

WELDER BITENCOURT MARTINS



FACULDADE DE ENGENHARIA DE MINAS GERAIS  
CURSO DE ENGENHARIA CARTOGRÁFICA E DE AGRIMENSURA

WELDER BITENCOURT MARTINS

**AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA DA TÉCNICA DE POSICIONAMENTO GNSS, PPP,  
RTK COM O USO DE CORREÇÕES ADVINDAS DO SERVIÇO TRIMBLE E  
CENTERPOINT RTX PARA OS FINS DE CERTIFICAÇÕES DE IMÓVEIS RURAIS  
JUNTO AO INCRA.**

BELO HORIZONTE – MG  
2024

WELDER BITENCOURT MARTINS

**AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA DA TÉCNICA DE POSICIONAMENTO GNSS, PPP,  
RTK COM O USO DE CORREÇÕES ADVINDAS DO SERVIÇO TRIMBLE E  
CENTERPOINT RTX PARA OS FINS DE CERTIFICAÇÕES DE IMÓVEIS RURAIS  
JUNTO AO INCRA.**

Trabalho de Conclusão de Curso,  
apresentado ao Curso de Graduação em  
Engenharia Cartográfica e de Agrimensura,  
da Faculdade de Engenharia de Minas  
Gerais (FEAMIG) como requisito parcial  
para a obtenção de grau de Bacharel em  
Engenharia Cartográfica e de Agrimensura.

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dr. Carlos Henrinque  
Passos Mairink

BELO HORIZONTE – MG  
2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,

Martins, Welder Bitencourt

Equipamento GNSS - Avaliação da acurácia da técnica de posicionamento GNSS, PPP, RTK com o uso de correções advindas do serviço Trimble e Centerpoint RTX para os fins de certificações de imóveis rurais junto ao Incra. Martins /Welder Bitencourt. – Belo Horizonte, 2024.

51p : il., tab.

Orientador(a): Professor Carlos Henrique Passos Mairink

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Engenharia de Minas Gerais (FEAMIG), Engenharia Cartográfica e de Agrimensura - Bacharelado, 2024.

1. GNSS. 2. Processamento . 3. Metodologia.  
I. Mairink, Carlos Henrique Passos. (Orientação).

EFRAIM NEVES DA CONCEIÇÃO VIANA

**AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA DA TÉCNICA DE POSICIONAMENTO GNSS, PPP, RTK  
COM O USO DE CORREÇÕES ADVINDAS DO SERVIÇO TRIMBLE E CENTERPOINT  
RTX PARA OS FINS DE CERTIFICAÇÕES DE IMÓVEIS RURAIS JUNTO AO INCRA.**

Trabalho de Conclusão de Curso,  
apresentado ao Curso de Graduação em  
Engenharia Cartográfica e de  
Agrimensura, da Faculdade de Engenharia  
de Minas Gerais (FEAMIG) como  
requisito parcial para a obtenção de grau  
de Bacharel em Engenharia Cartográfica e  
de Agrimensura.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>a</sup>. Dr. xxxxxxxxxxx (Orientador)  
Faculdade de Engenharia de Minas Gerais - FEAMIG

---

Prof. Msc. xxxxxxxxxxx (Examinador Externo)  
Faculdade de Engenharia de Minas Gerais - FEAMIG

---

Prof. Msc. xxxxxxxxxxx (Examinador Interno)  
Faculdade de Engenharia de Minas Gerais - FEAMIG

## RESUMO

Com o avanço da tecnologia na área das geociências e ciências cartográficas, o uso de equipamentos topográficos evoluíram satisfatoriamente para quem faz uso dos mesmos é profissional na área a ferramenta facilitou aos agrimensores unindo a uma produtividade exuberante coisa que há 30 anos atrás não tínhamos tamanha técnica somada a produtividade dos trabalhos topográficos e agrimensores nos dias atuais com base a todo este avanço tecnológico nos traz uma experiência com trabalhos executado com GNSS principalmente de natureza planialtimétrica a produtividade é excelente incontestável, mais devido a tamanha produtividade de execução em campo precisamos tomar alguns cuidados ao utilizar Todas essas ferramenta principalmente em seu fator de acurácia. A utilização de pontos de apoio adotados de um instrumento de agrimensura ou topográfico seja ele; GNSS ou uso de Estação Total para amarração e implantação destes pontos de apoio que por sua vez são importantíssimos e indispensáveis para um trabalho de excelência em Campo.

**Palavras chaves:** GNSS

## **ABSTRACT**

With the advancement of technology in the fields of geocology and cartographic sciences, the use of topographic equipment has evolved satisfactorily for professionals in the area. This tool has facilitated the work of surveyors, resulting in remarkable productivity, a level of technical expertise and efficiency that was unattainable 30 years ago. Nowadays, thanks to all this technological progress, we experience excellent and indisputable productivity in topographic and surveying tasks, particularly with the use of GNSS for planialtimetric nature tasks. However, due to the high productivity achieved in the field, we must take certain precautions when using these tools, especially concerning their accuracy. The use of control points from a surveying or topographic instrument, whether it be GNSS or a Total Station for tying and establishing these control points, is essential and indispensable for achieving excellence in fieldwork.

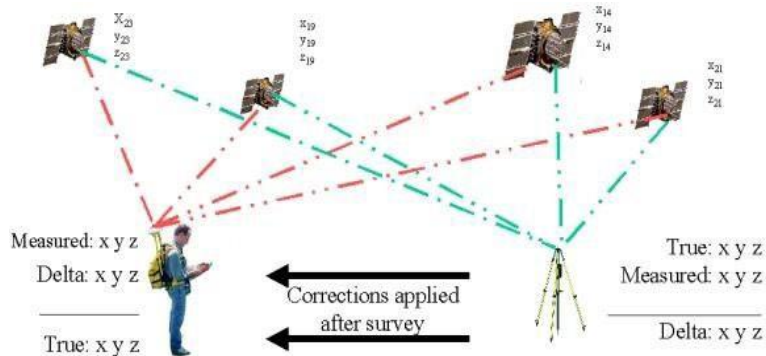
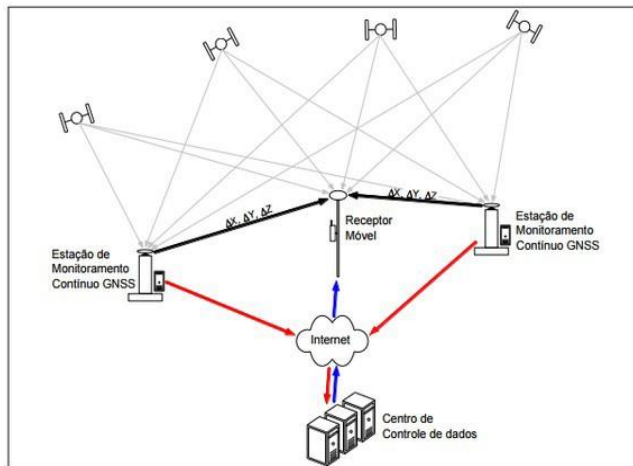
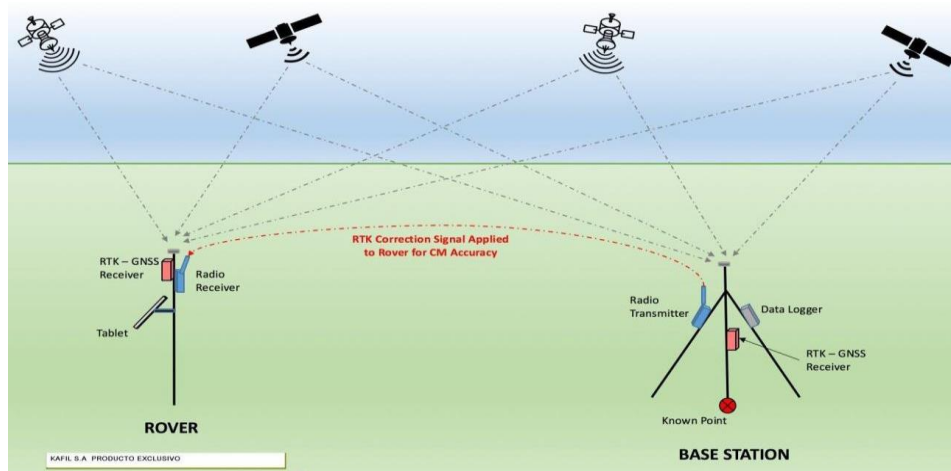
Keywords: GNSS

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 ACESSO ABERTO/ PPP- TEMPO REAL .....	12
2.1 PPP em tempo real com estimativa das correções dos relógios dos satélites .....	12
3 PPP – RTK.....	13
4 USO DO GNSS EM LEVANTAMENTO TOPOGRAFICOS.....	15
4.1 Equação fundamental da pseudodistância .....	16
4.2 Equação fundamental da fase da onda portadora .....	16
5 REDE GEODÉSICA ATIVA.....	18
5.1 GPS.....	18
5.2 RTX – Real Time eXtended.....	19
5.3 Serviço Centerpoint RTX.....	20
6 CORREÇÕES E POSSICIONAMENTO EM TEMPO REAL .....	20
6.1 Solução das ambigüidades.....	20
6.2 PPP-RTX – CENTERPOINT RTX.....	20
6.3 Como funciona TRIMBLE RTX.....	21
6.4 SISTEMA GEODÉSICO DE REFERÊNCIA.....	21
7 RESULTADOS.....	21
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	41
9 AGRADECIMENTOS .....	49
10 CONCLUSÃO.....	50
11 REFERENCIAS.....	50

# 1 – INTRODUÇÃO

Os Trabalhos técnicos de topografia e agrimensura muito tem se desenvolvido, diante este crescimento tecnológicos estamos falando sobre a utilização de GNSS para levantamento topográficos urbanos de áreas de periferias, onde á importância de uma infra- estrutura nova a ser elaborada para o melhoramento da vida humana de quem se reside no local em estudo, haja visto que foi desenvolvido um plano de levantamento pelo equipamento de Drone equiparado com o GNSS RTK.



NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION  
National Ocean Service  
National Geodetic Survey



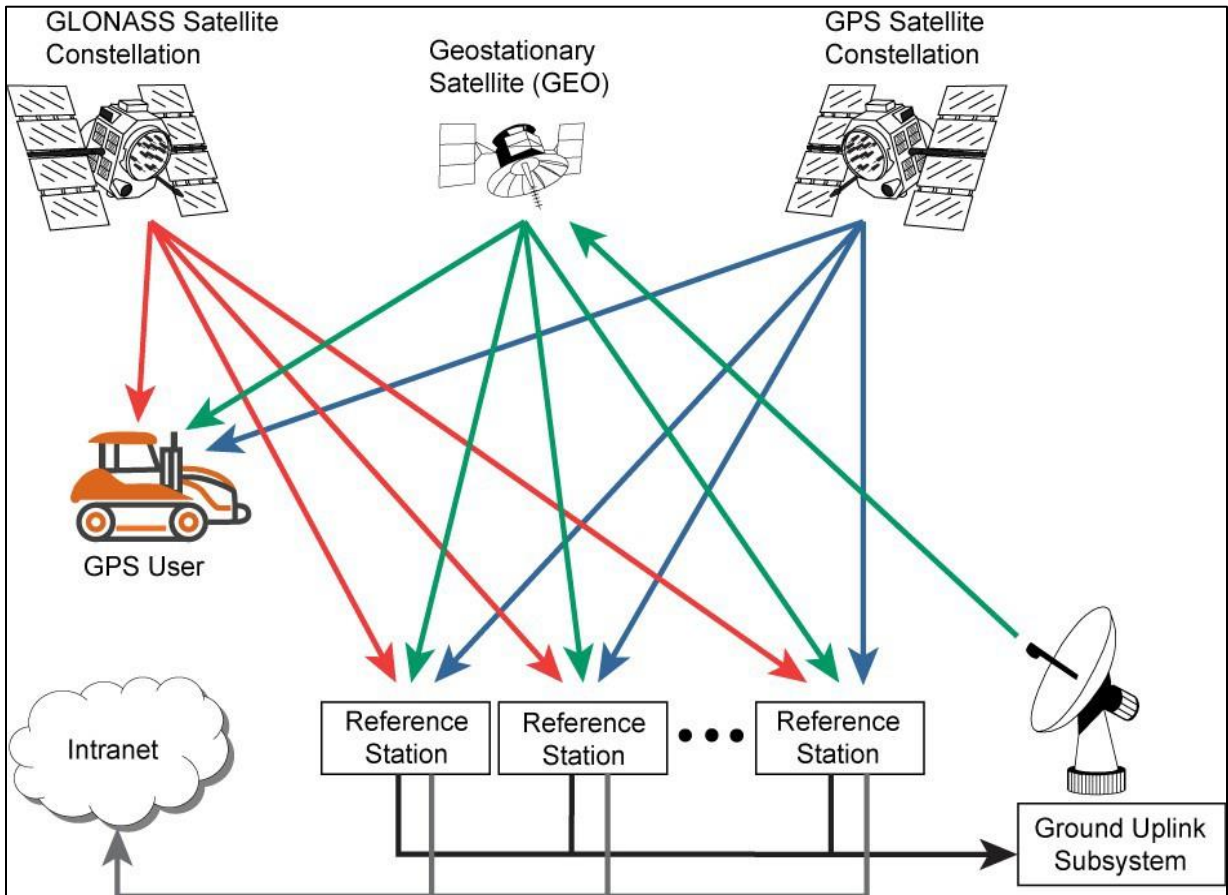
Positioning America for the Future





**2 - ACESSO ABERTO/ PPP- TEMPO REAL**

**2.1 O PPP EM TEMPO REAL COM ESTIMATIVA DAS CORREÇÕES DOS RELÓGIOS DOS SATELITES GERAL**



### 3 - PPP – RTK

**Tabela 7** - Modelagem matemática dos efeitos sistemáticos implementada no *software* RT\_PPP

Efeito	Estratégia
Ionosfera – 1ª ordem	Combinação <i>ion-free</i>
	Estimativa da ionosfera como processo estocástico
Troposfera	Somente modelo de Hopfield + GPT
	GMF + TZD a partir de dados do CPTEC
	VMF1 + TZD a partir de dados ECMWF
	TZH fixo + TZW estimado ( <i>random walk</i> )
Carga de marés oceânicas	Aplicadas conforme modelagem matemática de seção 3.4
Marés de corpos terrestres	Modelos descritos pelo IERS 2003 (McCARTHY; PETIT, 2003)
PCV receptor e satélite	Variação absoluta do centro de fase das antenas (PCO e PCV)
Efemérides precisas	IGS ou IGU predita
Correção do erro do relógio do satélite	Pós-processado ou tempo real (a partir do <i>software</i> RT_SAT_CLOCK)
<i>Differential Code Bias</i> (DCB)	Valores mensais estimados pelo CODE
Ambigüidades	<b>Ambigüidades Resolvidas</b>
Fase <i>wind-up</i>	Aplicado
Efeito de relatividade	Aplicado

Fonte: GENG et al. (2011)

“A solução das ambigüidades da fase como valores inteiros é um dos princípios fundamentais do PPP\_RTK”

Fonte: WANG et al. (2018)

### 4 – USO DO GNSS EM LEVANTAMENTOS TOPOGRAFICOS

Conforme o IBGE, Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS) refere-se à constelação de satélites que possibilita o posicionamento em tempo real de objetos, bem como a navegação em terra ou mar. Esses sistemas são utilizados em diversas áreas, como mapeamentos topográficos e geodésicos, aviação, navegação marítima e terrestre, monitoramento de frotas, demarcação de fronteiras, agricultura de precisão, entre outros usos.

