

# Técnicas de posicionamento GPS para agricultura de precisão

## Resumo

A análise foi realizada para avaliar a acurácia de quatro sistemas de aquisição GPS. Os levantamentos foram realizados com controle a partir do vértice geodésico da rede GPS do Estado de São Paulo, Brasil, denominado Ponto Botucatu. No primeiro levantamento determinou-se a acurácia a partir de levantamentos autônomos de forma rápida com uma época de leitura, exceto para o Pro-XR, que realizou leituras para posterior pós-processamento com código C/A entre uma estação de controle na cidade de São Paulo e o vértice Botucatu. Outra avaliação foi com o transporte de coordenadas do vértice Botucatu para um local distante 6,25 km. Os resultados obtidos foram satisfatórios para todos os sistemas investigados, pois a acurácia dos levantamentos ficou dentro das especificações dos sistemas, aparelhos e tipos de processamentos realizados.

**Palavras-chave:** sistema de posicionamento global; acurácia.

*Adão Robson Elias<sup>1</sup>, Edson Luís Piroli<sup>2</sup>*

## Técnicas para posicionar un GPS en beneficio de la agricultura precisa

## Resúmen

Este estudio se realizó para evaluar la acurácia de cuatro sistemas de adquisición GPS. Los estudios controlados fueron realizados a partir del vértice geodésico de la red GPS del Estado de São Paulo y conocido como Ponto Botucatu. El primer estudio determinó la acurácia a partir de levantamientos autônomos y rápidos con un período de lectura predeterminado con excepción del PRO-XR que realizó lecturas posteriores al procesamiento, con código C/A entre una estación de control de San Pablo y el vértice Botucatu. Otras evaluaciones fueron realizadas con un sistema de transporte de coordenadas del vértice de Botucatu para un local a 6,25 Km. Los resultados obtenidos fueron satisfatórios para todos los sistemas, aparatos y tipos de procesamientos realizados.

**Palabras llave:** Sistema de Posicionamiento Global; acurácia

## Introdução

No dia 1º de maio de 2000, o governo dos Estados Unidos anunciou a desativação da SA (*Selective Availability*) para a zero hora (horário de Washington, EUA) do próximo dia, melhorando a precisão proporcionada pelo Sistema de Posicionamento Global (GPS), em torno de dez vezes. A técnica SA afetava as coordenadas dos relógios dos satélites, limitando o nível de acurácia proporcionado pelo sistema para usuários que realizam o posicionamento por ponto utilizando as medidas de pseudodistâncias advindas do código C/A (MONICO, 2000). A partir da desativação do

código SA, os levantamentos efetuados por GPS no âmbito civil e comercial passaram a apresentar maior grau de confiabilidade. Este fato proporcionou um salto qualitativo na utilização do sistema para as mais diversas finalidades, incluindo a agricultura de precisão.

Entre as tecnologias para agricultura de precisão descritas em seu trabalho, Legg e Stafford (1998) ressaltaram que o Sistema de Posicionamento Global americano (GPS, sistema NAVSTAR), baseado numa constelação de 24 satélites, é quase universalmente utilizado como um sistema de posicionamento para agricultura de precisão (embora o sistema russo GLONASS esteja encontrando

1 Professor Assistente, Dr. Unesp, Campus Experimental de Rosana, Rosana, São Paulo, Brasil. robson@rosana.unesp.br

2 Professor Assistente, Dr. Unesp, Campus Experimental de Rosana, Rosana, São Paulo, Brasil. Endereço para correspondência: Rua Pará, 860, Vila Christoni, Ourinhos, SP. CEP: 19911700. elp@ourinhos.unesp.br

alguma aplicação). Segundo Soares (1998), o GPS, como sistema posicionador, está disponível para uso desde o final do século passado. Porém, somente em meados de 1994 é que, efetivamente, o sistema esteve pronto para o uso integrado em geoprocessamento.

Atualmente com o desenvolvimento da agricultura de precisão, novas tecnologias ligadas ao GPS são constantemente apresentadas, entre elas, as que dizem respeito ao posicionamento geodésico. No entanto, ainda falta esclarecer quais GPS's apresentam bons resultados no âmbito agrícola.

