

## **A implantação da estação geodésica SAT93788 como base para restituição fotogramétrica 1:10000, em SIRGAS2000, em Minas Gerais**

Aliane Maria Motta Baeta<sup>1</sup>  
Cláudia Constantina Saltarelli Saraiva<sup>1</sup>  
Lincoln Diniz Carvalho<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geociências Aplicadas - IGA  
30150-150 – Belo Horizonte - MG, Brasil  
cartografia@iga.br

**Abstract.** This paper reports the implantation and approval of a geodesic station that integrates the Brazilian geodesic system. The objective of this report is to provide the cartographic community with a methodology to be used, so that other institutions producing cartography can contribute with the density of the official geodesic net in Brazil and to produce quality cartography.

**Palavras-chave:** cartography, geodesy, photogrammetry, cartografia, geodésia, fotogrametria, estação geodésica, SIRGAS2000.

### **1. Introdução**

Para executar o apoio geodésico à pesquisa de construção do protótipo de mapeamento municipal para a unificação da base cartográfica no Estado, em SIRGAS2000, o Instituto de Geociências Aplicadas - IGA, órgão oficial de Geociências do Estado de Minas Gerais, implantou e homologou junto à Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, a estação geodésica SAT93788, integrada à rede geodésica brasileira. Esta estação serviu como base para os demais pontos que apoiaram a restituição fotogramétrica em escala 1:10000, primeira experiência de mapeamento municipal a ser realizada em SIRGAS2000 no país, nesta escala.

Além de suprir a necessidade do apoio geodésico à pesquisa, a implantação desta estação significou, para o IGA, o início do processo de densificação da rede geodésica brasileira em Minas Gerais que, por meio de homologação pelo IBGE, permite o acesso a dados de posicionamento para pesquisas na área de geodésia, cartografia e fotogrametria, bem como permite o acesso, sem custos, para os usuários das diversas áreas de engenharia e projetos.

O objetivo deste artigo é relatar a experiência de implantação desta estação, proporcionando à comunidade cartográfica uma metodologia a ser utilizada, de maneira que todos possam contribuir para a densificação da rede geodésica oficial no país.

### **2. Sistema geodésico brasileiro**

Segundo Monico (2000) a realização do sistema geodésico brasileiro se dá a partir de um conjunto de pontos geodésicos implantados na superfície terrestre limitado pela fronteira do país. As coordenadas destes pontos representam o controle horizontal e vertical necessários à localização e representação cartográfica no território brasileiro. O estabelecimento e manutenção destas informações são atribuições do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) por meio de seu Departamento de Geodésia (IBGE, 2000, p. 5).

O sistema geodésico brasileiro foi alterado em fevereiro de 2005 pelo Decreto Federal Nº 5334/2005, assinado em 06/01/2005 e publicado em 07/01/2005 no Diário Oficial da União, no qual foi estabelecida uma nova redação para as instruções reguladoras das normas técnicas da cartografia nacional. Os referenciais planimétrico e altimétrico para a cartografia brasileira

são aqueles definidos para o sistema geodésico brasileiro - SGB, estabelecido pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, com suas especificações e normas.

A Resolução IBGE Nº 1/2005 estabeleceu o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS), em sua realização do ano de 2000 (SIRGAS2000), como novo sistema de referência geodésico para o sistema geodésico brasileiro (SGB) e para o sistema cartográfico nacional (SCN).

Segundo Rodrigues (2002), para uma região ser mapeada, dentre outras aplicações da engenharia, é necessário definir, estabelecer e manter um sistema de referência que, para se tornar útil, prático e confiável, necessita de um conjunto maior de pontos, com densidade e espaçamento convenientes. Segundo o autor, a ausência de uma rede geodésica GPS oficial em Minas Gerais acarreta a existência de uma diversidade de redes que torna o sistema de mapeamento do Estado caótico, impreciso e oneroso.

O IBGE encontra-se em campanha pela reocupação da rede geodésica clássica brasileira. Para a finalidade de pesquisa, esta reocupação é de suma importância para o país. Entretanto, os marcos da rede clássica, por contingência da necessidade da intervisibilidade dos pontos, característica dos métodos de triangulação e poligonação, localizam-se em locais de difícil acesso, desprotegidos e destruídos por processos naturais ou vandalismo.

### 3. A implantação da estação geodésica

A decisão de se implantar uma estação geodésica no município de Itabira se deveu à inexistência de estações no novo referencial geodésico SIRGAS2000.