O desenvolvimento das técnicas de posicionamento aliado ao avanço do conhecimento científico e tecnológico mostraram que o GPS associado a infra-estruturas espacial (SBAS – Satellite Based Augmentation System) e terrestre (GBAS – Ground Based Augmentation System) poderia ampliar a sua utilização do sistema. Esta arquitetura foi denominada de sistema de navegação global por satélites (GNSS – Global Navigation Satellite System). Exemplos de SBAS são o norte americano WAAS (Wide Area Augmentation System) e o europeu EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay System). Atualmente, o conceito de GNSS vem sendo empregado para designar o posicionamento por satélites utilizando toda infra-estrutura

citada anteriormente somando-a a outros sistemas de posicionamento por satélite, tais como o GLONASS, Galileo, Compass (China), etc. Trata-se de um futuro promissor para usuários de posicionamento por satélites artificiais, sendo necessária uma breve apresentação destes três últimos sistemas. (Processamento das Observações e Integração no Referencial Geodésico IBGE 2008)

#### 4.1 - EQUAÇÃO FUNDAMENTAL DA PSEUDODISTÂNCIA

$$PD_{rLi}^s = \rho_r^s + c(dt_r - dt^s) + I_{rLi}^s + T_r^s + Orb^s + dm_r^s + b_{rLi} + b^s_{Li} + v_{PD_r^s}$$

onde:

$L_i$  - refere-se a portadora GPS ( $i=1, 2, 5$ );

$\rho_r^s$  - distância geométrica entre o satélite e o receptor, a qual deve ser calculada entre o instante de transmissão e o de recepção do sinal;

$c$  - velocidade da luz no vácuo;

$dt_r$  - erro do relógio do receptor;

$dt^s$  - erro do relógio do satélite;

$I_{rLi}^s$  - efeito provocado pela ionosfera;

$T_r^s$  - efeito provocado pela troposfera;

$Orb^s$  - erro da órbita (posição) do satélite;

$dm_r^s$  - efeito provocado pelo multicaminho;

$b_{rLi}$  - atraso de *hardware* para o receptor;

$b^s_{Li}$  - atraso de *hardware* para o satélite;

$v_{PD_r^s}$  - efeitos aleatórios e não modelados da pseudodistância.

## 4.2 EQUAÇÃO FUNDAMENTAL DA FASE DA ONDA PORTADORA

$$\phi_{rLi}^s = f_i \left( \frac{\rho_r^s - I_{rLi}^s + T_r^s + Orb_r^s + dm_r^s + b_{rLi} + b_{sLi}^s}{c} \right) + f_i (dt_r - dt^s) + (\phi_t^s(t_0) - \phi_r(t_0)) + N_{rLi}^s + v_{\phi_{rLi}^s}$$

onde:

$f_i$  - frequência da fase ( $i=1, 2, 5$ );

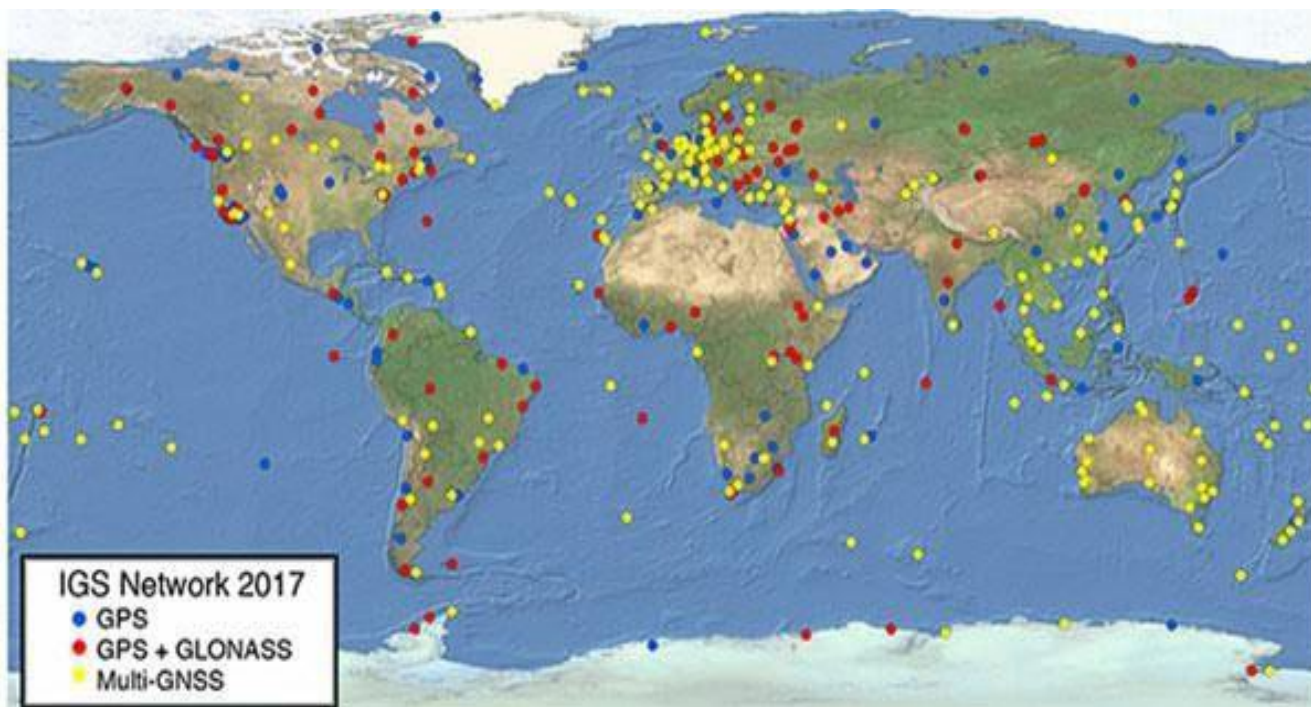
$\phi_t^s(t_0)$  - fase inicial no satélite, correspondente à época de referência  $t_0$ ;

$\phi_r(t_0)$  - fase inicial no receptor, correspondente à época de referência  $t_0$ ;

$N_{rLi}^s$  - ambiguidade da fase no instante inicial de rastreamento;

$v_{\phi_{rLi}^s}$  - efeitos aleatórios e não modelados da fase da portadora.

## 5 – REDE GEODÉSICA ATIVA





## 5.1 – GPS

A sigla GPS se refere à expressão Global Positioning System ou Sistema de Posicionamento Global. Desenvolvido ainda na década de 1960, o GPS é composto por uma rede de 24 satélites americanos, responsáveis por prover serviços de posicionamento global. Quando lançado, o GPS era utilizado apenas para serviços militares. Posteriormente, seu uso foi liberado para civis, se popularizando e tornando-se o sistema de posicionamento global mais utilizado em todo o mundo.

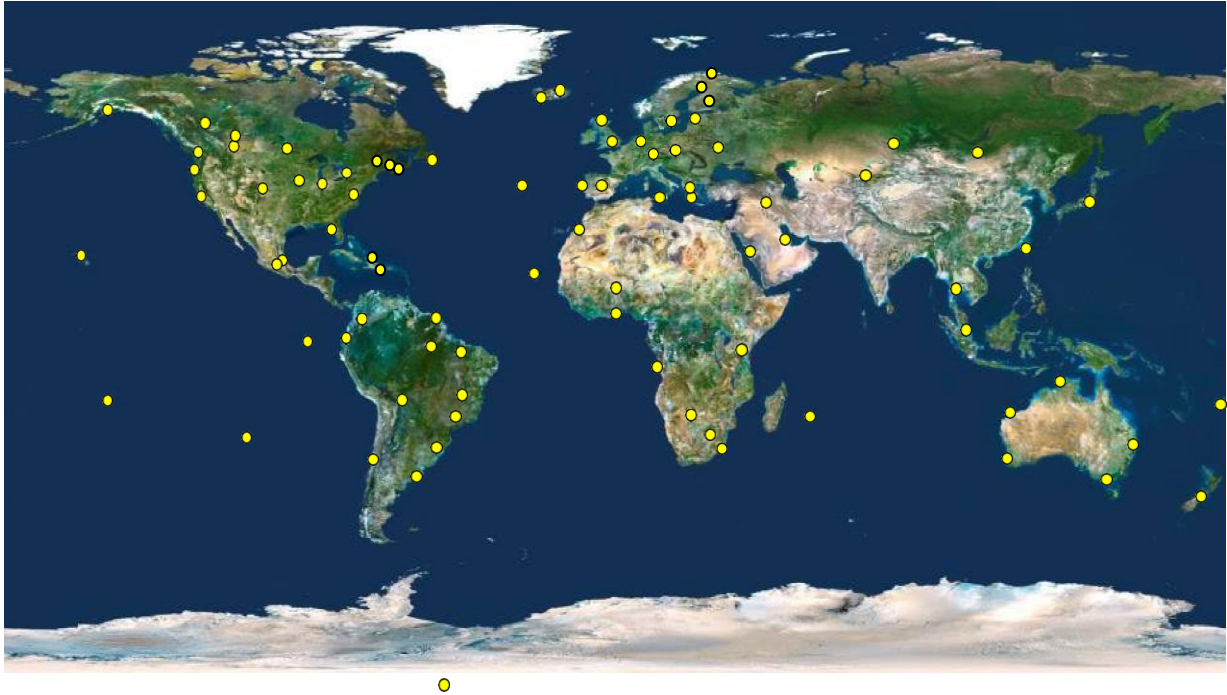
Por meio de técnicas de triangulação via satélite, os sistemas de GPS são capazes de obter coordenadas geográficas em qualquer ponto do globo terrestre, estipulando latitudes, longitudes e altitudes em tempo real.

Embora extensamente utilizado, em termos de precisão geográfica, o GPS pode deixar a desejar. Isto porquê coordenadas geográficas obtidas por meio deste sistema podem apresentar erros de posicionamento de aproximadamente 2 metros.

Para uma grande parte dos projetos que envolvem geoprocessamento e sensoriamento remoto, esses erros são aceitáveis. Entretanto, se você deseja obter coordenadas geográficas mais precisas, é imprescindível que utilize em conjunto um número maior de satélites, relacionados à aplicação de outros sistemas de posicionamento global.

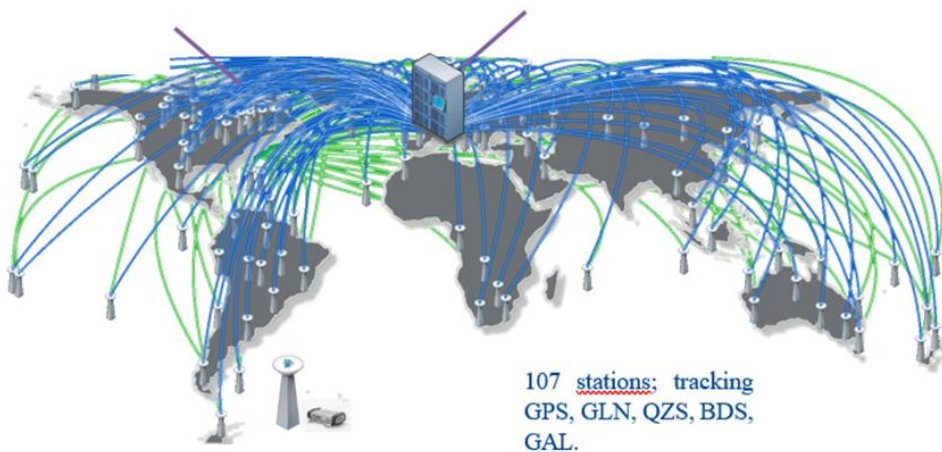
Este é o caso dos sistemas de GNSS. Abaixo, iremos explicar de maneira aprofundada o que são estes sistemas e como eles funcionam na prática. O Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS) é definido como uma constelação de satélites que permite determinar o posicionamento e a localização de um veículo ou receptor em qualquer lugar do globo, seja em terra, mar ou ar.

### 5.2 – RTX – Real Time eXtended



- MANAUS
- BELÉM
- GOIÂNIA
- SÃO PAULO
- SANTA MARIA
- CURITIBA

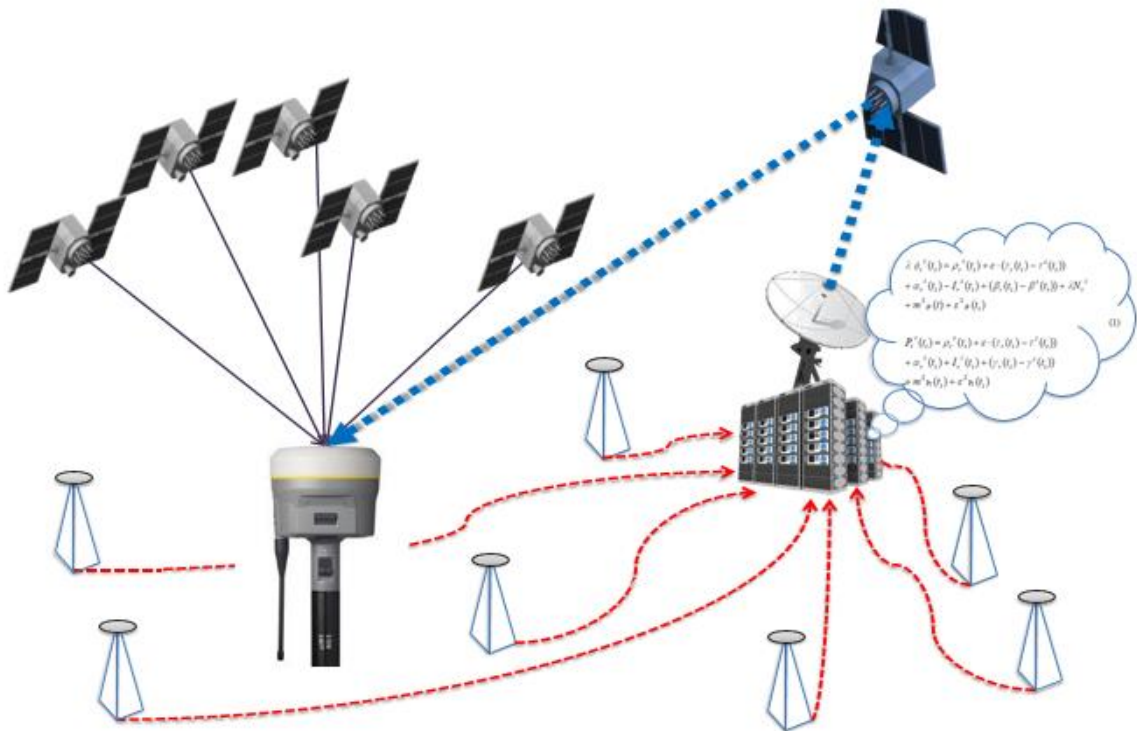
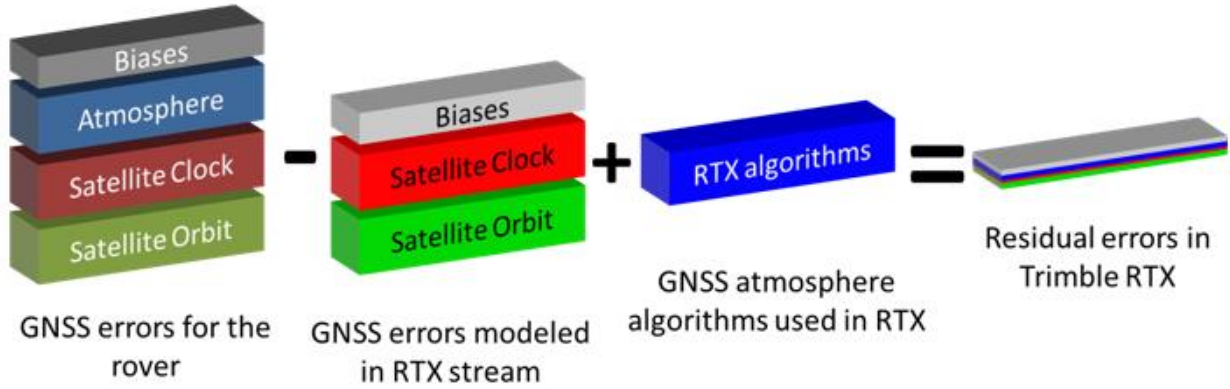
### 5.3 – Serviço Centerpoint RTX



