

MARÍLIA SANGLARD ALMEIDA

**ANÁLISE COMPARATIVA DA QUALIDADE POSICIONAL DOS MÉTODOS  
DE POSICIONAMENTO POR PONTO PRECISO E DO POSICIONAMENTO  
RELATIVO ESTÁTICO COM GNSS**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Civil, para obtenção  
do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2015

T

A444a  
2015

Almeida, Marília Sanglard, 1989-

Análise comparativa da qualidade posicional dos métodos de posicionamento por ponto preciso e do posicionamento relativo estático com GNSS. / Marília Sanglard Almeida. – Viçosa, MG, 2015.

xvi, 127f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndices.

Orientador: William Rodrigo Dal Poz.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.89-97.

1. Sistema de posicionamento global. 2. Satélites artificiais em navegação. 3. Geodésia. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Civil. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. II. Título.

CDD 22. ed. 526.1

MARÍLIA SANGLARD ALMEIDA

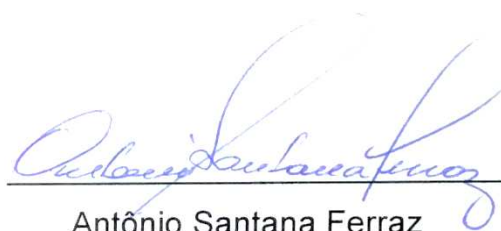
**ANÁLISE COMPARATIVA DA QUALIDADE POSICIONAL DOS MÉTODOS  
DE POSICIONAMENTO POR PONTO PRECISO E DO POSICIONAMENTO  
RELATIVO ESTÁTICO COM GNSS**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Civil, para obtenção  
do título de *Magister Scientiae*.

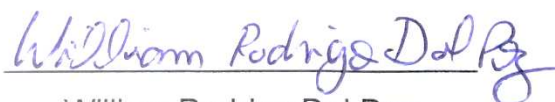
APROVADA: 23 de fevereiro de 2015.



Paulo de Oliveira Camargo



Antônio Santana Ferraz



William Rodrigo Dal Poz  
(orientador)

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por permitir a realização de meus sonhos, dando-me a capacidade de aprender.

Aos Mestres pelos ensinamentos, em especial ao meu Orientador Professor Doutor William Rodrigo Dal Poz, pelo apoio, pelas ótimas ideias e pelo companheirismo que foram imprescindíveis para meu aprendizado e para a construção deste trabalho.

A minha família por acreditar em mim e sempre me apoiar.

Ao Gabriel Diniz por estar ao meu lado nos bons e maus momentos.

Aos professores Nilcilene Medeiros, Dalto Domingos, Joel Gripp, Antônio Santana Ferraz, Júlio Oliveira, Afonso de Paula e Geraldo Santana do Curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica – UFV e aos funcionários Cilene Knauf, Emília, Eduardo, Dirceu e Geraldo Faria.

Aos meus amigos, Silvia Rocha, Alessandra, Francisco, Edilson, Marcony, Suelem, Bruno Ventorim, Darlan, Evaldo e Paulo que fizeram minha vida mais leve e meus dias mais agradáveis durante todo o Mestrado.

Ao Departamento de Engenharia Civil, setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica, pela oportunidade e a UFV por proporcionar ensino de excelente qualidade.

A CAPES pelo apoio financeiro.

***“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.” (Arthur Schopenhauer)***

## SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	vi
LISTA DE FIGURAS .....	viii
LISTA DE TABELAS .....	xi
RESUMO .....	xiii
ABSTRACT .....	xv
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVOS .....	6
2.1. OBJETIVOS GERAIS .....	6
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	6
3. JUSTIFICATIVA .....	7
4. REVISÃO DE LITERATURA .....	9
4.1. TÉCNICAS DE POSICIONAMENTO .....	9
4.1.1. Posicionamento por Ponto Preciso .....	9
4.1.1.1. Serviços PPP <i>online</i> disponíveis .....	12
4.1.2. Posicionamento Relativo Estático .....	14
4.1.2.1. Serviços de posicionamento relativo <i>online</i> disponíveis .....	17
4.1.3. Erros envolvidos no Posicionamento GNSS .....	20
4.1.3.1. Troposfera .....	23
4.1.3.2. Ionosfera .....	24
4.1.3.3. Perdas de Ciclos .....	25
4.1.3.4. Multicaminho .....	26
4.1.3.5. Erros Orbitais .....	26
4.2. REFERENCIAIS GEODÉSICOS ASSOCIADOS ÀS EFEMÉRIDES PRECISAS .....	28
4.2.1. <i>International Terrestrial Reference System e International Terrestrial Reference Frame</i> .....	28
4.2.2. Sistema Geodésico Brasileiro e o SIRGAS2000 .....	29
4.3. TRANSFORMAÇÃO E ATUALIZAÇÃO DE COORDENADAS .....	30
4.3.1. Modelos de Velocidade das Estações .....	34

5.	MATERIAIS.....	35
5.1.	BASE DE DADOS UTILIZADA.....	35
5.2.	APLICATIVOS COMPUTACIONAIS UTILIZADOS .....	36
6.	MÉTODOS.....	38
6.1.	Transformação e atualização das coordenadas .....	38
6.2.	Processamento de dados GPS.....	40
6.3.	Cálculo da Acurácia .....	45
7.	RESULTADOS E ANÁLISES.....	50
7.1.	RESULTANTE PLANIMÉTRICA.....	50
7.2.	COMPONENTE ALTIMÉTRICA.....	67
8.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	86
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89
	APÊNDICES .....	99

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APPS	<i>Automatic Precise Positioning Service</i>
ARP	Plano de Referência da Antena
AUSPOS	<i>AUSPOS-Online GPS Processing</i>
BDG	Banco de Dados Geodésicos
BIH	<i>Bureau International de l'Heure</i>
CORS	<i>Continuously Operating Reference Station</i>
CSRS	<i>Canadian Spatial Reference System</i>
DD	Dupla Diferença
DEC	Departamento de Engenharia Civil
DGPS	<i>Differential GPS</i>
DORIS	<i>Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite</i>
DSG	<i>Geodetic Survey Division</i>
EGNOS	<i>European Geostationary Navigation Overlay Service</i>
Gaps	<i>GPS Analysis and Positioning Software</i>
GDA94	Datum Geocêntrico da Austrália de 1994
GLONASS	<i>Global Orbiting Navigation Satellite System</i>
GMF	<i>Global Mapping Function</i>
GNSS	<i>Global Navigation Satellite System</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GPT	<i>Global Pressure and Temperature</i>
GRS	<i>Geodetic Reference System</i>
IAG	<i>International Association of Geodesy</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IERS	<i>International Earth Rotation and Reference Systems Service</i>
IGS	<i>International GNSS Service</i>
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
IRNSS	<i>Indian Regional Navigation Satellite System</i>
ITRF	<i>International Terrestrial Reference Frame</i>

ITRS	<i>International Terrestrial Reference System</i>
JPL	<i>Jet Propulsion Laboratory</i>
LGO	<i>Leica Geo Office Combined</i>
LLR	<i>Lunar Laser Ranging</i>
MAPGEO2010	<i>Modelo de Ondulação Geoidal 2010</i>
NGS	<i>National Geodetic Survey</i>
NNR-NUVEL-1A	<i>No Net Rotation – Northern University Model 1A</i>
NRCAN	<i>Natural Resources Canada</i>
OPUS	<i>Online Positioning User Service</i>
PPP	<i>Posicionamento por Ponto Preciso</i>
PZ90	<i>Parametry Zemli 1990</i>
QZSS	<i>Quasi-Zenith Satellite System</i>
RBMC	<i>Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo</i>
RINEX	<i>Receiver Independent Exchange Format</i>
SBAS	<i>Satellite-Based Augmentation System</i>
SCA	<i>Sistemas de Controle Ativo</i>
SCN	<i>Sistema Cartográfico Nacional</i>
SCOUT	<i>Scripps Coordinate Update Tool</i>
SGB	<i>Sistema Geodésico Brasileiro</i>
SGL	<i>Sistema Geodésico Local</i>
SIG	<i>Sistemas de Informação Geográfica</i>
SIRGAS2000	<i>Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas</i>
SLR	<i>Satellite Laser Ranging</i>
SOPAC	<i>Scripps Orbit and Permanent Array Center</i>
SP3	<i>Standard Product 3</i>
TEC	<i>Total Electron Contents</i>
TEQC	<i>Translate Edit Quality Check</i>
UFV	<i>Universidade Federal de Viçosa</i>
UNB	<i>University of New Brunswick</i>
VLBI	<i>Very Long Baseline Interferometry</i>
WAAS	<i>Wide Area Augmentation System</i>
WGS84	<i>World Geodetic System 1984</i>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Posição das estações base e <i>rover</i> utilizadas no processamento da estação BRFT, realizado pelo serviço AUSPOS.....	18
Figura 2 - Distribuição das estações IGS ao redor do mundo. ....	19
Figura 3 - Esquema realizado para transformação e atualização das coordenadas utilizadas. ....	39
Figura 4 - Representação do Brasil com as estações e as linhas de base formadas no posicionamento relativo estático. ....	42
Figura 5 - Linhas de base formadas para o processamento dos dados GPS da estação POLI. ....	44
Figura 6 - Fluxograma contendo a metodologia realizada no presente trabalho. ....	49
Figura 7 - Tendência, precisão e acurácia das resultantes planimétricas para uma hora de rastreo. ....	51
Figura 8 - Tendência, precisão e acurácia das resultantes planimétricas para duas horas de rastreo. ....	52
Figura 9 - Tendência, precisão e acurácia das resultantes planimétricas para quatro horas de rastreo. ....	53
Figura 10 - Tendência, precisão e acurácia das resultantes planimétricas para seis horas de rastreo. ....	54
Figura 11 - Tendência, precisão e acurácia das resultantes planimétricas para oito horas de rastreo. ....	55
Figura 12 - Tendência, precisão e acurácia das resultantes planimétricas para dez horas de rastreo. ....	56
Figura 13 - Tendência, precisão e acurácia das resultantes planimétricas para doze horas de rastreo. ....	57
Figura 14 - Histograma das resultantes planimétricas no PPP. ....	59
Figura 15 - Histograma das resultantes planimétricas no AUSPOS. ....	59
Figura 16 - Histograma das resultantes planimétricas no LGO, utilizando a portadora L1, para uma, duas e três linhas de base. ....	60