A escolha do local de implantação da estação teve como critério a garantia da qualidade do posicionamento por GPS para o qual, segundo Carvalho (1999) é recomendada a janela de observação de 15°, com o mínimo de obstáculos à recepção dos sinais de satélites e distantes das redes de alta tensão.

O local escolhido para a implantação do marco foi a área externa do Memorial Carlos Drummond de Andrade, que atendeu a todos os pré-requisitos, além de ser um local de fácil acesso, vigilância pública constante e com infra-estrutura existente no próprio centro de cultura.

### 4. Descrição do local e do marco geodésico

A estação geodésica, ou marco geodésico - denominação mais comum, foi implantada na área de desenvolvimento do protótipo: o município de Itabira, em Minas Gerais, localizado no quadrilátero ferrífero do Estado, entre as coordenadas 44°w/19°s e 43°w/20°s. A estação foi implantada na área do Memorial Carlos Drummond de Andrade, na encosta oeste do Pico do Amor, ponto estratégico de onde se tem uma visão panorâmica da cidade de Itabira, no Bairro Campestre, área urbana. Nesta área, a construção existente é o prédio do memorial, projetado pelo arquiteto Oscar Niemeyer e que ocupa uma área de 2.000 m<sup>2</sup>. O local possui telefone e encontra-se em permanente vigilância. A **Figura 1(a)** retrata a situação panorâmica do Memorial.

O Marco foi construído no formato de tronco de pirâmide, conforme está retratado na **Figura 1(b)**, com topo quadrangular de 20cm de aresta, obedecendo à instrução do documento “Padronização de Marcos Geodésicos NS.DGC-Nº29/88”, do IBGE. Sobre o marco foi cravada uma chapa de cobre, padronizada pelo IGA conforme retratado na **Figura 1(c)**, contendo inscrição gravada conforme está reproduzida pela **Figura 1(d)**.



(a)



(b)



(c)



d)

Figura 1: Visão panorâmica do local (a), marco implantado (b), chapa cravada (c) e inscrição na chapa (d).

O esquema ilustrativo da janela de observação da recepção do sinal, conforme **Figura 2**, demonstra o atendimento aos requisitos básicos descritos para a determinação do local de implantação do marco.

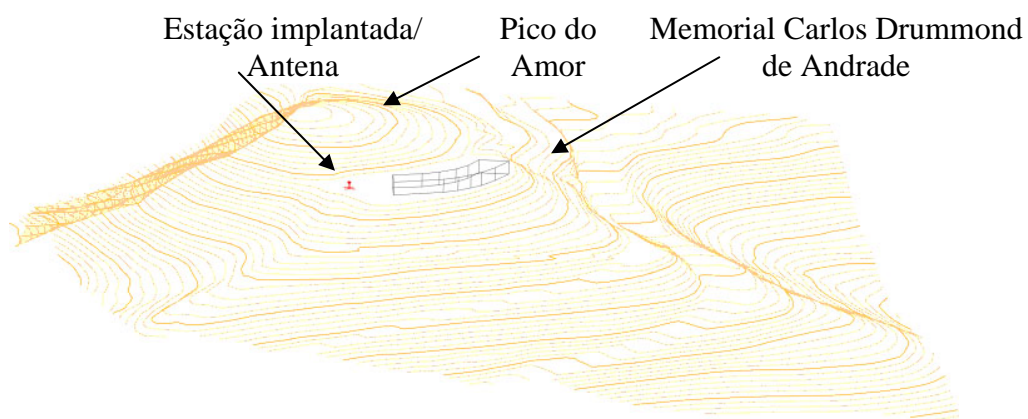


Figura 2: Croqui tridimensional da janela de observação da antena GPS

O croqui tridimensional com cotas, ilustrado pela **Figura 3**, confirma a favorável situação da janela de observação à recepção do sinal, no local escolhido.

