

LUIZ HENRIQUE SOUZA SILVA ¹
MARIO JORGE COSTA CÂMARA ²
Orientador: Prof. Msc. CELSO RUBENS SMANIOTTO ³

¹ lhss@terra.com.br

² camara@eusei.com < <http://www.gpstesouro.com/Curriculo.htm> >

³ crsmanio@ucdb.br

MONOGRAFIA

AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA DAS COORDENADAS PÓS-PROCESSADAS COM DADOS RINEX OBTIDOS POR MEIO DE UM RECEPTOR GPS DE NAVEGAÇÃO

Monografia apresentada ao curso Lato-Sensu de Georreferenciamento de Limites Rurais com GPS da Universidade Católica Dom Bosco como exigência final de avaliação para obtenção do título de especialista.
Orientador: Prof. Msc. CELSO RUBENS SMANIOTTO

UNIVERSIDADE CATÓLICA DOM BOSCO
ESPECIALIZAÇÃO EM GEORREFERENCIAMENTO DE LIMITES RURAIS
COM GPS

CAMPO GRANDE – MS
MAIO / 2005

RESUMO

Os receptores GPS de navegação são capazes de calcular e armazenar as posições, no entanto, não registram as observáveis (pseudodistâncias e fases da onda portadora L1), o que inviabiliza o pós-processamento dos dados. O objetivo deste trabalho foi utilizar os programas ASYNC e GAR2RNX que foram desenvolvidos, justamente, para extrair e registrar as observáveis dos receptores GPS de navegação. Uma vez obtidos os dados do receptor GPS de navegação, no formato RINEX, realizou-se o pós-processamento.

Assim foi realizado o posicionamento diferencial ou relativo estático, com dados brutos gerados de um receptor de navegação; no caso desta monografia, um Garmin III Plus. A precisão das coordenadas pós-processadas obtidas por meio desta sistemática foi avaliada, comparando-se as coordenadas obtidas com as coordenadas geradas de um par de receptores GPS Geodésico L1/L2.

Palavras chave: GPS, geoprocessamento, RINEX.

SUMÁRIO

RESUMO	02
INTRODUÇÃO	05
1. SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL (GPS).....	06
1.1. Segmentos do sistema	06
1.1.1. Segmento espacial	06
1.1.2. Segmento de controle	09
1.1.3. Segmento de usuários	09
1.2. Funcionamento do sistema	09
1.2.1. Observáveis	12
1.2.2. Efemérides	13
1.3. Técnicas de posicionamento GPS.....	14
1.3.1 Posicionamento por ponto	15
1.3.2 Posicionamento relativo (diferencial).....	16
1.3.3 Posicionamento com DGPS e RTK	16
2. NORMA TÉCNICA PARA GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEIS RURAIS	17
2.1. Principais aspectos relacionados aos tipos de receptores GPS.....	17
2.1.1. Levantamento com GPS1.....	17
2.1.2. Levantamento com GPS2.....	18
2.1.3. Levantamento com GPS3.....	18
2.1.4. Levantamento com GPS4.....	20
2.2. Classificação dos pontos objetos de levantamento.....	21
2.2.1. Classificação quanto a precisão.....	22
2.2.2. Classificação quanto a acurácia.....	22
3. LEVANTAMENTO COM RECEPTORES GPS.....	24
3.1 Levantamento com receptor GPS de precisão	24
3.1.1 Dados da base (MS-01)	25
3.1.2 Dados dos pontos de interesse (P1, P2, P3, P4 e P5)	25
3.1.3 Processamento	26

3.1.4 Resultados	26
3.2 Levantamento com receptor GPS de navegação	26
3.2.1 Dados da base (MS-01)	27
3.2.2 Dados dos pontos de interesse (P1nav, P2nav, P3nav, P4nav e P5nav)	27
3.2.3 Processamento	29
3.2.4 Resultados	29
3.3 Comparação dos resultados	30
4. ANÁLISE DOS RESULTADOS, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	33
4.1 Análise dos resultados	33
4.2 Conclusões	33
4.3 Recomendações	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
ANEXO “A” – Dados RINEX	36
ANEXO “B” – Programas ASYNC e GAR2RNX	38
ANEXO “C” – Estrutura RINEX	41

INTRODUÇÃO

Esta monografia tem por finalidade mostrar a possibilidade de obtenção de dados RINEX de um receptor GPS de navegação e realizar o pós-processamento destes dados. As coordenadas obtidas por meio desta metodologia serão comparadas com as coordenadas “verdadeiras” para avaliação da acurácia obtida. O objetivo foi mensurar a qualidade dos dados obtidos e verificar se o procedimento realizado atende as exigências da Lei nº 10.267, de 28 de agosto de 2001, que trata do Certificado de Cadastro de Imóvel Rural - CCIR.

Não se tem qualquer ilusória pretensão de substituir os GPS topográficos ou cadastrais (portadora L1), mas mostrar que os fundamentos de operação destes e dos receptores GPS de navegação são os mesmos e, assim sendo, explorar as potencialidades encobertas pelos fabricantes, no caso dos receptores da Garmin.

Os fabricantes de receptores GPS de navegação levam em consideração que a grande maioria dos seus usuários estão interessados unicamente na informação das coordenadas, tal como: 20° 26' 22,8" S e 54° 33' 05,9" W [WGS-84], o que de fato é verdadeiro. Não importando, portanto, disponibilizar outros tipos de dados intermediários e sem aplicação direta (também chamados dados brutos).

Os dados brutos, que são fundamentais para a realização do pós-processamento, podem ser obtidos por meios de comandos assíncronos não documentados (possivelmente existentes para fins de testes na linha de produção do equipamento) enviados por meio da porta serial do receptor.

Os pontos utilizados no trabalho foram os marcos existentes no Parque das Nações Indígenas, os quais tiveram suas coordenadas geográficas (pós-processadas) levantadas com equipamentos GPS geodésico (L1/L2) e de navegação, para fins de comparação e avaliação dos resultados obtidos.

O trabalho apresentado está estruturado em duas partes. Numa primeira são relatados os passos e os testes das ferramentas (*hardware* e *software*) necessárias para a aplicação do receptor GPS de navegação, gerando dados para pós-processamento. Na segunda, avalia-se a acurácia das coordenadas obtidas.

1. O SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL (GPS)

O GPS (Global Positioning System), ou NAVSTAR-GPS (NAVigation Sattellite With Time And Ranging) é um sistema de radionavegação desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América – DOD (Department of Defense), com o intuito de ser o principal sistema de navegação das forças armadas americanas. Ele resultou da fusão de dois programas financiados pelo governo norte-americano para desenvolver um sistema de navegação de abrangência global: Timation e System 621B, sob responsabilidade da Marinha e da Força Aérea, respectivamente. Em razão da alta acurácia proporcionada pelo sistema e do grande desenvolvimento da tecnologia envolvida nos receptores GPS, uma grande comunidade usuária emergiu dos mais variados segmentos da comunidade civil (navegação, posicionamento geodésico, agricultura, controle de frotas etc) (MONICO, 2000).

1.1 Segmentos do sistema

O Sistema de posicionamento Global (GPS) divide-se em três segmentos.

1.1.1 Segmento espacial

O segmento espacial consiste de 24 satélites distribuídos em seis planos orbitais igualmente espaçados, com quatro satélites em cada plano, numa altitude aproximada de 20.200 km. Os planos orbitais são inclinados 55° em relação ao Equador e o período orbital é de 11 horas e 58 minutos. Dessa forma, a posição dos satélites se repete, a cada dia, 4 minutos antes que a do dia anterior. Essa configuração garante que, no mínimo, quatro satélites GPS sejam visíveis em qualquer local da superfície terrestre, a qualquer hora.

Desde a concepção original, quatro tipos de satélites fizeram parte do projeto NAVSTAR-GPS. Eles são denominados satélites do Bloco I, II (SVIDs 13 a 21), IIA (SVIDs 22 a 40) e IIR (SVIDs 41 a 66). Os satélites do Bloco I foram protótipos, e todos os 11 satélites

planejados foram lançados. O último satélite desse bloco, denominado SVID 12, foi desativado no final de 1995.

A situação atual dos satélites que compõem o sistema é a que segue:

TABELA 1: Situação atual dos satélites que compõem o sistema GPS.

Plano/Órbita	1	2	3	4	5 (em reserva)
A	IIA-21 (39) [9]	IIA-12 (25) [25]	IIA-28 (38) [8]	IIA-15 (27) [27]	II-4 (19) [19]
B	IIA-18 (22) [22]	IIA-27 (30) [30]	II-2 (13) [2]	IIA-22 (35) [5]	IIR-5 (44) [28]
C	IIA-24 (36) [6]	IIA-25 (33) [3]	IIA-19 (31) [31]	IIA-20 (37) [7]	
D	IIA-11 (24) [24]	IIR-3 (46) [11]	II-5 (17) [17]	IIA-23 (34) [4]	II-9 (15) [15]
E	IIR-4 (51) [20]	II-8 (21) [21]	IIA-26 (40) [10]	IIR-7 (54) [18]	IIA-10 (23) [23]
F	IIR-6 (41) [14]	IIA-14 (26) [26]	IIR-2 (43) [13]	IIA-16 (32) [1]	IIA-17 (29) [29]

Fonte: “< http://www.spaceandtech.com/spacedata/constellations/navstar-gps_consum.shtml >” em 04/10/2004

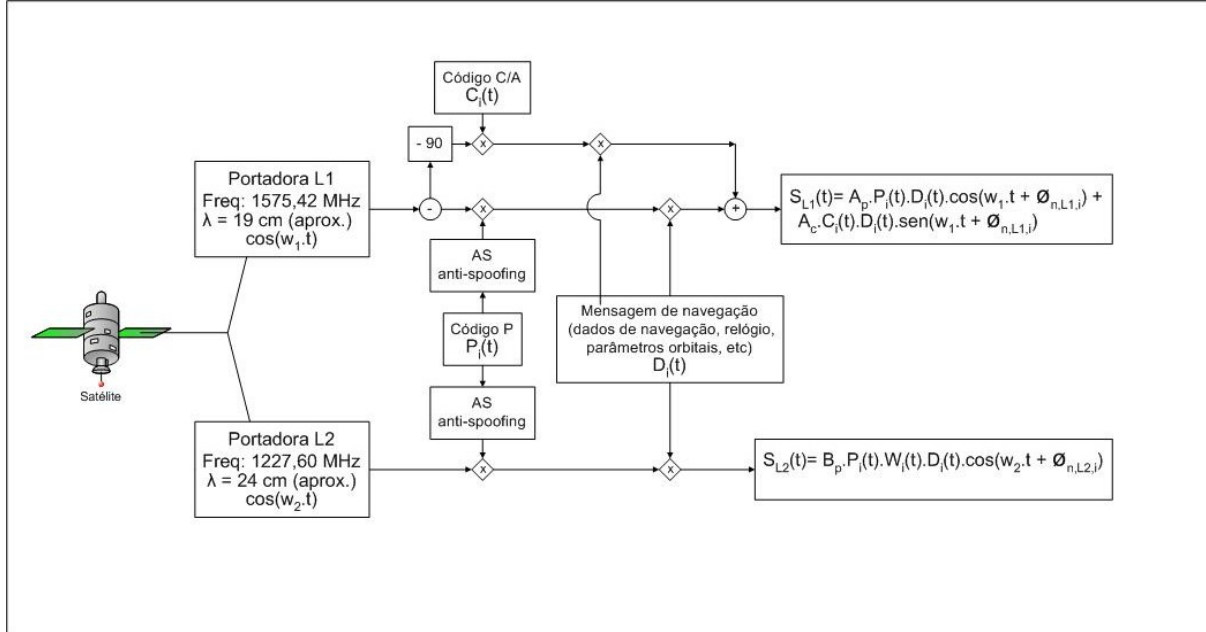
Obs: Bloco - Sequência de lançamento (SVN) [PRN]

Da **tabela 1** apresentada, observa-se que dos satélites em operação, 3 são do Bloco II, 16 são do Bloco IIA e 5 são do Bloco IIR, esta é a situação na data de 04/10/2004.

