

MundoGEO

#connect

LatinAmerica 2013

Conferência e Feira de Geomática e
Soluções Geoespaciais

18 a 20 de Junho de 2013

Centro de Convenções Frei Caneca - São Paulo (SP) - Brasil

Análise Preliminar da Estimativa do Atraso Zenital Troposférico GNSS

Vinicius Francisco Rofatto
Paulo Sérgio de Oliveira Jr

Orientador: Prof. Dr. João Francisco Galera Monico – FCT/Unesp

Co-orientador. Dr. Luis Fernando Sapucci – CPTEC/INPE

Introdução



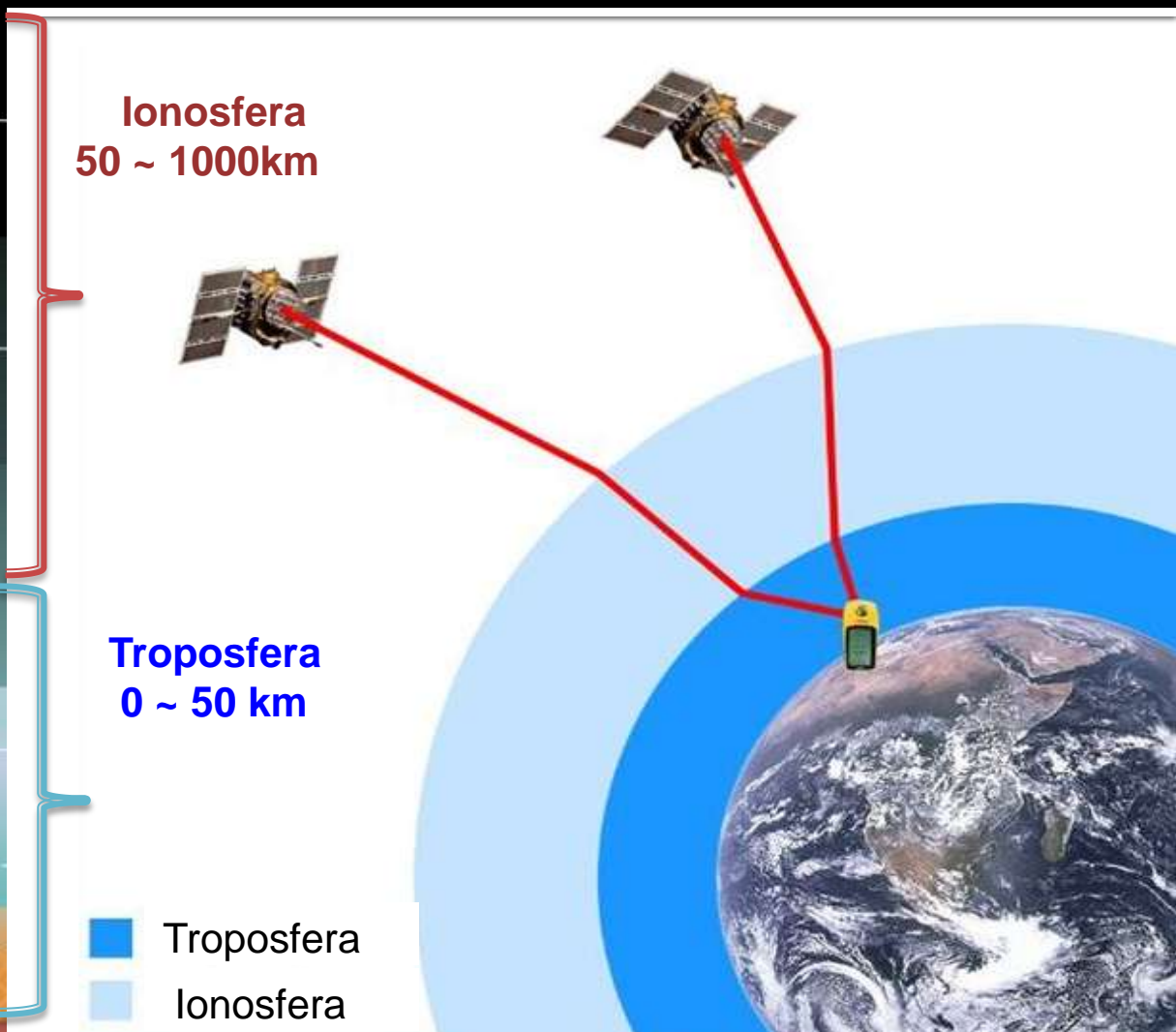
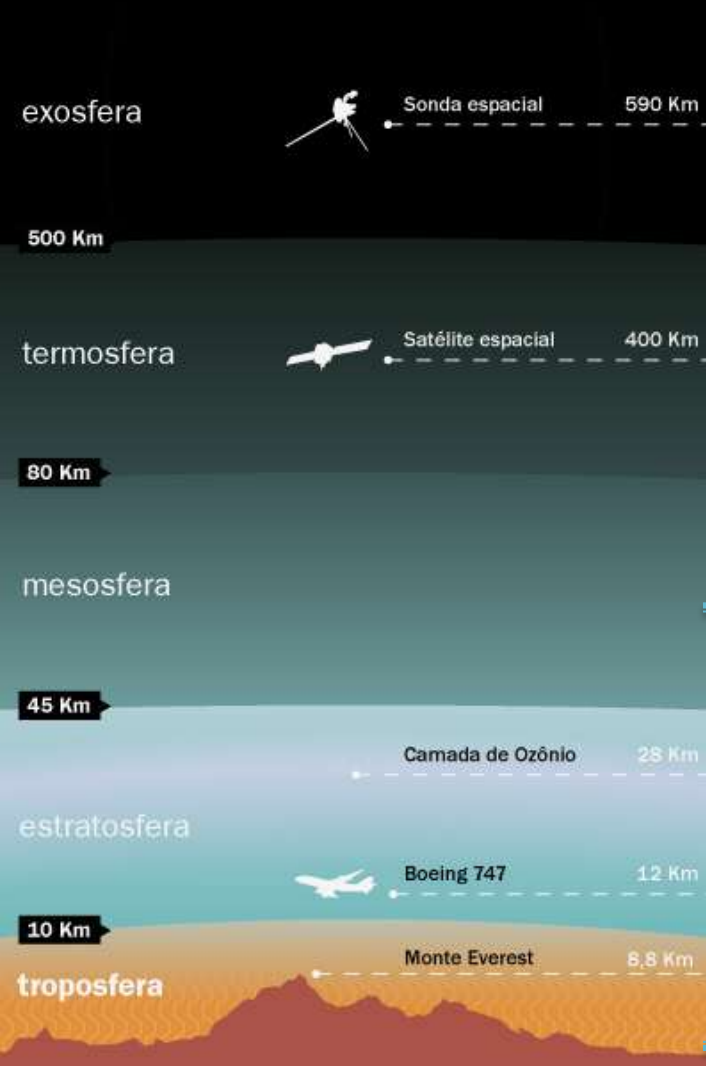
A atmosfera terrestre é uma das principais fontes de erros na determinação das coordenadas com posicionamento pelo GNSS (*Global Navigation Satellite System*).

