

 MINISTÉRIO DA CIÉNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS



CONCEITOS BÁSICOS SOBRE POSICIONAMENTO POR SATÉLITES ARTIFICIAIS

XIV CURSO DE USO ESCOLAR DE
SENSORIAMENTO REMOTO NO ESTUDO DO
MEIO AMBIENTE

Julio Cesar de Oliveira

Julho 2011

 ONDE ESTOU?? 



Fonte: Google Earth



SUMÁRIO



- 1 – O que é GPS
- 2 – Aplicações do GPS
- 3 – Classificação dos receptores
- 4 – Divisão do sistema GPS
- 5 – Princípio de funcionamento
- 6 – Tipos de posicionamento
- 7 – Fontes de erros no sistema GPS
- 8 – Prática/Conhecendo o receptor



O QUE É GPS?

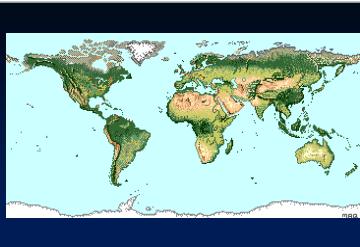


- GPS – *Global Positioning System* (Sistema de Posicionamento Global)
- Desenvolvido em 1973 pelo Departamento de Defesa (DoD) dos E.U.A.
- Sistema de radionavegação – determina a posição bi ou tridimensional, de um ponto qualquer sobre a superfície terrestre ou bem próxima a ela (Monico, 2000).
- Pode ser usado 24h por dia em quaisquer condições do tempo.
- Em decorrência → velocidade, distâncias e direções entre pontos e áreas.
- Atualmente é aberto a qualquer usuário civil.

 **COBERTURA** 



24 HORAS
Transmissões contínuas



COBERTURA GLOBAL
Cobertura completa desde abril de 1995



QUALQUER TEMPO
atenuação mínima

 **APLICAÇÕES DO GPS** 

- Aviação: civil e militar
- Navegação: marítima e comercial
- Esportes: rally, balonismo, corrida de aventura, etc.
- Definição de rotas (carros)





- Rastreamento de frotas, veículos e animais.
- Agricultura de precisão
- Geodinâmica – movimento da crosta terrestre
- Topografia – definição de limites, áreas, coord., etc.
- Coleta de dados para Sistema de Informação Geográfica
- E muitas outras...







CLASSIFICAÇÃO DOS RECEPTORES GPS



- Existem várias classificações, mas a classificação em **função da aplicação** a qual se objetiva é a mais importante (Monico, 2000):

- NAVEGAÇÃO – Receptores de mão, determinação rápida de coord.

Precisão de ~ 10 - 30m

Utilizados para navegação, esportes, atividades de lazer, levantamentos aproximados, etc.



Etrex H



GPSMAP 60CX



Etrex Vista CX



GPS II, III e plus



Garmim 12, 12XL



Garmim Edge605



CLASSIFICAÇÃO DOS RECEPTORES GPS



- TOPOGRÁFICOS – Posicionamento topográfico

Permitem pós-processamento e posicionamento relativo

Precisão da ordem de 1cm



GTR-A



Trimble Pro XR



Promark 2



Leica SR20

- GEODÉSICOS – Posicionamento geodésico

Permitem pós-processamento e posicionamento relativo

Alta precisão → alguns mm



Trimble 4600 LS



Z-Xtreme



Topcon Hiper



Sokkia Stratus



DIVISÃO DO SISTEMA GPS



- Dividido em 3 segmentos: Espacial, Controle e Usuários

SEGMENTO ESPACIAL

- Constituído por 24 satélites em 6 órbitas (4 satélites em cada)
- Altitude aproximada de 20.200km
- Mínimo 4 satélites visíveis em qualquer local da Terra em qualquer hora.



Constelação do Sistema GPS

Fonte: http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Gallery/5256/gps_introarm.htm

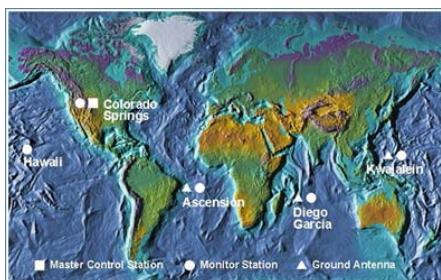


DIVISÃO DO SISTEMA GPS



SEGMENTO DE CONTROLE

- Constituído por 5 estações principais de controle, sendo uma central (Colorado, E.U.A)



Estações de controle GPS

Fonte: http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/gps/controlsegments/

- Monitoram continuamente os satélites;
- Determinam e atualizam as posições orbitais;
- Prevêem a trajetória nas próximas 24h.