Os satélites tem sido identificados por vários esquemas de numeração. Dentre eles pode-se citar o SVN (Space Vehicle Number – número do veículo espacial), ou número NAVSTAR, o PRN (Pseudo-Random-Noise – ruído falsamente aleatório) ou SVID (Space Vehicle Identification – identificação do veículo espacial) e número da posição orbital. Sempre que ocorrer identificação de satélites neste texto, será referente ao número PRN, que corresponde à identificação utilizada nas mensagens de navegação.

É de suma importância compreender o conteúdo do sinal emitido pelos satélites para os receptores GPS. A **figura 1** tem por finalidade representar as partes componentes do sinal de radiofrequência dos satélites.

FIGURA 1: Esquemática dos dados existentes nas frequências portadoras.



Da **figura 1**, tem-se:

- A_p é a amplitude do código P;
- B_p é a amplitude do código P;
- $P_i(t)$ é a seqüência do código P (+1, -1);
- $W_i(t)$ representa a criptografia (*anti-spoofing*) sobre o código P, que pode ser diferente para cada satélite $\{Y_i(t) = P_i(t) \cdot W_i(t)\}$;
- $D_i(t)$ é o fluxo dos dados com estado +1 e -1;
- A_c é a amplitude do código C/A;
- $C_i(t)$ é a seqüência do código C/A (+1, -1);
- w_1 é a frequência a portadora L1;
- w_2 é a frequência a portadora L2;
- $\phi_{n,L1,i}$ é o ruído da fase acompanhado do estado do oscilador; e
- i representa o satélite em questão.

Ainda da **figura 1**, observa-se que cada satélite transmite dois sinais para os propósitos de posicionamento: o sinal L1, baseado na portadora com frequência 1575,42 MHz, e o sinal L2, com frequência de 1227,60 MHz. Modulados na portadora L1 estão os dois códigos pseudo-aleatórios (PRN) C/A e Y, com duração de 1 ms (1,023 MHz) e uma semana (10,23 MHz), respectivamente. A denominação Y se refere ao código P criptografado. Sobrepostas

sobre a portadora L1 constam também as mensagens de navegação. A portadora L2 é modulada pelo código Y e pela mensagem de navegação. Os códigos PRN, usados por cada satélite, são únicos e qualquer par deles apresenta baixa correlação, permitindo que todos os satélites partilhem da mesma frequência.

1.1.2 Segmento de controle

As principais tarefas do sistema de controle são:

- monitorar e controlar continuamente o sistema de satélites;
- determinar o sistema de tempo GPS;
- prever as efemérides dos satélites, calcular as correções dos relógios dos satélites; e
- atualizar periodicamente as mensagens de navegação de cada satélite.

O sistema de controle é composto por cinco estações monitoras (Hawaii, Kwajalein, Ascension Island, Diego Garcia, Colorado Springs), três delas com antenas para transmitir os dados para os satélites (Ascension Island, Diego Garcia, Kwajalein), e uma estação de controle central (MCS: Master Control Station), localizada em Colorado Spring. Essas cinco estações de monitoramento pertencem à AAF (American Air Force); em conjunto com as sete do NIMA (National Imagery and Mapping Agency), compõem as estações monitoras do DoD.

Cada estação monitora é equipada com oscilador externo de alta precisão e receptor de dupla frequência, o qual rastreia todos os satélites visíveis e transmite os dados para o MCS, via sistema de comunicação. Os dados são processados na MCS para determinar as órbitas dos satélites, as quais são transmitidas (*broadcast ephemeris* – efemérides transmitidas), juntamente com as correções dos relógios dos satélites, visando atualizar periodicamente as mensagens de navegação. A informação atualizada é enviada para os satélites a partir das antenas terrestres.

1.1.3 Segmento de usuários

O segmento de usuários consiste da imensa gama de receptores GPS espalhados por todo mundo. O equipamento tem por finalidade informar a posição, usando o sistema para as mais diversas aplicações. Conforme a precisão e a finalidade almejada, escolhe-se o tipo do receptor GPS, que pode ser de navegação (também citado como recreacional ou portátil) ou de levantamento (DGPS, cadastral, topográfico ou geodésico). A diferenciação de precisão entre os tipos de receptores deve-se principalmente as observáveis empregadas e as técnicas de processamento dos sinais captados dos satélites GPS.

1.2 Funcionamento do sistema

Os satélites GPS emitem, modulando as portadoras (L1 e L2), duas variedades de informações. Um dos tipos, a mensagem de navegação, consiste em bits de dados que contém os parâmetros orbitais (elementos keplerianos e suas variações), dados para correção da propagação na atmosfera, parâmetros para correção do erro dos relógios dos satélites, saúde dos satélites, etc. Essas informações espaciais e temporais contidas nas mensagens de navegação são determinadas pelo segmento de controle do GPS em terra.

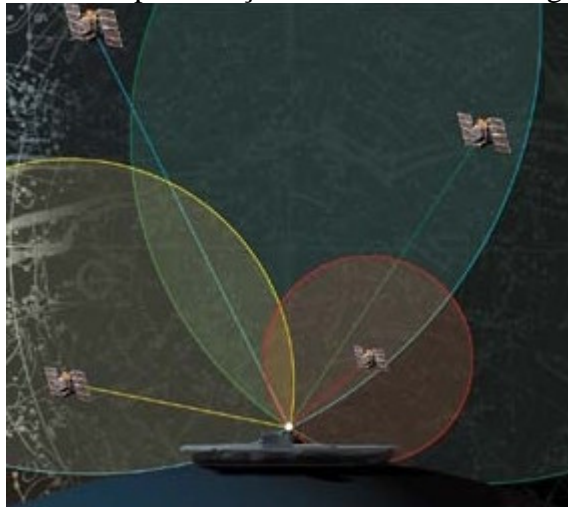
O segundo tipo de informação é um conjunto de códigos de ruídos pseudo-aleatórios (PRN), uma seqüência de impulsos digitais em um padrão inconfundível. Essas transmissões não transportam dados no sentido tradicional. Os códigos são concebidos para possibilitar a unidade receptora medir o instante exato de chegada do sinal de cada satélite à antena do receptor. A mesma portadora (L1 e L2) é modulada por todos os satélites, no entanto, os códigos são perfeitamente distinguíveis, face sua característica de baixa correlação, ou seja, sua assinatura digital individualizada.

Os receptores modernos são dotados de, no mínimo, 12 canais de recepção. Cada seqüência de código PRN é sintonizada por um canal de modo similar as emissoras de rádio FM. Digamos que uma determinada música esteja sendo tocada tanto pelo satélite quanto pelo receptor, exatamente, ao mesmo tempo. O usuário ouvirá ambas as versões, mas a versão do satélite chegará atrasada na medida que o som terá de percorrer seu caminho da órbita do satélite até a superfície da Terra. Se o usuário medir o lapso de tempo de atraso entre os

momentos em que cada versão da música tiver chegado a uma determinada nota musical, usando um cronômetro, ele poderá, então, calcular a distancia até o satélite.

O sistema GPS executa um procedimento análogo, quando um receptor monitora um código PRN transmitido de um satélite. Ao emparelhar a seqüência de código recebida com uma réplica da seqüência de código PRN referente ao satélite em questão, o dispositivo pode estimar o atraso no tempo de chegada do sinal de radiofrequência desse satélite.

FIGURA 2: Representação do conceito de triangulação



Fonte: “<http://www.geodesia.org/>”

Os receptores medem distâncias usando réguas virtuais que cada satélite estende até a Terra. Se a unidade GPS pudesse incorporar um relógio perfeito, então três mensurações de distância permitiriam calcular sua posição tridimensional – latitude, longitude e altitude.

Uma vez calculada as pseudodistâncias, utilizam-se as coordenadas orbitais dos satélites (efemérides contidas nas mensagens de navegação) como referencial para solucionar o conjunto de equações abaixo e se obter as coordenadas do receptor.

$$\begin{cases} \overline{RS}_1 = \sqrt{(X_{S1} - X_R)^2 + (Y_{S1} - Y_R)^2 + (Z_{S1} - Z_R)^2} \\ \overline{RS}_2 = \sqrt{(X_{S2} - X_R)^2 + (Y_{S2} - Y_R)^2 + (Z_{S2} - Z_R)^2} \\ \overline{RS}_3 = \sqrt{(X_{S3} - X_R)^2 + (Y_{S3} - Y_R)^2 + (Z_{S3} - Z_R)^2} \end{cases}$$

Incógnitas: coordenadas (X_R , Y_R e Z_R) do receptor GPS.

Pseudodistâncias: \overline{RS}_1 , \overline{RS}_2 e \overline{RS}_3 .

Posicionamento orbital dos satélites (efemérides): $S_1 (X_{S1}, Y_{S1} e Z_{S1})$; $S_2 (X_{S2}, Y_{S2} e Z_{S2})$ e $S_3 (X_{S3}, Y_{S3} e Z_{S3})$.

