

Impactos do Clima Espacial sobre o posicionamento GNSS de alta acurácia em tempo real

Joao Francisco Galera Monico

Departamento de Cartografia, FCT/UNESP

Presidente Prudente, SP, Brasil

galera@fct.unesp.br

galera@pesquisador.cnpq.br



Conteúdo da apresentação

- **Introdução ao GNSS**
- **Métodos de Posicionamento**
- **Aplicações e desafios**
 - Agricultura de Precisão e outras ...
- **Comentários finais**

GNSS

- **Global Navigation Satellite System**

- **Envolve:**

- **GPS, GLONASS, Galileo e Beidou/Compass**

- **SBAS : Satellite Based Augmented System**

- **Aumento (Augmentation) do GPS/Galileo (WAAS, EGNOS, Gagan, MSAT)**

- **SACCSA (Solución de Aumentación para Caribe, Centroamérica y Sudamérica) ...**

- **GBAS : Ground Based Augmented System.**

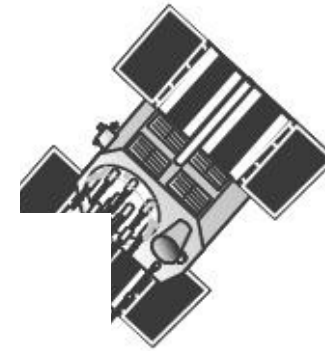
- **Regional**

- **Indian Regional Navigation Satellite System (IRNASS);**

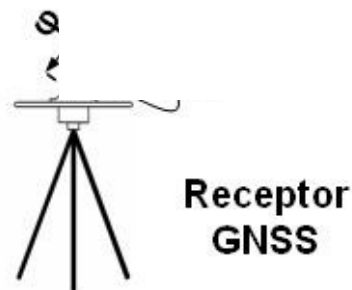
- **Quasi-Zenith Satellite System (QZSS)**

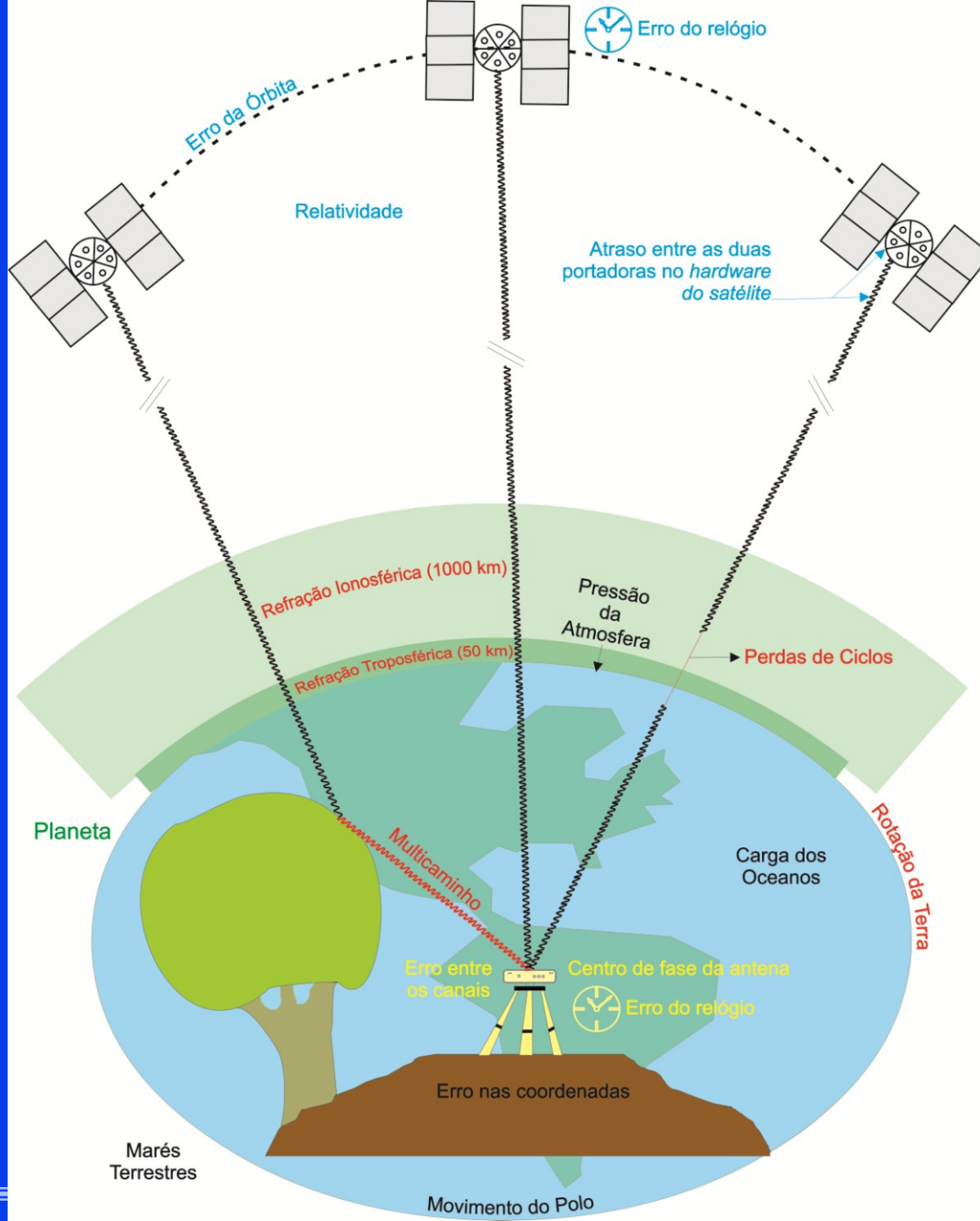


Medida da Fase da onda portadora/Pseudodistância



onda portadora



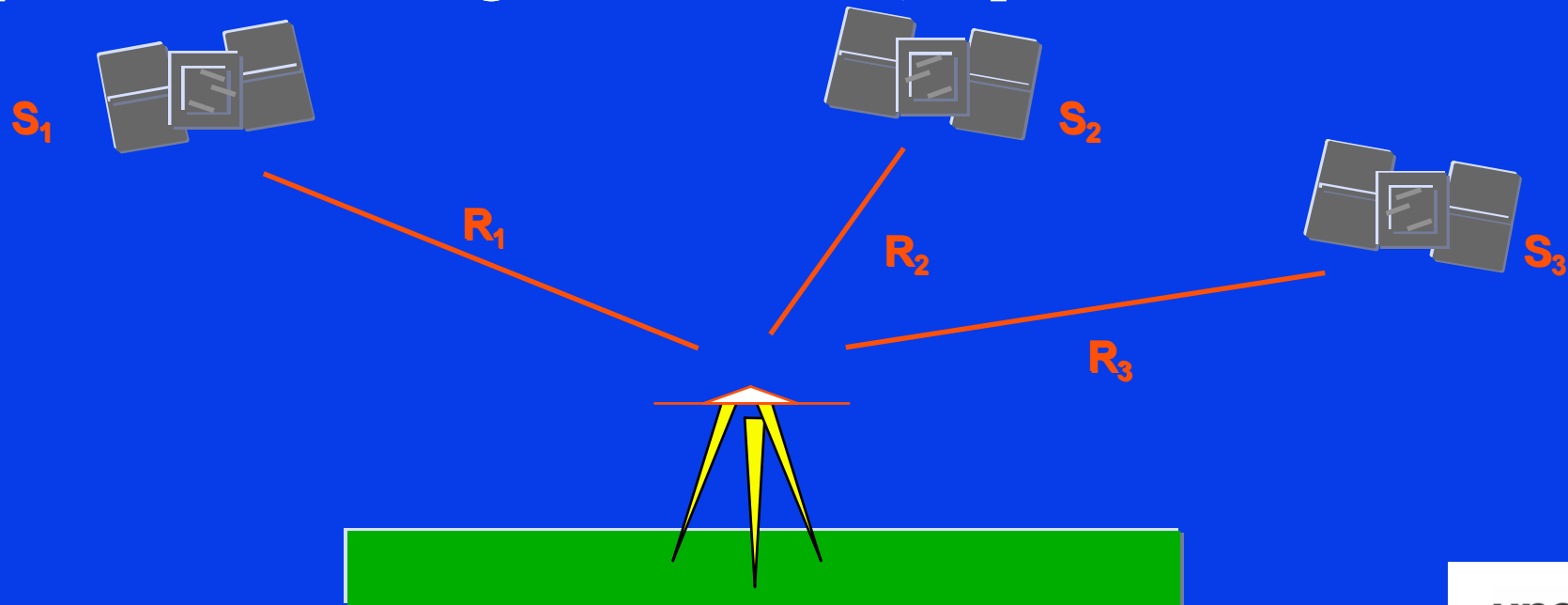


Métodos de Posicionamento GNSS

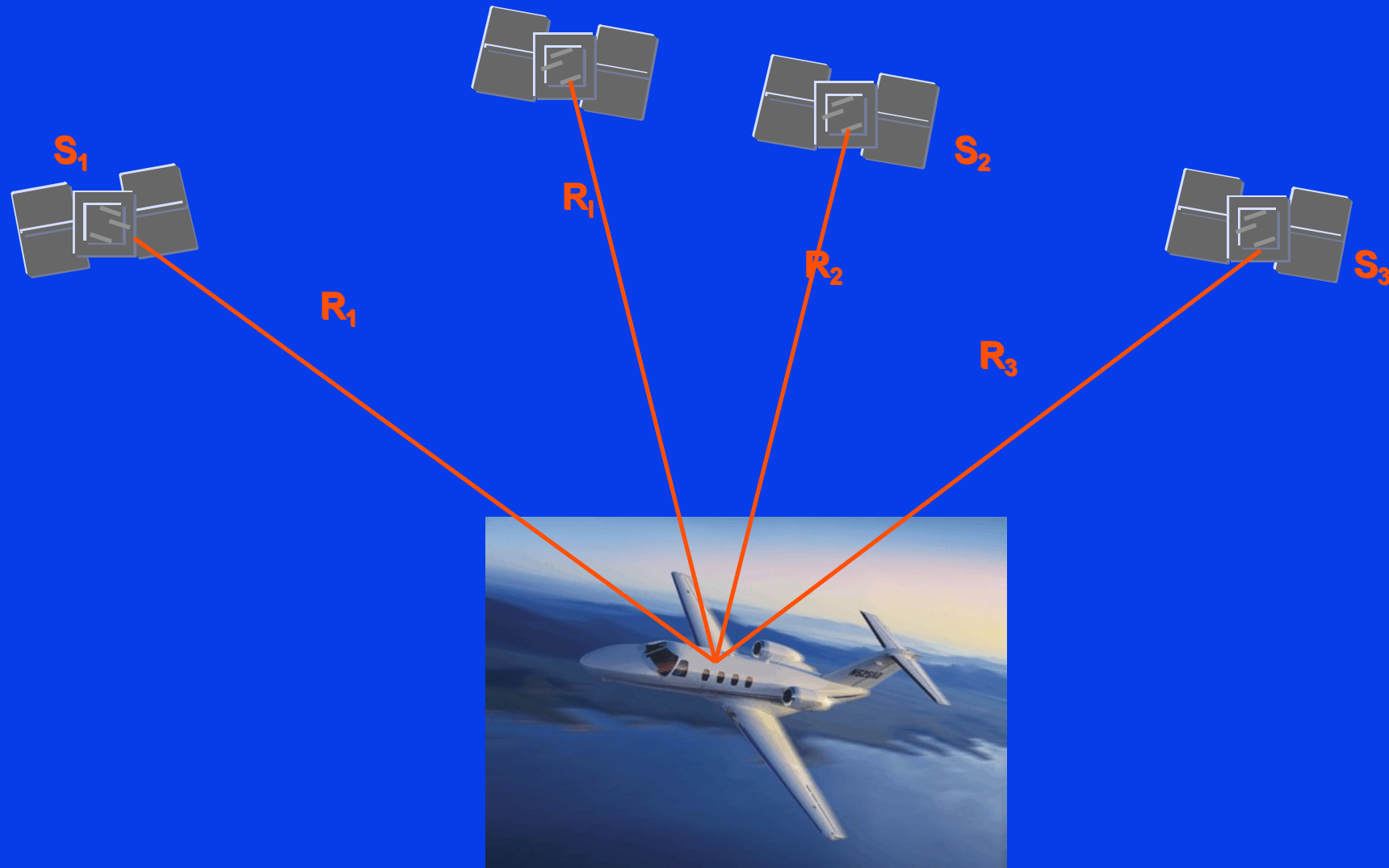
- **Posicionamento Por Ponto (Simples e Preciso)**
 - Estado da arte com Grande desafio: PPP em tempo real
- **Relativo (Estático, Semi-cinemático e cinemático)**
 - Estado da arte: RTK & RTK em Rede
- **DGPS**
 - WADGPS – tempo real

