



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

INPE-9602-PUD/124

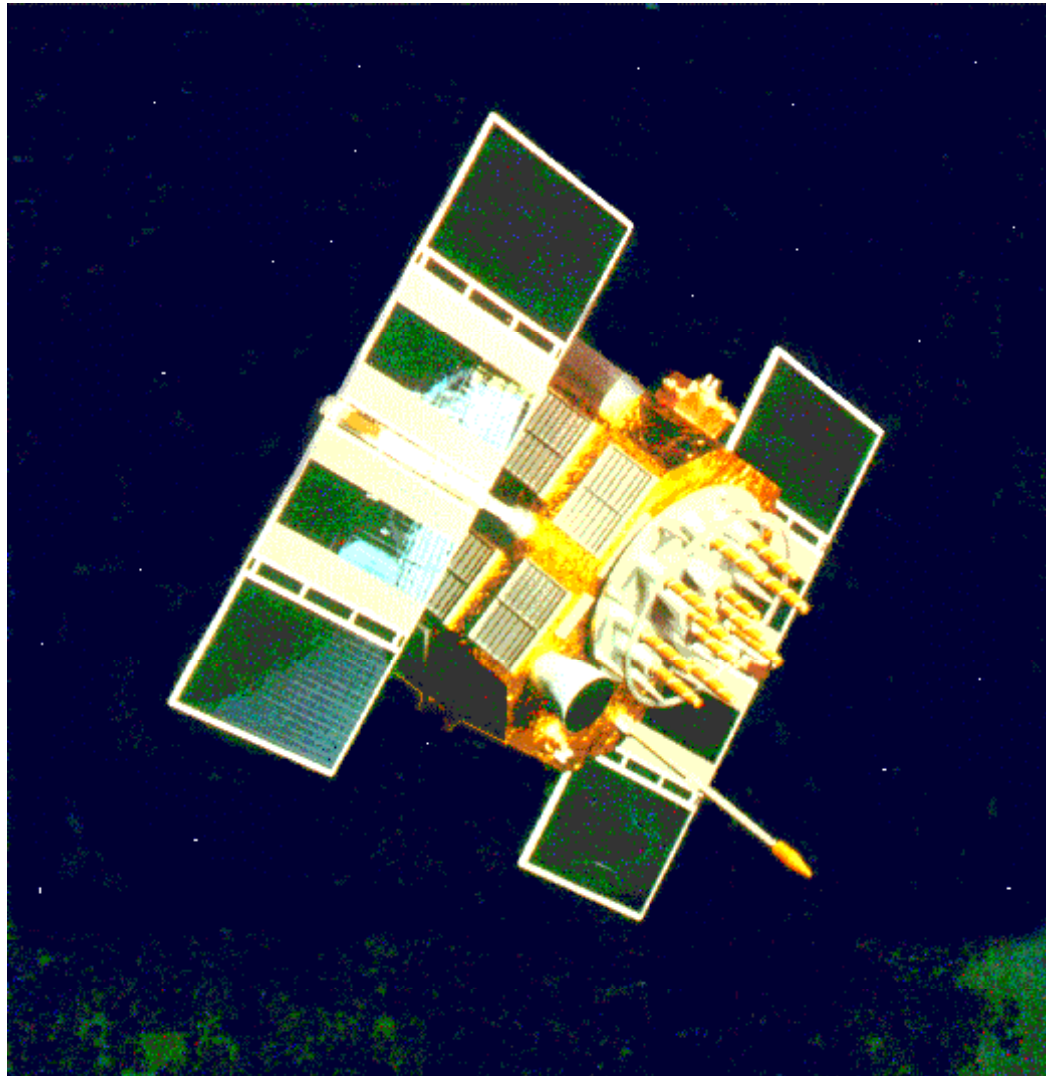
GPS PARA INICIANTEs

Paulo César Gurgel Albuquerque
Cláudia Cristina dos Santos

Mini Curso - XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento -
Belo Horizonte, 05 a 09 de abril de 2003.



**XI SIMPÓSIO BRASILEIRO
DE SENSORIAMENTO REMOTO**
Belo Horizonte, 05 a 09 de abril de 2003



GPS PARA INICIANTEs

ENGo. PAULO CESAR GURGEL DE ALBURQUERQUE
ENGa. CLÁUDIA CRISTINA DOS SANTOS

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	ii
LISTA DE TABELAS	iii
PREFÁCIO	1
1 - INTRODUÇÃO	2
1.2 - Definição e objetivos do sistema GPS	3
2 – FORMA E DIMENSÕES DA TERRA	4
3 – MODELO DE POSICIONAMENTO	6
4 – CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA GPS	7
4.1 – Segmento Espacial	8
4.2 – Segmento de Controle	8
4.3 – Segmento Usuário	9
4.3.1 – Receptores	9
4.3.2 - Principais características do receptor	11
5 - FONTES DE ERROS	12
5.1 - Códigos	13
5.2 - Satélites	14
5.3 - Propagação do sinal	14
5.4 - Receptor e Antena	15
5.5 - Estação	15
5.6 - Operação	16
6 - TÉCNICAS POSICIONAMENTO	17
6.1 - Sistemas de Coordenadas	17
6.1.1 - Coordenadas planimétricas	18
6.1.2 - Coordenadas altimétricas	18
6.2 - Posicionamento por ponto	19
6.3 - Posicionamento Relativo Estático	20
6.4 - Posicionamento Relativo Cinemático	20
7 - PLANEJAMENTO E OPERAÇÃO	24
8 - GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS	26
9 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
ANEXO	29

LISTA DE FIGURAS

1. Constelação dos satélites do sistema GPS.....	3
2. Número de satélite disponível 24 horas por dia.....	4
3. Modelo Elipsoidal que define a forma da Terra.....	4
4. Superfícies usadas na representação da forma da Terra.....	5
5. Determinação das coordenadas do ponto P, a partir das coordenadas de 5 satélites.....	6
6. Aquisição das coordenadas em outros sistemas de referência.....	7
7. Segmentos do sistema GPS.....	7
8. Constelações de satélites GPS.....	8
9. Localização das Estações de Controle no mundo.....	9
10. Alguns modelos de receptores: (a) Garmin, (b) Ashtec e (c) Trimble.....	10
11. Ponto no terreno é materializado por meio da posição da antena do receptor do GPS a) Receptor com antena integrada e b) Receptor com antena externa..	11
12. Aplicações básicas do sistema GPS.....	12
13. Exemplo de multicaminhamento.....	15
14. Exemplos de DOP's a) DOP maior, b) DOP menor.....	16
15. Efeitos de ruído, refração e operação.....	17
16. Projeção UTM a) visão da geometria da projeção UTM e b) Brasil dividido em fusos (6°).....	17
17. Coordenada Planimétrica a) Coordenada planimétrica, b) Representação das latitudes e longitudes na projeção UTM (coordenadas em UTM) e c) Latitudes e longitudes.....	18
18. Coordenada Altimétrica.....	18
19. Representação da ondulação geoidal (Fonte: IBGE, 1992).....	19
20. Posicionamento por ponto.....	20
21. Posicionamento por ponto preciso.....	20
22. Cinemático.....	21
23. Modelo semicinemático (stop and go).....	21
24. Cinemático em tempo real.....	22
25. Processo diferencial DGPS.....	22
26. Constelações de satélites e obstáculos da antena (a) ruim (DOP alto), (b) boa (DOP baixo) e (c) obstáculos ao horizonte da antena.....	25

LISTA DE TABELAS

1. Dados dos elipsóides WGS-84, SAD-69 e Córrego Alegre.....	5
2. Uso aplicação e tipo de dados dos GPS	12
3. Serviços e códigos utilizados pelo sistema GPS.....	14
4. Tipos de Posicionamentos	23

PREFÁCIO

Neste trabalho propõe-se a apresentar, de modo sucinto, o uso do sistema Global Positioning System-GPS e seus limites para uso e aplicação na navegação e levantamentos em geral. Os leitores interessados em aprofundar os temas abordados poderão consultar as referências fornecidas no final do texto.

A preocupação foi apresentar tópicos fundamentais para a utilização do sistema GPS e também tentar auxiliar na escolha de receptores GPS adequados para diversas aplicações.

Pretende-se em breve publicar um novo trabalho onde estará sendo apresentado tópicos específicos para levantamentos em geral, considerando inclusive a atividade de georreferenciamento.

Queremos agradecer ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e à Comissão Organizadora do XI Congresso Brasileiro de Sensoriamento Remoto, pela oportunidade de ministrarmos um mini-curso baseado no conteúdo destas notas e também ao Engenheiro Fábio Furlan Gama, pela leitura crítica e revisão dos originais.

São José dos Campos, março de 2003

Paulo C. Gurgel e Cláudia C. dos Santos

1 - INTRODUÇÃO

No ano de 1973, o Departamento de Defesa dos Estados Unidos desenvolveu um sistema de posicionamento de alvos para fins militares. A partir desta data, começava a desenhar um novo horizonte para execução de trabalhos geodésicos e topográficos.

O sistema atingiu sua configuração final somente a partir de 1994, onde foi possível integrá-lo totalmente as operações de levantamento. Alavancado pelas necessidades apresentadas pela sociedade, o sistema *Global Positioning System* - GPS (Sistema de Posicionamento Global) tornar-se-ia um forte concorrente dos meios tradicionais de levantamentos e ferramenta eficaz de apoio à navegação, marítima e aérea.

Com a chegada do GPS ao País, criou-se novas frentes de trabalho, assinalando-se a abertura e operação de empresas especializadas no uso e aplicação desse sistema e representações técnicas e comerciais, voltadas a venda e manutenção dos receptores GPS.

Embora a mídia e a euforia com essa tecnologia alimentassem o uso desse sistema, verificava-se por outro lado, que algumas dessas aplicações eram muitas vezes realizadas por profissionais não familiarizados com as técnicas de levantamentos o que trazia incerteza nos resultados apresentados.

Do ponto de vista da navegação, os resultados apresentados pelo GPS são excelentes, já nos levantamentos topográficos, a operação com GPS requer maiores cuidados do usuário, devido as limitações de usos, as precisões requeridas e as diversas variáveis que contribuem para a imprecisão da medida.