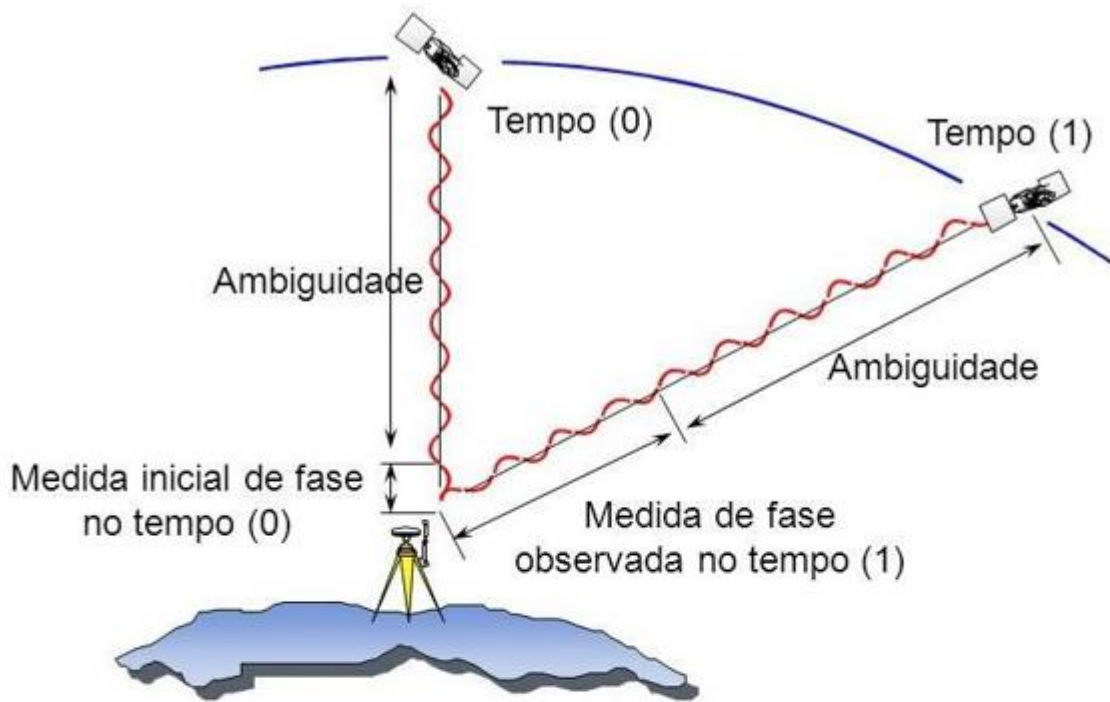
**6 – CORREÇÕES E POSSICIONAMENTO EM TEMPO REAL**

ERROS DOS RELÓGIOS DOS SATELITES / ATRASO IONOSFÉRICO E TROPOSFÉRICO ERROS DE ÓRBITAS DOS SATÉLITES / FASE WIND-UP (ROTAÇÃO DE FASE)

ERRO DO RELÓGIO DO RECEPTOR / EFEITOS DE CINTILAÇÃO



## 6.1 – SOLUÇÃO DAS AMBIGÜIDADES



Fonte: LEANDRO et al. (2011): DIVERGENCE FREE PHASE COMBINATION

$$\Phi_{df,i} = \frac{f_i^2 + f_j^2}{f_i^2 - f_j^2} \Phi_i - \frac{2f_j^2}{f_i^2 - f_j^2} \Phi_j$$

DIVERGENCE FREE PHASE COMBINATION

$$\Phi_{df,i} - P_i = \lambda_{df,i} N_{df,i} + B_{\Phi,df,i} - b_{\Phi,df,i} + M_{\Phi,df,i} + n_{\Phi,df,i} - B_{P,i} + b_{P,i} - M_{P,i} - n_{P,i} \quad (2.5)$$



## 6.2 – PPP-RTX – CENTERPOINT RTX


Efeito	Estratégia
Ionosfera	Combinação ion-free (Wide-Lane e Narrow-Lane) Modelo Estocástico
Troposfera	Hopfield; Saastamoinen; UNB3; UNB3m + GPT
Carga de marés oceânicas	Aplicadas conforme modelagem matemática em McCARTHY e PETIT, 2003
Marés terrestres	Modelos descritos pelo IERS 2003 (McCARTHY; PETIT, 2003)
Efeito PCV (Phase Center Variation) receptor e satellite	Variação absoluta do centro de fase das antenas (PCO e PCV). Modelagem matemática conforme Rothacher and Schmid (2010)
Orbitas	Obtidas por meio do processamento dos dados compactados armazenados pelo servidor de sistema de tempo real do Trimble Centerpoint RTX (Leandro et al., 2011)
Correção do erro do relógio do satélite	Obtida por meio do processamento dos dados compactados armazenados pelo servidor de sistema de tempo real do Trimble Centerpoint RTX (Leandro et al., 2011)
Ambigüidades	Solução fixa
Fase wind-up	Aplicado
Efeito de relatividade	Aplicado
Movimento do Pólo	Aplicado conforme modelagem matemática descrita em Petit & Luzum (2010).

## 6.3 – COMO FUNCIONA TRIMBLE RTX

## CÓMO FUNCIONA TRIMBLE RTX



<https://trimblertx.com/UploadForm.aspx>



[CenterPoint RTX Post-Processing](#)
[Post-Processing](#)
[Register](#)
[Support](#)
[Contact Us](#)

WELCOME TO TRIMBLE CENTERPOINT™ RTX™ POST-PROCESSING SERVICE

Trimble RTX™ is a global GNSS technology that provides centimeter-level positioning, worldwide, at any time.

**1. Select a coordinate system and tectonic plate:**

Coordinate System:

Tectonic Plate:

**2. Select a file to upload:**

Nenhum arquivo selecionado

**New Enhancements**

The CenterPoint RTX post-processing service now supports all dual frequency GNSS receivers. Antennas must be on the Supported Antennas list. The post-processing service will not process unsupported antennas. See also: [Supported Antennas](#)

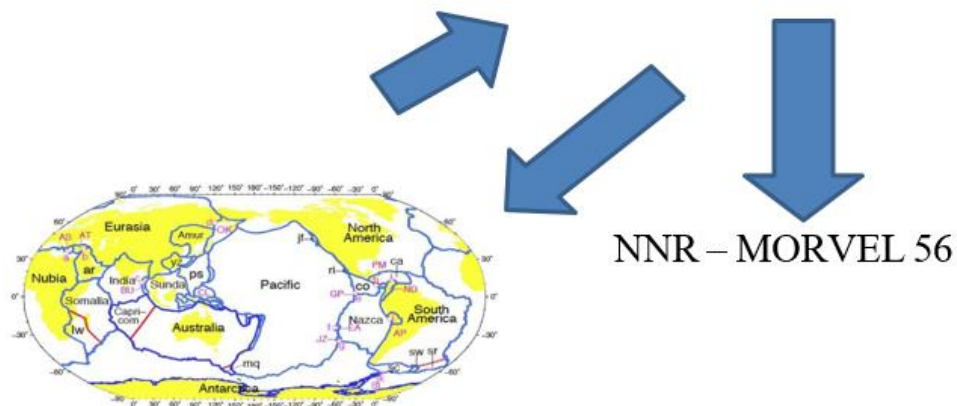
Observation files must meet the following requirements:

- Data formats accepted include Trimble proprietary data formats (e.g. DAT, T01, T02, Quark) and the standard RINEX 2 and RINEX 3 data formats
- For optimal processing results, it is recommended to provide at least 60 minutes of observations.
- Data files cannot exceed 24 hours in length
- Data files must be static only
- Data files must contain dual frequency pseudorange and carrier phase observations (L1 and L2)

## 6.4 - SISTEMA GEODÉSICO DE REFERÊNCIA

ITRF 2014

SIRGAS2000



É avaliação da acurácia posicional da técnica de posicionamento gnss rtx para aplicações no âmbito de georreferenciamento de imóveis rurais.

Qual o desempenho em acurácia da técnica de posicionamento gnss ppp- rtk com o uso de correções advindas do serviço trimble centerpoint rtx para fins de certificação de imóveis rurais junto ao inca?

Justificativa da Pesquisa.

3ª – NTGIR (LEVANTAMENTO DE VÉRTICE ARTIFICIAIS/ POSICIONAMENTO GNSS: )

- a) Observáveis da fase da onda portadora.
- b) Solução das ambiguidades para o RTK.
- c) PPP-RTK com o sistema trimble RTX.

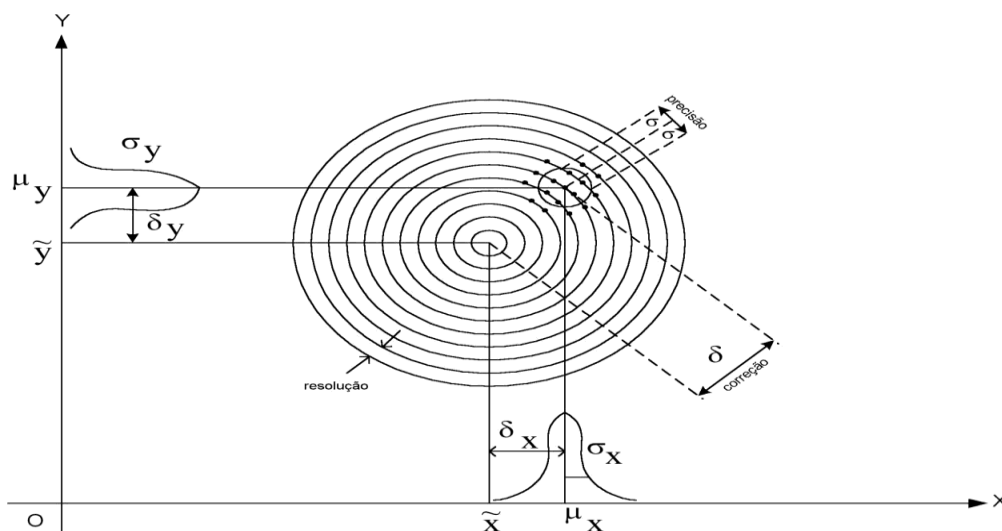
Profissionais Credenciados.

Alta Acurácia

Tempo Real

Sirgas 2000

1 Único Receptor



$$a = \overline{\Delta X} \pm \sigma_x \quad \rightarrow \text{Monico et. Al (2009)}$$

$$MSE = \sigma_p^2 + (b)^2 \approx \sum_{i=1}^n \frac{\varepsilon_i^2}{n} \quad \rightarrow \text{MIKHAIL \& ACKERMANN 1976.}$$

1) QUAL A ACURÁCIA NO POSSICIONAMENTO PARA OS SEGUINTES TEMPOS DE CONVERGÊNCIA?

5 minutos 10 minutos 15 minuto 20 minutos 30 minutos

2) QUAL A ACURÁCIA NO POSICIONAMENTO COM O RTX ONLINE?

A acurácia no posicionamento com rtx online pode variar dependendo de vários fatores, como o ambiente, o tipo de receptor gnss utilizado, as condições atmosfericas, entre outros. Em condições ideiais, a acuracia pode ser de alguns centímetros a alguns decímetros. No entanto é importante considerar que a acurácia pode ser afetada por interferencias, multipercusos e outras fontes de erro. Geralmente espera-se que a acuracia seja melhor do que a obtida com sistemas de gps convencionais

Estações IBGE		Estado da Federação
Nome da Estação	Conexões	ID
93911	Est. GPS	Acre
93206	Est. GPS	Alagoas
91162	Est. GPS	Amapá
91162	Est. GPS	Amazonas
93275	Est. GPS	Bahia
91253	Est. GPS	Brasília
92448	Est. GPS	Ceará
93943	Est. GPS	Espírito Santo
92693	Est. GPS	Goiás
99566	Est. GPS	Maranhão
92583	Est. GPS	Mato Grosso
93532	Est. GPS	Mato Grosso do Sul
93969	Est. GPS	Minas Gerais
93863	Est. GPS	Pará
96557	Est. GPS	Paraíba
93374	Est. GPS	Paraná
93321	Est. GPS	Pernambuco
96552	Est. GPS	Piauí
91877	Est. GPS	Rio de Janeiro
96550	Est. GPS	Rio Grande do Norte
93696	Est. GPS	Rio Grande do Sul
93780	Est. GPS	Rondônia
93910	Est. GPS	Roráima
99641	Est. GPS	Santa Catarina
91619	Est. GPS	São Paulo
93314	Est. GPS	Sergipe
92545	Est.GPS	Tocantis







## Relatório de Estação Geodésica

Estação :	93235	Nome da Estação :	93235	Tipo :	Estação GPS
Município :	SALVADOR			UF :	BA
Última Visita:	24/04/2007	Situação Marco Principal :	BOM	Última Atualização :	17/07/2017

Inscrição chapa :

DADOS PLANIALTIMÉTRICOS		DADOS ALTIMÉTRICOS		DADOS GRAVIMÉTRICOS	
Latitude	12° 56' 21,28861" S	Altitude Normal(m)		Gravidade(mGal)	
Longitude	38° 25' 56,11340" W	Fonte		Datum	
Altitude Geométrica(m)	76,320	Sigma Altitude(m)		Data Medição	
Fonte	GPS Geodésico	Datum		Data Cálculo	
Origem	Ajustada	Data Medição			
Datum	SIRGAS2000	Data Cálculo			
Data Medição	24/04/2007				
Data Cálculo	30/08/2007				
Sigma Latitude(m)	0,001				
Sigma Longitude(m)	0,001				
Sigma Altitude Geométrica(m)	0,004				
UTM(N)	8.569.514,403				
UTM(E)	561.583,034				
MC	-39				

- Ajustamento Altimétrico Simultâneo da Rede Altimétrica em 30/07/2018 - REALT 2018 2ªedição disponível em : <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101666.pdf>
- Ajustamento Planimétrico SIRGAS2000 em 23/11/2004 e 06/03/2006 - Relatório em : [https://geofp.ibge.gov.br/informacoes\\_sobre\\_posicionamento\\_geodesico/rede\\_planialtimetrica/relatorio/rel\\_sirgas2000.pdf](https://geofp.ibge.gov.br/informacoes_sobre_posicionamento_geodesico/rede_planialtimetrica/relatorio/rel_sirgas2000.pdf)
- As informações de coordenadas estão relacionadas ao sistema SIRGAS2000, em conformidade com a RPR 01/2015 de 24/02/2015 disponível em : [https://geofp.ibge.gov.br/metodos\\_e\\_outros\\_documentos\\_de\\_referencia/nomas/rpr\\_01\\_2015\\_sirgas2000.pdf](https://geofp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/nomas/rpr_01_2015_sirgas2000.pdf)

### Localização

Av. Ulisses Guimarães n. 640 - Centro. Nas dependências do INCRA em Salvador/BA.

### Descrição

Cilindro de concreto, medindo 1,57 m de altura por 0,30 m de diâmetro, sobre uma base de concreto, medindo 0,60 m x 0,56 m x 0,15 m de altura, dotado de dispositivo de centragem forçada cravado em seu topo. Possui chapa de identificação padrão IBGE incrustada 0,20 m abaixo do topo, na face NE, estampada SAT 93235 2007.

