

Monitoramento da qualidade de estações de referência GNSS utilizando PPP em tempo real

Weverton da Costa Silva
João Francisco Galera Monico
Rafael Silva Santos
Ítalo Tsuchiya
Rogério Takeshi Oyama

Rede GNSS de referência

Um conjunto estações geodésicas equipadas com receptores GNSS que coletam dados continuamente, que podem ser utilizados para (IBGE, 2019):

- cálculo de correções de órbitas e dos relógio dos satélites;
- materialização de referenciais geodésicos;
- monitoramento do clima espacial;
- disponibilização de dados para os usuários que realizam posicionamento geodésico;
- fornecer dados para produzir parâmetros para sistemas de aumento como GBAS e SBAS; entre outros.

Problemática

Em redes ativas de estações GNSS de referência, como os gestores e usuários podem obter informações, em tempo real, da qualidade de uma determinada estação?

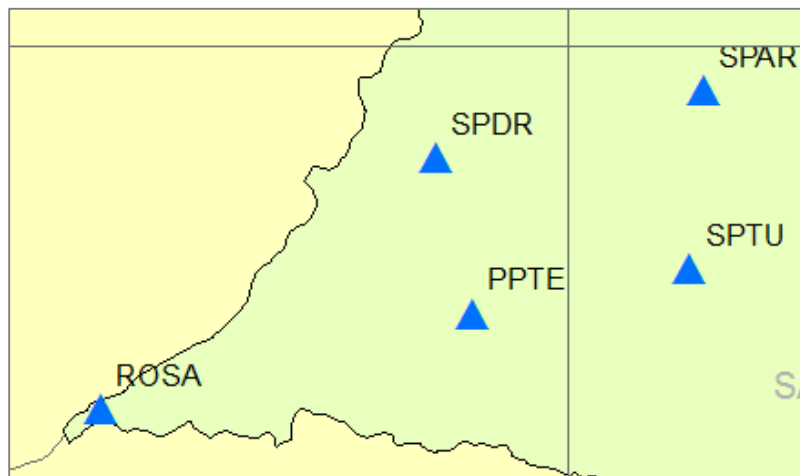
Elementos importantes:

- Continuidade e disponibilidade de dados;
- Precisão esperada;
- Predição de ocorrência de erros sistemáticos;
- Alerta e indicativo de degradação posicional da estação.

Objetivos

- Monitorar a qualidade de estações de referência em tempo real de uma rede GNSS (no domínio das coordenadas) a partir do PPP.
- Desenvolver um aplicativo de monitoramento de uma rede GNSS utilizando ferramentas *opensource*, que sirva de auxílio para gestores e usuários na tomada de decisão.
- Analisar o processamento de dados que indique a ocorrência de padrões de erros sistemáticos relacionados ao posicionamento e condições operacionais da rede.

