

Fatos atuais em sistemas de referências na Geodésia e o projeto Sirgas

Antônio José Prata Amado da Silva¹
Marcelo Tuler de Oliveira²

O conhecimento dos sistemas de referências na Geodésia é um dos fundamentos básicos para o posicionamento. Em meio à grande revolução impulsionada pela automação digital de processos, o mundo torna-se cada vez "menor". Conceitos e definições sobre sistemas de referências, tendências mundiais e nacionais, e fomento à pesquisa geodésica são os objetivos deste trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: CARTOGRAFIA;
GEODÉSIA;
AGRIMENSURA;
SISTEMA DE REFERÊNCIA;
SIRGAS.

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, constatou-se grandes avanços em tecnologias de coleta e análise de dados geodésicos. Em vista da multiplicidade desses dados, surgem questionamentos sobre concepção, definição e materialização de sistemas de referência e suas implicações no contexto nacional.

Segundo GEMAEL (1988), o objetivo da geodésia, no século XIX, era centrado na busca dos melhores parâmetros do elipsóide. Isto estende-se, nos dias atuais, ao posicionamento preciso GPS (*Global Positioning System*), assim definido por Helmert (1880) - "...a geodésia é a ciência das medidas e mapeamento da superfície da terra.". Validando a definição anterior, com visão contemporânea, constata-se uma evolução na pertinência das observações, o que requer novos estudos relativos a sistemas de referência, principalmente os voltados à precisão, busca de padrões e a transformações entre os vários sistemas.

2 SISTEMAS DE REFERÊNCIA GLOBAL E LOCAL

Como a Terra possui uma forma irregular, dificultando a sua utilização como superfície de referên-

cia para cálculos, adota-se o elipsóide de revolução, sendo essa a figura, com possibilidade de tratamento matemático, que mais se assemelha ao geóide.

Na definição desse elipsóide, tem-se cinco parâmetros básicos, sendo dois definidos por sua geometria (a - semi-eixo maior e f - achatamento) e três por sua orientação em relação ao corpo terrestre (x e h - componentes do desvio da vertical e N - ondulação do geóide) (GEMAEL, 1988).

Um "sistema de referência global" está baseado num sistema elipsóidico global e relacionado ao elipsóide de referência que melhor representa a geometria da Terra como um todo. Com o passar dos anos, vários elipsóides de referência foram adotados, sendo substituídos por outros que proporcionassem parâmetros mais precisos. Dentre esses, pode-se citar o elipsóide de Hayford (1924), Sistema Geodésico de Referência 1967 (SGR-67) e Sistema Geodésico de Referência 1980 (SGR-80) (SILVA & GRIPP, 1996). Através da resolução nº. 22 de 21/07/83 e da resolução nº. 23 de 21/02/89, o IBGE fornece os parâmetros para transformação entre estes sistemas geodésicos IBGE (1983, 1989).

Um "sistema de referência local" contém os parâmetros do elipsóide, descrevendo a relação entre um elipsóide particular local e um sistema de referência global. Esses parâmetros são materializados no "datum geodésico".

Os sistemas de referência locais podem ser obtidos então pela atribuição de valores aos parâmetros

¹ Professor Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG - Coordenação do Curso de Estradas. Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Topografia (PCDET).
² Professor Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG - Coordenação do Curso de Estradas.

“a, f, x, h e N” no *datum*. Essa atribuição pode ser:

- arbitrária**, como o *datum* brasileiro até 1969, vinculado ao ponto Córrego Alegre (MG);
- parcialmente arbitrária**, como no exemplo do SAD-69 (*South American Datum - 1969*) em Chuá (MG), atualmente utilizado no Brasil.

3 SISTEMAS DE REFERÊNCIA EM GEODÉSIA

Segundo FREITAS (1980), do ponto de vista físico, um referencial é o conjunto de um ou mais eixos com orientação definida no espaço e com uma escala adequada onde, através deste, uma posição ou uma orientação possam ser definidas sem ambigüidade.

Para estabelecer um sistema de referência, algumas etapas devem ser concebidas (KOVALEVSKY, 1979):

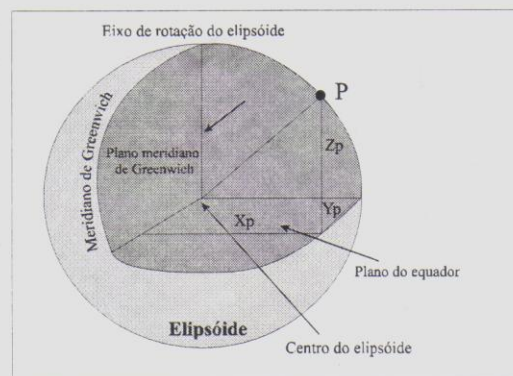
3.1 Concepção do sistema

Pode-se considerar um “*Sistema de Referência Terrestre Ideal (ITRS)*” como um sistema tridimensional, com uma origem e um vetor-base definindo a escala e a orientação. Um ITRS é, especificamente, quase-geocêntrico, com uma orientação equatorial de rotação. A escala é definida como comprimento unitário, em unidades do sistema internacional (SI).