No entanto, não existem relógios perfeitos, e por essa razão os receptores GPS precisam também identificar uma quarta incógnita: a defasagem entre o relógio de baixo custo no receptor e o horário na rede GPS. O horário GPS é controlado com precisão até bilionésimo de segundo por relógio atômico, mas o relógio do receptor pode estar sujeito a um erro de um segundo, ou mais, por dia. Podemos converter um erro de tempo em um erro de distância, multiplicando o primeiro pela velocidade da luz ($\cong 300.000$ km/s). Essa defasagem acrescenta um número desconhecido à distância mensurada até cada satélite, o que explica por que as medidas de comprimento são denominadas mensurações de pseudodistâncias. Felizmente, a defasagem temporal é a mesma para todos os satélites, de modo que a leitura de um quarto satélite permite que os receptores solucionem o problema, suprimindo o erro do relógio do receptor GPS (ENGE, 2004).

1.2.1 Observáveis

As observáveis básicas do GPS que permitem determinar posição, velocidade e tempo podem ser identificadas como:

- pseudodistância a partir do código; e
- fase da onda portadora ou diferença de fase da onda portadora (MONICO, 2000, p.115)

As observáveis estão sujeitas a erros aleatórios, sistemáticos e grosseiros. As fontes de erros e seus efeitos estão descritos na **tabela 2**:

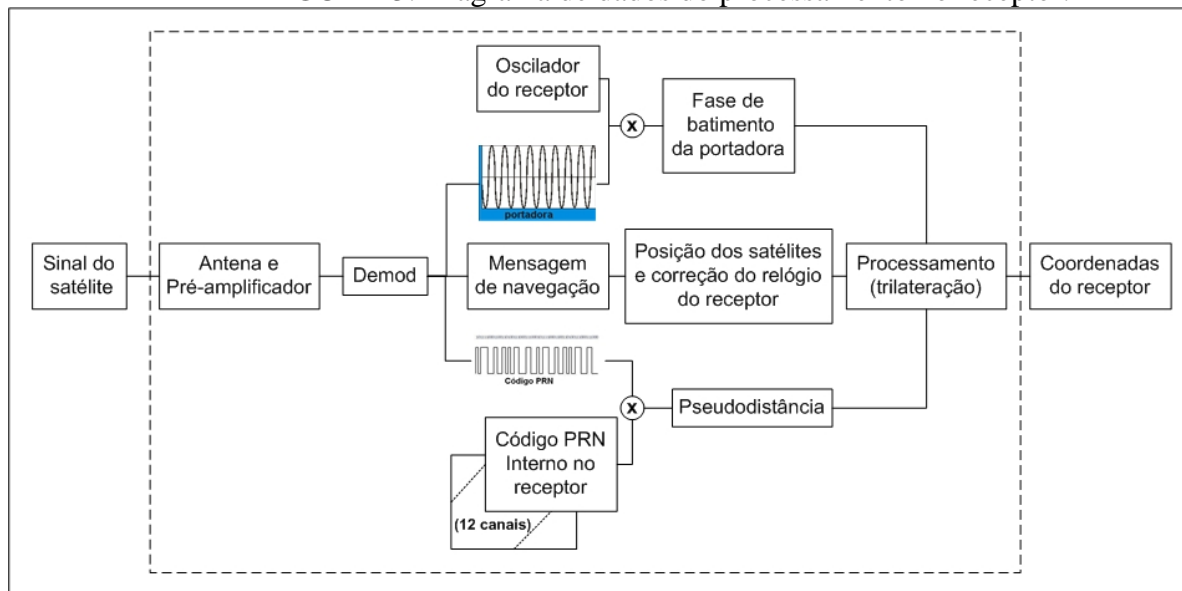
TABELA 2: Fontes e efeitos dos erros envolvidos no GPS.

Fontes	Efeitos
Satélites	Erro da órbita, erro do relógio, relatividade e atraso de grupo.
Propagação do sinal	Refração troposférica, refração ionosférica, perda de ciclos, sinais refletidos e rotação da Terra.
Receptor / antena	Erro do relógio, erro entre os canais e centro de fase da antena.
Estação	Erro nas coordenadas, marés terrestres, movimento do pólo, carga dos oceanos e pressão atmosférica.

Fonte: MONICO, 2000.

A **figura 3** ilustra em diagrama de blocos, o tratamento das observáveis no interior de um receptor GPS de uma única portadora.

FIGURA 3: Diagrama de dados do processamento no receptor.



1.2.2 Efemérides

Para se obter a posição instantânea da antena de um receptor GPS, o usuário deve ter acesso às posições e ao sistema de tempo dos satélites em tempo real. Essas informações são acessadas via sinais dos satélites GPS, contidos nas efemérides transmitidas (*Broadcast Ephemerides*). Para usuários que não precisam de posições instantâneas, mas alta acurácia, há a

opção de acessar, via Internet as efemérides pós-processadas, denominadas efemérides precisas, produzidas por diversos centros de análises que compõem o IGS (*International GPS Geodynamic Service*) (MONICO, 2000).

Efemérides precisas:

- IGS – resultante da combinação das órbitas de vários centros de análises, disponíveis dentro de um período de 7 a 10 dias após a coleta de dados;
- IGR – órbitas IGS rápidas, disponíveis dentro de até 48 horas (esse produto passou a ser disponível a partir da semana GPS 086);
- IGP – órbitas IGS preditas, disponíveis a partir de algumas horas do dia a que se refere.

A acurácia das efemérides transmitidas deve variar entre 0 (zero) e 20 (vinte) metros. Elas são disponíveis em tempo real, haja vista serem transmitidas com as observáveis. As efemérides precisas (IGS e IGR), com acuracidade estimada de 5 a 10 cm, são resultantes de pós-processamento. A efeméride predita pelo IGS, denominada IGP, fica disponível poucas horas antes do dia a que se refere e apresenta precisão da ordem de 50 cm (MONICO, 2000).

O *download* das efemérides precisas (informações de posicionamento dos satélites) podem ser obtidos em CORS (NGS, 2005).

1.3 Técnicas de posicionamento GPS

As técnicas utilizadas em posicionamento utilizando receptores GPS podem ser dispostas em três categorias: Pontual, também chamado Absoluto ou Isolado; Diferencial ou Relativo e Diferencial em Tempo Real que se subdivide em: *Differential GPS* (DGPS) e *Real Time Kinematic* (RTK).

No posicionamento absoluto, a posição é determinada no sistema de referência vinculado ao GPS, no caso WGS-84, associado ao geocentro. Neste método necessita-se de apenas um receptor.

O posicionamento relativo possibilita refinar a posição do receptor móvel, a partir de correções obtidas de um receptor base (receptor de referência), posicionado num local com coordenadas conhecidas. Para os levantamentos utilizando o posicionamento relativo, a

posição do ponto será determinada em relação a um outro ponto de coordenadas conhecidas em WGS-84, ou num sistema de referência compatível. O processamento encarregado de refinar (corrigir) as coordenadas do receptor móvel realiza-se posteriormente à coleta (geralmente no escritório), e é chamada de pós-processamento.

Há ainda um outro método de posicionamento que pode ser interpretado como uma subdivisão do posicionamento relativo. Tratam-se dos métodos DGPS e RTK, onde as correções das coordenadas do receptor móvel processam-se em tempo real. Em intervalos pré-definidos as correções são transmitidas (via rádio, via satélite de comunicação ou outros meios) para o usuário do receptor móvel, os quais captam e aplicam os dados de correção para apurar o seu posicionamento instantaneamente.

Conforme o estado, formato e aplicabilidade da mensuração a ser realizado, o objeto alvo da medição pode ser levantado com posicionamento estático ou cinemático. A evolução tecnológica trouxe uma série de classificações intermediárias, dentre elas: estático rápido, semicinemático, pseudocinemático, cinemático puro ou contínuo, cinemático rápido, pseudo-estático, *stop and go*, etc.

1.3.1 Posicionamento por ponto

O posicionamento por ponto pode utilizar como observáveis: a pseudodistância derivada do código, a fase da onda portadora ou ambos. Em geral, principalmente nos receptores GPS de navegação, utiliza-se a pseudodistância. Essa técnica pode ser utilizada quando não há necessidade de obter alta precisão no posicionamento de determinado objeto, utilizando apenas um receptor. Após a desativação *Selective Availability* (SA) – Disponibilidade Seletiva, ocorrida em 01 de maio de 2000, a precisão horizontal passou a ser em torno de 10m, 95% do tempo (MONICO, 2000).

Para a realização desta técnica, podendo o objeto está em movimento, necessita-se de um receptor coletando as pseudodistâncias de no mínimo quatro satélites, permitindo obter as posições X, Y, Z do receptor e, ainda, a correção para o erro do relógio.

1.3.2 Posicionamento relativo (diferencial)

Para realizar o posicionamento relativo, o usuário deve dispor de dois ou mais receptores. No entanto, com o advento dos chamados Sistemas de Controle Ativos (SCA), tal afirmativa não é mais inteiramente verdadeira. Num SCA, receptores dedicados rastreiam continuamente os satélites visíveis, e os dados podem ser acessados via sistema de comunicação, mais usualmente a Internet. São exemplos de SCA no Brasil: Rede de Estações Ativas da Santiago & Cintra - SCNet, Rede INCRA de Bases Comunitárias do GPS - RIBAC e a Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Neste texto colocou-se de forma indistinta o posicionamento relativo e o posicionamento diferencial. Cabe, no entanto, esclarecer que conforme o entendimento do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), os posicionamentos diferenciais e relativos diferem em razão das observáveis empregadas; respectivamente, da correlação entre códigos (pseudodistância) e da fase de batimento das ondas portadoras.

1.3.3 Posicionamento com DGPS e RTK

O DGPS é uma técnica onde dois ou mais receptores são utilizados. Um receptor é estacionado em um ponto cujas coordenadas são conhecidas, sendo denominado de base. Um outro receptor móvel, denominado também de *rover*, realiza o posicionamento dos pontos desejados.

Na estação base, calcula-se as correções das pseudodistâncias ou as correções posicionais, as quais são transmitidas para o receptor móvel, necessitando para tanto de um enlace rádio.

A diferença existente entre o DGPS e o RTK reside na observável utilizada. Enquanto o DGPS utiliza-se da pseudodistância, no RTK emprega-se a fase da onda portadora, fato que melhora consideravelmente a qualidade dos resultados.

2. NORMA TÉCNICA PARA GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEIS RURAIS

Esta Norma, de novembro de 2003, tem o propósito de orientar os profissionais que atuam no mercado de demarcação, medição e georreferenciamento de imóveis rurais, visando o atendimento da Lei 10.267, de 28 de Agosto de 2001 e do Decreto 4.449 de 30 de Outubro de 2002.