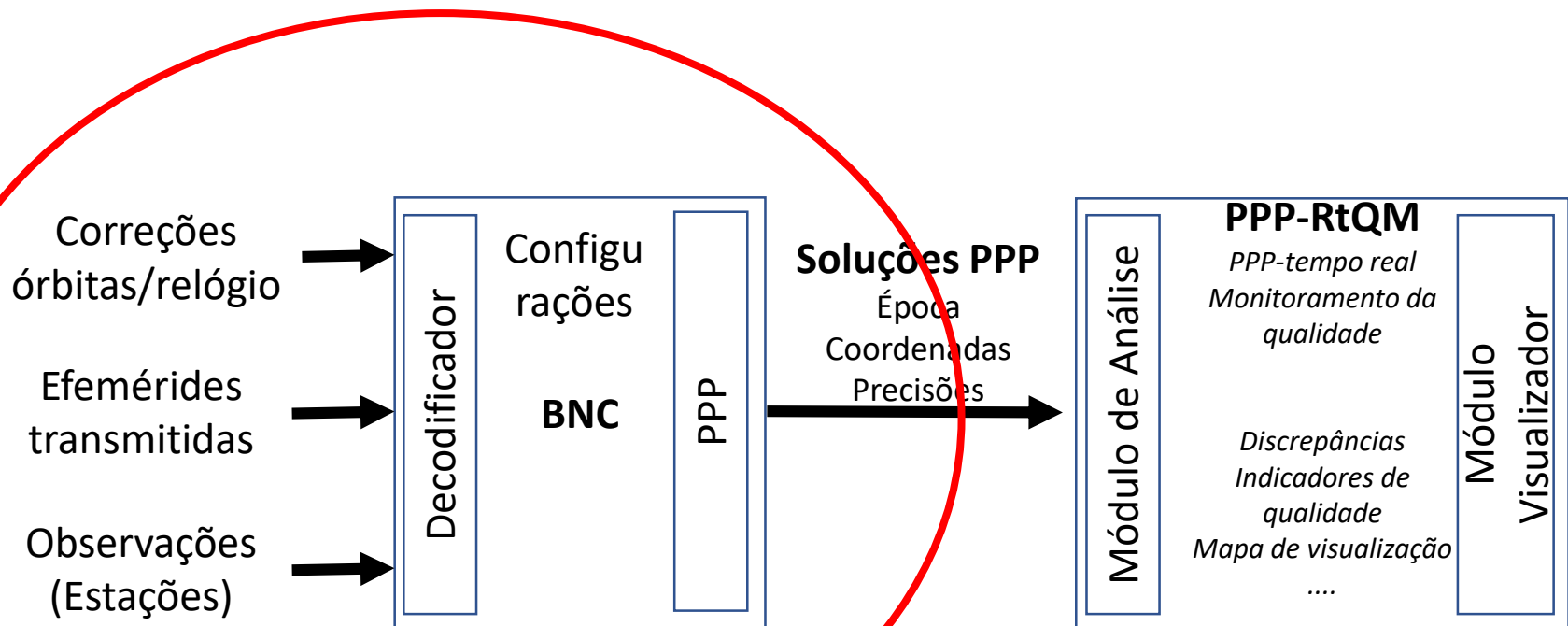
Estações geodésicas monitoradas



Rede GNSS - SP

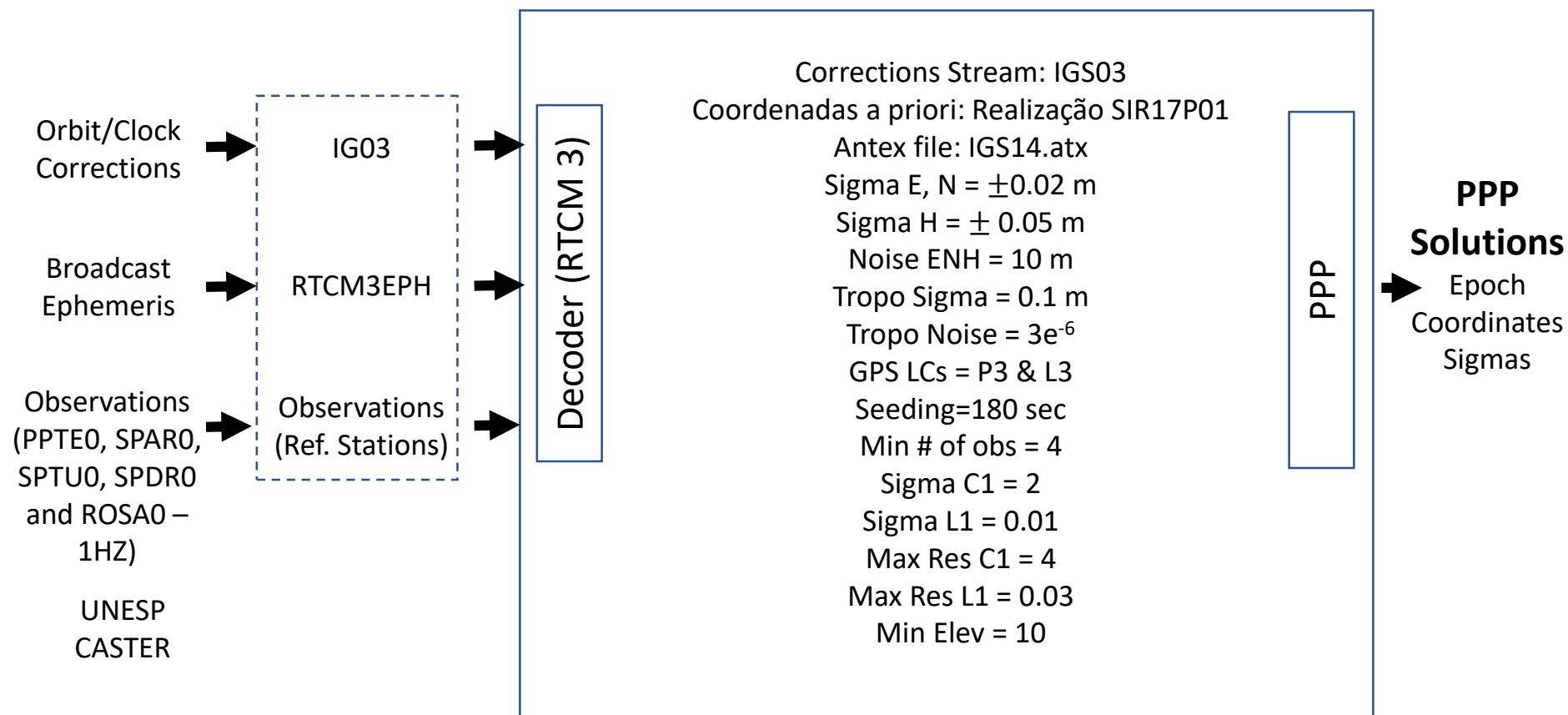


Esquema proposto

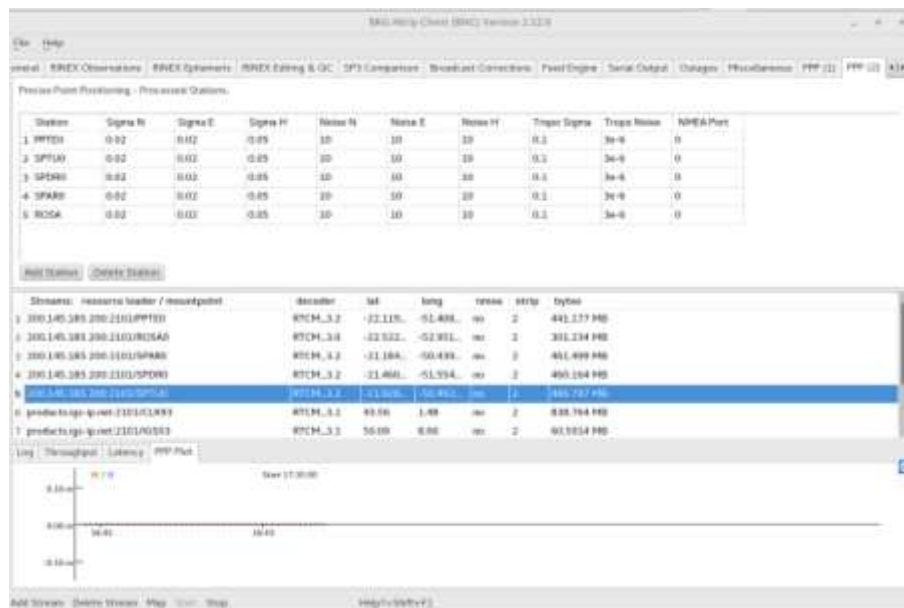


Parâmetros de entrada no BNC

BKG Ntrip Client - BNC



BNC (versão 2.12.9) – PPP em tempo real

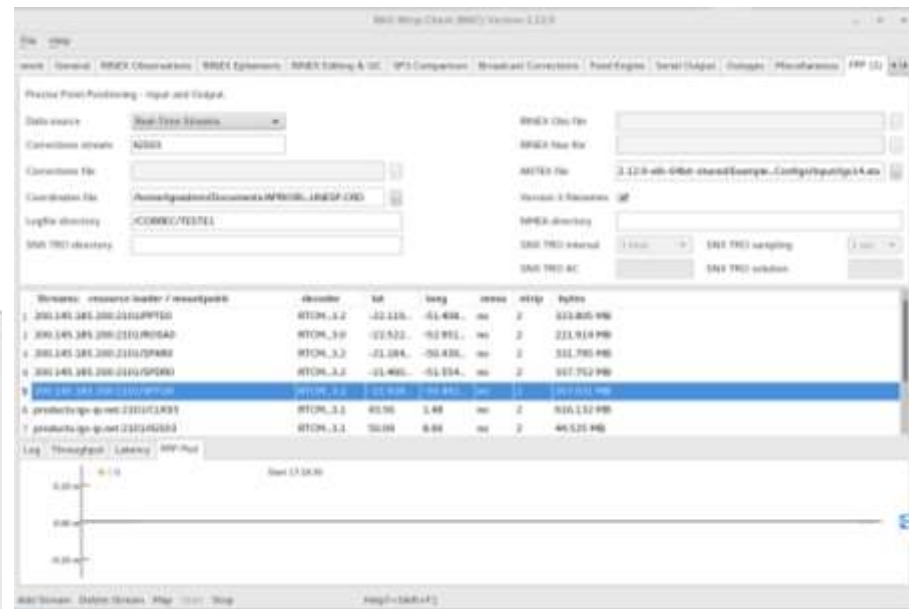


Station Data Table:

Station	Sigma N	Sigma E	Sigma H	Noise N	Noise E	Noise H	Traps Sigma	Traps Noise	NMEA Port
1. PPTD	0.02	0.02	0.05	10	10	10	0.1	3e-6	0
2. SPFLV	0.02	0.02	0.05	10	10	10	0.1	3e-6	0
3. SP540	0.02	0.02	0.05	10	10	10	0.1	3e-6	0
4. SP480	0.02	0.02	0.05	10	10	10	0.1	3e-6	0
5. RSCA	0.02	0.02	0.05	10	10	10	0.1	3e-6	0

