

Diferenças Sistemáticas em Escala e Orientação entre Coordenadas de SAD-69 e WGS-84

Bianca Pedroni de Oliveira ¹
Prof. Dr. Antonio Simões Silva ²

Universidade Federal de Viçosa
Departamento de Engenharia Civil
Setor de Engenharia de Agrimensura
36570-000 Viçosa MG
Fone 31 8992740 Fax 31 8991482

² ✉ asimoes@mail.ufv.br

Conteúdo	
	1 Introdução
	2 Generalidades
	3 Metodologia
	4 Modelo Matemático
	5 Conclusões e Resultados
	6 Agradecimentos
	7 Referências Bibliográficas

Resumo: A transformação entre coordenadas do sistema WGS-84 para o sistema SAD-69 é efetuada de maneira quase automática nos receptores GPS ou nos programas de processamento. Nesse processo pode-se cometer erros sistemáticos devido a formas das transformações. Com o intuito de verificar esses erros na região de Viçosa elaborou-se um projeto que visa determinar os fatores de escala, rotação e translação entre os sistemas atualmente em uso para as coordenadas em GPS e para as coordenadas obtidas por métodos convencionais. Obtido estes fatores, também conhecidos como parâmetros de transformações entre sistemas, torna-se possível determinar as diferenças de escala e orientação entre distâncias e azimutes de um sistema para o outro. Este trabalho mostra o enfoque dado ao tema, assim como a metodologia adotada. Tem também o objetivo de chamar a atenção sobre o tema para que as chamadas redes estaduais GPS levam em conta este assunto.

Abstract: Systematic scale and orientation bias parameters can be present on GPS observations if compared with conventional ones. This paper, based on student work, tries to identify these biases to Viçosa area. The approach and methodology is showed. The results are not yet provided once the fieldwork is delayed. The secondary aim of this paper is to show the importance of this subject to the states GPS networks.

1 Introdução

O objetivo principal desse trabalho é estudar as diferenças sistemáticas em escala e orientação existente entre os sistemas WGS-84 (World Geodetic System 1984) e SAD 69 (South American Datum 1969) para a região de latitude 20° 46'S e longitude 42° 52'W. Como consequência, a obtenção dos parâmetros de transformação entre os sistemas. A transformação de um sistema de referência em outro requer o conhecimento de 7 parâmetros, a saber: 3 translações, 3 rotações e 1 escala. Cada ponto tem, ou poderá ter, 3 coordenadas (X,Y,Z). Daí, se tivermos 3 pontos comum aos dois sistemas podemos determinar os 7 parâmetros de transformação [Moore,1991]. Esses pontos ou vértices serão ocupados com os receptores GPS para obtenção de suas coordenadas no sistema WGS-84. Para uma solução matemática somente 3 vértices são necessários no entanto serão ocupados mais de 3 vértices para ter-se abundância de informação que nos permita usar o método dos mínimos quadrados na determinação dos valores mais prováveis para os parâmetros de transformação. O modelo matemático para a transformação de um sistema para outro será a transformação de Helmert dando o enfoque tridimensional.

2 Generalidades

Os sistemas de referência são definidos rigorosamente apenas em situações ideais. Geralmente, quando se procura estabelecer um referencial para um processamento de dados práticos, ligados à realidade física da Terra, se admite alguma forma de simplificação. A simplificação é obviamente função de alguns fatores, tais como: qualidade exigida dos valores processados, complexidade da definição do sistema e dos modelos matemáticos envolvidos, etc.

A forma real da Terra é aproximada por um *Geóide*, definido como a superfície equipotencial, que em qualquer lugar é perpendicular à vertical dada por um fio de prumo e que coincide com o nível médio não perturbado dos mares, Torge (1983). O *Geóide* é uma superfície irregular e não é matematicamente definida.

Um sistema Geodésico corresponde a uma superfície de referência onde se estabelece a base para o cálculo dos levantamentos de controle horizontal, por meio do qual é considerada a curvatura da Terra. Esta superfície de referência corresponde a um *elipsóide de revolução*.

Num sistema geodésico definem-se as normais elipsoidais e os meridianos geodésicos. As normais são retas perpendiculares ao elipsóide de revolução. Cada ponto do espaço pertence, portanto, a somente uma normal elipsoidal que, por sua vez, intercepta necessariamente o eixo de revolução do elipsóide. O plano definido por este eixo com a normal traçada por um ponto qualquer do espaço é o meridiano geodésico do ponto. Assim, o meridiano geodésico corresponde a linha do elipsóide de referência cujos pontos tem a mesma longitude geodésica.