Figura 17 - Histograma das resultantes planimétricas no LGO, utilizando a portadora L1, para uma (curta), duas e três linhas de base. ....	61
Figura 18 - Histograma das resultantes planimétricas no LGO, utilizando a portadora L1, para uma (média/longa), duas e três linhas de base. ....	63
Figura 19 - Histograma das resultantes planimétricas no LGO, utilizando a combinação <i>ion free</i> , para uma, duas e três linhas de base. ....	64
Figura 20 - Histograma das resultantes planimétricas no LGO, utilizando a combinação <i>ion free</i> , para uma (curta), duas e três linhas de base. ....	65
Figura 21 - Histograma das resultantes planimétricas no LGO, utilizando a combinação <i>ion free</i> , para uma (média/longa), duas e três linhas de base. ....	66
Figura 22 - Tendência, precisão e acurácia das componentes altimétricas para uma hora de rastreo. ....	68
Figura 23 - Tendência, precisão e acurácia das componentes altimétricas para duas horas de rastreo. ....	69
Figura 24 - Tendência, precisão e acurácia das componentes altimétricas para quatro horas de rastreo. ....	70
Figura 25 - Tendência, precisão e acurácia das componentes altimétricas para seis horas de rastreo. ....	71
Figura 26 - Tendência, precisão e acurácia das componentes altimétricas para oito horas de rastreo. ....	72
Figura 27 - Tendência, precisão e acurácia das componentes altimétricas para dez horas de rastreo. ....	73
Figura 28 - Tendência, precisão e acurácia das componentes altimétricas para doze horas de rastreo. ....	74
Figura 29 - Histograma das componentes altimétricas no PPP. ....	76
Figura 30 - Histograma das componentes altimétricas no AUSPOS. ....	76
Figura 31 - Histograma das componentes altimétricas no LGO, utilizando a portadora L1, para uma, duas e três linhas de base. ....	77
Figura 32 - Histograma das componentes altimétricas no LGO, utilizando a portadora L1, para uma (curta), duas e três linhas de base. ....	79
Figura 33 - Histograma das componentes altimétricas no LGO, utilizando a portadora L1, para uma (média/longa), duas e três linhas de base. ....	79

Figura 34 - Histograma das componentes altimétricas no LGO, utilizando a combinação <i>ion free</i> , para uma, duas e três linhas de base.....	80
Figura 35 - Histograma das componentes altimétricas no LGO, utilizando a combinação <i>ion free</i> , para uma (curta), duas e três linhas de base.....	81
Figura 36 - Histograma das componentes altimétricas no LGO, utilizando a combinação <i>ion free</i> , para uma (média/longa), duas e três linhas de base.....	82

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fontes e possíveis efeitos dos erros envolvidos no GNSS.....	21
Tabela 2 - Parâmetros de transformação de ITRF2008 para ITRF2005, época 2005,0.....	33
Tabela 3 - Parâmetros de transformação de ITRF2005 para ITRF2000, época 2000,0.....	33
Tabela 4- Quadro de estações RBMC homologadas pelo IBGE, em SIRGAS2000, época 2000,4.....	36
Tabela 5 - Estações base e <i>rover</i> utilizadas no processamento pelo posicionamento relativo estático e os comprimentos aproximados, em quilômetros, das respectivas linhas de base formadas.....	43
Tabela 6 - Acurácia das resultantes planimétricas no PPP. ....	59
Tabela 7 - Acurácia das resultantes planimétricas no AUSPOS.....	59
Tabela 8 - Acurácia das resultantes planimétricas no LGO, utilizando a portadora L1, para uma, duas e três linhas de base.....	60
Tabela 9 - Acurácia das resultantes planimétricas no LGO, utilizando a portadora L1, para uma (curta), duas e três linhas de base. ....	61
Tabela 10 - Acurácia das resultantes planimétricas no LGO, utilizando a portadora L1, para uma (média/longa), duas e três linhas de base. ....	62
Tabela 11 - Acurácia das resultantes planimétricas no LGO, utilizando a combinação <i>ion free</i> , para uma, duas e três linhas de base.....	64
Tabela 12 - Acurácia das resultantes planimétricas no LGO, utilizando a combinação <i>ion free</i> , para uma (curta), duas e três linhas de base.....	65
Tabela 13 - Acurácia das resultantes planimétricas no LGO, utilizando a combinação <i>ion free</i> , para uma (média/longa), duas e três linhas de base.....	66
Tabela 14 - Acurácia das componentes altimétricas no PPP. ....	76
Tabela 15 - Acurácia das componentes altimétricas no AUSPOS.....	76
Tabela 16 - Acurácia das componentes altimétricas no LGO, utilizando a portadora L1, para uma, duas e três linhas de base.....	77
Tabela 17 - Acurácia das componentes altimétricas no LGO, utilizando a portadora L1, para uma (curta), duas e três linhas de base. ....	78

Tabela 18 - Acurácia das componentes altimétricas no LGO, utilizando a portadora L1, para uma (média/longa), duas e três linhas de base. ....	79
Tabela 19 - Acurácia das componentes altimétricas no LGO, utilizando a combinação <i>ion free</i> , para uma, duas e três linhas de base. ....	80
Tabela 20 - Acurácia das componentes altimétricas no LGO, utilizando a combinação <i>ion free</i> , para uma (curta), duas e três linhas de base. ....	81
Tabela 21 - Acurácia das componentes altimétricas no LGO, utilizando a combinação <i>ion free</i> , para uma (média/longa), duas e três linhas de base. ....	82
Tabela 22 - Vantagens e desvantagens dos aplicativos computacionais utilizados neste trabalho. ....	84

## RESUMO

ALMEIDA, Marília Sanglard, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2015. **Análise comparativa da qualidade posicional dos métodos de posicionamento por ponto preciso e do posicionamento relativo estático com GNSS.** Orientador: William Rodrigo Dal Poz. Coorientadores: Dalto Domingos Rodrigues e Joel Gripp Junior.

Dentre as tecnologias espaciais de posicionamento, destaca-se o GNSS (*Global Navigation Satellite System*), que é amplamente empregado em diversas aplicações na área de Geodésia, entre outras. O Posicionamento por Ponto Preciso (PPP) tem se mostrado uma poderosa ferramenta para aplicações geodésicas e geodinâmicas. O posicionamento relativo é ainda o método mais utilizado para determinação de coordenadas em levantamentos geodésicos de precisão. Contudo, o PPP está cada vez mais em evidência e tem proporcionado resultados satisfatórios. Diante do exposto, resta saber, dentre as técnicas mencionadas, qual apresenta resultados mais acurados atualmente. Os dados utilizados neste trabalho foram coletados pelas estações da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS) disponibilizados pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), referentes à data 01 de janeiro de 2014. Para análise do PPP foi utilizado o serviço gratuito *online* IBGE-PPP, e para análise do posicionamento relativo estático foram utilizados o serviço de posicionamento *online* gratuito AUSPOS, que processa os dados em rede, com uso do *software* científico Bernese, e o *software* comercial LGO (Leica Geo Office), que foi utilizado para processamento de linhas de base simples e de múltiplas linhas de base (ajustamento vetorial). Os dados GPS foram processados variando o intervalo de rastreamento, abrangendo os intervalos de 1, 2, 4, 6, 8, 10 e 12 horas. No IBGE-PPP e no AUSPOS os resultados fornecidos são referenciados ao IGB08 (ITRF2008) na época de coleta dos dados. Para o processamento dos dados no LGO as coordenadas das estações base, disponibilizadas em SIRGAS2000, época 2000,4, foram transformadas e atualizadas para o sistema de referência IGB08 (ITRF2008) na época de coleta dos dados. Assim, as coordenadas

estimadas no LGO também foram estimadas no IGb08 na época de coleta dos dados. Na sequência, as coordenadas estimadas no LGO, IBGE-PPP e AUSPOS foram comparadas com as coordenadas disponibilizadas nos descritivos das estações da RBMC, que também foram transformadas e atualizadas para o mesmo sistema de referência e época das coordenadas estimadas. Com isso, o deslocamento das placas tectônicas ao longo do tempo foi minimizado. Desta forma, a partir do cálculo das discrepâncias (tendências) e com as precisões disponibilizadas no ajustamento, foi possível realizar o cálculo das acurácias. De acordo com os resultados obtidos, conclui-se que o método de posicionamento relativo com o uso de aplicativo computacional comercial e uso de receptores de dupla frequência continua sendo o método mais acurado, independentemente do comprimento da linha de base. A performance do posicionamento relativo com receptores de uma frequência, envolvendo linhas de base curtas, também apresentou ótimos resultados. Neste caso, em 64,3% dos resultados a acurácia foi milimétrica. Deve-se salientar a potencialidade do IBGE-PPP e do AUSPOS, que apresentaram bons resultados. Além disso, esses serviços de processamento são gratuitos e o usuário deve dispor de apenas um receptor.

## ABSTRACT

ALMEIDA, Marília Sanglard, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2015. **Comparative Analysis of positional quality methods of precise point positioning and relative positioning static with GNSS**. Advisor: William Rodrigo Dal Poz. Co-advisors: Dalto Domingos Rodrigues and Joel Gripp Junior.

Among the technologies of spatial positioning, highlight the GNSS (Global Navigation Satellite System), which is widely used in various applications in the area of Geodesy, among others. The precise point positioning (PPP) has been shown to be a powerful tool for geodetic and geodynamics. applications Relative positioning is still the most widely used method for determination of coordinates in precision geodetic surveys. However, the PPP is increasingly in evidence and has provided satisfactory results. Given the above, remains to be seen, among the techniques mentioned, which provides more accurate results currently. The data used in this study were collected by the stations of RBMC (Brazilian Network for Continuous Monitoring of GNSS Systems) provided by IBGE (Brazilian Institute of Geography and Statistics), for the date January 01, 2014. For PPP analysis was used the free service online IBGE-PPP, and for analysis of static relative positioning was used the free online placement service AUSPOS, that processes network data, using the scientific software Bernese, and commercial software LGO (Leica Geo Office), which was used for processing single baselines and multiple baselines (vector adjustment).The GPS data were processed by varying the trace interval, covering the intervals of 1, 2, 4, 6, 8, 10 and 12 hours. In IBGE-PPP and AUSPOS the results provided was referenced to IGB08 (ITRF2008) at the time of data collection. To process the data in the LGO, the coordinates of the base stations, available in SIRGAS2000, epoch 2000.4, were transformed and updated to the reference system IGB08 (ITRF2008) at the time of data collection. Thus, the estimated coordinates at LGO were also estimated in IGB08 at the time of data collection. In sequence, the coordinates estimated in LGO, IBGE-PPP and AUSPOS were compared with the coordinates provided in descriptive of RBMC stations, which

were also transformed and updated to the same reference system and time of coordinates estimated. With that, the movement of tectonic plates over time was minimized. In this way, from the calculation of discrepancies (trends) and with the clarifications provided in the adjustment, it was possible to perform the calculation of accuracies. According to the results, it was concluded that the method of relative positioning with the use of computational application and commercial use of receivers of dual frequency continues to be the most accurate method, regardless of the length of the baseline. The performance of relative positioning with a frequency receivers, involving short baselines also showed excellent results. In this case, at 64.3% of the results the accuracy was millimeter. It should be noted the potential of the IBGE-PPP and AUSPOS, which showed good results. In addition, these processing services are free and the users need only a receiver.

## 1. INTRODUÇÃO

Dentre as tecnologias espaciais de posicionamento, destaca-se o GNSS (*Global Navigation Satellite System*), como uma das mais avançadas que surgiu recentemente, tendo revolucionado as atividades relacionadas com posicionamento por satélites artificiais. O GNSS vem sendo amplamente empregado em diversas aplicações nas áreas de Geodésia, Navegação, Agricultura de Precisão, Meteorologia, entre outras, envolvendo diferentes tipos de atividades, como em projetos de engenharia, transporte, mapeamento, SIG (Sistemas de Informação Geográfica), atualização cadastral, etc.

