



Universidade de São Paulo
Escola Politécnica
Departamento de Engenharia de Transportes

Aplicação da Geodésia na Monitoração de Estruturas

Prof^a. Dr^a. Ana Paula Camargo Larocca

larocca.ana@usp.br

Utilização dos instrumentos

Estação Total



Utilização dos instrumentos GNSS



Figuras obtidas de Furnas S.A. e Wild

Coordenadas de um ponto por GPS

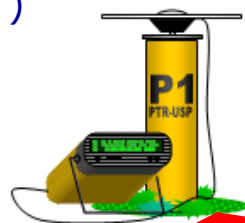
Posicionamento Diferencial Estático

Constelação GPS
(4 ou mais satélites)

Ponto Fixo Monumentado:

Estação de Referência, de
coordenadas Geodésicas e
Cartesianas conhecidas:

(λ_1, Φ_1, H_1) ou
 (X_1, Y_1, Z_1)

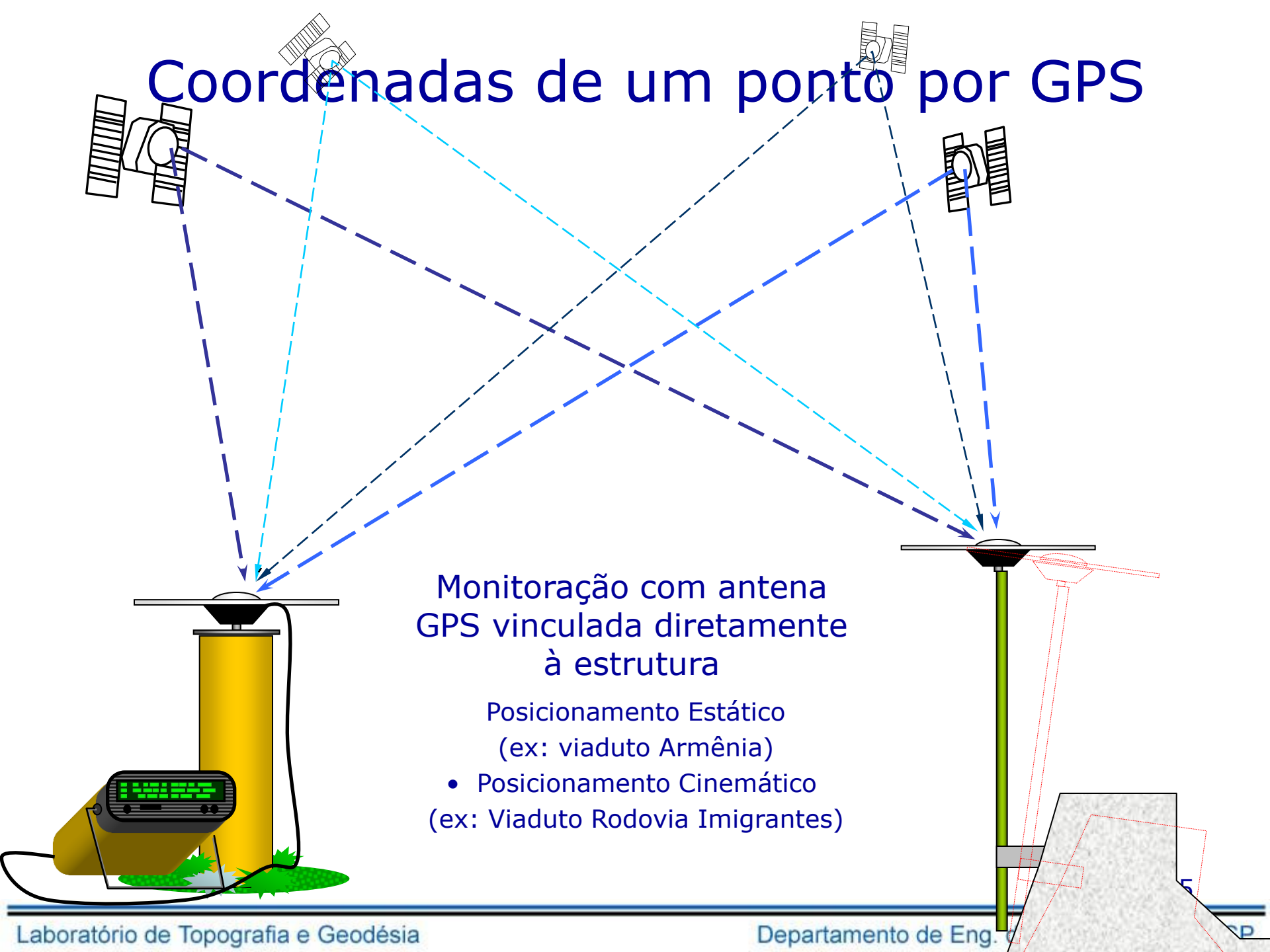


**Vetor diferença de
posição**

Ponto de interesse:
Coordenadas a
determinar com alta
precisão



Coordenadas de um ponto por GPS



Monitoração de Estruturas com Instrumentos Geodésicos

Necessidades:

- **Pessoal Especializado**
- **Instrumentos de alta precisão:**
 - GPS: dupla frequência, precisão de 0,2 mm de
 - RMS (LTG = 3 mm) – taxa de 100Hz
 - Estação total: ângulo = 0,5" distância = 0,6 ppm
 - Nível automático: 0,2 mm no duplo nivelamento com miras de invar. Nível N3 com placa plano/paralela – leitura de 0,1 mm.

