

# SIMULAÇÃO E DETERMINAÇÃO DE DESLOCAMENTO COM GNSS (GPS)

*Simulation and Determination of Displacement with GNSS (GPS)*

**João Carlos Chaves<sup>1</sup>**  
**Paulo Cesar Lima Segantine<sup>2</sup>**

**<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP**  
**Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT) – Campus de Presidente Prudente – Departamento de Cartografia**  
jcchaves@fct.unesp.br

**<sup>2</sup>Universidade de São Paulo - USP**  
**Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) – Departamento de Engenharia de Transportes**  
seganta@sc.usp.br

## RESUMO

Analisa os processamentos com o programa GIPSY para avaliar a variação de centímetros em deslocamentos estimados com a tecnologia de posicionamento por satélite artificial. Para a coleta de dados do Sistema GNSS (GPS), utiliza-se uma peça confeccionada com graduação milimétrica, com o objetivo de simular deslocamentos com variações de um, dois e cinco centímetros. Os dados do Sistema GPS (Global Positioning System), pertencentes ao Sistema GNSS (Global Navigation Satellite System), são editados e controlados pelo programa TEQC para o processamento no programa GIPSY. A antena do receptor GPS encontra-se, no primeiro momento, na posição central da peça, deslocando-se, consecutivamente, para as graduações de cinco, dois e um centímetros. Processamentos estático e cinemático das simulações fornecem os resultados dos deslocamentos das posições da antena do receptor, entre as épocas analisadas, bem como a variação do comprimento da linha de base desta antena e outra utilizada como referência (estação UEPP da RBMC, atual PPTE). Os resultados confirmam as simulações realizadas na peça confeccionada para controle de deslocamento, sinalizando a utilização desta tecnologia para os estudos e as pesquisas em análise geodésica de deformação.

**Palavras chaves:** Estrutura, Deslocamento, Análise de Deformação, GNSS, GPS.

## ABSTRACT

Displacements are evaluated with GIPSY software from data processing of artificial satellite positioning. The data GNSS (GPS) System are collected in the piece with millimeter graduation to simulate displacements of one, two and five centimeters. The GPS (Global Positioning System) data that belong to the GNSS (Global Navigation Satellite System) are edited and controlled by TEQC software and using in the processing with GIPSY. The experiment starts putting the GNSS (GPS) antenna in the center of the piece and after for some graduations: one, two and five centimeters. The results of the simulations by static and kinematic processing provide the displacements of the receiver antenna positions, for the epochs, as well as the baseline length variations between the fix antenna and one used as reference (UEPP RBMC station, currently PPTE). The experiment results confirm the simulations in the piece displacement control and the use of this technology for studies and research in geodetic deformation analysis.

**Keywords:** Structure, Displacement, Deformation Analysis, GNSS, GPS.

## 1. INTRODUÇÃO

A investigação científica e a aplicação de métodos geodésicos de posicionamento, na monitoração de deslocamento e deformação de estruturas artificiais ou naturais, contribuem sobremaneira com a prevenção de catástrofes envolvendo obras de engenharia (CHAVES, 2001). Dentre estes métodos, destaca-se o posicionamento por

satélite artificial, mais especificamente, o Sistema GNSS (Global Navigation Satellite System). Há vários exemplos de aplicações do Sistema GPS (Global Positioning System) no controle de deslocamento (horizontais e verticais) e determinação de parâmetros de deformações (CHAVES, 1994; LAROCCA, 2004; BUENO, 2007).

Os resultados dos processamentos com o programa científico GIPSY, valendo-se das observações GNSS (GPS) efetuadas na peça para simular deslocamentos, podem confirmar a viabilidade desta tecnologia na respectiva simulação.

Assim, este experimento trata da simulação de deslocamento com uma peça construída para este fim, conforme ilustrado na Fig. 1.



Fig. 1 – Peça para simular deslocamento.

Variando-se a posição da antena GNSS (GPS), pode-se simular o deslocamento de um ponto. Portanto, conhecendo-se o valor simulado, verifica-se a capacidade deste sistema de posicionamento detectar os movimentos previstos (simulados, controlados).

## 2. DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

A peça consiste de um suporte para fixação no pilar EP-UNESP-02, localizado na Faculdade de Ciência e Tecnologia (FCT) da UNESP, Campus de Presidente Prudente, e de um dispositivo para a colocação da antena GNSS (GPS), conforme ilustrado na Fig. 2.

Há uma graduação na parte superior e na lateral da peça, com divisão milimétrica, do centro até 100 mm, para cada extremo desta peça. Com este recurso, pode-se simular o deslocamento, alterando-se a posição da antena.



Fig. 2 - Peça de simulação de deslocamento instalada no pilar EP-UNESP-02.