Foto(s)



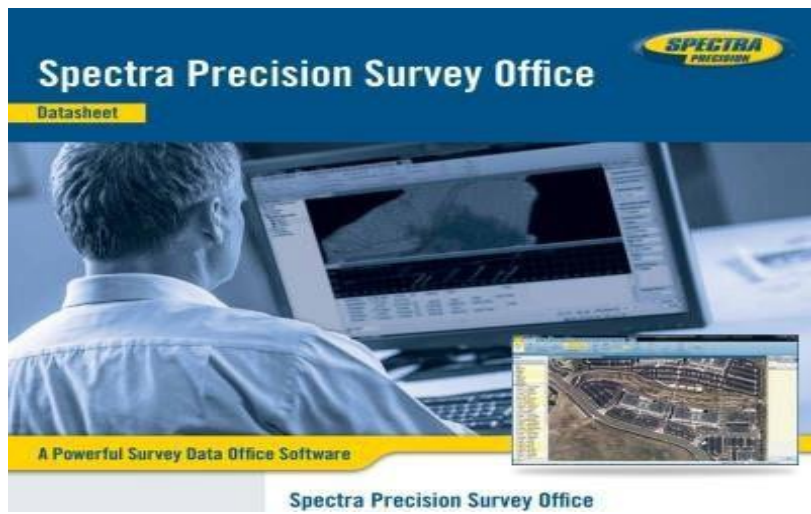
Estações IBGE	Conexões	Estado da Federação	Coordenadas SIRGAS 2000					
Nome da Estação	Conexões	ID	E (m)	Sigma E	N (m)	Sigma N	h (m)	Sigma h
93911	Est. GPS	Acre	642777,9	0,005	8870913	0,003	232,13	0,029
93206	Est. GPS	Alagoas	194881	0,002	8942356	0,002	78,985	0,014
91162	Est. GPS	Amapá	494363,7	0,001	3461,803	0,001	-16,854	0,002
91162	Est. GPS	Amazonas	827255,9	0,001	9655195	0,001	31,93	0,002
93275	Est. GPS	Bahia	562598,5	0,002	8568736	0,002	35,946	0,013
91253	Est. GPS	Brasília	191924,6	0,003	8251336	0,001	1065,874	0,015
92448	Est. GPS	Ceará	54666,26	0,002	9585961	0,004	17,726	0,018
93943	Est. GPS	Espírito Santo	367012,3	0,003	7761178	0,002	-1,725	0,018
92693	Est. GPS	Goiás	686120,8	0,001	8156715	0,001	733,065	0,008
99566	Est. GPS	Maranhão	570687,7	0,003	9715572	0,003	-10,725	0,02
92583	Est. GPS	Mato Grosso	601240,7	0,045	8280523	0,013	252,938	0,036
93532	Est. GPS	Mato Grosso do sul	755450,6	0,002	7737956	0,002	660,653	0,016
93969	Est. GPS	Minas Gerais	608990,7	0,001	7800073	0,002	833,752	0,007
93863	Est. GPS	Pará	394096,4	0,002	9265737	0,003	185,011	0,011
96557	Est. GPS	Paraíba	295570,8	0,002	9210260	0,002	38,73	0,012
93374	Est. GPS	Paraná	677371,8	0,003	7183799	0,003	913,689	0,021
93321	Est. GPS	Pernambuco	284850,3	0,004	9108724	0,004	3,938	0,033
96552	Est. GPS	Piauí	740920,9	0,003	9439229	0,001	40,68	0,005
91877	Est. GPS	Rio de Janeiro	672565,4	0,001	7455144	0,001	17,056	0,005
96550	Est. GPS	Rio Grande do Norte	255558,9	0,002	9354305	0,002	45,879	0,016
93696	Est. GPS	Rio Grande do Sul	494164,9	0,002	6658277	0,002	56,088	0,02
93780	Est. GPS	Rondônia	400642,5	0,003	9033713	0,003	97,221	0,014
93910	Est. GPS	Roraima	758755,1	0,003	312040,9	0,001	67,43	0,005
99641	Est. GPS	Santa Catarina	655419,9	0,003	6820589	0,003	27,412	0,013
91619	Est. GPS	São Paulo	323298,3	0,003	7394410	0,004	718,091	0,017
93314	Est. GPS	Sergipe	712564,5	0,002	8788833	0,002	-4,022	0,012
92545	Est. GPS	Tocantins	751929,4	0,003	8919730	0,003	319,87	0,015

# Receptor GNSS Geodésico: SPECTRA SP60



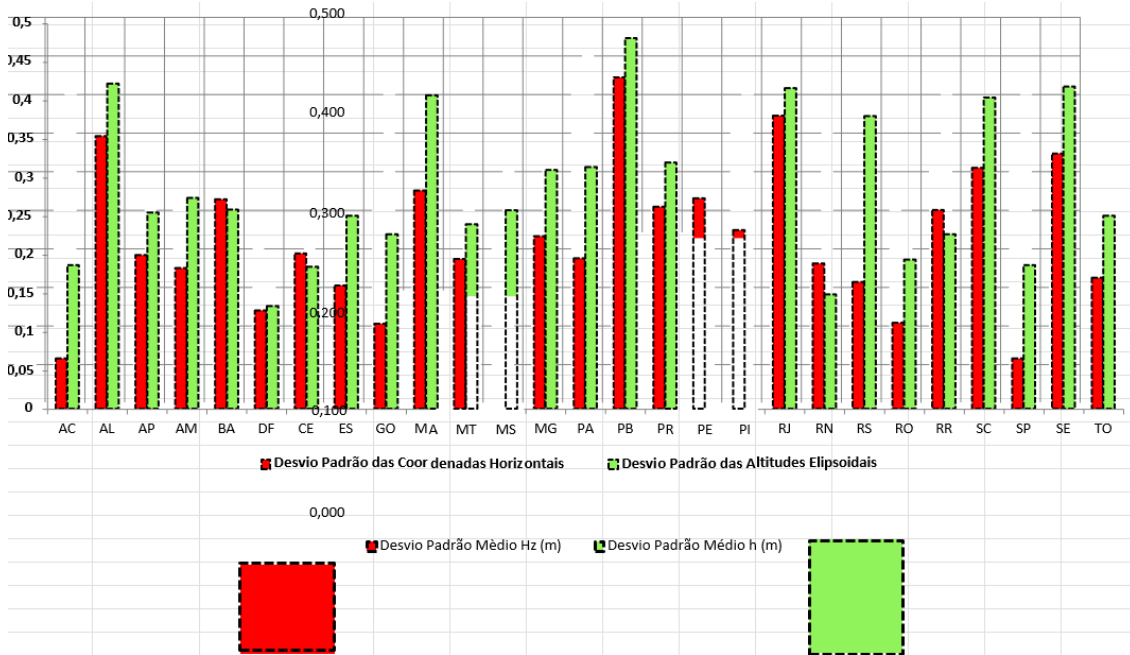
PRECISÃO HORIZONTAL: 3MM +0,1 PPM

PRECISÃO VERTICAL: 3,5 MM +0,5 PPM

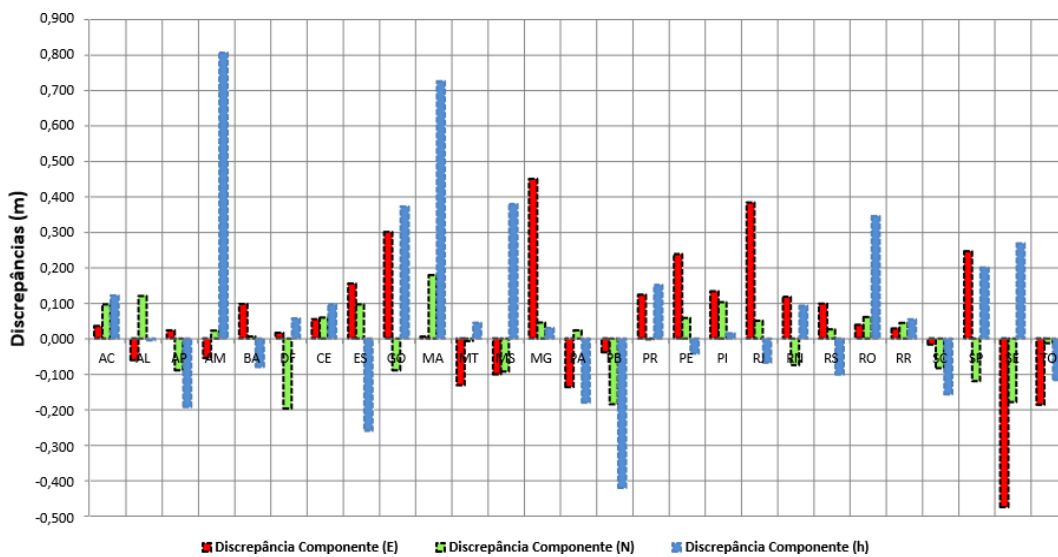


## 7 – RESULTADOS

### TIPO DE CONVERGÊNCIAS DE 5'



### TEMPO DE CONVERGÊNCIA DE 5' – ANÁLISE DE TENDÊNCIA





## TEMPO DE CONVERGÊNCIA DE 5' – ANÁLISE DE TENDÊNCIA

Análise de Tendência	$\Delta E$ (m)	$\Delta N$ (m)	$\Delta h$ (m)
Média das Discrepâncias ( $\overline{\Delta X}$ )	<u>0,049</u>	<u>-0,005</u>	<u>0,079</u>
Variância ( $S_{\Delta X}^2$ )	<u>0,024</u>	<u>0,013</u>	<u>0,076</u>
Desvio Padrão ( $S_{\Delta X}$ )	<u>0,155</u>	<u>0,115</u>	<u>0,276</u>
Estatística Amostral ( $t_x$ )	<u>1,658</u>	<u>-0,233</u>	<u>1,487</u>
T <sub>95%</sub> Tabelado	<u>2,056</u>	<u>2,056</u>	<u>2,056</u>
Resultado do Teste	Aceita	Aceita	Aceita

## TEMPO DE CONVERGÊNCIA DE 5' – ANÁLISE DE PRECISÃO – ESCALA DE 1/2000

Parâmetros	PEC-PCD Classe A		
	Coord. E	Coord. N	Coord. h
Valor de $\chi^2$ amostral	<u>10,796</u>	<u>5,848</u>	<u>17,784</u>
Estatística $\chi^2_{(n-1; \infty)}$	<u>38,885</u>	<u>38,885</u>	<u>38,885</u>
Resultado do Teste: Hipótese H <sub>0</sub> aceita?	Sim	Sim	Sim

## TEMPO DE CONVERGÊNCIA DE 5' – MEDIDA ACURÁCIA

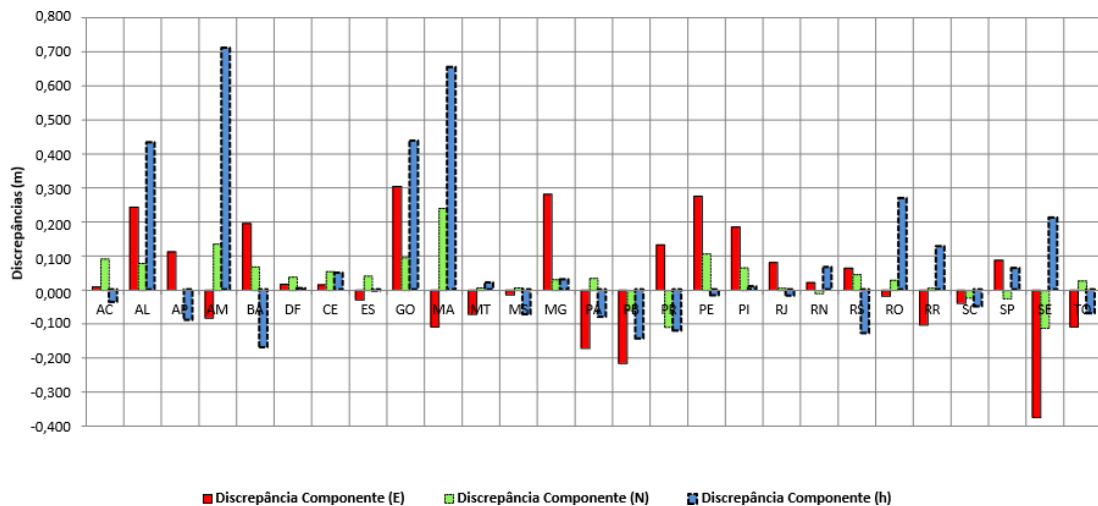
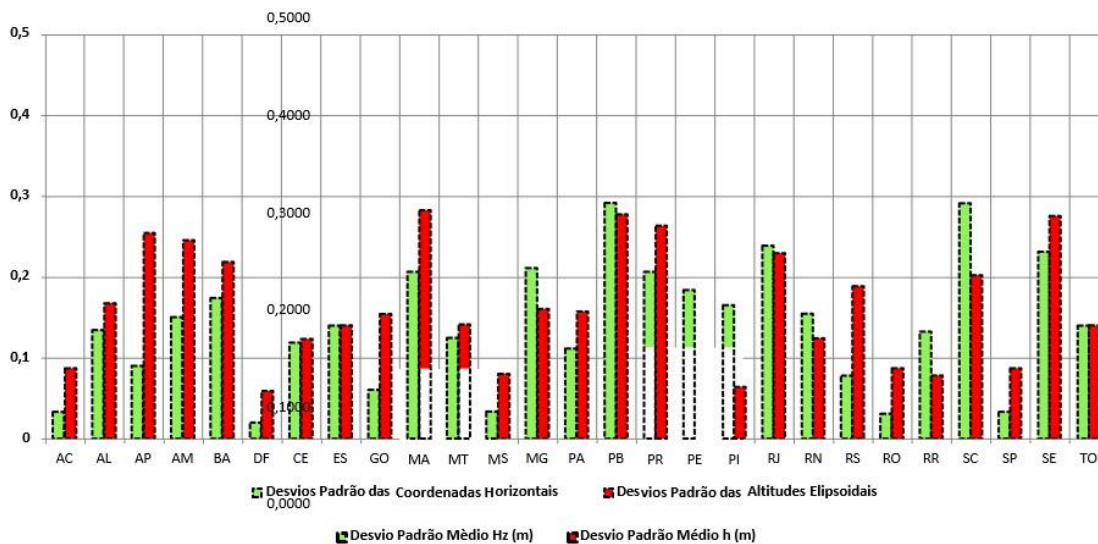
$$a = \overline{\Delta X} \pm \sigma_x \quad \rightarrow \text{MONICO et al. (2009)}$$

$$MSE = \sigma_p^2 + (b)^2 \cong \sum_{i=1}^n \frac{\varepsilon_i^2}{n} \quad \rightarrow \text{MIKHAIL \& ACKERMANN (1976)}$$

ERRO QUADRÁTICO MÉDIO (EQM) HORIZONTAL: 0,193M

Componente	Tendência (m)	Precisão (m)	Acurácia final (m)
E	<u>0,049</u>	<u>0,030</u>	<u>0,049 ± 0,030</u>
N	<u>-0,005</u>	<u>0,030</u>	<u>-0,005 ± 0,030</u>
h	<u>0,079</u>	<u>0,053</u>	<u>0,079 ± 0,053</u>
Horizontal ( <u>E,N</u> )			<u>0,049 ± 0,042</u>

## TEMPO DE CONVERGÊNCIA DE 10'.



## TEMPO DE CONVERGÊNCIA DE 10' – ANÁLISE DE TENDÊNCIA

Análise de Tendência	$\Delta E$	$\Delta N$	$\Delta h$
Média das Discrepâncias ( $\overline{\Delta X}$ )	0,026m	0,033m	0,077m
Variância ( $S_{\Delta X}^2$ )	0,015m <sup>2</sup>	0,007m <sup>2</sup>	0,054m <sup>2</sup>
Desvio Padrão ( $S_{\Delta X}$ )	0,122m	0,085m	0,233m
Estatística Amostral ( $t_x$ )	1,118	2,022	1,711
T <sub>95%</sub> Tabelado	2,056	2,056	2,056
Resultado do Teste	Aceita	Aceita	Aceita

## TEMPO DE CONVERGÊNCIA DE 10' – ANÁLISE DE PRECISÃO – ESCALA 1/1000.

Parâmetros	PEC-PCD Classe A		
	Coord. E	Coord. N	Coord. h
Valor de $\chi^2$ amostral	26,990	12,595	12,636
Estatística $\chi^2_{(n-1; \alpha)}$	38,885	38,885	38,885
Resultado do Teste: Hipótese $H_0$ aceita?	Sim	Sim	Sim

