

# EVOLUÇÃO DO SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO - RAZÕES E IMPACTOS COM A MUDANÇA DO REFERENCIAL

**Sonia Maria Alves Costa**

**Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**

Av. Brasil 15671, Parada de Lucas, Rio de Janeiro, RJ. CEP: 21241-000

e-mail: soniamaria@ibge.gov.br

## O NOSSO PASSADO - RETROSPECTIVA

Durante quatro décadas foram utilizados procedimentos e instrumental hoje considerados como “clássicos” em Geodésia, uma vez que era o que havia de mais preciso neste período. No princípio foram estabelecidas as grandes cadeias de triangulação, posteriormente iniciou-se a densificação através do método da poligonação. O instrumental usado na época era teodolitos e medidores eletrônicos de distância, como por exemplo o teodolito Wild T3 e o distanciômetro AGA-600, respectivamente. Na década de 70 iniciaram-se as operações de rastreamento de satélites artificiais do sistema TRANSIT, cujo controle pertencia à marinha americana. Através desta técnica, que utilizava o efeito Doppler, foram realizadas medições inicialmente sobre estações que formavam a rede geodésica de alta precisão, com o propósito de estimar parâmetros de transformação entre o SAD69 e os referenciais adotados no sistema TRANSIT. Posteriormente, esta metodologia foi aplicada no estabelecimento de estações na região amazônica onde os procedimentos clássicos eram impraticáveis. Desde 1991, com a aquisição de quatro receptores geodésicos TRIMBLE 4000 SST, o IBGE passou a utilizar as técnicas associadas ao sistema de Posicionamento Global (GPS) nos trabalhos geodésicos.

A evolução não está presente somente no instrumental e nos métodos de levantamento, mas também nos métodos de ajustamento e sistemas de referência aos quais as coordenadas eram referidas. O primeiro ajustamento foi realizado pelo método das equações de observação, sendo referido ao sistema Córrego Alegre. Nesta época, não havia ainda a disponibilidade de sistemas computacionais que agilisassem os trabalhos de cálculo. O segundo ajustamento foi dividido em duas fases, ambas realizadas em sistemas computacionais. Na primeira fase, realizada pela então Agência Cartográfica do Departamento de Defesa Norte-americano (Defense Mapping Agency - DMA), por ocasião da definição do SAD69, foi utilizado o sistema computacional denominado HAVOC (*Horizontal Adjustment by Variation of Coordinates*). Na segunda fase, os novos levantamentos geodésicos foram ajustados no programa USHER (*Users System for Horizontal Evaluation and Reduction*) utilizando a técnica “*piece meal*” [Caddess, 1991]. Ao longo de 20 anos essa técnica foi aplicada na integração dos novos levantamentos. Ela não é recomendável, pois considera fixas as coordenadas das estações já existentes, sendo uma das causas das distorções encontradas na rede de alta precisão. Consequentemente, se por algum motivo as coordenadas das estações existentes apresentarem algum tipo de erro, seja ele de origem sistemática ou randômica, este se propaga às coordenadas do novo levantamento. De qualquer forma, esta era a única alternativa de integração de levantamentos disponível.

Em 1996 a rede geodésica foi reajustada simultaneamente graças à utilização da técnica de *Helmert Blocking*, disponível no sistema GHOST (*Geodetic Adjustment using Helmert Blocking of Space and Terrestrial data* - o mesmo sistema de ajustamento utilizado pelos canadenses no projeto NAD83) (Beattie, 1987). Neste ajustamento, os parâmetros definidores do SAD69 foram mantidos,

e todas as observações da rede foram utilizadas. Na conclusão deste ajustamento pôde-se fazer uma análise das distorções existentes na rede, seu nível de propagação e em que áreas eram mais críticas. Além disso, foi realizada uma análise estatística completa, utilizando-se os erros absolutos das coordenadas, mapeados através dos desvios padrão e suas elipses absolutas de erros. Os erros relativos entre as estações também foram estimados segundo vários critérios.