Posicionamento Por Ponto (Absoluto – Estático)

- Utiliza um único receptor (em geral de simples frequência)
- Utiliza efemérides transmitidas (1,5 m de acurácia) e pseudodistancia – modelo de troposfera e da ionosfera
- Determinam-se as coordenadas X, Y e Z num referencial geocêntrico – (e erro do relógio do receptor) que são convertidas para Latitude, Longitude e altura. (Requer no mínimo – 4 satélites)



Posicionamento por ponto cinemático



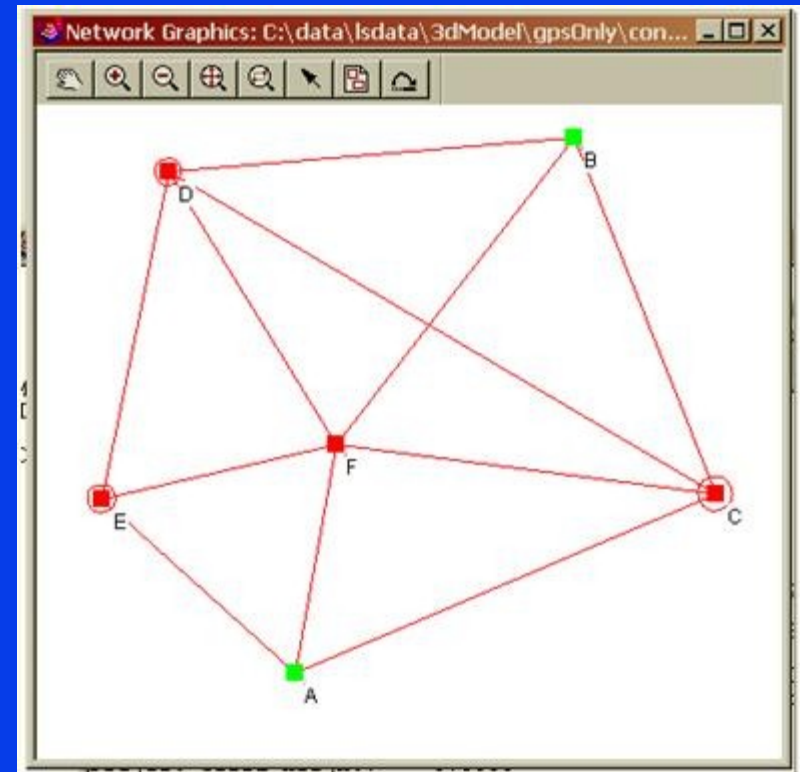
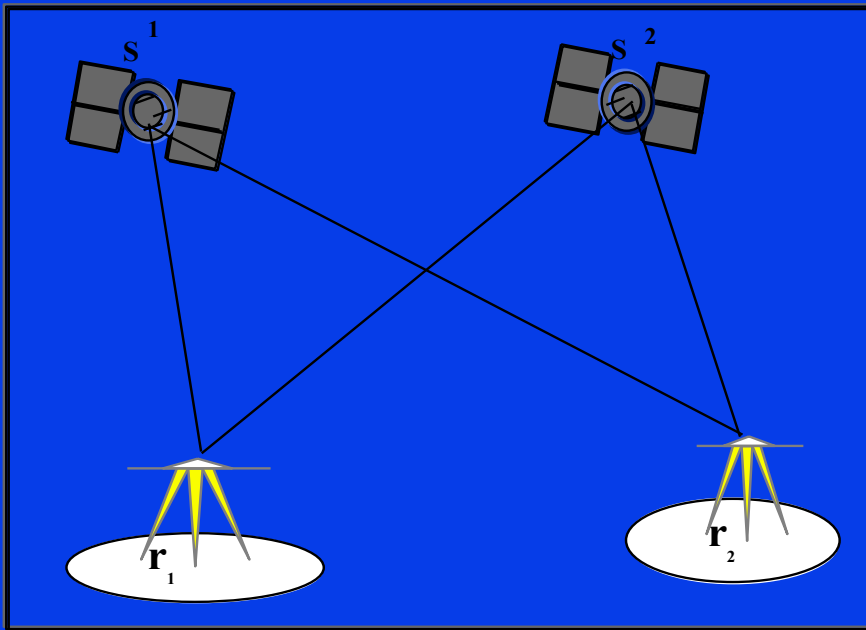
Posicionamento por ponto Preciso (PPP)

- Utiliza-se apenas um receptor (dupla/simples frequência)
- Efemérides precisas e correções dos relógios dos satélites;
 - Gerados a partir de uma rede de estações GNSS (Requer infra-estrutura)
- Várias empresas comerciais vem disponibilizando o PPP, mas com nomes comerciais específicos:
 - Exemplos: RTX da Trimble, StarFix .G2 e .XP da Fugro, StarFire da NavCom.
- Vários softwares on-line
 - IBGE, UNB, JPL, UNESP, etc.
- Desafio: PPP em Tempo Real com solução das ambiguidades

Posicionamento Relativo

Requer 2 ou mais estações simultâneas

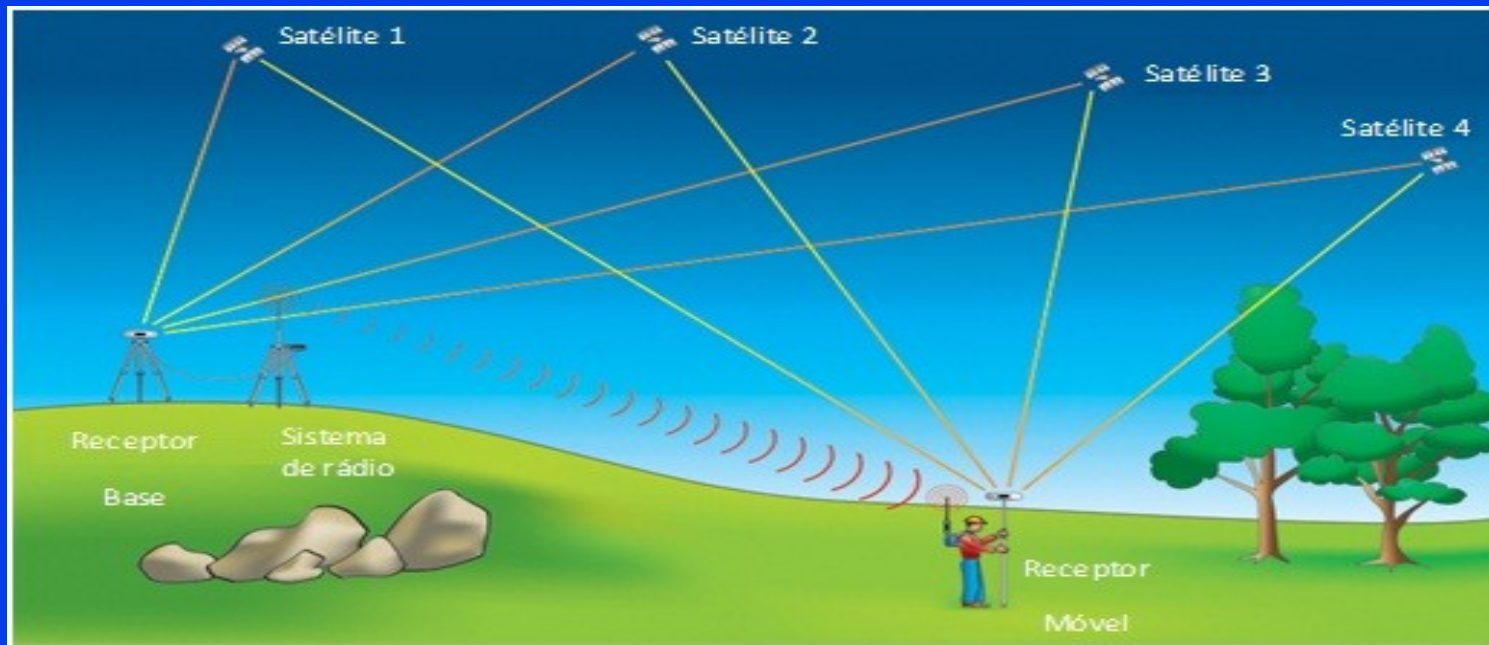
- Estático (rápido)
- Semi-cinemático
- Cinemático (pós-processado e RTK)



Posicionamento RTK

PRINCIPAIS CONCEITOS

- Acurácia cm;
- Produtividade;
- Tempo real;
- Estação base;
- Estação móvel;
- UHF / GSM;
- RTCM.

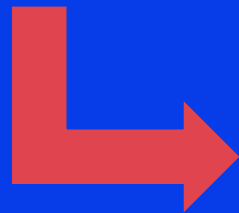


Desvantagens do RTK

PRINCIPAIS CONCEITOS

- Disponibilidade;
- Integridade;
- Alcance limitado;
- Perda de produtividade;

Solução: Utilizar mais estações de referência!