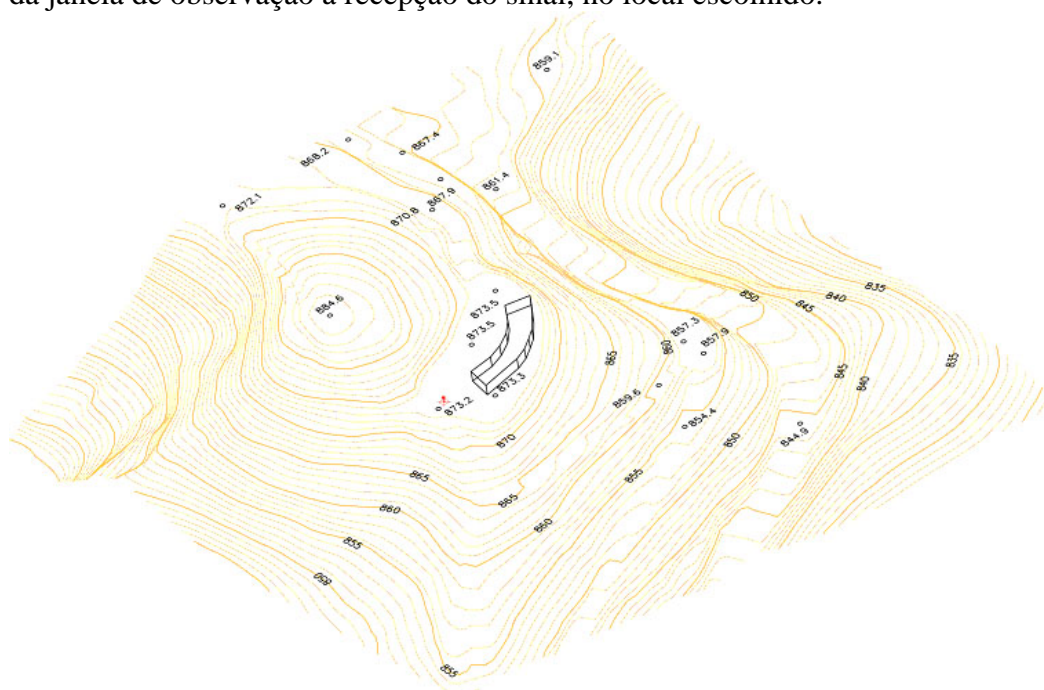


Figura 3: Croqui tridimensional, com cotas, da situação da antena no local escolhido.

Tem-se na **Figura 4(a)** o ângulo de visada entre a antena e o pico do amor e na **Figura 4(b)** o ângulo de visada entre a antena e o prédio do Memorial Carlos Drummond de Andrade.

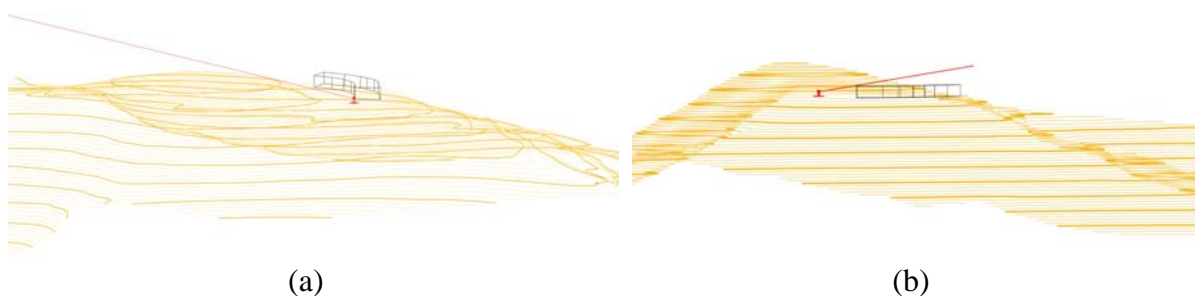


Figura 4: Croqui tridimensional do ângulo de visada da antena em relação ao Pico do Amor (a) e em relação ao prédio do Memorial Carlos Drummond de Andrade (b).

## 5. Metodologia da coleta dos arquivos GPS

A coleta dos arquivos de observação da estação implantada foi realizada pelo rastreamento de três receptores geodésico de dupla frequência GPS, receptores SVA05010137, SVA05010003 e SVA05010127, da marca *NovAtel DL-4Plus L1L2S* conforme pode ser visualizado na **Figura 5**.



Figura 5: Receptor *DL-4plus*

A antena GPS utilizada foi a GPS-702 (*NovAtel*), orientada para o norte. A medida inclinada da altura da antena é corrigida no pós-processamento dos arquivos de observação, a partir dos parâmetros da antena do equipamento utilizado. É fundamental apresentar o esquema de tomada da altura da antena para que o IBGE proceda corretamente o processamento dos dados coletados.