A crescente utilização do GPS nos levantamentos geodésicos conduziu à necessidade de adoção de sistemas de referência geocêntricos. O sistema de navegação por satélites GPS utiliza o *World Geodetic System 1984* (WGS84) como referência. Ele é representado por um elipsóide cuja posição, orientação e dimensões melhor se ajustam ao geóide de uma forma global. O sistema foi desenvolvido a partir de observações gravimétricas terrestres e observações a satélites. Os parâmetros geométricos do elipsóide WGS84 são idênticos aos do Sistema Geodésico de Referência 1980 - GRS80, com exceção do achatamento, que apresenta uma ligeira diferença desprezível do ponto de vista prático.

Através de uma cooperação entre os países da América do Sul, representados por suas agências nacionais, e instituições internacionais, sob o patrocínio da IAG (International Association of Geodesy), IPGH (Instituto Pan-americano de Geografia e História) e NIMA (National Imagery and Mapping Agency), criou-se em outubro de 1993 o projeto Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul - SIRGAS, com o principal objetivo de estabelecer um sistema de referência geocêntrico para a América do Sul. O IBGE foi escolhido como escritório central do projeto, principalmente pela ativa participação em trabalhos geodésicos a nível nacional e internacional. O Brasil tem participado de todas atividades do projeto, ocupando a presidência do comitê e outras posições nos grupos de trabalho. Além disso, participa ativamente no estabelecimento da rede GPS de alta precisão no continente e como banco de dados e centro de processamento do projeto.

As técnicas espaciais de posicionamento atualmente em uso, particularmente o GPS, podem atingir precisões que tornam necessários novos procedimentos para a manutenção e acesso às redes de referência terrestres. Assim sendo, uma nova componente, o tempo, passa a ser necessária para a manutenção destes sistemas. Deste modo, um referencial é materializado através de um conjunto de estações cujas coordenadas e velocidades são referidas a uma determinada época. Com esta característica “dinâmica”, foi criado em 1988 o *IERS (International Earth Rotation Service) Terrestrial Reference System* (ITRS) com propósitos científicos de estudo do movimento de rotação terrestre, do movimento de placas tectônicas continentais e monitoramento do nível médio dos mares. A materialização do ITRS é dada pelo ITRF<sub>yy</sub> (*IERS Terrestrial Reference Frame, referido ao ano 'yy'*), sendo a cada ano gerada uma nova solução composta por coordenadas e velocidades para as estações que compõem a rede.

O estabelecimento da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo do Sistema GPS - RBMC - foi outro passo de grande importância para a Geodésia a nível nacional. Esta rede é atualmente composta por 13 estações, sendo 9 delas coincidentes com estações SIRGAS, fornecendo assim todas informações necessárias para a integração do SGB aos sistemas de referência terrestres internacionais, para o acompanhamento das variações de coordenadas (velocidades) das estações devido aos fenômenos descritos acima, além de levar o novo conceito de estação “ativa” ao SGB.

Como consequência deste desenvolvimento tecnológico, a mudança de sistemas de referência regionais/locais para os sistemas de referência geocêntricos/globais torna-se necessária e inevitável, trazendo assim grandes benefícios e vantagens, dentre as quais pode-se citar: alcance de precisões a níveis muito melhores que no passado, compatibilidade de informações a nível

internacional, maior confiabilidade nos resultados e, principalmente, uma maior facilidade para os usuários quando da integração de novos levantamentos ao SGB.

## **EXEMPLOS DE SISTEMAS DE REFERÊNCIA INTERNACIONAIS E SUAS MATERIALIZAÇÕES**

O objetivo desta seção é apresentar alguns dos sistemas e estruturas de referência atualmente em uso pela comunidade internacional, os quais vêm gerando nas últimas décadas uma revolução na concepção dos referenciais geodésicos. A utilização de satélites artificiais nos últimos 30 anos para aplicações de posicionamento e navegação possibilitaram o desenvolvimento prático dos sistemas de referência geocêntricos, como por exemplo o WGS84 e o ITRFyy em suas diversas realizações e densificações.