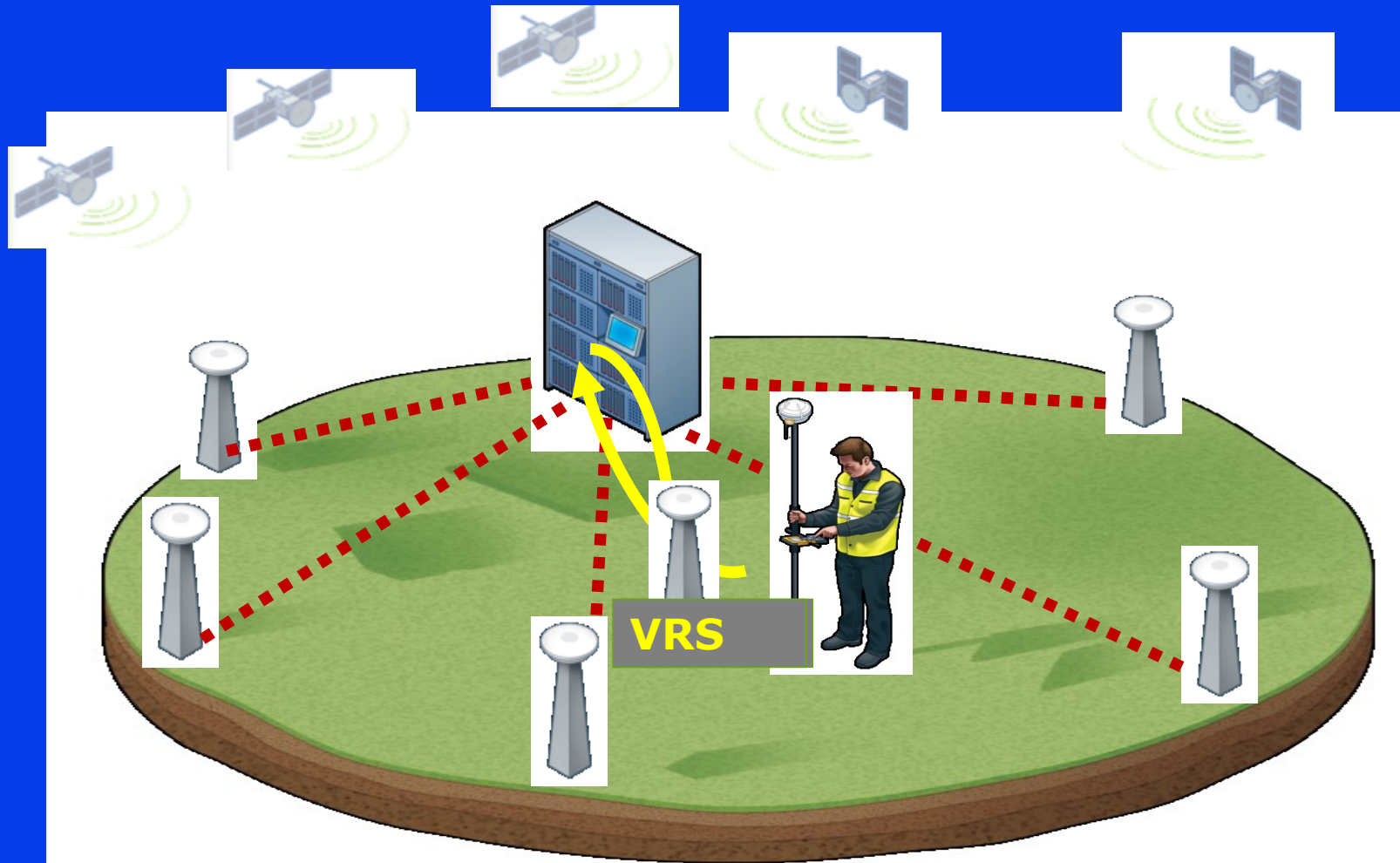


Posicionamento RTK em Rede

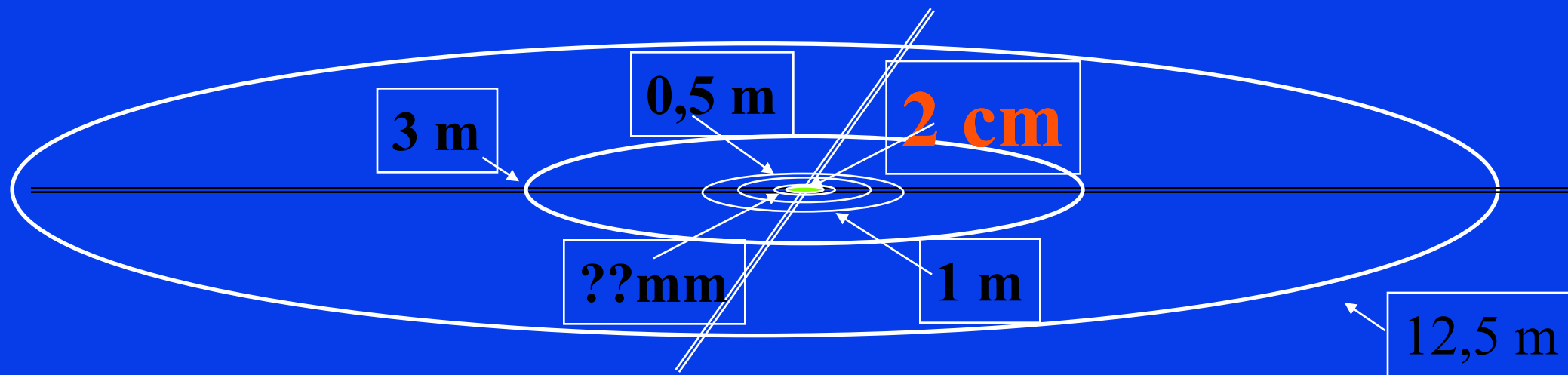
RTK em Rede + VRS

Centro de Controle gera uma VRS para cada Rover, envia sua posição ao Centro de Controle e receptor rover continuamente para o Centro de Controle.

PRINCIPAIS
CONCEITOS



POSSIBILIDADES DE ACURÁCIA (1 sigma) COM O GNSS



Em geral, a precisão obtida é muito otimista

Desafios para Posicionamento GNSS de alta acurácia em tempo real

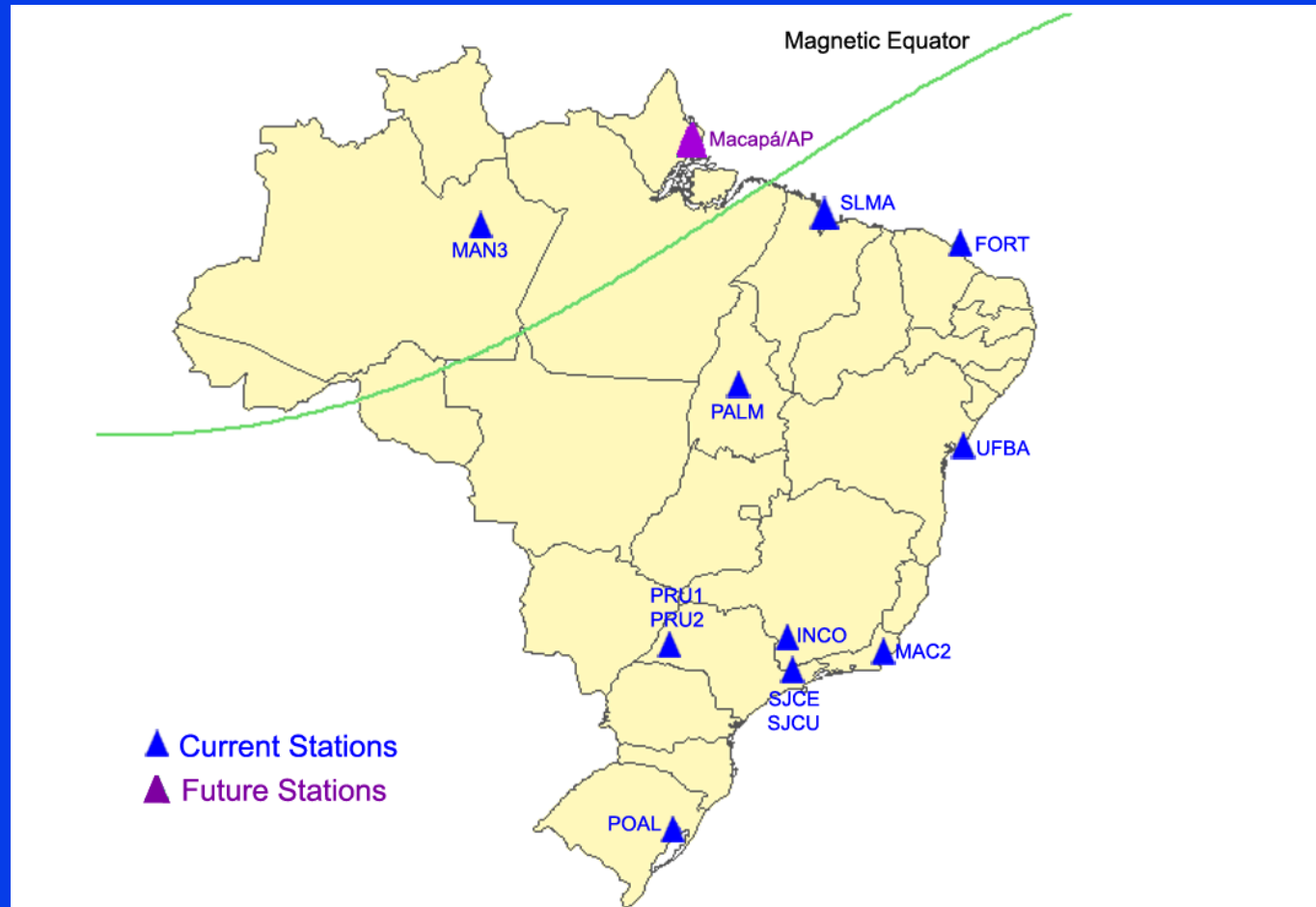
- **TEC – para receptores de simples frequência**
 - **Depende de modelos de IONOSFERA (IONEX)**
- **Gradiente espacial e temporal do TEC;**
- **Cintilação Ionosférica;**
- **Refração Troposférica;**

Redes de receptores GNSS no Brasil para suporte aos desafios

- **RBMC/IBGE (Continuous Monitoring Brazilian Network/Statistics and Geography Brazilian Institute) -~130 dual frequency receivers;**
- **Rede GNSS – SP**
- **Redes Privadas**
- **Rede de estações do projeto CIGALA/CALIBRA**
- **SCINTMON/CASCADE – Single Frequency – L1 (scintillation) - 24 receivers with sample rate of 50 Hz. (INPE/Cornell);**
- **LISN (Low-Latitude Ionospheric Sensor Network) – 12 dual frequency (TEC and scintillation) receivers in operation and 8 new receivers planned (already purchased using Petrobrás funding) to 2011;**

Infraestrutura GNSS no Brasil

CIGALA/CALIBRA Network – GSA/FP7

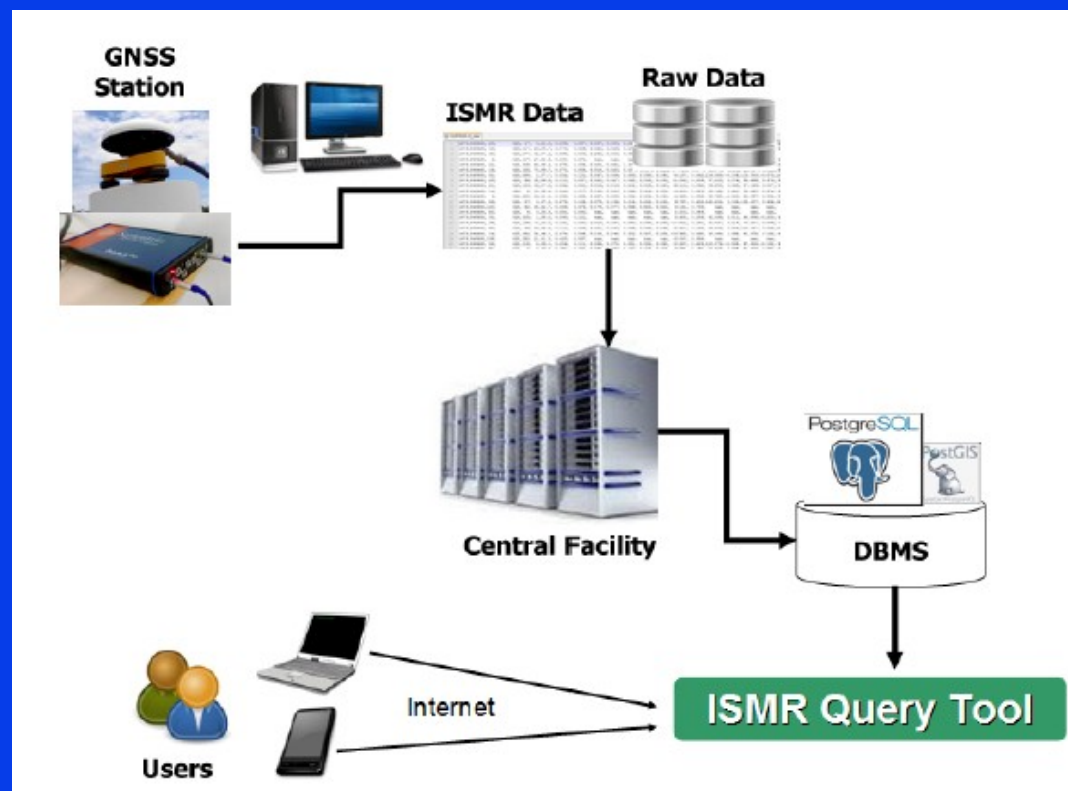


The measurement stations

- *Septentrio developed the PolaRxS ionospheric scintillation monitor*
 - *Multi-frequency Multi-constellation GNSS receiver (including Galileo)*
 - *Best-in-class phase noise based on state-of-the-art OCXO*
 - *Up to 100Hz signal phase and intensity output for all satellites*
 - *Rugged waterproof housing with RS232, USB, Ethernet interface and internal logging*
- *Specific software and logging tool for TEC and scintillation indices monitoring*
 - *More than 100 parameters every one minute...*