Divide-se, em termos de posicionamento geodésico, em duas camadas, que interagem de formas distintas com os sinais GNSS.

Troposfera

Ionosfera

Introdução



Introdução



A troposfera é um meio não dispersivo, ou seja, sua influência não depende da frequência dos sinais.

Provoca o chamado atraso zenital troposférico (ZTD – Zenital Tropospheric Delay).

ZTD:

- “Incomodo” para a Geodésia
- Importante para a Meteorologia.

GNSS - METEOROLOGIA

Atraso Zenital Troposférico



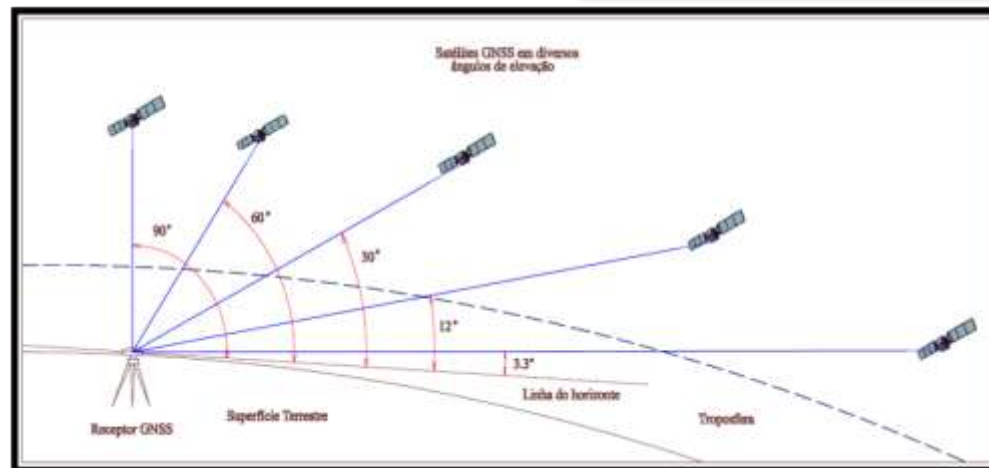
$$\text{Zenith Tropospheric Delay} : \text{ZTD} = \text{ZHD} + \text{ZWD}$$

Zenith Hydrostatic Delay

- 90% do atraso total: ~2m
- Variação temporal lenta (1cm/6h)
- Função de P e T

Zenith Wet Delay

- 10% do atraso total: até 30cm
- Variação temporal rápida (cm/1h)
- Função da T e da densidade de vapor d'água ao longo da trajetória



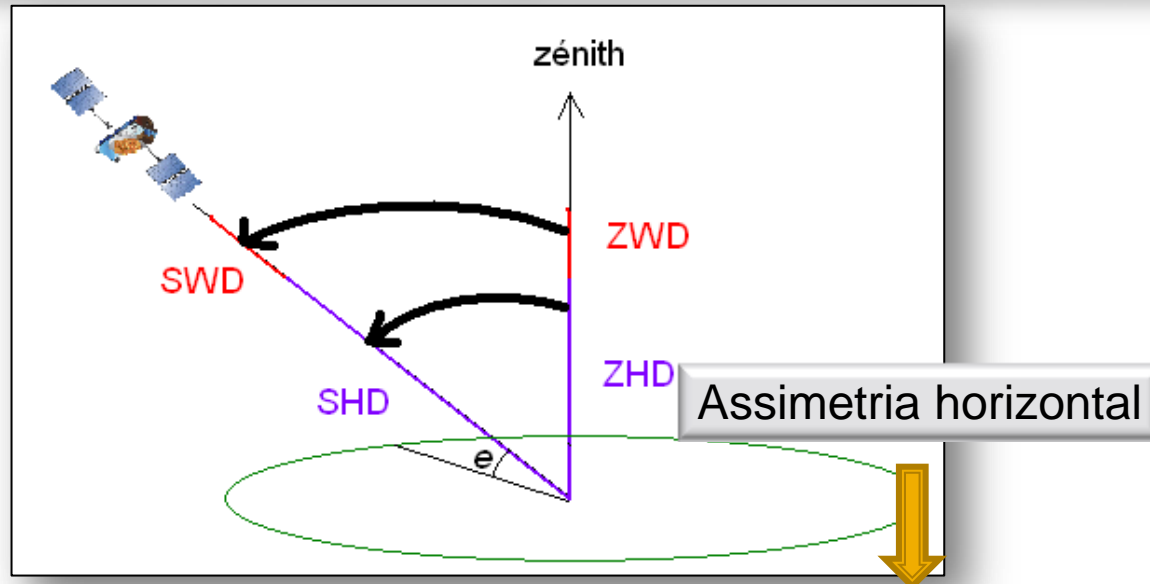
GNSS : Modelagem na direção do satélite: STD (Slant Total Delay)

