

## **Normas e Especificações para levantamentos GPS**

**Eng.<sup>a</sup> Sonia Maria Alves Costa**

**Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE**

**Diretoria de Geociências – DGC --Coordenação de Geodésia -CGED**

Av. Brasil, 15.671, Bloco III-A, Parada de Lucas, Rio de Janeiro – RJ..CEP:21.241-051

endereço eletrônico:[soniamaria@ibge.gov.br](mailto:soniamaria@ibge.gov.br)

### **Resumo**

O IBGE, como órgão gestor do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), tem como uma de suas atribuições a elaboração de normas e especificações para levantamentos geodésicos, dentre outras não menos importantes. Em cumprimento desta responsabilidade alguns fatores motivaram a atualização das Especificações e Normas para levantamentos GPS (*Global Positioning System*), elaborada em 1992, sendo eles: a popularização do uso do GPS, a sua modernização e a criação de novos sistemas de posicionamento. Outro fator importante na edição destas normas foi a experiência adquirida por vários anos de trabalho de implantação e manutenção do SGB, aliada ao dinamismo inerente à ciência geodésica, a qual mostrou a necessidade da realização de uma revisão do documento publicado em 1992.

Inserida na evolução da ciência geodésica pode-se citar também a adoção do SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas 2000), como novo referencial oficial para o Brasil, reformulando assim, os procedimentos adotados para o posicionamento e georreferenciamento de um modo geral.

**1. Introdução (ilustrativo)**

**2. Justificativa (ilustrativo)**

**3. Metodologia e dados (ilustrativo)**

**3.1. Dados (ilustrativo, utilize a tecla TAB para conseguir subseções)**

**3.2. Métodos (ilustrativo)**

**4. Resultados (ilustrativo)**

**4.1. Subitem nível 2**

**4.1.1. Subitem nível 3**

**4.1.1.1. Subitem nível 4**

**4.1.1.2. Subitem nível 4**

**4.1.2. Subitem nível 3**

**4.2. Subitem nível 2**

**Titulo Tabela/Gráfico/Figura**

# Normas e especificações para levantamentos GPS

IBGE- DGC - Coordenação de Geodésia

IBGE- UE/SC – Gerência de Geodésia e Cartografia

# Conteúdo

- Introdução:
  - Sistema GPS, GNSS;
- Técnicas de posicionamento:
  - Posicionamento por ponto, relativo, DGPS e RTK em rede;
- Planejamento para os levantamentos:
  - Seleção do local, seleção do equipamento, escolha da estação de referência, geometria da rede, observações de campo
- Processamento das observações e integração ao SGB:
  - Coordenadas preliminares, efemérides dos satélites, erros nas observáveis, processamento das observações, integração ao SGB e obtenção da altitude ortométrica

# Introdução

- Atualização da Norma publicada em 1992;
- Motivação:
  - Popularização e modernização do GPS;
  - Desenvolvimento de novos sistemas de posicionamento;
  - Experiência adquirida.
- Objetivo:
  - fornecer elementos básicos para a comunidade cartográfica.

# Sistema GPS

Fonte	Erro
Satélite	Atraso entre as duas portadoras no hardware do satélite
	Erro de órbita
	Erro do relógio
	Relatividade
Propagação do sinal	Refração troposférica
	Refração ionosférica
	Perdas de ciclos
	Rotação da terra
	Multicaminho
Receptor/antena	Erro do relógio
	Erro entre os canais
	Centro de fase da antena
Estação	Erro nas coordenadas
	Multicaminho
	Marés terrestres
	Movimento do pólo
	Cargas oceânicas
	Pressão atmosférica

# Modernização do GPS

(1/2)

- Desativação da SA

Posição	Precisão com SA (m)	Precisão sem SA (m)
Horizontal	100	20
Vertical	140	30