Um sistema Geodésico Local (Sistema não Geocêntrico) é aquele que está associado a uma elipsóide de referência que melhor se adapta à área de interesse. Surge o conceito de sistema local ou não geocêntrico decorrente da condição de uma boa adaptação localizada do elipsóide ao geóide.

Quando se define um Sistema Geodésico Local, geralmente se estabelece a condição de paralelismo entre os seus eixos coordenados e os eixos do Sistema Terrestre Médio.

O South American Datum 1969 (SAD-69), corresponde a um sistema de referência não geocêntrico oficialmente adotado para uniformização dos trabalhos geodésicos e cartográficos desenvolvidos no continente sul-americano. A sua utilização foi recomendada desde 1969 como datum único para a América do Sul, decorrência da aprovação do relatório final da equipe norte americana do DMA (Defense Mapping Agency), pelo Comitê de Geodésia reunido na *XI Consultoria Panamericana sobre Cartografia*, em Washington, EUA, Castañeda (1986). O SAD-69 foi oficialmente adotado como sistema de referência para trabalhos geodésicos e cartográficos desenvolvidos em território brasileiro, apenas em 1979.

O WGS-84 (World Geodetic System – 1984), corresponde a um sistema terrestre de referência, usado para o posicionamento a partir de estações de observações e para a descrição de resultados da geodésia por satélites. O WGS-84 que embora com este nome, foi adotado apenas em 1987. Este sistema está associado a um elipsóide de revolução geocêntrico.

No que diz respeito a definição do WGS-84, o International Earth Rotation Service (IERS), comprovam sua adequada materialização. O afastamento deste em relação à materialização do Sistema Terrestre Médio é submétrico, IERS(1993).

Na materialização do Sistema Geodésico Local Brasileiro SAD-69, foi estabelecido a condição de paralelismo entre os seus eixos coordenados em relação aos do Sistema Terrestre Médio.

3 Metodologia

Os satélites do GPS usam como sistema de referência o WGS-84, que é um sistema de referência global, cujo centro coincide com o centro de massa da terra, Westrop,1990. Este sistema de referência foi implementado pelo United States Department of Defense para substituir o WGS-72 Moore,1991. Associado a este sistema está um elipsóide cujos parâmetros são: semi-eixo maior igual a 6378137 metros e achatamento igual a 1/298,257.

Os sistemas de referência local estão associados a um elipsóide de revolução chamado elipsóide de referência. O Brasil adota o Elipsóide de Referência 67, cujos parâmetros são: semi-eixo maior igual a 6378160 metros e achatamento igual a 1/298,25. Como estes elipsóides são adaptados para uma posição que melhor atenda os interesses da área estudada, na maioria das vezes eles não são geocêntricos.

Ambos os sistemas permitem que as coordenadas sejam cartesianas (X,Y,Z) ou elipsoidais (ϕ, λ, h)

A transformação de um sistema de referência em outro requer o conhecimento de 7 parâmetros, a saber: 3 translações, 3 rotações e 1 escala. Cada ponto tem, ou poderá ter, 3 coordenadas (X,Y,Z). Daí, se tivermos 3 pontos comum aos dois sistemas podemos determinar os 7 parâmetros de transformação [Moore,1991].

Numa primeira fase, serão realizadas coletas de dados utilizando um receptor tipo geodésico que utiliza como observável a fase portadora. Serão ocupados vários pontos cujas coordenadas geodésicas referentes ao sistema brasileiro são conhecidas e algumas serão determinadas ao longo do projeto. Esses pontos ou vértices serão ocupados com os receptores GPS para obtenção de suas coordenadas no sistema WGS-84. Para uma solução matemática somente 3 vértices são necessários no entanto serão ocupados vários vértices para ter-se abundância de informação que nos permita usar o método dos mínimos quadrados na determinação dos valores mais prováveis para os parâmetros de transformação.

Na determinação das coordenadas através dos satélites do GPS, usar-se-á o método estático com posicionamento relativo empregando a fase portadora para as observações. Este é um método já de uso consagrado nas observações geodésicas e nos fornece boa precisão se comparado com outros métodos, Hofmann-Wellenhof,1992.

Os informações obtidas dos receptores serão processadas através de programa comercial da Trimble TGO Office (este programa foi doado pela Santiago e Cintra, para uso em ensino e pesquisas). Devido ao método de observações o processamento das informações nos fornece vetores GPS ($\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$) e as respectivas matrizes variância-covariância de cada vetor. Serão esses os vetores utilizados para determinação dos parâmetros de transformação.