Atualmente, dois sistemas GNSS estão operacionais: o sistema americano denominado GPS (*Global Positioning System*) e o sistema russo GLONASS (*Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema*). Ambos foram desenvolvidos para fins militares, mas suas funcionalidades foram parcialmente estendidas também para uso civil (VAZ; PISSARDINI & FONSECA JUNIOR, 2013). Também há outros sistemas GNSS em desenvolvimento, onde se incluem o sistema da Comunidade Europeia, denominado GALILEO, desenvolvido pela comunidade civil, e o sistema chinês BEIDOU, de uso civil e militar, ambos previstos para estarem operacionais até o ano de 2020 (ECONOMIST, 2012; EUROPEAN REPORT, 2012).

A Índia e o Japão também tem desenvolvido seus próprios sistemas regionais de navegação, que são, respectivamente, o IRNSS (*Indian Regional Navigation Satellite System*) e o QZSS (*Quasi-Zenith Satellite System*). Além desses, compõem o GNSS, os chamados sistemas de expansão denominados SBAS (*Satellite-Based Augmentation System*). O SBAS utiliza estações terrestres que rastreiam os satélites GNSS. As referidas estações possuem suas coordenadas conhecidas com acurácia. Para cada estação integrante da rede são geradas mensagens com correções para o posicionamento que, em seguida, são enviadas para satélites próprios que as retransmitem aos usuários finais (WELLENHOF; LICHTENEGGER; WASLE, 2007). São exemplos de SBAS: WAAS (*Wide Area Augmentation System*) nos EUA e EGNOS (*European Geostationary Navigation Overlay Service European Geostationary*

*Navigation Overlay Service*) na Europa, além de outras iniciativas similares (MONICO, 2008; ROBERTS, 2011).

O posicionamento utilizando GNSS, basicamente, pode ser realizado na forma absoluta (por ponto) e relativa. Algumas técnicas de pós-processamento tem se destacado por possibilitarem a realização do posicionamento com precisão e acurácia cada vez melhores. No posicionamento por ponto, onde se necessita de apenas um receptor (do ponto de vista do usuário), tem-se atualmente destacado o Posicionamento por Ponto Preciso (PPP). Nesse método se utilizam as observações da pseudodistância e da fase da onda portadora. Também faz uso de efemérides precisas e correções para os relógios dos satélites (SEEBER, 2003, MONICO, 2008).

O conceito de PPP foi introduzido pela primeira vez em 1976. No entanto, foi preciso esperar até a década de 1990 para o PPP gerar interesse entre a comunidade GNSS. Ao longo das duas últimas décadas, o uso de observações de receptores de dupla frequência no PPP tem sido extensivamente pesquisado, e vários serviços *online* de PPP foram desenvolvidos, comprovando que o posicionamento por ponto a nível centimétrico não só é possível no modo estático pós-processado, mas potencialmente também para aplicações em tempo real, com um único receptor GNSS (GRINTER & ROBERTS, 2011). O PPP tem se mostrado uma poderosa ferramenta para aplicações geodésicas e geodinâmicas, dentre as quais se podem citar o controle geodésico, monitoramento de deformações locais e globais, dinâmica do movimento das placas litosféricas, levantamentos cadastrais e outras aplicações como, por exemplo, na aerofotogrametria (ALVES, MONICO & ROMÃO, 2011).

Há vários serviços na rede mundial de computadores que permitem ao usuário calcular coordenadas com precisão (até poucos centímetros) na forma *online*, utilizando a técnica PPP, tendo posse apenas do arquivo de observação, abrindo perspectivas de uso do posicionamento por ponto até então não esperadas (MONICO, 2008). Além disso, devido a sua praticidade, tal técnica vem ganhando destaque.

Dentre os serviços atualmente disponíveis, pode-se citar o JPL (*Jet Propulsion Laboratory*) que disponibiliza um serviço gratuito PPP, o NRCan (*Natural Resources Canada*), o serviço prestado pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), que faz uso do mesmo aplicativo de processamento desenvolvido pelo NRCan, o *Center Point* RTK desenvolvido pela Trimble e o magicGNSS desenvolvido pela GMV.

O posicionamento relativo com GNSS é ainda o método mais utilizado para determinação de coordenadas para quem deseja alta acurácia, precisão e confiabilidade. Para a realização do posicionamento relativo é necessário dispor de no mínimo dois receptores, sendo que um deles deve ocupar uma estação de referência com coordenadas conhecidas no referencial de interesse e o outro a estação de interesse, formando as linhas de base (LEICK, 2004). Este método de posicionamento é muito atrativo, pois proporciona uma boa relação entre ruído resultante da combinação e a eliminação de erros sistemáticos envolvidos nas observáveis originais (MONICO, 2008).

Com o surgimento dos SCA (Sistemas de Controle Ativo) não é mais necessário ocupar as estações base, o que implica na possibilidade de se utilizar apenas um receptor para realizar o posicionamento relativo. No Brasil a principal rede de referência ativa é a RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS), estabelecida pelo IBGE. Atualmente vários receptores da RBMC rastreiam observações do GPS e GLONASS (IBGE, 2014).

Há vários SCA espalhados pelo mundo com dados disponibilizados gratuitamente, sendo que os mais conhecidos são as redes CORS (*Continuously Operating Reference Station*), EUREF *Permanent Network* (EUREF) e a CSRS (*Canadian Spatial Reference System*).

O posicionamento relativo pode ser empregado com o uso de aplicativos computacionais, que podem ser *softwares* comerciais ou científicos. Além disso, há também os serviços *online* que realizam tal técnica de posicionamento. Dentre estes últimos, pode-se citar como exemplo o serviço gratuito AUSPOS (*AUSPOS-Online GPS Processing*), o qual processa dados

GPS através do posicionamento relativo estático em rede, com o uso do *software* científico de processamento de dados Bernese.

Se por um lado o posicionamento relativo tradicionalmente tem sido utilizado em levantamentos geodésicos de precisão, o PPP está cada vez mais em evidência. Isso se justifica pelo seu alto grau de praticidade, podendo ser aplicado por serviços *online* gratuitos disponíveis, além de não dependerem de estações base. Diante do exposto, resta saber, dentre as técnicas mencionadas, qual apresenta melhores resultados atualmente.

Esta indagação já estava presente em 2002, quando King, Edwards & Clarke, (2002) questionaram qual dos dois métodos era o mais apropriado para realizar determinadas tarefas utilizando dados GPS, comparando-os através de suas vantagens e desvantagens. Já se notava, então, que o PPP começava a “competir” com o posicionamento relativo. Em 2008, Ebner & Featherstone, (2008) discutiram as desvantagens do posicionamento relativo perante o PPP, no que tange ao valor monetário para o estabelecimento e manutenção de redes de controle geodésicas, mesmo quando se utiliza receptores GPS. Além disso, destacou como desvantagem o fato de várias estações serem necessariamente ocupadas simultaneamente no posicionamento relativo, o que não é necessário no PPP.

Huber *et al.*, (2010) avaliaram o PPP quanto as suas limitações e oportunidades oferecidas. Um breve histórico do desenvolvimento do PPP e a análise de seus avanços nas duas últimas décadas, com ênfase em seus potenciais e limitações atuais e possível futura direção do PPP foram objeto de estudo de Grinter & Roberts, (2011), concluindo que os avanços em pesquisas envolvendo o PPP tendem a oferecer uma gama de produtos cada vez melhores, principalmente no que tange à sua acurácia.

Em 2012, vários outros trabalhos relacionados ao tema foram realizados. Dentre eles pode-se citar (RIZOS *et al.*, 2012a), (RIZOS *et al.*, 2012b) e (GRINTER & JANSSEN, 2012), que avaliam que o PPP é uma alternativa viável para o posicionamento preciso, sob determinadas condições. Em 2013, Ocalan *et al.*, (2013) comparou tais métodos através de serviços de posicionamento *online*, mostrando que suas precisões foram bastante

semelhantes para os processamentos realizados. Há ainda, dentre tantos, outros estudos sobre o assunto como (SHEN & GAO, 2002), (DAWSON *et al.*, 2004), (WÜBBENA *et al.*, 2005), (GHODDOUSI-FARD & DARE, 2006), (LEANDRO *et al.*, 2008), (ALVES *et al.*, 2011), (COSTA *et al.*, 2012) (CLEAVER, 2013) e (JANSSEN & MCELROY, 2013). Neste cenário, nota-se a necessidade na realização de estudos comparativos entre o PPP e o posicionamento relativo estático. Nesta direção, algumas indagações podem ser feitas atualmente: Será que o PPP é mais acurado do que o posicionamento relativo? E se isso acontece, em quais condições?

Perante o exposto, é válido lembrar que a obtenção de coordenadas precisas e acuradas depende de muitas variáveis como o intervalo de rastreo, as portadoras utilizadas, os comprimentos e quantidades de linhas de base no posicionamento relativo, o tratamento dos numerosos erros que afetam os satélites, seus sinais transmitidos e os receptores de dados GPS. Há ainda que se considerar em quais aplicativos computacionais os dados estão sendo processados, ou seja, se em *softwares* científicos ou comerciais, ou em serviços *online*.

Sendo assim, perante a quantidade de fatores que influenciam na precisão dos resultados gerados pelas referidas técnicas, revela-se a importância de uma análise minuciosa de um estudo comparativo das mesmas, em função das variáveis mencionadas.

Neste estudo, na aplicação da técnica PPP, foi utilizado o serviço gratuito *online* IBGE-PPP, que processa dados GPS e, quanto ao posicionamento relativo, foi processado de duas maneiras: utilizando o *software* comercial LGO (Leica Geo Office Combined) e o serviço *online* gratuito AUSPOS, que processa dados GPS em rede utilizando o *software* científico Bernese.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVOS GERAIS**

O principal objetivo deste trabalho consistiu em realizar uma análise comparativa entre o PPP e o posicionamento relativo estático, por meio da análise da precisão, tendência e acurácia.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Para atingir os objetivos deste trabalho, os seguintes objetivos específicos foram propostos:

- Avaliar a qualidade posicional dos resultados advindos do serviço *online* IBGE-PPP;
- Avaliar a qualidade posicional dos resultados advindos do serviço de posicionamento *online* AUSPOS, que processa os dados no método de posicionamento relativo em rede;
- Avaliar a qualidade do posicionamento relativo (simples linhas de base e com múltiplas linhas de base) com o programa de processamento de dados GPS comercial LGO; e
- Realizar uma análise comparativa entre o PPP e o posicionamento relativo, com o objetivo de verificar se o posicionamento relativo estático ainda é a melhor opção para posicionamento de alta precisão atualmente.

### 3. JUSTIFICATIVA

Tradicionalmente o posicionamento relativo tem sido empregado em levantamentos de alta precisão. Contudo, recentemente, têm-se disponíveis os denominados serviços de PPP *online*, que vem ganhando destaque na geodésia, em razão da praticidade e bons resultados oferecidos. Vale lembrar que atualmente tem-se disponível vários tipos desses serviços, onde se destacam: CSRS-PPP, disponibilizado pelo NRCan (*Natural Resources Canada*); GAPS (*GPS Analysis and Positioning Software*), da UNB (*University of New Brunswick*); APPS (*Automatic Precise Positioning Service*) do JPL (*Jet Propulsion Laboratory*); magicGNSS da GMV Aerospace and Defense, e do próprio IBGE-PPP, que faz uso do aplicativo de processamento CSRS-PPP. Empresas fabricantes de receptores GNSS também tem desenvolvido serviços de PPP *online* gratuitos, como o *CenterPoint da Trimble*. Isto evidencia que este método de posicionamento com GNSS é promissor.