### **WGS84**

O WGS84 é a quarta versão de sistema de referência geodésico global estabelecido pelo U.S. Department of Defense (DoD) desde 1960 com o objetivo de fornecer o posicionamento e navegação em qualquer parte do mundo, através de informações espaciais [MALYS & SLATER, 1994]. Na época de sua criação o sistema fornecia precisão métrica em função da limitação fornecida pela técnica observacional utilizada, o posicionamento Doppler. Por esta razão, uma série de refinamentos foram feitos ao WGS84 nos últimos anos com o objetivo de melhorar a precisão de sua versão original [NIMA, 1997].

A rede terrestre de referência do WGS84 foi originalmente estabelecida em 1987, contando somente com coordenadas de 10 estações, obtidas através de observações Doppler (posicionamento isolado) e efemérides precisas [KOUBA e POPELAR, 1995]. Nesta solução, a precisão das coordenadas era de 1-2 metros, refletindo, assim, as limitações nas técnicas utilizadas. Isso é comprovado através de estudos que demonstraram um erro sistemático (atribuído à limitada precisão fornecida pelo sistema Doppler) na altitude elipsoidal comparando os valores obtidos por GPS e Doppler. As melhorias na precisão do sistema WGS84 foram alcançadas através da adoção da técnica GPS nas 10 estações de controle (rede WGS84 - GPS) para a geração das órbitas operacionais e parâmetros dos relógios dos satélites .

O primeiro refinamento foi obtido através de uma nova materialização do sistema, desta vez com 32 estações (10 estações DoD correspondentes à rede de referência WGS84 original -GPS- e mais 22 estações pertencentes a rede IGS) [SWIFT,1994]. Esta solução recebeu a denominação de WGS84 (G730) (época de referência 1994,0), sendo utilizada nas órbitas operacionais dos satélites GPS de 29 junho de 1994 à 29 de janeiro de 1997. A letra G significa que neste refinamento foi utilizada a técnica GPS e '730' se refere à semana GPS desta solução. A precisão atingida nas coordenadas, em cada componente, foi da ordem de 10 cm ( $1\sigma$ ) para estações permanentes DoD [NIMA, 1997]. Esta solução possui uma consistência com o ITRF92 ao nível de 10 cm [NIMA, 1997].

O segundo refinamento foi um trabalho que envolveu três instituições: NIMA, NASA Goddard Space Flight Center (GSFC) e Ohio State University. O resultado foi o desenvolvimento de um novo modelo global do campo gravitacional terrestre, denominado EGM96 [NIMA, 1997]. O refinamento do modelo gravitacional foi conseguido graças a uma enorme quantidade de dados de posicionamento preciso por satélites, observações terrestres de gravidade, observações altimétricas por satélites, tais como GEOSAT, ERS-1 e TOPEX/POSEIDON. Sendo assim, o EGM96 assumiu o lugar do modelo gravitacional WGS84 criado há mais de 10 anos. Mais uma vez, foi estabelecida

uma nova materialização da rede terrestre de referência WGS84, recebendo a denominação WGS84 (G873), referida à semana GPS 873 (época de referência 1997,0). As componentes das coordenadas destas estações foram determinadas com uma precisão absoluta de 5 cm ( $1\sigma$ ) [NIMA,1997]. Esta versão foi implementada no segmento de controle operacional em 29 de janeiro de 1997, sendo utilizada até o presente momento. Extensivas comparações diárias de efemérides precisas WGS84 (G873) com as efemérides IGS/ITRF94 revelam diferenças sistemáticas inferiores a 2 cm entre as duas materializações [NIMA, 1997]. Deve-se ter em mente que as efemérides representam a materialização de um sistema de referência, a qual difere muito pouco da sua correspondente projeção obtida a partir de estações na Terra. Os refinamentos na rede de referência WGS84 se traduzem em diferenças no posicionamento inferiores a 30 cm. Estas diferenças para utilização na cartografia (em geral) ou navegação podem ser desprezadas [NIMA,1997].

