

# ANÁLISE DA MENSAGEM DE NAVEGAÇÃO E DA GEOMETRIA DOS SATÉLITES GPS

Vivian Martins Gomes (Bolsista PIBIC/CNPq)

Aluna do Centro Universitário Salesiano de São Paulo – Unidade Lorena

Orientadores: Ana Paula M. Chiaradia e Antônio Fernando Bertachini A. Prado,  
Pesquisadores do DMC- INPE

Entre as fontes de erros que podem afetar a precisão da órbita estimada a bordo do veículo espacial utilizando um receptor GPS, podemos citar as efemérides e a geometria dos satélites GPS.

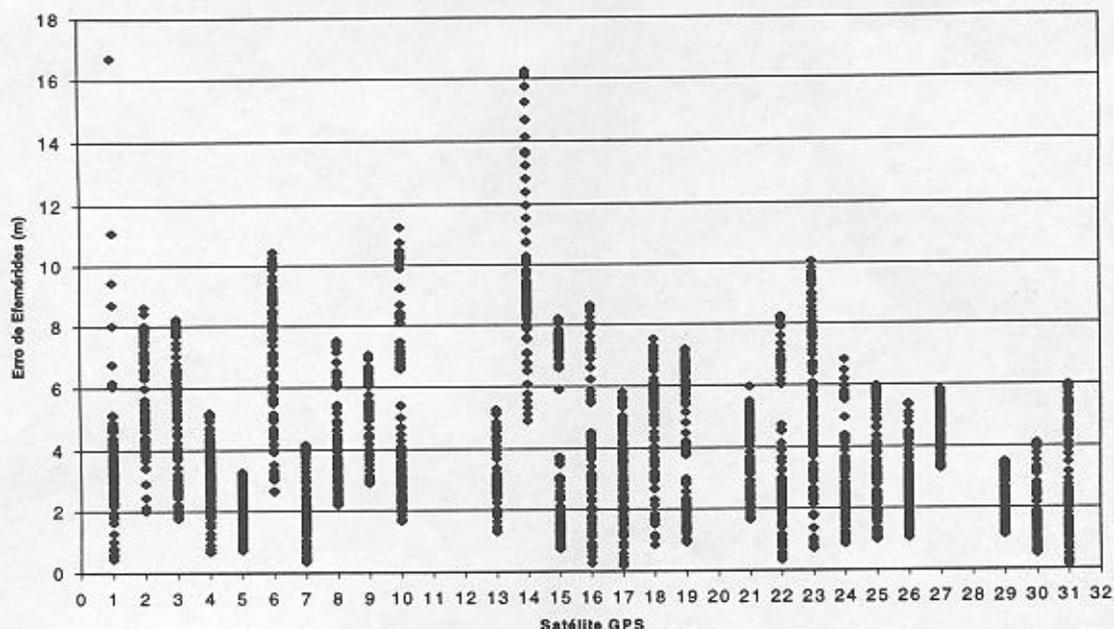
As efemérides dos satélites GPS são enviadas através da mensagem de navegação transmitida para o receptor. Elas são calculadas pelo usuário usando um algoritmo que pode ser encontrado facilmente na literatura. As efemérides transmitidas podem afetar a precisão da órbita de 5 a 100 m com a Disponibilidade Seletiva (SA) ativa ou de 5 a 10 m para SA inativa.

Em geral, um receptor GPS recebe dados de mais de quatro de satélites GPS visíveis. Como é necessário utilizar pelo menos quatro satélites para obter a posição, velocidade e o *offset* do relógio do receptor, faz-se uma análise da geometria dos satélites GPS. Um conjunto de satélites visíveis, que possuem uma má geometria, escolhido inadequadamente pode afetar a precisão da órbita. Várias medidas podem ser usadas para selecionar estes satélites, porém, a diluição geométrica (DOP) é uma das mais usadas. Algoritmos baseados na DOP são usados para selecionar o melhor conjunto de satélites entre o grupo de satélites visíveis. A exatidão da posição pode então, ser estimada como a distância exata multiplicada por um fator de diluição da precisão. Esse fator, o DOP, depende exclusivamente da geometria do satélite. O melhor valor da DOP é obtido quando são utilizados três satélites igualmente espaçados no horizonte, a um ângulo de elevação mínimo e um satélite diretamente acima deles.

Portanto, este trabalho tem como objetivo verificar a contribuição do erro causado pelas efemérides transmitidas pela mensagem de navegação e analisar a geometria dos satélites GPS usada na determinação de órbita de satélites artificiais utilizando um receptor GPS a bordo. São utilizados os dados reais do satélite TOPEX/Poseidon que possui um receptor GPS a bordo.

Para calcular estas efemérides, utilizou-se um programa em linguagem Fortran que lê a mensagem de navegação em formato Rinex e gera as posições do GPS no sistema de referência WGS-84. Ele é capaz de fornecer as posições de cada satélite GPS na época transmitida pela mensagem de navegação e calcular a posição para o intervalo de tempo desejado no tempo GPS. A posição gerada pelo programa é comparada com as efemérides precisas (POE), na mesma época. O arquivo POE, em formato SP3, fornece as posições do GPS pós-processadas e é gerado pelo JPL/NASA com uma precisão em torno de 3 cm. As posições do GPS transmitidas foram obtidas em um intervalo de 15 minutos no mesmo formato que são fornecidas no arquivo POE.

A Figura 1 mostra o erro entre as efemérides calculadas e as pós-processadas para o dia 16 de dezembro de 1999. Para esta época, nenhum erro significativo ocorreu. Foi feita a análise da precisão utilizando mais seis datas diferentes.



**Figura 1: Erro das efemérides GPS para o dia 16/12/99**

A Tabela 1 mostra a estatística das efemérides GPS utilizando a mensagem de navegação transmitida. Essa estatística é referente a todos os satélites para os sete dias analisados. A média do erro da diferença, entre a posição transmitida e a gerada pelo POE, para as épocas analisadas ficou em torno de 4 m e o desvio padrão do erro em torno de 2.9 m com ou sem SA. Com exceção do primeiro dia analisado que obteve um erro máximo para o satélite 9, nos outros dias não ocorreu nenhum erro significativo.

**Tabela 1: Estatística do erro das efemérides GPS para os dias analisados**

Datas	Média do Erro (m)	Desvio Padrão (m)	Erro Máximo (m)	Erro Mínimo (m)
18/11/93	9.56	17.94	140.05	0.32
25/04/95	4.88	2.99	39.53	0.29
14/03/96	4.91	3.46	54.31	0.14
07/01/98	3.94	2.91	29.55	0.08
08/06/98	4.01	2.96	20.05	0.20
24/01/99	4.19	2.79	17.03	0.44
16/12/99	3.97	2.35	16.72	0.13

Verificamos que as efemérides transmitidas são fornecidas com boa precisão e o programa é confiável podendo ser utilizado com segurança na determinação de órbita de satélites artificiais com receptor GPS a bordo.

#### BIBLIOGRAFICA CONSULTADA

Leick, A. **GPS Satellite Surveying** Department of Surveying Engineering – University of Maine, Second Edition, Wiley-interscience Publication, 1994.

Parkinson, B. W.; Spilker, J. J. Jr. **Global Positioning System: Theory and Applications** Volume I

Strang, G.; Borre, K. **Linear Algebra, Geodesy and GPS** Wellele-Cambridge Press, Wellesley, EUA, 1997, 624p.