DIVISÃO DO SISTEMA GPS

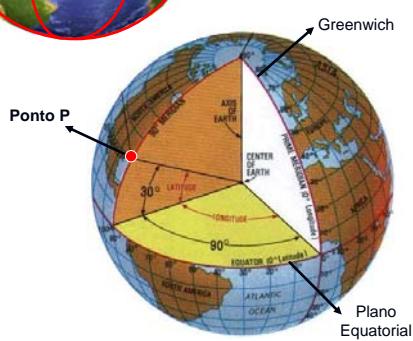
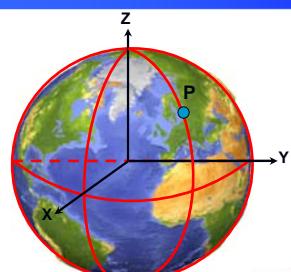


SEGMENTO DE USUÁRIOS

- Refere-se a tudo que diz respeito a comunidade usuária, civil e militar.
 - Receptores;
 - Programas de processamento;
 - Métodos e técnicas de levantamentos;



O QUE O SISTEMA FORNECE?



- Coordenadas Cartesianas Geocêntricas
(X, Y e Z) → WGS-84.
- Convertidas em Latitude (Φ) e Longitude (λ) e altitude (H).
- Latitude Hem. N → 0° a 90°
Hem. S → 0° a -90°
- Longitude Leste GW → 0° a 180°
Oeste GW → 0° a -180°
- Altitude → em metros (elipsóide)
- INPE/IAI → Lat = $23^\circ 12' 35''$ S
Long = $45^\circ 51' 43''$
Alt = 624m

PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

$D = Vp \times t$

D = Distância satélite/receptor
 Vp = Velocidade propagação sinal (~300.000 km/s)
 t = lapso emissão/recepção

Adaptado de Freiberger Junior (2002)

- Posicionamento Bidimensional → mínimo 3 satélites;
- Posicionamento Tridimensional → mínimo 4 satélites;
- Exige o conhecimento da posição exata de cada satélite;

PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

1 medida

2 medidas

3 medidas

4 Pseudo distâncias

Latitude
 longitude
 altitude
 Erros dos relógios (dT)

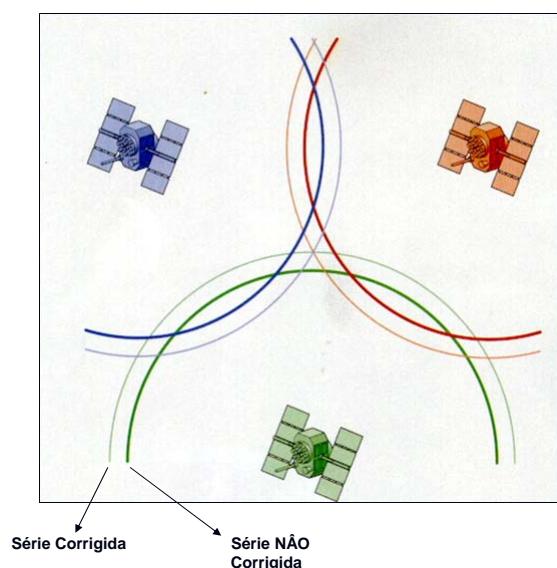
4 incógnitas

Precisão do Relógio:
 $dT = 1 \mu s$
 $0,000001s$

300 m



PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO



É necessário levar em conta os desvios dos relógios para determinar uma posição precisa



DADOS TRANSMITIDOS



- Cada satélite transmite 2 sinais distintos:
 - L1 → $f = 1575,42\text{Mhz}$, $\lambda = 19,04\text{cm}$
 - L2 → $f = 1227,60\text{Mhz}$, $\lambda = 24,44\text{cm}$
- Transmitem os dados de navegação → posição dos satélites (efemérides), tempo de transmissão do sinal, identificação do satélite, etc.
- Permitem posicionamento mais preciso → utilização da fase.
- Modulados sobre:
 - **L1: Código C/A** – Serviço de posicionamento padrão – usuários civis
Menor precisão → 10 – 30m.
 - **L1 e L2: Código P** – Restrito a usuários autorizados pelo E.U.A –
Maior precisão → 3 – 15m.