Alguns autores tem destacado a possibilidade de usar o PPP até mesmo no estabelecimento de redes geodésicas, em razão do baixo custo no estabelecimento dessas redes e em função dos bons resultados fornecidos (EBNER & FEATHERSTONE, 2008).

King *et al* 2002 publicaram um trabalho intitulado: PPP: quebrando o monopólio do posicionamento relativo (*Precise Point Positioning: Breaking the Monopoly of Relative GPS Processing*), evidenciando a potencialidade do PPP.

Rizos *et al.*, (2012a) fazem a seguinte indagação: PPP: está chegando ao fim a era do posicionamento relativo? Todos esses trabalhos, dentre outros, evidenciam que o PPP está se tornando uma alternativa viável ao posicionamento relativo de alta precisão. Contudo, será que o PPP atualmente é mais acurado do que o posicionamento relativo estático? Se isto ocorre, em quais condições?

Diante do exposto, verifica-se que recentemente houve um crescente interesse sobre o tema dessa pesquisa. Desta forma, esta pesquisa se justifica pela importância em dar continuidade em estudos similares, na tentativa em

apontar qual o método de posicionamento é mais acurado atualmente, ou pelo menos em quais circunstâncias isso ocorre.

## **4. REVISÃO DE LITERATURA**

### **4.1. TÉCNICAS DE POSICIONAMENTO**

Tem-se, basicamente, dois principais grupos de posicionamento geodésico: o posicionamento absoluto ou posicionamento por ponto, em que as coordenadas estão associadas diretamente ao geocentro, e o posicionamento relativo, caso em que as coordenadas são determinadas com relação a um referencial materializado por um ou mais vértices com coordenadas conhecidas. Há, ainda, o chamado posicionamento DGPS (*Differential GPS*), que pode ser considerado um método de posicionamento por ponto tendo em vista o fornecimento das coordenadas em relação ao geocentro (HOFFMAN-WELENHOF; LICHTENEGGER & COLLINS, 2007).

Deve-se ainda atentar se o receptor a ser posicionado encontra-se em repouso ou em movimento. Se estiver em repouso, trata-se do posicionamento estático, se em movimento, posicionamento cinemático. Tanto o posicionamento por ponto quanto o relativo podem ser usados para posicionar receptores em repouso ou em movimento (MONICO, 2008). Caso o posicionamento relativo seja aplicado em tempo real tem-se a técnica de posicionamento denominada de RTK (*Real Time Kinematic*) (HOFFMAN-WELENHOF *et al.*, 2008).

O método de posicionamento relativo tem sido aplicado, tradicionalmente em levantamentos de precisão, contudo, atualmente, tem-se a possibilidade de aplicar o posicionamento por ponto de precisão. Neste caso, tem-se o denominado método de posicionamento por ponto preciso.

#### **4.1.1. Posicionamento por Ponto Preciso**

No posicionamento por ponto, quando se utilizam efemérides transmitidas, a posição do ponto é determinada no referencial vinculado às efemérides. Por exemplo, no caso do GPS é o WGS84 (*World Geodetic System 1984*), e, no caso do GLONASS, o PZ90 (*Parametry Zemli 1990*).

Quando se utilizam as observáveis pseudodistância ou fase da onda portadora, ou ambas, coletadas por receptores de simples ou dupla frequência, com efemérides precisas, trata-se do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP). Neste caso, o referencial é vinculado às efemérides precisas (MONICO, 2008). Desde o dia 07/10/2012 até o presente (semana GPS 1709), o sistema de referência vinculado as efemérides precisas é denominado IGb08, o qual é alinhado ao ITRF2008 (REBISHCHUNG, 2012). Desta forma, as coordenadas estimadas atualmente com o uso do PPP estarão referenciadas ao IGb08 (ITRF2008).

Segundo Leick (2004) e Monico (2008), o modelo matemático do PPP para receptores de dupla frequência, utilizando a combinação linear das observáveis GPS denominada “livre da ionosfera” (*ionospheric free signal* ou simplesmente *ion free*), para a fase da onda portadora é dada por (1):

$$\varphi_{r(IF)}^S = \frac{f^1}{c} \rho_r^S + f^1 (dt_r - dt^S) + N_{IF} + \frac{f^1}{c} T_{r0}^S + \frac{f^1}{c} dT_Z m(E) \quad (1)$$

onde

$\varphi_{r(IF)}^S$  = fase obtida da combinação linear *ion free*;

$\rho_r^S$  = distância geométrica entre o centro de fase da antena do satélite, no instante de transmissão, e do receptor, no instante de recepção do sinal;

$dt_r$  = erro do relógio do receptor em relação ao tempo GPS;

$dt^S$  = erro do relógio do satélite em relação ao tempo GPS;

$N_{IF}$  = ambiguidade da observável *ion free*;

$T_{r0}^S$  = atraso troposférico aproximado por algum modelo disponível;

$dT_Z$  = atraso zenital troposférico residual a ser estimado no modelo;

$m(E)$  = função de mapeamento em função do ângulo de elevação  $E$  do satélite;

$c$  = velocidade da luz no vácuo;

$f^1$  = frequência da observável *ion free* (igual à da portadora L1).

O princípio do PPP consiste, basicamente, na utilização das efemérides precisas e correção dos erros dos relógios dos satélites estimados com base

em observações de uma rede global de estações GNSS de alta qualidade, como a rede do IGS (*International GNSS Service*) (SEEBER, 2003).

A técnica PPP possui a vantagem de que um único receptor é necessário para realização do posicionamento, eliminando a necessidade de uma estação referência. No entanto, a principal desvantagem do PPP se refere ao tempo de convergência (conhecido na literatura inglesa como *warm-up time* ou como *convergence time*) necessário para a solução da ambiguidade de modo a garantir precisão centimétrica do posicionamento. Isso tem limitado o seu uso em aplicações de tempo real (LEANDRO *et al.*, 2008; RIZOS *et al.*, 2012a).

Para receptores de dupla frequência, deve-se usar como observável GPS no processamento, a combinação linear *ion free* e, para receptores de simples frequência, deve-se minimizar estes efeitos empregando algum modelo disponível da ionosfera (HOFMANN-WELLENHOF *et al.*, 2008). Com a combinação linear *ion free* os efeitos de primeira ordem da ionosfera são eliminados. Essa é a principal diferença entre o PPP com receptores de uma e duas frequências. Salienta-se que a ionosfera é a principal fonte de erro das observáveis GPS, principalmente em períodos de máxima atividade solar (DAL POZ, 2010). Os erros remanescentes praticamente são tratados da mesma forma.

Os erros referentes à órbita e relógio dos satélites são drasticamente reduzidos ao se utilizar produtos do IGS, ou de algum de seus centros de análise. Seus produtos são adequados para o PPP, pois tanto as coordenadas quanto os erros dos relógios dos satélites são estimados com alta precisão (SEJAS, 2009; IGS, 2014).

Para reduzir a influência da troposfera no PPP, o atraso troposférico pode ser modelado como um parâmetro a ser estimado junto aos demais parâmetros no ajustamento (SHEN & GAO, 2002). O emprego de antenas calibradas reduz o problema referente ao deslocamento e à variação do centro de fase da antena do receptor. Já o multicaminho pode ser reduzido escolhendo estações livres de superfícies refletoras nas proximidades, ou

estações que operem com antenas projetadas para minimizar esse efeito (SEJAS, 2009).

Entretanto, a precisão do posicionamento também está intimamente associada ao tempo de rastreamento das observações, na qualidade dos dados coletados, e na correta informação do modelo de antena utilizado (COSTA *et al.*, 2012).

O PPP apresenta grande potencialidade para ser empregado em aplicações que exigem alta acurácia. Além disso, apresenta grandes vantagens se comparado com o processamento de redes GNSS, pois neste último há grande dispêndio computacional. Mais recentemente, com a anuência do INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária) este serviço também está sendo utilizado nos trabalhos de regularização fundiária do país (COSTA *et al.*, 2012). Atualmente tem-se disponíveis vários serviços PPP *online*.

#### **4.1.1.1. Serviços PPP *online* disponíveis**

Há vários serviços de processamento PPP *online* disponíveis. Além disso, na UNB (*University of New Brunswick*) podem ser encontrados links de programas computacionais gratuitos para PPP. Mais detalhes podem ser encontrados no endereço: <http://www2.unb.ca/gge/Resources/PPP/OnlinePPPs.html>.

Dentre os serviços PPP *online*, pode-se citar:

- CSRS-PPP do DSG (*Geodetic Survey Division*) of NRCan (*Natural Resources Canada*) (CSRS-PPP, 2013);
- GAPS (*GPS Analysis and Positioning Software*), da própria UNB (GAPS, 2014);
- APPS (*Automatic Precise Positioning Service*) do JPL (*Jet Propulsion Laboratory*) (APPS, 2014);
- magicGNSS da GMV *Aerospace and Defence* (GMV, 2014);
- *CenterPoint* RTK, desenvolvido pela Trimble (TRIMBLE, 2013);

- IBGE-PPP, serviço disponibilizado pelo IBGE, no Brasil. Este serviço faz uso do aplicativo de processamento CSRS-PPP, processando dados GNSS que foram coletados no modo estático ou cinemático de receptores de uma ou duas frequências (COSTA *et al.*, 2012; IBGE, 2013).

Basicamente, as formulações matemáticas do PPP utilizadas pelos serviços mencionados são similares. Porém, algumas diferenças, dentre outras, dizem respeito ao tratamento dos erros. Por exemplo, no GAPS os efeitos de marés terrestres e oceânicas são modelados, ao passo que no IBGE-PPP o efeito de maré terrestre não é considerada.

O IBGE-PPP gera resultados independentes de qualquer ajustamento de rede geodésica e não está associado às realizações ou ajustamentos de rede planimétrica. Deste modo, os resultados obtidos através deste serviço terão uma pequena diferença daqueles disponíveis no BDG (Banco de Dados Geodésicos). Este serviço começou a ser disponibilizado em 2009, e desde então, observa-se a crescente demanda de dados processados ao longo do tempo (COSTA *et al.*, 2012).

Além do arquivo de observação GNSS nos formatos RINEX (*Receiver Independent Exchange Format*) ou Hatanaka e o tipo e o valor da altura da antena, referidos ao ARP (Plano de Referência da Antena) informado pelo usuário quando submete ao processamento, o serviço IBGE-PPP utiliza outros arquivos necessários para gerar os resultados, tais como órbitas e relógios (satélite), correção do centro de fase das antenas dos satélites e dos receptores, parâmetros de transformação ITRF/SIRGAS2000, modelo de carga oceânica, modelo de velocidades, e o MAPGEO2010 (Modelo de Ondulação Geoidal 2010) (IBGE, 2013).

Os resultados gerados pelo IBGE-PPP possuem informações do processamento dos dados, tais como correção do centro de fase da antena, órbitas e parâmetros de orientação terrestre, modelo de carga oceânica, parâmetros de transformação, estimativa das coordenadas época a época, coordenadas do processamento na época do levantamento e as reduzidas à

época 2000,4, os desvios padrão das coordenadas (sigma) e a ondulação geoidal (IBGE, 2013).