Streams Table:

Streams	resource leader / mountpoint	decoder	lat	long	status	rtpp	bytes
1	200.140.185.200:2101/PPFD	RTCM_3.2	-22.115	-51.400	no	2	441.177 KB
2	200.140.185.200:2101/RNSAD	RTCM_3.0	-22.522	-52.931	no	3	331.234 KB
3	200.140.185.200:2101/SP480	RTCM_3.2	-21.184	-50.430	no	3	451.499 KB
4	200.140.185.200:2101/SP540	RTCM_3.2	-21.460	-51.554	no	3	495.104 KB
5	200.140.185.200:2101/SPFLV	RTCM_3.2	-21.908	-50.850	no	2	466.787 KB
6	products.gps-net:2101/CLN93	RTCM_3.1	83.50	1.88	no	2	838.764 KB
7	products.gps-net:2101/US53	RTCM_3.1	56.00	8.88	no	2	613.954 KB



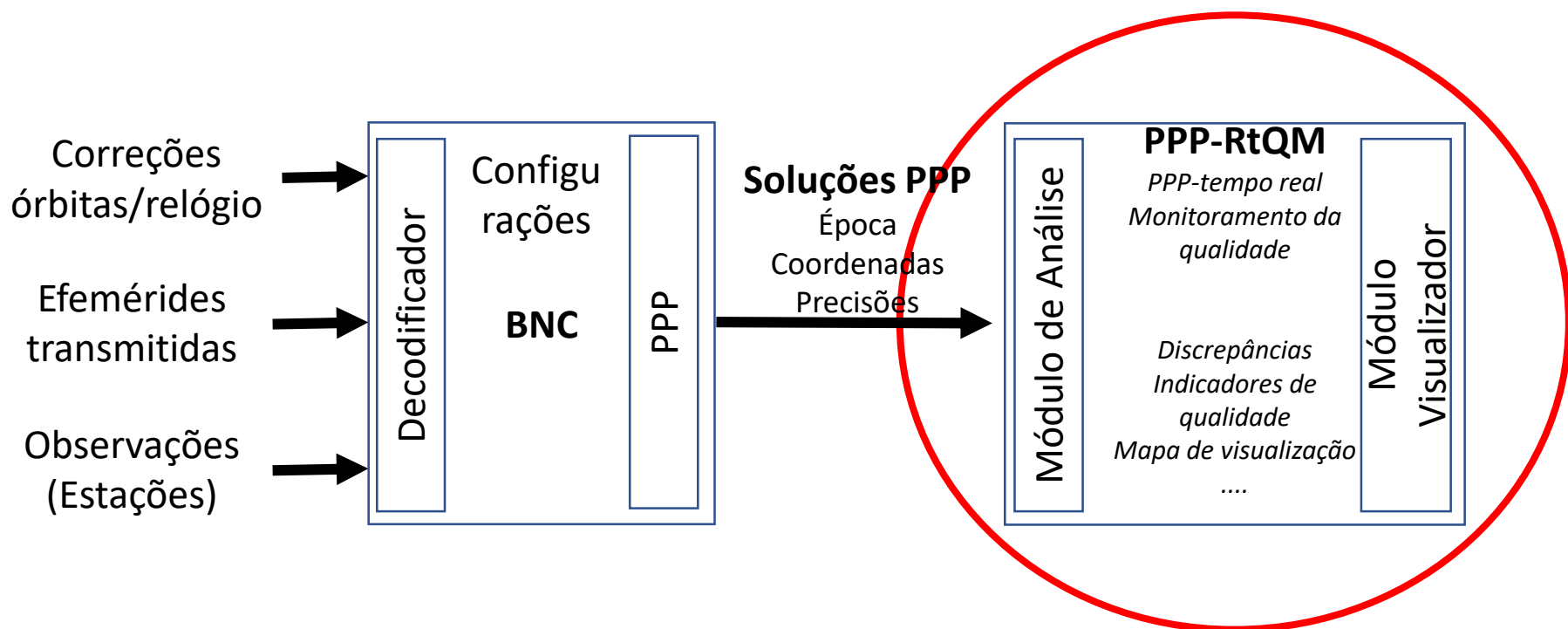
Configuration Parameters:

- Date source: Real-Time Stratum
- Correction stream: NMEA
- Correction file: [empty]
- Coordinate file: /home/gpsnet/Documents/RTCM_3.0/RTCM_3.0D
- Logfile directory: /COMBO/RTS1
- RTCM 762 directory: [empty]
- RTCM 762 interval: 1 sec
- RTCM 762 sampling: 1 sec
- RTCM 762 AC: [empty]
- RTCM 762 solution: [empty]
- RTCM 3.0 file: 2.12.0-66-666-stard@unesp.com.br@unesp.br
- Version 3 Release: 3F
- NMEA directory: [empty]

Streams Table:


Streams	resource leader / mountpoint	decoder	lat	long	status	rtpp	bytes
1	200.140.185.200:2101/PPFD	RTCM_3.2	-22.115	-51.400	no	2	533.805 KB
2	200.140.185.200:2101/RNSAD	RTCM_3.0	-22.522	-52.931	no	3	221.919 KB
3	200.140.185.200:2101/SP480	RTCM_3.2	-21.184	-50.430	no	3	311.790 KB
4	200.140.185.200:2101/SP540	RTCM_3.2	-21.460	-51.554	no	3	357.762 KB
5	200.140.185.200:2101/SPFLV	RTCM_3.2	-21.908	-50.850	no	2	317.031 KB
6	products.gps-net:2101/CLN93	RTCM_3.1	83.50	1.88	no	2	516.112 KB
7	products.gps-net:2101/US53	RTCM_3.1	56.00	8.88	no	2	463.520 KB

Esquema proposto



PPP-RtQM

Módulo de análise (C++)

- 
- *.ppp
- Entrada dos limiares para os alertas da qualidade da estação (Limiares das coordenadas: **E, N: 0,05m e Up: 0,10m**);
 - Coordenadas das estações advindas da realização SIR17P01 atualizadas para a época atual (uso do VEMOS2017);
 - Sincronização das estimativas calculadas pelo BNC e
 - Cálculo das discrepâncias das coordenadas estimadas em relação às referências.



*.JSON



*.CSV

Módulo de visualização (Javascript / PHP)

- Visualização das estações e seu status (*Map markers*);
- *Chart plot*;
- Cálculo das estatísticas por intervalo de tempo e
- Arquivo *.CSV com valores percentuais e absolutos de épocas inferior aos limites, além da quantidade de épocas processadas para cada dia.

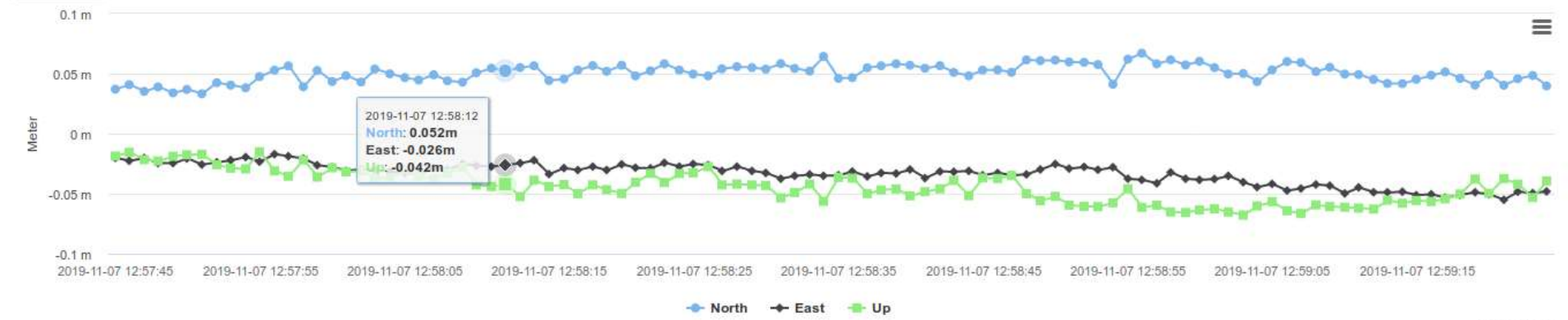
PPP-RtQM

PPP-based Real-time Quality Monitoring of GNSS-SP reference stations



Ref Station	Last Epoch	Last Status	Quality in 30 min
PPTEO	2019-11-07 12:59:24	OK	47.21%
ROSA0	2019-11-07 12:59:24	OK	68.46%
SPAR0	2019-11-07 12:59:24	WARNING	39.63%
SPDR0	2019-11-07 12:59:34	WARNING	33.35%
SPTU0	2019-11-07 12:59:34	WARNING	52.17%