## TEMPO DE CONVERGÊNCIA DE 10' – MEDIDA ACURÁCIA.

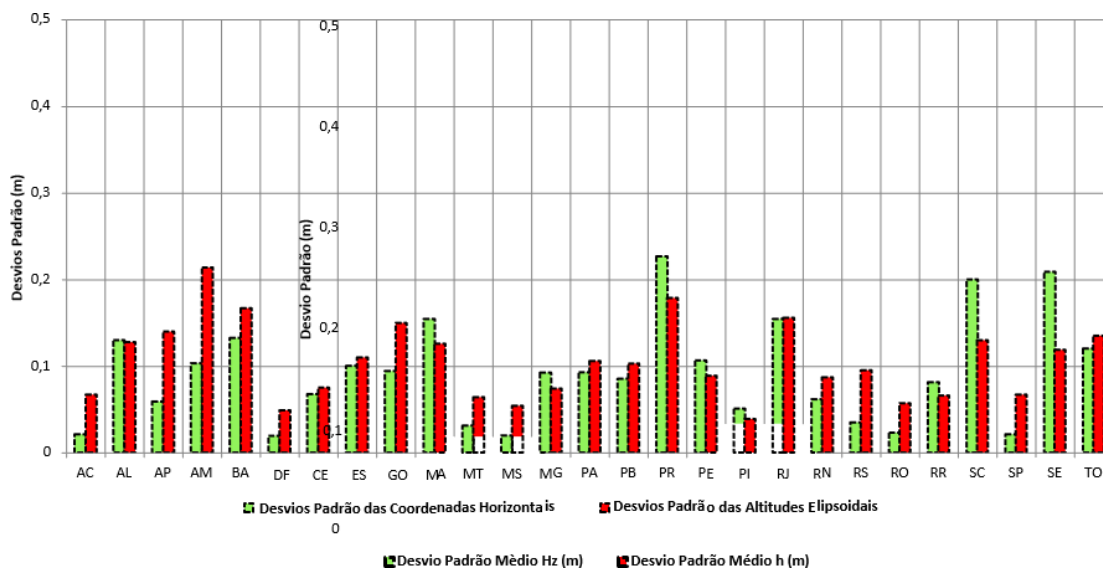
$$a = \overline{\Delta X} \pm \sigma_x \quad \rightarrow \text{MONICO et al. (2009)}$$

$$MSE = \sigma_p^2 + (b)^2 \cong \sum_{i=1}^n \frac{\varepsilon_i^2}{n} \quad \rightarrow \text{MIKHAIL \& ACKERMANN (1976)}$$

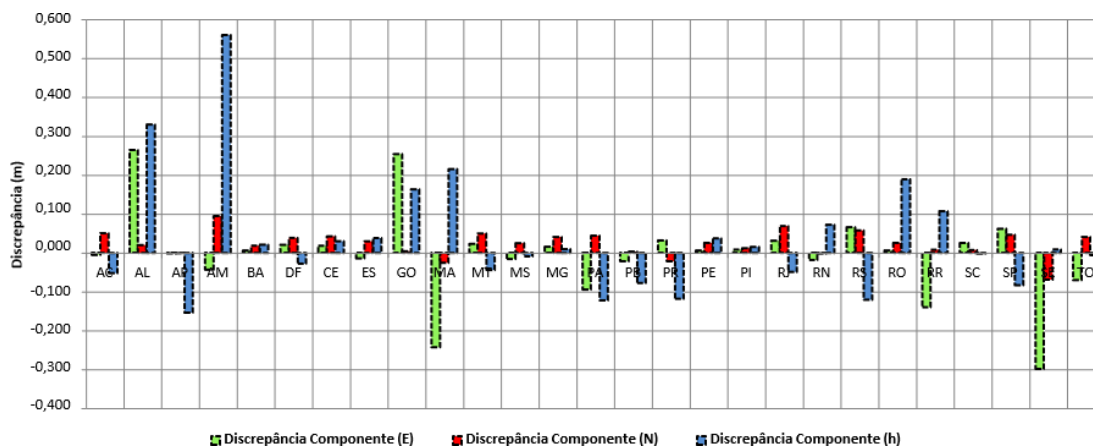
## ERRO QUADRÁTICO MÉDIO (EQM) HORIZONTAL: 0,149M.

Componente	Tendência (m)	Precisão (m)	Acurácia final (m)
E	0,026	0,019	0,026 ± 0,019
N	0,033	0,019	0,033 ± 0,019
h	0,077	0,031	0,077 ± 0,031
Horizontal (E,N)			0,042 ± 0,027

## TEMPO DE CONVERGÊNCIA DE 15' – DESVIO PADRÃO DAS COODERNADAS.



## TEMPO DE CONVERGÊNCIA DE 15' – DISCREPÂNCIA DAS COODERNADAS.



## TEMPO DE CONVERGÊNCIA DE 15' - ANÁLISE DE TENDÊNCIA.

Análise de Tendência	$\Delta E$	$\Delta N$	$\Delta h$
Média das Discrepâncias ( $\overline{\Delta X}$ )	-0,005m	0,024m	0,035m
Variância ( $S_{\Delta X}^2$ )	0,013m <sup>2</sup>	0,001m <sup>2</sup>	0,023m <sup>2</sup>
Desvio Padrão ( $S_{\Delta X}$ )	0,113m	0,033m	0,153m
Estatística Amostral ( $t_x$ )	-0,235	3,732	1,172
T <sub>95%</sub> Tabelado	2,056	2,056	2,056
Resultado do Teste	Aceita	Rejeita	Aceita

## TEMPO DE CONVERGÊNCIA DE 15' – ANÁLISE DE PRECISÃO – ESCALA 1/1000.

Parâmetros	PEC-PCD Classe A		
	Coord. E	Coord. N	Coord. h
Valor de $\chi^2_x$ amostral	23,391	1,799	5,382
Estatística $\chi^2_{(n-1; \infty)}$	38,885	38,885	38,885
Resultado do Teste: Hipótese H <sub>0</sub> aceita?	Sim	Sim	Sim

TEMPO DE CONVERGÊNCIA DE 15' – MEDIDA DE ACURÁCIA

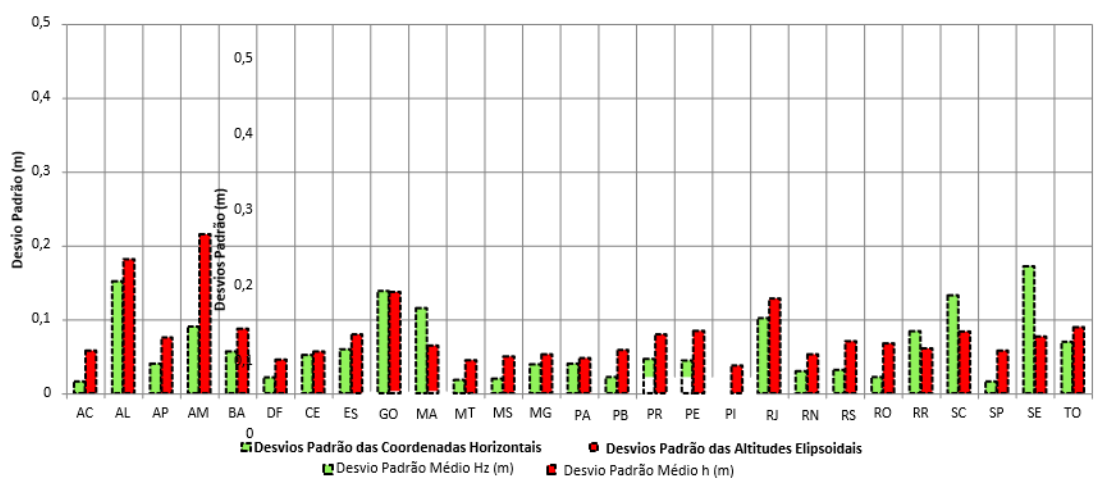
$$a = \overline{\Delta X} \pm \sigma_x \quad \rightarrow \quad \text{MONICO et al. (2009)}$$

$$MSE = \sigma_p^2 + (b)^2 \cong \sum_{i=1}^n \frac{\varepsilon_i^2}{n} \quad \rightarrow \quad \text{MIKHAIL \& ACKERMANN (1976)}$$

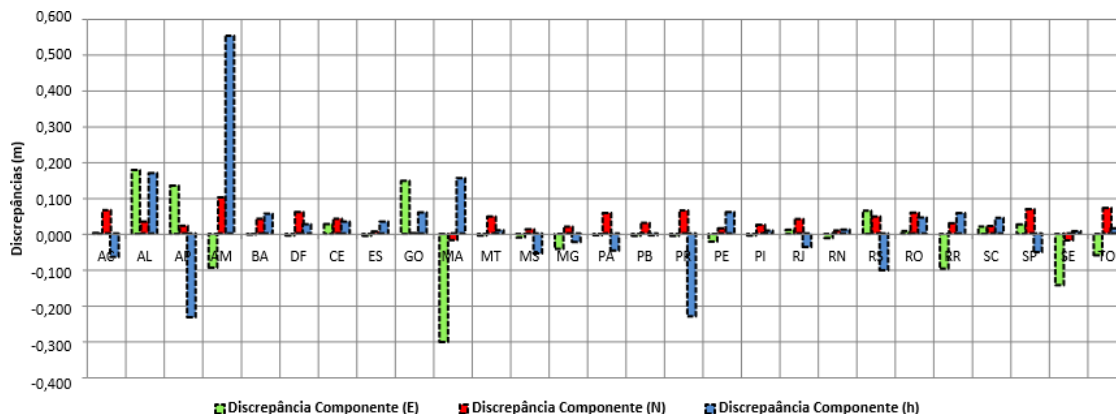
ERRO EQUADRÁTICO MEDIO (EQM) HORIZONTAL: 0,118M.

Componente	Tendência (m)	Precisão (m)	Acurácia final (m)
E	-0,005	0,013	-0,005 ± 0,013
N	0,024	0,013	0,024 ± 0,013
h	0,035	0,020	0,035 ± 0,020
<b>Horizontal (E.N)</b>			<b>0,025 ± 0,018</b>

TEMPO DE CONVERGÊNCIA DE 20' – DESVIO PADRÃO DE COODERNADAS.



TEMPO DE CONVERGÊNCIA DE 20' – DISCREPÂNCIAS DA COODERNADAS



## TEMPO DE CONVERGÊNCIA 20' – ANÁLISE DE TENDÊNCIA.

Análise de Tendência	$\Delta E$	$\Delta N$	$\Delta h$
Média das Discrepâncias ( $\overline{\Delta X}$ )	<u>-0,007m</u>	<u>0,035m</u>	<u>0,018m</u>
Variância ( $S_{\Delta X}^2$ )	<u>0,008m<sup>2</sup></u>	<u>0,001m<sup>2</sup></u>	<u>0,019m<sup>2</sup></u>
Desvio Padrão ( $S_{\Delta X}$ )	<u>0,091m</u>	<u>0,028m</u>	<u>0,139m</u>
Estatística Amostral ( $t_x$ )	<u>-0,381</u>	<u>6,481</u>	<u>0,669</u>
T <sub>95%</sub> Tabelado	<u>2,056</u>	<u>2,056</u>	<u>2,056</u>
Resultado do Teste	Aceita	<b>Rejeita</b>	Aceita

## TEMPO DE CONVERGÊNCIA DE 20' – ANÁLISE DE PRECISÃO -ESCALA DE 1/1000

Parâmetros	PEC-PCD Classe A		
	Coord. E	Coord. N	Coord. h
Valor de $\chi^2_x$ amostral	<u>14,394</u>	<u>1,799</u>	<u>4,446</u>
Estatística $\chi^2_{(n-1; \infty)}$	<u>38,885</u>	<u>38,885</u>	<u>38,885</u>
Resultado do Teste: Hipótese H <sub>0</sub> aceita?	<b>Sim</b>	<b>Sim</b>	<b>Sim</b>

## TEMPO DE CONVERGÊNCIA DE 20' – MEDIDA DA ACURÁCIA

$$a = \overline{\Delta X} \pm \sigma_x \quad \Rightarrow \quad \text{MONICO et al. (2009)}$$

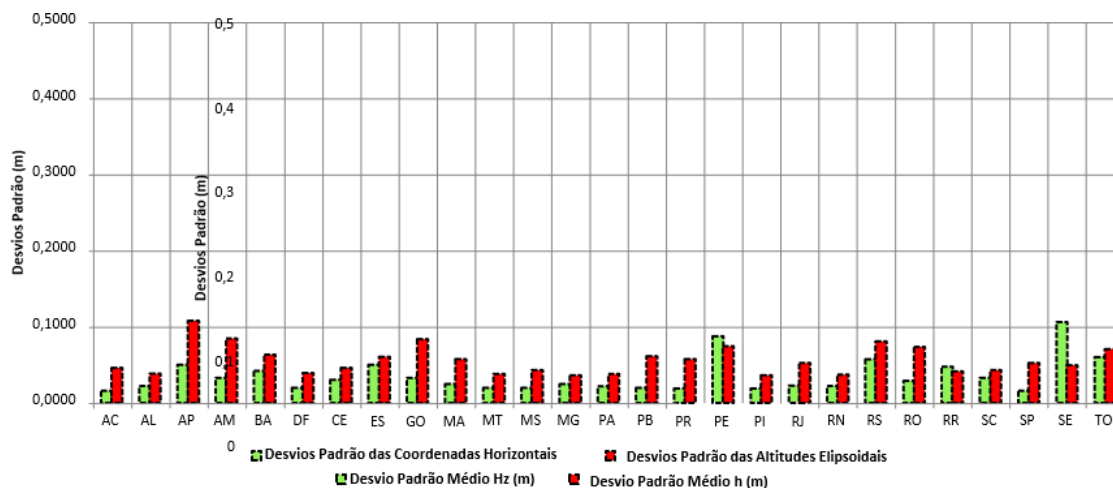
$$MSE = \sigma_p^2 + (b)^2 \cong \sum_{i=1}^n \frac{\varepsilon_i^2}{n} \quad \Rightarrow \quad \text{MIKHAIL \& ACKERMANN (1976)}$$

ERRO QUADRÁTICO MÉDIO (EQM) HORIZONTAL: 0,100M.

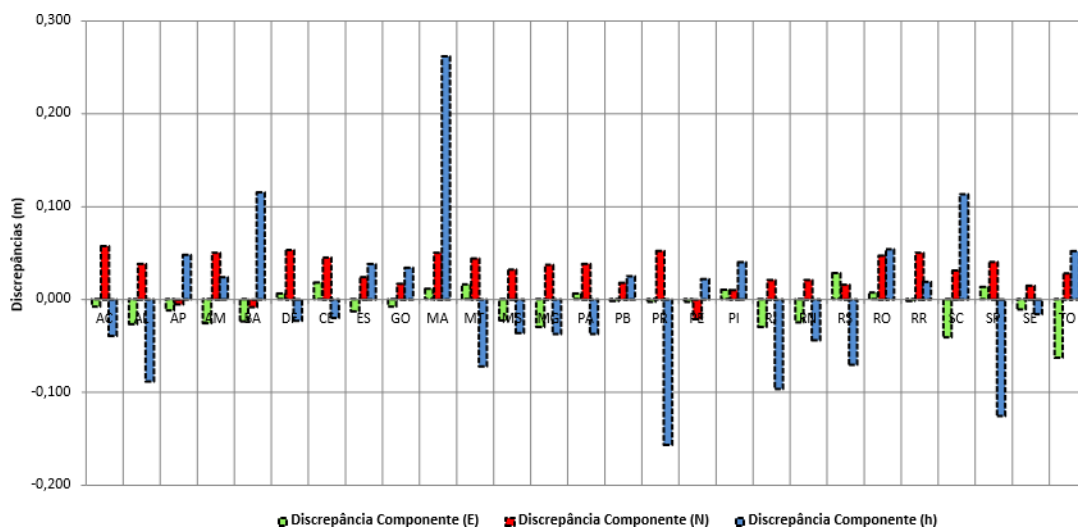
Componente	Tendência (m)	Precisão (m)	Acurácia final (m)
E	<u>-0,007</u>	<u>0,008</u>	<u>-0,007 ± 0,008</u>
N	<u>0,035</u>	<u>0,008</u>	<u>0,035 ± 0,008</u>
h	<u>0,018</u>	<u>0,015</u>	<u>0,018 ± 0,015</u>
<b>Horizontal (E,N)</b>			<u>0,036 ± 0,011</u>



## TEMPO DE CONVERGÊNCIA DE 30' – DESVIOS DE PADRÃO DAS COORDENADAS



## TEMPO DE CONVERGÊNCIA 30' – DISCREPÂNCIA DAS COORDENADAS



## TEMPO DE CONVERGÊNCIA 30' – ANÁLISE DE TENDÊNCIA

Análise de Tendência	$\Delta E$	$\Delta N$	$\Delta h$
Média das Discrepâncias ( $\overline{\Delta X}$ )	-0,009m	0,030m	-0,001m
Variância ( $S_{\Delta X}^2$ )	0,0005m <sup>2</sup>	0,0004m <sup>2</sup>	0,007m <sup>2</sup>
Desvio Padrão ( $S_{\Delta X}$ )	0,023m	0,020m	0,084m
Estatística Amostral ( $t_x$ )	-1,975	7,698	-0,032
T <sub>95%</sub> Tabelado	2,056	2,056	2,056
Resultado do Teste	Aceita	Rejeita	Aceita