Atualmente, como todo serviços PPP *online*, os resultados obtidos no IBGE-PPP estão referenciados ao IGB08 (ITRF2008) na época de coleta dos dados. Para referenciar os resultados ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), em SIRGAS2000, na época 2000,4, o IBGE utiliza os parâmetros de transformação, fornecidos no arquivo \*.SUM e as velocidades estimadas com o modelo de velocidades VEMOS2009 (*Velocity Model for SIRGAS*).

Outra alternativa consiste na aplicação dos parâmetros de transformação entre as realizações ITRF2000 (compatível com o SIRGAS2000) e o ITRF2008 (compatível com o IGB08) e na utilização de um modelo de campo de velocidades recomendado pelo IERS, por exemplo. Resultados preliminares realizados pela equipe de pesquisa em geodésia espacial do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa em 2014, mostrou que esta alternativa é viável, e, dependendo do modelo de velocidades utilizado, melhores resultados podem ser obtidos no processo de transformação e atualização de coordenadas.

#### **4.1.2. Posicionamento Relativo Estático**

No posicionamento relativo estático, tanto o receptor da estação referência, quanto o da estação com coordenadas a determinar, permanecem estacionários durante todo o levantamento, e a duração do levantamento pode variar de 20 minutos a até várias horas (LEICK, 2004; IBGE, 2008). O comprimento da linha de base entre estações rastreadas é de suma importância, pois os valores dos desvios padrão dessas linhas são maiores quanto maior for a linha de base, pois uma maior distância acarreta maiores erros relativos ao processo de rastreamento (PEREIRA *et al.*, 2013).

A DD (Dupla Diferença) da fase de batimento da onda portadora é geralmente a observável mais adotada no posicionamento relativo estático. Também se utiliza a DD da pseudodistância ou até mesmo as duas

observáveis em conjunto, o que proporciona melhores resultados em termos de acurácia (MONICO, 2008).

A equação de DD envolvendo GPS para a fase da onda portadora tem a seguinte forma para linhas de base curtas (MONICO, 2008):

$$\Delta\phi_{R1,R2}^{1,2} = \frac{f}{c} (\Delta\rho_{R1,R2}^{1,2}) + N_{R1,R2}^{1,2} + v_{\phi DD} \quad (2)$$

O termo  $N_{R1,R2}^{1,2}$  é chamado ambiguidade da DD, e para algumas combinações lineares é suposto ser um número inteiro. Observe-se que os termos que representam as combinações da fase inicial dos receptores e os erros dos relógios dos receptores são eliminados. O termo  $\Delta\rho_{R1,R2}^{1,2}$  é a diferença entre a diferença das distâncias geométricas do receptor R1 aos satélites 1 e 2, e a diferença das distâncias geométricas do receptor R2 aos satélites 1 e 2. O termo  $N_{R1,R2}^{1,2}$  é a diferença entre a diferença de ambiguidade do receptor R1 aos satélites 1 e 2, e a diferença de ambiguidade do receptor R2 aos satélites 1 e 2.

A qualidade da estimativa das coordenadas dos pontos depende do tempo de rastreamento e da distância entre as estações base e móvel (*rover*). Logo, quanto maior for o tempo de rastreamento maior será o número de observações, além disso, favorece a mudança da geometria, fazendo com que aumente a possibilidade de solução da ambiguidade. Por esta razão, espera-se uma melhor acurácia na estimativa de parâmetros geodésicos como coordenadas, velocidades, parâmetros atmosféricos, dentre outros (CHUERUBIM & GOMES, 2014).

O princípio básico desta técnica de posicionamento é minimizar as fontes de erro através da diferença entre observações recebidas simultaneamente por receptores que ocupam duas estações (LEICK, 2004; IBGE, 2008). A maior parte dos erros é minimizada no posicionamento relativo estático, principalmente para linhas de base curtas. O efeito do multicaminho, que possui difícil modelagem, permanece, pois depende das condições físicas específicas de cada local, por isso, o que se tenta é realizar a coleta de dados evitando tal efeito, o que nem sempre é possível (SOUZA, 2008).

O multicaminho é um tipo de erro que apresenta correlação espacial no posicionamento relativo. Neste método de posicionamento costuma-se dividir os erros em correlacionados e não correlacionados espacialmente (RAQUET, 1998):

- Erros correlacionados: efeitos da atmosfera (troposfera e ionosfera) e erros de órbita; e
- Erros não correlacionados: efeitos do multicaminho e ruído das medidas de fase e pseudodistância.

Quando são utilizados dados de redes de estações de referência como base no posicionamento relativo, o que se espera é que o efeito do multicaminho diminua consideravelmente, pois pressupõe-se que essas estações estejam bem localizadas.

No posicionamento relativo, quando se utilizam as DD, o multicaminho é a maior fonte de erros sistemáticos para linhas de base curtas. Em contrapartida, para linhas de base médias e longas, os erros causados pela refração ionosférica e troposférica e pelas órbitas dos satélites GPS também possuem grande destaque, em especial os que envolvem a ionosfera (ALVES, 2003).

Ao se empregar tal técnica, determina-se a posição de um ponto com relação à de outro(s), cujas coordenadas são conhecidas e referenciadas ao SIRGAS2000 e ITRF2008. Os elementos que compõem a linha de base são estimados e acrescentados às coordenadas da estação base ou de referência, proporcionando as coordenadas da estação desejada (MONICO, 2008).

Quando há mais de dois receptores coletando dados simultaneamente, trata-se de uma rede GNSS, tendo-se linhas de base múltiplas (*multibaseline*). Neste caso, para um tratamento rigoroso, todas as observações devem ser processadas em conjunto, o que não acontece em diversos *softwares* comerciais, onde cada linha de base é processada individualmente, desprezando-se a correlação entre as mesmas (MONICO, 2008).

Há uma dificuldade muito grande em definir valores que representem a precisão do posicionamento geodésico com GPS, devido a todas as variáveis que influenciam essa precisão. Em vista disto vários pesquisadores vem

trabalhando para definir de forma mais confiável e realística possível os valores para a precisão posicional em função do comprimento da linha de base, do tempo de observação e do tipo de equipamento utilizado (simples ou dupla frequência) (IBGE, 2008).

Normalmente, em levantamentos geodésicos, os dados GNSS são processados através de programas computacionais comerciais, mas também existem serviços de processamento pela *internet* que aplicam tal técnica, empregando o processamento relativo em rede, como por exemplo, o serviço de processamento *online* AUSPOS.

#### **4.1.2.1. Serviços de posicionamento relativo *online* disponíveis**

Cada uma das organizações que serão mencionadas a seguir fornece o seu próprio serviço de processamento de dados GPS gratuito *online*, aplicando o posicionamento relativo em rede. Tal como nos processamentos PPP *online*, para que o usuário usufrua destes serviços os requisitos básicos são o acesso à *internet* e um endereço de *e-mail* válido (GHODDOUSI-FARD DARE, 2006). Os serviços de posicionamento *online* mais conhecidos que aplicam o posicionamento relativo são:

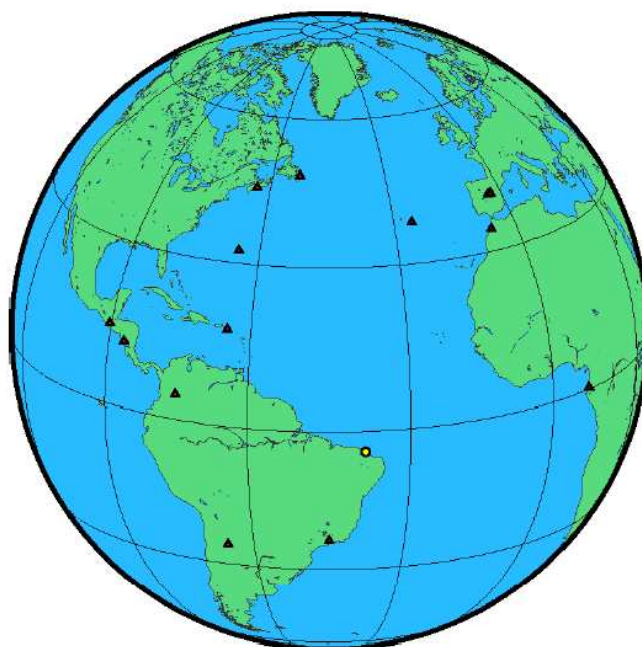
- SCOUT (*Scripps Coordinate Update Tool*) desenvolvido pela SOPAC (*Scripps Orbit and Permanent Array Center*) (SCOUT-PR, 2014);
- OPUS (*Online Positioning User Service*) desenvolvido pelo NGS (*United States' National Geodetic Survey*) (OPUS-PR, 2014); e
- AUSPOS-*Online GPS Processing* (AUSPOS) fornecido pelo Geoscience Australia (AUSPOS-PR, 2013).

Da mesma forma que os serviços PPP *online*, o AUSPOS utiliza os produtos do IGS (efemérides precisas e erros dos relógios dos satélites).

Os usuários enviam seus dados GPS no formato RINEX de dupla frequência observados no modo estático para o serviço *online* de processamento de dados GPS, e então, um relatório será retornado contendo

as coordenadas referenciadas ao GDA94 (Datum Geocêntrico da Austrália de 1994) e ao ITRF 2008 (DAWSON *et al.*, 2004; GHODDOUSI-FARD DARE, 2006; AUSPOS-PR, 2013).

O serviço AUSPOS realiza o processamento dos dados em rede, em qualquer lugar da Terra, a partir de dados das estações de referência pertencentes a rede global do IGS. A figura 1, obtida do relatório de processamento, ilustra, como exemplo, as estações base e a estação *rover* (destacado em círculo na figura). Foram utilizadas 14 estações base, formando várias linhas de base, com comprimentos variando de 535,6 a 5213,5 km.



**Figura 1 - Posição das estações base e rover utilizadas no processamento da estação BRFT, realizado pelo serviço AUSPOS. Fonte: Relatório de processamento da estação BRFT.**

Ocalan *et al.*, (2013) realizaram experimentos com a utilização de dados GPS de oito estações da rede ISKI-CORS, em Istambul - Turquia, com o intuito de analisar os resultados de alguns aplicativos *online* de processamento de dados GPS. Obtiveram discrepâncias menores que 10 mm para as coordenadas obtidas com o AUSPOS em relação às obtidas com o *software* Bernese 5.0, concluindo que a alta acurácia proporcionada por este serviço

permite empregá-lo para algumas aplicações em engenharia e em análises geodésicas.

Carvalho *et al.*, (2015) verificaram que com arquivos GPS de 24 horas da RBMC, a discrepância planimétrica máxima foi da ordem de 1,5 cm. Os processamentos foram realizados para 22 dias consecutivos do mês de setembro de 2013.

Salienta-se que o AUSPOS utiliza o programa computacional científico Bernese no processamento dos dados em rede, porém, utiliza dados da rede IGS. Salienta-se que na Europa há uma grande quantidade de estações IGS, como mostra a figura 2. Com isso, espera-se que o AUSPOS apresente uma performance melhor nesta região.