TIPOS DE POSICIONAMENTO



• POSICIONAMENTO ABSOLUTO

- Uso de apenas 1 receptor
- Obtenção das coordenadas em tempo real (geralmente sem processamento)
- Utiliza o código C/A – menor precisão
- Precisão H/V = 10 – 30m

• POSICIONAMENTO RELATIVO

- Uso de um receptor base – coordenadas conhecidas
- Pós-processado
- Utiliza o código C/A e portadoras L1 e L2
- Maior precisão – pode ser ~1mm

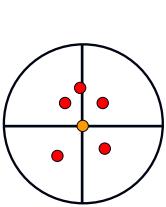
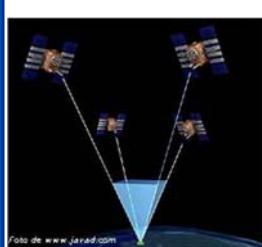


AVALIAÇÃO DO POSICIONAMENTO ABSOLUTO



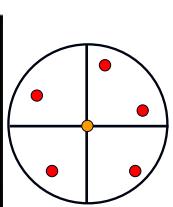
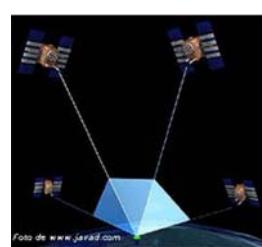
• Avaliado por meio do DOP (*Dilution of Precision*) – Auxilia na indicação da precisão dos resultados e no planejamento das observações - depende de:

- UERE (*User Equivalent Range Error*) – Erro Equivalente do Usuário
Efeito de todos os erros que afetam a determinação da distância satélite/receptor
- GEOMETRIA DA CONSTELAÇÃO:



FONTE:
Albuquerque e Santos (2005)

RUIM



BOA

- DOP < 5 → BOM
- DOP > 8 → Não deve ser utilizado

- **OBS:** receptores navegação
- **EPE** – Erro estimado da posição (m)



FONTES DE ERRO NO SISTEMA GPS



- ❖ Fontes: satélites, propagação do sinal, receptor/antena e estação

- ❖ SATÉLITES

- Órbita → f (coordenadas do satélite)
- Relógio → f (estabilidade dos relógios)
- Relatividade → f (campo gravitacional e velocidade diferentes)
- CORREÇÃO → Uso de efemérides precisas e posicionamento relativo

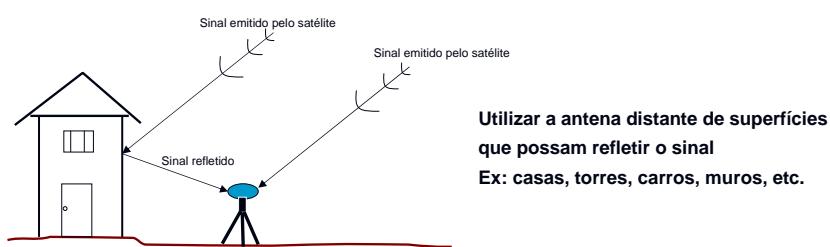


FONTES DE ERRO NO SISTEMA GPS



- ❖ PROPAGAÇÃO DO SINAL

- Refrações Troposférica e Ionosférica → f (variação de densidade dos meios em que o sinal propaga - atmosfera).
- Perdas de Ciclo – perda do sinal GPS → f (obstrução do sinal)
Evitar construções, pontes, árvores, etc.
- Multicaminhamento → f (reflexão do sinal em superfícies vizinhas)





RESUMINDO OS ERROS



- Erro do relógio do satélite → 60 cm
- Erro de efemérides → 60 cm
- Erro dos receptores → 120 cm
- Erro atmosférico (Ionosfera/Troposfera) → 360 cm
- **TOTAL = 390 cm** (raiz quadrada da soma dos quadrados)

Para calcular o erro médio verdadeiro do sistema:

Multiplica-se o erro “total” pelo valor EPE fornecido pelo receptor

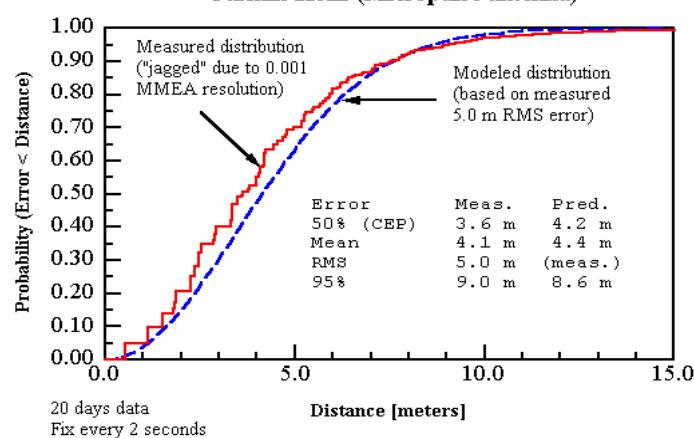
$$\text{EPE} \times 3,9\text{m} = \text{Erro médio verdadeiro}$$