O NIMA reconhece que novas realizações da rede de referência são necessárias, garantindo assim uma maior confiabilidade ao sistema. Na TABELA 1, podem ser vistas em linhas gerais as diferenças entre as versões do WGS84. Os parâmetros de transformação entre o WGS84 (original) materializado por Doppler e o WGS84(G730) podem ser vistos na TABELA 2, bem como os valores obtidos entre o WGS84(G730) e ITRF92.

TABELA 1 - *Diferenças entre as versões WGS84.*

Versão	Sistema utilizado na materialização	Número de estações utilizadas na materialização	Modelos gravitacionais da Terra	Períodos de Utilização
WGS84	TRANSIT(NSWC 9Z-2 )	10	WGS84	01/01/1987 à 01/01/1994
WGS84(G730)	GPS	10	WGS84	02/01/1994 à 28/09/1997
WGS84(G873)	GPS	12	EGM96	a partir de 29/09/1997

TABELA 2 - *Parâmetros de transformação entre o WGS84 (original-doppler) e WGS84 (G730), época 1988,0 e parâmetros entre WGS(G730) e ITRF92.*

Parâmetro	WGS84(original) X WGS84(G730)	WGS84(G730) X ITRF92
Translação em X	-4 cm	-0,9 cm
Translação em Y	-1 cm	0,8 cm
Translação em Z	-28 cm	-2,3 cm
Escala	-21,8 ppb**(-139 cm no diâmetro equatorial)	7,6 ppb
Rotação em X	4,2 mas *	-3,6 mas
Rotação em Y	-4,0 mas	0,6 mas
Rotação em Z	-15,6 mas(-48 cm no equador)	3,1 mas

\*milésimos de arco de segundo

\*\* partes por bilhão

## ITRF – INTERNATIONAL TERRESTRIAL REFERENCE FRAME

Sempre na busca de se definir sistemas de referência de alta precisão, a comunidade científica concebeu, na década de 80, a primeira versão de um referencial que seria o produto da combinação

das técnicas de posicionamento mais precisas e disponíveis naquele momento, sendo elas: VLBI (Very Long Baseline Interferometry), SLR (Satellite Laser Range), LLR (Lunar Laser Range) e Doppler, seguindo as resoluções da UGGI (International Union of Geodesy and Geophysics) e IAU (International Astronomical Union). Em 1988, com a criação do International Earth Rotation Service - IERS foi estabelecido um sistema de referência terrestre denominado ITRF88. Desde esta época, o IERS vem estabelecendo anualmente, versões atualizadas destes sistemas de referência, através de novas realizações. Em 1991, o IERS incluiu observações GPS na solução ITRF e em 1994 foi a vez da inclusão das observações oriundas da técnica DORIS (Doppler Orbitography and Radiolocation Integrated by Satellite). Com o estabelecimento do International GPS Service (IGS) em 1994, o ITRF está diretamente acessível aos usuários de todo o mundo através das órbitas (rápidas e combinadas), dos erros dos relógios dos satélites GPS e das coordenadas/velocidades das estações da rede global IGS (International GPS Service).

A facilidade proporcionada pelo IGS na obtenção de soluções ITRF, mediante a utilização de seus produtos, associada à popularização do GPS, fomentaram as densificações dos ITRFyy através dos sistemas de referência regionais, em fase de implementação por países de todo o mundo. Dois exemplos de redes regionais são EUREF (European Reference Frame) e SIRGAS.

A versão atual do ITRF, recebe a denominação de ITRF97, a qual possui na sua solução mais de 500 estações em 314 localidades, proporcionando, assim, uma cobertura global. Consequentemente, o ITRF97 é considerado o sistema de referência mais preciso da série. As velocidades das estações também são determinadas com alta precisão, possibilitando determinações de modelos cinemáticos de movimento de placas livre de qualquer suposição geológica. Em definição, não existem diferenças entre as versões 94, 96 e 97. A única diferença está na quantidade de estações e metodologia de ajustamento. Todas as versões de referenciais ITRF são consistentes em poucos centímetros. Na prática, essas diferenças são irrelevantes.