Embora produtores rurais e prestadores de serviço necessitem de uma informação de DGPS confiável, eles ainda experimentam interrupções e interferências no sinal do GPS ou no sinal de correção diferencial, criando falhas em dados coletados seqüencialmente, ou perda de controle de aplicação ou de alinhamento. A disponibilidade do sistema NAVSTAR especificada (com pelo menos quatro satélites à vista em qualquer localização) é de 99,85%, com uma confiabilidade (o sistema está em serviço quando ele necessita estar) de 99,97%, conforme Napa (1995), citado por Pierce e Nowak (1999). Entretanto, salientam os autores, a adequação da geometria dos satélites para calcular uma solução de posicionamento, referida como diluição da precisão (DOP), é um problema em agricultura, onde estruturas naturais ou fabricadas obstruem a visão de alguns satélites pelo receptor GPS ou interferem na recepção da correção diferencial. Há também localizações geográficas nas quais essa geometria tem sido inadequada para a necessária precisão de posicionamento em certos períodos durante o dia. Adicionalmente, Pierce e Nowak (1999) atestaram que alguns receptores de sinal GPS são suscetíveis a interferência de sinais indesejáveis, oriundos de uma variedade de fontes, incluindo maquinaria agrícola, tornando o receptor inútil em navegação ou posicionamento.

Johannsen et al. (1999) relataram que os produtores rurais já têm serviços disponíveis que envolvem dados de satélites, transmissão local de informações e fornecimento de dados a partir de uma variedade de fontes (sensores sobre tratores, colhedoras ou outros equipamentos, sensores sobre aeroplanos para auxiliar em levantamentos da cultura, recepção ou análise de informações de satélite). Os

autores salientaram ainda que outras tecnologias estão também envolvidas para tornar bem sucedidas a coleta de dados, a análise e a interpretação (SIG para aquisição de dados e informações adicionais, como mapa de solos ou modelo numérico de terreno, de modo a apoiar a análise de dados de sensoriamento remoto, GPS para locar observações de campo de modo a que o computador possa associá-los a outros dados, e incrementos nas comunicações, tais como a internet para transmissão de informações e outros conjuntos de dados).

Partindo desta prerrogativa, realizou-se uma avaliação entre quatro técnicas de posicionamento GPS, juntamente com seus receptores, sendo elas: Posicionamento por ponto ou absoluto; Posicionamento relativo estático; Posicionamento diferencial pelo Wide Área DGPS (WADGPS) e Posicionamento autônomo com sistema de correção interno ao receptor. Foram realizados levantamentos rápidos, com apenas uma época, simulando os levantamentos efetuados em campo, com exceção do Pro-XR, no qual obtiveram-se três épocas, para pós-processamento em código C/A e uma hora para pós-processamento em fase.

## Material e métodos

### Material

Os receptores usados na avaliação foram: um GARMIN® modelo eMap – receptor que rastreia apenas o código C/A, com precisão horizontal da ordem de 10m, no nível de probabilidade de 95%; um par de receptores TRIMBLE® modelo Pro-XR – ambos rastreiam o código C/A e a portadora L1, com precisão centimétrica no modo relativo; um SOKKIA AXIS-3: receptor GPS com portadora L1 e com correção WADGPS, precisão submétrica (DRMS); um TRIMBLE® modelo AG-132: receptor GPS com portadora L1 e com firmware da Trimble instalado para eliminar a correção via WADGPS. Todos os receptores avaliados têm doze canais paralelos.

Adotou-se como pontos de controle o marco Botucatu (BC) da Rede Geodésica do Estado de São Paulo e o vértice I.8.1. Foi utilizada também uma estação de controle situada na cidade de São

Paulo, distante 200,5 km do marco BC e 198,8 km do vértice I.8.1. Esta possui um receptor CBS TRIMBLE 12 canais com L1, antena compacta L1 com plano de terra. A estação SP está localizada nas seguintes coordenadas em WGS -84: LAT - 23° 37' 06,245581``S (UTM - N= 7.387.019), LONG - 46° 40' 36,293557``W (UTM E= 328.940), altitude - 803,09m (HAE). O levantamento foi realizado no Município de Botucatu, Estado de São Paulo, Brasil.