PRECISÃO ESPACIAL



MEASURED AND MODELED
DISTRIBUTION OF HORIZONTAL ERRORS
Garmin 12XL (Micropulse antenna)



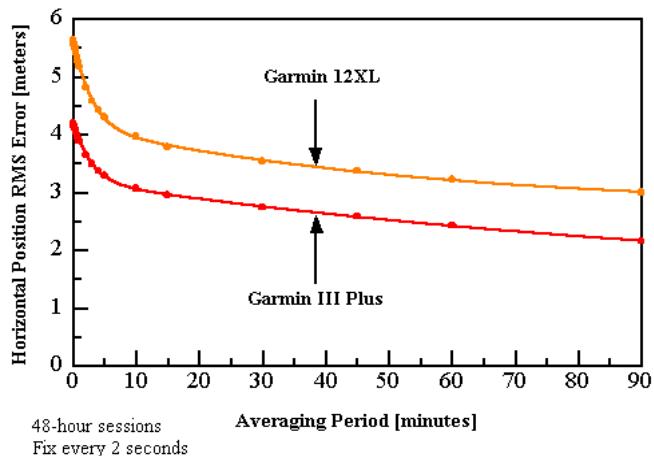
Fonte : <http://users.erols.com/dlwilson/gpsacc.htm>



MELHORANDO A PRECISÃO ESPACIAL



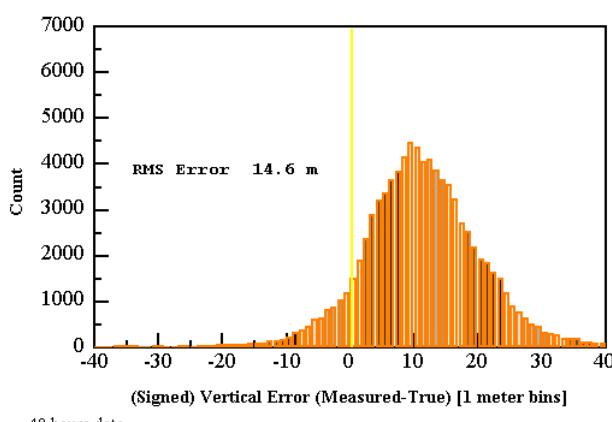
GARMIN 12XL AND GARMIN III PLUS SIMULTANEOUS AVERAGING SESSIONS



PRECISÃO ALTIMÉTRICA



GARMIN 12XL VERTICAL ERROR HISTOGRAM





PRÁTICA



Imagen alta resolução

INPE

Identificação de pontos

Seguir rota



FUNÇÕES DO TECLADO DOS RECEPTORES



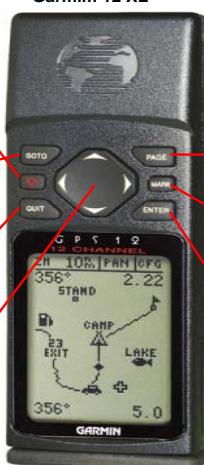
POWER – liga/desliga e iluminação da tela

GOTO – ativa janela de waypoints. Seleciona waypoints de destino.
Waypoints – pts para navegação. Pré-determinados ou inseridos

QUIT – retorna a tela a uma página anterior

Controla movimento do cursor

Garmim 12 XL



GPS II, III



PAGE – transita em sequencia pelas páginas principais.

MARK – marca a posição atual. Captura de waypoints.

ENTER – confirma entrada de dados. Ativa campos em destaque.

PÁGINAS DE INFORMAÇÕES PRIMÁRIAS

SEQUÊNCIA DE PÁGINAS

PAGE

SATÉLITES

POSIÇÃO

MAPA

NAVEGAÇÃO

QUIT

PÁGINAS DE INFORMAÇÕES PRIMÁRIAS

• PÁGINA DE SATÉLITES – Monitoramento dos satélites disponíveis

CAMPO DE STATUS: "2D NAV" ou "3D NAV"

INDICADOR DE PILHA

BARRA INTENSIDADE DO SINAL

PRECISÃO HORIZONTAL (ft ou m)