Mapeamento do ZTD



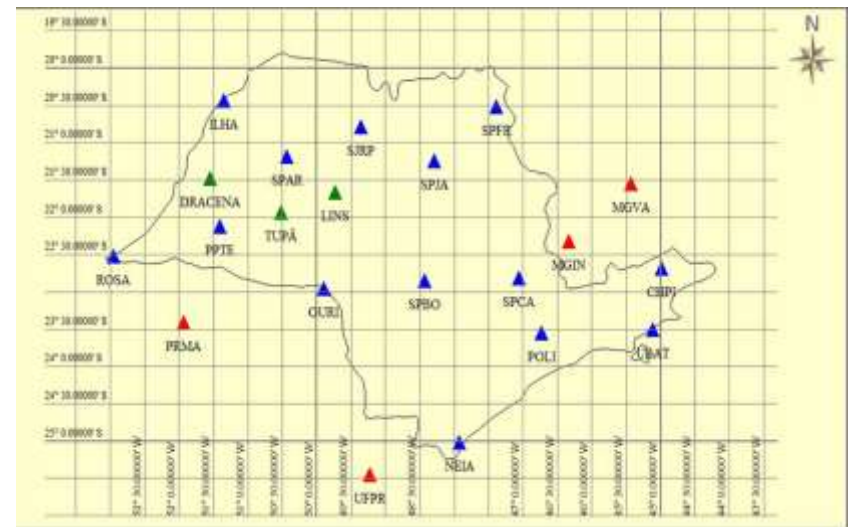
Para as variações verticais emprega-se funções de mapeamento, tais como a VMF1.

Para mapear a assimetria horizontal existe a possibilidade de estimar os gradientes troposféricos.



$$\text{STD}(el) = \text{ZHD} \cdot \text{mf}_H(el) + \text{ZWD} \cdot \text{mf}_W(el) + \text{mf}_G(el)(\text{GN} \cdot \cos(Az) + \text{GE} \cdot \sin(Az))$$

Dados GNSS



Rede de estações GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*):

- aplicações de posicionamento e navegação;
- aplicações meteorológicas → **GNSS METEOROLOGIA**

Dados de Radiossonda



IWV : *Integrated Water Vapor* : massa de vapor d'água contida numa coluna de ar atmosférica

PW : *Precipitable Water* : altura da água líquida obtida se todo o vapor de água contido na coluna de ar fosse condensado e precipitado no solo

$$\text{IWV (kg/m}^2\text{)} = \text{PW (mm)}$$

$$\text{GNSS : ZWD} = \pi \times \text{PW}$$



Radiossonda

Medida a cada 12h

T, P, PW,...



Dados: RSO x GNSS



GNSS



Fonte: <[página do IBGE](#)>

RSO



Fonte: <<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>>

Possibilidade de comparação



Estação	Distância da RSO [km]
BOMJ	1,1
SMAR	1,6

Método



ZWD a partir da radiossondagem → inverter a equação:

$$PW = ZWD \times \Pi$$

Estimativas do ZWD das estações em estudo obtidas a cada 5 minutos. **Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)** - empregado o GIPSY-OASIS (*GNSS-Inferred Positioning System and Orbit Analysis Simulation Software*).

