

AVALIAÇÃO DE TRÊS RECEPTORES GPS PARA USO EM AGRICULTURA DE PRECISÃO EM DOIS PERÍODOS DE COLETA DE DADOS

ALDIE TRABACHINI ¹, EDEMILSON JOSÉ MANTOAM ², FRANZ ARTHUR PAVLU ³, JOSE PAULO MOLIN ⁴.

¹Engenheiro de Produção Mecânica, Prof. do Curso de Eletrônica – Automação Industrial - FATEC Tatuí – SP – atrabachini@fatectatui.edu.br

²Gestor de Produção Industrial, Case IH, Piracicaba – SP – edemilson.mantoam@cnh.com

³Engenheiro Agrônomo, Verion Óleo hidráulica, São Paulo – SP – franzpavlu@hotmail.com

⁴PHD – Professor da ESALQ – USP, docente da disciplina de AP – SP - jpmolin@esalq.usp.br

RESUMO

São inúmeras as atividades que fazem o uso do “Global Navigation Satellite System” (GNSS), sendo o “Global Positioning System” (GPS), desenvolvido pelos Estados Unidos, o mais utilizado atualmente. No ramo agrícola, há várias atividades envolvidas no processo produtivo que podem fazer uso dessa tecnologia, e dentre elas podemos citar o ciclo que envolve a agricultura de precisão e as várias atividades que necessitam de posicionamento estático e cinemático, demandando distintos níveis de acurácia e precisão para diferentes aplicações. O ensaio foi conduzido em modo estático com três receptores de GPS, e as determinações foram realizadas em termos de acurácia (IA) e precisão (CEP) em dois períodos de amostragem diferentes. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar os três receptores de GPS para aplicação em agricultura de precisão em relação à acurácia e precisão em diferentes épocas de amostragem. Os ensaios demonstraram que ocorrem variações quanto à acurácia e precisão entre os receptores e entre os diferentes períodos avaliados.

PALAVRAS-CHAVE: GPS, Acurácia, Precisão.

INTRODUÇÃO

Existem vários componentes do “Global Navigation Satellite System” (GNSS), sendo que podemos destacar dentre eles o “Navigation Satellite Time and Ranging” (NAVSTAR) ou “Global Positioning System” (GPS) dos EUA. O desenvolvimento do Sistema de Posicionamento Global (GPS) teve início na década de sessenta com finalidade de uso exclusivamente militar (CAPPELLI et al., 2004). O principal objetivo de sua criação era para que as tropas do governo dos Estados Unidos pudessem ser localizadas em qualquer ponto da terra (MORGAN, 1997).

O sistema é constituído de 24 satélites, dos quais 21 são de uso corrente e três em “*stand-by*”. Eles orbitam a uma altura de 20.200 km em seis órbitas distintas, igualmente espaçadas de 60 graus, com quatro satélites por órbita. Os sinais são emitidos em duas bandas (L1 e L2) com dois códigos diferentes: o Y (*Precision code*) e o C/A (*Coarse Acquisition code*); assim sendo, o sistema, segundo CASTRO (Apud STABILE & BALASTREIRE, 2006), teoricamente permite uma visão de cinco a oito satélites constantemente, em qualquer lugar do globo.

De acordo com SEARCY (Apud STABILE & BALASTREIRE, 2006), o Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DOD) restringiu o uso do código de precisão (Y) aos militares, que é criptografado, e até maio de 2000 utilizava um sistema de disponibilidade seletiva (S/A) para reduzir a acurácia dos sinais, deixando-a em torno de 60 a 100 m. Dessa inacurácia, 60% provêm do S/A (não

existe mais), 20% são erros atmosféricos, 10% são erros de relógio e erros efêmeros, 5% de multicaminhamento e 5% de “ruído” no receptor.

Visando a contornar alguns desses problemas relacionadas à inacurácia do sistema, incluindo o do S/A, foi desenvolvido o sistema de posicionamento diferencial e relativo (DGPS). Segundo PFOST et al. (2001), o DGPS utiliza um sinal de correção emitido por uma estação fixa, uma antena fixa na terra ou um satélite estacionário. Por sua posição no globo terrestre ser conhecida, a estação determina o erro de posição e envia a correção para os receptores.

GOERING & HAN (1993) afirmaram que um dos problemas para a execução das atividades relacionadas com a Agricultura de Precisão referia-se às limitações dos sistemas terrestres de navegação. Um sistema de navegação via satélite, denominado Sistema de Posicionamento Global (“*Global Positioning System - GPS*”), representava a mais promissora solução para o problema da navegação, à época.