Este trabalho tem como objetivo apresentar o uso do sistema GPS, especificando seus limites de operação em navegação e levantamentos topográficos, auxiliar na escolha dos equipamentos mais adequados para cada tipo de necessidade e mostrar um conjunto de medidas que devem ser observadas no planejamento e realização das medições, para assegurar que a qualidade das coordenadas obtidas satisfaça as exigências apresentadas.

1.2 - Definição e objetivos do sistema GPS

O sistema GPS, designação extraída da simplificação de *NAVigation System with Time and Ranging Global Positioning System* - NAVSTAR GPS, inicialmente voltado às operações militares e dirigido à navegação, é resumidamente um sistema de rádio navegação. A figura 1 ilustra a constelação dos satélites do sistema GPS.



Figura 1: Constelação dos satélites do sistema GPS.

Fonte: <http://www.garmin.com/aboutGPS>

Este sistema está especificado para fornecer as coordenadas bi ou tridimensionais de pontos no terreno, bem como a velocidade e direção do deslocamento entre pontos. É objetivo do sistema GPS, auxiliar nas atividades de navegação e realização de levantamentos geodésicos e topográficos. O sistema opera ininterruptamente, independe das condições meteorológicas, embora tenha-se conhecimento que essas condições podem interferir, de alguma maneira, na precisão do resultado.

Especificado para que pelo menos 4 satélites (figura 2) possam ser observados a qualquer momento do dia e em qualquer parte do planeta, o sistema GPS garante a determinação de posição 24 horas do dia em qualquer lugar que esteja o observador.

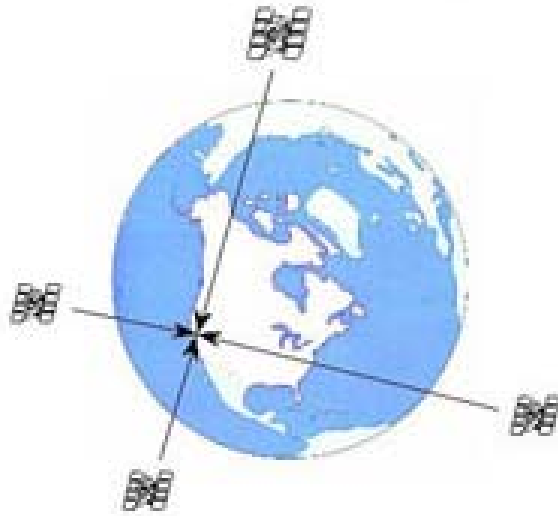


Figura 2: Número de satélite disponível 24 horas por dia.

Fonte: <http://www.allgps.com>

2 – FORMA E DIMENSÕES DA TERRA

A Terra é um corpo de forma esférica, achatada nos pólos e ligeiramente dilatada no equador. Devido a sua irregularidade ela é representada por um elipsóide, figura regular, geometricamente modelada e que melhor ajusta-se a essa forma. A figura 3 ilustra o modelo elipsoidal adotado como forma da Terra. Esse modelo é definido a partir da rotação de uma elipse em torno do seu eixo menor, a qual é especificada pelo seu semi-eixo maior e achatamento.

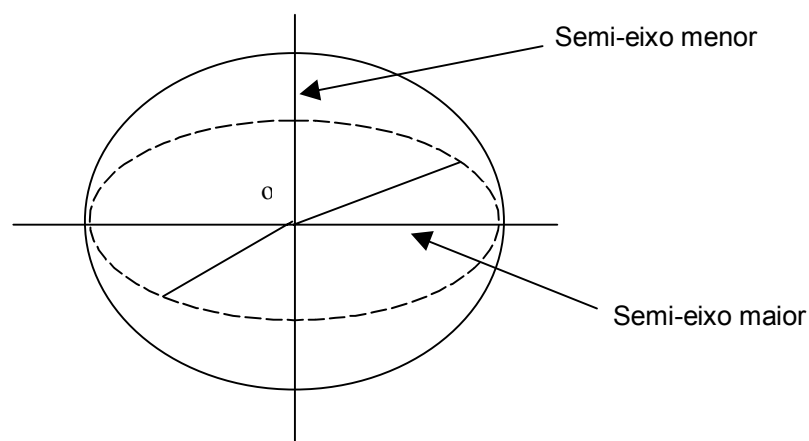


Figura 3: Modelo Elipsoidal que define a forma da Terra.

A figura 4 ilustra as superfícies usadas para representação da Terra. Outra superfície a ser considerada é o geóide. Essa superfície coincide com a superfície

dos oceanos estendendo-se irregularmente através dos continentes, com o mesmo potencial gravitacional. No geóide a direção gravitacional é perpendicular a sua superfície sendo conhecida como direção do fio de prumo.

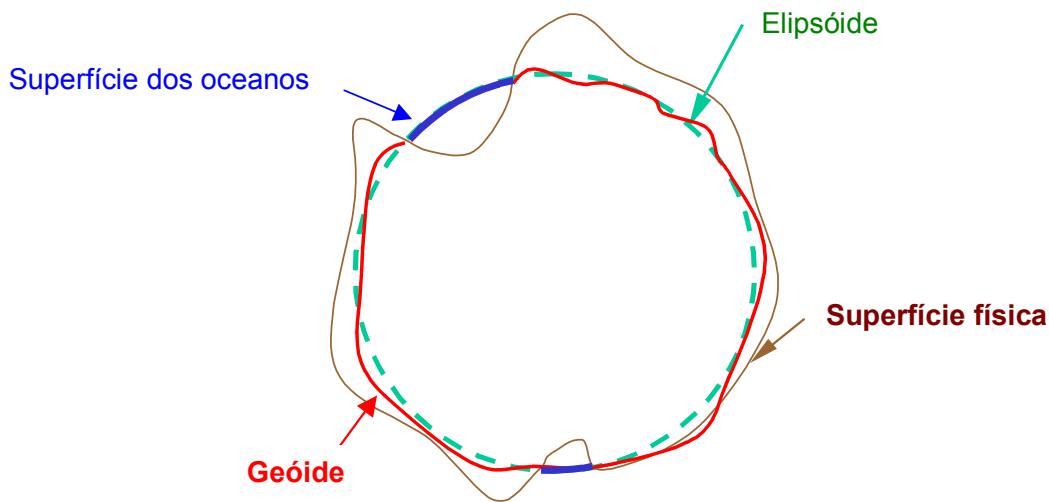


Figura 4: Superfícies usadas na representação da forma da Terra.

Os parâmetros do elipsóide WGS-84 e dos data, SAD-69 e Córrego Alegre, utilizados no mapeamento do Brasil são apresentados na tabela 1. As diferenças existentes entre esses modelos também são apresentados nesta tabela.

Tabela 1: Dados dos elipsóides WGS-84, SAD-69 e Córrego Alegre.

DATA	SEMI-EIXO MAIOR	ACHATAMENTO
WGS-84	6378137.000 m	1/298.257223563
SAD-69	6378160.000 m	1/298.25
CÓRREGO ALEGRE	6378388.000 m	1/297.00

Esses três modelos, especificados pelo semi-eixo maior e achatamento, definem o elipsóide que melhor ajusta-se a Terra. Os elipsóides, Córrego Alegre e SAD-69 são respectivamente os dois modelos adotados no mapeamento do País.

O sistema GPS adota o elipsóide como modelo matemático para desenvolver os cálculos necessários ao posicionamento e determinação dessas coordenadas. O sistema GPS não adota como superfície de referência o geóide, devido a complexidade para modelá-lo e o referenciamento desse modelo. É importante frisar que todas as medidas são realizadas sobre o geóide.

O elipsóide de referência, utilizado pelo sistema GPS é o WGS-84. Atualmente, no Brasil o sistema Geodésico adota como superfície de referência o

elipsóide SAD 69 para todos os trabalhos de mapeamento realizados no País, embora também são encontrados mapas e cartas do território nacional que utilizam o datum Córrego Alegre. Sendo assim, é importante que se conheça o sistema de referência a ser configurado no receptor GPS, mas recomenda-se adotar sempre o WGS-84 quando o objetivo for levantamento.

3 – MODELO DE POSICIONAMENTO

Para identificação da posição de pontos ou locais de interesse o sistema GPS utiliza-se das coordenadas dos seus satélites, conforme mostrado na figura 5. As coordenadas desses satélites estão referenciadas a um sistema geodésico, o mesmo utilizado pelo receptor GPS para processar os dados recebidos e determinar as coordenadas dos pontos de interesse.

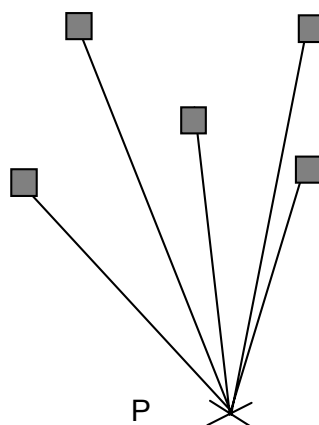


Figura 5: Determinação das coordenadas do ponto P, a partir das coordenadas de 5 satélites.

O GPS utiliza um sistema de referência tridimensional para a determinação da posição de um ponto da superfície da Terra ou próximo a ela. As coordenadas dessas posições são adquiridas no sistema geodésico WGS-84, o qual o GPS encontra-se referido, entretanto o usuário pode selecionar no receptor ou quando do processamento, outro sistema de referência para apresentação das coordenadas.

Na figura 6 observa-se que, mesmo o GPS operando em WGS-84, é possível obter as coordenadas em qualquer sistema de referência, seja utilizando os

parâmetros de transformação durante o processamento ou o aplicativo que existe no próprio receptor com este objetivo.