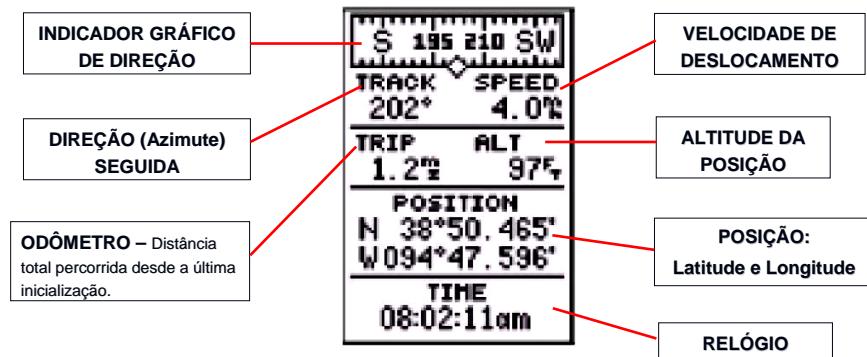
VISÃO ESPACIAL – posição e disponibilidade de satélites



PÁGINAS DE INFORMAÇÕES PRIMÁRIAS



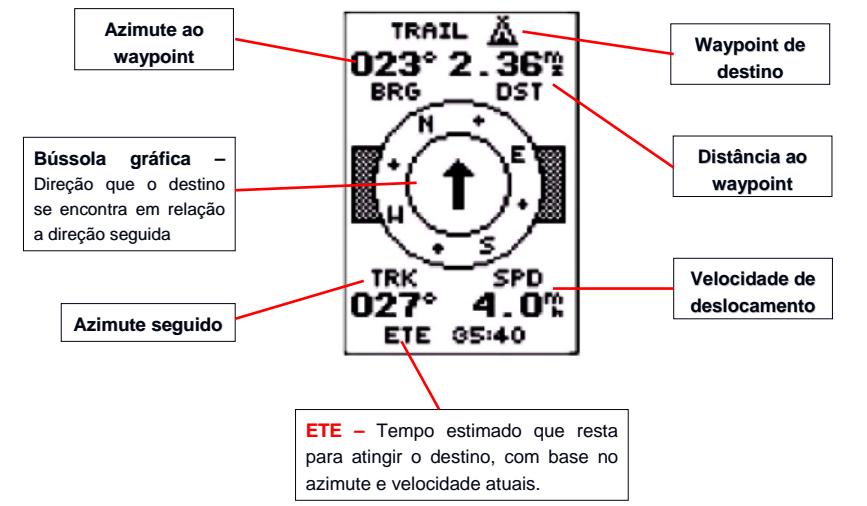
- PÁGINA DE POSIÇÃO – Informações básicas sobre a posição. Útil quando não se tem um *waypoint* de destino.



PÁGINAS DE INFORMAÇÕES PRIMÁRIAS



- PÁGINA DE NAVEGAÇÃO – Orientações de navegação, busca de waypoints

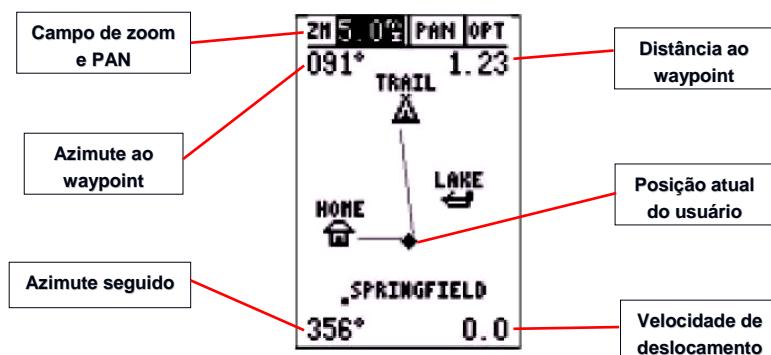




PÁGINAS DE INFORMAÇÕES PRIMÁRIAS



- PÁGINA DE MAPA – Posição atual do usuário e vizinhança.



REFERÊNCIAS



ALBUQUERQUE, P. C. G.; SANTOS, C. C. **GPS para iniciantes**. Mini curso XII SBSR. Goiânia, 16-21 abril. São José dos Campos: INPE. 2005. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/jeferson/2003/06.02.09.16/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 30 de junho 2008.

BERNARDI, J.V.E. & LANDIM, P.M.B. **Aplicação do Sistema de Posicionamento Global (GPS) na coleta de dados**. DGA,IGCE,UNESP/Rio Claro, Lab. Geomatématica,Texto Didático 10, 31 pp. 2002. Disponível em <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>>. Acesso em: 25 de junho 2008.

FREIBERGER JUNIOR, J. **Análise da degradação do posicionamento em tempo real com o emprego do GNRT**. 2002. 130p. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas). Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2002.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações**. São Paulo: ed. UNESP. 2008. 480p.



MINISTÉRIO DA CIÉNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS



OBRIGADO!