PPTEO



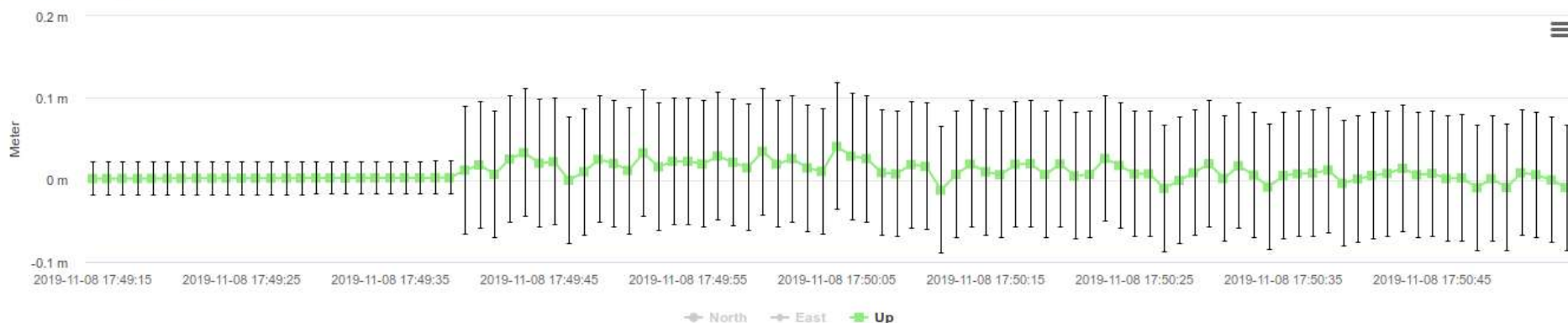
PPP-RtQM

PPP-based Real-time Quality Monitoring of GNSS-SP reference stations



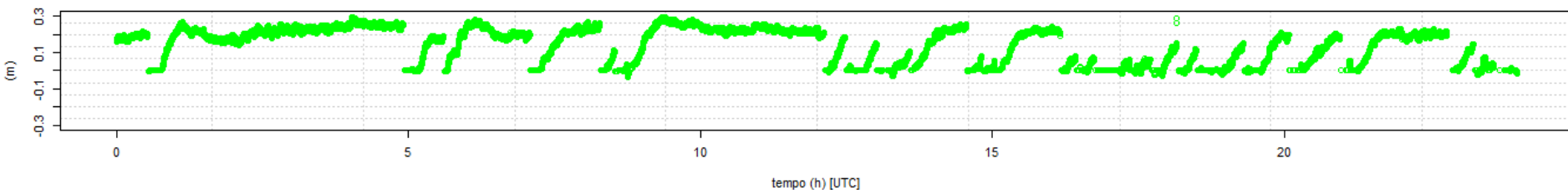
Ref Station	Last Epoch	Last Status	Quality in
PPTE0	2019-11-08 17:50:54	OK	100.00%
ROSA0	2019-11-08 17:50:54	OK	100.00%
SPAR0	2019-11-08 17:50:54	OK	100.00%
SPDR0	2019-11-08 17:50:54	OK	100.00%
SPTU0	2019-11-08 17:50:54	OK	100.00%

PPTE0 Hide sigma

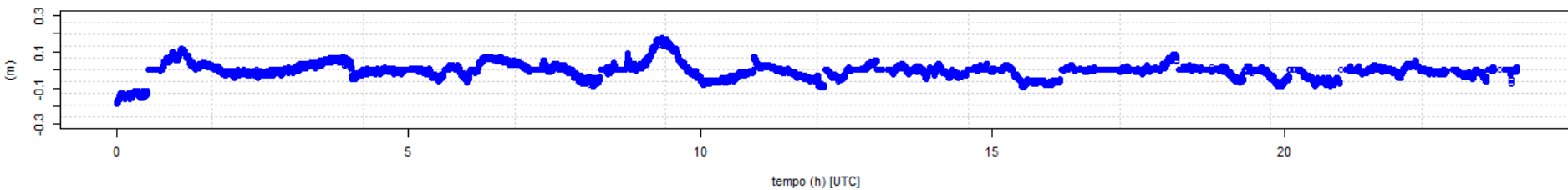


Análise das coordenadas (ROSA)