## Método

O primeiro levantamento foi efetuado sobre o marco BC, obtendo uma época (leitura) para cada receptor. Com o TRIMBLE Pro - XR foram obtidas três épocas. O primeiro receptor avaliado foi o eMap, em seguida o AG-132, o Axis -3 e por fim o Pro XR. O tempo total decorrido entre as leituras foram de quatro minutos. O tempo do levantamento foi o mais breve possível para que as condições de leituras fossem as mais semelhantes entre os receptores, ou seja, com os mesmos sete satélites e com PDOP de 2,3. Esta situação também teve como objetivo repetir as condições encontradas nas diversas atividades de agricultura de precisão. Com o Pro-XR foram obtidas três épocas, que foram processadas com a estação SP a partir do código C/A.

O levantamento do segundo ponto foi realizado junto ao vértice I.8.1. Os levantamentos neste ponto tiveram duas fases, a primeira realizada conforme os procedimentos do levantamento anterior, e a segunda, usando um par de receptores (Pro -XR) para obter posicionamento relativo estático a partir do marco BC (Base) e o vértice I.8.1 (Rover). Com o Pro - XR foram obtidas três épocas, para pós-processamento com código C/A e em seguida o ponto foi ocupado por uma hora para pós-processamento com código C/A e a fase da onda portadora. Esta última técnica de levantamento foi utilizada com o intuito de corrigir as coordenadas do referido vértice e para utilizá-las como referência para os demais levantamentos.

## Resultados e discussão

A discussão dos resultados se baseia na comparação entre as coordenadas estimadas para o marco Botucatu (BC) e as coordenadas consideradas

verdadeiras, admitindo as estratégias apresentadas anteriormente.

No primeiro levantamento foram constatadas as diferenças das coordenadas planas UTM estimadas para o marco BC em relação às coordenadas conhecidas desse marco, para as quatro estratégias de técnicas de posicionamento, referente a uma época por equipamento GPS. As diferenças entre as coordenadas UTM obtidas e as conhecidas do marco, foram menores que dois metros nos eixos E e N, para os GPS's Axis-3, AG-132 e Pro-XR. Entretanto, para o eMap os valores foram menores que cinco metros. Com relação à coordenada H (altitude) houve significativas diferenças entre os valores obtidos pelos diferentes equipamentos, variando de 0,85 cm obtidos pelo Pro-XR, até 13,52 m determinado pelo Emap.

Os valores maiores para a coordenada H podem ser atribuídos ao fato de que essa coordenada possui um erro em média 40% maior que as coordenadas planimétricas. Outro fato que diferencia os resultados obtidos pelos equipamentos são os algoritmos utilizados para modelagem dos dados, pois os GPS's utilizados são essencialmente diferentes e utilizam diferentes soluções para a determinação destas coordenadas.

A tabela 1 apresenta os valores das diferenças de posicionamentos planimétricos (E e N) em relação ao marco BC, ou seja, as distâncias diretas das coordenadas obtidas pelos GPS's até as coordenadas consideradas como verdadeiras do marco BC.

Os resultados apresentados na tabela 1 confirmam certa equivalência entre os GPS's Axis-3, AG-132 e Pro-XR. Apenas o GPS eMap forneceu uma diferença de 7,19 m, a qual se encontra dentro das características do equipamento.

A tabela 2 apresenta o comportamento das coordenadas planas UTM (E, N e H) em relação às coordenadas estimadas para o vértice I.8.1.