**Figura 2 - Distribuição das estações IGS ao redor do mundo. Fonte: (NASA, 2015)**

O serviço não processa dados GPS em tempo real, cinemático, ou dados coletados por receptores de uma frequência. Também não processa dados GLONASS ou Galileo. A máscara de elevação utilizada é de 10 graus e a latência de 30 segundos. A realização do processamento utiliza duplas diferenças da combinação *ion free*. Todos os cálculos são realizados usando o *software* científico Bernese, de processamento de dados, que utiliza

parâmetros de órbita de precisão, parâmetros de orientação da Terra e coordenadas das estações IGS (AUSPOS-PR, 2013; JANSSEN & MCELROY, 2013; STANAWAY & ROBERTS, 2013). Considerado um dos melhores *softwares* científicos de processamento de dados GNSS, o Bernese gera soluções para os mais diversos tipos de usuários com alta confiabilidade, sendo amplamente utilizado pelos centros de processamento e análises do IGS (DA SILVA *et al.*, 2010).

Todos os cálculos são realizados de acordo com as convenções IERS (*International Earth Rotation and Reference Systems Service*). Para alcançar os melhores resultados, atenção deve ser dada para o tipo de antena usado. Inserindo o tipo de antena incorreto, podem ocorrer erros significativos (ROBERTS, 2011; AUSPOS-PR, 2013).

Deve-se salientar que no IBGE-PPP e no AUSPOS o processamento é automatizado, sem interferência do usuário, ao contrário do que ocorre no LGO.

#### **4.1.3. Erros envolvidos no Posicionamento GNSS**

Existem diversas fontes de erros envolvidas no posicionamento geodésico pelo GNSS, e, portanto, no PPP e no posicionamento relativo. Por esta razão, devem ser investigados métodos e modelos que permitam a detecção, correção e/ou eliminação destes erros, gerando assim, soluções mais consistentes e homogêneas (CHUERUBIM, 2009). Vale destacar que no PPP a maioria dos erros envolvidos no GNSS deve ser considerada, ao contrário do que ocorre no posicionamento relativo, pois no processo de formação das duplas diferenças uma grande quantidade de erros são eliminados e/ou minimizados. A maioria destes erros é agrupada na tabela 1, segundo suas possíveis fontes:

**Tabela 1 - Fontes e possíveis efeitos dos erros envolvidos no GNSS.**  
**Fonte: Adaptado de (MONICO, 2008).**

<b>Fontes</b>	<b>Erros</b>
Satélite	Erro da órbita Erro do relógio Relatividade Atraso entre as duas portadoras no <i>hardware</i> do satélite Centro de fase da antena do satélite Fase <i>wind-up</i>
Propagação do sinal	Refração troposférica Refração ionosférica Perdas de ciclos Multicaminho Rotação da Terra
Receptor/Antena	Erro do relógio Erro entre os canais Centro de fase da antena do receptor Atraso entre as duas portadoras no <i>hardware</i> do receptor Fase <i>wind-up</i>
Estação – (alguns erros são efeitos geodinâmicos que devem ser corrigidos).	Erro nas coordenadas Multicaminho Marés terrestres Deslocamento de placas tectônicas Movimento do polo Carga oceânica Pressão da atmosfera

É válido lembrar que deslocamento de placas tectônicas, marés terrestres, cargas dos oceanos e da atmosfera e outros efeitos geodinâmicos não são especificamente erros, mas variações que devem ser consideradas para posicionamento de alta precisão.

O serviço AUSPOS utiliza a calibração do centro de fase da antena terrestre, aplicando o modelo IGS08, de variação do centro de fase absoluta. O

modelo hidrostático troposférico é baseado no de Saastamoinen. Os efeitos de primeira ordem da ionosfera são eliminados pela combinação linear *ion free*. Deslocamentos de maré terrestre são derivados do modelo completo das Convenções IERS de 2003, mas efeitos de carga oceânica e carga atmosférica não são tratados. A correção do centro de massa e a calibração do centro de fase dos satélites são realizadas aplicando o modelo de variação do centro de fase IGS08.

Quanto ao serviço IBGE-PPP, para observações com as duas frequências, o programa também utiliza a combinação linear *ion free* entre as observações (L1 e L2), eliminando assim os efeitos de primeira ordem da ionosfera. A correção dos desvios e variações dos centros de fase das antenas é realizada aplicando o modelo de variação do centro de fase IGS08. O IBGE-PPP utiliza o arquivo de correção de centro de fase relativo para as observações realizadas antes da semana GPS 1400 (05/11/2006), e a partir desta data, correção do centro de fase absoluto para as antenas dos receptores e satélites. Em decorrência do deslocamento das placas tectônicas, o IBGE-PPP utiliza o modelo de velocidades VEMOS2009 para transportar ou reduzir as coordenadas, referidas a uma época específica de tempo. O IBGE-PPP realiza a correção dos efeitos da troposfera através da função de mapeamento GMF (*Global Mapping Function*) e o cálculo da temperatura e pressão baseado no modelo empírico GPT (*Global Pressure and Temperature*) (IBGE, 2013).

No programa LGO é permitida a configuração dos processamentos pelo usuário, podendo, desta forma, alterar a estratégia de processamento dos dados GPS. Contudo, o processamento também pode ser realizado de forma automática.

Alguns dos erros mencionados na tabela 1 merecem destaque e, por isso, serão descritos a seguir.

#### 4.1.3.1. Troposfera

A troposfera estende-se da superfície terrestre e vai até, aproximadamente, 50 Km de altitude. Para frequências abaixo de 30 Ghz a troposfera comporta-se como um meio não dispersivo, dependendo apenas de propriedades termodinâmicas do ar. Seus efeitos podem variar de poucos metros até por volta de 30 metros, em função do ângulo de elevação do satélite assim como da densidade da atmosfera (MONICO, 2008).

Após a aplicação de um determinado modelo, os efeitos residuais da troposfera podem ser estimados através de parâmetros adicionais, os quais são calculados por alguns *softwares*.

Quando os sinais GNSS se propagam através da troposfera, estes sofrem vários efeitos devido à grande variação da concentração dos elementos contidos na mesma. Dentre os efeitos, pode-se citar a cintilação do sinal devido a atmosfera, a atenuação atmosférica e o atraso troposférico. Enquanto os erros gerados nas observáveis GPNSS devido a cintilação do sinal e atenuação troposférica podem ser negligenciados, o erro gerado pelo atraso troposférico possui dimensões maiores e devem ser tratados na tentativa de minimizá-los. Para tanto, empregam-se os modelos matemáticos desenvolvidos a partir de conjuntos de observações meteorológicas coletados empiricamente (SAPUCCI & MONICO, 2001).

São empregadas as funções de mapeamento para facilitar a modelagem das variações da refratividade, e por consequência o atraso troposférico. A refratividade atmosférica pode ser considerada como uma função da temperatura, da densidade do ar e da pressão parcial do vapor d'água, com valores variando em função da altitude. Dessa forma, pode-se inferir que a diferença de altitude entre estações base e estações *rover* no posicionamento relativo pode influenciar na precisão final das coordenadas devido á modelagem troposférica.

Com o uso cada vez maior de receptores de dupla frequência, o que possibilita a eliminação dos efeitos de primeira ordem da ionosfera, tanto no

PPP como no posicionamento relativo estático, a troposfera passou a ser alvo de muita pesquisa, principalmente no PPP.

Existem diversos estudos dedicados aos erros derivados da troposfera, como por exemplo, (BRUNNER & WELSCH, 1993), (DA SILVA *et al.*, 1999), (KLEIJER, 2004), (SAPUCCI & MONICO, 2005), (SAPUCCI, 2005), (SAPUCCI *et al.*, 2006), (DOUSA, 2010), (AHMED *et al.*, 2013), (SALEEM & USMAN, 2014), entre outros.

#### **4.1.3.2. Ionosfera**

A Ionosfera é um meio dispersivo (a refração depende da frequência) localizado a aproximadamente 50 a 1000 Km de altitude, e influencia diretamente nos sinais que nela se propagam, devido à sua alta concentração de elétrons livres e íons positivos. Essa concentração implica no retardo e no código e o avanço na fase da portadora (LEICK, 2004).

A refração ionosférica é dada em função do índice de refração, e seu efeito é proporcional ao TEC (*Total Electron Contents* - Conteúdo Total de Elétrons), que varia no tempo e no espaço por vários motivos, como o fluxo de ionização solar, atividade magnética, ciclo de manchas solares, estações do ano, localização da estação de rastreamento, e pela direção do raio vetor do satélite. Essas variações dificultam consideravelmente a modelagem ionosférica, além do enfraquecimento do sinal (CAMARGO, 1999; LEICK, 2004).

Como o erro devido à ionosfera depende do TEC da ionosfera e da frequência do sinal, utilizando-se receptores de dupla frequência pode-se efetuar correções deste efeito, por meio de combinações lineares das observáveis obtidas simultaneamente em ambas portadoras. Como exemplo, pode-se citar a observável denominada livre da ionosfera. Essa observável elimina os efeitos de primeira ordem da ionosfera (CAMARGO, 1999).

Ao se utilizar receptores de simples frequência, a ionosfera é a maior fonte de erro em levantamentos envolvendo linhas de base médias e longas. No posicionamento relativo, envolvendo distâncias curtas, de até aproximadamente 20 Km, pode-se reduzir a maioria dos erros. Em condições

de ionosfera “calma”, os erros atmosféricos são praticamente eliminados em levantamentos envolvendo linhas de base com até 10 km, proporcionando inclusive a solução das ambiguidades (MONICO, 2008).

O emprego de receptores de dupla frequência é uma solução muito utilizada para reduzir os efeitos da ionosfera em linhas de base com comprimento superior a 10 km. Usuários que possuem receptores de frequência simples têm a possibilidade de utilizar modelos regionais da ionosfera (CAMARGO, 1999).

Assim como para a troposfera, tem-se vários estudos relacionados à ionosfera. Dentre eles (MANNUNCCI *et al.*, 1998), (DAL POZ, 2010), (ROSE *et al.*, 2011), (ASSIADI *et al.*, 2013), (OMATSU *et al.*, 2013), (PEREIRA & CAMARGO, 2013), (WENG *et al.*, 2014), (CAMARGO, 1999), etc.

#### **4.1.3.3. Perdas de Ciclos**

A perda de ciclos (*cycle slip*) ocorre quando o sinal de um ou mais satélites rastreados por um receptor GNSS, por exemplo, é interrompido. Em decorrência disso, ocorre uma perda na contagem de ciclos acumulados da fase de batimento da onda portadora durante o rastreo e conseqüentemente, introduz um salto, de um número de ciclos inteiros nas observações após a sua ocorrência. A parte fracionária da fase de batimento da onda portadora não é afetada por esta descontinuidade na contagem dos ciclos (LEICK, 2004).

Perdas de ciclos podem ocorrer devido a diversos fatores, tais como: bloqueio do sinal, aceleração da antena, variações bruscas na atmosfera, problemas com o receptor e *software* do mesmo, entre outros. A ocorrência de perdas de ciclos prejudica a solução da ambiguidade. Porém, existem diversas técnicas desenvolvidas com o intuito de solucionar esse problema, sendo uma delas a introdução de uma nova ambiguidade como incógnita no modelo de ajustamento (COSTA *et al.*, 2008; MONICO, 2008).

#### 4.1.3.4. Multicaminho

O efeito do multicaminho (*multipath*) ocorre quando um sinal chega à antena receptora por dois, ou mais, caminhos diferentes, em virtude da reflexão deste sinal em diferentes superfícies próximas ao receptor como: árvores, carros, edifícios entre outros e, ainda, por efeitos secundários causados por reflexões nos próprios satélites e durante a propagação do sinal (MONICO, 2008; HOFMANN-WELLENHOF, LICHTENEGGER & COLLINS, 2001).

