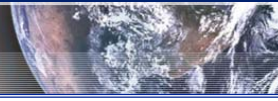




MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS



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?



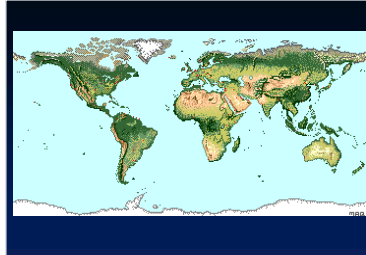
- GPS – *Global Positioning System* (Sistema de Posicionamento Global)
- Desenvolvido em 1973 pelo Departamento de Defesa (DoD) dos E.U.A.
- Sistema de radionavegação – determina a posição bi ou tridimensional, de um ponto qualquer sobre a superfície terrestre ou bem próxima a ela (Monico, 2000).
- Pode 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



Garmin 12, 12XL



Garmin 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/Galaxy/5256/gps_introgarm.htm

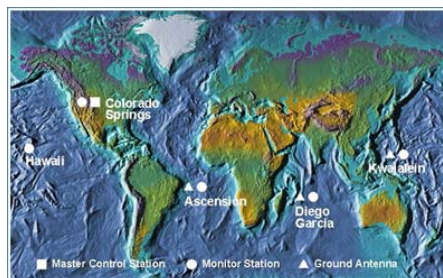


DIVISÃO DO SISTEMA GPS



- **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

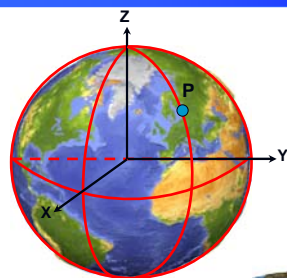


• SEGMENTO DE USUÁRIOS

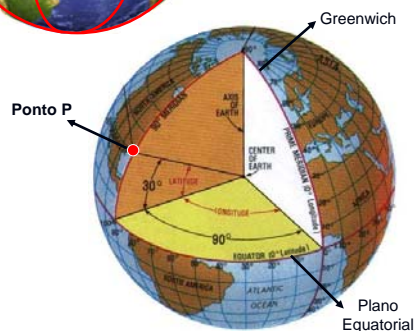
- Refere-se a tudo que diz respeito a comunidade usuária, civil e militar.
 - Receptores;
 - Programas de processamento;
 - Métodos e técnicas de levantamentos;



O QUE O SISTEMA FORNECE?



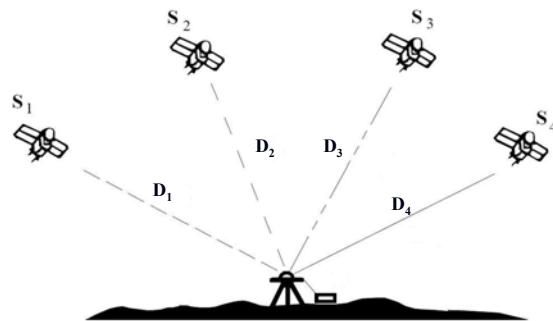
- Coordenadas Cartesianas Geocêntricas (X, Y e Z) → WGS-84.
- Convertidas em Latitude (Φ) e Longitude (λ) e altitude (H).



- 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° 12' 35" S
Long= 45° 51' 43"
Alt = 624m



PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO



Adaptado de Freiberg Junior (2002)

$$D = V_p \times t$$

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

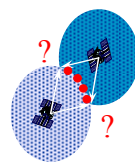
- Posicionamento Bidimensional → mínimo 3 satélites;
- Posicionamento Tridimensional → mínimo 4 satélites;
- Exige o conhecimento da posição exata de cada satélite;



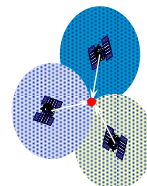
PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO



1 medida



2 medidas



3 medidas

4 Pseudo distâncias



Latitude
longitude
altitude
Erros dos relógios (dT)

4 incógnitas

Precisão do Relógio:

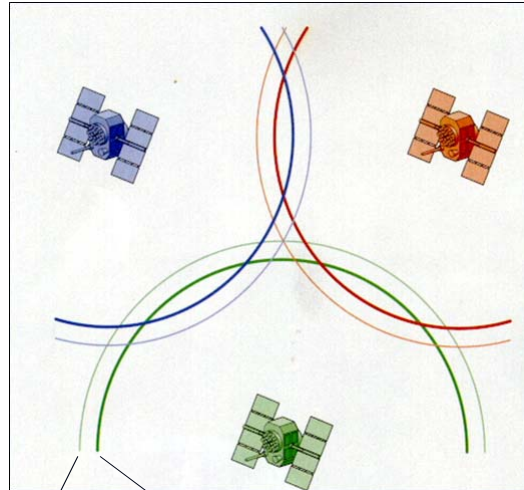
$$dT = 1 \mu s$$
$$0,000001s$$



300 m



PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO



Série Corrigida

Série NÃO
Corrigida

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

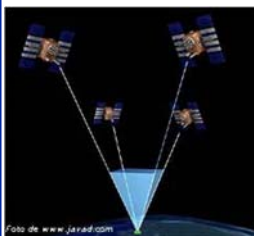


- Avaliado por meio do DOP (*Dilution of Precision*) – Auxilia na indicação da precisão dos resultados e no planejamento das observações - depende de:

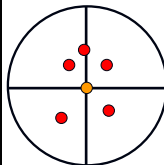
- UERE (*User Equivalent Range Error*) – Erro Equivalente do Usuário

Efeito de todos os erros que afetam a determinação da distância satélite/receptor

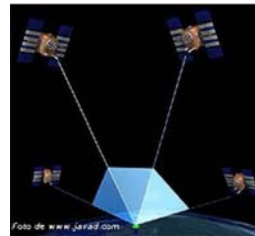
- GEOMETRIA DA CONSTELAÇÃO:



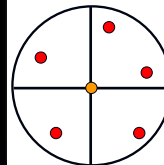
RUIM



FONTE:
Albuquerque e Santos (2005)



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

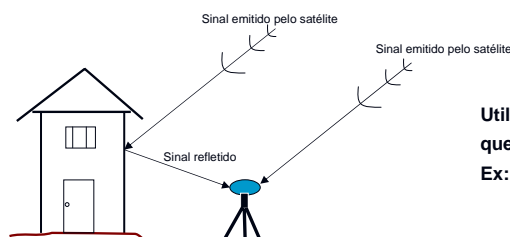


FONTES DE ERRO NO SISTEMA GPS



❖ 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)



Utilizar a antena distante de superfícies que possam refletir o sinal
Ex: casas, torres, carros, muros, etc.



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

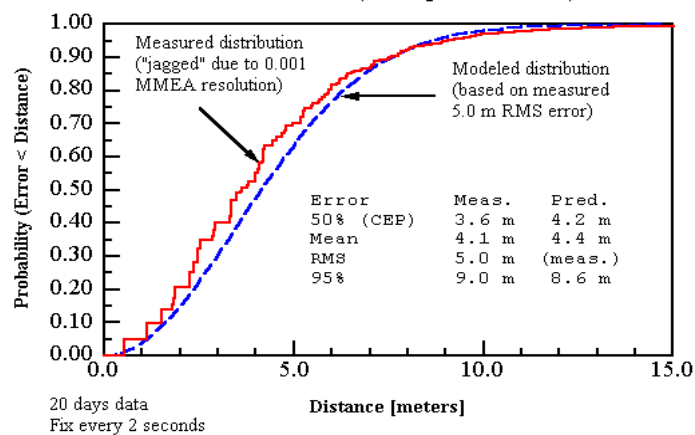
$$\text{EPE} \times 3,9\text{m} = \text{Erro médio verdadeiro}$$



PRECISÃO ESPACIAL



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



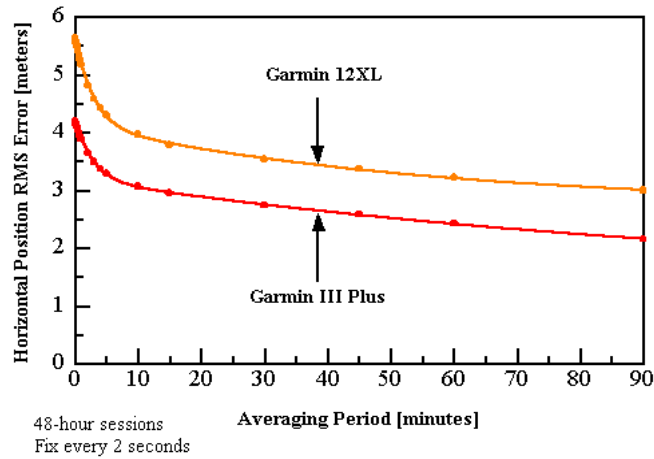
Fonte : <http://users.erols.com/dlwilson/gpsacc.htm>