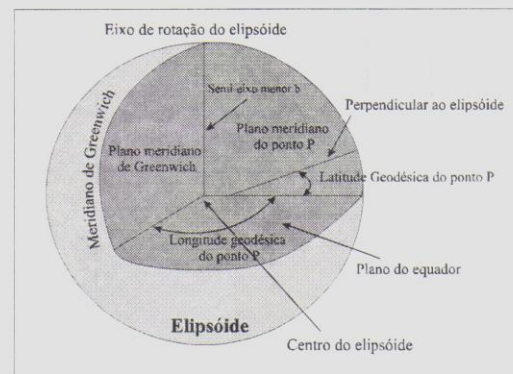
3.2 Definição do sistema

Concebido tal ITRS, pode-se definir vários “*sistemas de coordenadas*” nos quais são amarrados a este, pelas seguintes relações:

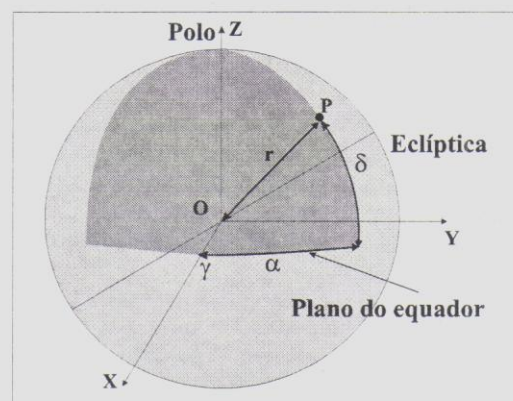
- sistema de coordenadas cartesianas (X,Y,Z), após selecionar um esferóide;
- sistema de coordenadas geodésicas (l,j,h), após selecionar um esferóide;
- sistema de coordenadas astronômicas (utilizado em geodésia celeste);
- sistema de coordenadas planas, após selecionar uma projeção específica, como, por exemplo, uma representação plana do esferóide.



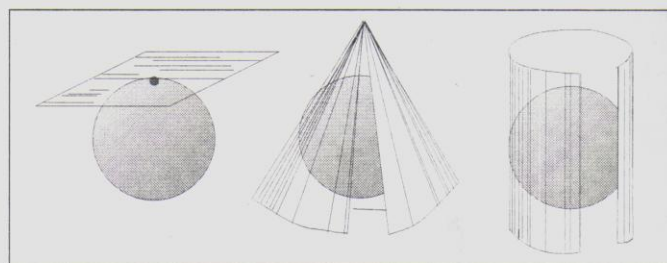
a) Cartesianas



b) Geodésicas



c) Astronômicas



d) Planas (projeção)

FIGURA 1 - Definição de sistemas de coordenadas.
a)Cartesianas b) Geodésicas c) Astronômicas d) planas (projeção)
FONTE - Oliveira, 1997

3.3 Materialização do sistema.

Um "Sistema de Referência Terrestre Convencional (CTRS)" é uma realização do ITRS, no âmbito de um específico sistema de análise de dados. Sua completa descrição inclui todos os modelos, algoritmos e constantes, os quais contribuem para sua realização.

Um "Sistema de Referência Terrestre Convencional Realizado" ("frame") (CTRF) é uma materialização física de um ITRS, realizada através de um conjunto de pontos com suas coordenadas, determinadas por alguma técnica (VLBI, SLR, GPS).

4 TENDÊNCIAS MUNDIAIS



FIGURA 2 - Locais propostos para a "FGR Network".

FONTE - MULLER et al (1995).

No decorrer das últimas décadas, a definição e conservação de um CTRS foi baseada em estações de observação efetuadas através de técnicas de alta precisão da geodésia espacial. Geralmente, essas redes exibiam uma distribuição global bastante desigual, ocorrendo, às vezes, a concentração de muitos tipos de equipamentos e tecnologias. Em razão disso, o "NASA Coolfont Workshop", em 1989, e a IUGG, em 1991, propuseram estações centrais ("Fiducial Laboratories for an International Natural Science Network (FLINN)"). Na XXI Assembleia Geral da IUGG, em julho de 1995, Boulder, Colorado, USA, foi apresentado, por MUELLER et al (1995), um trabalho intitulado "Uma Rede IUGG de Estações de Referência Geodinâmica Fundamental: Adequação e Recomendação", no qual os autores mostraram-se preocupados em discutir esta proliferação de sistemas, propondo a "FGR Network (Fundamental Geodynamic Reference)". Tão logo se concretize este projeto, teremos estações de referências globais, objetivando aplicações geodésicas globais.