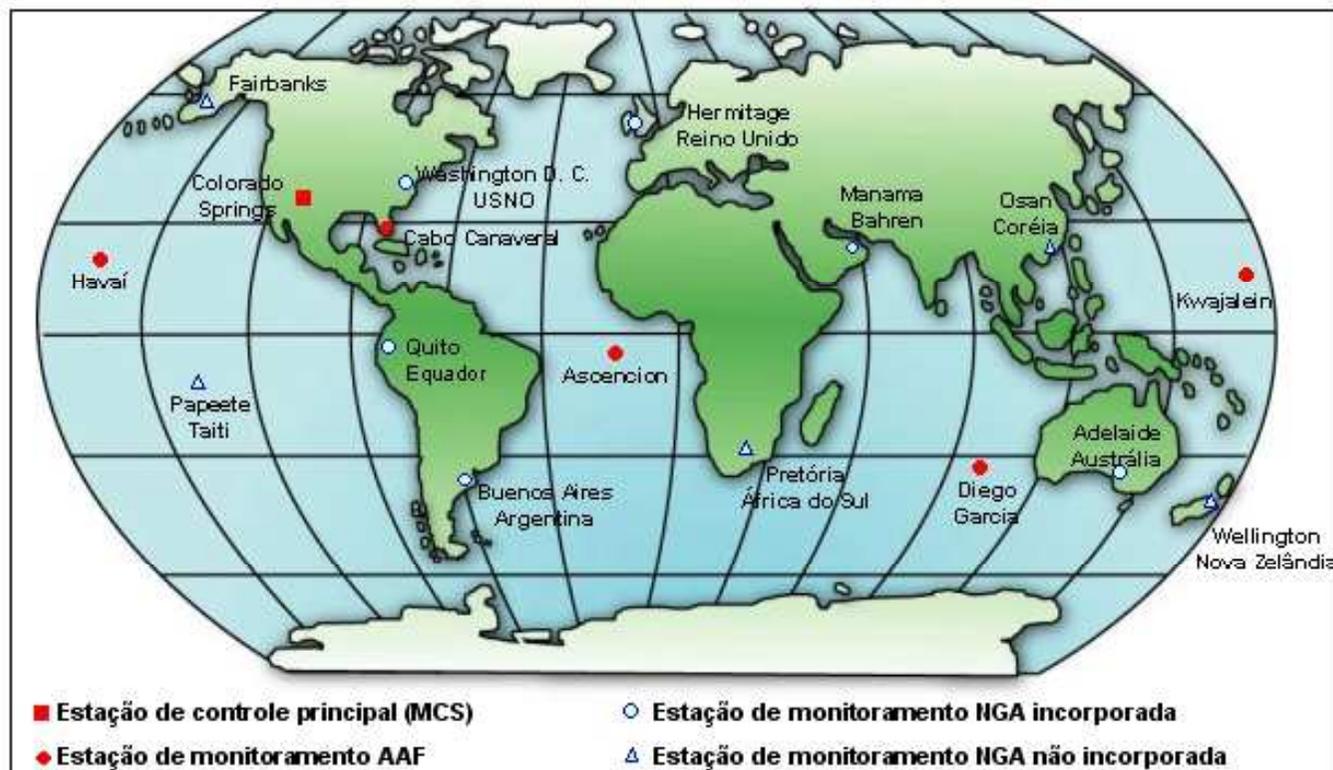
nível de confiança de 95%

- Novas Observações

Observação \ Bloco		IIR	IIR-M	IIF	III
Freq.	Código				
L1	C/A	X	X	X	X
	P	X	X	X	X
	L1C				X
L2	P	X	X	X	X
	L2C		X	X	X
L5	I5			X	X
	Q5			X	X

# Modernização do GPS

(2/2)



# GNSS

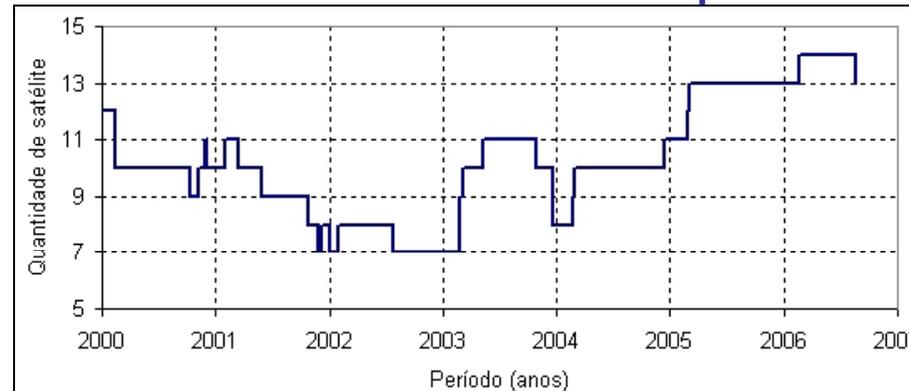
(1/3)

- Inicialmente (GNSS1):
  - GPS+GBAS+SBAS:
    - GBAS - pseudosatélites;
    - SBAS - Egnos (europa) e WAAS (EUA).
- Atualmente (GNSS2):
  - GNSS1+GLONASS + Galileo

# GNSS

(2/3)

- GLONASS
  - Estrutura similar à do GPS;
  - Não se encontra totalmente operacional;



- Modernização:
  - Satélites GLONASS-M;
  - Satélites GLONASS-K;
  - PZ-90;
  - segmento de controle.