A seguir é apresentado um extrato da Norma, tratando especificamente dos tópicos relacionados ao sistema de posicionamento por satélites NAVSTAR-GPS.

2.1 Principais aspectos relacionados aos tipos de receptores GPS

A Norma classifica os levantamentos com receptores GPS em quatro tipos: GPS1, GPS2, GPS3 e GPS4, descritos em subitens.

2.1.1 Levantamento com GPS1

GPS1 – Solução “de navegação” instantânea sem correção diferencial baseada no código C/A. Posicionamento isolado.

Esta técnica não é admitida para o levantamento do perímetro e nem para a execução dos serviços de georreferenciamento de imóveis rurais. O impedimento de sua utilização é decorrente da impossibilidade de se alcançar a precisão de 0,50 m na determinação das coordenadas.

Esses aparelhos não permitem ainda que se vinculem as suas observações ao Sistema Geodésico Brasileiro, uma vez que a correção diferencial através de arquivos gerados por uma estação de referência conectada ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), não é realizada.

Equipamentos incluídos nesta categoria são denominados, popularmente, como:

- GPS de navegação;
- GPS de lazer;
- GPS portátil;

2.1.2 Levantamento com GPS2

GPS2 – Solução diferencial baseada no código C/A ou Y, com correção às pseudodistâncias no padrão RTCM SC-104 em tempo real. Incluem-se nesta técnica as soluções obtidas através de links MSK (rádio faróis), DGPS por satélite (HF ou UHF / Banda L).

Esta técnica também não é admitida nem para o levantamento do perímetro e nem para a execução dos serviços de georreferenciamento de imóveis rurais. O impedimento de sua utilização é decorrente da impossibilidade de se alcançar a precisão de 0,50 m na determinação das coordenadas.

Esses aparelhos não permitem ainda que se vinculem as suas observações ao Sistema Geodésico Brasileiro, uma vez que a correção diferencial, através de arquivos gerados por uma estação de referência (ativa ou não) conectada ao SGB, não é realizada.

Equipamentos incluídos nesta categoria são denominados, popularmente, como:

- GPS Racal;
- GPS *beacon*;
- GPS Omnistar.

2.1.3 Levantamento com GPS3

GPS3 – Solução baseada nos códigos C/A e/ou Y e/ou fase da portadora com correção diferencial obtida em pós-processamento com utilização de técnicas baseadas em suavização do código através da portadora.

Equipamentos incluídos nesta categoria são denominados, popularmente, como:

- GPS Topográfico;

- GPS Geodésico de uma frequência;
- GPS Geodésico L1;

2.1.3.1 Características dos aparelhos

- a) Precisão após o processamento off-line: 20 mm a 1m + 3 ppm (68,7 %);
- b) Observável básica: Códigos C/A e/ou Y e/ou fase da portadora;
- c) Combinação entre observáveis: duplas diferenças, suavização do código por portadora;

2.1.3.2 Fatores influentes na precisão

- a) Proximidade da estação de referência (correlação espacial);
- b) Condições atmosféricas nas proximidades da estação de referência e móvel e horário de rastreamento;
- c) Geometria da configuração de satélites;
- d) Magnitude do multicaminhamento na estação móvel;
- e) Qualidade dos receptores;

2.1.3.3 Condições a serem observadas para alcançar a precisão almejada

- a) Distância máxima tolerável da estação de referência, de acordo com as especificações do equipamento para atingir a precisão estabelecida;
- b) PDOP máximo: < 6;
- c) Razão Sinal/Ruído mínima do sinal GPS: > 6;
- d) Horizonte mínimo de rastreamento: 15°;
- e) Operar sempre no modo 3D, sendo recomendáveis 5 (cinco) ou mais satélites rastreados simultaneamente;
- f) Intervalo de gravação: 5 (cinco) segundos;
- g) Pós-processamento com programa dotado de algoritmos de combinação de observáveis (fase da portadora e código), busca de ambigüidades e com capacidade de processar a(s) fase(s) da(s) portadora(s), no caso dessa observável ser utilizada;
- h) Receptores com um mínimo de 6 (seis) canais independentes.

2.1.4 Levantamento com GPS4

GPS4 – Soluções baseadas na fase da portadora com solução de ambigüidade e com correção diferencial pós-processada e, alternativamente, link de comunicação para solução de tempo real (RTK).

Equipamentos incluídos nesta categoria são denominados, popularmente, como:

- GPS Geodésico;
- GPS Geodésico de dupla frequência;
- GPS Geodésico L1/L2;
- GPS RTK.

2.1.4.1 Características dos aparelhos

- a) Precisão em tempo real: 40 mm + 2 ppm (68,7%);
- b) Precisão após processamento off-line: 20 mm + 2 ppm (68,7%);
- c) Observável básica: Código C/A e/ou Y e fase da portadora;
- d) Combinação entre observáveis: dupla diferença de fase da portadora com utilização dos códigos para aceleração da busca de ambigüidades;
- e) Para solução em tempo real (RTK) é necessário utilizar link de comunicação de alta velocidade entre a unidade de referência e a(s) unidade(s) móvel(is).

2.1.4.2 Fatores influentes na precisão

- a) Proximidade da estação de referência (correlação espacial);
- b) Condições atmosféricas nas proximidades da estação de referência e móvel e horário de rastreamento;
- c) Geometria da configuração de satélites;
- d) Magnitude do multicaminhamento na estação móvel;
- e) Qualidade dos receptores;
- f) Agilidade do algoritmo de busca de ambigüidade em tempo real (RTK);
- g) Velocidade de transmissão do link de comunicação (RTK).

2.1.4.3 Condições a serem observadas para alcançar a precisão almejada

- a) Distância máxima tolerável da estação de referência: 15 km para RTK;
- b) PDOP máximo: < 6;

- c) Razão Sinal/Ruído mínima do sinal GPS: > 8 ;
- d) Horizonte mínimo de rastreamento: 15° ;
- e) Operar sempre no modo 3D, sendo necessário no mínimo 5 (cinco) satélites rastreados simultaneamente para inicialização e manutenção de um mínimo de 4 (quatro) satélites durante a execução do levantamento;
- f) Intervalo de gravação: 1 (um) ou 2 (dois) segundos;
- g) Tempos de permanência: 10 (dez) ou 20 (vinte) segundos para levantamento de feições tipo ponto;
- h) Processamento off-line com programa dotado de algoritmos de combinação de observáveis (fase e portadora), busca de ambigüidades e com capacidade de processar a(s) fase(s) da(s) portadora(s);
- i) Receptores com um mínimo de 8 (oito) canais;
- j) A utilização de link para transmissão de correções em tempo real (RTK) através de rádios UHF implica em necessidade de “visibilidade” entre a unidade de referência e móvel(is). Na impossibilidade de visibilidade deverão ser utilizadas unidades repetidoras.

2.2 Classificação dos pontos objetos de levantamento

Para utilização dos receptores GPS3, em conformidade com a Norma Técnica de Georreferenciamento de Imóveis Rurais, um Ponto de Controle A ou Apoio Básico (Classe P1 +/- 100 mm), ou Ponto de Controle B ou Apoio Imediato (Classe P2 +/- 200 mm), com distância de no máximo 15 km da área de trabalho, terá que ser utilizado para levantamento dos Pontos de Perímetro (Classe P3 +/- 500 mm). O tempo de ocupação mínimo, em tal situação, deverá ser de 30 minutos, visando garantir a obtenção da solução com ambigüidade fixada. No caso deste ponto não existir na proximidade determinada, ele terá que ser transportado para servir de base (referência) de levantamento.

Para utilização de GPS4 à distância da área de trabalho é estendida, no entanto, o tempo de ocupação deve ser alastrado, de acordo com a **tabela 3**.

TABELA 3: Relação entre tempo de ocupação e distância entre estações para levantamentos de controle

Distância entre estações	Ocupação mínima (min)	Observáveis	Tipo de solução esperada
Até 20 km	30	L1 ou L1/L2	<i>Fix</i>
20 -50 km	120	L1/L2	<i>Fix</i>
Acima de 100 km	240	L1/L2	<i>Float</i>

Fonte: Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais do INCRA

2.2.1 Classificação quanto a precisão

A precisão de uma grandeza retrata o “nível de aderência entre os valores observados, sua repetibilidade ou grau de dispersão”.

Ainda que por vezes empregado indistintamente para quantificar o grau de confiabilidade de uma grandeza, o conceito de precisão não deve ser confundido com o de acurácia. Este último é objeto de análise do item a seguir.

A **tabela 4** fornece os valores limites de classe (P1-P3) de acordo com níveis de precisão.

TABELA 4: Classes de acordo com a precisão planimétrica após ajustamento.

Classe	Precisão 68,7% (1σ)	Finalidade
P1	+/- 100 mm	Controle A (apoio básico) e georreferenciamento.
P2	+/- 200 mm	Controle B (apoio imediato) e georreferenciamento.
P3	+/- 500 mm	Cadastrais e georreferenciamento.

Fonte: Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais do INCRA

2.2.2 Classificação quanto a acurácia

O conceito de acurácia de um levantamento é entendido como o “grau de aproximação de uma grandeza de seu valor verdadeiro”, estando, portanto, associado a erros sistemáticos (determinísticos) e aleatórios (estocásticos). Isso significa que a sua avaliação só pode acontecer se conhecido este “valor verdadeiro”.

No caso do georreferenciamento de imóveis rurais, será possível avaliar a acurácia de observações em todas as coordenadas de vértices já certificados pelo INCRA.

A **tabela 5** fornece o valor limite do nível de acurácia.

TABELA 5: Nível de acurácia após ajustamento.

Classe	Acurácia 68,7% (1σ)	Finalidade
P3	+/- 500 mm	Cadastrais e georreferenciamento

Fonte: Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais do INCRA

3. LEVANTAMENTOS COM RECEPTORES GPS

O trabalho teve como pontos amostrais os marcos existentes no Parque das Nações Indígenas, nos quais realizou-se o levantamento das coordenadas. A escolha recaiu neste local para realização dos testes, em razão da proximidade de um marco geodésico homologado (MS-01), situado no Parque dos Poderes, o que proporcionou uma linha base média de 3 Km em relação aos marcos do Parque das Nações Indígenas.

Descrição dos testes:

- 1ª fase: levantamento das coordenadas com receptor GPS de precisão (portadoras L1/L2) de 5 (cinco) marcos no Parque das Nações Indígenas. Emprego de dados de referência de um segundo receptor GPS de precisão no marco geodésico MS-01, em Campo Grande – MS.
- 2ª fase: levantamento das coordenadas com receptor GPS de navegação, usando correção diferencial com as observáveis L1. Os dados de referência da base MS-01 para pós-processamento foram obtidos de um receptor GPS de precisão.
- 3ª fase: comparação dos resultados.