Podem ser visualizadas, na **Figura 6(a)**, a antena GPS-702 (*NovAtel*), na **Figura 6(b)** o esquema ilustrativo da altura da antena e na **Figura 6(c)** o plano de referência tomado para a definição da altura da antena GPS.

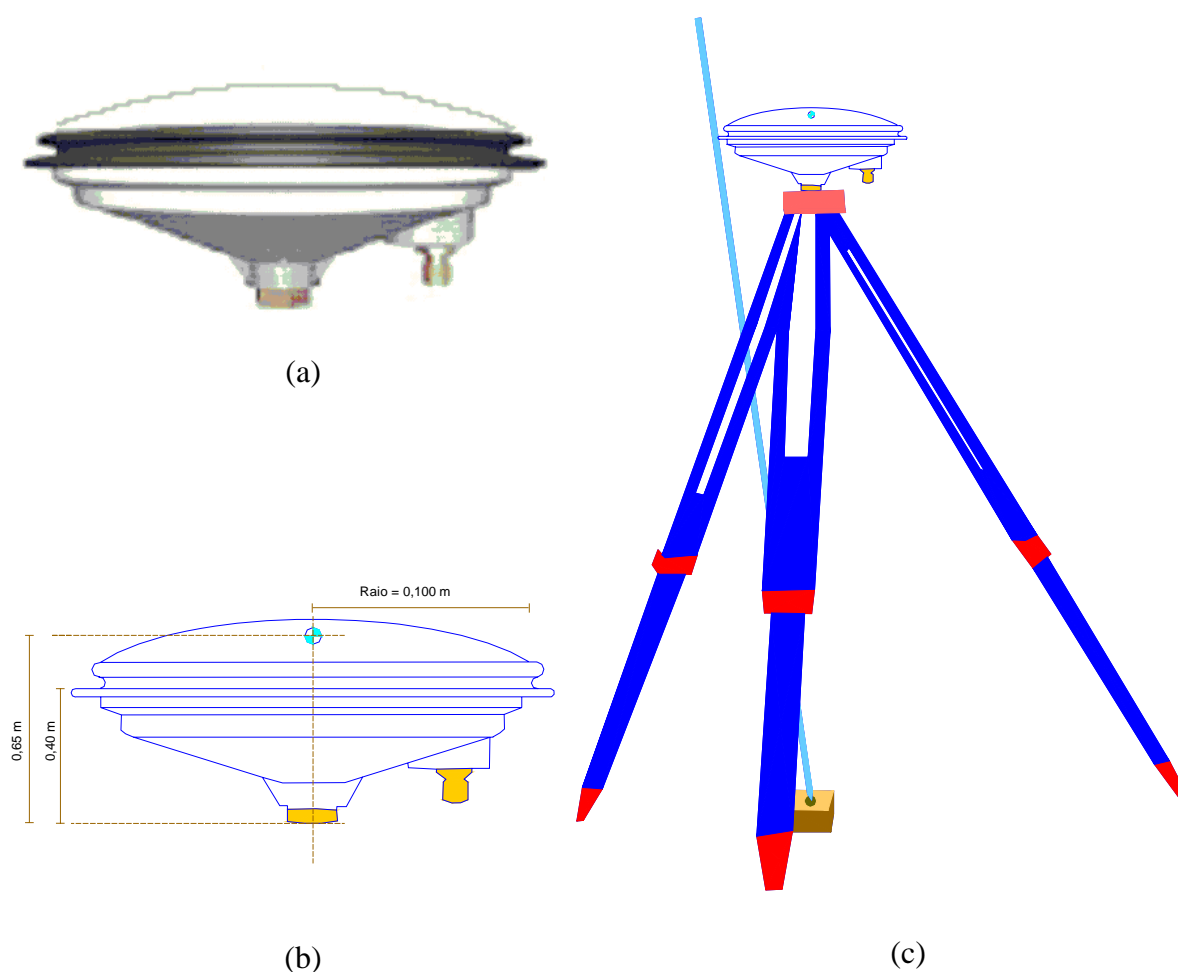


Figura 6: Visualização da antena GPS-702 *NovAtel* (a), esquema ilustrativo da medição da altura da antena GPS (b) e plano de referência tomado para a definição da altura da antena GPS (c)

Do total de arquivos coletados, foram selecionados onze arquivos de rastreamento, em dias não consecutivos, para remessa ao IBGE: dois arquivos coletados pelo receptor SVA05010137, um arquivo coletado pelo receptor SVA05010003 e oito arquivos coletados pelo receptor SVA05010127. Esses arquivos foram selecionados em função do atendimento a 6 horas mínimas de rastreamento, por no mínimo 4 dias, conforme estabelecido pelo IBGE. A **Tabela 1** apresenta o esquema dos arquivos de rastreamento enviados ao IBGE para a ocupação da estação geodésica, com as observações realizadas pelos três receptores, cujos números de série e o esquema de altura de antena encontram-se descritos detalhadamente.