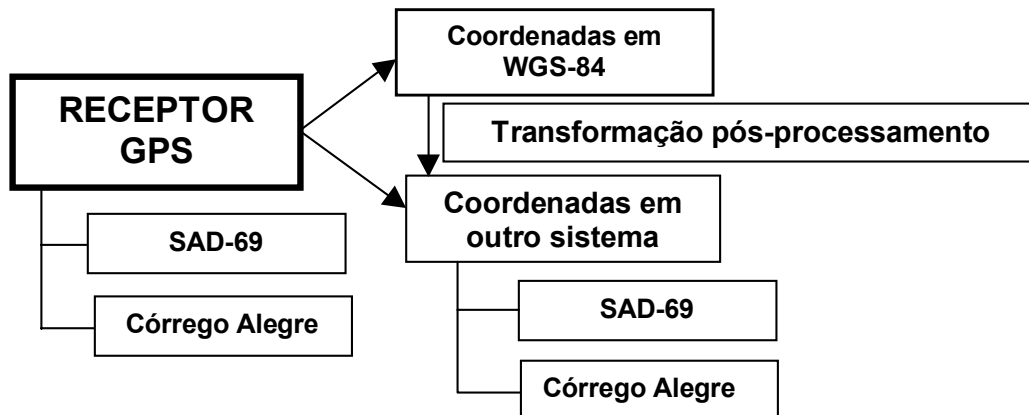


Figura 6: Aquisição das coordenadas em outros sistemas de referência.

4 – CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA GPS

O sistema GPS consiste de três segmentos (Figura 7).

- Espacial: satélites GPS.
- Controle: estações de terreno localizado em torno da Terra.
- Usuário: receptores e seus usuários.

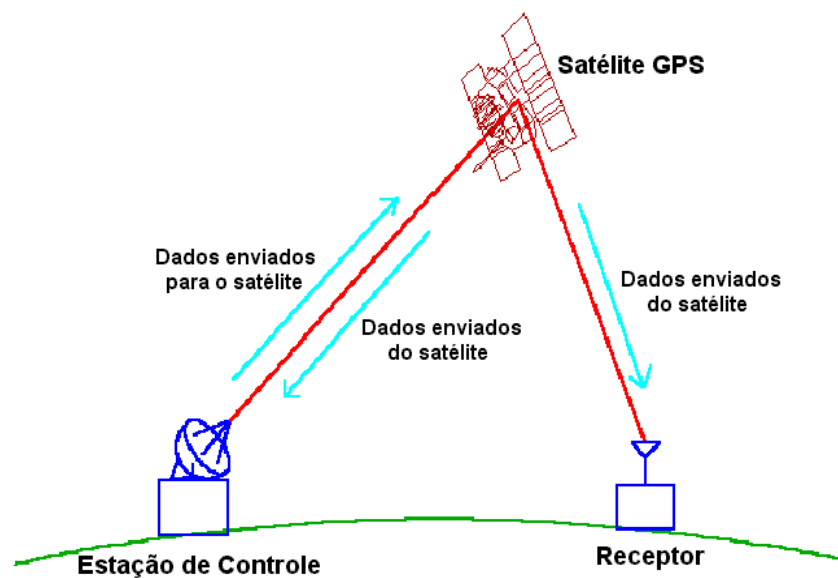


Figura 7: Segmentos do sistema GPS.

(Adaptado de http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps_f.html)

4.1 – Segmento Espacial

Este segmento contempla 24 satélites distribuídos em 6 planos orbitais igualmente espaçados, com 4 satélites em cada plano em uma altitude de 20200 km aproximadamente (Figura 8). Os planos orbitais estão inclinados a 55° em relação ao Equador e o período orbital de aproximadamente 12 horas siderais, com esta configuração fica garantido no mínimo 4 satélites visíveis na superfície da Terra e qualquer horário do dia.

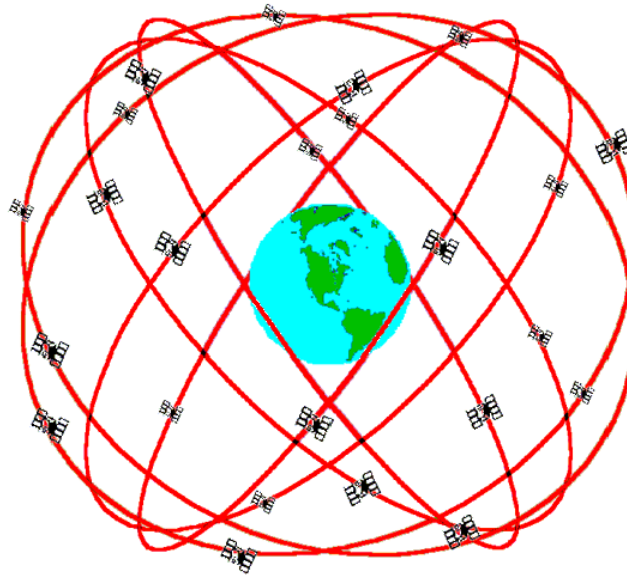


Figura 8: Constelações de satélites GPS

Fonte: http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps_f.html

4.2 – Segmento de Controle

As estações de controles distribuídas em torno da Terra, próximas do Equador (Figura 9), têm como objetivo realizar as seguintes atividades:

- Fazer o monitoramento e controle contínuo dos satélites;
- Determinar o tempo GPS;
- Prever as efemérides dos satélites, calcular as correções dos respectivos relógios e atualizar sistematicamente as mensagens de navegação de cada satélite.

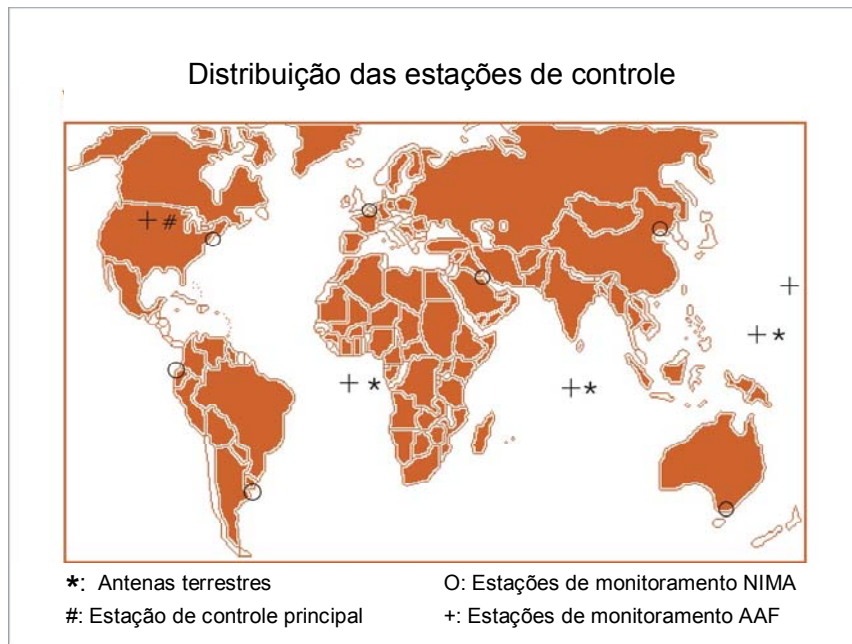


Figura 9: Localização das Estações de Controle no mundo.

As estações de controle e monitoramento estão localizadas no Havaí, Kwajalien, Ilha de Ascención, Diego Garcia e a principal estação localizada no Colorado, são de propriedade da Força Aérea Americana (AAF). Além destas, o sistema GPS possui outras estações de monitoramento.

4.3 – Segmento Usuário

O segmento dos usuários está associado às aplicações do sistema. Refere-se a tudo que se relaciona com a comunidade usuária, os diversos tipos de receptores e os métodos de posicionamento por eles utilizados.

4.3.1 – Receptores

Os receptores GPS coletam dados enviados pelos satélites, transformando-os em coordenadas, distâncias, tempo, deslocamento e velocidade, através de processamento em tempo real ou pós-processados.

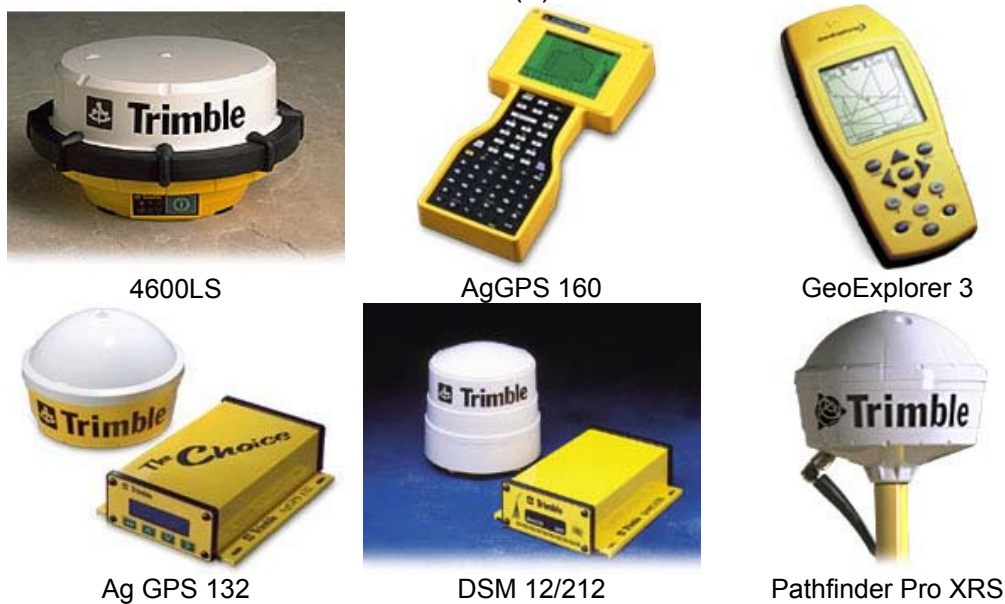
Existem disponíveis no mercado hoje diversos modelos e fabricantes de receptores (Figura 10), desde os portáteis (bolso) até os sofisticados computadores de bordo para aviões e navios, incluindo os GPS para levantamentos geodésicos e topográficos.



(a)



(b)



(c)

Figura 10: Alguns modelos de receptores: (a) Garmin, (b) Ashtec e (c) Trimble.