A abordagem tridimensional a ser adotada tem a vantagem de não necessitar informação inicial sobre os 7 parâmetros incógnitos, porem é necessário o conhecimento, nos pontos observados, da altitude elipsoidal (implica no conhecimento da altura geoidal). No entanto esta altura geoidal não é conhecida com boa precisão na região de Viçosa. O método utilizado para o conhecimento da altura geoidal será o mesmo que o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) adota ou seja o Mapgeo. O uso de uma incorreta altitude elipsoidal tem um pequeno efeito nas coordenadas horizontais elipsoidais (ϕ, λ) e planas (N, E), desde que a área levantada seja pequena, Hofmann-Wellenhof,(1992).

4 Modelo Matemático

Considere dois sistemas de coordenadas cartesianas tridimensionais formando os vetores X e X_t , estando associados, respectivamente, aos sistemas geodésico local e geocêntrico.

A transformação entre os dois sistemas pode ser formada pela relação, Hofmann-Wellenhof (1992):

$$X_t = T + \mu \quad (1)$$

Esta relação é chamada de transformação de Helmert no espaço onde;

T representa o vetor de translação entre as origens dos dois sistemas, definido no sistema de satélite;

μ indica a diferença de escala entre os dois sistemas;

R é a matriz resultante do produto de três matrizes ortogonais de rotação $R_x(\phi)$, $R_y(\eta)$ e $R_z(\lambda)$;

φ , η e λ são rotações dadas nos eixos **X,Y,Z** do sistema geodésico local, respectivamente;

X_T corresponde a um vetor com origem no sistema de coordenadas geocêntrico, que une um ponto na superfície da Terra.

X corresponde a um vetor com origem no sistema de coordenadas geodésico local, que une um ponto na superfície da Terra.

As componentes do vetor translação, que parte do sistema de coordenadas geocêntrico até o sistema geodésico local é:

$$T = \begin{pmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{pmatrix} \quad (2)$$

A matriz de rotação R é uma matriz ortogonal a qual é composta de três sucessivas rotações:

$$R = R_x(\alpha_1) \cdot R_1(\alpha_2) \cdot R_3(\alpha_3) \quad (3)$$

Fazendo o produto das três matrizes ortogonais temos:

$$R = \begin{pmatrix} \cos\alpha_2 \cos\alpha_3 & \cos\alpha_1 \sin\alpha_3 + \sin\alpha_1 \sin\alpha_2 \cos\alpha_3 & \sin\alpha_1 \sin\alpha_3 - \cos\alpha_1 \sin\alpha_2 \cos\alpha_3 \\ -\cos\alpha_1 \sin\alpha_3 & \cos\alpha_1 \cos\alpha_3 - \sin\alpha_1 \sin\alpha_2 \sin\alpha_3 & \sin\alpha_1 \sin\alpha_3 + \cos\alpha_1 \sin\alpha_2 \cos\alpha_3 \\ \sin\alpha_2 & -\sin\alpha_1 \cos\alpha_2 & \cos\alpha_1 \cos\alpha_2 \end{pmatrix} \quad (4)$$

No caso de conhecermos os parâmetros de transformação T , μ e R , um ponto associado ao sistema geocêntrico X_T pode ser transformado para um sistema geodésico local X através da equação a seguir:

5 Conclusões e Resultados

O trabalho até a presente fase de desenvolvimento não tem resultados para serem apreciados, uma vez que a parte de campo sofreu atraso em virtude da falta de equipamentos compatíveis com a precisão que o trabalho requer. Toda a parte computacional concernente ao estudo dos modelos de transformações estão estudados e preparadas para tratar as observações e resultados derivados destas.

6 Agradecimentos

Agradecimentos especiais a FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) pelo suporte financeiro a este projeto.

7 Referências Bibliográficas

- Castañeda, R.**. *Ensaio para determinação de parâmetros de transformação entre SAD-69 e o NSWS-92Z*. Curitiba. 180p. Dissertação (Mestrado) – UFPR.1982
- Moore, T.**, *Coordinates Systems and Datums*, in Proceedings of Fourth International Seminar on the Global Positioning System, 15th-17th April 1991, University of Nottingham, Nottingham, UK. 1991
- Gemael, C.**: *Referenciais Cartesianos utilizados em Geodésia*, Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Curitiba, 1981.
- Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H. & Collins**, *GPS Theory and Practice*, Springer-Verlag, Wien. 1992
- Torge, W.** *Geodésia*. Editora Diana, México. Primeira Edición, 289p. 1983
- Veronez, M. R.**,. *Proposta de Parâmetros de Transformação entre os Sistemas WGS-84 e o SAD-69 para a região de São Carlos – SP*. São Paulo. 113p. Tese (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 1998
- Westrop, J.**, *Low Dynamic Positioning by GPS*, PhD Thesis, University of Nottingham, UK. 1990