## TEMPO DE CONVERGÊNCIA 30' – ANÁLISE DE PRECISÃO – ESCALA 1/1000

Parâmetros	PEC-PCD Classe A		
	Coord. E	Coord. N	Coord. h
Valor de $\chi^2_X$ amostral	0,225	0,180	1,638
Estatística $\chi^2_{(n-1; \infty)}$	38,885	38,885	38,885
Resultado do Teste: Hipótese $H_0$ aceita?	Sim	Sim	Sim

## TEMPO DE CONVERGÊNCIA 30' – MEDIDA DE ACURÁCIA.

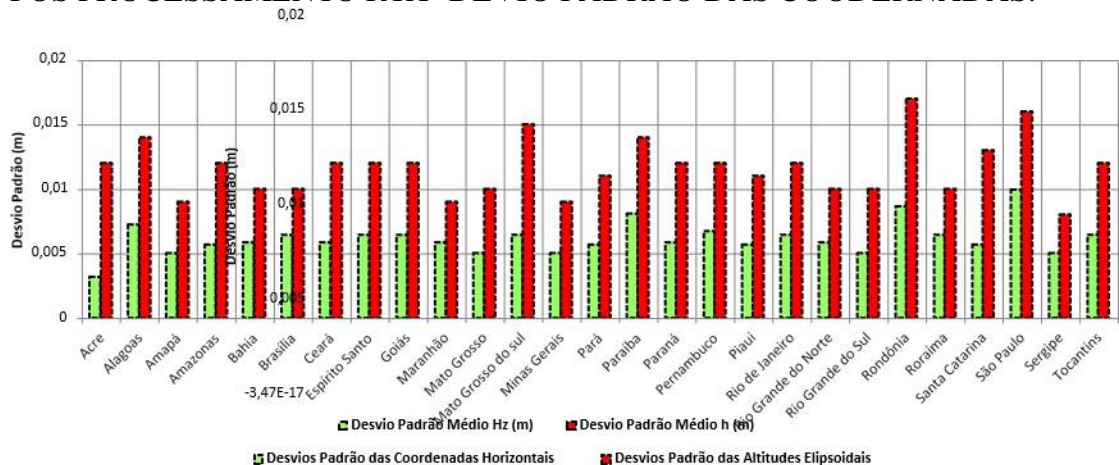
$$a = \overline{\Delta X} \pm \sigma_x \quad \rightarrow \text{MONICO et al. (2009)}$$

$$MSE = \sigma_p^2 + (b)^2 \cong \sum_{i=1}^n \frac{\varepsilon_i^2}{n} \quad \rightarrow \text{MIKHAIL \& ACKERMANN (1976)}$$

## ERRO QUADRÁTICO MEDIO (EQM) HORIZONTAL – 0,0042M

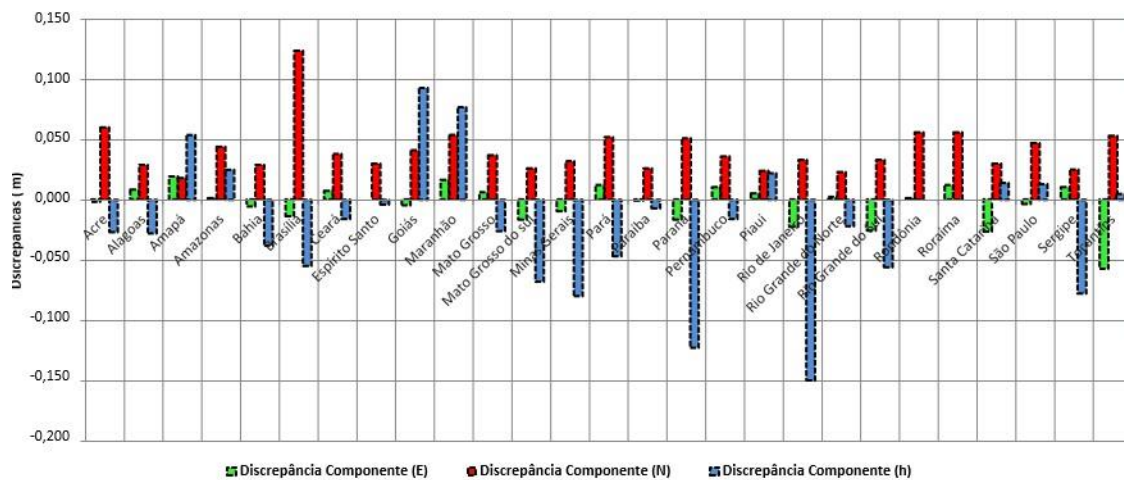
Componente	Tendência (m)	Precisão (m)	Acurácia final (m)
E	-0,009	0,005	-0,009 ± 0,005
N	0,030	0,005	0,030 ± 0,005
h	-0,001	0,016	-0,001 ± 0,016
<b>Horizontal (E,N)</b>			<b>0,031 ± 0,007</b>

## PÓS PROCESSAMENTO RTX- DEVIO PADRÃO DAS COODERNADAS.





PÓS PROCESSAMENTO RTX – DISCREPÂNCIA DAS COODERNADAS.



PÓS PROCESSAMENTO RTX – ANÁLISE DE TENDÊNCIA.

Análise de Tendência	$\Delta E$	$\Delta N$	$\Delta h$
Média das Discrepâncias ( $\overline{\Delta X}$ )	-0,004m	0,041m	-0,020m
Variância ( $S_{\Delta X}^2$ )	0,0003m <sup>2</sup>	0,0004m <sup>2</sup>	0,003m <sup>2</sup>
Desvio Padrão ( $S_{\Delta X}$ )	0,017m	0,020m	0,054m
Estatística Amostral ( $t_x$ )	-1,171	10,397	-1,914
T <sub>95%</sub> Tabelado	2,056	2,056	2,056
Resultado do Teste	Aceita	Rejeita	Aceita

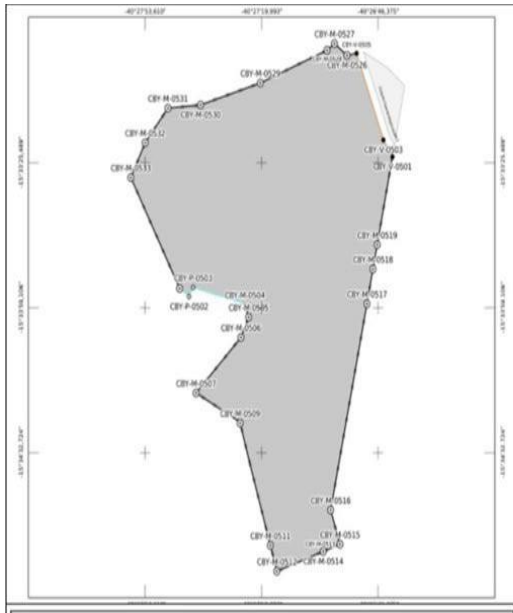
PÓS PROCESSAMENTO RTX- MEDIDAS ACURÁCIA.

$$a = \overline{\Delta X} \pm \sigma_x \quad \rightarrow \text{MONICO et al. (2009)}$$

$$MSE = \sigma_p^2 + (b)^2 \cong \sum_{i=1}^n \frac{\varepsilon_i^2}{n} \quad \rightarrow \text{MIKHAIL \& ACKERMANN (1976)}$$

Componente	Tendência (m)	Precisão (m)	Acurácia final (m)
E	-0,004	0,003	-0,004 ± 0,003
N	0,041	0,004	0,041 ± 0,004
h	-0,020	0,010	-0,020 ± 0,010
Horizontal (E,N)			0,041 ± 0,005
Erro Quadrático Médio (EQM) Horizontal			0,049
Erro Quadrático Médio (EQM) Altimétrico			0,057

# CERTIFICAÇÃO DA FAZENDA ALEGRIA.



Certificada - Sem Confirmação de Registro em Cartório  
Parcela certificada pelo SIGEF de acordo com a Lei 6.015/73 e pendente de confirmação do registro da certificação em cartório

**MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO**  
**INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA**

<b>Denominação:</b> Conjunto Fazenda Alegria	<b>CPF:</b> 060.172.585-91	<b>Natureza da Área:</b> Particular
<b>Proprietário:</b> Roberto Botelho Correia	<b>Cartório de Registro de Imóveis:</b> (13.655-6) Macarani - BA	<b>Responsável Técnico:</b> NIEL NASCIMENTO TEIXEIRA
<b>Matrícula do imóvel:</b> 82.7781 (1 de 2)	<b>Município:</b> Macarani-BA	<b>Formação:</b> Engenheiro Agrimensor
<b>Código INCRA/SNCR:</b> 3160590001838		<b>CREA:</b> 76859/D/MG
		<b>A.R.T.:</b> BA20180116861 - BA

<b>Área (Sistema Geodésico Local):</b> 465,1096 ha	<b>Perímetro:</b> 10.409,99 m	<b>Sistema Geodésico:</b> SIRGAS 2000	<b>Sistema de Coordenadas:</b> Lat./Long. - não projetado	<b>Escala:</b> 1:23983	<b>Formato:</b> A4
---	----------------------------------	--	--	---------------------------	-----------------------

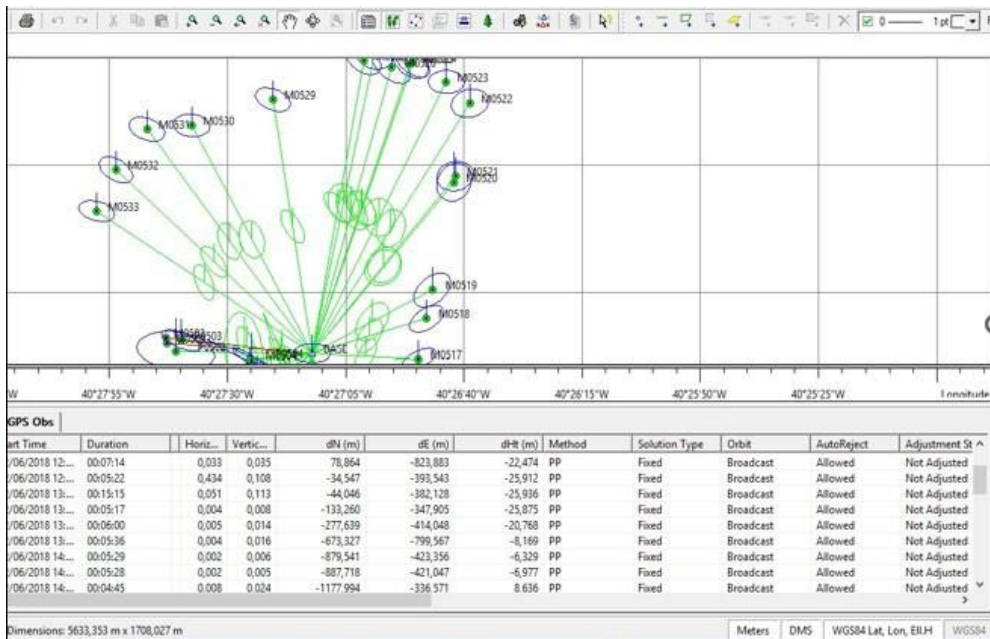
**CERTIFICAÇÃO:** 3156aM-k200-4ac0-8008-23007c05c0e8  
Em atendimento ao § 5º do art. 176 da Lei 6.015/73, certificamos que a poligonal objeto deste memorial descritivo não se sobrepõe, nesta data, a nenhuma outra poligonal constante do cadastro georreferenciado do INCRA.

**Data Certificação:** 31/07/2018 17:21  
**Data de Geração:** 31/07/2018 17:37

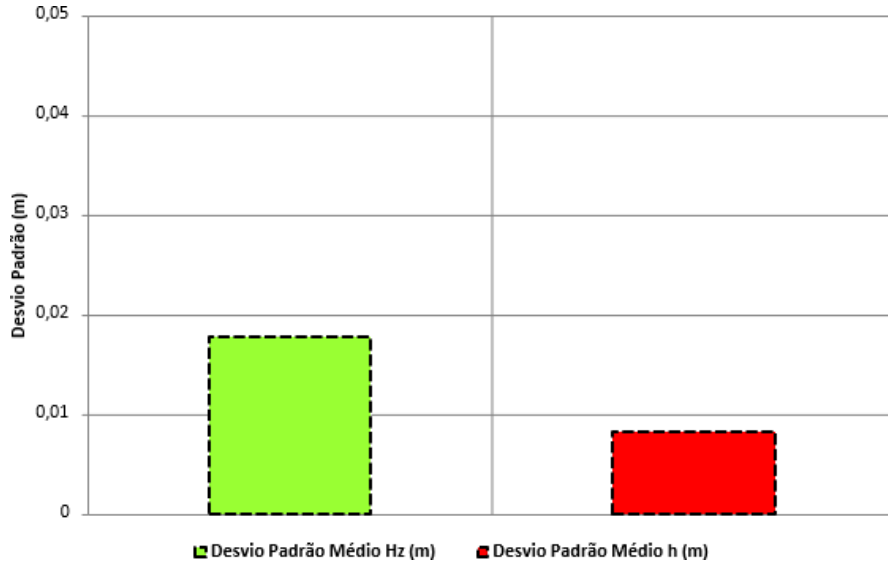


## Coordenadas SIRGAS

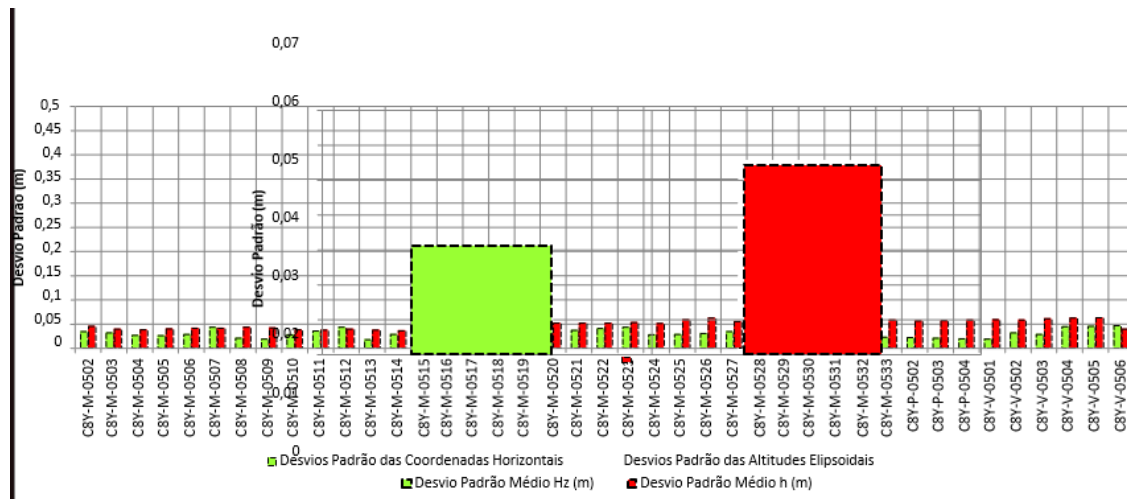
	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
<b>Em 2000.4 (É a que deve ser usada)<sup>4</sup></b>	-15° 33' 57,0165"	-40° 27' 12,0847"	295,62	8278557.774	344157.332	-39
<b>Na data do levantamento<sup>5</sup></b>	-15° 33' 57,0094"	-40° 27' 12,0867"	295,62	8278557.992	344157.270	-39
<b>Sigma(95%)<sup>6</sup> (m)</b>	0,001	0,002	0,004			
<b>Modelo Geoidal</b>	MAPGEO2015					
<b>Ondulação Geoidal (m)</b>	-9,15					
<b>Altitude Ortométrica (m)</b>	304,77					



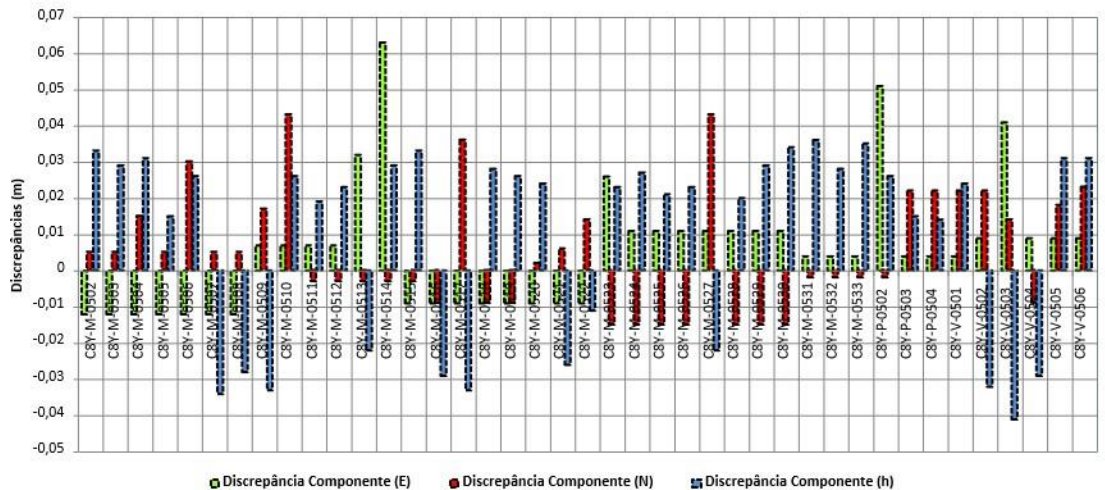
# CERTIFICAÇÃO FAZENDA DA ALEGRIA.