# GNSS

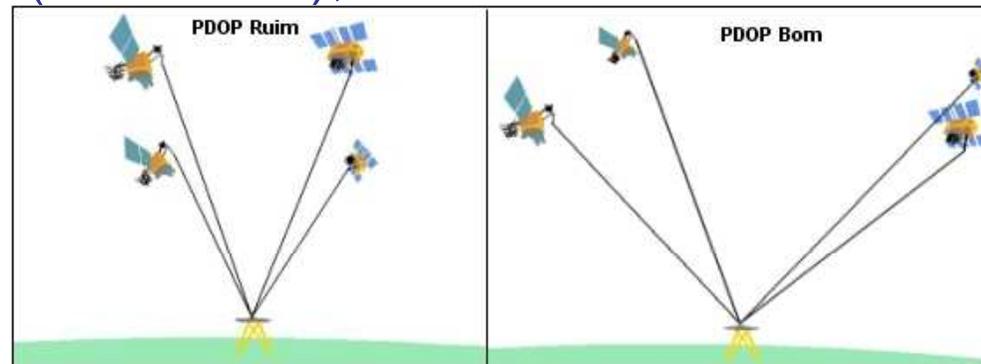
(3/3)

- Galileo
  - Estrutura similar à do GPS;
  - Encontra-se na fase de teste em órbita:
    - 1º satélite experimental lançado em 12/2005.
  - 5 Serviços:
    - Serviço Aberto;
    - Serviço de salvamento de vida;
    - Serviço Comercial;
    - Serviço de público regulamentado;
    - Serviço de procura e resgate

# Técnicas de Posicionamento

(1/3)

- Posicionamento por ponto
  - Coordenadas determinadas com relação ao centro de massa da Terra (efemérides);



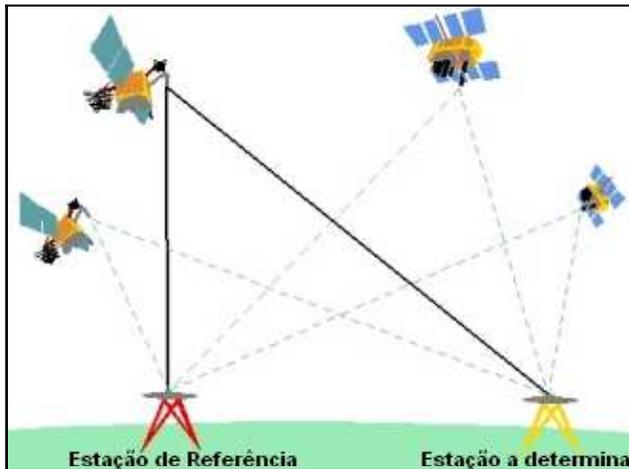
- Posicionamento por ponto Convencional
  - Disponibilidade = tempo-real;
  - Pseudodistância (C/A) de pelo menos 4 satélites;
  - Os erros remanescentes não são modelados.
- PPP
  - fase (L1 e L2);
  - efemérides precisas;
  - modelagem da atmosfera.

# Técnicas de Posicionamento

(2/3)

- Posicionamento relativo

- coordenadas determinadas com relação a pelo menos uma estação de referência;
- diferenças entre observações recebidas simultaneamente;



- alta precisão - muito utilizado nos levantamentos geodésicos;

- observações:

- Dupla diferença da fase;
- Tripla diferença da fase (perda de ciclo);

- Tipos de posicionamento relativo:

- Estático;
- Estático-rápido;
- semicinemático;
- cinemático - pós-processado / RTK => RTCM;

# Técnicas de Posicionamento

(3/3)