Fontes: <http://www.garmin.com>; <http://www.ashtec.com> e <http://www.trimble.com>

Além de receber e decodificar os sinais dos satélites, os receptores são verdadeiros computadores que permitem várias opções: referências; sistemas de medidas; sistemas de coordenadas; armazenamento de dados; troca de dados com outro receptor ou com um computador; etc. Alguns desses modelos possuem arquivos com mapas gravados em sua memória.

4.3.2 - Principais características do receptor

- Armazenar coordenadas extraídas de um documento cartográfico, de um relatório ou obtidas pela leitura direta de sua posição.
- Os pontos podem ser combinados formando rotas que, quando ativadas, permitem que o receptor analise os dados e informe, por exemplo: tempo, horário provável de chegada e distância até o próximo ponto; horário de nascer e do pôr do Sol; rumo que deve-se manter para chegar ao ponto de interesse e muito mais.
- As coordenadas dos pontos podem ser obtidas com o receptor GPS no modo contínuo, definindo os caminhos percorridos pelo usuário. Neste modo o receptor também informará horário de nascer e do pôr do Sol; rumo e distância ao ponto de interesse, velocidade, e rumo do deslocamento.

A posição da antena do receptor GPS, conforme mostra a figura 11, é outra característica importante, pois é a partir da posição da antena que identifica-se o ponto no terreno o qual terá suas coordenadas obtidas.



Figura 11: Ponto no terreno é materializado por meio da posição da antena do receptor do GPS a) Receptor com antena integrada e b) Receptor com antena externa.

4.3.3– Classificação dos receptores

O sistema GPS classifica os receptores segundo o uso, aplicação e tipo de dado disponibilizado pelo receptor. Essas classificações apresentadas na tabela 2 não encerram este assunto. Outras classificações ainda são possíveis definir, sendo mais importante a definição do que se deseja fazer e a precisão para tal aplicação (Monico 2000). A figura 12 mostra as aplicações básicas do GPS, ou seja, os usos terrestres, marítimos e aeroespaciais.

Tabela 2: Uso aplicação e tipo de dados dos GPS

USO	APLICAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
MILITAR	Navegação Geodésia Topografia	Quanto ao tipo de Antena Quanto ao número de portadoras Quanto ao código
CIVIL	SIG Receptor de tempo	Capacidade de memória para armazenamento de dados Interface com o usuário Tempo de operação

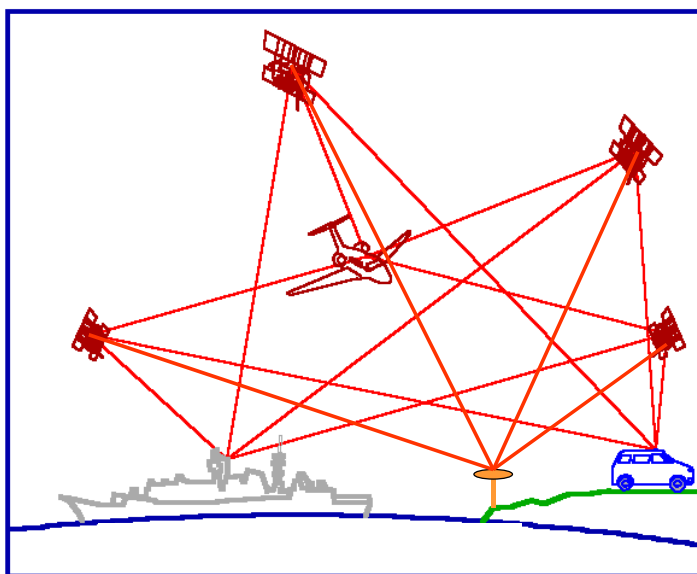


Figura 12: Aplicações básicas do sistema GPS.

(Adaptado de http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps_f.html).

5 - FONTES DE ERROS

A precisão de uma medida GPS é função de diversos fatores os quais estão associados diretamente as especificações do sistema, as condições operacionais, as

características do receptor e o objetivo do trabalho. Inicialmente serão vistos os fatores intrínsecos ao sistema, responsável pelo resultado das informações.

5.1 - Códigos

O GPS disponibiliza dois tipos de serviços que são conhecidos como:

- *Standard Positioning Service* - SPS (Serviço de posicionamento padrão)
- *Precision Positioning Service* – PPS (Serviço de posicionamento preciso)

O sistema disponível para todos os usuários no mundo é o SPS. Este sistema permite que o usuário utilize-se do sistema GPS sem que tenha que pagar qualquer taxa para utilizá-lo. Até maio de 2000 era responsável pela baixa precisão das medidas, mas em 1 de maio de 2000 o governo americano desativou o código *Selective Availability* - SA propiciando significativa melhora na precisão das medidas.

- Precisão Horizontal / Vertical: Com código SA: 100m e 156m respectivamente
Sem código SA: em torno de 10m
- Código *Anti Spoofing* - AS: processo criptográfico do código P que o sistema utiliza para evitar imitações, impedindo que os dados gravados forneçam coordenadas bem precisas.
- Código CA: faz parte de um conjunto de códigos que permite a rápida distinção dos sinais recebidos de vários satélites e é responsável pelos usuários receberem medidas de distâncias que permitem atingir a precisão definida no SPS. CA é abreviatura de Coarse Acquisition.
- Código P: É utilizado pelas forças armadas americanas e usuários autorizados. Pelo comprimento de onda que são transmitidos os dados, a precisão é superior aquela obtida com o código Coarse Acquisition (C/A).

A tabela 3 apresenta um resumo desses códigos com suas funções e implicações na determinação da posição:

Tabela 3: Serviços e códigos utilizados pelo sistema GPS.

Código	Serviços	Função
	SPS	Serviço de posicionamento e tempo padrão disponível para qualquer usuário.
	PPS	Serviço de posicionamento disponível para fins militares e usuários autorizados.
AS		Quando ligado não permite o acesso ao código P, para evitar fraudes contra ele.
SA		Implementado a partir de março de 1990, tem como objetivo reduzir propositalmente a qualidade da determinação quando para os usuários não autorizados.
CA		Utilizado para distinguir os sinais enviados pelos satélites e pela qualidade da determinação de posição no modo SPS.
P		Código reservado as aplicações militares e usuários autorizados. Tornam as medidas mais precisas.

5.2 - Satélites

Esta fonte compreende os seguintes erros:

- Órbita: erro das coordenadas dos satélites propagar-se-á para a posição do usuário. No posicionamento relativo esses erros são praticamente eliminados.
- Relógio: diferença entre o relógio dos satélites e o tempo GPS¹. Na técnica de implementação do AS, que é feita através da manipulação da frequência desses relógios, provoca erros na pseudodistância com períodos de órbita de poucos minutos. Este erro pode ser eliminado pelo posicionamento diferencial.
- Relatividade: contemplam os erros decorrentes de órbitas, tempos, propagação do sinal e dos relógios dos receptores.
- Atraso entre duas portadoras no hardware do satélite. Este erro decorre do caminho percorrido pelas portadoras L1 e L2 através do hardware do satélite.

5.3 - Propagação do sinal

- Refração atmosférica: é responsável pela diminuição da potência da onda eletromagnética, exercida pelos elementos que constituem a atmosfera e pela oscilação na amplitude da onda causada pelas irregularidades e

¹ Chama-se tempo GPS o tempo expresso pelo contador Z que varia de 0 a 403199, repetindo a cada semana o ciclo de contagens Z. Sua origem é a 0:00 h de 05 para 06 de janeiro de 1980. A unidade de contagem é 1.5segundos

turbulência no índice de refração atmosférica, principalmente nos primeiros quilômetros da Terra.

- Refração ionosférica
- Perda de Ciclos
- Multicaminhamento ou sinais refletidos: como o próprio nome diz, o receptor em determinados locais pode receber sinais refletidos de alvos vizinhos, conforme observa-se na figura 13.
- Rotação da Terra: decorre do deslocamento das coordenadas do satélite devido a rotação da Terra

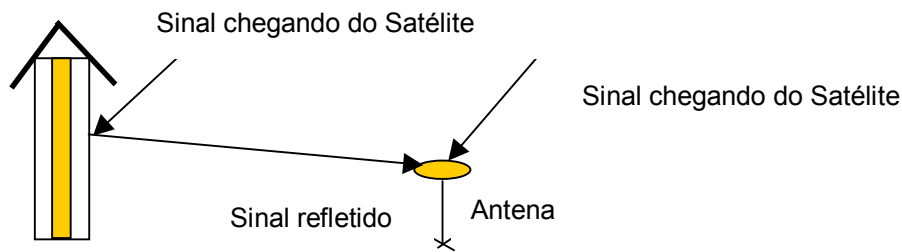


Figura 13: Exemplo de multicaminhamento.

5.4 - Receptor e Antena

- Erro do relógio: este deslocamento tem como origem a estabilidade interna do oscilador que define a escala de tempo de cada receptor. O posicionamento relativo elimina praticamente esses deslocamentos.
- Erro entre canais: este erro ocorre quando o receptor possui mais de um canal.
- Centro de fase da antena.

5.5 - Estação

- Erro nas coordenadas;

- Multicaminhamento;
- Marés terrestres;
- Movimento do pólo;
- Carga dos Oceanos e
- Pressão da atmosfera.

5.6 - Operação

- Constelação
- Visibilidade dos satélites
- *Dilution of Precision* – DOPs: Este parâmetro indica a precisão dos resultados a serem obtidos (figura 14). Os DOPs são divididos em:
 - GDOP: Efeito combinado da geometria e tempo
 - HDOP: precisão da determinação do posicionamento horizontal;
 - VDOP: precisão da determinação do posicionamento vertical;
 - PDOP: precisão da determinação tridimensional e
 - TDOP: precisão da determinação do tempo;

O PDOP é interpretado como o inverso do volume de um tetraedro formado pelas posições de 4 satélites tendo como vértice o ponto onde encontra-se receptor.