A TABELA 3 contém algumas particularidades das diversas versões ITRFyy, enquanto na TABELA 5 são fornecidos os parâmetros de transformação do ITRF94 com as versões anteriores ITRF. Até o momento, o IERS não publicou oficialmente parâmetros de transformação do ITRF97 para as versões anteriores. Existem apenas parâmetros de transformação entre o ITRFyy com a solução individual de cada técnica espacial utilizada na solução combinada.

TABELA 3 - Versões do ITRF e suas particularidades.

Versão (época de referência)	Número de Soluções Utilizadas						Modelo de Movimento de Placas	Número de estações
	VLBI	SLR	LLR	GPS	DORIS	Multi - Technique <sup>1</sup>		
ITRF-0(1988,0)	2	2	-	-	-	-	AM0-2	
ITRF88(1988,0)	6	5	4	-	-	-	AM0-2	
ITRF89(1988,0)	4	6	2	-	-	-	AM0-2	
ITRF90(1988,0)	4	7	2	-	-	-	AM0-2	121
ITRF92(1988,0)	5	6	3	6	-	-	NNR NUVEL1	152
ITRF93(1993,0)	6	4	4	1	-	-	NNR NUVEL1A	157
ITRF94(1993,0)	4	2	-	3	3	-	NNR NUVEL1A	201
ITRF96(1997,0)	4	2	-	8	3	-	NNR NUVEL1A	290
ITRF97(1997,0)	4	5	-	6	3	1	NNR NUVEL1A	314

TABELA 5 - Parâmetros de transformação<sup>2</sup> do ITRF94 com relação as outras soluções ITRFyy.

Sistema de Coordenadas (datum)	T1 (cm)	T2 (cm)	T3 (cm)	Esc. (ppb)	R1 (mas)	R2 (mas)	R3 (mas)	Época
ITRF88	1,8	0,0	-9,2	7,4	0,1	0,0	0,0	1988,0
ITRF89	2,3	3,6	-6,8	4,3	0,0	0,0	0,0	1988,0
ITRF90	1,8	1,2	-3,0	0,9	0,0	0,0	0,0	1988,0
ITRF91	2,0	1,6	-1,4	0,6	0,0	0,0	0,0	1988,0
ITRF92	0,8	0,2	-0,8	-0,8	0,0	0,0	0,0	1988,0
ITRF93	0,6	-0,5	-1,5	0,4	-0,39	0,80	-0,96	1988,0

fonte: [MCCARTHY, 1996].

### SITUAÇÃO ATUAL NA CONTEXTO INTERNACIONAL

A situação dos países em qualquer continente não é diferente. A popularização da tecnologia GPS, bem como a deficiência encontrada na materialização dos antigos referenciais e as dificuldades encontradas em integrá-los, induziram a uma convergência global de diretrizes e objetivos. Em alguns países, como, por exemplo, Estados Unidos e Canadá, a implementação e adoção de um novo referencial foi iniciada na década de 80 e, hoje, ambos países estão na segunda versão de referencial geocêntrico. As diferenças encontradas entre a antiga versão, ainda injuncionada pelo Doppler e fundamentada no WGS84, e a atual, injuncionada no ITRF e fundamentada no GRS80, chegam a 2 metros. Na verdade, este valor era esperado, considerando que as diferenças entre o WGS84 (original) e o atual em operação é da ordem do metro. Para a cartografia, em escalas topográficas, estas diferenças são desprezíveis. No caso da cartografia cadastral em grandes escalas, onde estas diferenças são perceptíveis, ambos países desenvolveram ferramentas que possibilitam a transformação entre a versão antiga do referencial e a nova. Na Austrália e Nova Zelândia este processo foi iniciado na década de noventa, contando integralmente com o apoio de todos os segmentos da sociedade que fazem uso das informações georeferenciadas. Da mesma forma que Canadá e Estados Unidos, estes dois países disponibilizam todos os tipos de informações e ferramentas para os usuários, além da realização de um trabalho educacional relacionado às mudanças.

No caso da Grã-Bretanha, a adoção de um referencial geocêntrico foi parcial. Os ingleses, da mesma forma que a maioria dos países europeus, utilizaram o EUREF como referência na obtenção de soluções geodésicas, mas a documentação cartográfica foi mantida no sistema de referência local, o OSGB36 (Ordnance Survey Great Britain 1936).

