressividade no levantamento realizado pela equipe de topografia. A maior diferença entre as áreas foi a apresentada pela classe Ondulada. Conforme já citado, esse fato pode ser explicado pela densidade de amostragem e/ou algum erro grosseiro na coleta de dados pela equipe de topografia. Como o levantamento utilizando o sistema RTK é totalmente automatizado e a máquina agrícola desloca-se com velocidade aproximadamente uniforme,

consequente, sua amostragem também terá maior uniformidade, que provavelmente refletiu num mapa de declividade mais homogêneo e coerente, indicando que essa técnica é uma opção viável para a realização de levantamentos planialtimétricos. Porém, recomenda-se que mais trabalhos sejam realizados para novas avaliações desta metodologia, que apresenta grande potencial em termos de praticidade, custo e qualidade, desde que já exista, na propriedade, máquinas agrícolas equipadas com sistemas RTK e computadores de bordo compatíveis com essa operação.

CONCLUSÕES

Os resultados indicaram que os dados obtidos pelo conjunto receptor GNSS/monitor embarcado, gerou um mapa de declividade com maior homogeneidade e coerência com relação à distribuição das classes de declividade com relação ao levantamento realizado pela equipe de topografia. Nesse sentido, a realização de levantamentos planialtimétricos utilizando-se do posicionamento GNSS RTK com receptores instalados em máquinas agrícolas, pode ser uma opção viável para essa finalidade.

REFERÊNCIAS

- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13133**: Execução de levantamentos topográficos. Rio de Janeiro: 1994. 35 p.
- BAIO, F. H. R.; MORATELLI, R. F. Avaliação da acurácia no direcionamento com piloto automático e contraste da capacidade de campo operacional no plantio mecanizado da cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.2, p.367-375, 2011.
- BARBOSA, E. M.; MONICO, J. F. G.; ALVES, D. B. M.; OLIVEIRA, L. C. Integridade no posicionamento RTK e RTK em rede. **Boletim de Ciências Geodésicas**. v.16, n.4, p. 589-605, 2010.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 4. ed. São Paulo: Ícone Editora, 1999. 395p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: SPI, 1999. 412p.
- MACHADO, M. P. P. **Estudos sobre sistemas de piloto automático no plantio de cana-de-açúcar**. 54f. Trabalho de graduação – Curso de Engenharia Agrônômica, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Jaboticabal, 2011.
- MOLIN, J. P. et al. Método de avaliação de equipamentos para direcionamento de veículos agrícolas e efeito de sinais GNSS. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 1, p. 121-129, 2011.
- MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS**: descrição, fundamentos e aplicações. 2. ed. São Paulo: Unesp, 2008. 476p.
- ROSALEN, D. L. **Veículo aéreo não tripulado – VANT**. In: Processos Agrícolas e mecanização da cana-de-açúcar. Jaboticabal: SBEA, 2015.
- 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.