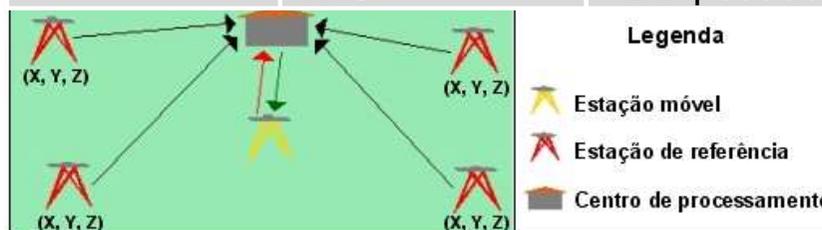
- DGPS

– Pseudodistância

- RTK em rede

– Fase

Técnica		Observação	Precisão (nível de confiança de 68,2 %)
Por ponto	Convencional	Pseudodistância	15,3 m
	Preciso	Pseudodistância e fase	0,02 m
Relativo	Estático	DD pseudodistância e fase	0,1 a 1 ppm
	Estático-rápido	DD pseudodistância e fase	1 a 10 ppm
	Semicinemático	DD pseudodistância e fase	1 a 10 ppm
	Cinemático	DD pseudodistância e fase	1 a 10 ppm
	RTK	DD pseudodistância e fase	1 a 10 ppm
DGPS	Convencional	Pseudodistância	1 a 3 m
	WDGPS	Pseudodistância	2 a 10 m
RTK em rede	Correções	DD pseudodistância e fase	cm
	VRS	DD pseudodistância e fase	cm



# Planejamento

(1/6)

- Seleção do local:
  - fácil acesso;
  - livre de obstáculos que possam obstruir os sinais;
  - raio de 50 m sem obstáculos artificiais para evitar multicaminho;
  - evitar locais próximos a estações de transmissão de microondas e outras que possam interferir nos sinais GPS;
  - estável;
  - disponibilidade de satélites (gráfico de PDOP).
- Materialização => “Padronização de marcos” - norma de serviço nº 001/2006 => [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)

# Planejamento

(2/6)

- Seleção e preparação do equipamento:
  - Escolha do equipamento:

Precisão requerida	DISTÂNCIA			
	< 10 km	10 km – 40 km	40 km a 100 km	> 100 km
Decamétrico ou pior	Navegação*	Navegação*	Navegação*	Navegação*
Sub-métrico ou pior	Topográfico	Topográfico	Geodésico	Geodésico
Decimétrico ou pior	Topográfico	Geodésico	Geodésico	Geodésico
Centimétrico ou melhor	Topográfico	Geodésico	Geodésico	Geodésico

- Preparação:
  - máscara de elevação;
  - DOP máximo;
  - desconsiderar satélites com mal funcionamento;
  - biblioteca de feições.

# Planejamento

(3/6)

- Escolha das estações de referência:
  - RBMC ou Rede GPS Estadual de Alta Precisão;
    - consulta ao BDG do SGB => [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br);
  - pelo menos 3 estações de referência;
  - RBMC:
    - verificar funcionamento das estações;
    - observar intervalo de coleta.
  - Rede GPS Estadual de Alta Precisão:
    - planejar utilização de estações reserva;
    - reconhecimento prévio.

# Planejamento

(4/6)

- Geometria da rede:
  - Conexão a estações de controle existentes:
    - utilizar 3 estações de controle.
  - Conexão entre estações novas:
    - utilizar 3 estações (novas ou de controle);
    - realizar mais de uma sessão independentes:
      - identificação de erro grosseiro.
    - Pelo menos uma linha de base comum entre as sessões
      - análise de variação de escala e orientação.
    - Figuras fechadas com lados de sessões independentes.

# Planejamento

(5/6)

- Observações de campo:
  - Estacionamento da antena:
    - uma das principais fontes de erro;
    - realizar mais de uma sessão para identificar erros.
  - Duração do rastreo:

Precisão requerida	DISTÂNCIA			
	< 10 km	10 km – 40 km	40 km a 100 km	> 100 km
Centimétrica	40min	1h a 1h20min	2hs	2hs + 1h para cada 100km adicional

- Taxa de observação:
  - 15 s => adequada para levantamentos estáticos;
  - taxas menores => levantamentos cinemáticos.

# Planejamento

(6/6)

- Observações de campo:
  - Dados meteorológicos:
    - Temperatura e pressão;
    - menor importância em levantamentos locais e regionais;
    - necessário em linhas de base mais longas que 100 km.
  - Anotações de campo:
    - Formulário padrão IBGE.
  - Avaliação da precisão:
    - avaliação dos equipamentos em uma rede de teste;
    - especificação dos fabricantes:
      - feita, geralmente, para o hemisfério norte;
      - condições ideais.