<http://is-cigala-calibra.fct.unesp.br>



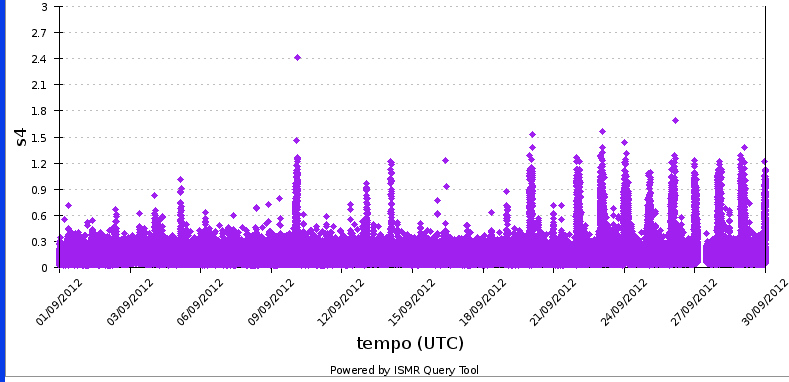
Filters

Date/time interval	2013-07-01 00:00	2013-07-20 23:59
Station(s)	MORU , PRU1	
Satellite(s)	GPS, GLONASS	
S4	>= 0.2	and
Elevation angle	>= 15	and
si_i1	>= 0.1	and
phi01_I5_e5b		
phi01I1		
phi03_I2c_e5a		
phi03_I5_e5b		
phi03I1		
phi60I1	>= 0.1;	

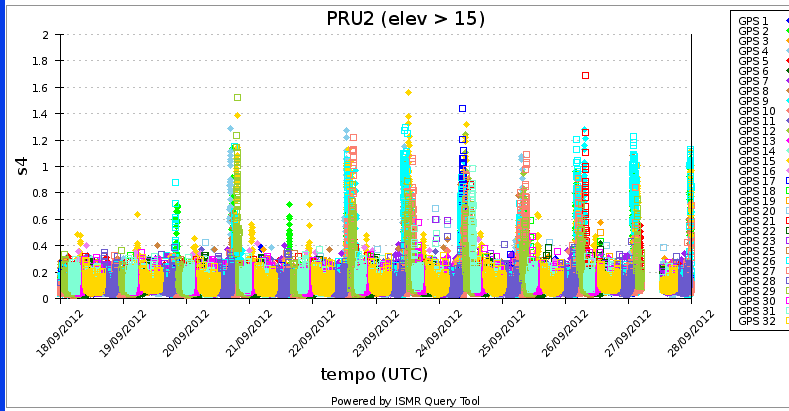
Output Configuration

X-Axis / Label	Continuous Time	time (UTC)
(Plot 1) Y-Axis / Label	s4	s4
(Plot 2) Y-Axis / Label	off	
Size & Color	800 x 400	Change Color
Title	MORU,PRU1 (GPS,GLONASS) having s4 >= 0.2, elev >= 15, phi	
Footer text	Powered by ISMR Query Tool	

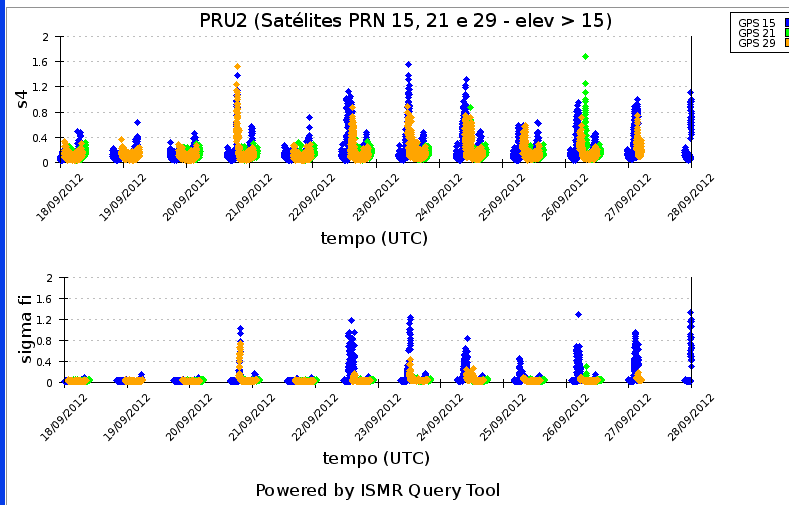
Plot Clear all Images Reset Filters



(a)

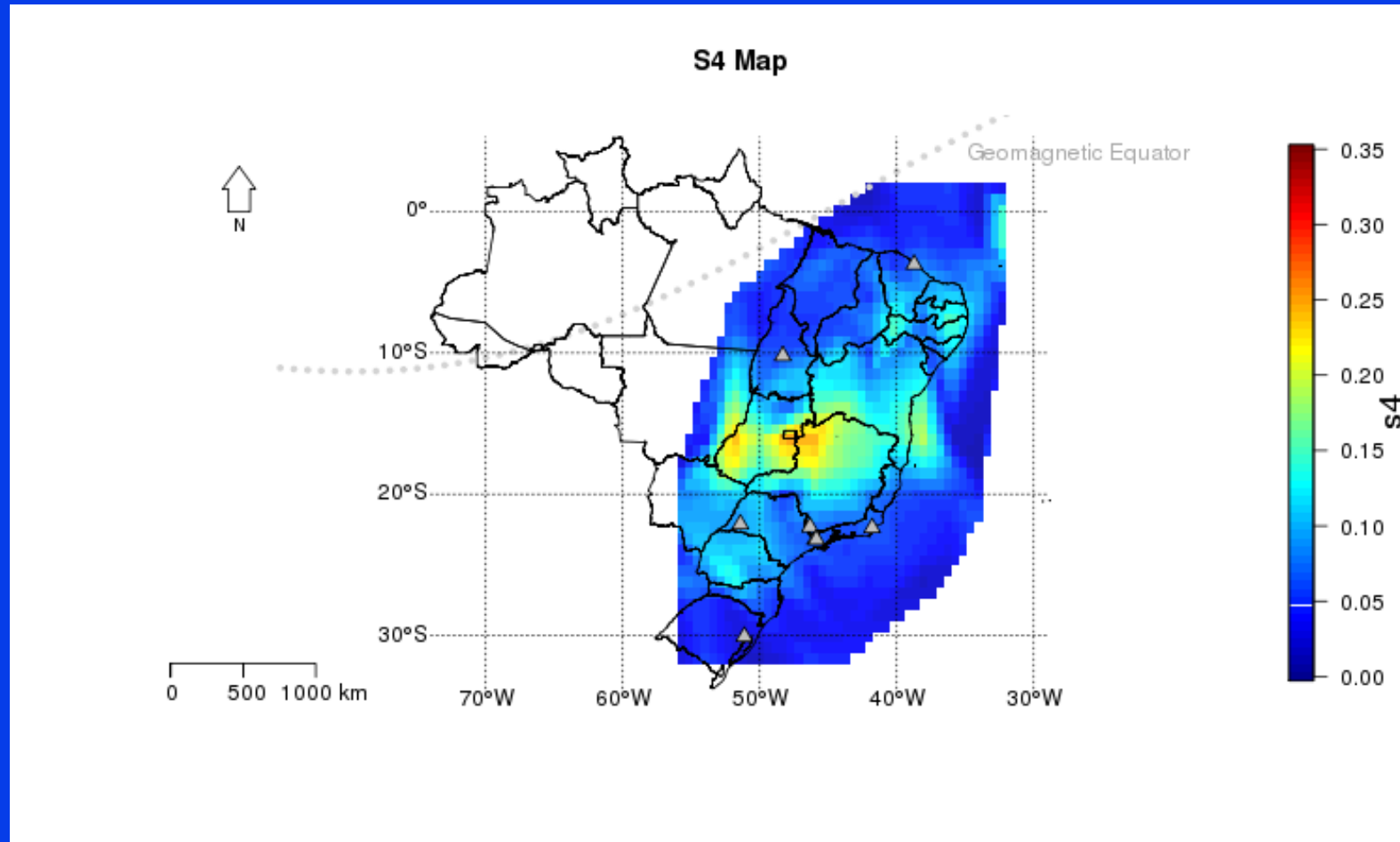


(b)



(c)

Mapa de S4 a partir da rede CIGALA/CALIBRA



Agricultura de Precisão: Conceitos e aplicações/desafios do GNSS



Brazilian Agriculture in

Brazil – 850 mi ha
200 mi people

Numbers

(From Molin J P).