Para compatibilizar as séries temporais de ZWD GNSS e ZWD RSO, considerou-se a época de referência do ZWD GNSS a média do intervalo de tempo que corresponde as 00:00 UTC e 12:00 UTC **(no arquivo bruto das radiossondas tem a época de lançamento)**

Estratégia de processamento



PPP (pós – processado)

Máscara de elevação: 10°

Função de Mapeamento: VMF1

Intervalo das estimativas do ZWD: 5 minutos

Processo estocástico: Random Walk ($5\text{mm}/\sqrt{\text{hora}}$)

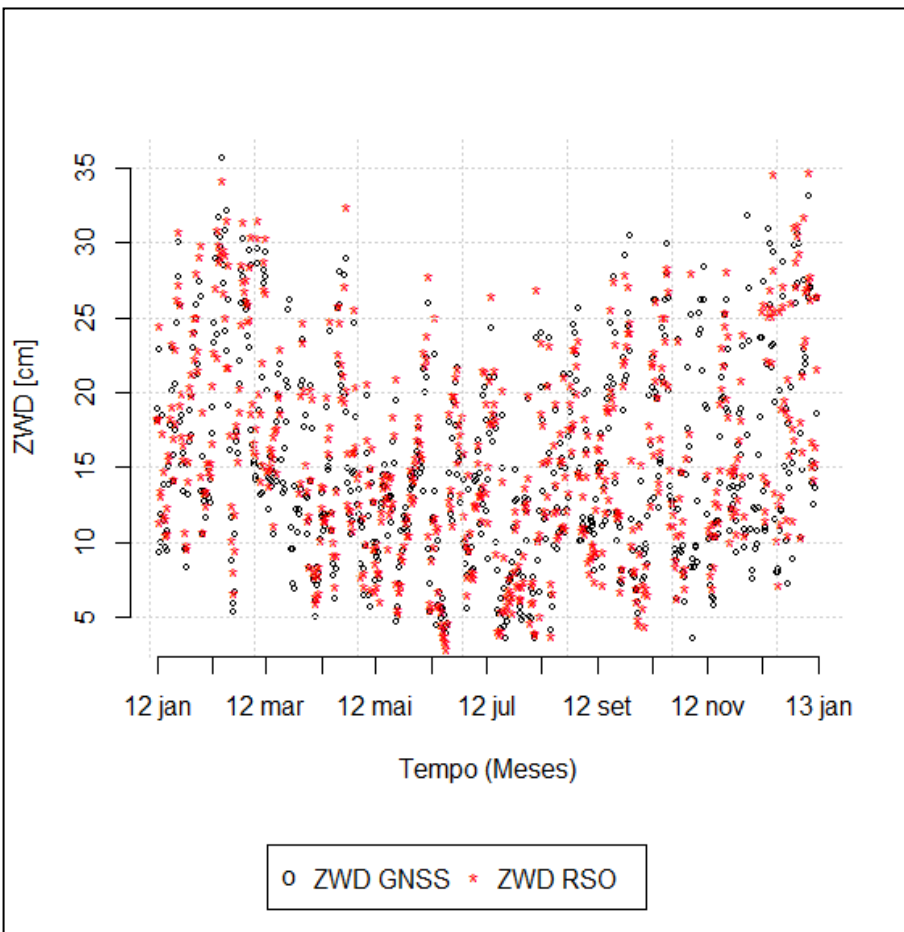
Correção da variação do centro de fase da antena
(absoluta)

Efeitos modelados: Cargas Oceânicas, marés terrestres,
radiação solar ...