MELHORANDO A PRECISÃO ESPACIAL



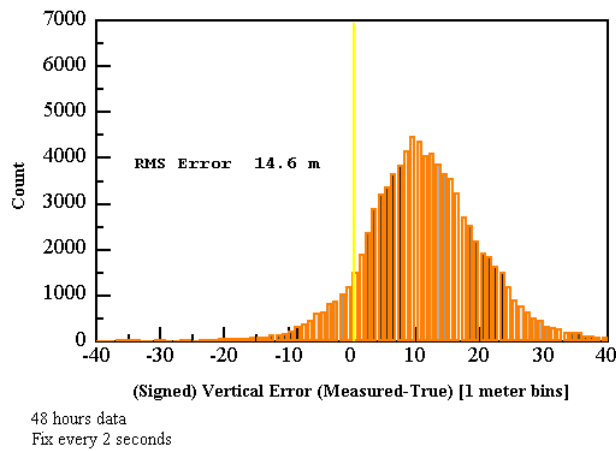
GARMIN 12XL AND GARMIN III PLUS SIMULTANEOUS AVERAGING SESSIONS



PRECISÃO ALTIMÉTRICA



GARMIN 12XL VERTICAL ERROR HISTOGRAM





PRÁTICA

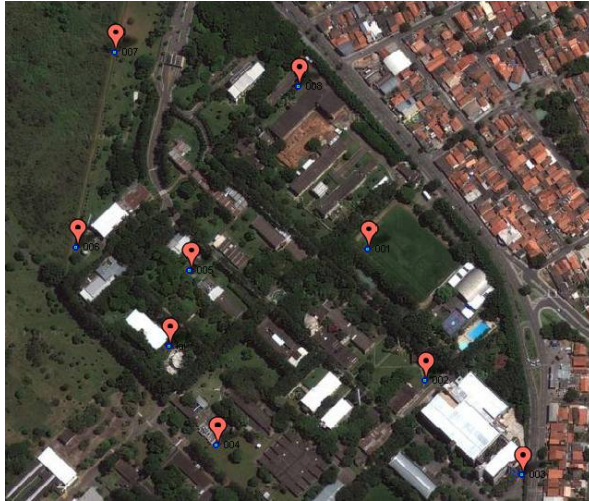


Imagem alta resolução

INPE

Identificação de pontos

Seguir rota



FUNÇÕES DO TECLADO DOS RECEPTORES

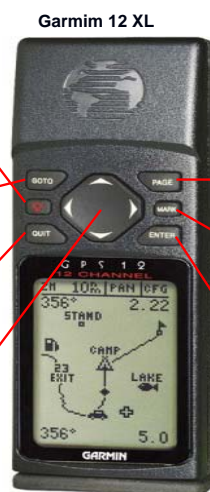


POWER – liga/desliga e iluminação da tela

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

QUIT – retorna a tela a uma página anterior

Controla movimento do cursor



GPS II, III



PAGE – transita em sequencia pelas páginas principais.

MARK – marca a posição atual. Captura de waypoints.

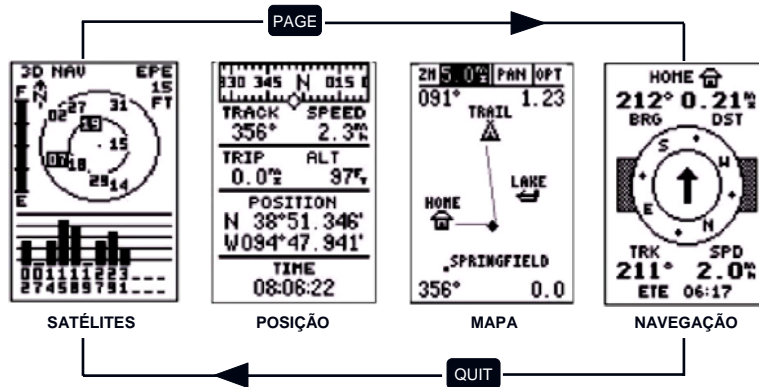
ENTER – confirma entrada de dados. Ativa campos em destaque.



