



Comparação de Modelos Receptores GPS para Utilização na Agricultura de Precisão

Luciano Shozo Shiratsuchi¹
Adley Camargo Ziviani²
Fransuelo da Silva Martins³

Introdução

Atualmente, a utilização de receptores GPS sem correção diferencial tornou-se comum na área agrícola devido a algumas mudanças muito importantes que aconteceram nos últimos anos. A abolição da degradação proposital dos sinais de GPS, conhecida como S/A (*Selective Availability* – Disponibilidade Seletiva) pelos Estados Unidos, em 2000, permitiu que os sinais de GPS em posicionamento instantâneo de um ponto (usando a pseudodistância derivada do código C/A presente na portadora L1), passassem de uma acurácia de 100 m para 15 m em 95% do tempo (Figura 1).

Dentro desse contexto, houve aumento expressivo da venda desses equipamentos para amostragem georreferenciada em Agricultura de Precisão (AP). Segundo Molin (1998) em certo momento da recente evolução da chamada AP, houve quem a confundisse com o conceito de GPS, porém a AP trata de um gerenciamento localizado em fatores que interferem na produtividade. GPS é apenas uma sofisticada ferramenta de trabalho disponível e de grande utilidade para atingir os objetivos dessa nova filosofia de gerenciamento localizado da produção.

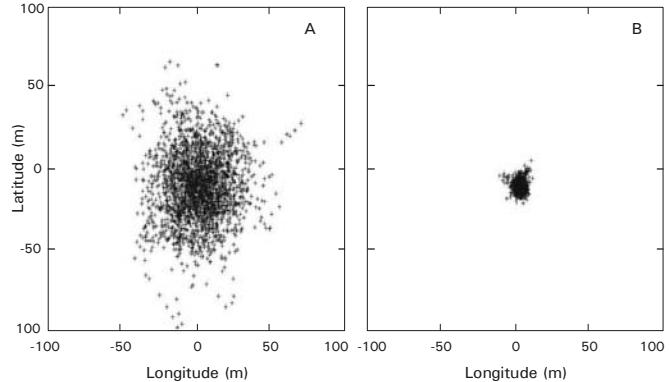


Figura 1. (A) Antes da retirada da disponibilidade seletiva em 1 de maio de 2000; (B) depois da retirada da disponibilidade seletiva em 3 de maio de 2000 ([NOAA, 2003](#)).

Para a prática da AP, todos os fatores medidos no campo devem ser georreferenciados, já que essa nova filosofia de trabalho parte do pressuposto que existe variabilidade espacial dos fatores que interferem na produtividade.

O método de amostragem georreferenciada mais comum na AP é o de grades regulares ou *grid sampling*. Esse método consiste na divisão da área agrícola em quadrículas ou em

¹ Eng. Agrôn., M.Sc., Embrapa Cerrados, shozo@cpac.embrapa.br

² Eng. Agrôn., M.Sc., União Pioneira de Integração Social - UPIS - Campus Rural / BR 020 / Km 12 / DF 335 / Km 4,8 / Planaltina-DF, adley@upis.br

³ Téc. Agríc., Escola Agrotécnica Federal de Sousa, Rua Presidente Tancredo Neves, S/N. Jardim Sorrislândia - Sousa - Paraíba - CEP 58800-977, (83) 522-2727, fransuelo@hotmail.com

pequenas células gerando uma grade predeterminada e georreferenciada. Dentro de cada célula, são feitas amostragens sistemáticas sobre determinado fator que interfere na produtividade das culturas (solo, plantas daninhas, pragas de solo) (Figura 2). Normalmente, para amostragens de solo, recomenda-se que sejam coletadas 15 subamostras para constituir uma amostra composta. Essas informações, coletadas em cada subárea, são interpoladas para estimar valores em locais não amostrados por algum método de interpolação, como por exemplo a "krigagem", gerando mapas divididos em classes ([LUTMAN; PERRY, 1999](#)).