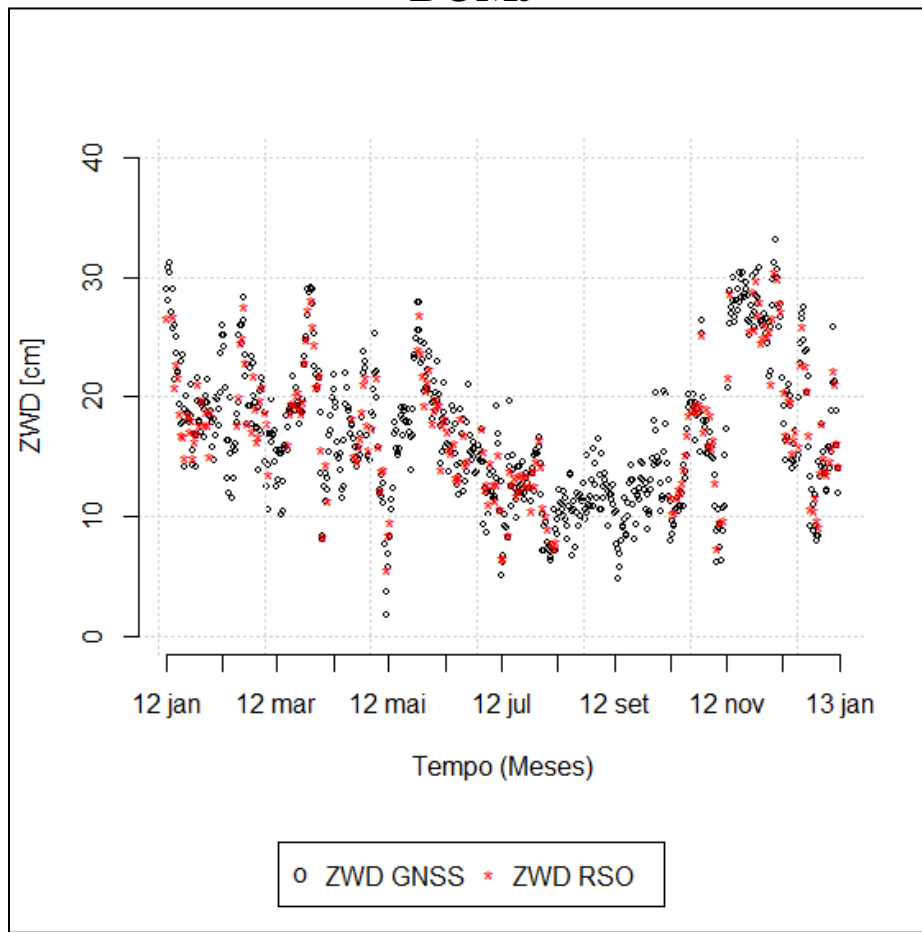
ZWD GNSS x ZWD RSO



SMAR



BOMJ



ZWD GNSS x ZWD RSO



O parâmetro a representa o bias, enquanto o parâmetro b representa a variação entre as estimativas do ZWD GNSS e ZWD RSO.

O coeficiente de determinação (R^2) varia entre 0 e 1, indicando, em percentagem, o quanto o modelo consegue explicar os valores observados.