## 3. COLETA, PROCESSAMENTO E RESULTADOS

O experimento iniciou-se e finalizou-se com a peça na posição central, coletando-se dados GNSS (GPS) com o uso da antena do receptor Z-XII e taxa de 15 segundos. O tempo inicial foi 10h 41min 45s e o final 21h 12min 45s, gerando um arquivo de 2,02 Mb. Com o programa TEQC, realizou-se um controle de qualidade destas observações e formatação do arquivo em RINEX para processar no programa GIPSY, instalado no Laboratório de Geodésia Espacial (LGE) da FCT/UNESP. O TEQC também possibilita realizar várias partições deste arquivo, associando-se para cada mudança da posição da antena um período de dados coletados. Assim, para a antena na posição central da peça, tem-se

o início às 10h 41min 45s e o término às 13h 00min 00s; em seguida, desloca-se a antena para o Norte (N) até a graduação correspondente a cinco centímetros na peça (Fig. 2 mostra a antena nesta posição), iniciando-se a coleta dos dados às 13h 05min 00s e finalizando às 14h 34min 45s; depois, desloca-se a antena até a graduação correspondente a dois centímetros, no sentido da posição central da peça, ou seja, retrocedem-se três centímetros da última graduação (cinco centímetros). Com a antena nesta posição (dois centímetros), os dados são coletados das 14h 45min 00s até 16h 34min 45s; em seguida, desloca-se a antena até a graduação correspondente a um centímetro, no sentido da posição central da peça, ou seja, retrocede-se um centímetro da última graduação (dois centímetros). Com a antena nesta posição (um centímetro), os dados são coletados das 16h 45min 00s até 18h 34min 45s; em seguida, desloca-se a antena até a posição central da peça, ou seja, retrocede-se um centímetro da última graduação (um centímetro). Nesta posição, os dados são coletados das 18h 45min 00s até 21h 12min 30s. A TABELA 1 resume estas simulações.

TABELA 1 – Simulações de deslocamentos.

Simulação	Posição da antena GNSS (GPS) na peça de simulação	Tempo inicial	Tempo final
A	00 cm	10h 41min 45s	13h 00min 00s
B	05 cm	13h 05min 00s	14h 34min 45s
C	02 cm	14h 45min 00s	16h 34min 45s
D	01 cm	16h 45min 00s	18h 34min 45s
E	00 cm	18h 45min 00s	21h 12min 30s

Os dados GPS das simulações contidas na TABELA 1, juntamente com as observações da estação PPTE, são processados com o programa GIPSY, obtendo-se os seguintes resultados para as variações no comprimento da base EP02PPTE, conforme TABELA 2 e o gráfico da Fig. 3, em função das soluções *bias\_free*:

TABELA 2 - Resultados das variações no comprimento da base EP02PPTE.

Simulação	Variação no comprimento da base (cm)
A	0,00
B	5,29
C	4,08
D	3,30
E	0,22

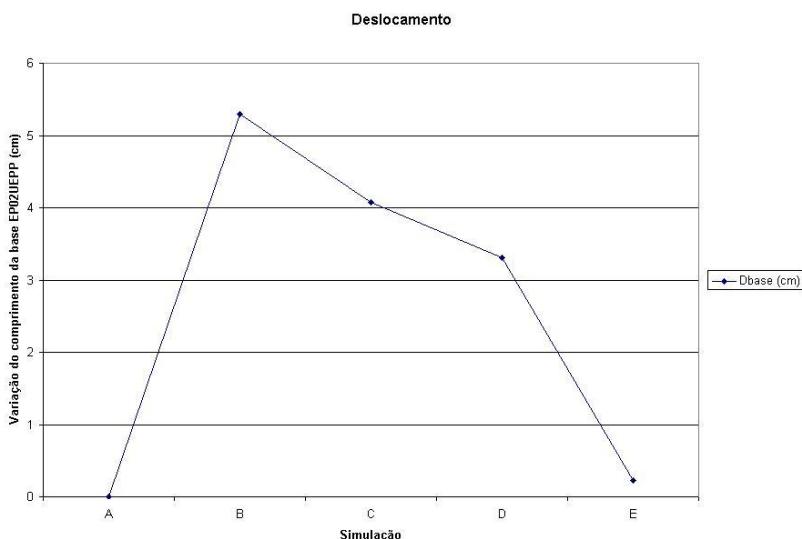


Fig. 3 - Simulações de deslocamento.

Deve-se observar que a direção da base formada pelas estações EP02 e PPTE não é paralela à da peça de simulação, portanto as variações do comprimento desta base não resultarão exatamente nas respectivas simulações, mas muito próximas destas, conforme pode-se verificar nas soluções obtidas.

Os dados contínuos, registrados neste experimento, são processados como cinemáticos, obtendo-se os resultados para as diferenças de coordenadas geodésicas cartesianas, entre épocas consecutivas (ver Fig. 4).