Qual a reação da América do Sul para estas mudanças? O SIRGAS é a resposta a esta pergunta. Da mesma forma que ocorreu em outros países e/ou continentes, o SIRGAS é realizado por uma estrutura de alta precisão, estabelecida na América do Sul.

Existe alguma mobilização dos países sul-americanos no sentido de migrarem suas informações para SIRGAS? Sim, a integração SIRGAS com as redes nacionais vem sendo

<sup>1</sup> Soluções SLR + DORIS.

<sup>2</sup> T1, T2 e T3 representam as translações; R1, R2 e R3 as rotações e Esc a escala. Unidades: ppb = partes por bilhão. .

promovida tanto na Colômbia quanto na Argentina, através dos Projetos MAGNA (Marco Geocêntrico de Referência Nacional) e POSGAR (POSiciones Geodésicas ARGentinas), respectivamente. Estes países, ao contrário do Brasil, optaram pelo desenvolvimento de novas redes, esquecendo, desta forma, os levantamentos do passado.

No Uruguai, a Rede Planimétrica de 1ª ordem foi ajustada no sistema SIRGAS em 1998, obtendo-se parâmetros de transformação entre o datum local e este sistema. Este ajustamento permitiu começar o processo de mudança do sistema geodésico de referência no país e já estão sendo produzidos os primeiros produtos cartográficos no novo sistema.

Informações detalhadas sobre o processo de adoção de referenciais geocêntricos pela comunidade internacional podem ser encontradas nos seguintes endereços na Internet:

Canadá : [www.geod.nrcan.gc.ca](http://www.geod.nrcan.gc.ca) (1992 a 1997)

Austrália : [www.anlic.gor.au/icsm/gda/history.htm](http://www.anlic.gor.au/icsm/gda/history.htm)(1994 a 2000)

Nova Zelândia : [www.linz.govt.nz/services/surveyssystem/ospublications/](http://www.linz.govt.nz/services/surveyssystem/ospublications/) (1995 a 2000)

Grã-Bretanha : [www.ordnance-survey.co.uk/services/gps-co/geo5.htm](http://www.ordnance-survey.co.uk/services/gps-co/geo5.htm)

África do Sul : [w3sli.wcape.gov.za/SURVEYS/MAPPING/svytech.thm](http://w3sli.wcape.gov.za/SURVEYS/MAPPING/svytech.thm)

Colômbia : [www.igac.gov.co](http://www.igac.gov.co)

Argentina : [www.igm.gov.ar/posgar.html](http://www.igm.gov.ar/posgar.html)

## **SITUAÇÃO ATUAL NO BRASIL- SAD69**

O SAD69 é um sistema geodésico regional de concepção clássica que tinha como objetivo a unificação do referencial para os trabalhos geodésicos e cartográficos na América do Sul. A sua adoção no Brasil se deu no final da década de 70. A materialização do SAD69 foi realizada por técnicas e metodologias de posicionamento terrestre, destacando-se a triangulação e poligonação.

Atualmente, as estruturas geodésicas e a grande maioria do apoio cartográfico são estabelecidas por levantamentos realizados com o GPS, por serem mais precisas e mais eficientes do que aquelas utilizadas na antiga materialização do SAD69. Conseqüentemente, surge uma dificuldade na compatibilização da documentação existente e dos levantamentos realizados com o GPS. Buscando uma solução para este problema, o IBGE vem desenvolvendo estudos sobre o ajustamento e conexão da Rede Planimétrica do Sistema Geodésico Brasileiro - SGB ao SIRGAS. Um exemplo prático de integração ao SIRGAS é proporcionado através de posicionamento GPS a partir das estações da RBMC. Ao mesmo tempo estão sendo explorados procedimentos de transformação entre sistemas, visando, desta forma, uma melhor compatibilização entre o SAD69 e SIRGAS. No Brasil, as diferenças encontradas entre SAD69 e SIRGAS, devido à mudança da forma do elipsóide e de sua posição espacial, são em média da ordem de 65 metros.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