Pesquisas Realizadas

Laboratório de Topografia e Geodésia

(cont.2)

- ➔ EDIFÍCIO PAULA SOUZA
(Cidade Universitária – USP)
- ➔ VIADUTO ARMÊNIA
(São Paulo – Capital)
- ➔ PONTE ESTAIADA DA CPTM SOBRE O RIO
PINHEIROS
(São Paulo – Capital)
- ➔ VIADUTO NA VIA DOS IMIGRANTES
(São Paulo – Santos)

Edifício Paula Souza

- Sem instrumentação geodésica
- Estudo de recalque com nível digital
- Referência fixa: BM (Bench Mark)



Edifício Paula Souza (cont.1)



- BM
- Tomada da referência de nível com nível digital e mira eletrônica
- Transferência do nível para o interior do edifício(caminhamento)
- Pontos de observação

Edifício Paula Souza (cont.2)



Edifício Paula Souza (cont.3)



Edifício Paula Souza (cont.4)



STOP - GPS

Monitoramento no Viaduto Armênia – São Paulo (1997/1998)

- receptores GPS vinculados à estrutura
- deslocamentos verificados pelo vetor diferença de posição em relação ao P1 – EPUSP
- trem-tipo de carga: 12 caminhões-betoneira carregados de brita



Monitoramento no Viaduto Armênia – São Paulo (1997/1998) (cont.)

- concreto protendido
- vão central: 38 m
- demais variando entre 30 a 36 m
- deslocamento: 1 a 4 mm com extensômetro
- defletômetros

Pilar EPUSP com Instrumento



Viaduto Armênia

→ Características

- 420 m de comprimento
- 8 m de largura c/ faixa de rolamento para 2 veículos no mesmo sentido
- geometria em curva
- apoiado em 10 pilares
- teste com carga estática realizado em SET/1997
12 caminhões betoneira carregados com brita → 240 t
sobrecarga no pavimento 8 kN/m²

→ Metodologia das observações GPS

- 4 pontos fixos de referência, sendo:
 - . 2 na margem oposta do Rio Pinheiros a 500 m de distância do viaduto
 - . 2 nas extremidades do viaduto

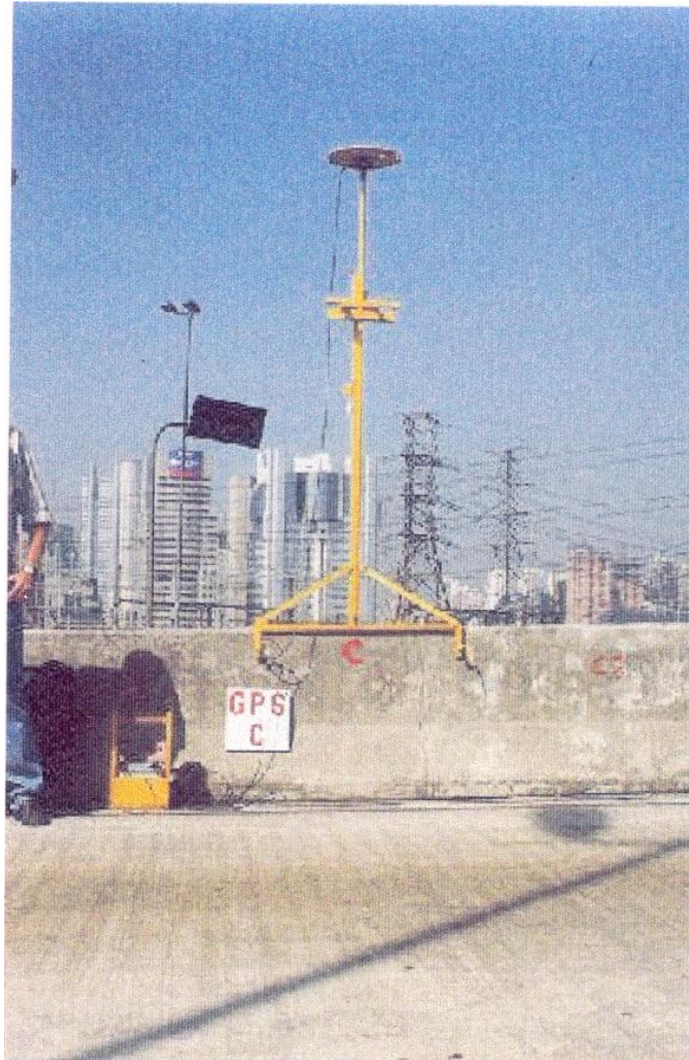
Viaduto Armênia (cont.1)