a [cm]	σ_a [cm]	b	σ_b	R^2	EMQ [cm]
0,50	0,14	1,00129	0,00872	0,952	1,49

SMAR

a [cm]	σ_a [cm]	b	σ_b	R^2	EMQ [cm]
1,83	0,15	0,89240	0,008,64	0,98	0,75

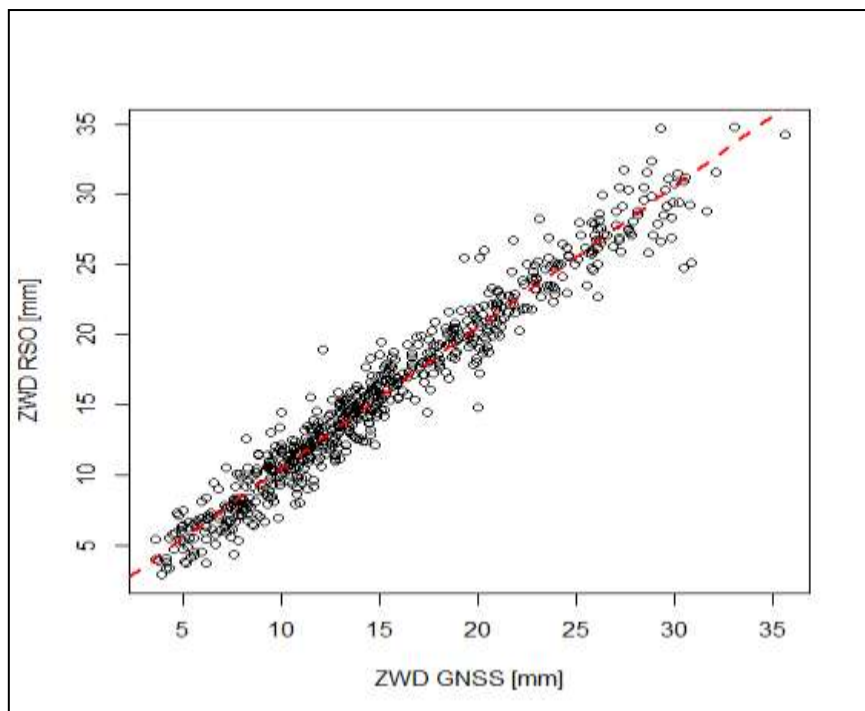
BOMJ

ZWD GNSS x ZWD RSO

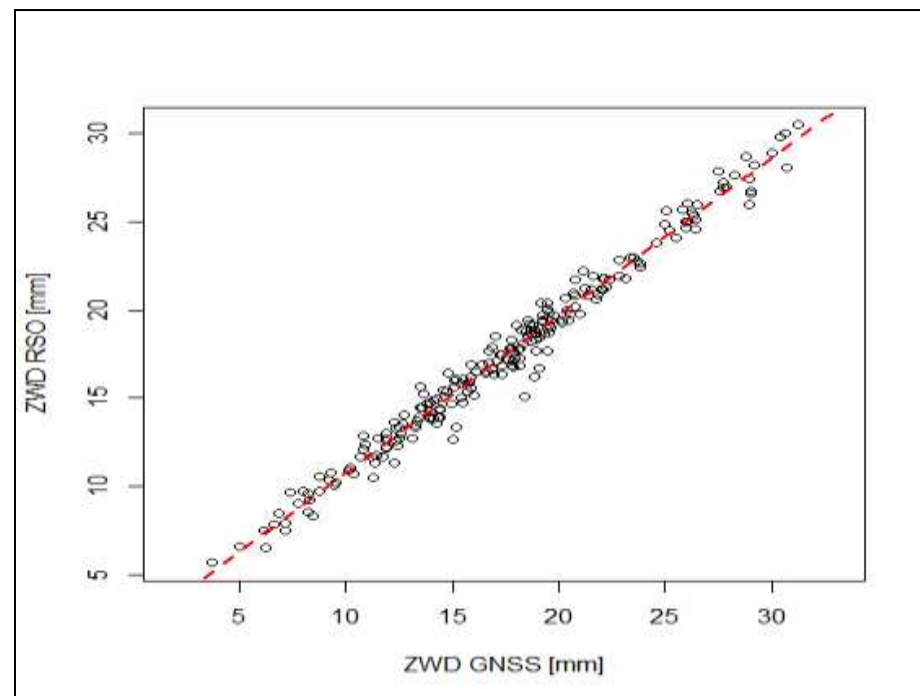


$$ZWD^{RSO} = a + ZWD^{GNSS} b$$

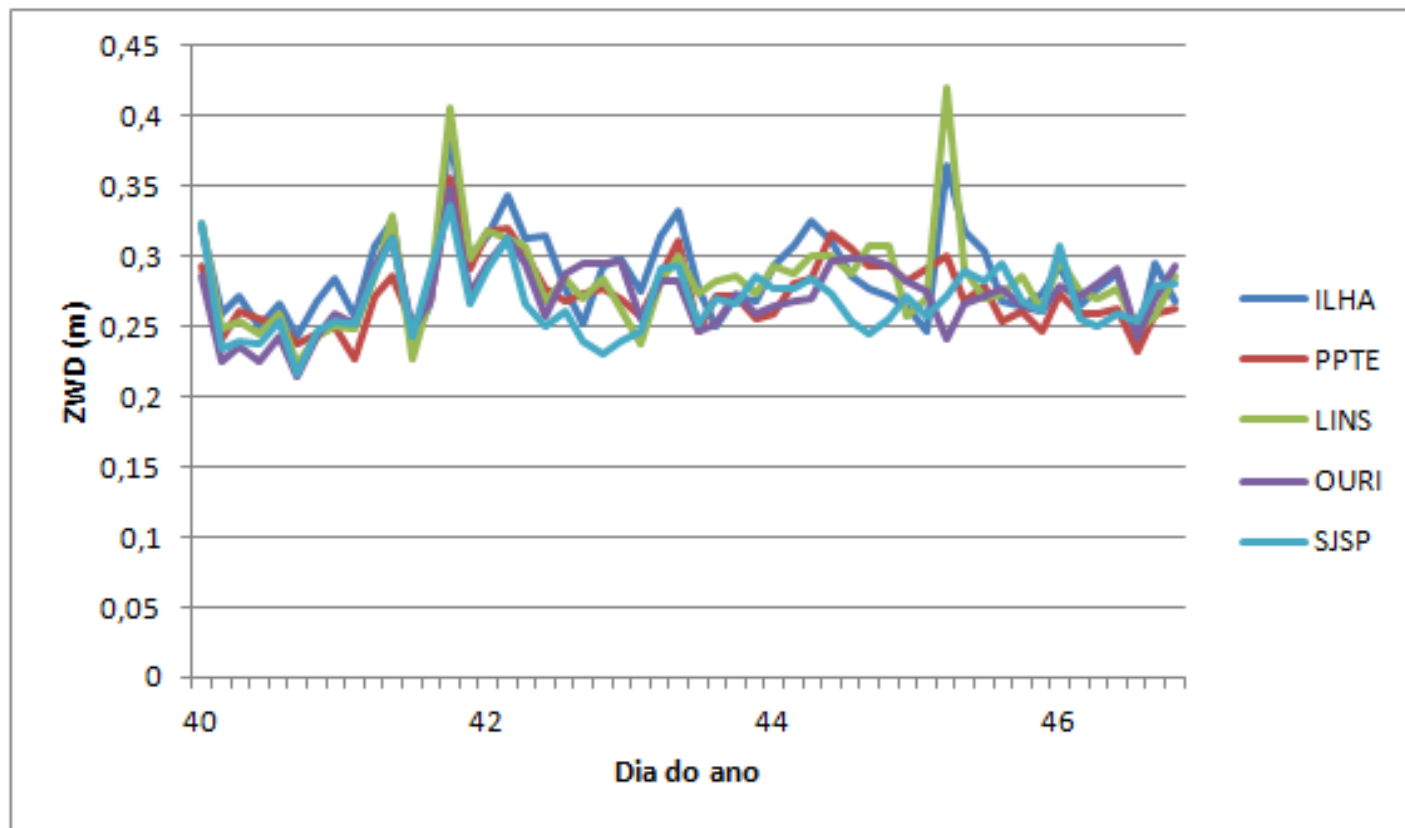
SMAR



BOMJ



ZWD – Bernese 5.0



Conclusão



- Interessante notar a alta correlação entre os ZWD GNSS e ZWD RSO
- Nota-se uma relação linear entre ZWD GNSS e ZWD RSO
- Trabalhos vem sendo desenvolvidos a fim de melhorar as estimativas do ZTD via o GNSS
- Nesse caso particular, o ZWD das estações GNSS SMAR e BOMJ, foram determinados diretamente pelo processamento de dados.
- Trabalhos vem sendo desenvolvidos no sentido de encontrar a melhor configuração no processamento de dados GNSS utilizando o método de posicionamento PPP do software GIPSY-OASIS II, a fim de obter os melhores resultados na estimativa do ZTD; e
- Combinação de ZTD (GOA-II, Bernese 5.0) – “operacional”

OBRIGADO !