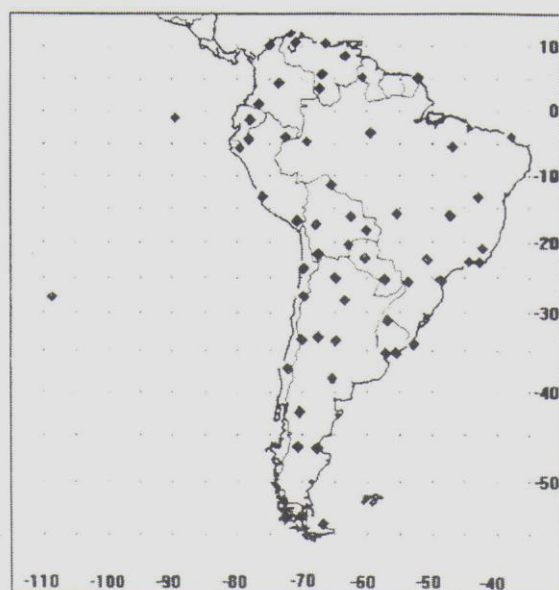
5 O PROJETO SIRGAS

O projeto SIRGAS (Sistema de Referência Geocêntrico para América do Sul) acompanha a tendên-

cia mundial de estabelecimento de sistemas de referência (continentais) geocêntricos, como o NAD-83 (*North American Datum*) e o EUREF (*European Reference Frame*), permitindo uma geodésia global (SANTOS, 1995). Esta foi criada durante a Conferência Internacional, de 4 a 7/10/93, em Assunção, Paraguai, para definição de um Datum Geocêntrico para a América do Sul, tendo três objetivos básicos: (FIG. 3)

- a) definir um sistema de referência para a América do Sul;
 - b) definir e estabelecer um datum geocêntrico;
 - c) estabelecer e manter uma rede de referência.
- Quanto à definição do sistema de referência e do datum geocêntrico, tem-se:
- a) sistema de referência SIRGAS: baseado no IERS (*International Earth Rotation Service*) Terrestrial Reference Frame (ITRF);
 - b) datum geocêntrico: eixos coordenados, baseados no sistema de referência SIRGAS e parâmetros do elipsóide do SGR-80.

A rede de referência vem sendo estabelecida com as técnicas atuais de posicionamento (GPS), sendo, atualmente, composta de 57 estações.



Estações observadas na campanha SIRGAS'95

| País | # de estações |
|--------------|---------------|
| Argentina | 10 |
| Bolívia | 6 |
| Brasil | 11 |
| Chile | 7 |
| Colômbia | 5 |
| Ecuador | 3 |
| Guiana Fr. | 1 |
| Paraguai | 2 |
| Perú | 4 |
| Uruguai | 3 |
| Venezuela | 5 |
| Total | 57 |

FIGURA 3 - Estações SIRGAS.

FONTE - IBGE (1995).

6 RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÕES

A queda de fronteiras em informações e, conseqüentemente, a proximidade de divisas geográficas, podendo-se generalizar ao termo, em voga, "globalização", também afeta a clássica ciência geodésica. A concepção de um referencial geodésico único e mundial é irreversível, sendo esse referencial atrelado não só a pontos terrestres, como também a pontos naturais e artificiais, que gravitam no espaço celeste.

Inserida nesse contexto, a pesquisa geodésica nacional deve-se aprofundar no conhecimento da real importância do Projeto SIRGAS, descortinando o seu impacto nacional e a sua contribuição mundial. Na oportunidade, informamos que o debate sobre o tema aconteceu no Rio de Janeiro, de 3 a 9/9/97, na Assembléia Científica da Associação Internacional de Geodésia (IAG), juntamente com o XVIII Congresso Brasileiro de Cartografia.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 BOLETIM DE SERVIÇO DO IBGE. Especificações e normas gerais para levantamentos geodésicos em território brasileiro: RPR n. 22/83. Rio de Janeiro: IBGE, n.1602, 1983. Suplemento.
- 2 _____. Projeto SIRGAS. Rio de Janeiro: IBGE, n. 1, 2, 3, 1995.
- 3 FREITAS, S.R.C. Posicionadores inerciais. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1988. (Dissertação de Mestrado).
- 4 GEMAEL, C. Introdução à geodésia celeste. Curitiba: UFPR, 1991. (Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas).
- 5 _____. Introdução à geodésia geométrica. Curitiba: UFPR, 1988. (Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas).
- 6 INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Parâmetros para transformação de sistemas geodésicos: RPR n. 23/89. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.
- 7 MUELLER, I.I. et al. An IUGG network of fundamental geodynamic reference (FGR) stations: rationale and recommendations. In: GENERAL ASSEMBLY OF THE IUGG, 11, 1995, Boulder. Anais... Boulder. [s.n.], 1995.
- 8 SANTOS, M.C. O sistema de posicionamento global (GPS) e o sistema geodésico brasileiro. [s.l.]: Departamento de Geofísica - Observatório Nacional, 1995.
- 9 SILVA, A.J.P.A., GRIPP, J. SAD-69 ou Córrego Alegre? Educação & Tecnologia - CEFET-MG, Belo Horizonte, v.3, p.41-43, 1996.