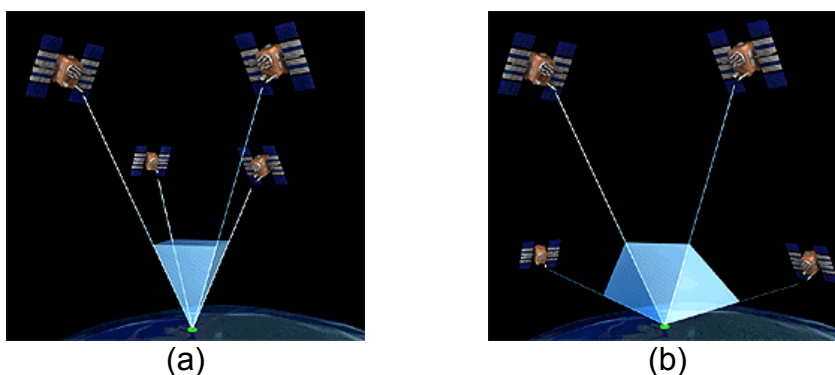


Figura 14: Exemplos de DOP's a) DOP maior, b) DOP menor

Fonte: <http://www.topconps.com/gpstutorial/Chapter3.html>

- Localização do ponto.

A figura 15 mostra o deslocamento resultante entre o ponto medido e seu correspondente no terreno, considerando os efeitos de ruído, refração e operação que ocorrem quando da medição e processamento.

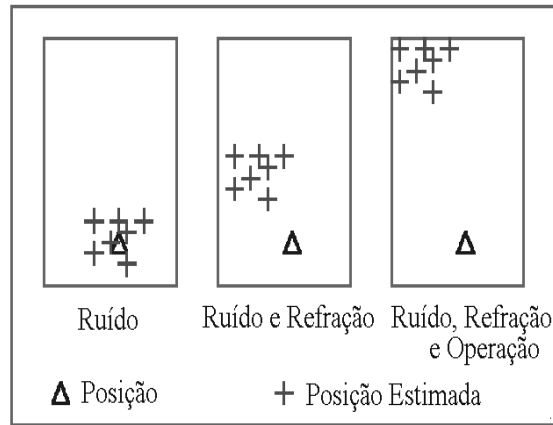


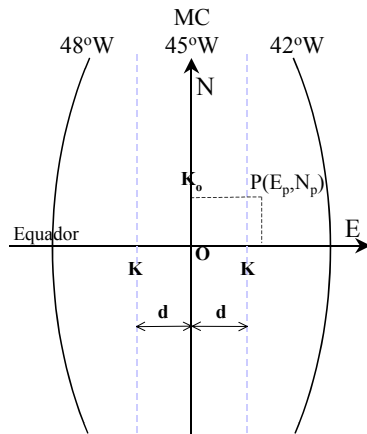
Figura 15: Efeitos de ruído, refração e operação.

(Adaptado de http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps_f.html).

6 - TÉCNICAS POSICIONAMENTO

6.1 - Sistemas de Coordenadas

O GPS fornece coordenadas de pontos do terreno ou próximo a ele em diversos sistemas, destacando-se as coordenadas geodésicas e UTM (figura 16). As coordenadas UTM são extraídas a partir da projeção de mesmo nome. Essa projeção é utilizada no mapeamento terrestre sistemático para as escalas 1:250.000; 1/100.000; 1/50.000; 1/25.000.



- Coordenadas de O: E = 500.000 m
N = 10.000.000 m
- $d \cong 1^\circ 37'$
- Fator de redução: $K_0 = 0,9996$
 $K = 1$
- A coordenada $P(E_p, N_p)$ tem representação nos 60 fusos.
- Limitação para $\varphi > 80^\circ$.

(a)

(b)

Figura 16: Projeção UTM a) visão da geometria da projeção UTM e b) Brasil dividido em fusos (6°).

Fonte: http://www.ibge.gov.br/home/geografia/decar/manual_nocoos/representacao.html

6.1.1 - Coordenadas planimétricas

As coordenadas planimétricas são constituídas de um par de números ou caracteres alfa numéricos que descrevem a posição de um ponto no espaço bidimensional, no caso cartográfico adota-se a latitude e longitude na forma angular ou métrica (figura 17).

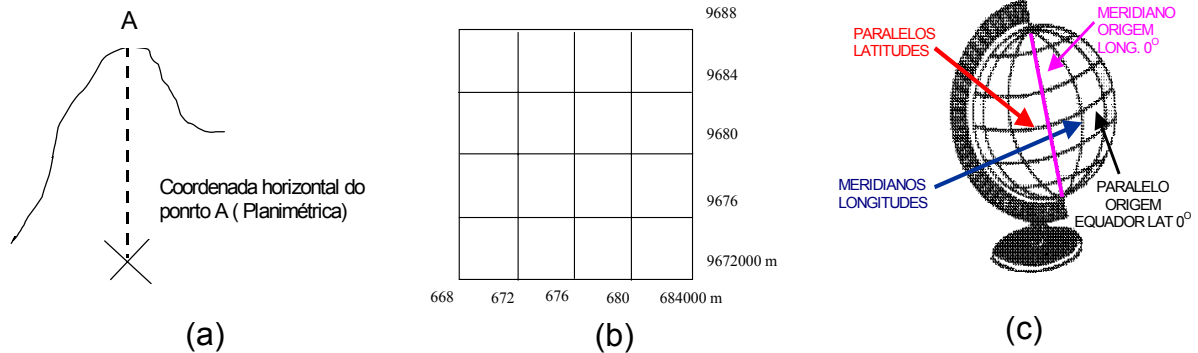


Figura 17: Coordenada Planimétrica a) Coordenada planimétrica, b) Representação das latitudes e longitudes na projeção UTM (coordenadas em UTM) e c) Latitudes e longitudes.

6.1.2 - Coordenadas altimétricas

Coordenada altimétrica constitui-se de uma grandeza, número ou caráter alfa numérico que descreve a altitude de um ponto. Latitude, longitude e altitude do ponto constituem as coordenadas planialtimétricas do ponto.(Figura 18).

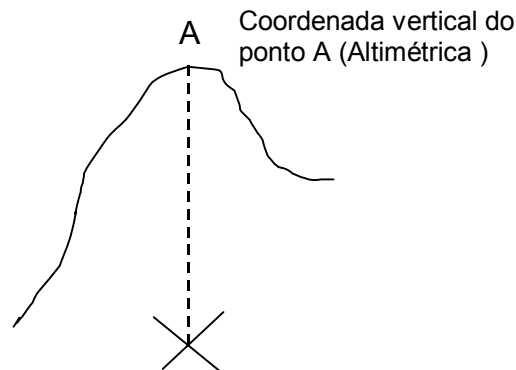


Figura 18: Coordenada Altimétrica .

a) Determinação de coordenadas altimétricas

A altitude de um ponto é a distância vertical contada a partir do nível médio dos mares até ele. Essa altitude, conhecida como geoidal ou ortométrica, considera que os pontos de altitudes iguais possuem o mesmo potencial gravitacional.

O GPS considera somente os aspectos geométricos no cálculo de altitudes (altitude elipsoidal), enquanto nos documentos cartográficos considera-se a altitude ortométrica, ou seja, a altitude que considera o valor da gravidade (geóide) na sua determinação. Assim sendo, para transformar a altitude do GPS em geoidal faz-se necessário determinar a diferença entre as altitudes elipsoidal e geoidal, conhecida como ondulação geoidal conforme apresentado na figura 19.

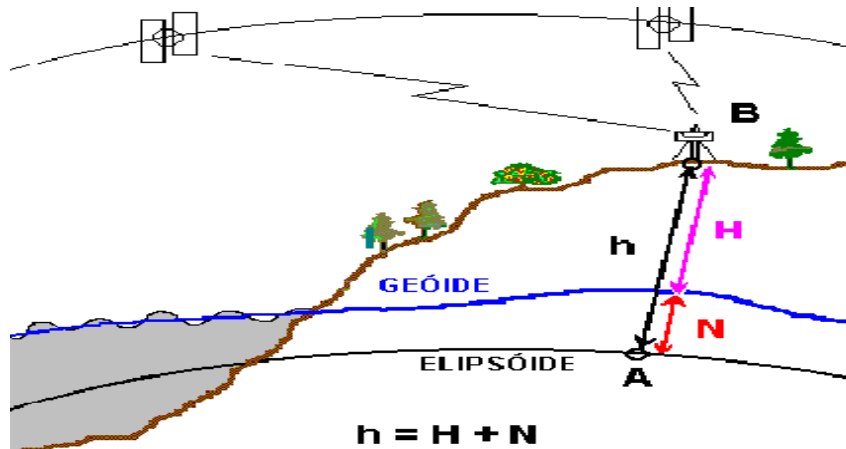


Figura 19: Representação da ondulação geoidal (Fonte: IBGE, 1992).

Onde: H é a altitude ortométrica de um ponto e
h sua altitude elipsoidal.

A ondulação geoidal N é dada pela diferença:

$$N = h - H \text{ onde } H = h - N$$

A determinação de altitude com precisão só é possível conseguir com posicionamento relativo, em especial o DGPS.

6.2 - Posicionamento por ponto

- a) *Posicionamento por ponto*: utiliza um receptor GPS de uma frequência. Usado para navegação de baixa precisão e levantamentos expeditos (figura 20) (Monico,2000).

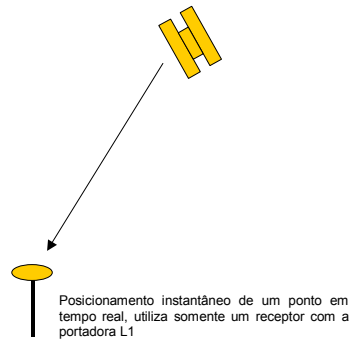


Figura 20: Posicionamento por ponto.

- b) *Posicionamento por ponto preciso*: utiliza receptores de dupla frequência. Não se aplica ao posicionamento em tempo real (figura 21) (Monico, 2000).

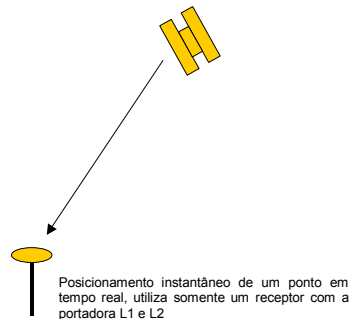


Figura 21: Posicionamento por ponto preciso.