3.1 Levantamento com receptor GPS de precisão

O ponto de referência (marco MS-01) do levantamento é considerado como Controle Básico, ou seja, com precisão definida na classe P1. O marco MS-01 pertence à Rede Geodésica do Estado do Mato Grosso do Sul.

Os pontos a determinar (P1, P2, P3, P4 e P5) foram enquadrados como Pontos de Perímetro, sendo, portanto, admissível a precisão posicional com tolerância máxima de 0,50 m (classe P3).

O modo de posicionamento empregado foi o relativo estático, com processamento empregando a fase das portadoras L1/L2, observáveis coletadas dos pares de receptores geodésicos.

3.1.1 Dados da base (MS-01)

- Equipamento: GPS geodésico L1/L2 – modelo Topcon Hiper com antena GD/GGD
- Intervalo de tempo do rastreo: 5 (cinco) segundos
- Data: 12/12/2004 (12:42: 25 às 15:12: 20 – GMT) Tempo de rastreo: 02:29: 55.

3.1.2 Dados dos pontos de interesse (P1, P2, P3, P4 e P5)

FIGURA 4: Receptor GPS Geodésico L1/L2



Fonte: “<http://www.santiagoocintra.com.br/scripts/topografia.asp>”.

- Equipamento: Receptor GPS geodésico L1/L2 – modelo Hiper com antena GD/GGD
- Intervalo de tempo do rastreo: 5 (cinco) segundos
- Data: 12/12/2004
- P1 (13:31: 25 às 13:43: 30 –GMT) Tempo de rastreo: 12:05.
- P2 (13:08: 35 às 13:23: 10 –GMT) Tempo de rastreo: 14:35.
- P3 (13:53: 45 às 14:05: 30 –GMT) Tempo de rastreo: 11:45.
- P4 (14:15: 25 às 14:26: 40 –GMT) Tempo de rastreo: 11:15.
- P5 (14:38: 00 às 14:50: 40 –GMT) Tempo de rastreo: 12:40.

3.1.3 Processamento

O pós-processamento foi realizado com o programa TOPCON *Tools* Ver. 4.11 (modo demo) com o cálculo feito usando a fase das ondas portadoras L1/L2. As soluções foram com ambigüidades fixadas para L1/L2, ou seja, as ambigüidades inteiras foram obtidas nos processamentos. As distâncias da base (MS-01) para os pontos P1, P2, P3, P4 e P5 (objetos da pesquisa) mediram 2521,9 m; 2396,8 m; 2916,6 m; 3231,4 m e 3261,8 m, respectivamente.

3.1.4 Resultados

TABELA 6: Resultados obtidos com GPS L1/L2.

Nome	Latitude [WGS-84]	Longitude [WGS-84]	Altitude (elipsoidal)	Precisão horizontal	Precisão vertical
P1	20° 27' 07,57429S	54° 34' 18,78765W	592,314	0,003	0,004
P2	20° 27' 10,90162S	54° 34' 10,95262W	586,430	0,005	0,008
P3	20° 27' 16,47937S	54° 34' 28,84209W	580,360	0,008	0,013
P4	20° 27' 17,45171S	54° 34' 41,10055W	572,039	0,007	0,013
P5	20° 27' 08,90543S	54° 34' 47,23016W	578,266	0,004	0,008

Tendo em vista o levantamento ter sido realizado com receptores geodésicos L1/L2 numa linha base bastante curta (média de 3 km), as coordenadas obtidas neste levantamento foram consideradas coordenadas “verdadeiras”, para servirem como parâmetro para os levantamentos posteriores.

3.2 Levantamento com receptor GPS de navegação

Diferentemente dos levantamentos realizados com os profissionais receptores GPS de mono (L1) ou dupla frequência (L1/L2), a utilização do GPS de navegação requer alguns

procedimentos adicionais. O primeiro é a aquisição dos softwares necessários (ASYNC e GAR2RNX), que podem ser obtidos no site: “<http://artico.lma.fi.upm.es/numerico/miembros/antonio/async/>”. O segundo diz respeito as conexão do cabo de comunicação entre o receptor e a porta serial de um computador portátil. Por fim, o receptor GPS deve ter sua porta de comunicação habilitada e configurada para transmitir dados no formato Garmin.

A obtenção dos dados brutos dos receptores de navegação só foi possível graças ao software livre, chamado ASYNC, que é capaz de ler e registrar em arquivos binários as informações referentes aos dados brutos dos satélites, os quais estão contidos na mensagem transmitida pela porta de comunicação do aparelho receptor Garmin. Posteriormente ao rastreamento foi utilizado o programa GAR2RNX que executa a conversão do arquivo binário dos dados brutos em arquivo texto no formato RINEX2, sendo assim possível o processamento dos dados para o cálculo de coordenadas relativas.

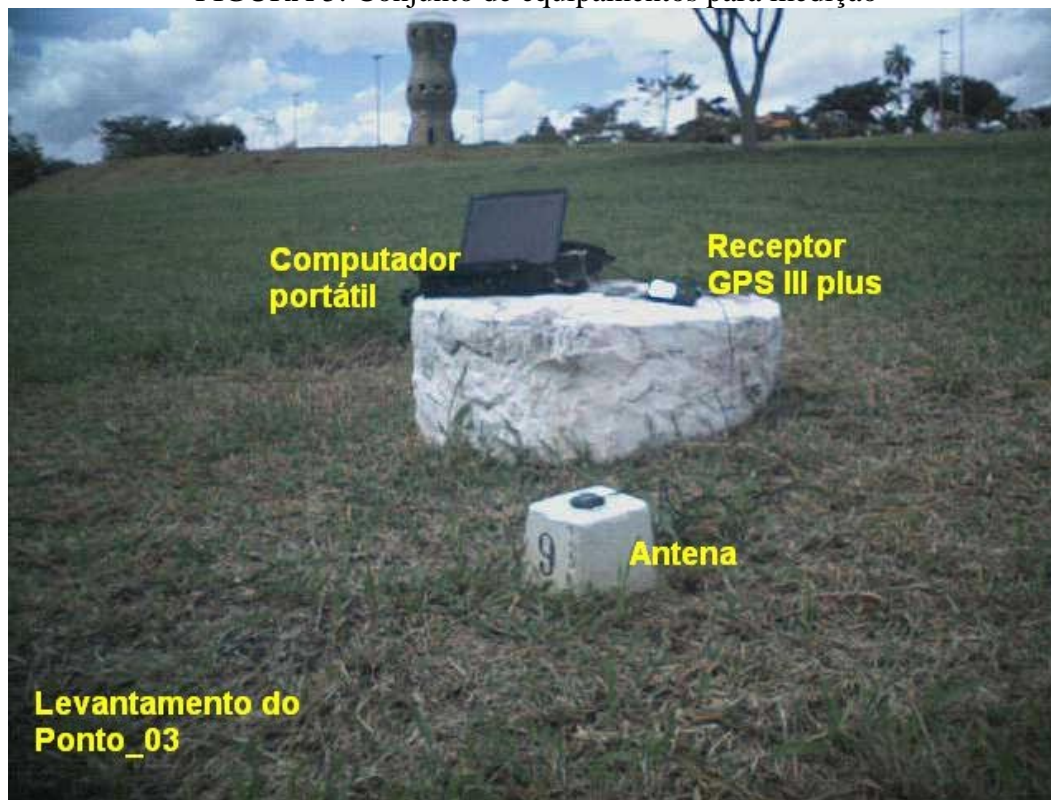
Os programas ASYNC e GAR2RNX são da autoria de Antonio Taberero Galán (GALÁN, 2005).

3.2.1 Dados da base (MS-01)

- Equipamento: GPS geodésico L1/L2 – modelo Hiper com antena GD/GGD
- Intervalo de tempo do rastreamento: 5 (cinco) segundos
- Data: 03/04/2005 (14:37: 10 às 17:33: 05 –GMT) Tempo de rastreamento: 02:55: 55.

3.2.2 Dados dos pontos de interesse (P1nav, P2nav, P3nav, P4nav e P5nav)

FIGURA 5: Conjunto de equipamentos para medição



- Equipamento: receptor GPS Garmin III Plus (versão do software interno do receptor: 2.06), com antena externa SM-66. Os dados do receptor são transmitidos para o computador portátil, via cabo de comunicação ligado à porta serial. A **figura 5** mostra uma foto dos equipamentos empregados.

- Intervalo de tempo do rastreamento: 1 segundos

- Data: 03/04/2005

P1nav (15:41: 08 às 15:56: 08 –GMT) Tempo de rastreamento: 15 min.

P2nav (15:17: 04 às 15:32: 04 –GMT) Tempo de rastreamento: 15 min.

P3nav (16:08: 38 às 16:23: 38 –GMT) Tempo de rastreamento: 15 min.

P4nav (16:34: 09 às 16:49: 09 –GMT) Tempo de rastreamento: 15 min.

P5nav (17:00: 46 às 17:15: 46 –GMT) Tempo de rastreamento: 15 min.

Cabe amenizar o ceticismo daqueles que são incisivos em colocar que é impossível obter os dados de observáveis de código e fase, de um receptor GPS de navegação, para pós-

processamento. A melhor forma de fazê-lo é mostrar os dados colhidos, conforme apresentado no Anexo “A”.

O programa ASYNC foi utilizado para extrair e registrar as observáveis de pseudodistância (código C/A) e de fase da portadora L1. Posteriormente, foi utilizado o programa GAR2RNX para converter os dados coletados em RINEX.

Linhas de comando para o programa ASYNC (no modo DOS):

“*async -a -r -rinex -t900 -o ponto*.g12*” (onde * => 1,2,3,4 e 5)

Linhas de comando para o programa GAR2RNX (no modo DOS):

“*gar2rnx ponto*.g12 -rinex -f*” (onde * => 1,2,3,4 e 5)

Maiores informações a respeito das linhas de comando dos programas ASYNC e GAR2RNX, podem ser obtidas no Anexo “B”.

3.2.3 Processamento

O pós-processamento foi realizado com o programa TOPCON *Tools* Ver. 4.11 (modo demo), com o cálculo feito usando os dados de um receptor geodésico na base e os dados coletados de um receptor GPS Garmin, que permaneceu por 15 minutos em cada ponto de interesse. As soluções foram com ambigüidades fixadas para portadora L1 (*Fixed*, L1); exceto para o P5nav, cuja solução obtida foi *Float*, L1.