## DESVIO DOS PADRÕES DAS COODERNADAS



## DESCREPÂNCIAS DAS COODERNADAS.





## ANÁLISE DE TENDÊNCIA

Análise de Tendência	$\Delta E$ (m)	$\Delta N$ (m)	$\Delta h$ (m)
Média das Discrepâncias ( $\overline{\Delta X}$ )	<u>0,005</u>	<u>0,005</u>	<u>0,010</u>
Variância ( $S_{\Delta X}^2$ )	<u>0,0003</u>	<u>0,003</u>	<u>0,001</u>
Desvio Padrão ( $S_{\Delta X}$ )	<u>0,017</u>	<u>0,016</u>	<u>0,033</u>
Estatística Amostral ( $t_x$ )	<u>2,013</u>	<u>2,011</u>	<u>1,983</u>
T <sub>95%</sub> Tabelado	<u>2,021</u>	<u>2,021</u>	<u>2,021</u>
Resultado do Teste	Aceita	Aceita	Aceita

## MEDIÇÕES DE ACURÁCIA.

$$a = \overline{\Delta X} \pm \sigma_x \quad \rightarrow \text{MONICO et al. (2009)}$$

$$MSE = \sigma_p^2 + (b)^2 \cong \sum_{i=1}^n \frac{\varepsilon_i^2}{n} \quad \rightarrow \text{MIKHAIL \& ACKERMANN (1976)}$$

Componente	Tendência (m)	Precisão (m)	Acurácia final (m)
E	<u>0,005</u>	<u>0,003</u>	<u>0,005 ± 0,003</u>
N	<u>0,005</u>	<u>0,003</u>	<u>0,005 ± 0,003</u>
h	<u>0,010</u>	<u>0,010</u>	<u>0,010 ± 0,010</u>
<b>Horizontal (E,N)</b>			<b><u>0,007 ± 0,004</u></b>
<b>Erro Quadrático Médio (EQM) Horizontal</b>			<b><u>0,025</u></b>

## ANÁLISE GERAL E CORRELACIONADA.

Correction Service	Horizontal accuracy (cm)	Vertical Accuracy (cm)	Initialization (mins) <sup>1</sup> Fast / Standard
CenterPoint® RTX			
RMS	2 cm	5 cm	<1 / <15
95%	2.5 cm	-	<2 / <20

CONVERGÊNCIA DE 20' - 0,036M + 0,011M

CONVERGÊNCIA DE 30' - 0,037 + 0,007M CERTIFICAÇÃO/FAZENDA DA ALEGRIA.

CONVERGÊNCIA DE 15' - 0,025M + 0,018M      CONVERGÊNCIA >40' - 0,007M+0,004M

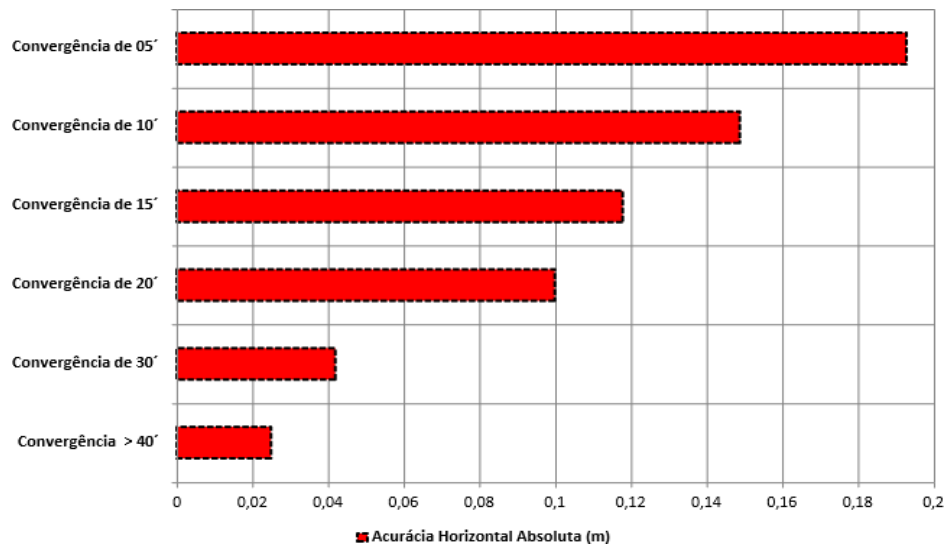
EQM - 0,025M

## ACURÁCIA HORIZONTAL.

**- Tendência****+ Precisão**

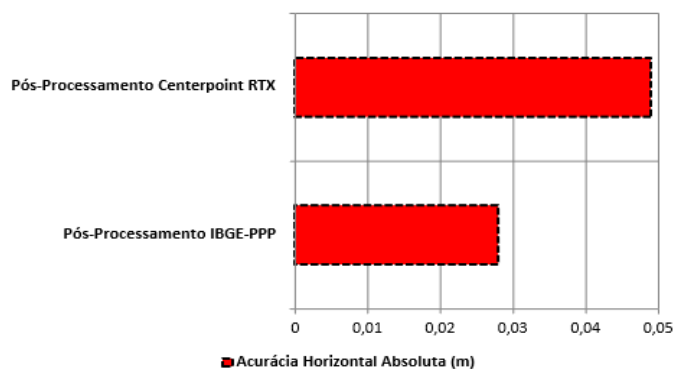
Convergência (°)	Acurácia (m)
05	$0,049 \pm 0,042$
10	$0,042 \pm 0,027$
15	$0,025 \pm 0,018$
20	$0,036 \pm 0,011$
30	$0,031 \pm 0,007$
> 40	$0,007 \pm 0,004$

## ACURÁCIA HORIZONTAL ABSOLUTA: EQM.

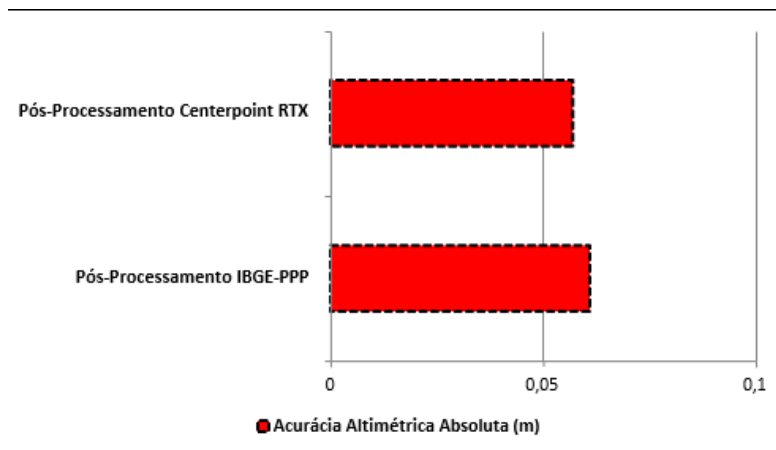


## TÉCNICA DE POSICIONAMENTO ABSOLUTO ESTÁTICO – POSICIONAMENTO HORIZONTAL.

Serviço de Pós-Processamento	Acurácia Horizontal (m)
IBGE-PPP	$0,008 \pm 0,006$
Centerpoint RTX	$0,041 \pm 0,005$



Serviço de Pós-Processamento	Acurácia Altimétrica (m)
IBGE-PPP	$-0,024 \pm 0,011$
Centerpoint RTX	$-0,020 \pm 0,010$



## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

POSICIONAMENTO GNSS PPP-RTK X CERTIFICAÇÕES DE IMÓVEIS RURAIS. REDE GLOBAL GNSS  
TEMPO DE CONVERGÊNCIA DE ACURÁCIA ALCANÇADA. RESULTADOS DA FAZENDA ALEGRIA (CERTIFICADA) PEC – PCD X EP ESPERADO X PRECISÃO INCRA X EQM  
POSICIONAMENTO ABSOLUTO ESTÁTICO.  
RESULTADOS PROMISSORES E CONFIRMAÇÃO DE POTENCIAL

**Artigo:** Trimble RTX: posicionamento preciso em tempo real sem o uso de uma base convencional

Ao longo dos últimos anos, é constante a busca da comunidade científica e das grandes empresas fabricantes de equipamentos e softwares por novas tecnologias que possam inovar e entregar maior produtividade com menor custo nos levantamentos.

As estações totais evoluíram, ganharam servo-motores e a capacidade de seguir prismas automaticamente. No posicionamento por GNSS (Global Navigation Satellite System), diversas evoluções ocorreram. Entre estas evoluções, está a técnica de posicionamento RTK (Real Time

Kinematic). No início, os receptores que realizavam esta técnica eram grandes, necessitavam de vários cabos e os controladores possuíam baixa capacidade de processamento. Atualmente receptores modernos e compactos integram diversas tecnologias, tais como: capacidade de rastreamento de diversas constelações existentes, comunicação sem fio com os controladores, conectividade com a internet, controladores robustos com alta capacidade de processamento e armazenamento, sensores de inclinação, bússola eletrônica, comunicação via GSM e wi-fi, interface web, entre outras.

Além da evolução de hardware, novas técnicas de transmissão de correções entre a base e o rover surgiram. Contemporaneamente o protocolo NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol) possibilita a transmissão de correções RTK via internet. Isso elimina alguns problemas relacionados ao link de rádio UHF, que sofre influência de obstruções físicas, como montanhas, prédios, etc. Com o NTRIP, o usuário pode receber correções da base mesmo que haja obstáculos físicos entre a base e o rover, contanto que exista sinal de internet disponível. Para utilizar o NTRIP, o usuário do receptor rover, em geral, lança mão da conectividade de internet através dos serviços de telefonia celular. Porém, mesmo com o NTRIP, os usuários ainda enfrentam algumas dificuldades relacionadas à comunicação, pois sabemos que a conectividade via celular ainda possui suas deficiências em muitas localidades no Brasil.

Surge também a técnica de RTK em redes e a técnica que utiliza VRS (Virtual Reference Station – Estações de Referência Virtuais), as quais permitem utilizar mais de uma estação GNSS base para realização no posicionamento do rover. Com isso, os usuários contidos na área de abrangência de uma rede de bases GNSS têm a possibilidade de inicializações mais rápidas, maior confiabilidade no posicionamento e maior precisão, mesmo que haja um distanciamento do rover de uma das bases. No entanto, essas técnicas necessitam de um link de comunicação bidirecional entre o servidor de correções e o rover, este em geral depende, também, da conectividade via

internet em campo ou de um sistema de comunicação via rádio que cubra toda a área da rede. Outra forma de levar as correções de rede de bases GNSS aos usuários é a transmissão via satélites, técnica muito utilizada para transmitir correções DGNSS (Diferencial Global Navigation Satellite System), técnica esta que entrega correções submétricas.

A Trimble desenvolveu uma revolucionária tecnologia chamada Trimble RTX™ (Real Time eXtended). Tal tecnologia utiliza dados de uma rede global de estações de referência de monitoramento contínuo, juntamente com inovadores algoritmos de modelagem e compressão para calcular e retransmitir órbitas precisas dos satélites, além de informações sobre o relógio do sistema e outras correções, proporcionando um posicionamento de alta acurácia em tempo real. As correções e os parâmetros calculados são transmitidos via satélites ou via internet IP (Internet Protocol) para todo o mundo, permitindo alta disponibilidade do serviço mesmo em locais difíceis. Em outras palavras, a tecnologia Trimble RTX é capaz de proporcionar ao usuário

um posicionamento com acurácia centimétrica em tempo real, em qualquer lugar na superfície da Terra, sem a necessidade de uma base RTK convencional. Além da área de Geotecnologias, este serviço já vem sendo utilizado amplamente na agricultura de precisão onde existem milhares de máquinas com tal tecnologia embarcada.

A Figura 01 ilustra o princípio do funcionamento do Trimble RTX. A rede de estações de referência ao redor do mundo transmite dados via internet para centros de controle do RTX. Nesses centros, os dados dessa rede global são utilizados para calcular as correções referentes aos erros de relógio dos satélites, erros de órbita, baias e, por fim, os erros provocados pela propagação dos sinais na atmosfera. Os modelos têm representação global e podem ser utilizados por qualquer rover em qualquer posição do planeta. Diferentemente dos sistemas VRS, o receptor rover não precisa enviar sua posição para a central de processamento.

Cada centro de controle possui a infraestrutura necessária para propagação das correções via internet e também de um sistema de comunicação que transmite as correções para os satélites de banda L. Assim, os usuários podem receber as correções por meio de receptores GNSS que possuam banda L ou acessem a internet (IP). Os receptores Trimble GNSS capazes de receber a correção RTX são:

- Trimble R1, R2 e R10;
- Spectra Precision SP60 e SP80.

Estes equipamentos são comercializados pela empresa Santiago & Cintra, distribuidor autorizado destas marcas no Brasil.

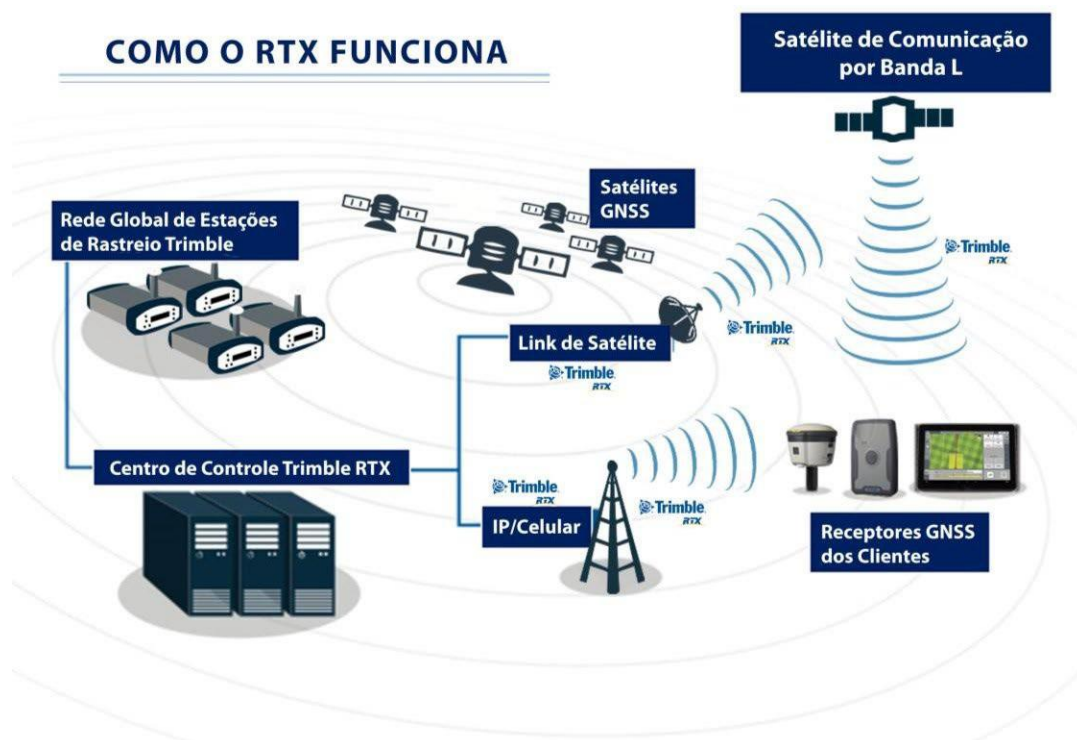


Figura 01: Funcionamento do Trimble RTX.