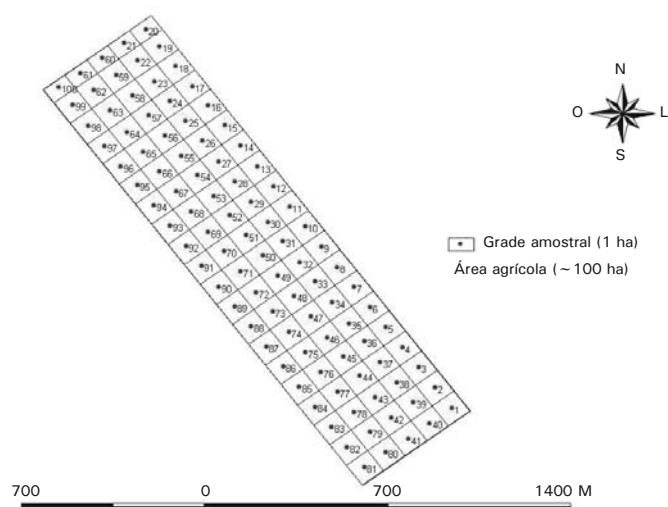


Figura 2. Grade amostral regular de 1 hectare abrangendo área de aproximadamente 100 ha.

Existem prestadores de serviço realizando amostragens de solo com receptores GPS de navegação de baixo custo (R\$600,00), pois, segundo alguns fabricantes, o erro máximo é de aproximadamente 15 m. Portanto, uma grade regular amostral de 20 X 20 m ou 400 m² estaria bem representada se o erro máximo chegasse a 15 m. Na prática, as grades amostrais, em áreas de Cerrado, e no Brasil como um todo, são sempre maiores que 20 m, principalmente, pelo custo elevado das análises de solo, quando se tem um número elevado de pontos. É comum grades amostrais de 2 a 10 ha nessa região.

É importante ressaltar que, para a determinação de uma grade amostral ótima, é necessário maior número de pesquisas científicas nas condições do Brasil e a aplicação de técnicas geoestatísticas para a determinação desse valor. Quanto mais detalhada a grade amostral, maior a informação obtida, porém, em muitos casos, o custo pode se tornar proibitivo. O que se tem percebido até então é que, com essas amostragens em grades regulares, grandes economias de insumos têm sido conseguidas e aumentos de produtividade têm sido atingidos, mesmo não sabendo qual o tamanho ideal dessa grade amostral pela carência de pesquisas científicas.

Existem relatos de ganhos de R\$ 60/ha, quando se compara o manejo localizado de fertilizantes e corretivos com a aplicação uniforme de insumos. No primeiro Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão, realizado em maio de 2004, foi estimado pelo organizador do evento, por informação das prestadoras de serviços, que, no Brasil, já são mais de 800 mil hectares com aplicação a taxas variáveis de corretivos e fertilizantes.

Portanto, está claro que a demanda pela AP é iminente e, para sua realização, receptores GPS de navegação estão disponíveis a preços acessíveis, possibilitando a amostragem georreferenciada de diversos fatores que interferem na produtividade, porém, a utilização desses equipamentos para a AP é muito recente e muito pouco se conhece sobre a acurácia e a precisão desses receptores para essa utilização específica. Nesse sentido, o objetivo deste ensaio foi avaliar a acurácia de receptores GPS portáteis para a utilização em amostragens georreferenciadas realizadas na Agricultura de Precisão.

Os Ensaios

Os ensaios foram conduzidos na área experimental da Embrapa Cerrados, em Planaltina, DF, situada na região central do Cerrado brasileiro. A avaliação foi conduzida em local plano, bem característico dessa região agrícola. Foram testados dois modelos de GPS da marca *Garmin*, modelo *etrex vista* e o modelo *GPSIII Plus*. Ambos foram utilizados sem correção diferencial. A escolha desses dois modelos deveu-se à quantidade de pessoas que os utilizam, não pela preferência dos autores por marca ou por modelo.