É importante ressaltar que não se realizou qualquer procedimento de exclusão de satélites, aumento de máscara de elevação ou mudanças de parâmetros do software de pós-processamento, para buscar a solução *Fixed*.

3.2.4 Resultado

TABELA 7: Resultados obtidos com GPS L1/L2.

Nome	Latitude [WGS-84]	Longitude [WGS-84]	Altitude (elipsoidal)	Precisão horizontal	Precisão vertical
P1nav	20° 27' 07,57481S	54° 34' 18,80306W	592,203	0,022	0,043
P2nav	20° 27' 10,90270S	54° 34' 10,95463W	586,549	0,029	0,049
P3nav	20° 27' 16,48003S	54° 34' 28,85807W	580,374	0,010	0,025
P4nav	20° 27' 17,44781S	54° 34' 41,15000W	571,592	0,019	0,035
P5nav	20° 27' 08,90714S	54° 34' 47,21244W	578,756	0,128	0,073

3.3 Comparação dos resultados

Os dados obtidos de ambos os levantamentos, depois de convertidos para o sistema de projeção UTM, estão emparelhados na **tabela 8** para comparação.

TABELA 8: Comparativo dos resultados

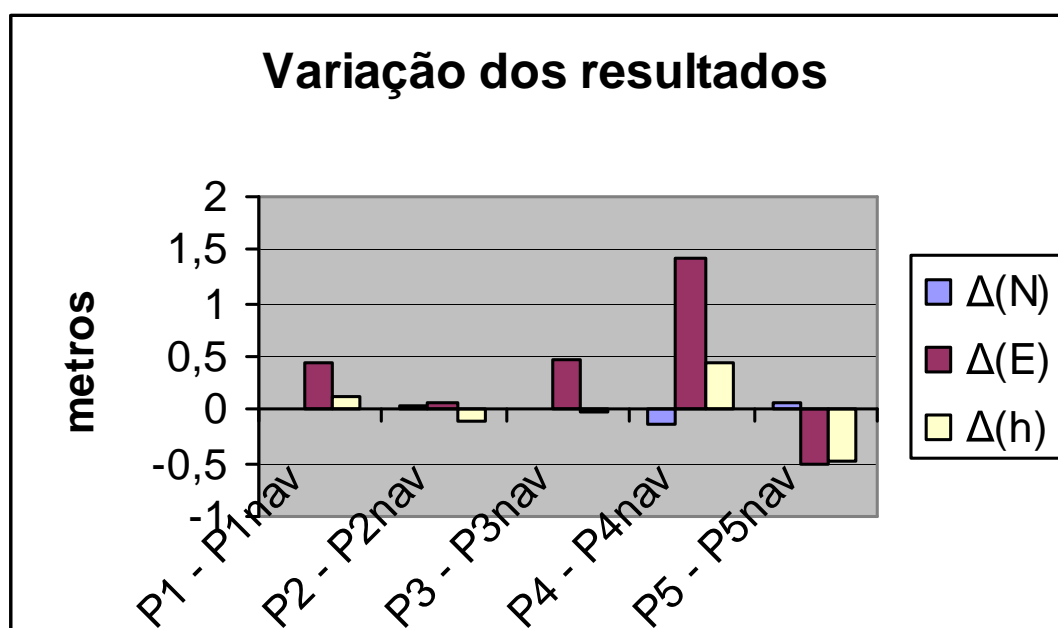
Pontos levantados	E (m) – ordenadas (Fuso 21K) [WGS-84]	N (m) – abscissas (Fuso 21K) [WGS-84]	H (m)
P1	7736611,216	753318,156	592,314
P1nav	7736611,206	753317,709	592,203
Variações	$\Delta(N) = 0,010$	$\Delta(E) = 0,447$	$\Delta(h) = 0,111$
P2	7736505,495	753543,799	586,430
P2nav	7736505,462	753543,740	586,549
Variações	$\Delta(N) = 0,033$	$\Delta(E) = 0,059$	$\Delta(h) = -0,119$
P3	7736341,599	753022,594	580,360
P3nav	7736341,586	753022,130	580,374
Variações	$\Delta(N) = 0,013$	$\Delta(E) = 0,464$	$\Delta(h) = -0,014$
P4	7736316,946	752666,749	572,039
P4nav	7736317,087	752665,317	571,592
Variações	$\Delta(N) = -0,141$	$\Delta(E) = 1,432$	$\Delta(h) = 0,447$
P5	7736582,467	752492,920	578,266

P5nav	7736582,407	752493,433	578,756
Variações	$\Delta(N) = 0,060$	$\Delta(E) = -0,513$	$\Delta(h) = -0,490$

Nota-se que o pior resultado foi obtido no ponto P4nav, que diferiu no eixo das abscissas num valor de 1,432 metros.

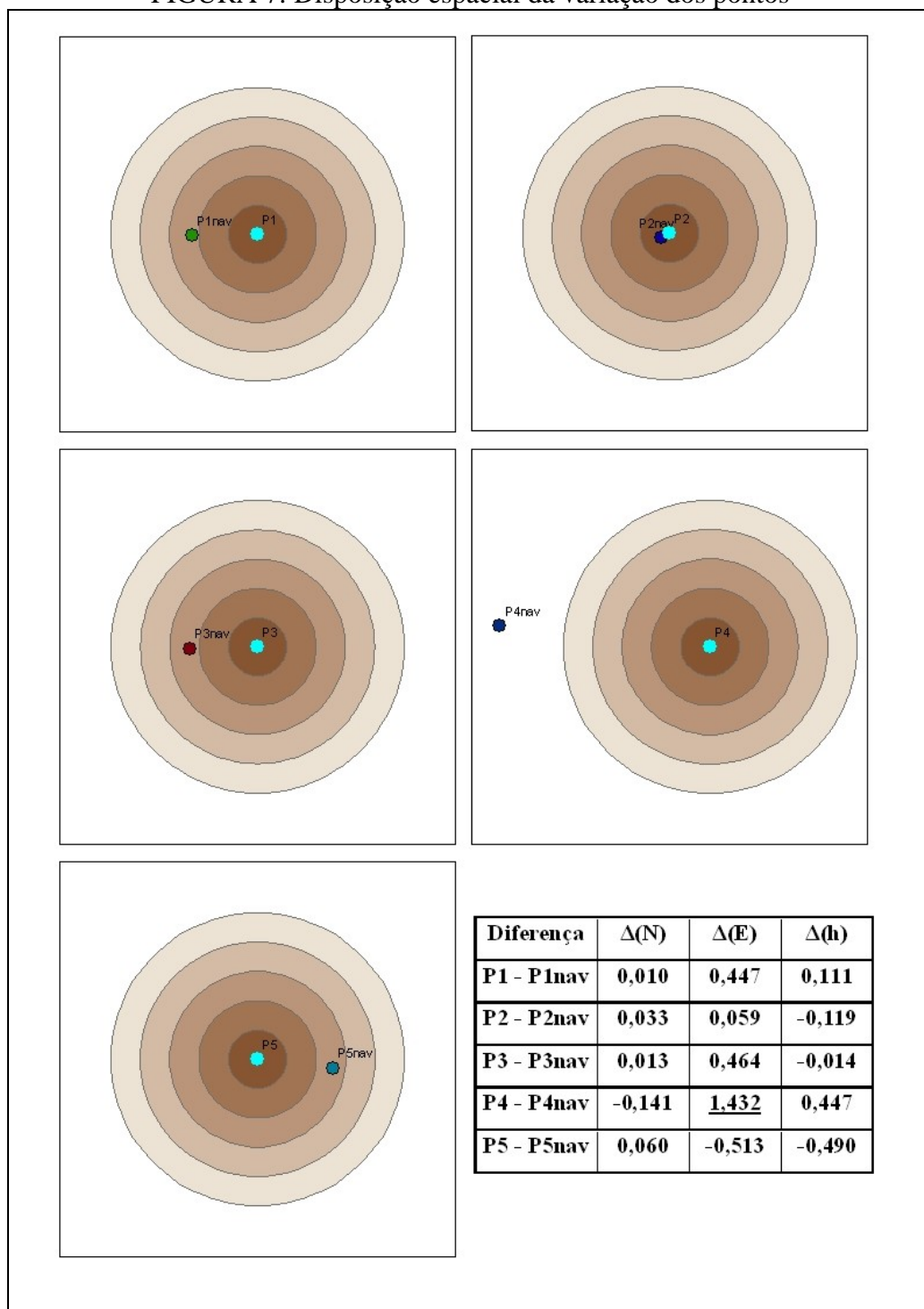
Na **figura 6** apresenta-se a variação dos resultados obtidos no eixo das abscissas $\Delta(E)$, ordenadas $\Delta(N)$ e na altitude $\Delta(h)$.

FIGURA 6: Diagrama comparativo dos resultados.



A **figura 7** mostra a disposição espacial dos pontos levantados. Os raios concêntricos apresentam raios de 20, 40, 60, 80 e 100 cm. No diagrama que representa o ponto P4nav, nota-se que o ponto caiu fora da área demarcada.

FIGURA 7: Disposição espacial da variação dos pontos



4. ANÁLISE DOS RESULTADOS, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

4.1 Análise dos resultados

Os resultados obtidos ficaram no limiar dos 50 centímetros, salvo os pontos P2nav e P4nav, que destoaram para melhor e pior resultados, respectivamente. O ponto P5nav, apesar de ter tido solução *Float*, ficou dentro do considerado aceitável (dentro do raio de 1 metro de erro). A quantidade de pontos e o número de medidas realizadas foram insuficientes para elucidar a origem ou o motivo das discrepâncias. No entanto, causou estranheza a constatação do maior desvio dos resultados no eixo das abscissas $\Delta(E)$. Deve-se, também, atentar para a linha de base curta (na média de 3 Km) adotada neste trabalho. É de se esperar piores resultados quando adotadas distâncias maiores; sendo 15 km o valor determinado na Norma como limite.

4.2 Conclusões

A obtenção de dados RINEX de um receptor GPS de navegação, usando os programas ASYNC e GAR2RNX, foi realizada mostrando ser exequível. O pós-processamento destes dados foi realizado com o programa TOPCON Tools (modo demo), sem qualquer dificuldade ou medida paliativa. As coordenadas obtidas por meio desta metodologia foram comparadas com as coordenadas “verdadeiras” (levantadas com GPS geodésico L1/L2), obtendo-se valores melhores que 1 metro de precisão para 80% dos casos (quatro pontos de um universo de cinco).