Viaduto Armênia (cont.2)



Viaduto Armênia (cont.3)



Viaduto no km 55 da via imigrantes

- Antenas vinculadas à Estrutura
- Criados 3 marcos de referência (fixos) a partir do P1-EPUSP, para o monitoramento, próximos à estrutura
- Monitoramento de deslocamentos dinâmicos
- Investigação das causas dos deslocamentos observados



Viaduto no km 55 da via imigrantes (cont.1)



Posição da Antena:
centragem forçada acima de
interferência da passagem
dos veículos mais altos

A estrutura de sustentação
não poderia obstruir a pista;
por esta razão está
posicionada externamente ao
tabuleiro do viaduto.



Viaduto no km 55 da via imigrantes (cont.2)

Fixação dos engastes no lado de fora da estrutura e colocação da antena



Viaduto no km 55 da via imigrantes (cont.3)

Engastamento de forma a minimizar movimento relativo da antena em relação à estrutura : tubo rígido, de grande espessura



Outros Exemplos de Monitoração pelo Mundo

Nottingham
(Inglaterra):
deslocamento
diferencial
dinâmico



Outros Exemplos de Monitoração pelo Mundo (cont.1)

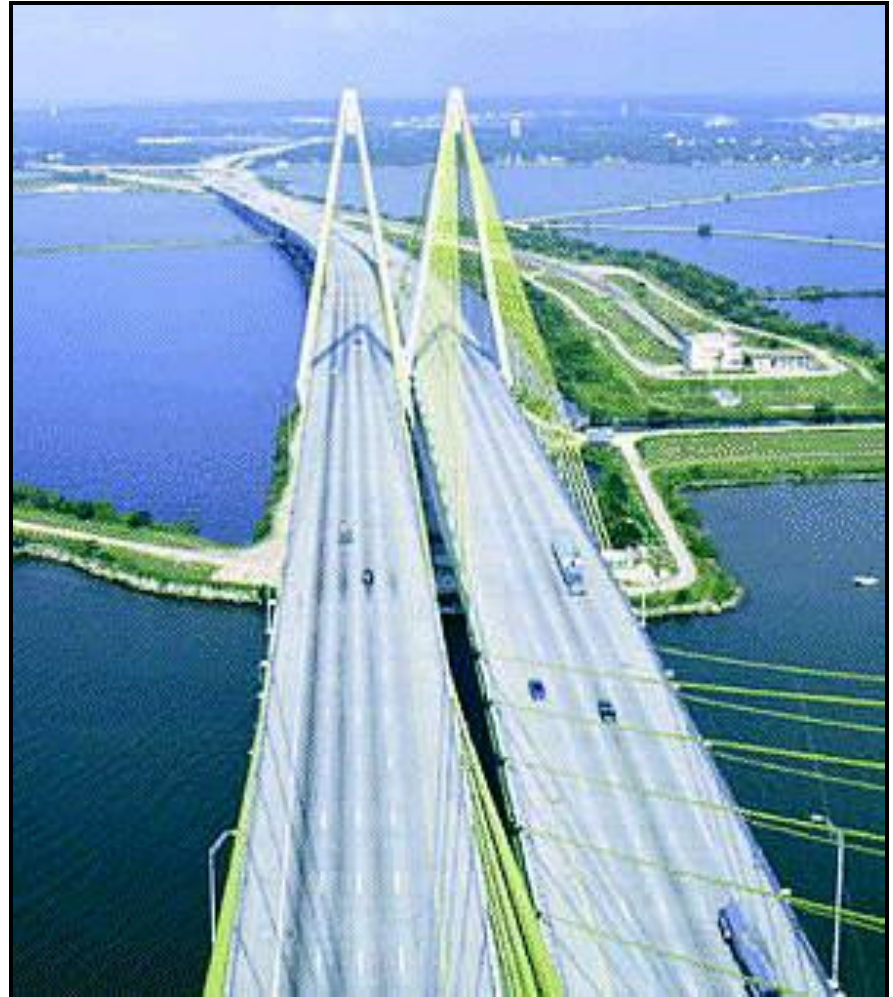
Austrália:
deslocamento
de talude
(experimento
monitorado)



Outros Exemplos de Monitoração pelo Mundo (cont.2)

Japão:

deslocamento dinâmico
– topo dos pilões da
ponte estaiada



Outros Exemplos de Monitoração pelo Mundo (cont.4)

Monitoramento
de deslizamento
de encosta no
Japão



Monitoração do Cebolão

- Em função do rebaixamento da calha do rio Tietê, entendeu-se como necessário fazer uma verificação das condições dos viadutos do chamado Cebolão. Para tanto, foram construídos dois pilares supostamente estáveis sobre o dique da comporta e colocados refletores no viaduto.