6.3 - Posicionamento Relativo Estático

- a) *Estático*: Utilizam-se dois ou mais receptores fixos, ocupando simultaneamente as estações (base e móvel) e observando os mesmos satélites para a determinação de uma linha de base maior que 20 km. As estações são ocupadas por uma hora ou mais e proporciona precisão de 1 a 2 ppm. (Vasconcellos, 1995).
- b) *Estático Rápido*: Usa receptores de uma ou duas frequências.

6.4 - Posicionamento Relativo Cinemático

- a) *Cinemático*: Utilizam-se no mínimo dois receptores, um mantido fixo (a base) e os outros móveis permitindo determinar a posição do ponto de

interesse durante o deslocamento dos outros receptores (Vasconcellos, 1995) (figura 22).

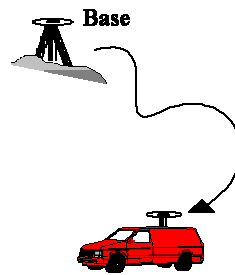


Figura 22: Cinemático.

Fonte: <http://www.mercat.com/QUEST/HowWorks.htm>

- b) *Semicinemático (stop and go)*: tempo de medida menor que 2 segundos para levantamento de alta produtividade em ambientes locais (Leick, 1990) (figura 23).

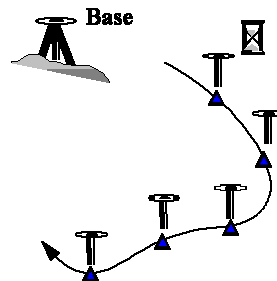


Figura 23: Modelo semicinemático (stop and go).

Fonte: <http://www.mercat.com/QUEST/HowWorks.htm>

- c) *Estático rápido*: utilizados para levantamentos locais com altas produtividade. Requer de 5 a 20 minutos de ocupação para determinação da linha de base (Leick, 1990).
- d) *Cinemático em tempo real*: os processamentos em tempo real são caracterizados pela transmissão das correções via rádio da estação base para a estação móvel que processa no próprio local as coordenadas da posição conforme mostra a figura 24.

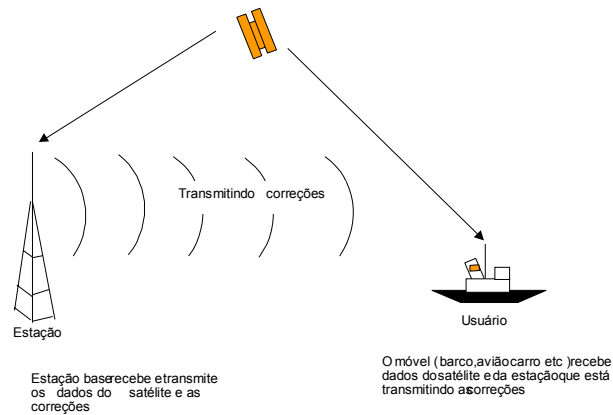


Figura 24: Cinemático em tempo real.

- e) *Cinemático pós-processado (DGPS)*: é caracterizado pela gravação dos dados pela estação base e móvel respectivamente. Após concluído as medidas a mídia com as gravações são encaminhadas para processamento, conforme mostra a figura 25 que ilustra o procedimento DGPS.

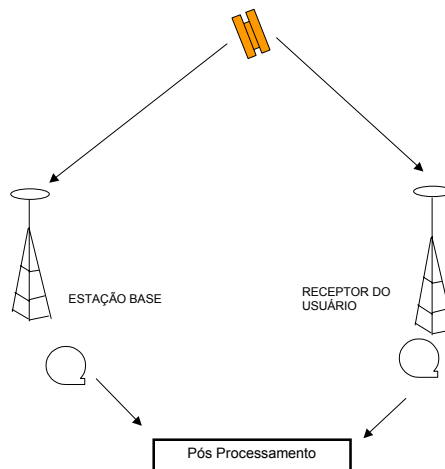


Figura 25: Processo diferencial DGPS.

A tabela 4 apresenta um resumo de especificações técnicas e aplicabilidade para diferentes processos de coleta de dados e determinação de coordenadas.

Tabela 4: Tipos de Posicionamentos

TIPOS DE POSICIONAMENTO / QUANTIDADE DE RECEPTORES E FREQUENCIAS E CARACTERÍSTICAS DA MEDIÇÃO

POSICIONAMENTOS	RECEPTORES	FREQUÊNCIAS	USO E CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES
1 - POR PONTO			
1.1 - CONVENCIONAL	01	L1 E OU L2	PSEUDO DISTÂNCIAS
1.2 - DE ALTA PRECISÃO	01	L1 E L2	PSEUDO DISTÂNCIA E FASE DA ONDA PORTADORA NAS DUAS FREQUÊNCIAS
2 - POSICIONAMENTO RELATIVO	02	L1 E OU L2	SIMULTANEIDADE DAS OBSERVAÇÕES
2.1-ESTÁTICO	02	L1 E OU L2	PERÍODO LONGO DE RASTREAMENTO DOS SATÉLITES MAIOR QUE 20 MINUTOS
2.2 - ESTÁTICO RÁPIDO	02	L1 E OU L2	PERÍODO DE RASTREAMENTO DOS SATÉLITES MENOR QUE 20 MINUTOS
2.3 - RELATIVO SEMICINEMÁTICO	02	L1 E OU L2	MÍNIMO DE DUAS AQUISIÇÕES SIMULTANEAS ESPAÇADAS DE MAIS OU MENOS 30 MINUTOS, OU SEJA, O TEMPO NECESSÁRIO A ALTERAÇÃO DA GEOMETRIA DOS SATÉLITES USA PSEUDODISTÂNCIA
2.4 - RELATIVO CINEMÁTICO	02	L1 E OU L2	
2.4.1 - PÓSPROCESSADO	02	L1 E OU L2	FASE DA ONDA PORTADORA E PSEUDODISTÂNCIA
2.4.2 - TEMPO REAL	02	L1 E OU L2	FASE DA ONDA PORTADORA
2.4.3 - DGPS	02	L1 E OU L2	PSEUDODISTÂNCIAS OU PSEUDODISTÂNCIAS FILTRADAS

7 - PLANEJAMENTO E OPERAÇÃO

Planejar uma medida com GPS exigirá do usuário do sistema os seguintes cuidados:

1) Definir que tipo de unidade será usada para expressar as coordenadas, como exemplo:

- Latitude e longitude em graus, minutos e segundos;
- Coordenadas métricas em UTM e
- Outros tipos de coordenadas disponibilizadas pelo receptor.

2) Definir o sistema geodésico de referência (Datum).

3) Definir a hora da medição e o tempo de coleta.

Quando trata-se de navegação é impossível impor a hora da medida, isto porque o deslocamento ocorrerá, não necessariamente quando a constelação assegura um bom DOP. Para trabalhos topográficos é importante escolher um horário que assegure maior número de satélites visíveis, melhor constelação e valores de DOPS mais baixos.

A duração da coleta dos dados é definida a partir da precisão exigida e da distância entre os pontos (base e móveis), portanto procure conhecer essas distâncias e a precisão necessária para estabelecer o tempo de permanência do receptor em cada um dos pontos. A duração de coleta de dados pode variar de 30 minutos a 2 horas com linhas de bases até 500km (Monico 2000).

4) Localização do ponto

Nem sempre é possível escolher um local ideal para medição de um ponto. Quando utiliza-se o GPS para navegação ou no modo cinemático contínuo, pode ocorrer que alguns dos pontos medidos estejam prejudicados pela sombra de obstáculos, multicaminhamentos, constelação e respectivos DOPS, considerando que nesses casos o equipamento está recebendo sinais e determinando uma coordenada a cada segundo.

Para levantamentos topográficos é possível estabelecer critérios para escolha desses pontos:

- o ponto deve ser escolhido em locais que não façam sombra ou possuam obstáculos que impeçam aquisição dos sinais transmitidos pelos satélites (figura 26);
- assegure que o ponto escolhido esteja longe de estruturas que reflitam o sinal;
- procure deixar o ponto que foi medido materializado no terreno para possível conferência ou futura utilização;
- os pontos escolhidos devem preferencialmente ocupar locais de acesso fácil que possam ser alcançado por algum tipo de transporte e
- não realizar aquisições de dados com céu encoberto por nuvens carregadas tipo Cumulus Nimbus – CB.

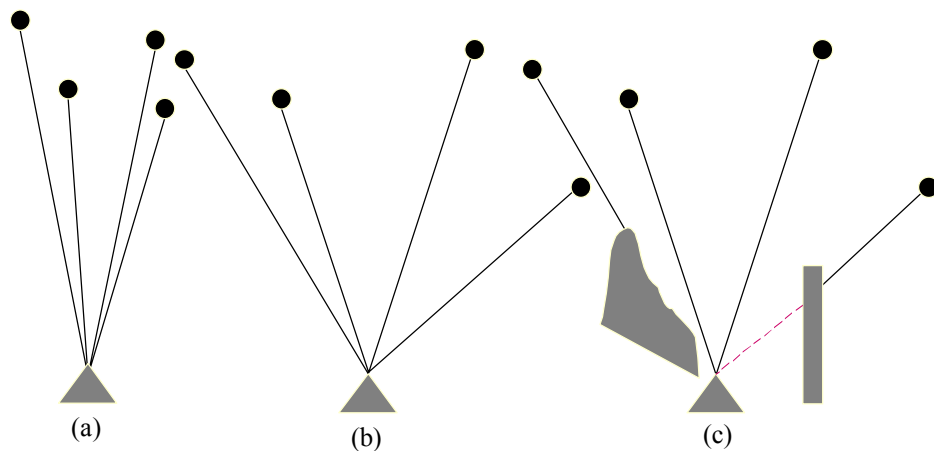


Figura 26: Constelações de satélites e obstáculos da antena (a) ruim (DOP alto), (b) boa (DOP baixo) e (c) obstáculos ao horizonte da antena.