A mensuração de coordenadas utilizando tal procedimento, em face da pequena amostra realizada, não apresentou resultados satisfatórios e confiáveis para atender as exigências da Lei

nº 10.267, de 28 de agosto de 2001, que trata do Certificado de Cadastro de Imóvel Rural – CCIR. No entanto, este trabalho mostrou que o aparelho receptor GPS de navegação (caracterizado na lei supracitada como GPS1) permite que se vinculem as suas observações ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), uma vez que a correção diferencial, através de arquivos gerados por uma estação de referência conectada ao SGB, foi realizada.

4.3 Recomendações

Apesar da funcionalidade dos programas aplicativos ASYNC e GAR2RNX, no ambiente DOS (*Disk Operating System* – Sistema Operacional), e fácil conexão do computador portátil com o GPS, por meio da porta serial; a praticidade do procedimento deixa a desejar para um trabalho a ser realizado no campo.

São necessários cuidados com as linhas de comando do programa (que definem tempo de coleta no ponto, arquivo gerado e observáveis registradas), constante atenção com a carga da bateria do receptor GPS e do computador portátil, e convém levar um caderno de anotação para o registro de altura de antena, arquivo gerado e dados do ponto. Por fim, é recomendável não executar nenhum outro programa no momento da recepção do sinal e deve-se desabilitar o sistema de desligamento automático de tela e HD do computador.

Uma outra questão a ser considerada, na realização de tal procedimento, é a inadequação da antena do receptor GPS de navegação, que não foi projetada para levantamentos de precisão. Uma constatação de tal fato é não haver programa de pós-processamento, salvo o *Rhino Precise Position Software* (FEELEY, 2005), que contemple o modelo de antena do receptor GPS de navegação, no seu rol de configuração de antena.

Para trabalhos futuros, diante da dificuldade de se trabalhar com um computador portátil no campo, recomenda-se a adoção de um *PalmTop* no lugar do computador. Já existe uma versão do programa ASYNC destinada à *PalmTop*, desenvolvida em Java por Michal Hobot (GALÁN, 2005).

O equipamento da SightGPS denominado *PocketBT* (SightGPS, 2005), apresenta características técnicas que levam a crer adotar a mesma sistemática apresentada neste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ENGE, Per. **Coordenadas do futuro: como é feita a localização.** *Scientific American* Brasil, São Paulo, ano 3, n. 25, p. 80-87, Jun 2004.

FEELEY, Steve. **Rhino Precise Positioning Solutions: Accuracy Within 10 cm Using Rhino Low-Cost GPS Solutions.** *U S Positioning*, Mesa, Arizona. Disponível em: < <http://www.uspositioning.com/pp/rhino.shtml> >. Acesso em: 07 maio 2005.

GALÁN, Antonio Taberner. **Obtaining raw data from some Garmin units.** Disponível em: < <http://artico.lma.fi.upm.es/numerico/miembros/antonio/async/> >. Acesso em 07 maio 2005.

HEIDE, Curtis A. **White Paper: Rhino Precise Positioning Software Testing in the Colorado Rocky Mountains.** U.S. Positioning. Disponível em: < http://www.uspositioning.com/pp/rhino/pdf/white_papers/whitepaper_RhinoGarminPerformanceUnderTrees.pdf > Acesso em: 06 nov 2004.

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais.** 1ª edição, Novembro de 2003.

MONICO, João Francisco Galera. **Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS: descrição, fundamentos e aplicações.** São Paulo: Editora UNESP, 2000.

NGS, Information Services Branch. **RINEX-2.10 Format.** Disponível em: < <http://www.ngs.noaa.gov/CORS/Rinex2.html> >. Acesso em: 07 maio 2005.

SANTOS, Adeildo Antão dos. **Avaliação de Precisão de Receptores GPS de Navegação Através da Portadora L1 para Fins de Cadastro.** UFPE, 2002. Disponível em: < http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/cobrac_2002/064/064.htm >. Acesso em: 07 maio 2005.

SightGPS. **Manual de Procedimentos para o Georreferenciamento de Imóveis Rurais Utilizando Receptores GPS distribuídos pela SightGPS.** Versão 1.0, de 21 Jun 2004. Disponível em: < <http://www.sightgps.com.br/suporte/manuais/Georreferenciamento.zip> >. Acesso em: 07 maio 2005.

SightGPS. **Página Inicial da SightGPS: Pocket BT.** Disponível em: < <http://www.sightgps.com.br/> >. Acesso em: 07 maio 2005.

ANEXO “A”

Apresenta parcialmente os dados RINEX obtidos em campo de um receptor GPS de navegação para exemplificação.

```
2 OBSERVATION FILE GPS NAVSTAR RINEX VERSION / TYPE
GAR2RNX 1.48 Any GPS12 Owner Sun Apr 03 15:13:01 PGM / RUN BY / DATE
** gar2rnx (Garmin to Rinex) generates Rinex2 files COMMENT
** from a GPS12 (or XL) (Copyright Antonio Taberero) COMMENT
** Generated from G12 data file: ponto1.g12 COMMENT
** Options: -rinex -f COMMENT
Garmin MARKER NAME
Number of Antenna marker MARKER NUMBER
Your name here Your boss here OBSERVER / AGENCY
119 GPS III+ Software 2.06 REC # / TYPE / VERS
0 GPS12 Internal Antenna ANT # / TYPE
** Position from first 3D fix of the receiver COMMENT
3465971.9387 -4872030.9951 -2214873.2917 APPROX POSITION XYZ
0.0000 0.0000 0.0000 ANTENNA: DELTA H/E/N
1 0 WAVELENGTH FACT L1/2
2 C1 L1 # / TYPES OF OBSERV
2005 4 3 15 41 8.003338 GPS TIME OF FIRST OBS
1 INTERVAL
END OF HEADER
05 04 03 15 41 8.0033383 0 8G 7G 8G10G13G26G27G28G29
22896120.620 6 4534238.388 6
23371276.677 9 5202933.829 9
22770884.067 8 5183793.928 8
24834377.633 7 5269265.147 7
25966767.627 8 4158002.221 8
24192918.278 8 5355811.467 8
21314182.262 9 5300401.571 9
23740219.777 9 4446436.494 9
05 04 03 15 41 9.0033559 0 8G 7G 8G10G13G26G27G28G29
22900781.780 6 4558734.834 6
23376622.363 9 5231024.843 9
22776219.231 9 5211827.771 9
24840121.456 7 5299452.901 7
25971294.021 8 4181786.701 8
24198424.494 8 5384749.083 8
21319634.312 9 5329053.042 9
23744790.268 9 4470455.709 9
05 04 03 15 41 10.0033735 0 8G 7G 8G10G13G26G27G28G29
```

22905442.449 6 4583230.946 6
23381967.836 9 5259115.119 9
22781553.866 9 5239861.465 9
24845865.553 7 5329640.213 7
25975818.972 8 4205570.368 8
24203930.932 8 5413685.985 8
21325086.522 9 5357704.219 9
23749360.924 9 4494474.297 9
05 04 03 15 41 11.0033891 0 8G 7G 8G10G13G26G27G28G29
22910105.198 6 4607726.341 6
23387313.517 9 5287204.609 9
22786887.384 9 5267894.931 9
24851610.432 7 5359827.125 7
25980343.836 8 4229353.200 8
24209437.306 8 5442622.176 8
21330538.536 9 5386355.126 9
23753931.471 9 4518492.308 9

...

...(Excluído os registros intermediários para viabilizar apresentação do arquivo.
Documento original com 172 páginas).

...

05 04 03 15 56 4.0187342 0 8G 7G 8G10G13G26G27G28G29
27066708.469 8 26451166.846 8
28128189.323 9 30200651.433 9
27560680.907 9 30354337.559 9
29972114.063 8 32268221.862 8
29986175.212 8 25280185.782 8
29099125.437 8 31138087.936 8
26201230.355 9 30982012.635 9
27818827.317 9 25879668.665 9
05 04 03 15 56 5.0187518 0 8G 7G 8G10G13G26G27G28G29
27071380.953 8 26475719.040 8
28133483.544 9 30228473.505 9
27566057.340 9 30382589.777 9
29977857.831 8 32298403.689 8
29990644.503 8 25303671.687 8
29104592.381 8 31166815.040 8
26206705.442 9 31010786.294 9
27823384.644 9 25903617.956 9

ANEXO “B”

Tradução do arquivo “readme.txt”, de autoria de Antonio Taberero Galán.

PROGRAMA PARA REGISTRO E UTILIZAÇÃO DOS DADOS BRUTOS DE UM GARMIN PORTÁTIL.
(GPS12, 12XL, II+, III+, Etrex, Emap)

Aviso usual:

Este é o programa que temos para apresentar. Não é dada qualquer garantia. Utilize-o assumindo todos os riscos. Os comandos não documentados que este programa utiliza podem ocasionar perdas ou estragos nos dados armazenados no seu GPS. Garmin é marca registrada da Empresa Garmin. A garantia da Garmin não cobre problemas resultantes da utilização de produtos não vendidos pela própria empresa. Este é o caso deste programa.

CONTEÚDO

Há dois pacotes diferentes, um para Linux e outro para Windows. A versão Linux utiliza algumas funções modificadas da biblioteca “Jeeps” para implementar a comunicação serial de baixo nível. O código fonte é fornecido em ambos os casos (VC++ para Windows, gcc para Linux).

Cada pacote contém:

- * async.c e async.exe: registrador de eventos “async” do GPS12 (ou XL).
- * gar2rnx.c e gar2rnx.exe: fonte e executável para converter do formato proprietário Garmin para rinex. Também serve como ferramenta para estudar as mensagens “async”.
- * Arquivo README: este arquivo.

A última versão foi a 1.20 (para async) e 1.3 (para gar2rnx). Foi acrescentada a capacidade para registrar o efeito “Doppler” e algumas mudanças no funcionamento da comunicação serial, em relação à versão anterior (async 1.10). Eu acredito que estas modificações irão evitar (ou reduzir) os problemas que alguns usuários estão tendo e me reportaram (agradeço a todos, BTW). Entretanto, só foi possível testar o novo código no meu próprio receptor GPS12. (no qual foi tudo testado); e, dada minha falta de experiência em programação de porta serial, eu mantive a versão anterior nesta página, de forma a possibilitar voltar atrás caso a modificação não funcione bem no seu caso.