Analisando-se os resultados das coordenadas E e N obtidos pelos GPS's Axis-3, Emap e AG-132, observa-se que os mesmos mantiveram os padrões de precisão do levantamento anterior. Entretanto, o Pro-XR obteve uma melhora no nível de acurácia do posicionamento. A melhora pode ser explicada analisando as três diferentes estratégias de

**Tabela 1.** Diferenças planimétricas nas coordenadas E e N em relação ao marco BC.

GPS	Diferenças planimétricas (m)
AG-132	1,02
Pro-XR	1,18
AXIS-3	1,94
eMap	7,19

**Tabela 2.** Diferenças de posicionamento junto ao vértice I.8.1.

GPS	E (m)	N (m)	H (m)
Pro-XR C/A 1h SP	-0,056	0,236	0,635
Pro-XR C/A marco SP	-0,229	-1,997	15,850
Pro-XR C/A marco BC	0,203	-0,685	16,305
AG-132	0,996	-4,221	8,695
AXIS-3	1,942	-1,858	9,745
eMap	4,462	-7,848	10,745

processamento: a terceira foi processada com o marco BC utilizando apenas três épocas, mas a distância entre os pontos foram de apenas 6,25 km, e portanto, conclui-se que foram reduzidos consideravelmente os efeitos da ionosfera; a segunda estratégia foi semelhante a terceira, mas com a base de São Paulo, distante 198,8 km, percebe-se uma maior influência dos efeitos da ionosfera, principalmente sobre a determinação da coordenada N; a primeira estratégia obteve a melhor acurácia, mesmo tendo sido processado com a base São Paulo, mas o tempo de ocupação foi de uma hora proporcionando assim uma maior quantidade de dados para a determinação das coordenadas e minimizando os efeitos da ionosfera.

A coordenada H apresentou valores maiores, que podem ser atribuídos ao PDOP maior que o levantamento anterior, em torno de 3.1, influenciando o VDOP. Somente a primeira estratégia obteve melhor acurácia, pois com o tempo de ocupação maior pode-se obter melhores geometrias dos satélites.

A Tabela 3 apresenta o gráfico das diferenças de posicionamentos planimétricos (E e N) em relação

as coordenadas corrigidas para o vértice I.8.1, ou seja, as distâncias diretas das coordenadas obtidas pelos GPS's até as coordenadas consideradas como corrigidas e verdadeiras para o vértice I.8.1.

A diminuição da acurácia no último levantamento, para os GPS's Axis-3 e AG-132 pode ser explicada devido ao aumento do PDOP. Contudo, o Pro-XR manteve-se coerente, exceto na segunda estratégia, a qual foi processada com a base de São Paulo, onde, a distância entre os pontos, a atmosfera e o tempo de leitura influenciaram no resultado do posicionamento.

## Conclusões

A técnica de posicionamento mais usada em agricultura de precisão e em levantamentos de grandes áreas é a WADGPS. Atualmente uma nova técnica de posicionamento foi lançada no mercado, técnica usada pelo AG-132 com firmware da TRIMBLE. Pode-se concluir, que apesar das diferentes técnicas de posicionamento entre os GPS's Axis-3 e AG-

**Tabela 3.** Diferenças em relação às coordenadas estimadas para o vértice I.8.1.

GPS	Distâncias (m)
Pro-XR C/A 1h SP	0,243
Pro-XR C/A marco SP	2,010
Pro-XR C/A marco BC	0,714
AG-132	4,336
eMap	9,028
AXIS-3	2,688

132, os mesmos obtiveram resultados satisfatórios e semelhantes em ambos os levantamentos.

Os GPS's Axis-3 e AG-132 se aproximaram em acurácia do Pro-XR, dependendo da técnica de posicionamento e da estratégia de pós-processamento adotadas.

Atualmente com a desativação do SA, a refração ionosférica é a maior fonte de erro no posicionamento por ponto, quando utilizando receptores de frequência simples L1.

Com a desativação do SA as medidas de pseudo-distâncias obtidas pelo código C/A melhoraram em dez vezes, proporcionando um maior uso dos GPS's de navegação (código C/A), até mesmo na agricultura de precisão, pois muitas vezes

as escalas exigidas para determinados trabalhos dão total condições do seu emprego.

A escolha do GPS para ser utilizado no âmbito agrícola dependerá dos objetivos dos trabalhos. Contudo, a maioria dos trabalhos de agricultura de precisão necessitam de posicionamento instantâneo de um ponto, sendo assim, os GPS's que oferecem técnicas de posicionamento em tempo real são os mais indicados, em detrimento dos que proporcionam melhor acurácia, mas que necessitam de pós-processamento.

### Referências

Apresentadas no final da versão em inglês.