5) Colocação da antena

Sempre que a coleta for destinada a levantamentos, garanta a verticalidade da antena do GPS. Quando for empregado um GPS de mão para realizar levantamentos expeditos, prefira utilizá-lo com a antena externa, entretanto se esse receptor não permitir essa colocação, procure segurá-lo com a palma da mão o mais horizontal possível.

Recomenda-se também que seja utilizado somente um tipo de antena, isto porque cada antena tem seu próprio centro de fase que varia de acordo com a

direção do satélite. Este cuidado minimiza esses erros sistemáticos que são originados na definição dos centros de fase das antenas (Vasconcellos, 1985).

6) Quanto ao tipo do receptor

A escolha do receptor leva em consideração os objetivos do levantamento. Isto está condicionada às características do equipamento, quanto ao número de frequências, capacidade de armazenamentos de dados, tempo de operação, tipo de antena, alimentação do sistema, dentre outras características.

8 - GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS

ALMANAQUE	Informações de localização (constelação) e status dos satélites transmitido por cada satélite e coletado pelo receptor. (http://www.gpsbr.hpg.com.br/)
AMBIGUIDADE	É o número inteiro desconhecido de ciclos que são reconstruídos pelo código da fase, calculadas quando há quebra na aquisição das medições. Posicionamento terrestre por satélites (Vasconcellos, 1995).
BEARING	Direção dada pela bússola do GPS de sua posição para o ponto desejado (A maioria dos aparelhos é fornece o Azimute).
CANAL	Um canal do receptor GPS consiste dos circuitos necessários para receber o sinal de um satélite GPS.
CONSTELAÇÃO DE SATÉLITES	Consiste da forma da distribuição espacial do conjunto de satélites visíveis em um determinado momento
DECLINAÇÃO MAGNÉTICA	A diferença, em graus, entre os Nortes magnético e verdadeiro.
EFEMÉRIDES	Conjunto de informações que são transmitidas em períodos iguais por cada satélite a respeito de seu status e posição.
L-BAND	O conjunto de radio frequências estendendo-se de 390 MHz a 1550 MHz. O GPS contempla as frequências 1227.6 MHz e 1575.42 MHz, contidas no intervalo da banda L.
NAVEGAÇÃO	Processo de deslocamento de um ponto para outro no qual é conhecida sua posição em qualquer instante em relação ao descolamento que está ocorrendo.
NORTE MAGNÉTICO	É a direção definida pela bússola (agulha magnética.)
NORTE VERDADEIRO	É o ponto na superfície da Terra que seu eixo de rotação intercepta a superfície e convergem todos os meridianos. O oposto e o polo Sul.

PERDA DE CICLOS	Quando há obstrução da chegada do sinal de um ou mais satélites ao receptor, acarretará perda do sinal em conseqüência perda na contagem do número de ciclos medidos.
PSEUDODISTÂNCIA	É assim denominada a distância satélite receptor, obtida com base no erro do sincronismo entre os relógios do receptor e do satélite, quando o intervalo de tempo de propagação é multiplicado pela velocidade da luz.
PSEUDODISTÂNCIAS FILTRADAS	Resultado do procedimento que envolve a filtragem da pseudodistância pela fase da onda portadora.
TRACK	Direção relativa do móvel em um dado instante.
WAYPOINT	Localização específica identificada e ou salva na memória do receptor.

9 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTÁTICA – IBGE Mapa Geoidal do Brasil, Rio de Janeiro, 1992.

LEICK, A. GPS satellite surveying. Wiley, Canada, 1990.

MONICO, J.F.G. **Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS: descrição, fundamentos e aplicações.** São Paulo: Editora UNESP, 2000.

VASCONCELLOS, J.C.P. **Posicionamento terrestre por satélites NAVSTAR/GPS** Salvador, 1995. Apostila de curso apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Cartografia de 31/07 a 04/08/1995.

<http://www.garmin.com/aboutGPS>

<http://www.allgps.com> acessado em 24/01/2003.

http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps_f.html, acessado em 29/01/2003.

<http://www.garmin.com>

<http://www.ashtec.com>

<http://www.trimble.com>

<http://www.topconps.com/gpstutorial/Chapter3.html>, acessado em 03/02/2003.

http://www.ibge.gov.br/home/geografia/decar/manual_nocoas/representacao.html
acessado em 05/02/2003.

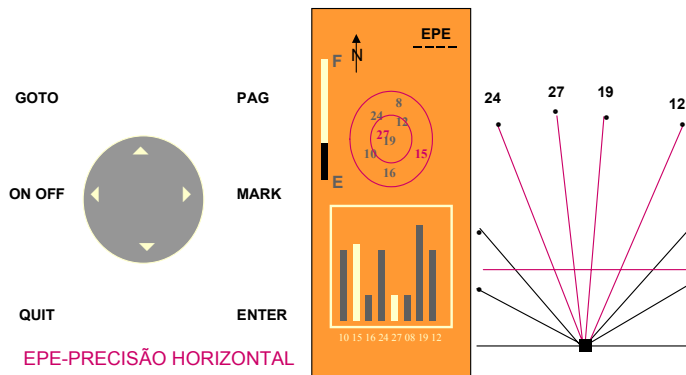
<http://www.mercat.com/QUEST/HowWorks.htm> acessado em 04/02/2003.

<http://www.gpsbr.hpg.com.br/> acessado em 05/02/2003

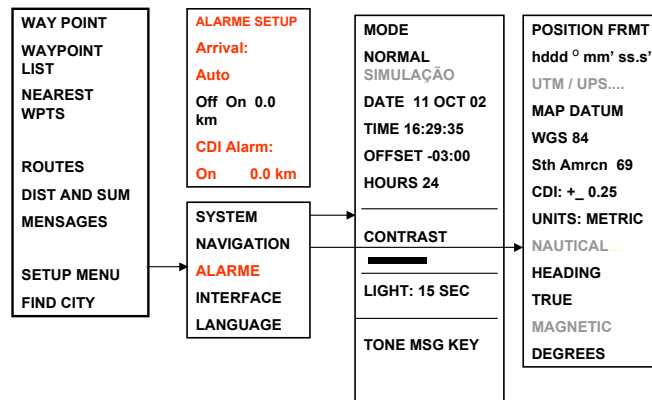
ANEXO

Este anexo apresenta um mini manual de como operar o receptor GPS Garmin 12XL.

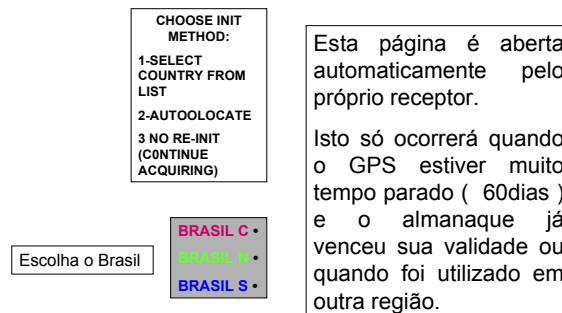
TECLAS DE OPERAÇÃO – PÁGINA INICIAL



MENU



INICIALIZAÇÃO DO RECEPTOR



POSIÇÃO

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
340 350 360
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
TRACK SPEED
RRRº DDD
TRIP ALT
RRR DDD
POSITION
N ou S xx yy ss
W ou E ww zz ss
TIME
09:04:13



ENTER

OPÇÕES:

TRIP: DISTÂNCIA TOTAL ACUMULADA DESDE A ÚLTIMA INICIALIZAÇÃO.

TTIME: TEMPO TOTAL ACUMULADO DESDE A ÚLTIMA INICIALIZAÇÃO.

ELPSD: TEMPO TOTAL EM HORAS E MINUTOS DESDE A INICIALIZAÇÃO.

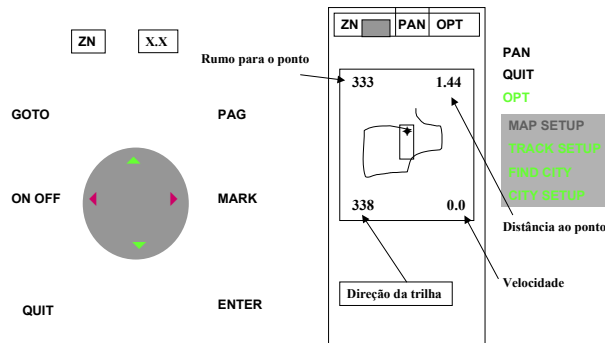
AVSPD: MÉDIA DA VELOCIDADE APLICADA AO DESLOCAMENTO DESDE O INÍCIO.

MXSPO: VELOCIDADE MÁXIMA.

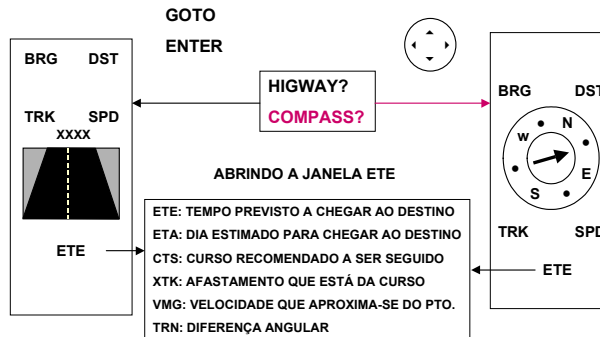
ALT: ALTITUDE A PARTIR DO NÍVEL MÉDIO DO S MARES.

RESET: RESET PROMPT.