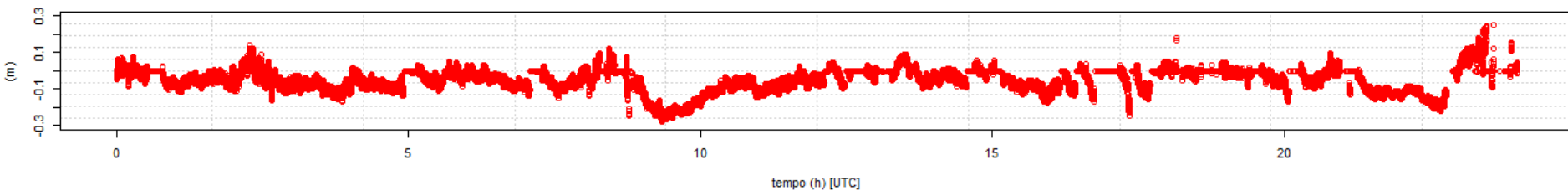
ROSA 180/2019 - Discrepâncias N



ROSA 180/2019 - Discrepâncias E

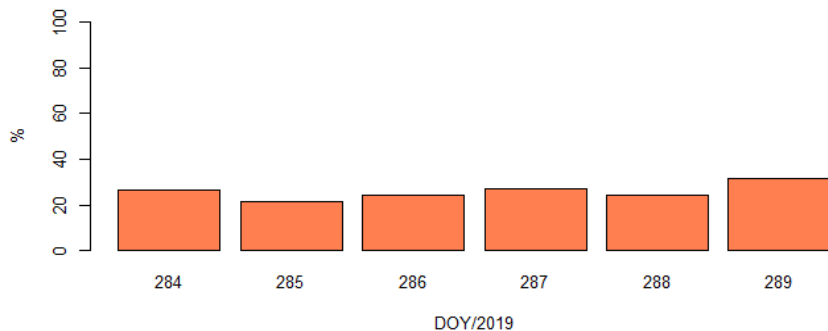


ROSA 180/2019 - Discrepâncias Up

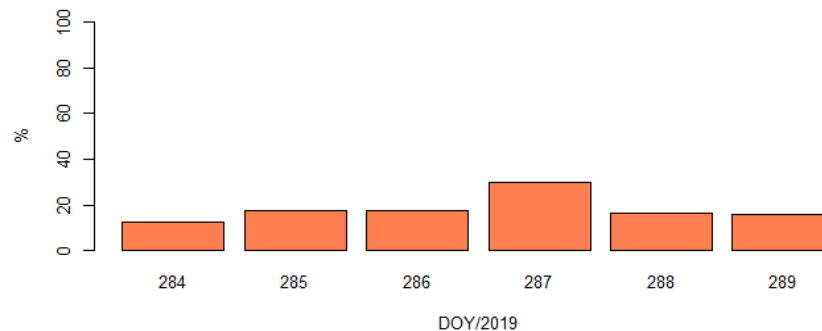


Percentual de épocas que não excederam aos limiares de discrepâncias (.CSV)

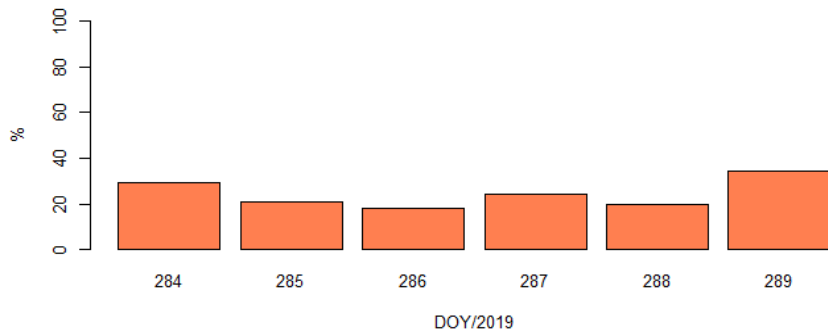
PSTE



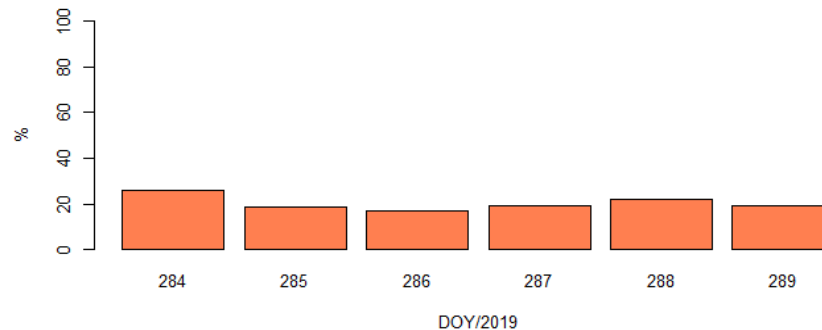
SPAR



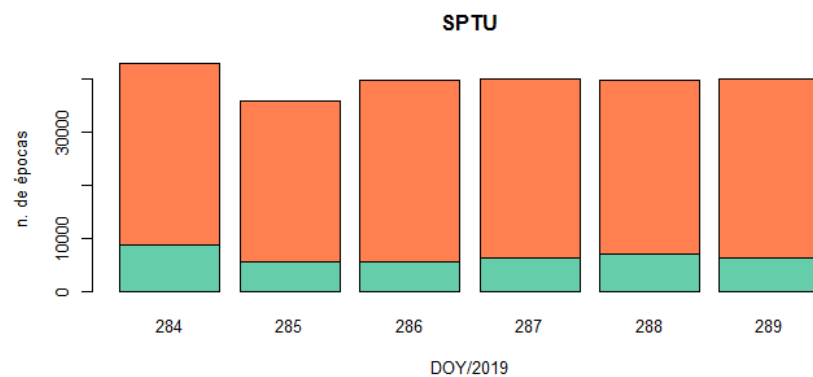
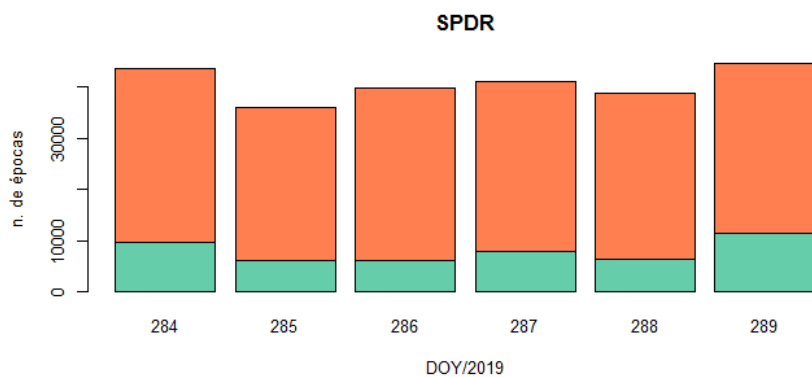
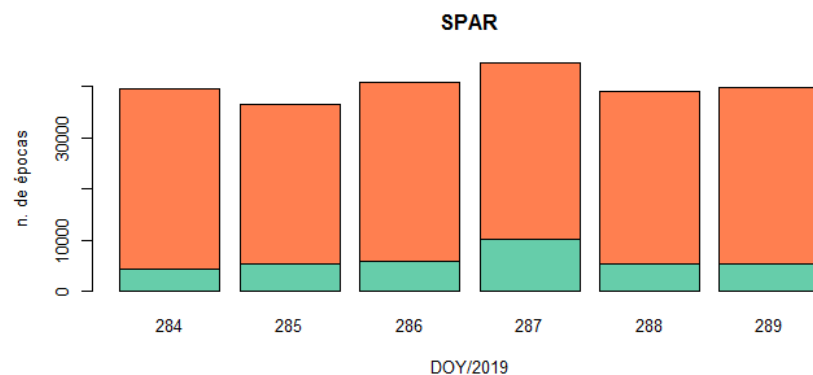
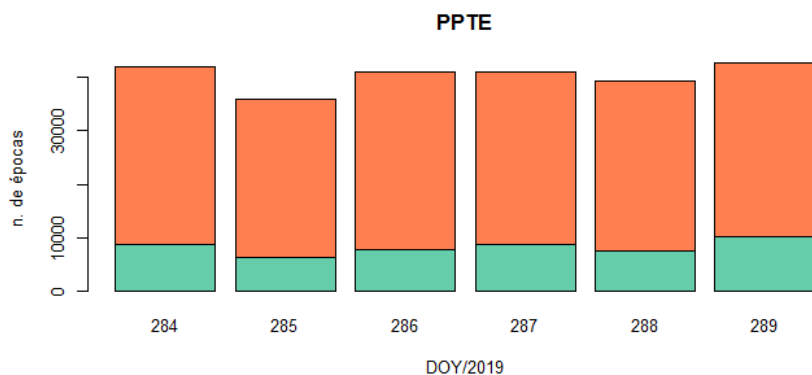
SPDR