# Processamento

(1/6)

- Utilização de modelos matemáticos:
  - Integram: {
    - observação: pseudodistância ou fase da onda portadora;
    - informações do satélite: posição e erro do relógio
  - Possibilitam determinar: {
    - posição tridimensional da estação;
    - outros parâmetros (atmosfera);
    - qualidade dos parâmetros.
- Realizado com softwares apropriados:
  - pós-processado ou tempo real.
- Formato
  - RINEX
- Sistema de Referência:
  - Posicionamentos: absoluto, relativo;
  - SIRGAS-2000, SAD-69, WGS-84, PZ-90.

# Processamento

(2/6)

- Coordenadas preliminares:
  - Posicionamento por ponto: sistema definido pelas efemérides;
    - efemérides transmitidas:
      - GPS = WGS-84;
      - GLONASS = PZ-90.
    - efemérides precisas IGS - ITRF-YYYY.
  - Posicionamento relativo: influência do sistema definido pelas efemérides e do sistema definido pela estação de referência.
  - WGS-84 x SIRGAS2000

# Processamento

(3/6)

- Efemérides

- GPS:

Efemérides de Satélites GPS	Acurácia	Latência	Atualização	Intervalo de Amostra
Transmitida	~160 cm	Tempo real	-	Diário
Ultra-Rápida (metade predita)	~10 cm	Tempo real	Quatro vezes diária	15 minutos
Ultra-Rápida (metade observada)	<5 cm	3 horas	Quatro vezes diária	15 minutos
Rápida	<5 cm	17 horas	Diária	15 minutos
Final	<5 cm	~13 dias	Semanal	15 minutos

- GLONASS:

- Transmitidas

Componente do Erro	Erro Médio Quadrático (RMS)			
	Coordenadas Preditas (m)		Velocidade (cm/s)	
	GLONASS	GLONASS-M	GLONASS	GLONASS-M
Componente ao longo do caminamento	20	7	0,05	0,03
Componente transversal do caminamento	10	7	0,1	0,03
Componente Radial	5	1,5	0,3	0,2

- Precisas

Efemérides de Satélites GLONASS	Acurácia	Latência	Atualização	Intervalo de Amostra
Final	~15 cm	2 semanas	semanal	15 minutos

[http://igscb.jpl.nasa.gov/components/prods\\_cb.html](http://igscb.jpl.nasa.gov/components/prods_cb.html)

# Processamento

(4/6)