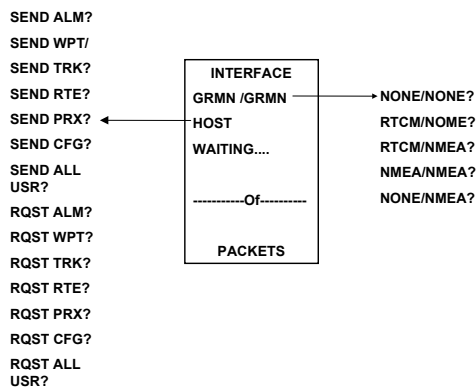
MAPAS



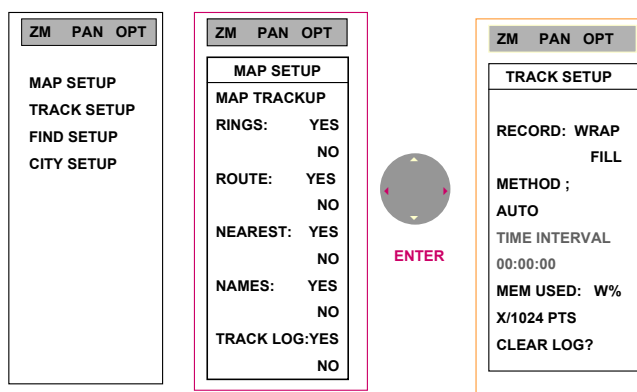
NAVEGAÇÃO



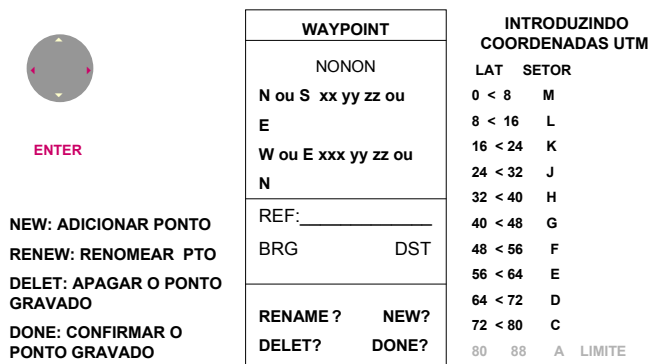
INTERFACES



CONFIGURANDO MAPAS E TRACKS




MANUSEANDO WAYPOINT – ADICIONANDO UM PONTO



MANUSEANDO WAYPOINT – SALVANDO PONTO MEDIDO

MARK




ENTER

SAVE: GRAVA O PONTO
 AVERAGE: FORNECE A MEDIA DA OBSERVAÇÃO
 FOM: APRESENTA O VALOR DA MÉDIA

MARK POSITION
Waypoint: 001....
S 21 52 32.00 W 45 59 34.00
Add to route number:
FOM _____
AVERAGE: SAVE:

MANUSEANDO WAYPOINT – ALTERANDO NOME E COORDENADA




ENTER

NEW: ADICIONAR PONTO
 RENEW: RENOMEAR PTO
 DELET: APAGAR O PONTO GRAVADO
 DONE: CONFIRMAR O PONTO GRAVADO

WAYPOINT	INTRODUZINDO COORDENADAS UTM
NONON	LAT SETOR
N ou S xx yy zz ou	0 < 8 M
E	8 < 16 L
W ou E xxx yy zz ou	16 < 24 K
N	24 < 32 J
REF: _____	32 < 40 H
BRG DST	40 < 48 G
RENAME ? NEW?	48 < 56 F
DELET ? DONE?	56 < 64 E
	64 < 72 D
	72 < 80 C
	80 88 A LIMITE

DISTÂNCIA E SOMA



ENTER

DIST AND SUM	WAYPOINT LIST
FROM: 001	001
TO: ASB-077	002
BRG DST	003
DATA:	004
SUNRISE	005
SUNSET	006
AT DESTINATION	007
	ASB-077
	ASC-077
	DELETE WPTS

MENSAGENS

Bateria esta baixa (1).

Bateria da memória esta baixa (2).

Baixa quantidade de satélite.

Transferência de dados completada.

Aproximando-se do ponto XXXX (número do ponto).

Reinicializar o sistema.

Outras mensagens são exibidas na página que está sendo usada.

(1) Efetuar a troca no intervalo de medidas

(2) A troca dessa bateria deve ser feita em oficina especializada (Se zerar a carga e o receptor estiver com as baterias externas descarregadas o usuário perderá todas as gravações de dados e almanaque).

RECOMENDAÇÕES IMPORTANTES

ANTES – DURANTE - DEPOIS

ANTES

CHECANDO O EQUIPAMENTO

1- VERIFIQUE SE O RECEPTOR GPS FOI UTILIZADO NOS ÚLTIMOS 60 DIAS E ONDE.

2- LIGUE O RECEPTOR.

2.1 VERIFIQUE O NÍVEL DE CARGA DAS BATERIAS;

2.2 CHEQUE OS CABOS, DA ANTENA EXTERNA, DA ALIMENTAÇÃO DA BATERIA EXTERNA E DA INTERFACE

2.3 CONFIGURE O RECEPTOR PARA AS ESPECIFICAÇÕES DESEJADAS;

2.4 DELETE, SE FOR O CASO, TODOS OS WAYPTS, TRACKS E ROUTES;

2.5 AGUARDE A AQUISIÇÃO DE SINAIS;

2.6 MARQUE A POSIÇÃO E SALVE AS COORDENADAS;

2.7 DESCARREGUE O RECEPTOR E PROCESSE O DADO

ATENÇÃO

1. 1-O RECEPTOR NECESSITA SER INICIALIZADO QUANDO:

A ÚLTIMA MEDIDA OCORREU A MAIS DE 60 DIAS:

A ÚLTIMA MEDIDA OCORREU EM UMA REGIÃO QUE ESTÁ A MAIS DE 500 mi DA POSIÇÃO ATUAL

2. TROQUE A BATERIA INTERNA DO RECEPTOR NA OFICINA AUTORIZADA.

POR SER A PROVA D'ÁGUA A CAIXA DO RECEPTOR PRECISA SER SELADA TENHA SEMPRE UM CONJUNTO DE PILHAS 1.5 V AA. NÃO ESPERE A CARGA ACABAR PARA TROCAR DA BATERIA.

ATN. A VIDA DA BATERIA DEPENDE DE DIVERSOS FATORES TAIS COMO ILUMINAÇÃO DO PAINEL, TEMPO DE PERMANENCIA LIGADO, TEMPERATURA AMBIENTE.

DURANTE

- 1- VERIFIQUE SE HÁ OBSTÁCULOS QUE IMPEDEÇAM A RECEPÇÃO DOS SINAIS;
- 2- PERMANECER COM O GPS MAIS TEMPO SOBRE O PONTO, EM LOCAIS COMO ÁREAS URBANAS OU QUE TENHAM OBSTÁCULOS QUE REDUZAM O HORIZONTE DO RECEPTOR

ATN EVITE FAZER SOMBRA SOBRE RECEPTOR.

MANTENHA SEMPRE O BRAÇO QUE SEGURA O RECEPTOR GPS LIGEIRAMENTE ELEVADO E QUE A ANTENA FIQUE PARALELA AO TERRENO.

- 3 UTILIZE O “EPE” PARA MONITORAR A PRECISÃO DA MEDIDA;
- 4 CUIDADO AO MEDIR SOB FORTES TEMPESTADES. O RECEPTOR TEM SUA RECEPÇÃO PREJUDICADA QUANDO SOB FORMAÇÕES DE NUVENS TIPO CB.
- 5 INICIE AS MEDIDAS COM BATERIAS NOVAS E TENHA EM MÃOS SEMPRE UM NOVO CONJUNTO DE PILHAS
- 6 NO VEÍCULO UTILIZAR A ANTENA EXTERNA
- 7 MESMO UTILIZANDO O CABO DE ALIMENTAÇÃO DE BATERIA DE 12V, TENHA EM MÃOS SEMPRE UM CONJUNTO DE PILHAS.
- 8 SALVE AS COORDENADAS DO PONTO MARCADO. EVITE UTILIZAR ANOTAÇÃO DE COORDENADAS.
- 9 ESPERE TERMINAR A SESSÃO DE MEDIDAS PARA PROCEDER A TROCA DE BATERIAS

DEPOIS

QUANDO CONCLUÍDA TODAS AS MEDIDAS DO DIA, ATENÇÃO PARA:

1. NÃO RETIRAR AS PILHAS DO RECEPTOR
2. DESCARREGUE TODOS OS DADOS DO GPS E APAGUE OS ARQUIVOS WAYPOINTS, ROUTES E TRACKS.
3. VERIFIQUE A CARGA DAS BATERIAS.

SE A BATERIA INTERNA ESTIVER FRACA TROQUE AS BATERIAS EXTERNAS E PROVIDENCIE A TROCA DA BATERIA INTERNA.

ATN: NÃO RETIRE AS PILHAS SEM ANTES TROCAR A BATERIA INTERNA. A BATERIA EXTERNA GARANTE A GRAVAÇÃO DOS DADOS E DO ALMANAQUE CASO A BATERIA INTERNA DESCARREGAR.

ATN: A BATERIA INTERNA (DA MEMÓRIA) ESTANDO COM CARGA, DESLIGUE O EQUIPAMENTO, RETIRE AS PILHAS DO COMPARTIMENTO E GUARDE-O A SEGUIR.

4. INFORME SOBRE ALGUMA FALHA VERIFICADA DURANTE A OPERAÇÃO.
5. OS ACESSÓRIOS, TRIPÉS, BASTÕES, TRENA E N/IVEL, SE FOR O CASO, DEVEM SER LIMPOS ANTES DE GUARDÁ-LOS.

ACESSÓRIOS

1. ANTENA EXTERNA PARA AUTOMÓVEIS CAMINHÕES E EMBARCAÇÕES EM GERAL.
2. CABOS DE ALIMENTAÇÃO USANDO O ADAPTADOR PARA ACENDEDORES DE CIGARROS.

3. CABOS DE INTERFACES PARA CARREGAMENTO E DESCARREGAMENTO DE DADOS.
4. MONTANTES PARA FIXAÇÃO DO EQUIPAMENTO.
5. SOFTWARE PARA PROCESSAMENTO DOS DADOS.
6. RÁDIOS PARA TRANSMISSÃO DOS DADOS.
7. CARREGADORES DE BATERIAS E BATERIAS AUXILIARES PARA EQUIPAMENTOS QUE USAM ANTENAS EXTERNAS.
8. BIPÉS OU TRIPÉS PARA POSICIONAMENTO DA ANTENA.
9. HASTE TELESCÓPICA PARA FIXAÇÃO DA ANTENA.