Para a comparação da acurácia e da precisão dos equipamentos, foi usado, como posição de referência, um marco geográfico determinado por GPS Trimble Ag132 com correção diferencial via satélite geoestacionário. O ponto georeferenciado, usado como referência, foi obtido da aquisição de dados pelo equipamento estacionado no ponto durante um período de observação de 10 horas. O local de maior freqüência de pontos foi selecionado como referência geográfica.

O experimento consistiu no uso do método estático absoluto que se baseia em medições de posicionamento com o equipamento estacionado num local ([SOUZA et al., 2003](#)). Foi utilizado um intervalo de coleta de 1 segundo para os dois equipamentos estacionados no marco geográfico por um período de 10 horas diárias de coleta das 7 às 17 horas durante cinco dias consecutivos. A escolha do horário foi em função de demanda do trabalho em propriedades agrícolas de alguns produtores dessa região.

Os equipamentos deram início às coletas às 7 horas, fazendo-as durante os primeiros 45 minutos de cada hora, deixando 15 minutos para gravação dos dados no computador portátil. Portanto, a quantidade de pontos foi variável em função do tempo de coleta. No final, coletaram-se dados em dez horários do dia, lembrando que, quando, no trabalho, houver referência a 7 horas, esse tempo referir-se-á à representação média dos dados coletados entre 7h e 7h45 e assim por diante. Os equipamentos foram configurados para o map datum WGS 84, sendo os dados coletados e processados em UTM.

Os dados foram descarregados dos equipamentos pelo software *GPS Trackmaker* e pelo *DNR-Garmin* desenvolvido pelo Departamento de Recursos Naturais de Minnesota que tem interface com o software de sistema de informações geográficas (SIG) denominado *Arc View* utilizado para o processamento *a posteriori*.

O conceito utilizado para determinação da acurácia (Figura 3) do equipamento foi o cálculo da probabilidade de erro circular ou CEP (*Circular Error Probability*) que reporta à porcentagem de pontos abrangidos por um erro máximo ([MORGAN; ESS, 1997](#)).

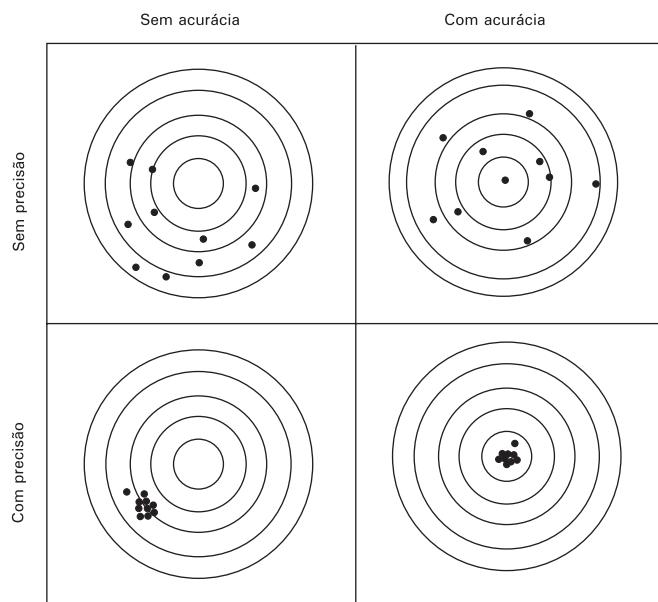


Figura 3. Definição de acurácia e precisão (MORGAN; ESS, 1997).

Quando se diz que CEP 50% = 3 m, quer-se dizer que, durante o tempo de coleta a que foi submetido o GPS, 50% dos pontos gravados ficaram dentro de um erro de até 3 m (Figura 4). O círculo mais interno refere-se a uma distância de 3 m do ponto referência abrangendo 50% dos pontos gravados (CEP 50%), seguidos pelo círculo de 3,9 m (CEP 90%); 4,0 m (CEP 95%) e 4,3 m (CEP 98%).