Há inúmeras atividades viabilizadas e ou auxiliadas pelo GPS, especialmente para o segmento agrícola brasileiro que começou a usar esse serviço com maior intensidade, a partir de Maio de 2000, após o desligamento feito pelo USA do “*Selective Availability*” (Disponibilidade Seletiva).

O uso de GPS na agricultura possibilita uma abordagem localizada dos problemas dentro da propriedade rural. O alto custo de aquisição e o uso dessas ferramentas têm detido um pleno avanço da Agricultura de Precisão no Brasil. Para que se possa usar um GPS para fins de Agricultura de Precisão, é necessário que esse tenha acurácia de, no mínimo, 2 m, sendo essa suficiente para a maioria das aplicações; mas em algumas pode ser necessária acurácia maior. A grande variabilidade de solos e condições num mesmo talhão da fazenda é tratada diferentemente e, para tanto, é necessário que o GPS produza dados confiáveis e consistentes (BALASTREIRE, 2001).

Devido à diversidade de atividades onde o GPS pode ser utilizado, é muito importante distinguir acurácia de precisão. O termo precisão relaciona-se com a variação do valor medido repentinamente sob mesmas condições experimentais em torno do valor médio observado, enquanto que a acurácia refere-se à exatidão da medida, ou seja, o quanto próximo está o valor medido do valor real (figura 1). A precisão é afetada somente pelos erros aleatórios no processo de medição, enquanto a acurácia é afetada pela precisão, bem como pela existência de erros desconhecidos ou erros sistemáticos. As medidas podem ser precisas e não acuradas, mas só podem ser acuradas se forem precisas (CAPPELI, 2004).



Figura 1: (A) representação de uma condição de alta acurácia e alta precisão, (B) representação de uma condição de baixa acurácia e alta precisão.

A disponibilidade de GPS no mercado é bastante diversificada. Segundo REID (1998 apud STABILE & BALASTREIRE, 2006), há modelos que são propícios para navegação e outros que são utilizados para levantamentos topográficos e que chegam a ter precisão de 2 a 20 cm, como receptores geodésicos, utilizando o posicionamento diferencial.

O presente trabalho teve como objetivo comparar três receptores disponíveis comercialmente em termos de acurácia e precisão, em dois períodos diferentes.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi realizado em Piracicaba-SP, no Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ESALQ/USP. Os receptores foram posicionados em pontos previamente georreferenciados – marcos - (como indica a figura 2) sobre um reservatório de água situado no prédio da Hidráulica. O reservatório possui aproximadamente 20 metros de altura e está livre de impedimentos físicos que pudessem comprometer a comunicação com a constelação de satélites. (Ver figura 2).