Toda a infraestrutura da rede mundial de receptores GNSS, satélites, centros de controles e sistemas de transmissão é de responsabilidade da Trimble, sem que o usuário tenha que se preocupar com a mesma.

Para garantir a disponibilidade das correções e a continuidade das atividades aos usuários, o sistema Trimble RTX é projetado com alto grau de redundância, que é continuamente monitorado e mantido. A rede global de referência pode acompanhar todas as constelações disponíveis (GPS, GLONASS, QZSS, e outras) para entregar o melhor desempenho de posicionamento em tempo real. Atualmente existem dois centros de controle do sistema RTX, um nos Estados Unidos e o Outro na Europa, conforme ilustrado na Figura 02.

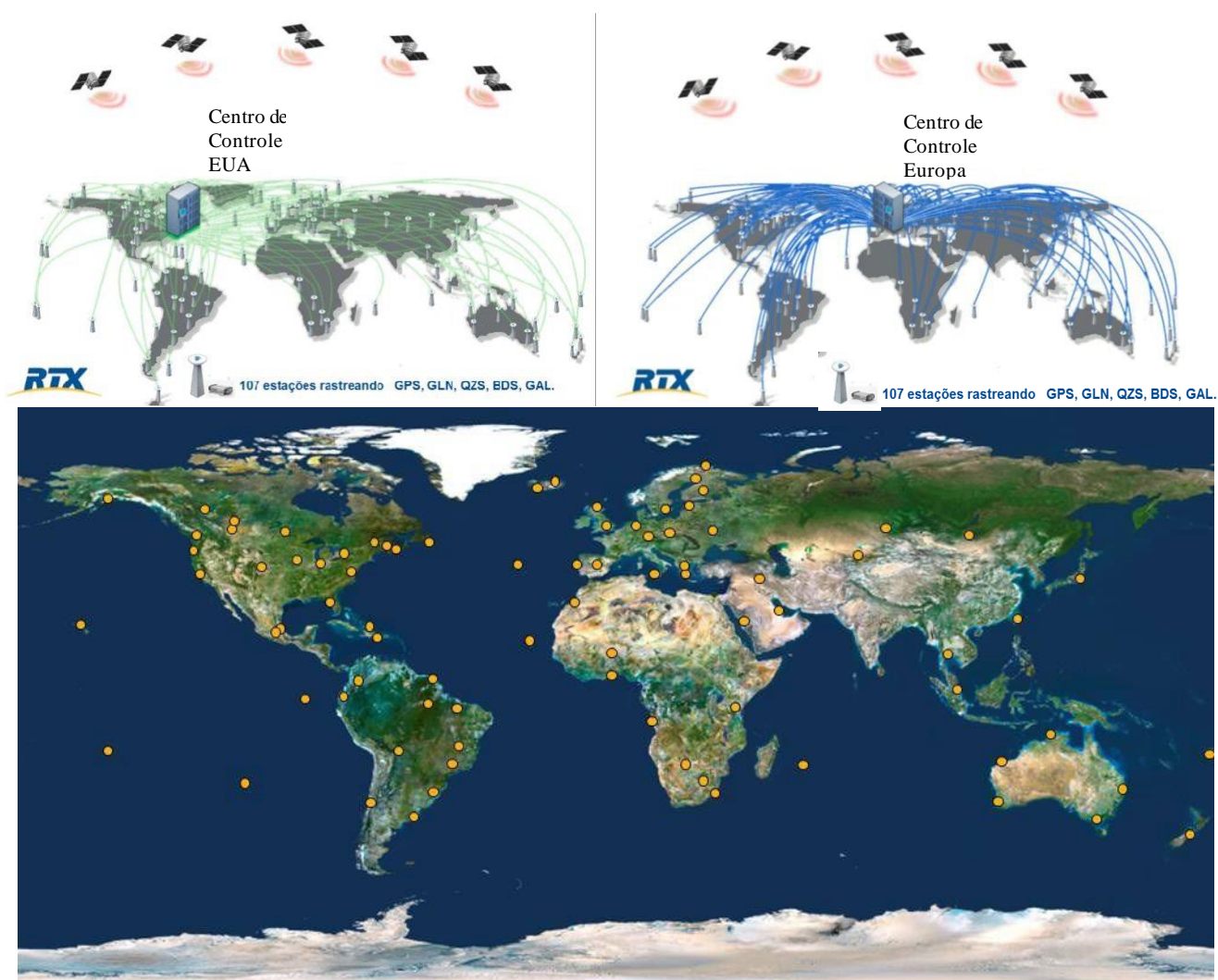
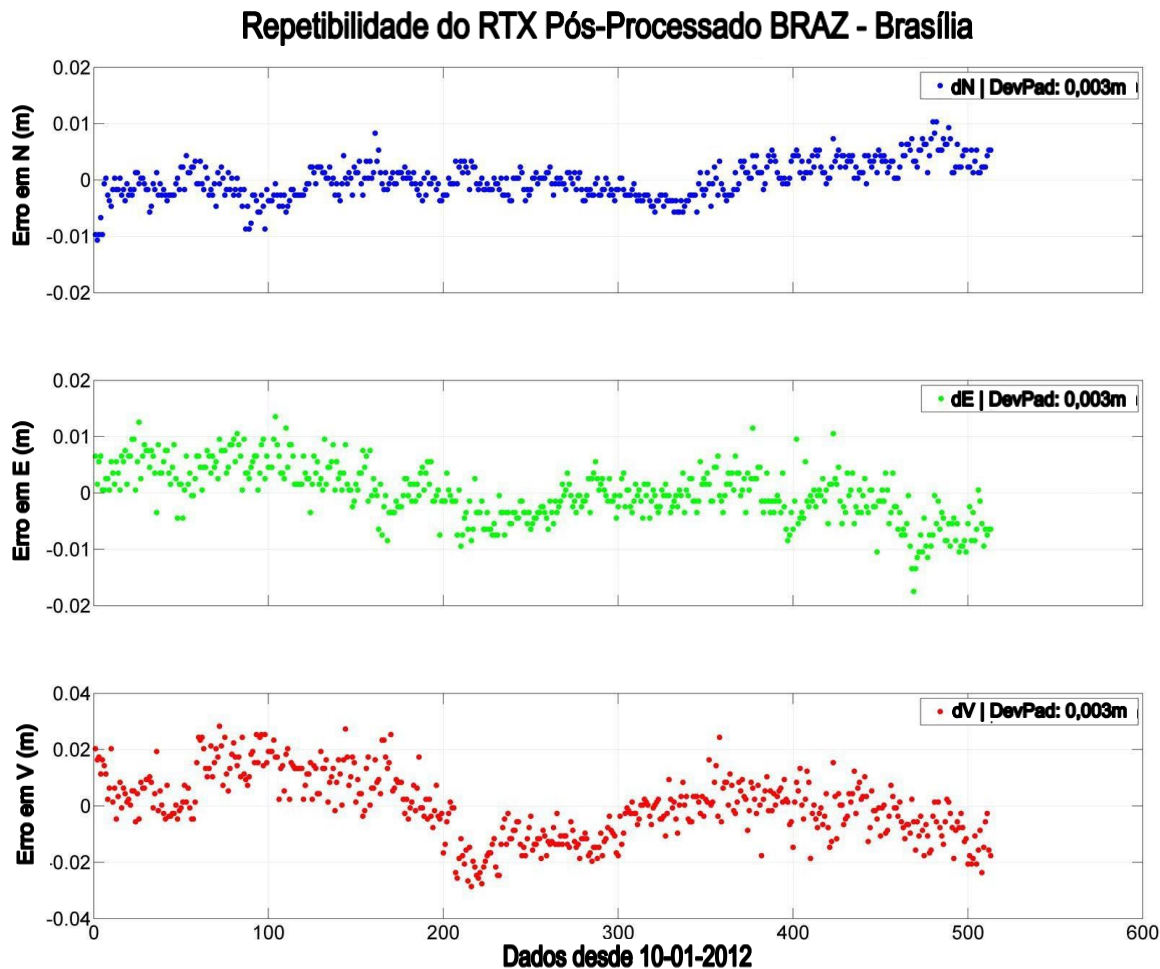


Figura 02: Rede de estações de referência Trimble RTX

O Trimble RTX apresenta alta confiabilidade e repetibilidade das coordenadas. Veja na Figura 03 abaixo, as discrepâncias nas coordenadas calculadas com o RTX em relação às



coordenadas verdadeiras de uma base instalada em Brasília. A série de dados abaixo apresenta um período de quase 2 anos contados a partir de outubro de 2012. Note que as discrepâncias horizontais, componente norte (dN) e componente leste (dE), são menores que  $\pm 2$  cm e as discrepâncias verticais (dV) ficam abaixo de  $\pm 4$  cm.

Figura 03: Repetibilidade do RTX.

Esses e outros diversos testes realizados pela Trimble serviram de base para chegar às especificações oficiais de acurácia, que atingem: 4 cm na horizontal e 9 cm na vertical.

O tempo de convergência para atingir esta acurácia é de aproximadamente 30 minutos, porém o usuário pode obter uma inicialização muito mais rápida se iniciar seu levantamento sobre um ponto de coordenadas conhecidas. Nesse caso, a inicialização leva menos de 5 minutos.

A Figura 04 apresenta algumas opções de serviços baseados na tecnologia Trimble RTX, que são adquiridos pelos usuários através de uma assinatura anual, variando o custo de acordo com a acurácia desejada e o tempo de convergência do sinal.

	CenterPoint RTX	FieldPoint RTX	RangePoint RTX	ViewPoint RTX
Precisão Horizontal	< 4 cm	< 20 cm	< 50 cm	< 100 cm
Convergência inicial	< 30 min	< 15 min	< 5 min	< 5 min

Figura 04: Serviços Trimble RTX.

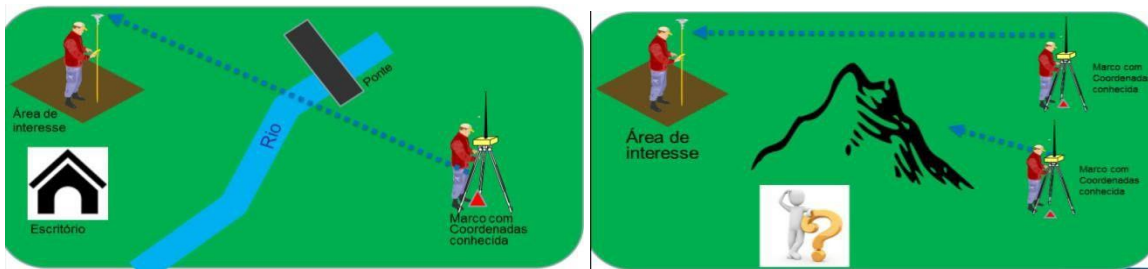
Além dos serviços citados acima, os usuários do Trimble RTX também dispõem de um serviço on-line que processa dados GNSS, gerando posições centimétricas dependendo do tempo de coleta dos dados, eliminando também a necessidade de uma base. Para isso, basta carregar um arquivo RINEX no sistema e o mesmo se encarregará de gerar as posições acuradas\* utilizando os algoritmos do RTX, conforme ilustrado na Figura 05 abaixo. As acurácias horizontais podem chegar a 1cm dependendo do tempo de rastreo sobre o ponto.

Figura 05: RTX on-line.

\* a acurácia final depende do tempo de rastreo, condições atmosféricas e qualidade da coleta de dados.

### Vantagens do RTX

Analisando as Figuras 06 e 07, podemos verificar as dificuldades vivenciadas pelos usuários GNSS no dia a dia dos levantamentos. Em muitos casos a logística de campo se torna um tanto complicada, pois o usuário, primeiramente, precisa implantar um ponto de coordenadas conhecidas na área de trabalho. Para tanto, é necessário fazer um transporte de coordenadas, trabalhoeste que pode levar dias. Outra situação muito comum é quando o ponto de coordenadas conhecidas está atrás de algum obstáculo natural que pode obstruir os sinais de rádio da base, fazendo com que um novo ponto deva ser implantado.



Ao utilizar o serviço RTX, o usuário não precisa mais se preocupar com a logística para instalação da base, transporte de coordenadas da base ou obstruções dos sinais de rádio. Basta ativar o RTX e se dirigir diretamente para área de interesse, conforme apresentado na figura 08.

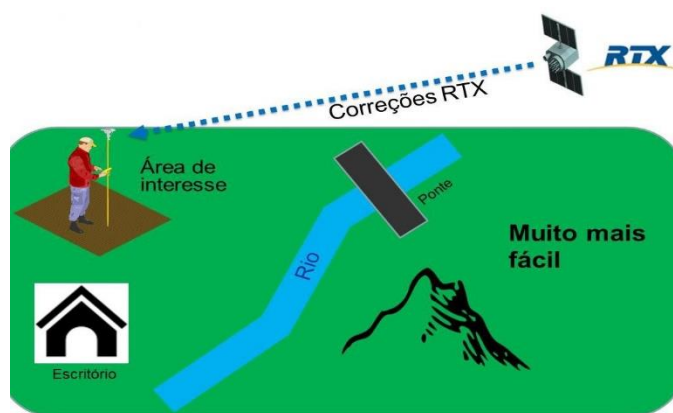


Figura 08: Uso do serviço RTX.

Outra tarefa que leva tempo e que pode introduzir erros no levantamento é a instalação da base RTK convencional. O usuário deve se preocupar com as configurações dos receptores e do rádio, baterias automotivas para alimentação do rádio, disponibilidade de um auxiliar para vigiar a base, etc. Além disso, erros grosseiros, como a digitação de uma coordenada errada ou a equivocada medida de altura da antena, podem ocorrer. Quem já trabalha em campo sabe que erros podem gerar transtornos e custos adicionais.

Com o Trimble RTX, o usuário não se preocupa com tais ações, economizando tempo, custos adicionais e reduzindo a possibilidade de introduzir erros grosseiros nos levantamentos, como pode ser visto na Figura 09.



Figura 09: Utilização da Tecnologia RTX.



Podemos citar como vantagens do Trimble RTX:

- Economia com a aquisição de apenas um único receptor rover;
- Economia com a logística em campo;
- Menor risco em campo;
- Redução de tempo para encontrar ou levantar um ponto base;
- Eliminação de erros grosseiros nos levantamentos causados durante a configuração da

base:

- o Erros na digitação das coordenadas dos pontos;
- o Erro de medida de altura da base;

### Aplicações

A Figura 10 apresenta que os diferentes níveis de acurácia da tecnologia Trimble RTX atendem a mais diversas aplicações, tais como:

			
Mineração	Cadastro	Obras de infraestrutura	Óleo e gás
Máquina trabalhando em campo			
Agricultura	Energia		

Figura 10: Aplicações do Trimble RTX.

Definitivamente, o Trimble RTX<sup>TM</sup> é uma tecnologia inovadora que proporciona redução de custos, redução de tempo em campo, confiabilidade e maior produtividade. Além disso, permite que os profissionais e as empresas adquiram apenas um receptor para realizar algumas atividades antes executadas por um sistema RTK convencional (base e rover). Com toda certeza, a tecnologia Trimble RTX<sup>TM</sup> é um novo marco na história do posicionamento preciso em tempo real por GNSS.



## 9. AGRADECIMENTOS



## **10 . CONCLUSÃO**

## **11 - REFERÊNCIAS**

Nome: Welder Bitencourt Martins – RA: 121107061

São Bernardo do Campo – SP  
JUN/2024