SPTU

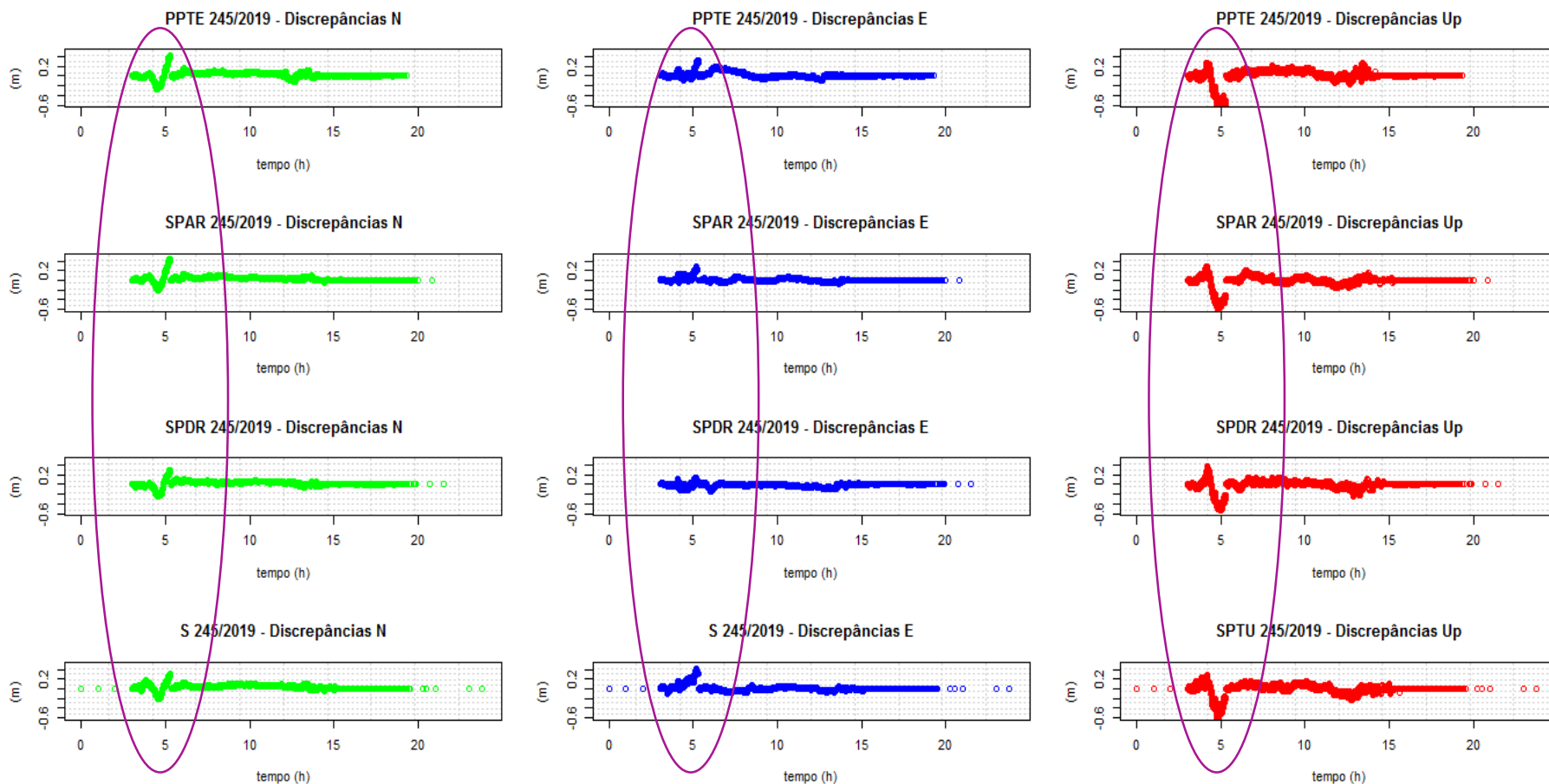


Quantidade de épocas processadas (.CSV)



- Total de épocas que não excederam os limites de discrepâncias
- Total de épocas processadas

Ocorrência de erros sistemáticos

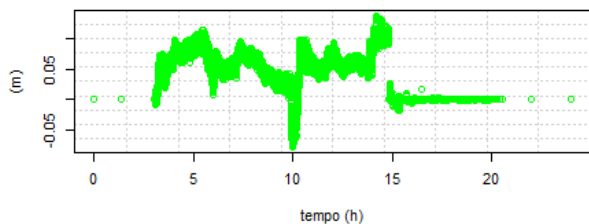


Discussão

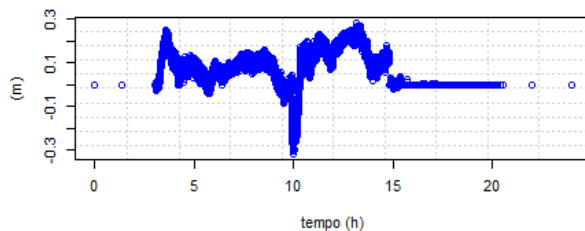
- Latência significativa: transmissão de dados GNSS, efemérides, correções, além da decodificação e processamento.
- Disponibilidade dos dados não é contínua, devido a ocorrência de falhas de *internet*, servidores, computadores, entre outros.