- Erros nas observáveis

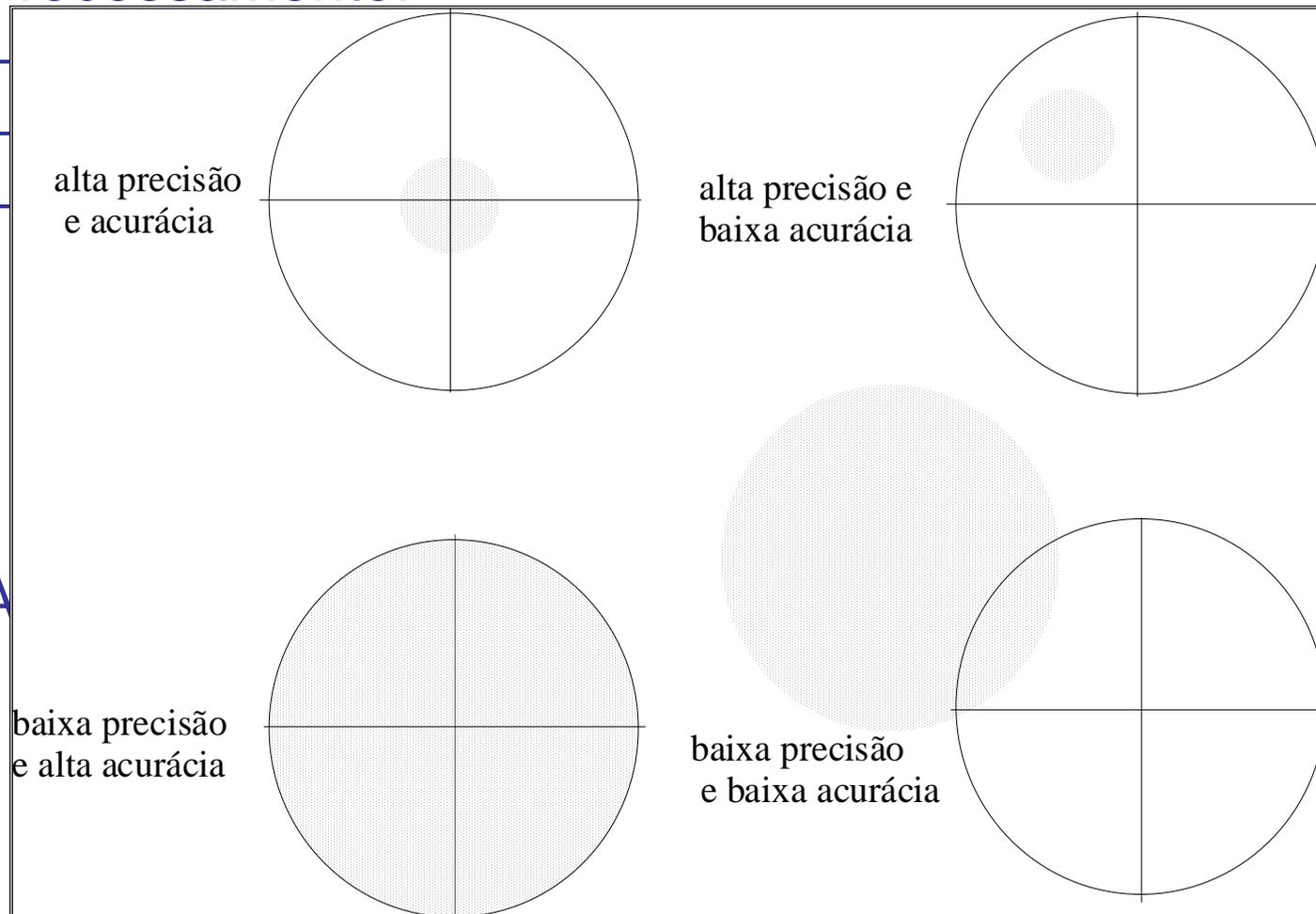
Fontes	Erros	Efeito	Correção/Atenuação
Satélite	Órbitas	~ 0 a 20 m	- órbita precisa; - posicionamento relativo;
Propagação e Estação	Multicaminhamento	~ 10 a 20 m	- antenas especiais; - máscara de elevação; - visadas livres;
	Perda de Ciclo		- visadas livres de obstrução; - tripla diferença de fase; - receptores/antenas;
	Refração Troposférica	~ 2 a 2,5 m	- modelos de troposfera; - posicionamento relativo; - linhas de base curtas;
	Refração Ionosférica	~ 18 m	- modelos de ionosfera; - posicionamento relativo; - dupla frequência; - linhas de base curtas;
Receptor/Antena	Centro de Fase	~ 10 a 15 cm	- modelos iguais de antenas; - arquivos de correção (NGS);

- posicionamento relativo em base curta;
- modelo regional;
- mapas globais da ionosfera.

# Processamento

(6/6)

- Processamento:



- A

# Integração ao SGB

(1/3)

- Ajustamento injuncionado:
  - posicionamento relativo em rede => uma estação injuncionada;
  - coordenadas dos satélites e da estação de referência devem estar no mesmo referencial geodésico;
  - análise do desvio-padrão das coordenadas;
  - proceder ajustamento da rede injuncionando-se todas as estações do SGB;
  - análise da unidade de variância a posteriori:
    - geralmente é necessário escalar o ajustamento

# Integração ao SGB

(2/3)

- Efemérides
  - WGS-84 ou ITRF;
- Parâmetros de transformação:
  - menos preciso;
  - SIRGAS2000 = WGS-84;
  - SAD 69 x SIRGAS2000