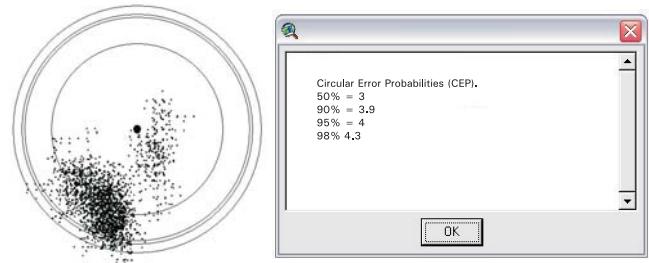


Figura 4. Exemplo de probabilidade de erro circular (CEP) em relação ao ponto referência. Dados gerados pelo aplicativo DNR Garmin.

Para o cálculo do CEP, foi utilizado o programa DNR – Garmin que, além de calcular os valores, confecciona automaticamente a abrangência e a distribuição dos pontos dentro do erro máximo para cada valor de CEP. De acordo com esse conceito, foram determinados os valores de erro máximo de CEP para 50%, 90%, 95% e 98% às 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16 e 17 horas, repetindo-se as medições durante cinco dias para os dois modelos de GPS portáteis coletando dados no mesmo local.

Repetiram-se as medições durante cinco dias não só para se ter maior número de pontos coletados, como também visando buscar uma explicação para a verificação empírica de algumas tendências de erros maiores em determinadas horas do dia percebidos em alguns levantamentos feitos.

Resultados da Comparação

O modelo da marca Garmin GPS III Plus demonstrou uma probabilidade de erro circular para os cinco dias de avaliação de: CEP 50% = 3,6 m; CEP 90% = 6,7 m; CEP 95% = 7,4 m; CEP 98% = 8,2 m (Figura 5). Portanto, durante 98% do tempo de coleta, o CEP máximo de posicionamento estático em relação ao ponto referência ficou abaixo de 8,2 m.

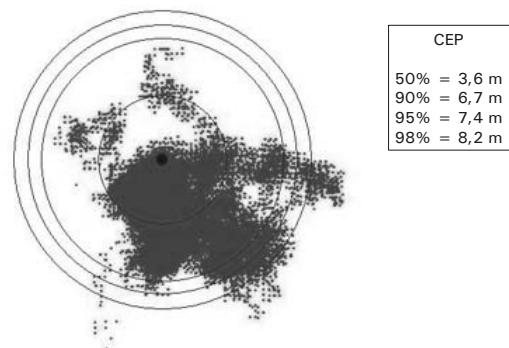


Figura 5. Padrão de erros do modelo GPS III Plus nos diferentes horários.

Essa magnitude demonstrada por esse modelo deixou claro que, quando se busca acurácia para se trabalhar com amostragens em grades regulares maiores que 20 m, em

Agricultura de Precisão, o modelo GPS testado é suficiente, pois seu erro ficou em torno de 8,2 m. Porém, é importante ressaltar que existem erros devidos ao multicaminhamento que podem causar aumento do erro no posicionamento. Portanto, em amostragens com grades regulares, é importante deixar o equipamento estacionado durante certo tempo no ponto para que ele possa estabilizar as leituras de posicionamento.

Durante várias amostragens realizadas no campo, em grades pré-definidas por programas de SIG, o tempo de coleta da amostra foi suficiente para se ter um benefício do aumento da acurácia pelo GPS devido ao fato de ele estar estacionado na mesma posição. Alguns equipamentos já se posicionam em menos de 1 minuto depois de ligado.

Em outro experimento realizado por [Souza et al. \(2003\)](#), erros próximos de 12,8 m, devidos à medição de um mesmo ponto em dias ou épocas diferentes, foram determinados, porém esse mesmo comportamento não se repetiu pela revisita ao mesmo ponto durante os cinco dias em que foi conduzido o experimento.