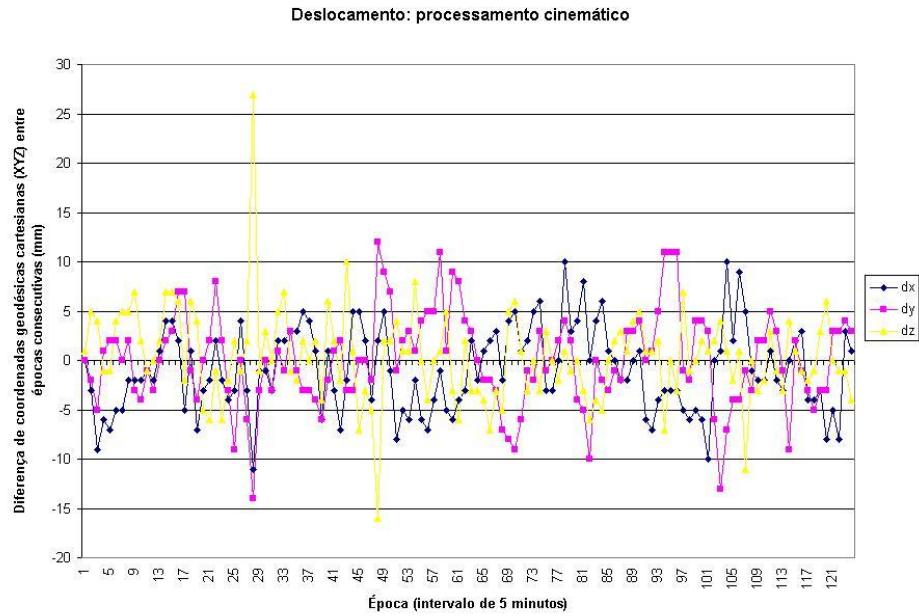


Fig. 4 - Processamento cinemático das simulações de deslocamento.

Com os resultados do processamento cinemático, pode-se gerar o gráfico para a variação do comprimento da base EP02PPTE, o qual é mostrado na Fig. 5.

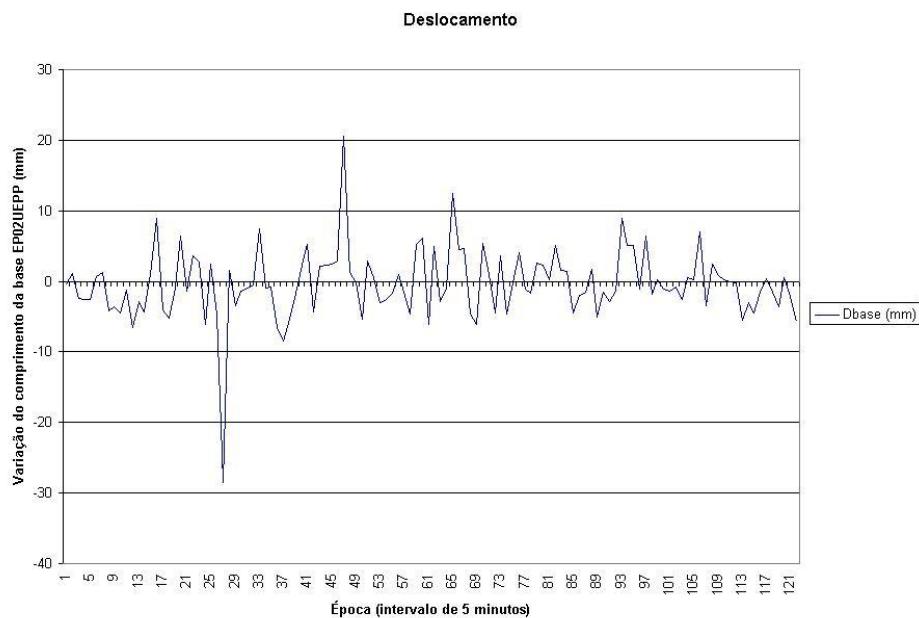


Fig. 5 - Variações do comprimento da base com processamento cinemático.

#### 4. CONCLUSÃO

A análise dos deslocamentos simulados, neste trabalho, confirma a variação da posição da antena com as simulações realizadas. O processamento cinemático deste experimento com o programa GIPSY, com intervalo de cinco minutos entre as épocas observadas, diferencia as variações maiores do que um centímetro.

A tecnologia GNSS (GPS) possibilita o monitoramento de deslocamentos para fins de controle de estruturas naturais ou artificiais, conforme resultados deste experimento.

Os deslocamentos com variações inferiores a um centímetro necessitam de investigações complementares para auxiliar na detecção de movimentos horizontais e/ou verticais, além de variações lineares entre estações remotas e fixas.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- BUENO, R. F. Monitoração, por GPS, de deslocamentos em estruturas com carga dinâmica. 212 p. Tese (Doutorado). Escola politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes. São Paulo, 2007.
- CHAVES, J. C. Controle de deformações em barragens: métodos de monitoramento e viabilidade da utilização do GPS. São Paulo. 197p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1994.
- CHAVES, J. C. Uso da tecnologia GPS na monitoração de deformação: sistemas, etapas e experimentos. São Carlos. 155p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2001.
- LAROCCA, A. P. C. O uso do GPS como instrumento de controle de deslocamentos dinâmicos de obras civis – aplicação na área de transportes. 218 p. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.