34% of national income
37% of labor force
43% of exporting

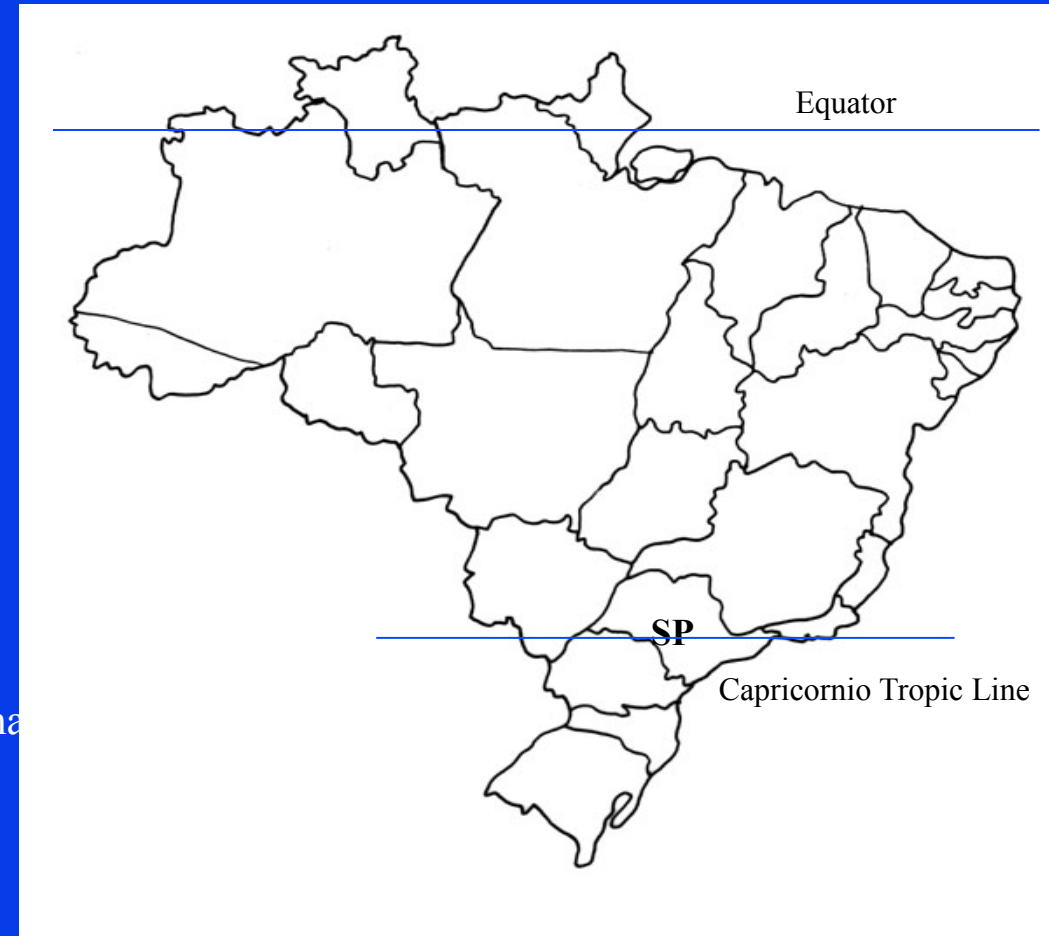
Cropping Area

annual crops 49 mi ha
perennial crops -15 mi ha
forest – 5 mi ha
pasture – 220 mi ha
Amazon Forest – 345 mi ha
Potential expansion on ag area – 90 to 120 mi ha

135 mi tons of grains
206 mi cattle heads

Major exporting products:

Soybeans
Sugar
Coffee
Orange juice
Chicken
Beef
Pork



Agricultura de Precisão

• Princípio básico:

- Conceito antigo (~1920) mas que era difícil de se colocar em prática;

- Considera-se que a composição do solo não é uniforme;

- **Requer tratamento específico por regiões (área, talhão)...**

- **GNSS é uma tecnologia fundamental**

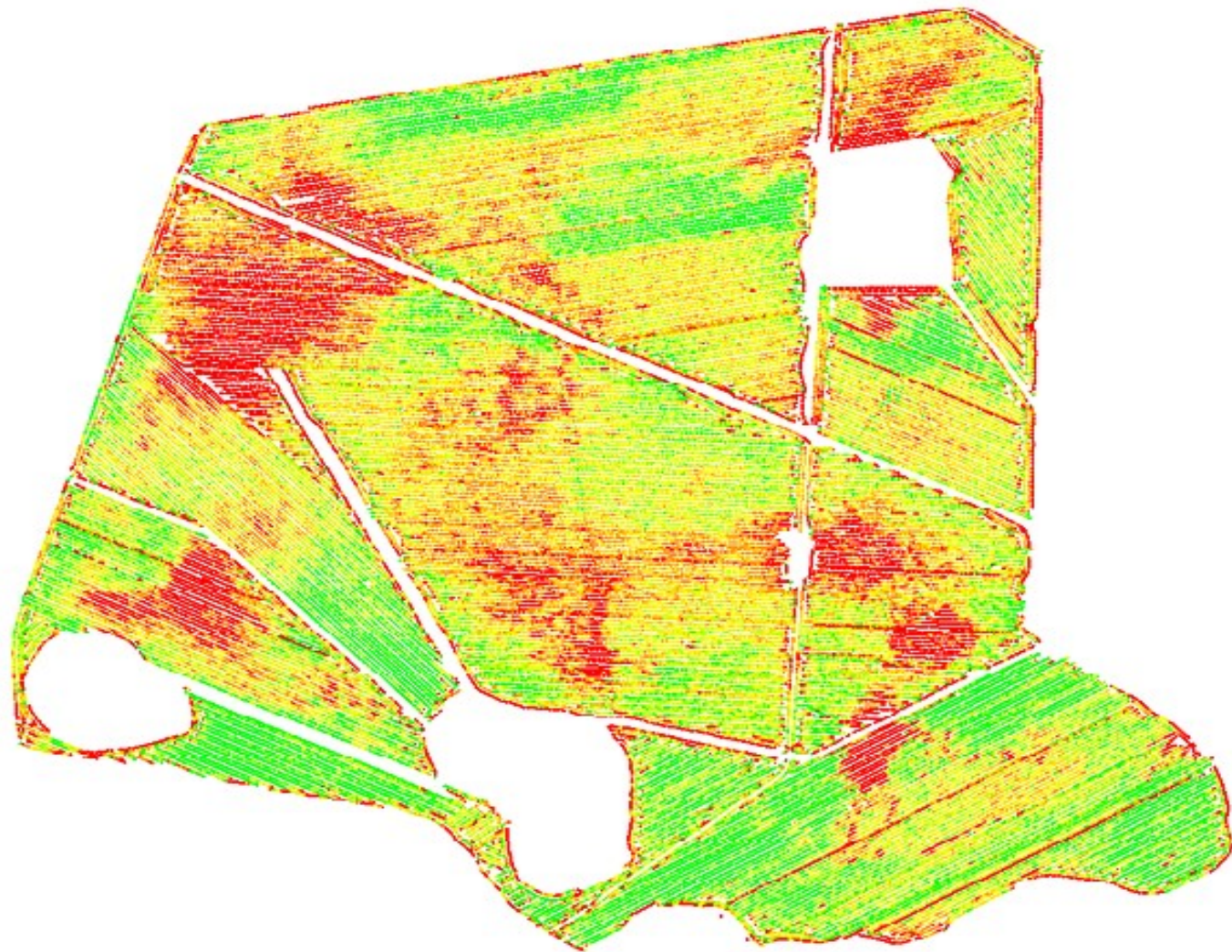
Exemplo de variabilidade espacial (Molin JP)

Milho

Produção

(tonne/ha)

■	5,41 - 11,19	(31,26 ha)
■	4,90 - 5,41	(33,05 ha)
■	4,51 - 4,90	(33,43 ha)
■	4,13 - 4,51	(33,67 ha)
■	3,69 - 4,13	(33,76 ha)
■	2,93 - 3,69	(33,19 ha)
■	0,01 - 2,93	(31,85 ha)



PA envolve diferentes procedimentos

- Otimizar a aplicação de insumos, defensivos – etc (economia – preservação meio Ambiente);
- Aumentar a produtividade
- Melhorar a qualidade
- Aumentar a lucratividade



Como fazer na prática?

- Amostras de solos georreferenciadas;
- Mapas de Produtividade



Desafios para a AP no Brasil

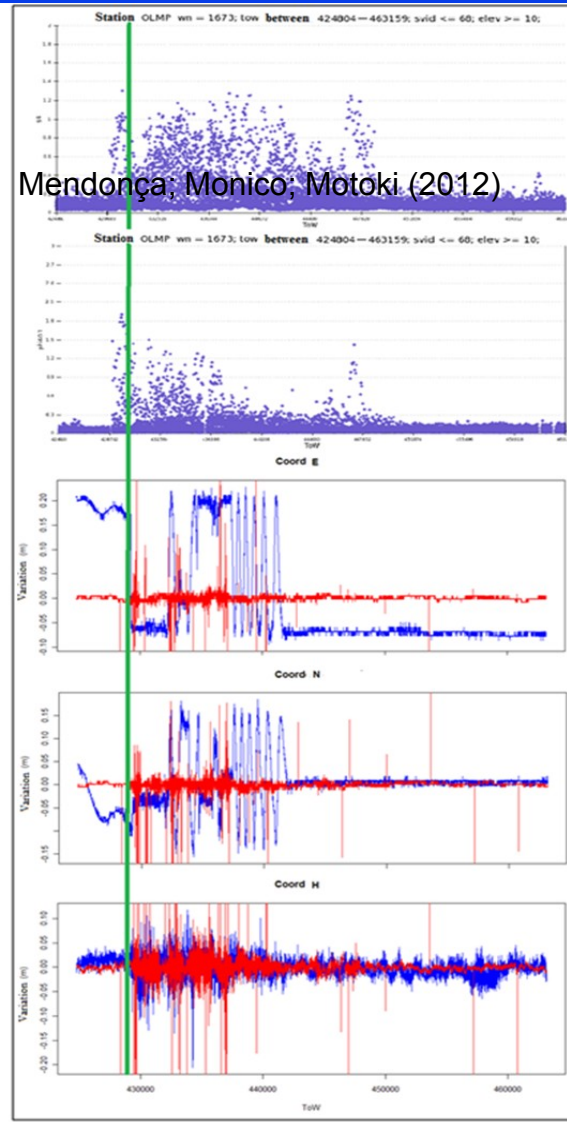
Aplicações em tempo real – 24 horas por dia

Acurácia requerida: em alguns casos 2 cm em tempo real

Cintilação Ionosférica – Clima Espacial ...



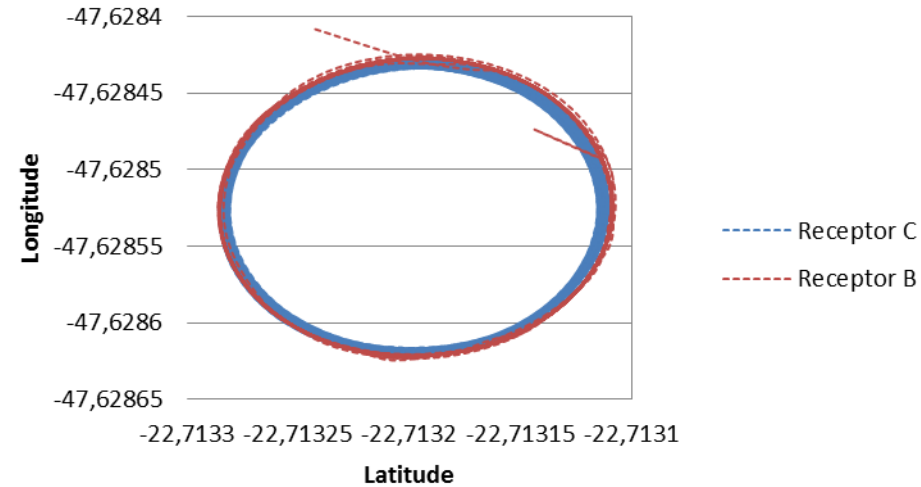
Monitoramento Cintilação durante experimento RTK - Usina Guarani