A principal diferença entre os modelos testados foi que, na coleta de dados do GPS III Plus, observou-se comportamento de erro aleatório ([Figura 5](#)), já no modelo etrex Vista, constataram-se erros sistemáticos onde havia vários pontos da mesma coordenada geográfica ([Figura 6](#)).

O modelo da marca Garmin etrex Vista demonstrou um CEP médio para os cinco dias de avaliação de: CEP 50% = 3,3 m; CEP 90% = 6,2 m; CEP 95% = 6,2 m; CEP 98% = 7,6 m ([Figura 7](#)). Portanto, esse modelo apresentou melhor acurácia e precisão pelos critérios de avaliação utilizados. Foi percebido que os erros foram sistemáticos. Houve um período em que os erros, ocasionados por alguns pontos gravados, estiveram acima de 24 m. O horário mais crítico foi o de 16 horas no qual se registraram os maiores erros. Na média, esses foram minimizados, porém esses picos de erros podem comprometer a acurácia/precisão, se eles ocorrerem durante a gravação de algum ponto isolado, sendo recomendável gravar mais de um ponto durante a gravação de eventos pontuais. Na navegação dentro de uma grade regular esse erro não é significativo, pois durante a realização de busca ao ponto, os erros oscilam constantemente quando se utiliza a função *GO TO*, comum em receptores comerciais.

Na avaliação efetuada em diferentes horários do dia, houve aumento da probabilidade de erro circular (CEP) em função do horário para os dois modelos estudados, sendo

que se pode reunir o padrão de erros em dois grupos em função do horário. Para fins práticos, é possível enquadrar as classes de erros em dois períodos: um antes das 15 horas; e o outro depois das 15 horas ([Figura 7](#)).

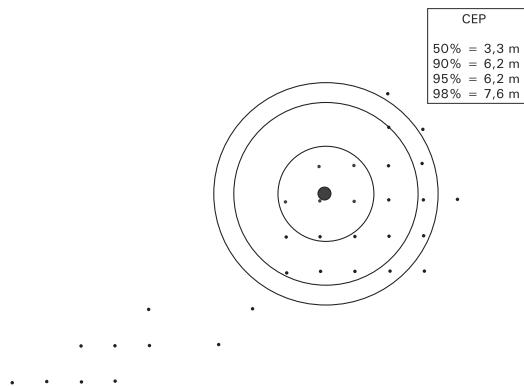


Figura 6. Padrão de erros do modelo etrex Vista nos diferentes horários.

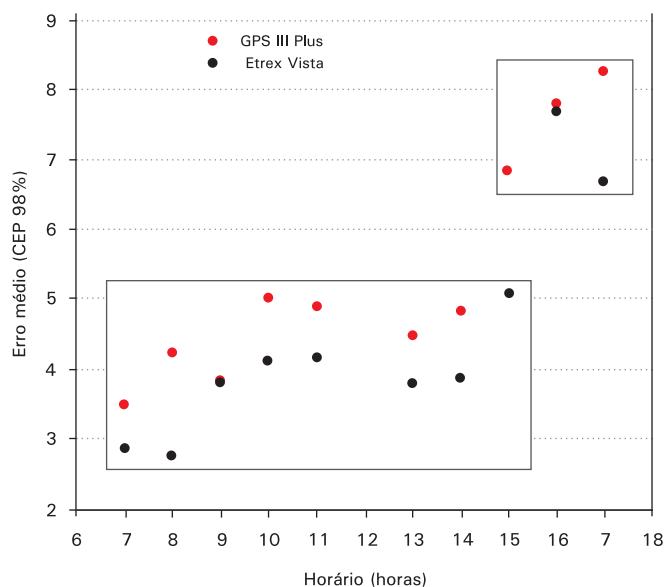


Figura 7. Tendência de progressão dos erros dos modelos de receptores GPS estudados em função do horário.