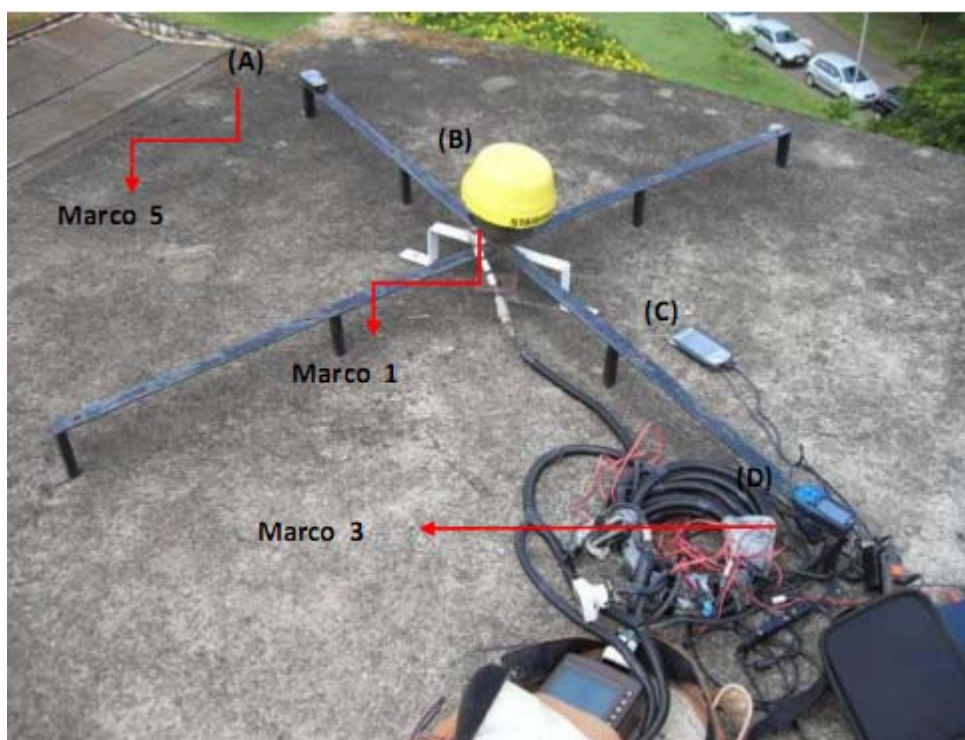


Figura 2: Disposição dos equipamentos. (A) Receptor Garmim Vista sobre o marco 5; (B) Receptor StarFire sobre o marco 1; (C) PDA para aquisição dos dados do Star Fire; (D) Receptor Garmim Legend sobre o marco 3.

Para a obtenção dos dados, os receptores foram fixados em uma estrutura metálica em formato de “cruz” existente no local, o ponto onde foi afixado cada receptor possui as coordenadas conhecidas (Tabela 1).

Tabela 1: Coordenada pontos (marco) utilizados

Ponto	Latitude	Longitude	E	N
Torre marco 1	22°42'41,07431"s	47°37'50,04585"O	229778,562	7486030,389
Torre marco 3	22°42'41,07234"s	47°37'50,01084"O	229779,561	7486030,468
Torre marco 5	22°42'41,07592"s	47°37'50,08226"O	229777,524	7486030,321

Os três receptores de GPS utilizados operaram de maneira estática e possuem as seguintes especificações:

- C/A Garmin Legend (L) com 12 canais e frequência de 0,5 Hz;
- Garmin Vista (V), com 12 canais e frequência de 0,5 Hz;
- John Deere L1 com correção diferencial StarFire1 com 12 canais e frequência de 5 Hz.

Os dados foram coletados em duas datas diferentes (07 e 15 de abril de 2009) no mesmo horário entre 15h e 16h (uma hora de aquisição de dados), visando utilizar a constelação de satélites no mesmo posicionamento. As coletas foram programadas para ocorrer com frequência de aquisição de

um ponto a cada dez segundos. Os dados dos receptores Garmim foram salvos no próprio receptor que possui uma memória interna, através da configuração do menu trajeto; os dados do receptor StarFire foram salvos no PDA, com uma interface serial, utilizando o software *Field Rover II*. Para coletar os dados foi utilizado o sistema de coordenadas geodésicas (latitude e longitude) tomando como referência o sistema DATUM WGS-84.

Posteriormente as informações foram transferidas para uma planilha eletrônica com o auxílio do programa computacional Microsoft Excel 2007, onde se procedeu a transformação para coordenadas planas no sistema de projeção *Universal Transverso de Mercator (UTM)*, que apresenta resolução na ordem de milímetros, sendo mantido o referencial WGS-84 para possibilitar a representação gráfica dos pontos experimentais.

Para comparação dos receptores em relação à acurácia e precisão, utilizou-se a metodologia proposta por CAPELLI et al. (2004) sendo efetuados cálculos do Índice de Acurácia (IA) e Índice de Precisão (σ_c). Além disso, foi realizada uma breve análise estatística para determinar as médias dos erros e desvio padrão.

Índice de Acurácia: relaciona o quão bem às coordenadas medidas de um ponto se comparam ao seu valor real, calculado através da equação 1.

$$IA = \sqrt{(X_r - \bar{X})^2 + (Y_r - \bar{Y})^2} \quad (1)$$

em que,

IA – Índice de Acurácia;

X – Valor Este da coordenada de referência, m;

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (2)$$

em que,

n - número de dados coletados;

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n} \quad (3)$$

em que,

Y - valor Norte da coordenada de referência, m.

Índices de Precisão: são medidas da dispersão dos erros em uma distribuição e representam o erro que é improvável de ser excedido em um determinado nível de probabilidade. Os erros de precisão calculados foram:

- Erro Circular Padrão (σ_c)

$$\sigma_c \approx 0,5(\sigma_x + \sigma_y) \quad (4)$$

em que,

σ_c – Erro Circular Padrão;

σ_x - desvio padrão do valor da coordenada Este, m;

σ_y - desvio padrão do valor da coordenada Norte, m.

- Erro Circular Provável (CEP).

$$CEP = 1,177 \cdot \sigma_c \quad (5)$$

em que,

CEP – Erro Circular Provável.

Resultados e Discussão

Resultados e Discussão

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 2, estão apresentados os dados referentes aos índices de acurácia e precisão.