**Tabela 1:** Numeração de receptor geodésico e esquema de altura de antena

N.Serial do Receptor: SVA05010003		N.Serial do Receptor: SVA05010127		N.Serial do Receptor: SVA05010137	
Arquivo de Observação	Altura da Antena (m)	Arquivo de Observação	Altura da Antena (m)	Arquivo de Observação	Altura da Antena (m)
182.130.050	1,445	162.200.050	1,385	212.650.050	1,43
		162.210.050	1,43	212.700.050	1,45
		162.220.050	1,455		
		162.230.050	1,405		
		162.370.050	1,5		
		162.550.050	1,465		
		162.560.050	1,41		
		162.570.050	1,415		

Os arquivos *RINEX*, juntamente com o relatório e croquis aqui expostos foram enviados ao IBGE em outubro de 2005, com a solicitação de homologação. Os arquivos *RINEX* enviados foram processados pelo IBGE segundo padrões estabelecidos, no programa *Bernese*, o que resultou na homologação do marco, em novembro de 2005, conforme relatório emitido, ilustrado na **Figura 7**:

IBGE		Relatório de Estação Geodésica	
Estação :	93788	Nome da Estação :	93788
Município :	ITABIRA	Tipo :	Estação Planimétrica - SAT
Última Visita :	21/11/2005	Situação Marco Principal :	Bom
		UF :	MG
<b>DADOS PLANIMÉTRICOS</b>		<b>DADOS ALTIMÉTRICOS</b>	
Latitude	19 ° 36 ' 56,1899 " S	Altitude Ortométrica(m)	875,34
Longitude	43 ° 13 ' 16,4054 " W	Altitude Geométrica(m)	877,88
Fonte	GPS Geodésico	Fonte	GPS Geodésico
Origem	Ajustada	Data Medição	21/11/2005
S Datum	SAD-69	Data Cálculo	21/11/2005
A Data Medição	21/11/2005	Sigma Altitude Geométrica(m)	
D Data Cálculo	21/11/2005	Modelo Geoidal	MAPGEO2004
6 Sigma Latitude(m)	0,004		
9 Sigma Longitude(m)	0,004		
UTM(N)	7.830.074,770		
UTM(E)	686.540,830		
MC	-45		
<b>DADOS GRAVIMÉTRICOS</b>			
		Gravidade(mGal)	
		Sigma Gravidade(mGal)	
		Precisão	
		Datum	
		Data Medição	
		Data Cálculo	
		Correção Topográfica	
		Anomalia Bouguer	
		Anomalia Ar-Livre	
		Densidade	
<b>DADOS PLANIMÉTRICOS</b>		<b>DADOS ALTIMÉTRICOS</b>	
Latitude	19 ° 36 ' 57,9118 " S	Altitude Ortométrica(m)	875,22
S Longitude	43 ° 13 ' 17,8880 " W	Altitude Geométrica(m)	864,96
I Fonte	GPS Geodésico	Fonte	GPS Geodésico
R Origem	Ajustada	Data Medição	21/11/2005
G Datum	SIRGAS2000	Data Cálculo	21/11/2005
A Data Medição	21/11/2005	Sigma Altitude Geométrica(m)	0,004
S Data Cálculo	21/11/2005	Modelo Geoidal	MAPGEO2004
2 Sigma Latitude(m)	0,001		
0 Sigma Longitude(m)	0,001		
0 UTM(N)	7.830.029,765		
0 UTM(E)	686.496,404		
MC	-45		
* Último Ajustamento Planimétrico Global SAD-69 em 15/09/1996			
** Último Ajustamento Planimétrico SIRGAS2000 em 23/11/2004			
<b>LOCALIZAÇÃO</b>			
PICO DO AMOR, NO BAIRRO CAMPESTRE.			
<b>DESCRIÇÃO</b>			
FORMATO DE TRONCO PIRAMIDAL, COM TOPO QUADRANGULAR DE 20 CM DE ARESTA.			
<b>ITINERÁRIO</b>			
PRÓXIMO AO MEMORIAL CARLOS DRUMMOND DE ANDRADE, NA ENCOSTA OESTE DO PICO DO AMOR, EM ÁREA URBANA.			
<b>OBSERVAÇÃO</b>			
NO LOCAL, ENCONTRA-SE EM PERMANENTE VIGILÂNCIA E POSSUI OS SEGUINTE TELEFONES: (031) 38311553 OU (031) 38317475.			