$$\Delta X = + 67,35 \text{ m}$$

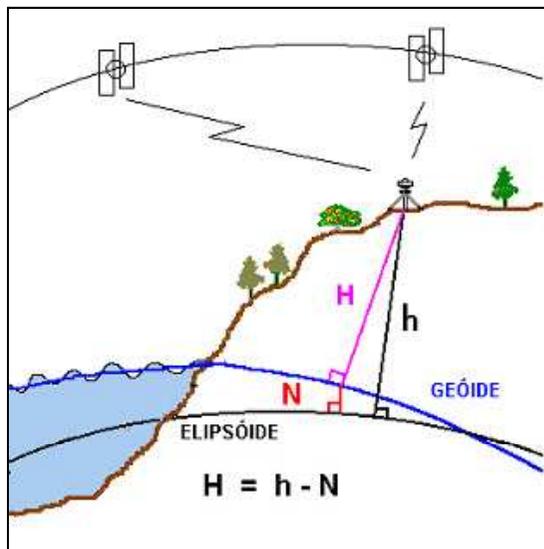
$$\Delta Y = - 3,88 \text{ m}$$

$$\Delta Z = + 38,22 \text{ m}$$

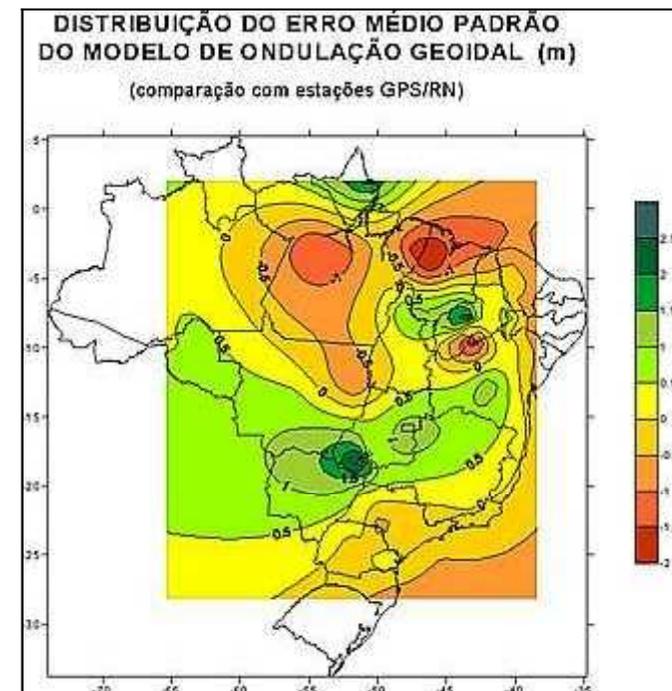
# Integração ao SGB

(3/3)

- Obtenção da altitude ortométrica



– MAPGEO2004 - [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)





## **2º ENCONTRO NACIONAL DE PRODUTORES E USUÁRIOS DE INFORMAÇÕES SOCIAIS, ECONÔMICAS E TERRITORIAIS**

Código da Atividade: **0553**

Tipo da Atividade: **Oficina**

Título da Atividade: **Normas e especificações para levantamentos GPS**

Nome do Palestrante: **Sônia Maria Alves Costa/Wagner Carrupt Machado**

Nome do Relator: **Wagner Carrupt Machado**

Lotação do Relator: **Gerência de Geodésia e Cartografia da UE / SC**

E-mail do Relator: **wagnercarrupt@ibge.gov.br**

Telefone do Relator: **(48) 3212 3284**

Data: **23/08/2006**

Horário de início: **13:00h**

Horário do término: **18:00h**

Existência de tradução simultânea/língua: **Não**

Público presente estimado: **60 pessoas**

### **INTRODUÇÃO:**

A coordenadora da atividade, Sônia Maria Alves Costa, iniciou a apresentação comunicando que a oficina seria um primeiro debate acerca do documento intitulado “Normas e especificações para levantamentos GPS” produzido sob sua coordenação. Destacou que o documento havia sido distribuído para alguns convidados e que as discussões seriam estendidas a todos os presentes. Em seguida, iniciou a apresentação com apoio de microcomputador e recursos áudio visuais (data show e microfone).

A apresentação, cujo objetivo era transmitir uma visão geral do documento preparado, foi dividida em duas partes e teve duração de trinta minutos. A primeira parte da apresentação foi realizada pela própria coordenadora, na qual foram expostos o objetivo do documento, conceitos básicos sobre o sistema GPS (*Global Positioning System*), com ênfase ao processo de modernização do mesmo, bem como do posicionamento pelo GNSS (*Global Navigation Satellite System*). Também foram apresentadas as características das principais técnicas de posicionamento. Na segunda parte, que foi realizada pelo Wagner Carrupt Machado, foram apresentadas informações sobre planejamento dos levantamentos, processamento dos dados e integração dos resultados ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB). Ao final da apresentação, a coordenadora iniciou as discussões sugerindo que os participantes que receberam previamente o documento iniciassem os questionamentos e sugestões.

Dos presentes, quatro haviam recebido o documento, a saber:

Prof. Mauro Pereira de Mello – UERJ

Eng. Agrimensor Roberto Tadeu Teixeira – SR/INCRA/SP

Prof. José Carlos Vasconcelos – UERJ

Prof. Leonardo Castro de Oliveira – IME

Prof. João Francisco Galera Monico – UNESP

Eng. Ademar – FURNAS

Prof. Marcelo Carvalho Santos – UNB Universidade de New Brunswick, Canadá

### **DEBATE / QUESTIONAMENTOS:**

O debate foi pautado, principalmente, nos comentários e sugestões dos profissionais que receberam o documento. Os assuntos debatidos abordaram a experiência na elaboração da “norma técnica para levantamento de imóveis rurais” do INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária) e a especificação/calibração de softwares de processamento e equipamentos. Além disso, foram discutidas questões sobre a formatação, organização e

conteúdo do texto, bem como sobre a elaboração de normas similares por diversos órgãos e a necessidade de criação de um comitê para consolidar a proposta de norma do IBGE.