PÁGINAS DE INFORMAÇÕES PRIMÁRIAS



- SEQUÊNCIA DE PÁGINAS



PÁGINAS DE INFORMAÇÕES PRIMÁRIAS



- PÁGINA DE SATÉLITES – Monitoramento dos satélites disponíveis

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

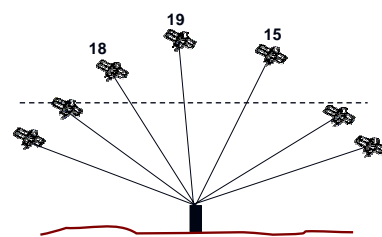
INDICADOR DE
PILHA

BARRA INTENSIDADE
DO SINAL



PRECISÃO
HORIZONTAL (ft ou m)

VISÃO ESPACIAL – posição e
disponibilidade de satélites

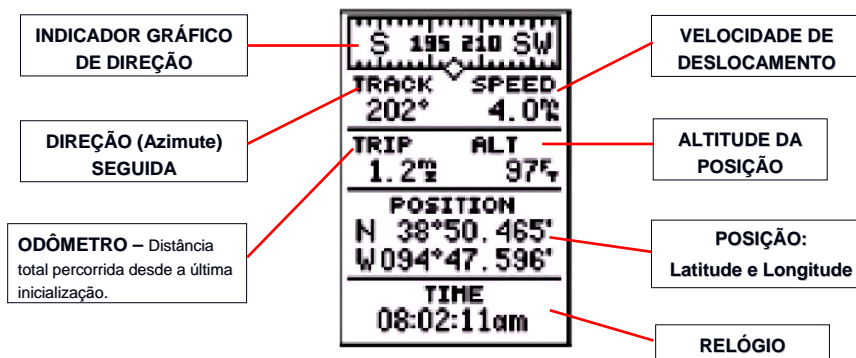




PÁGINAS DE INFORMAÇÕES PRIMÁRIAS



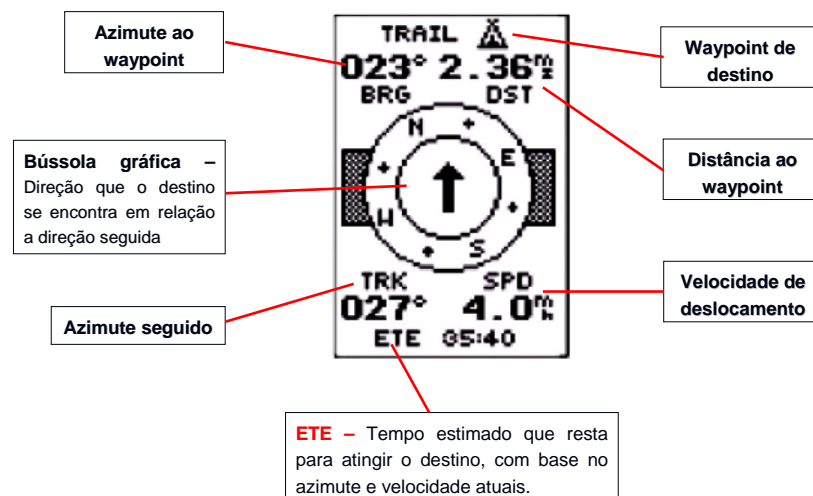
- PÁGINA DE POSIÇÃO – Informações básicas sobre a posição. Útil quando não se tem um *waypoint* de destino.



PÁGINAS DE INFORMAÇÕES PRIMÁRIAS



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

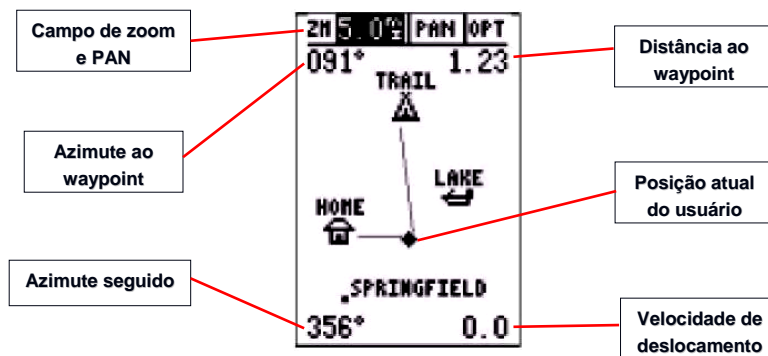




PÁGINAS DE INFORMAÇÕES PRIMÁRIAS



- 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. Geomatemática, 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 CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS



OBRIGADO!