Explorando o ASYNC

Você pode obter ajuda digitando `async -h`

* Programa Async para registrar os dados brutos do receptor Garmin portátil
*
* Versão 1.20 Copyright 2000,2001 Antonio Taberero Galan *

Comandos:

`async` or `async -h`: mostra esta ajuda
`async -command` [argumentos]

----- ASYNC COMMANDS -----

`async -c` : apenas verifica a porta serial disponível
`async -i` : procura obter a identificação do GPS (default)
`async -a 0xnmmn` : habilita o evento "async" com máscara hex nmmn
`async -r 0xnmmn` : envia requisição tipo nmmn.
`async -rinex` : habilita somente aqueles registradores relevantes para geração do arquivo RINEX, evitando a perda de observações (que podem ocorrer quando há muitas requisições "async" chegando). Utilize esta opção quando se deseja gerar arquivo RINEX dos dados coletados.

`async -doppler`: caso seja a última versão (1.2 ou mais recente) do `async` é possível obter dados do efeito Doppler, além dos dados de pseudodistância e fase da portadora, utilizando este parâmetro ao invés do `-rinex`. Esteja atento que em razão de haver mais dados chegando pela porta serial, pode se perder alguma observação.

----- ASYNC OPTIONS -----

`async -p port_name` : seleção da porta serial (comx, ttySx)
 O padrão é `com1` (Win) ou `ttyS0` (Linux)
`async -t ttt` : estabelece o tempo de registro em ttt segundos. O padrão é 30 s.
`async -o filename` : salva o pacote de dados recebidos no arquivo de nome filename
 Por padrão a saída é gravada como "week_second.g12"

O procedimento usual para encontrar uma porta serial livre é

`async -p com1 -c` ou `async -p com2 -c` (`ttyS0,ttyS1` in Linux)

Uma vez encontrada a porta serial, conecte o GPS e verifique se o programa o identifica:

`async -p comN -i`

Se o GPS for identificado você pode iniciar o registro dos dados utilizando o comando

`async -a -r -rinex` ou `-doppler`

GERANDO ARQUIVOS RINEX

Simples, o procedimento para obter um arquivo RINEX é:

- * Ligue o GPS12 num local que tenha boa visada para o céu.
- * Espere até que um posicionamento 3D seja obtido (caso você não espere, o programa o fará esperar).
- * Execute o programa `async` com o argumento `-rinex` (ou `-rinex2`):

```
async -p your_port -rinex -t 300 -o bindata.g12
```

que deverá gerar um arquivo "bindata.g12" depois de cinco minutos de registro.

- * Execute o programa `gar2rnrx` (GARmin to RiNeX) e direcione a saída para um arquivo:

```
gar2rnrx bindata.g12 > data.00o
```

Espera-se que o arquivo criado `data.00o` seja um arquivo de observáveis GPS em RINEX.

- * O pós-processamento dos dados brutos envolve a comparação com dados gerados por outro receptor do MESMO tipo. Pode-se utilizar outro G12 ou obter dados coletados de uma estação de referência nas proximidades.

Usuários norte-americanos encontram dados de estação de referências em <http://www.ngs.noaa.gov/CORS/Data.html>

Para usuários europeus há a EUREF:
<ftp://igs.ifag.de/gpsdata/>

- * Há necessidade de se obter as efemérides "broadcast" (transmitidas) ou precisas correspondentes à data de registro dos dados coletados do GPS.

Pode-se obter em

<http://www.ngs.noaa.gov/CORS/Data.html>
<ftp://igs.ifag.de/ORBITS/>
<ftp://ftp.navcen.uscg.mil/GPS/precise/pebinary/>

ANEXO “C”

Estrutura de apresentação dos dados RINEX

RINEX VERSION 2.10 FORMAT DEFINITIONS

TABLE A1 GPS OBSERVATION DATA FILE - HEADER SECTION DESCRIPTION		
HEADER LABEL (Columns 61-80)	DESCRIPTION	FORMAT
RINEX VERSION / TYPE	- Format version (2.10) - File type ('O' for Observation Data) - Satellite System: blank or 'G': GPS 'R': GLONASS 'S': Geostationary signal payload 'T': NNSS Transit 'M': Mixed	F9.2,11X, A1,19X, A1,19X
PGM / RUN BY / DATE	- Name of program creating current file - Name of agency creating current file - Date of file creation	A20, A20, A20
* COMMENT	Comment line(s)	A60 *
MARKER NAME	Name of antenna marker	A60
* MARKER NUMBER	Number of antenna marker	A20 *
OBSERVER / AGENCY	Name of observer / agency	A20,A40
REC # / TYPE / VERS	Receiver number, type, and version (Version: e.g. Internal Software Version)	3A20
ANT # / TYPE	Antenna number and type	2A20
APPROX POSITION XYZ	Approximate marker position (WGS84)	3F14.4
ANTENNA: DELTA H/E/N	- Antenna height: Height of bottom surface of antenna above marker - Eccentricities of antenna center relative to marker to the east and north (all units in meters)	3F14.4
WAVELENGTH FACT L1/2	- Default wavelength factors for L1 and L2 1: Full cycle ambiguities 2: Half cycle ambiguities (squaring) 0 (in L2): Single frequency instrument	2I6,

	- zero or blank	I6
	The default wavelength factor line is required and must precede satellite-specific lines.	
* WAVELENGTH FACT L1/2	<ul style="list-style-type: none"> - Wavelength factors for L1 and L2 <ul style="list-style-type: none"> 1: Full cycle ambiguities 2: Half cycle ambiguities (squaring) 0 (in L2): Single frequency instrument - Number of satellites to follow in list for which these factors are valid. - List of PRNs (satellite numbers with system identifier) <p>These optional satellite specific lines may follow, if they identify a state different from the default values.</p> <p>Repeat record if necessary.</p>	2I6, I6, 7(3X,A1,I2)
# / TYPES OF OBSERV	<ul style="list-style-type: none"> - Number of different observation types stored in the file - Observation types <p>If more than 9 observation types: Use continuation line(s)</p> <p>The following observation types are defined in RINEX Version 2.10:</p> <p>L1, L2: Phase measurements on L1 and L2 C1 : Pseudorange using C/A-Code on L1 P1, P2: Pseudorange using P-Code on L1,L2 D1, D2: Doppler frequency on L1 and L2 T1, T2: Transit Integrated Doppler on 150 (T1) and 400 MHz (T2) S1, S2: Raw signal strengths or SNR values as given by the receiver for the L1,L2 phase observations</p> <p>Observations collected under Antispoofing are converted to "L2" or "P2" and flagged with bit 2 of loss of lock indicator (see Table A2).</p> <p>Units : Phase : full cycles Pseudorange : meters Doppler : Hz Transit : cycles SNR etc : receiver-dependent</p> <p>The sequence of the types in this record has to correspond to the sequence of the observations in the observation records</p>	I6, 9(4X,A2) 6X,9(4X,A2)

* INTERVAL	Observation interval in seconds	F10.3	*
TIME OF FIRST OBS	- Time of first observation record (4-digit-year, month, day, hour, min, sec) - Time system: GPS (=GPS time system) GLO (=UTC time system) Compulsory in mixed GPS/GLONASS files Defaults: GPS for pure GPS files GLO for pure GLONASS files	5I6, F13.7, 5X, A3	
* TIME OF LAST OBS	- Time of last observation record (4-digit-year, month, day, hour, min, sec) - Time system: Same value as in TIME OF FIRST OBS record	5I6, F13.7, 5X, A3	*
* RCV CLOCK OFFS APPL	Epoch, code, and phase are corrected by applying the realtime-derived receiver clock offset: 1=yes, 0=no; default: 0=no Record required if clock offsets are reported in the EPOCH/SAT records	I6	*
* LEAP SECONDS	Number of leap seconds since 6-Jan-1980 Recommended for mixed GPS/GLONASS files	I6	*
* # OF SATELLITES	Number of satellites, for which observations are stored in the file	I6	*
* PRN / # OF OBS	PRN (sat.number), number of observations for each observation type indicated in the "# / TYPES OF OBSERV" - record. If more than 9 observation types: Use continuation line(s) This record is (these records are) repeated for each satellite present in the data file	3X, A1, I2, 9I6 6X, 9I6	*
END OF HEADER	Last record in the header section.	60X	

Records marked with * are optional

TABLE A2 GPS OBSERVATION DATA FILE - DATA RECORD DESCRIPTION		
OBS. RECORD	DESCRIPTION	FORMAT
EPOCH/SAT or EVENT FLAG	- Epoch : - year (2 digits, padded with 0 if necessary) - month, day, hour, min, - sec - Epoch flag 0: OK 1: power failure between	1X, I2.2, 4(1X, I2), F11.7, 2X, I1,

	<p>previous and current epoch >1: Event flag</p> <ul style="list-style-type: none"> - Number of satellites in current epoch - List of PRNs (sat.numbers with system identifier, see 5.1) in current epoch - receiver clock offset (seconds, optional) <p>If more than 12 satellites: Use continuation line(s)</p> <p>If epoch flag 2-5:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Event flag: <ul style="list-style-type: none"> 2: start moving antenna 3: new site occupation (end of kinem. data) (at least MARKER NAME record follows) 4: header information follows 5: external event (epoch is significant, same time frame as observation time tags) - "Number of satellites" contains number of special records to follow. Maximum number of records: 999 - For events without significant epoch the epoch fields can be left blank <p>If epoch flag = 6: 6: cycle slip records follow to optionally report detected and repaired cycle slips (same format as OBSERVATIONS records; slip instead of observation; LLI and signal strength blank or zero)</p>	<p>I3, 12(A1,I2), F12.9 32X, 12(A1,I2) [2X,I1,] [I3]</p>
OBSERVATIONS	<ul style="list-style-type: none"> - Observation rep. within record for - LLI each obs.type (same seq - Signal strength as given in header) <p>If more than 5 observation types (=80 char): continue observations in next record.</p> <p>This record is (these records are) repeated for each satellite given in EPOCH/SAT - record.</p> <p>Observations: Phase : Units in whole cycles of carrier Code : Units in meters Missing observations are written as 0.0 or blanks.</p> <p>Phase values overflowing the fixed format F14.3 have to be clipped into the valid interval (e.g. add or subtract 10**9), set LLI indicator.</p> <p>Loss of lock indicator (LLI). Range: 0-7 0 or blank: OK or not known Bit 0 set : Lost lock between previous and</p>	<p>m(F14.3, I1, I1)</p>

current observation: cycle slip
possible

Bit 1 set : Opposite wavelength factor to the
one defined for the satellite by a
previous WAVELENGTH FACT L1/2 line.
Valid for the current epoch only.

Bit 2 set : Observation under Antispoofing
(may suffer from increased noise)

Bits 0 and 1 for phase only.

Signal strength projected into interval 1-9:

1: minimum possible signal strength

5: threshold for good S/N ratio

9: maximum possible signal strength

0 or blank: not known, don't care

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.