**Figura 7:** Relatório da estação homologada pelo IBGE

O IBGE vem disponibilizando, em sua página na Internet, as instruções para a homologação e integração ao sistema geodésico brasileiro as estações determinadas por outras instituições, para o que a coordenação de geodésia do IBGE estabelece os critérios técnicos a serem seguidos.

## 6. Conclusão

O estabelecimento de parcerias entre o IBGE, órgãos públicos e demais produtores de cartografia é necessário para a densificação da rede em todo o território brasileiro, de dimensão continental. O IGA, parceiro natural do IBGE no projeto da rede SIRGAS em Minas Gerais, está atento a esse trabalho em duas frentes: a reocupação dos marcos da rede clássica com a tecnologia GPS e a implantação de novos marcos que subsidiem o mapeamento do Estado.

Sobretudo, é importante enfatizar o potencial do mapeamento municipal, que vem se configurando como um caminho viável para a atualização cartográfica no país, uma vez que recursos municipais têm sido empregados na contratação de cartografia. Neste sentido, recomenda-se atenção especial à implantação da base de apoio às restituições fotogramétricas, consolidando procedimentos que possibilitem a integração de marcos à rede geodésica brasileira, densificando a rede SIRGAS, atuando efetivamente na construção de produtos de qualidade posicional e ajustados ao sistema geodésico vigente.

## Referência

### Livro:

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS : Descrição, fundamentos e aplicações**. São Paulo: Editora UNESP, 2000. 287 p.

### Teses:

CARVALHO, L. D. **Análise das técnicas GPS para os posicionamentos estáticos e cinemáticos em bases curtas**. 1999. 139p. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas). Departamento de Geomática. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1999.

COSTA, S. M. A. **Integração da Rede Geodésica Brasileira aos sistemas de referência terrestres**. 1999. Curitiba, 1999. 157 p. Tese (Doutorado em Geociências) - Departamento de Geomática. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

DALAZOANA, R. **Implicações na cartografia com a evolução do sistema geodésico brasileiro e a futura adoção do SIRGAS**. 2001. 122p. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

RODRIGUES, D. R. **Rede geodésica de precisão no Estado de Minas Gerais: avaliação de diferentes estratégias de processamento e ajustamento**. 2002. 223p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

### Relatórios técnicos:

IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Proposta preliminar para a adoção de um referencial geocêntrico no Brasil**. Documento preliminar - texto para discussão. Grupos de Trabalho I e II. Rio de Janeiro, Outubro de 2000. 30 p.

### Referência de Internet:

BRASIL. Presidência da República. **Decreto Nº 5.334**, de 6 de janeiro de 2005. Disponível em: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/pmrg/legislacao/NDecreto\\_5334\\_06jan2005.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/pmrg/legislacao/NDecreto_5334_06jan2005.pdf)>. Acesso em: 10 mar. 2006.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto-Lei Nº 243**, de 28 de fevereiro de 1967. Disponível em: <<http://www.concar.ibge.gov.br/indexe637.html?q=node/134>>. Acesso em: 06 nov. 2006.

IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Resolução da presidência. R.PR 1/2005**, de 25 de Fevereiro de 2005. Disponível em: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/pmrg/legislacao/RPR\\_01\\_25fev2005.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/pmrg/legislacao/RPR_01_25fev2005.pdf)>. Acesso em: 10 mar. 2006.

IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Padronização de marcos geodésicos NS.DGC-Nº29/88**. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/pdf/padronizacao\\_marcos.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/pdf/padronizacao_marcos.pdf). Acesso em: 13 jul. 2005.

IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Instruções para homologação de estações estabelecidas por outras instituições**. Disponível em: [ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/pdf/Homologacao\\_de\\_marcos.pdf](ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/pdf/Homologacao_de_marcos.pdf). Acesso em: 06 nov. 2006.