Nos dois equipamentos, houve a mesma tendência de probabilidade de erro circular nos horários durante os cinco dias estudados, porém, em diferentes magnitudes. No GPS III Plus, registrou-se um erro médio maior que o etrex Vista, porém, os erros foram aleatórios e o ponto mais discrepante foi 12 m, já o outro modelo testado, apesar de maior precisão, apresentou erros sistemáticos com o ponto mais discrepante chegando a 24 m.

Considerações Finais

Os modelos de receptores GPS, testados neste experimento, não apresentaram erros acima de 8,2 m durante 98% do tempo de coleta pelo método estático absoluto, porém, o

padrão espacial dos erros diferiu durante a coleta, sendo que o modelo GPS III Plus apresentou erros aleatórios e o etrex Vista erros sistemáticos.

Os receptores apresentaram acurácia suficiente para trabalhar com amostragens em grades regulares em atividades na Agricultura de Precisão, desde que a grade amostral adotada não seja menor que o maior erro obtido nos horários. Portanto, se a grade for maior que 30 m, esses modelos podem ser adotados sem problemas, independentemente do horário, pois, em nenhum momento, os erros dos pontos coletados das 7 às 17 horas, nos cinco dias de avaliação, ultrapassaram 24 m.

Referências Bibliográficas

- FERREIRA JUNIOR, O. **GPS Trackmaker**. Version 11.7. Belo Horizonte, 2001. Programa. Download da internet.
- LUTMAN, P. J. W.; PERRY, N. H. Methods of weed patch detection in cereal crops. In: THE BRIGHTON CONFERENCE WEEDS, 1999, Brighton. **Proceedings...** Brighton: BCPC, 1999. p. 627-634.

MINNESOTA DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES. **DNR Garmin**. Version 1.2.4. Minnesota, 2001. Programa. Download da internet.

MOLIN, J. P. Utilização de GPS em Agricultura de Precisão. **Engenharia Agrícola**, Botucatu, v. 17, n. 3, p. 121-132, 1998.

MORGAN, M.; ESS, D. **The precision-farming guide for agriculturists: the nuts and bolts guide to "getting up to speed" fast and effectively with this exciting new management**. Moline, IL: John Deere, 1997. 117 p. (Agricultural Primer).

NOAA. **National Oceanic and Atmospheric Administration**. Disponível em: <<http://www.noaa.gov/index.html>>. Acesso em: 18 out. 2003.

SOUZA, D. V.; SILVA, A. S.; RODRIGUES, D. D.; ROMÃO, V. M. C. Variação temporal de coordenadas obtidas por observação GPS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 21., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Disponível em: <http://www.cartografia.org.br/xxi_cbc.htm#TEC3>. Acesso em: 28 set. 2004.

Comparison of GPS receivers for use in Precision Agriculture

Abstract – After the liberation of Selective Availability (S/A) several GPS receivers started to have enough accuracy or precision for work with grid sampling in Precision Agriculture. There are few articles describing the accuracy and precision of these receivers. The objective of this work was compared and calculated the accuracy of two models very used for grid sampling in Brazil. The study was done in a flat surface, common in the Cerrados region. The geographical reference was determined by DGPS collecting data for 10 hours. The tested models (Garmin GPSIII Plus and Garmin etrex Vista) were evaluated for 5 days in the period of 7 a.m. to 17 p.m. The concept of Circular Error Probability (CEP) was used for the accuracy and precision calculation. The model Garmin GPSIII Plus presented CEP 50% = 3,6m, CEP 90% = 6,7m, CEP 95% = 7,4 and CEP 98% = 8,2m. The model Garmin etrex Vista presented CEP 50% = 3,3m, CEP 90% = 6,2m, CEP 95% = 6,2 and CEP 98% = 7,6m. Both models presented different error patterns, while the model GPS III Plus presented aleatory error the etrex Vista presented systematic error (several points overlapped). It was also noticed that the GPS error increased a lot after 15 p.m. for both. In the Cerrados region the grid sampling used by the farmers is much larger than this; therefore the accuracy and precision are enough for grid sampling.

Index terms: precision farming, GPS accuracy, circular error probability.