- 1. Considerando os problemas encontrados na compatibilização do uso das tecnologias atuais de posicionamento GPS com a documentação cartográfica existente;**
- 2. Considerando que a tendência mundial da cartografia está na sua apresentação na forma digital;**

3. **Considerando que em decorrência do exposto no item 2, a integração entre as informações espaciais será cada vez mais difundida e necessária;**
4. **Considerando que, o posicionamento e navegação estão atualmente associados a um referencial de abrangência global;**
5. **Considerando a necessidade de atender aos padrões atuais de precisão, os quais estão, na prática, fundamentados na tecnologia GPS;**
6. **Considerando que o novo referencial, deve atender à cartografia e geodésia;**

Conclui-se que, o novo referencial deve ser de concepção geocêntrica e de fácil acesso a todos e que atenda as precisões das atuais técnicas de posicionamento, como por exemplo, o GPS.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- AUSLIG- **Geocentric datum of Australia – Technical manual – version 2.0**, Canberra, agosto, 1999.
- BEATTIE, D.S.. **Program GHOST User Documentation**, Geodetic Survey of Canada, Ottawa, 1987.
- BOUCHER, C. & ALTAMINI, Z.. **Evolution of the Realization of the Terrestrial Reference System – IERS Technical Note 4**, IERS/CB, Paris, 1990.
- BOUCHER, C. & ALTAMINI, Z.. **ITRF90 and other Realizations of the IERS Terrestrial Reference System for 1989 – IERS Technical Note 6**, IERS/CB, Paris, 1991.
- BOUCHER, C.; ALTAMINI, Z.; SILLARD, P.. **The ITRF96 Realization of the International Terrestrial Reference System**, Institute Géographique National(ENSG/LAREG). IAG97, Rio de Janeiro, 1997.
- CADESS, H. et al.. **Inter Americam Geodetic Integration**. PAIGH , 1991.
- COSTA, S.M.; FORTES L.P.S.. **Resultados Preliminares do Ajustamento da Rede Planimétrica do Sistema Geodésico Brasileiro**, Rio de Janeiro, 1993.
- COSTA, S.M.; BEATTIE, D.; PEREIRA, K.D.P.. **The integration of brazilian geodetic network into sirgas- preliminary results**. IGGOS, Munique, 1998.
- CRAYMER M.R.; R. Ferland;R.Snay. **Realization and Unification of NAD83 in Canada and U.S. via ITRF**. Geodetic Survey Division, Geomatics Canada, IGGOS, Munique,outubro, 1998.
- DMA – DEFENSE MAPPING AGENCY. **Department of Defense - World Geodetic System 1984**, DMA TR 8350.2, segunda edição, 1991.
- FISCHER, I.. **The Basic Framework of the South American Datum of 1969**. XII Pan American Cosultation on Cartography, Panamá, 1973.

- FORTES, L.P.S.. **Operacionalização da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo do Sistema GPS (RBMC)**. dissertação de mestrado, IME, Rio de Janeiro, 1997.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Ajustamento da Rede Planimétrica do Sistema Geodésico Brasileiro - Relatório**, Rio de Janeiro, 1996.
- IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **SIRGAS - Relatório Final**, IAG97 Rio de Janeiro, 1997.
- IERS – International Earth Rotation Service. ITRF Solutions, <http://lareg.ensg.ign.fr/ITRF/>, 1998.
- MALYS, S.; SLATER J.. **Maintenance and Enhancement of the World Geodetic System 1984**, Proceedings of ION-94, The Seventh International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, Salt Lake City, pp. 17-24, 1994.
- MCCARTHY, D.D.. **IERS Technical Note 21 - IERS Conventions (1996)**. U.S. Naval Observatory, 1996.
- NIMA - National Imagery and Mapping Agency, **Department of Defense World Geodetic System 1984**, NIMA TR 8350.2, Third Edition, 171p., 1997.
- SWIFT, E.. **Improved WGS84 Coordinates for DMA and Air Force GPS Tracking Sites, Proceedings of ION-94**. The Seventh International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, Salt Lake City, 1994 , pp.285-292.