Descontinuidades (SPAR)

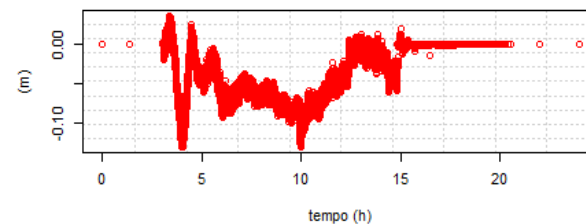
SPAR 284/2019 - Discrepâncias N



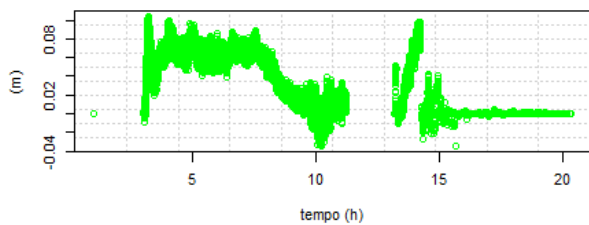
SPAR 284/2019 - Discrepâncias E



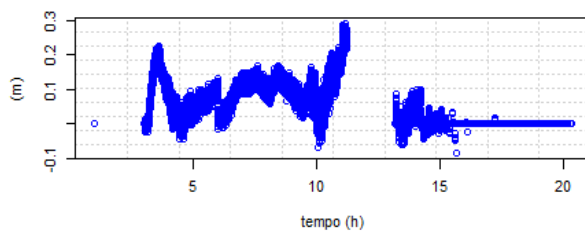
SPAR 284/2019 - Discrepâncias Up



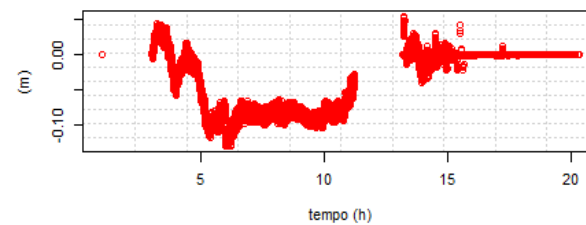
SPAR 285/2019 - Discrepâncias N



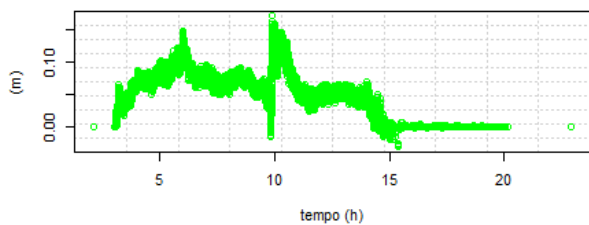
SPAR 285/2019 - Discrepâncias E



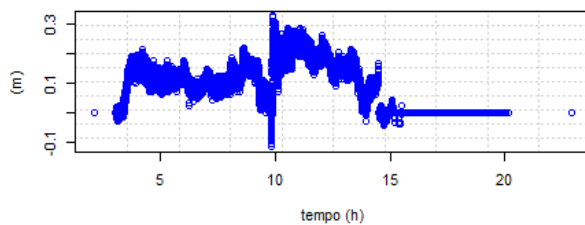
SPAR 285/2019 - Discrepâncias Up



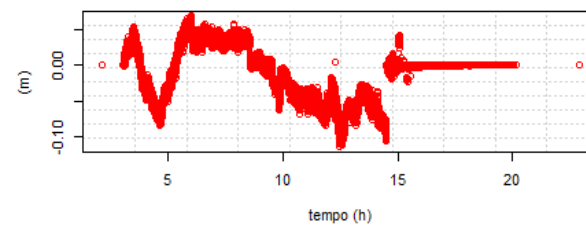
SPAR 286/2019 - Discrepâncias N



SPAR 286/2019 - Discrepâncias E



SPAR 286/2019 - Discrepâncias Up



Considerações Finais

- O conhecimento da qualidade dos dados, em tempo real, pode ser relevante para a tomada de decisões numa rede GNSS de estações.
- O desenvolvimento da ferramenta PPP-RtQM permite avaliar a disponibilidade e a qualidade das estações de referência de redes GNSS ativas em tempo real.
- Deficiência de infraestrutura (internet, principalmente) ainda é um fator limitante tanto para a gestão da rede quanto para os usuários.

Considerações Finais

- Possibilidade de explorar outras questões como:
 - atraso troposférico (previsão de chuva);
 - monitoramento do TEC (*Total Electron Content*) para a determinação de distúrbios ionosféricos como bolhas, cintilação, tempestade geomagnética e
 - fornecimento de gradientes ionosféricos parâmetros para estações GBAS.



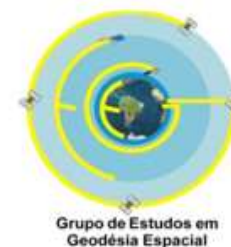
SIRGAS

Sistema de Referência Geocêntrico
para las Américas

2019

Rio de Janeiro,
Brasil

Obrigado



wevertondacostae@gmail.com

Laboratório de Geodésia Espacial – UNESP

bit.ly/gegeunespbr

INCT Tecnologia GNSS no suporte à navegação aérea

<http://inct-gnss-navaer.fct.unesp.br>