Os sinais gerados por reflexões possuem um tempo de propagação maior, o que causa distorção no sinal emitido afetando, dessa forma, a qualidade do posicionamento. Destaca-se, entretanto, que o efeito do multicaminho está relacionado também com a geometria dos satélites observados, sendo esta modificada em função do tempo. Portanto, é mais provável que o sinal do GPS sofra maior efeito do multicaminho quando o satélite se encontrar mais próximo ao horizonte. Logo, a diversidade de situações geométricas dificulta a modelagem para o multicaminho (HOFMANN-WELLENHOF *et al.*, 2007).

O efeito do multicaminho ocasiona erro nas medidas de código, fase e SNR (*Signal Noise Ratio*) ou razão sinal/ruído. O erro nas medidas com o código P é menor que nas medidas com código C/A porque é modulado a uma taxa dez vezes maior (10,23 MHz), ou seja, o comprimento de um “chip” do código P é dez vezes menor que o do código C/A. Nas medidas de fase o erro é de poucos centímetros e até milímetros.

#### 4.1.3.5. Erros Orbitais

As informações sobre as órbitas dos satélites podem ser obtidas a partir das efemérides transmitidas ou das pós-processadas, denominadas efemérides precisas. É possível também adotar as efemérides preditas pelo IGS. As coordenadas dos satélites calculadas a partir das efemérides rotineiramente são injuncionadas como fixas durante o processo de

ajustamento dos dados dos satélites. Logo, erros nas coordenadas do satélite se propagam para a posição do receptor (MONICO, 2008).

No posicionamento por ponto, os erros são propagados quase diretamente para a posição do usuário. Já no posicionamento relativo, os erros orbitais são praticamente eliminados. Porém, erros remanescentes degradam a acurácia das componentes da linha de base, à medida que sua extensão aumenta. Pode-se perceber esta proporcionalidade através da expressão de Wells *et al.* (1986), dada por (3):

$$\Delta b = b \frac{\Delta r}{r} \quad (3)$$

onde:

$\Delta b$  = erro resultante na linha de base;

$b$  = comprimento da linha de base (km);

$\Delta r$  = erro na posição do satélite; e

$r$  = distância do satélite ao receptor.

De acordo com a expressão (3), verifica-se que para um erro de 1 m (precisão atual das efemérides transmitidas) tem-se um erro de 5 mm para uma linha de base de 100 km para o caso do GPS (valor de  $r$  igual a 20000 km).

As efemérides transmitidas são disponíveis em tempo real pelos próprios satélites. Já as precisas são disponibilizadas pelo IGS, e podem ser precisas (IGS) ou ultrarrápidas (IGU). Aqueles que desejam um posicionamento com alta precisão devem estar atentos na escolha das efemérides a serem usadas, sendo as efemérides precisas as mais indicadas para posicionamento relativo em linhas de base médias e/ou longas. No PPP seu uso é imprescindível.

Vale salientar que na navegação utilizam-se as efemérides transmitidas, associadas a uma das várias realizações do WGS84, enquanto para levantamento de precisão, utilizam-se as efemérides precisas, associadas a uma das várias realizações do ITRF. A última realização do WGS84 é o WGS84(G1674) e a última realização do ITRF é o ITRF2008.

## 4.2. REFERENCIAIS GEODÉSICOS ASSOCIADOS ÀS EFEMÉRIDES PRECISAS

### 4.2.1. *International Terrestrial Reference System e International Terrestrial Reference Frame*

O ITRS (*International Terrestrial Reference System*) é considerado o referencial geodésico mais preciso atualmente. Este se enquadra como um Referencial Teórico. Sua realização é conhecida como ITRF (*International Terrestrial Reference Frame*). O ITRS e o ITRF estão sob a responsabilidade do Centro ITRS, parte do IERS (IERS, 2014).

O ITRS trata-se de um sistema geocêntrico (origem no centro de massa da Terra) incluindo os oceanos e a atmosfera, sua escala é aquela de um catálogo terrestre local no sentido relativístico da teoria da gravitação e sua orientação é aquela definida inicialmente pelo BIH (*Bureau International de l'Heure*) em 1984.0 (BLITZKOW *et al.*, 2012).

A evolução da orientação no tempo é garantida pela condição de "não rotação da rede" (*No-Net-Rotation*) com relação aos movimentos tectônicos sobre toda a Terra, do ponto de vista global (McCARTHY, 1996; BLITZKOW *et al.*, 2012).

A manutenção de um Sistema de Referência Terrestre Internacional é uma das atribuições do IERS, como já mencionado. Ele é usado tanto para analisar conjuntos individuais das técnicas disponíveis atualmente ou a combinação das observações individuais visando um conjunto único de informações (coordenadas de estações, parâmetros de orientação, etc.). As referidas técnicas são: VLBI (*Very Long Baseline Interferometry*), SLR (*Satellite Laser Ranging*), LLR (*Lunar Laser Ranging*), GPS e DORIS (*Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite*) (BLITZKOW *et al.*, 2012; IERS, 2014).

O sistema ITRS é materializado atualmente por um catálogo de coordenadas e de velocidades, para um dado momento e para um conjunto de estações, que é o ITRF. Em outras palavras, o ITRF é um grupo de

coordenadas cartesianas de pontos tridimensionais que concretiza o ITRS. As velocidades das estações são incluídas, pois estas se deslocam principalmente devido às movimentações das placas tectônicas regionais e continentais e às deformações da crosta terrestre provocada pela Lua (FERNANDES & NOGUEIRA, 2010).

O ITRS, aliado à Geodésia Espacial, contribui na determinação precisa de órbitas de satélites, na quantificação da rotação da Terra, do movimento das placas tectônicas e do aumento do nível do mar e sua variabilidade no tempo e no espaço (ALTAMIMI *et al.*, 2011).

Existem várias realizações ITRS, dentre elas pode-se citar: ITRF89, ITRF90, ITRF91, ITRF92, ITRF93, ITRF94, ITRF95, ITRF96, ITRF97, ITRF2000, ITRF2005 e mais recentemente o ITRF2008 (ALTAMIMI, *et al.*, 2011; IERS, 2014). Salienta-se que a realização ITRF2013 está prestes a ser disponibilizada, como consta em <[http://itrf.ensg.ign.fr/ITRF\\_solutions/](http://itrf.ensg.ign.fr/ITRF_solutions/)>.

Com base no ITRF2008, o *International GNSS Service* (IGS) disponibilizou o IGS08 e o IGB08, que consistem na aplicação de correções de posição para 65 estações que foram significativamente afetadas pelos diferentes modelos de calibração de antenas GNSS usadas para a geração do ITRF2008 (igs05.atx) e os modelos utilizados na atual análise de dados GNSS (igs08.atx). ITRF2008, IGS08 e IGB08 são equivalentes ao nível global, no sentido de que eles compartilham a mesma origem, escala e orientação (BRUYNINX *et al.*, 2010; REBISCHUNG *et al.*, 2012).

#### **4.2.2. Sistema Geodésico Brasileiro e o SIRGAS2000**

A resolução 01/2005, de 25 de fevereiro de 2005, da presidência do IBGE, trata da alteração da caracterização do SGB e do SCN (Sistema Cartográfico Nacional). Nela, consolidou-se o SIRGAS como referencial a ser adotado, em sua realização do ano de 2000, tendo por época de referência 2000,4. O SIRGAS2000 tem como Sistema Geodésico de Referência o ITRS (MONICO, 2008). O SIRGAS é uma densificação do ITRF2000, sendo, desta forma, compatíveis.

A adoção de um ITRS como sistema de referência para o SIRGAS2000 permitiu uma integração consistente com redes de outros continentes, além de favorecer na homogeneização de resultados internos ao continente. Consequentemente pode-se relacionar pontos em continentes diferentes com boa precisão, visto que estão definidos a um mesmo referencial (FERNANDES & NOGUEIRA, 2010).

O SIRGAS2000 possui como elipsóide de referência, o recomendado pela IAG (*International Association of Geodesy*), o GRS80 (*Geodetic Reference System* de 1980), com posicionamento segundo os eixos coordenados do ITRS (sistema geocêntrico). A RBMC faz parte da rede do SIRGAS, e emprega técnicas de posicionamento bastante precisas (MONICO, 2008; FERNANDES & NOGUEIRA, 2010). O SIRGAS é a plataforma para uma ampla variedade de aplicações científicas como a observação da deformação crustal, movimentos verticais, a mudança do nível do mar, estudos atmosféricos, etc (SIRGAS, 2014).

#### **4.3. TRANSFORMAÇÃO E ATUALIZAÇÃO DE COORDENADAS**

O processo de transformação e atualização de coordenadas é uma tarefa de extrema importância em aplicações geodésicas ou geodinâmicas em que são exigidas altas acurácias. Isto ocorre, principalmente, em função da contínua deformação da crosta terrestre, que faz com que as coordenadas que foram estimadas em uma determinada época, alterem com o tempo. Esta é uma das razões da disponibilidade de várias realizações do ITRS.

O processo de atualização de coordenadas pode ou não envolver referenciais distintos. Quando é envolvido um mesmo referencial, o processo se resume em apenas atualizar as coordenadas.

Quando são envolvidos diferentes referenciais, em épocas distintas, o processo envolve transformação e atualização de coordenadas. Neste caso, para compatibilizar diferentes referenciais, considerando a evolução temporal das coordenadas, necessita-se de uma transformação que aplica simultaneamente as translações, rotações, fator de escala e respectivas taxas

de variação com relação ao tempo, além da velocidade da estação (SOUZA, *et al.* 2008). Esta transformação é denominada de transformada de Helmert generalizada. Nesse caso pode-se aplicar a transformação generalizada de Helmert, dada da seguinte forma (SOLER, 1999); (SAPUCCI & MONICO 2000); (MONICO, 2008):

$$\vec{X}_{ITRF_{zz}(t)} = \vec{T} + (1 + s)[\varepsilon + I] [\vec{X}_{ITRF_{yy}(t_0)} + \vec{V}_{ITRF_{yy}}(t - t_0)] + [\dot{T} + [(1 + s)\dot{\varepsilon} + \dot{s}[\varepsilon + I]]\vec{X}_{ITRF_{yy}(t_0)}] (t - t_0) \quad (4)$$

onde:

$\vec{X}_{ITRF_{zz}(t)}$  = vetor das coordenadas cartesianas de um ponto P no referencial ITRFzz na época t, em metros;

$\vec{X}_{ITRF_{yy}(t_0)}$  = vetor das coordenadas cartesianas de um ponto P no referencial ITRFyy na época  $t_0$ , em metros;

$\vec{T}$  = vetor das translações em X, Y e Z entre os dois referenciais, dadas em metros;

$\varepsilon$  = matriz das rotações diferenciais em torno dos eixos X, Y e Z, dadas em radianos;

$s$  = fator de escala entre os dois referenciais, adimensional, dado em ppm;

$I$  = matriz identidade;

$(t - t_0)$  = intervalo de tempo expresso em anos e sua fração;

$\dot{T}$   $\dot{\varepsilon}$  e  $\dot{s}$  = variações em translação, rotação e fator de escala no ITRFyy com relação ao tempo.