Quanto à experiência do INCRA na elaboração da norma, foi destacado que os usuários contestam o fato do levantamento estar restrito a um raio de 20 km quando da utilização de receptores L1 e que a utilização de receptores L1/L2 não é a realidade da maioria dos usuários. Também foi questionada a competência para emissão de certificação de equipamentos e softwares, face a grande quantidade destes produtos disponível no mercado.

A coordenadora discorreu a respeito da preocupação de não se elaborar normas otimistas demais, onde os resultados não podem ser atingidos na realidade.

A questão da certificação dos equipamentos e softwares foi contestada pela plenária, onde foi afirmado que na realidade falta é a calibração dos equipamentos, a qual deve ser feita pelo próprio usuário (profissional). Além disso, foi destacado que os usuários devem estar preparados para analisar os resultados dos softwares.

Com relação à formatação, foi exposto que a proposta do IBGE não se apresentava com formato de norma. Quanto à organização do texto, foi observado que o mesmo apresenta leitura cansativa. Também foi chamada atenção para o fato dos erros que afetam o sistema GPS serem apresentados em três tabelas. No que diz respeito ao conteúdo, foram levantadas questões a respeito da definição de alguns termos.

A coordenadora apresentou sua preocupação com relação a padronização de terminologias e comentou que o documento final deveria ter ênfase em levantamentos para fins topográficos e geodésicos com GPS e informou que o IBGE tem muita experiência com levantamentos geodésicos e que necessitaria de auxílio de outras instituições para definição dos parâmetros para levantamentos topográficos. Também destacou que a questão de levantamentos de marco de azimute deve ser inserida no texto final.

Foi levantada a questão da elaboração de normas por diversos órgãos, tais como INCRA, IBAMA e FUNAI, onde foi demonstrada preocupação com a sobreposição dos mesmos. Foi discutido que os órgãos devem criar padrões e não normas. Nesta questão, a coordenadora sugeriu a criação de um comitê formado pelo IBGE, instituições acadêmicas e outros órgãos.

## **CONCLUSÃO:**

Será necessário revisar a formatação, organização e conteúdo do texto. No entanto, o principal objetivo da atividade foi alcançado com êxito, pois proporcionou uma primeira discussão com os usuários acerca do documento a ser publicado.

## **PROPOSTAS, SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES:**

Com intenção de ampliar a discussão foi decidido que os interessados em contribuir deveriam solicitar o documento através do e-mail: [geodesia@ibge.gov.br](mailto:geodesia@ibge.gov.br) e enviar suas sugestões até 30 de setembro de 2006.

Foram apresentadas várias sugestões, sendo elas:

- adotar os padrões preconizados pelas normas para elaboração de normas da ABNT;
- elaborar texto mais objetivo que proporcione consulta fácil e rápida aos profissionais através de diagramação/tabulação dos parâmetros de interesse;
- a parte informativa, capítulos 1 e 2, deve comparecer como anexo;
- agrupar os erros que afetam o GPS numa tabela única;
- definir qual termo será utilizado: GPS ou GNSS;
- alteração dos termos precisão por incerteza, acurácia por exatidão, taxa de observação por registro de observação e multicaminho por multicaminhamento;
- frisar que o PEC (Padrão de Exatidão Cartográfico) deve considerar todas as etapas da produção cartográfica e não somente o apoio de campo;

- alterar a classificação dos receptores de navegação, topográfico e geodésico para classificação quanto à observação (código C/A, L1, L1/L2);
- recomendar tipos de receptores;
- definir a diferença entre o capítulo posicionamento por ponto e a técnica de posicionamento por ponto pelo código C/A;
- inserir parâmetros (tolerâncias) mais claros;
- melhorar a classificação dos levantamentos, a exemplo dos antigos 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> ordem;
- adicionar a necessidade de captura de fotos do horizonte da estação na etapa de planejamento;
- contemplar levantamento de marco de azimute;
- incluir um glossário;
- criar um comitê junto a CONCAR para discussão e reavaliação do documento junto à sociedade.



**Wagner Carrupt Machado**  
**Relator**