Tabela 2 – Análise dos dados adquiridos com os três receptores em duas datas diferentes: Índice de acurácia (IA), [m]; Erro circular padrão (σ_c), [m]; e o Erro circular provável (CEP), [m].

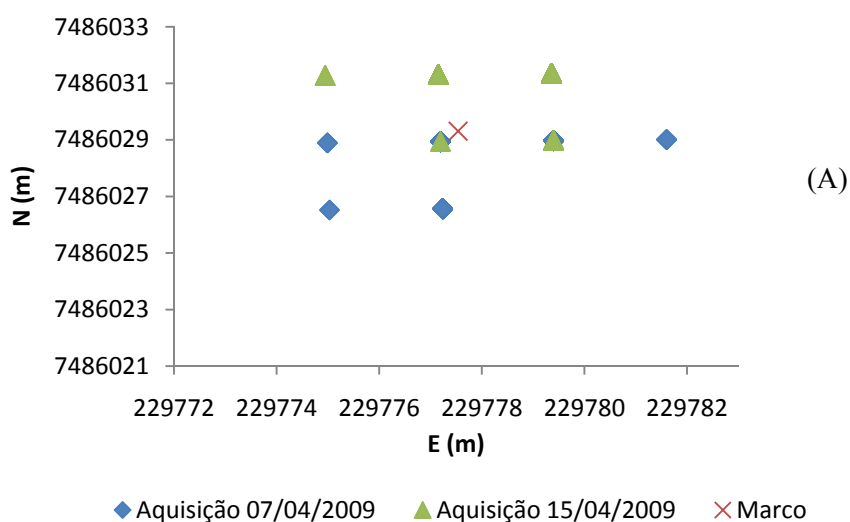
Receptor	07/04/2009			15/04/2009		
	IA	σ_c	CEP	IA	σ_c	CEP
Legend	1,15	1,11	1,31	2,00	1,10	1,29
Vista	0,63	0,58	0,69	1,67	1,04	1,22
Starfire	1,59	0,11	0,13	1,08	0,17	0,20

No primeiro dia de amostragem, o receptor que apresentou o melhor índice de acurácia foi o Vista, porém o *StarFire* apresentou um melhor desempenho em relação ao erro circular padrão e erro circular provável (índices de precisão) com 0,11 e 0,13 m, respectivamente.

Já no segundo dia, o *StarFire* apresentou melhor resultado em todos os parâmetros avaliados. Essa vantagem do *StarFire*, em relação aos demais, possivelmente está relacionada ao fato de ele estar sendo operado com sinal diferencial proporcionado por um satélite estacionário. Deve-se ressaltar que o erro circular provável (CEP) indica o valor para o qual 50% de todos os erros em uma distribuição circular não deverão exceder tal valor, no caso do *StarFire* o pior resultado foi 0,20 m, mostrando que, mesmo assim, seu desempenho é bem melhor que os demais equipamentos ensaiados.

Os gráficos da Figura 3 ilustram as posições dos pontos obtidos experimentalmente, em coordenadas planas no sistema UTM. Observando os gráficos, fica evidente o efeito do multicaminhamento dos pontos registrados, fato que interfere diretamente nos índices de acurácia e de precisão.

Além disso, percebe-se que os receptores Garmim apresentaram um baixo número de pontos nos gráficos. Esse fato ocorreu devido à aquisição de várias coordenadas repetidas. Já no *StarFire*, isso não ocorreu devido, principalmente, à melhor estrutura de hardware do receptor.