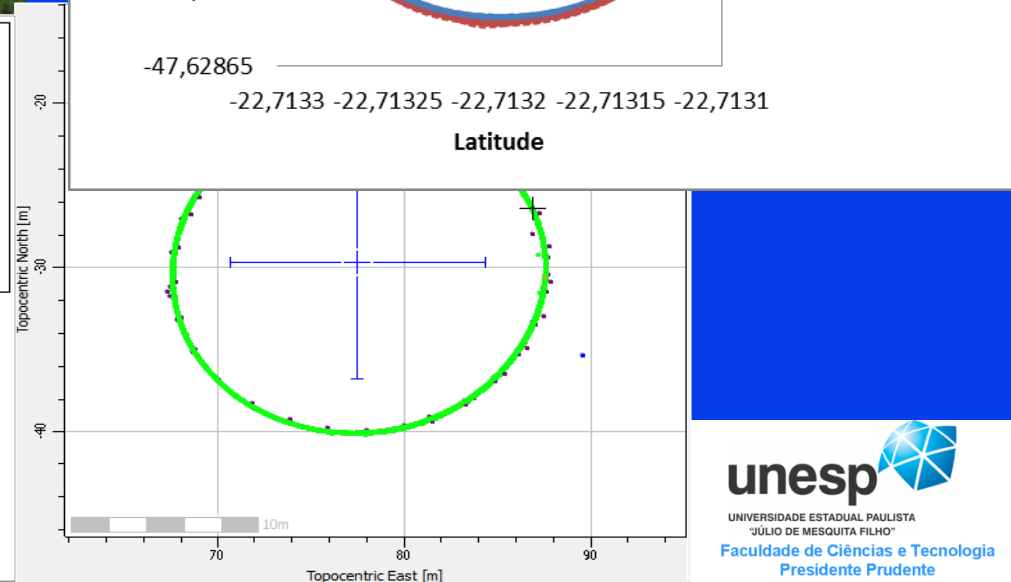
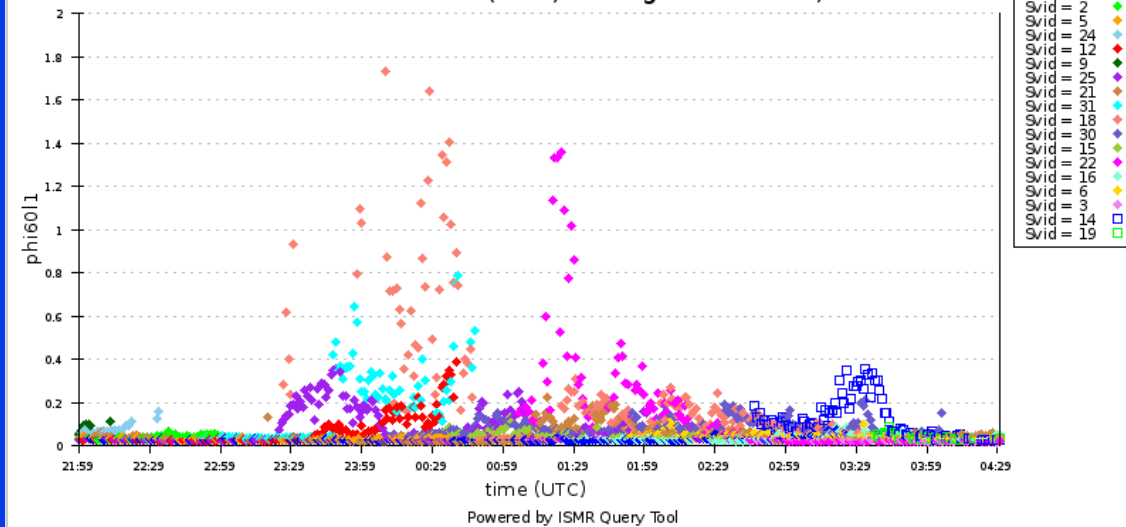
Testes de AP na ESALQ (RTK) p/ CALIBRA



Receptor B x C

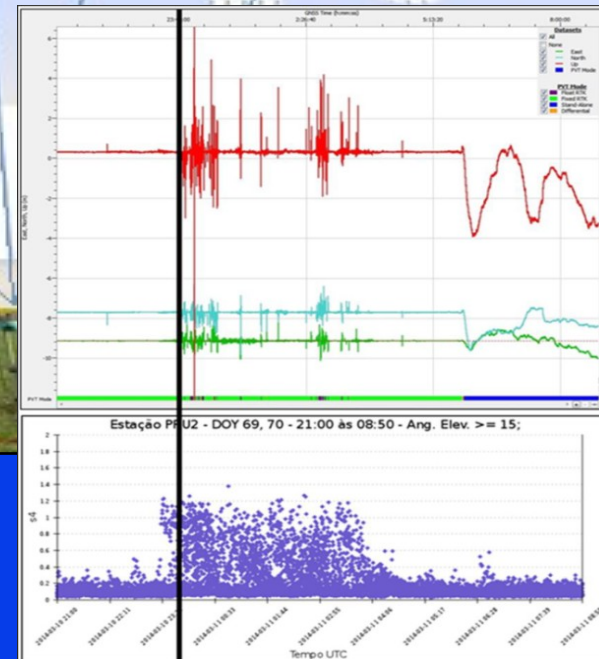
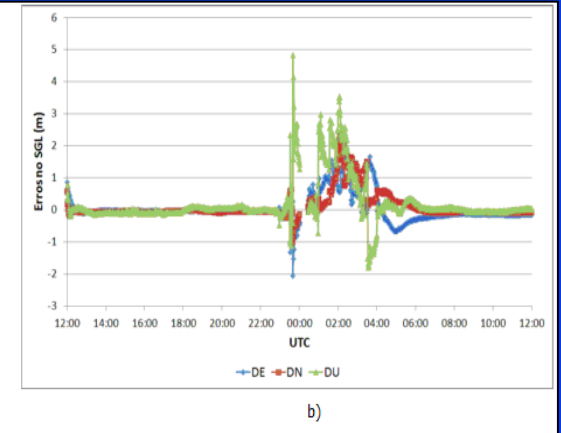
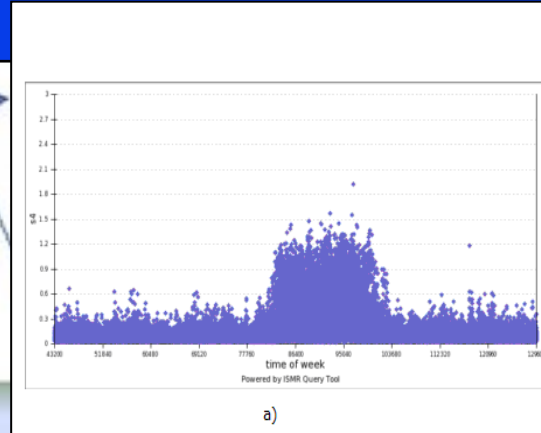
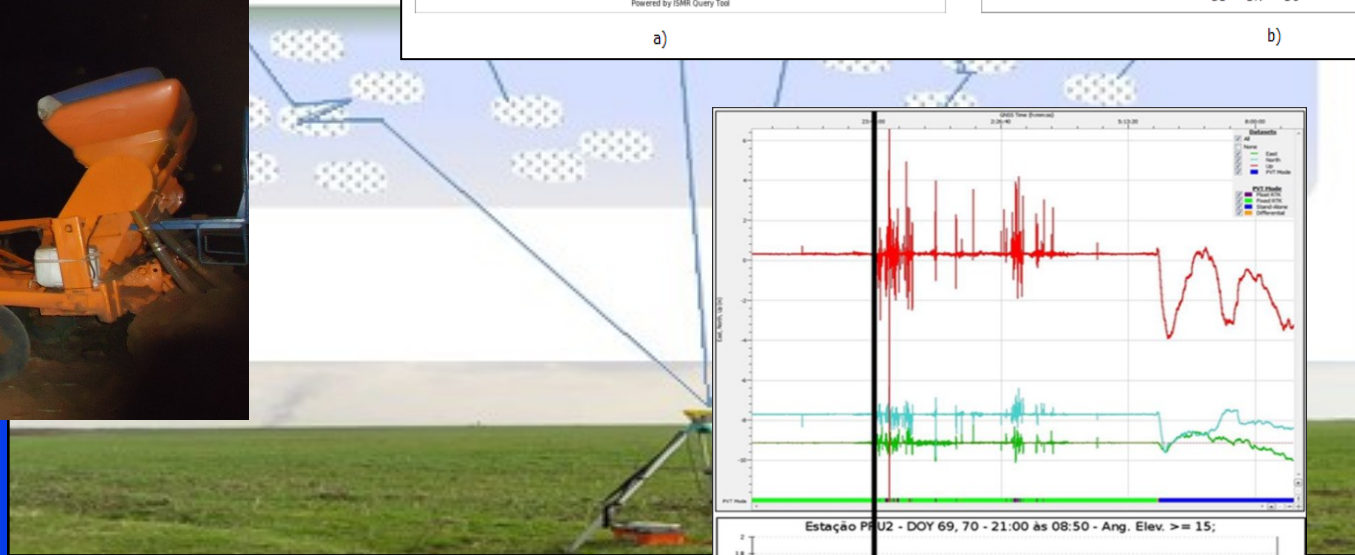


Station PIRA (GPS) having elev ≥ 15 ;



Efeitos da Cintilação no GNSS

AP



ÁREA DO EXPERIMENTO – UNESP

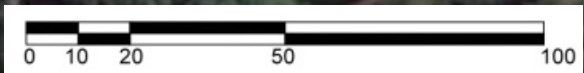
Início: 26/01/2015 às 22h 42min 56seg (Tempo GPS)

Término: 27/01/2015 às 03h 31min 03seg (Tempo GPS)

BASE

~330 metros

44 45 46 47 48 49



ESCALA GRÁFICA (M)

IMAGEM: GOOGLE EARTH - 2015

Início: 26/01/2015 às 22h 42min 56seg (Tempo GPS).
Término: 27/01/2015 às 03h 31min 03seg (Tempo GPS).



Receptor Base

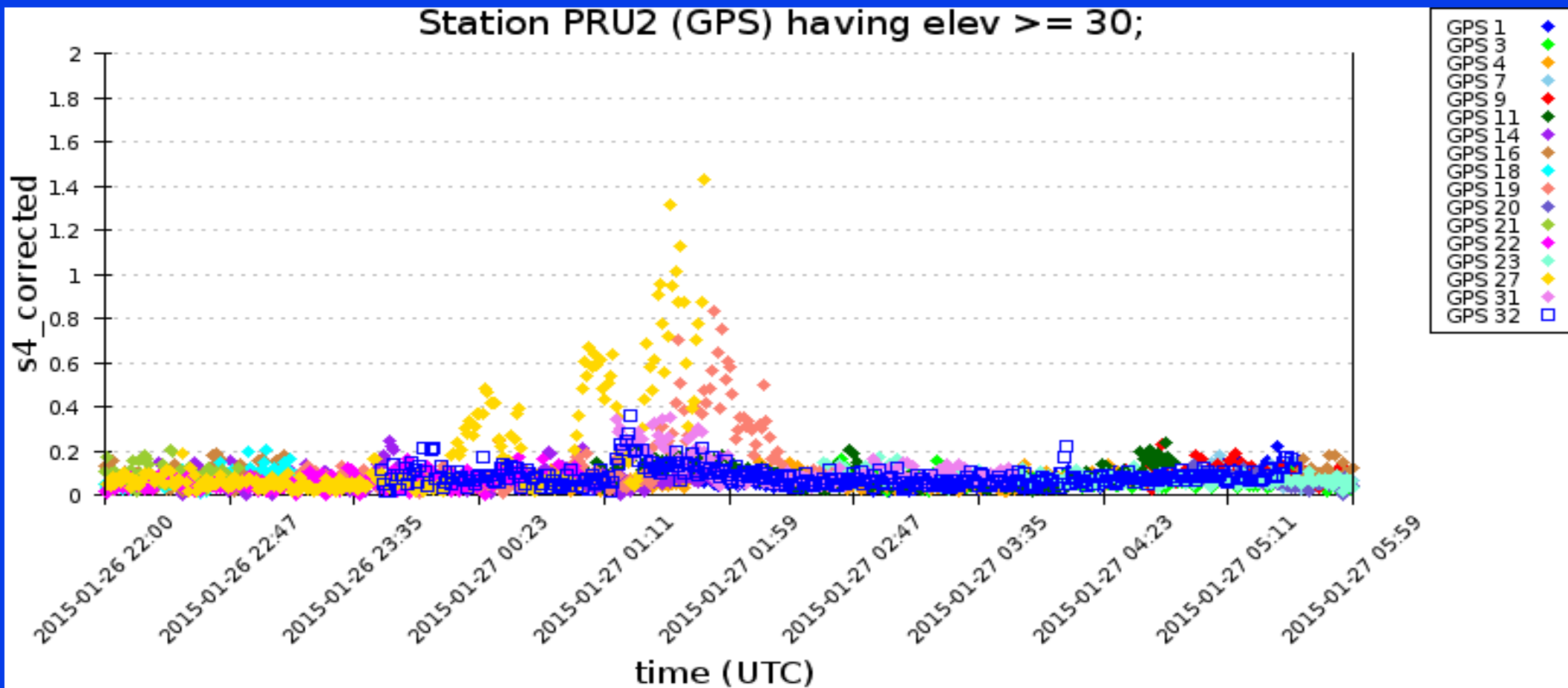
- PolaRxS: GNSS L1 e L2;
- Frequência: 50 Hertz;
- Máscara de elevação: 0°;
- Formato do arquivo *.SBF;
- Antena: Aerat 2775_382 e
- Coordenadas (XYZ):
3687692.384; -4620663.271; -2387103.225

Receptor Rover

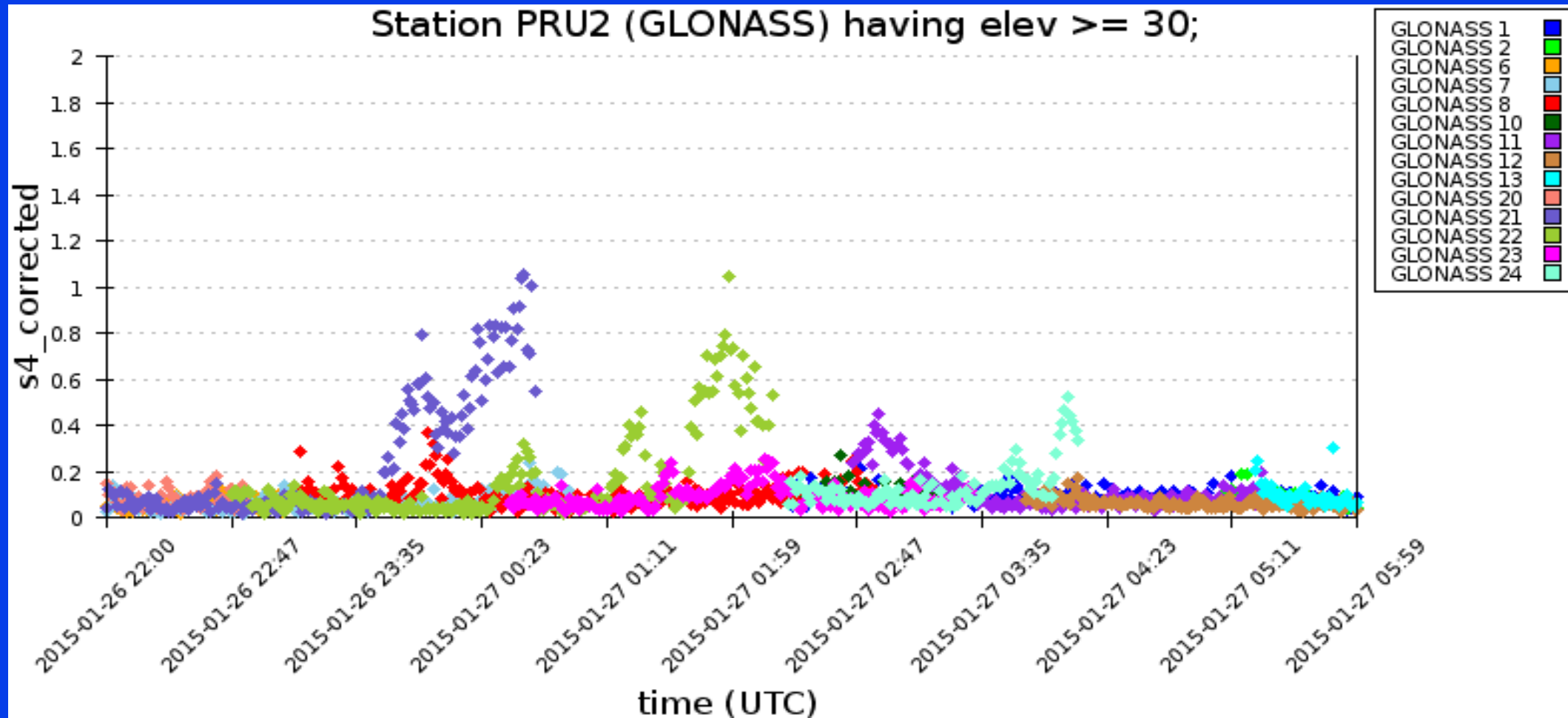
- APS3: GNSS L1 e L2;
- Frequência: 01 Hertz;
- Máscara de elevação: 0°;
- Formato do arquivo *.SBF e
- Antena: APS3-APS3



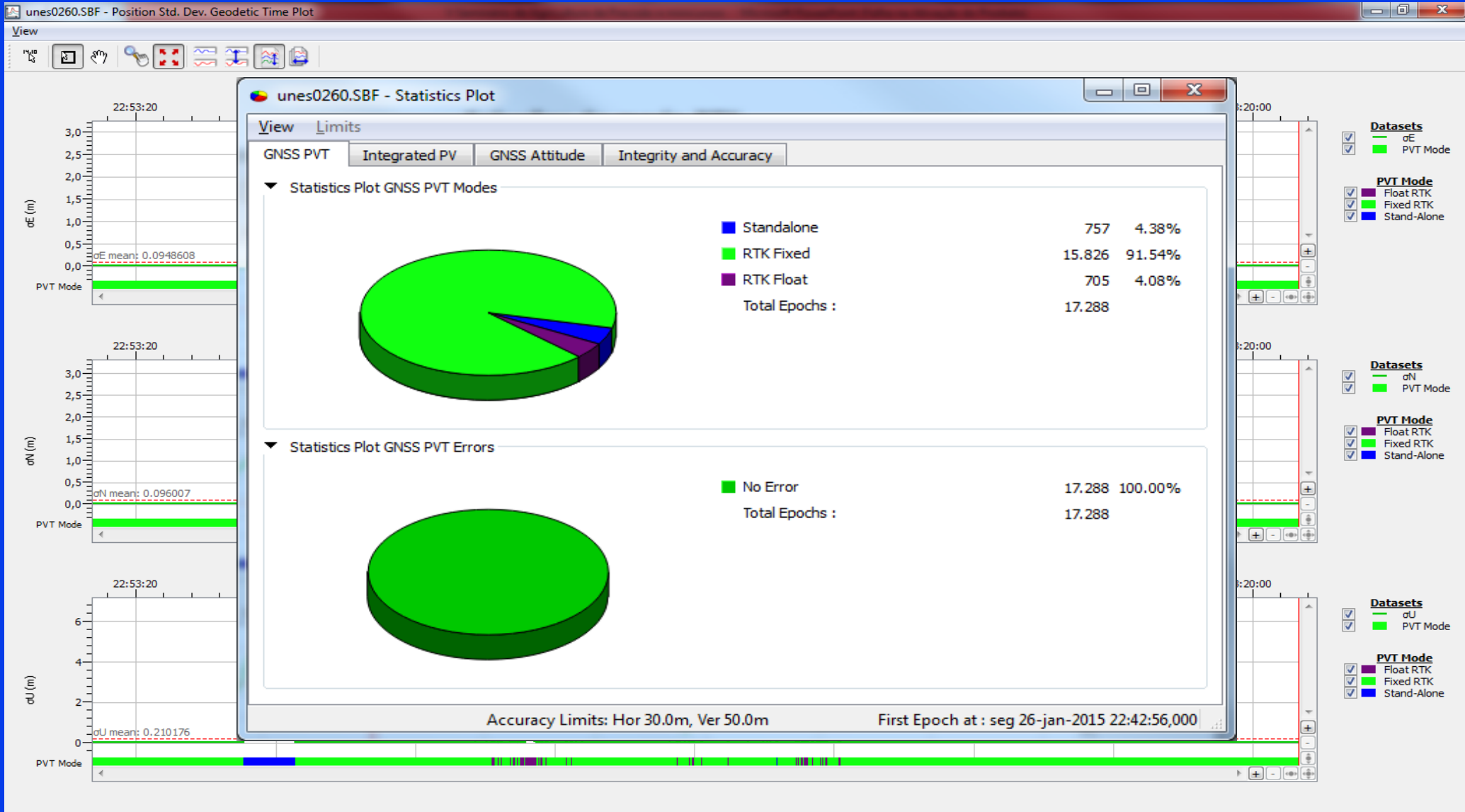
Índice S4 (corrigido) para constelação GPS



Índice S4 (corrigido) GLONASS



Solução em RTK



Excluindo três e dois satélites afetados pela cintilação por vez, temos ...

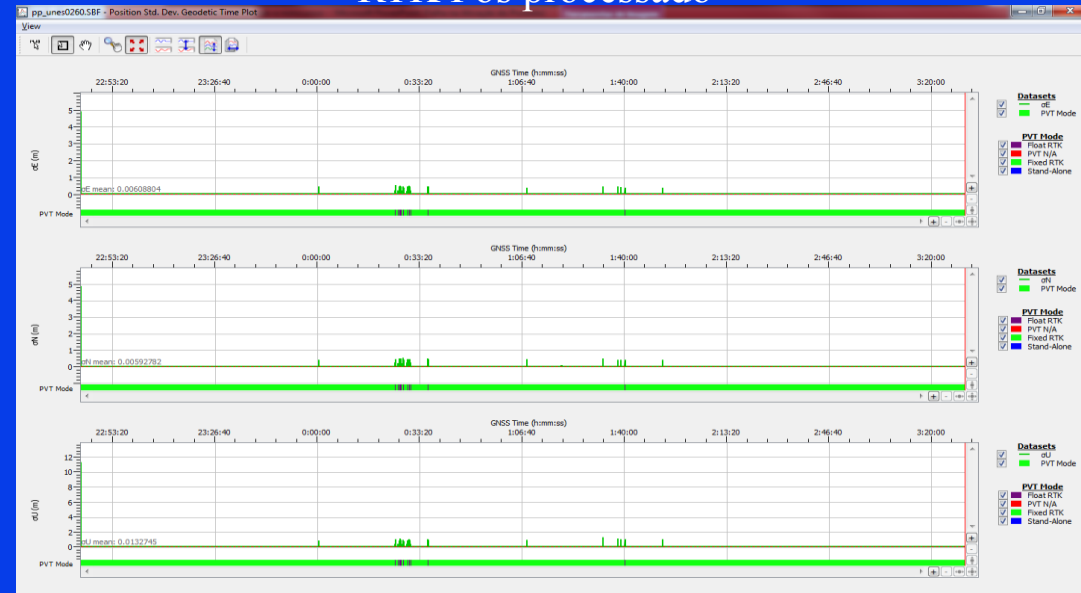
	NoPVT	StandAlone	Float	Fixed	Total
G27 e G19 e R11	1	1	7	17279	17288
G27 e G19 e R21	1	1	10	17276	17288
G27 e G19	1	1	7	17279	17288

Ao compararmos o melhor resultado (Excluídos G27 e G19) com a solução que retirou 03 satélites (G27, G19 e R11), não se pode notar melhoria nos resultados e quando comparado com a solução (G27, G19 e R21), as soluções pioraram, embora não significativamente.