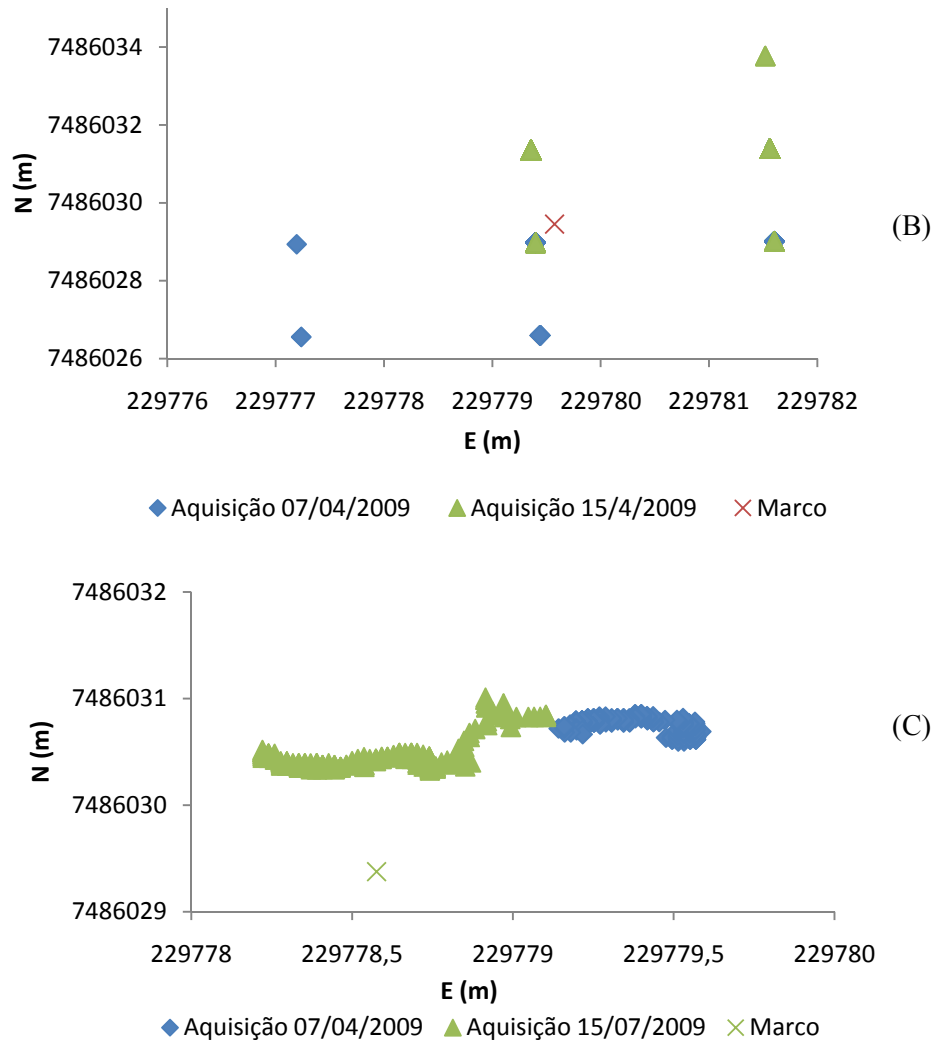


Figura 3: Representação gráfica dos pontos obtidos no ensaio com três receptores diferentes e duas épocas de amostragem; (A) Receptor Legend, (B) Receptor Vista, (C) Receptor StarFire.

Nota-se o melhor desempenho do *StarFire* em relação à precisão, quando comparado com os demais receptores. Esse fato fica evidenciado pelo agrupamento dos dados, principalmente, na aquisição do dia 07/04/2009.

Assim como sugere BALASTREIRE (2001), todos os receptores se mostraram aptos a produzirem dados consistentes e confiáveis para utilização no ambiente agrícola, pois apresentaram índice de acurácia menor ou igual a 2,00 metros. Deve-se atentar para o nível de acurácia e precisão que a operação irá demandar, para que assim realize a escolha correta do receptor.

CONCLUSÕES

Conclui-se que há diferenças em relação à precisão e à acurácia tanto em períodos de amostragens diferentes, como entre os diversos receptores.

Apesar das variações em relação à acurácia e à precisão, todos os receptores se mostraram aptos para serem empregados em diversas atividades que envolvem a agricultura de precisão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALASTREIRE, L.A. Avaliação do desempenho de um sistema de georreferenciamento portátil de baixo custo para Agricultura de Precisão. In: AVANÇOS NA AGRICULTURA DE PRECISÃO NO BRASIL NO PERÍODO DE 1999-2001, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: L.A. Balastreire, 2001. p.282-284.

CAPPELI, N.L.; UMEZU, C.K.; SILVEIRA, A.C. Desempenho comparativo dos aparelhos GPS E-TREX, III Plus e AgGPS132 quanto a acurácia e precisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 2004. CD 1.

GOERING, C.E.; HAN, S. **A field information system for SSCM**. Warrendale: SAE International, 1993. 13 p. (SAE Technical Paper Series, 932422)

MORGAN, M. **The precision-farming guide for agriculturists**. Moline: Deere & Company, 1997.

PFOST, D.; CASADY, W.; SHANNON, K. Site-specific management guidelines 6: Global Positioning System Receivers, 2001. Disponível em: <www.ppi-far.org/ssmg>. Acesso em: 15 mar. 2008.

STABILE, M.C.C.; BALASTREIRE, L.A. Comparação de três receptores GPS para uso na agricultura de precisão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.1, p.215-233, jan./abr. 2006.