O que pôde ser verificado nesse experimento é que o satélite G27 teve uma grande influência negativa na qualidade do posicionamento, assim sendo, poderia excluí-lo do rastreo e conseqüentemente do processamento.

As quatro melhores soluções podem ser vistas em:

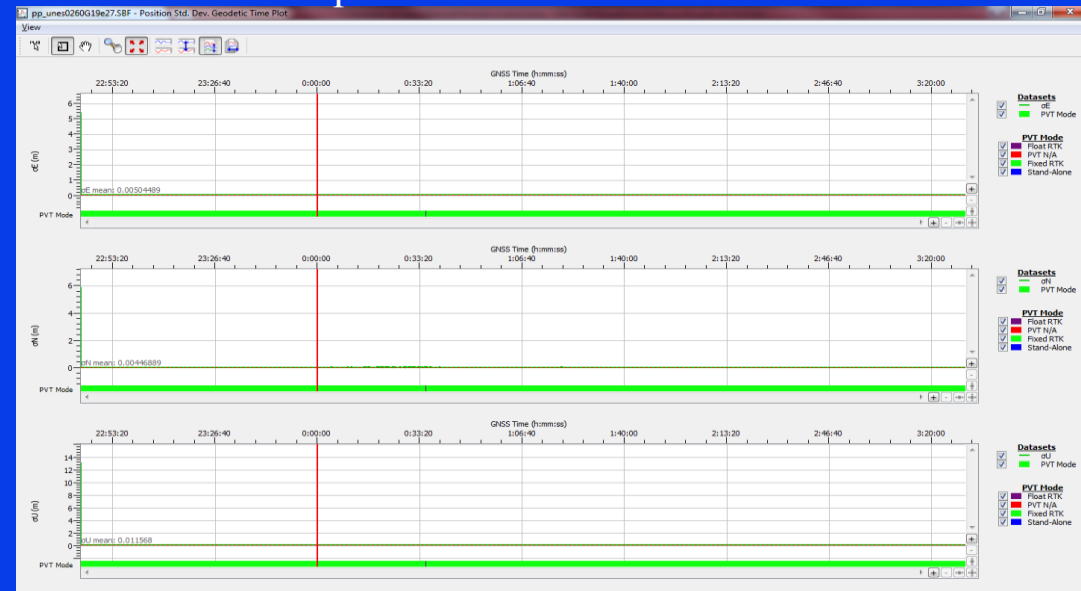
	NoPVT	StandAlone	Float	Fixed	Total
G27 e G19	1	1	7	17279	17288
G27 e R11	1	1	8	17278	17288
G27 e R24	1	1	8	17278	17288
G27	1	1	8	17278	17288



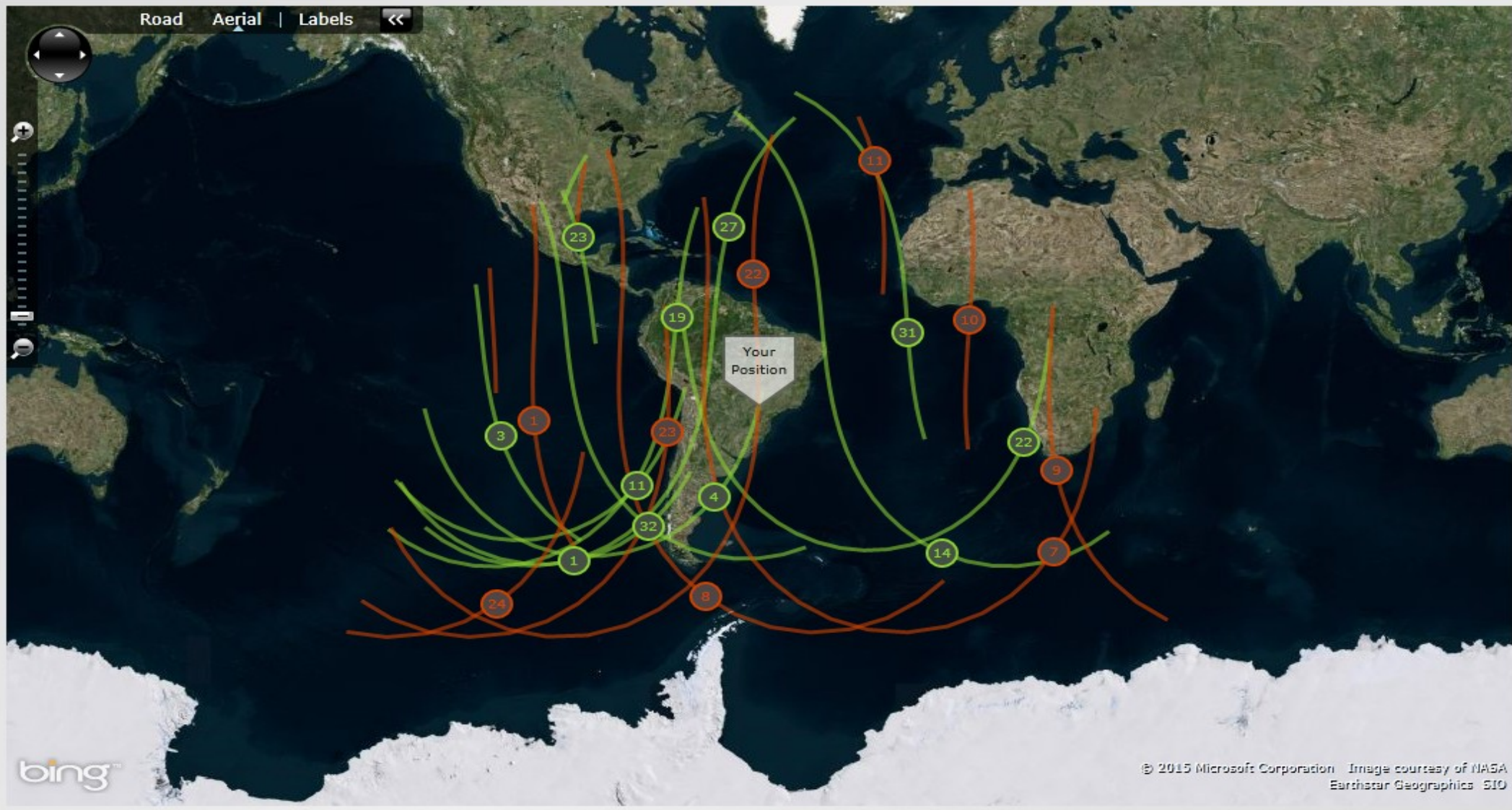
RTK Pós processado –G27



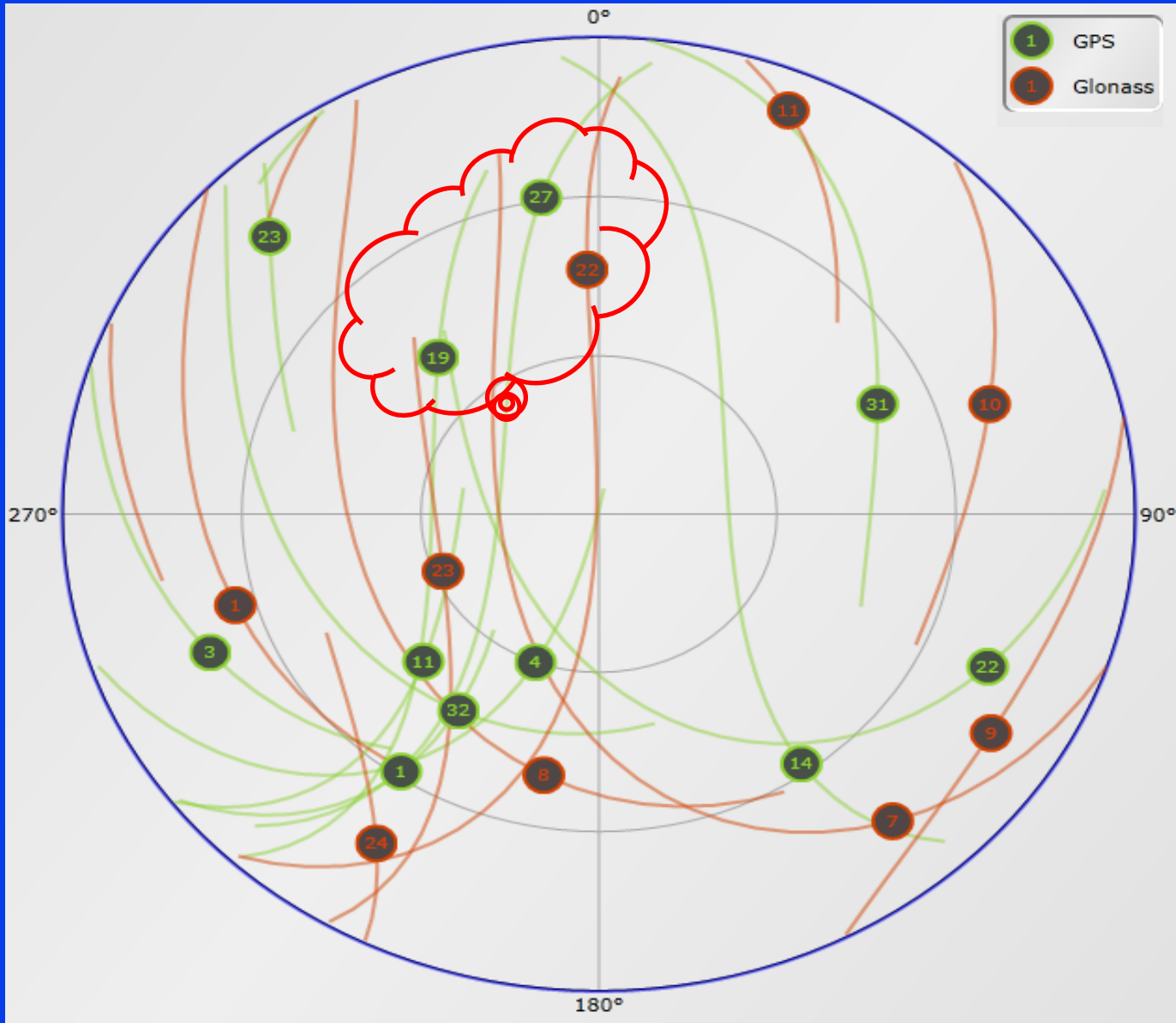
RTK Pós processado – G27 e –G19



Visualização mundial (01:45 – UTC)



Sky plot (01:45 – UTC)



Satélites com os sinais mais afetados e seus respectivos horários:

G19: 01:40 às 02:02
(27/01/15)

G27: 00:58 às 01:51
(27/01/15)

R22: 01:34 às 02:13
(27/01/15)

Comentários finais

Implementar um sistema que permita identificar os satélites que estão sendo afetados pela cintilação ionosférica em tempo real,

- eliminar seus dados para melhorar a qualidade do processamento;
- ou usar ponderação diferenciada;

Vale ressaltar, que para obter o valor do índice S4/Sigma 60, deve-se utilizar um receptor com alta taxa de gravação de dados (nesse caso 50 Hertz).

Solução:

Integração de uma rede de Monitoramento da Cintilação com o sistema RTK ou outro sistema de disponibilização de correções.

Desenvolvimento de modelos de predição da cintilação / Receptor capaz de identificar cintilação.

Novos sinais / sistemas deverá facilitar... (L2C – novas mensagens.. 2016/2017)

O b r i g a d o !

<http://gege.fct.unesp.br>