De acordo com a expressão apresentada, verifica-se que a transformada de Helmert generalizada pode ser aplicada quando são conhecidos os sete parâmetros de transformação (3 rotações, 3 translações e 1 fator diferencial de escala) e mais 7 parâmetros referentes as suas taxas de variação com relação ao tempo, totalizando 14 parâmetros. Além disso, deve-se ter conhecimento do vetor de velocidades da estação.

Outra forma de realizar a transformação e atualização de coordenadas consiste em atualizar os parâmetros de transformação para a época de interesse, para em seguida, realizar a transformação de coordenadas, e, por

fim, atualizar as coordenadas. Esta metodologia que foi utilizada nessa pesquisa.

Para atualizar os parâmetros da época inicial  $t_0$  para a época  $t$ , utiliza-se a seguinte expressão (ITRF, 2015) e (MONICO, 2008);

$$P(t) = P_{t_0} + \dot{P}_{(t-t_0)} \Rightarrow \begin{pmatrix} T_X(t) \\ T_Y(t) \\ T_Z(t) \\ S(t) \\ e_X(t) \\ e_Y(t) \\ e_Z(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} T_X(t_0) \\ T_Y(t_0) \\ T_Z(t_0) \\ S(t_0) \\ \varepsilon_X(t_0) \\ \varepsilon_Y(t_0) \\ \varepsilon_Z(t_0) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \dot{T}_X \\ \dot{T}_Y \\ \dot{T}_Z \\ \dot{S} \\ \dot{e}_X \\ \dot{e}_Y \\ \dot{e}_Z \end{pmatrix} (t - t_0) \quad (5)$$

Onde

$\dot{P}$  = taxa de variação dos parâmetros.

Após a atualização dos parâmetros, realiza-se a transformação entre os sistemas de referência, através da transformação de similaridade, por meio de três translações, três rotações e um fator de escala. O modelo matemático para transformar as coordenadas no sistema origem (o) para o sistema destino (d) é dado por (PETIT & LUZUM, 2010):

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_d = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_o + \begin{bmatrix} T_X \\ T_Y \\ T_Z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} S & -\varepsilon_Z & \varepsilon_Y \\ \varepsilon_Z & S & -\varepsilon_X \\ -\varepsilon_Y & \varepsilon_X & S \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_o \quad (6)$$

É importante salientar que os sete parâmetros de transformação e as coordenadas dos pontos nos dois sistemas devem estar na mesma época.

A tabela 2 mostra os 14 parâmetros de transformação, na época 2005,0, de ITRF2008 para ITRF2005. Já a tabela 3 mostra os 14 parâmetros de transformação, na época 2000,0, de ITRF2005 para ITRF2000.

**Tabela 2 - Parâmetros de transformação de ITRF2008 para ITRF2005, época 2005,0.**

Fonte: adaptado de (ALTAMIMI *et al.*, 2012).

	<b>T<sub>x</sub></b>	<b>T<sub>y</sub></b>	<b>T<sub>z</sub></b>	<b>s</b>	<b>ε<sub>x</sub></b>	<b>ε<sub>y</sub></b>	<b>ε<sub>z</sub></b>
	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>ppb</i>	<i>mas</i>	<i>Mas</i>	<i>mas</i>
	<b><math>\dot{T}_x</math></b>	<b><math>\dot{T}_y</math></b>	<b><math>\dot{T}_z</math></b>	<b><math>\dot{s}</math></b>	<b><math>\dot{\epsilon}_x</math></b>	<b><math>\dot{\epsilon}_y</math></b>	<b><math>\dot{\epsilon}_z</math></b>
	<i>mm/ano</i>	<i>mm/ano</i>	<i>mm/ano</i>	<i>ppb/ano</i>	<i>mas/ano</i>	<i>mas/ano</i>	<i>mas/ano</i>
	-0,5	-0,9	-4,7	0,94	0,00	0,00	0,00
±	0,2	0,2	0,2	0,03	0,08	0,08	0,08
	0,3	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
±	0,2	0,2	0,2	0,03	0,08	0,08	0,08

**Tabela 3 - Parâmetros de transformação de ITRF2005 para ITRF2000, época 2000,0.**

Fonte: adaptado de (ALTAMIMI *et al.*, 2007).

	<b>T<sub>x</sub></b>	<b>T<sub>y</sub></b>	<b>T<sub>z</sub></b>	<b>s</b>	<b>ε<sub>x</sub></b>	<b>ε<sub>y</sub></b>	<b>ε<sub>z</sub></b>
	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>ppb</i>	<i>mas</i>	<i>Mas</i>	<i>mas</i>
	<b><math>\dot{T}_x</math></b>	<b><math>\dot{T}_y</math></b>	<b><math>\dot{T}_z</math></b>	<b><math>\dot{s}</math></b>	<b><math>\dot{\epsilon}_x</math></b>	<b><math>\dot{\epsilon}_y</math></b>	<b><math>\dot{\epsilon}_z</math></b>
	<i>mm/ano</i>	<i>mm/ano</i>	<i>mm/ano</i>	<i>ppb/ano</i>	<i>mas/ano</i>	<i>mas/ano</i>	<i>mas/ano</i>
	-0,1	-0,8	-5,8	0,40	0,00	0,00	0,00
±	0,3	0,3	0,3	0,05	0,01	0,01	0,01
	-0,2	0,1	-1,8	0,08	0,00	0,00	0,00
±	0,3	0,3	0,3	0,05	0,01	0,01	0,01

A atualização das coordenadas das estações da época ( $t_0$ ) para a época de interesse ( $t$ ) pode ser realizada de acordo com as equações (7), (8) e (9) (SIRGAS, 2014b):

$$X(t) = X(t_0) + V_X(t - t_0) \quad (7)$$

$$Y(t) = Y(t_0) + V_Y(t - t_0) \quad (8)$$

$$Z(t) = Z(t_0) + V_Z(t - t_0) \quad (9)$$

Em que:

$t$  = época de interesse para a determinação das coordenadas;

$t_0$  = época de origem das coordenadas cartesianas geocêntricas;

$X(t), Y(t), Z(t)$  = coordenadas cartesianas geocêntricas de uma estação na época de destino;

$X(t_0), Y(t_0), Z(t_0)$  = coordenadas cartesianas geocêntricas de uma estação na época de origem.

#### 4.3.1. Modelos de Velocidade das Estações

Quando em uma realização de um sistema de referência não são proporcionadas as componentes da velocidade da estação, e necessita-se atualizar as coordenadas para outra época, faz-se o uso da teoria de tectônica de placas, ou seja, utilizam-se modelos de velocidade das placas litosféricas da região de interesse, a fim de estimar as componentes da velocidade da estação (MONICO, 2008).

O modelo recomendado pelas convenções IERS 2010 é o NNR-NUVEL-1A (*No Net Rotation – Northern University Model 1A*) (XIN-HUI *et al.*, 2013). Este modelo combina várias informações como: variações de anomalias magnéticas e azimutes de falhas na crosta, para estimar as velocidades relativas das referidas placas. Assim, se sustenta a confiabilidade do modelo. A placa do pacífico é tomada como referência para estimação dos vetores.

Existem diversos modelos que estimam a velocidade relativa das placas litosféricas, como ITRF2000, Apkim 2000, Apkim 2002, VEMOS, NUVEL1A, MORVEL2010, REVEL2000, entre outros (UNAVCO, 2015).

Nesta pesquisa foi utilizado o modelo recomendado pelas convenções IERS2010, ou seja, o modelo NNR-NUVEL-1A.

## 5. MATERIAIS

### 5.1. BASE DE DADOS UTILIZADA

A base de dados escolhida foi um conjunto de estações ativas da RBMC, totalizando 46 estações, das quais foram utilizados os arquivos de observação no formato RINEX, para o dia 01/01/2014. Também utilizou-se as coordenadas dos descritivos das mesmas estações, disponíveis no formato adobe PDF. Os arquivos mencionados são disponibilizados pelo IBGE, no seguinte endereço: [http://downloads.ibge.gov.br/downloads\\_geociencias.htm](http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm). A tabela 4 apresenta as estações da RBMC utilizadas, suas coordenadas geodésicas em SIRGAS2000, época 2000,4, extraídas dos respectivos descritivos.

Também foram utilizadas as efemérides precisas para o processamento no LGO, no formato SP3 (*Standard Product 3*), para a data 01/01/2014, disponibilizadas pelo IGS, no endereço: <http://igs.cb.jpl.nasa.gov/components/prods.html>. Tais efemérides foram utilizadas visando a obtenção de melhor precisão que a proporcionada pelas efemérides transmitidas. Além disso, nesse caso, as coordenadas obtidas no processamento no LGO estarão referenciadas ao ITRF2008 (IGb08), mesmo sistema de referência das coordenadas obtidas no IBGE-PPP e AUSPOS.

**Tabela 4- Quadro de estações RBMC homologadas pelo IBGE, em SIRGAS2000, época 2000,4**

<b>Coordenadas Geodésicas</b>				
<b>Estação</b>	<b>Latitude (<math>\phi</math>)</b>	<b>Longitude (<math>\lambda</math>)</b>	<b>Alt.Elíp. (h) m</b>	<b>Cidade (UF)</b>
BRFT	-03° 52' 38,81"	-38° 25' 31,93"	21,68	Euzébio (CE)
CEEU	- 03° 52' 39,17"	- 38° 25' 31,94"	21,75	Euzébio (CE)
MCLA	- 16° 43' 13,42"	- 43° 52' 52,73"	656,54	Montes Claros (MG)
MGMC	-16° 42' 59,01"	-43° 51' 29,93"	618,16	Montes Claros (MG)
MGUB	- 18° 55' 8,98"	- 48° 15' 21,77"	869,24	Uberlândia (MG)
UBER	- 18° 53' 22,32"	- 48° 19' 1,09"	791,83	Uberlândia (MG)
SAVO	-12° 56' 21,28"	-38° 25' 56,11"	76,32	Salvador (BA)
SSA1	- 12° 58' 30,56"	- 38° 30' 59,34"	-2,09	Salvador (BA)
RIOD	- 22° 49' 4,23"	- 43° 18' 22,59"	8,63	Rio de Janeiro (RJ)
ONRJ	- 22° 53' 44,52"	- 43° 13' 27,59"	35,64	Rio de Janeiro (RJ)
APSA	- 00° 03' 36,92"	- 51° 10' 2,89"	-11,07	Santana (AP)
MAPA	00° 02' 48,06"	- 51° 05' 50,41"	-4,22	Macapá (AP)
CEFT	- 03° 42' 38,92"	- 38° 28' 22,50"	4,91	Fortaleza (CE)
POLI	- 23° 33' 20,33"	- 46° 43' 49,12"	730,62	São Paulo (SP)
SPCA	- 22° 48' 58,63"	- 47° 03' 45,69"	622,98	Campinas (SP)
UBA1	- 23° 30' 0,63"	- 45° 07' 8,04"	6,22	Ubatuba (SP)
MGIN	- 22° 19' 6,82"	- 46° 19' 40,88"	883,72	Inconfidentes (MG)
EESC	- 22° 00' 17,81"	- 47° 53' 57,04"	824,59	São Carlos (SP)
SPJA	- 21° 14' 27,86"	- 48° 17' 12,13"	570,2	Jaboticabal (SP)
IMBT	- 28° 14' 5,42"	- 48° 39' 20,59"	31,41	Imbituba (SC)
SCFL	- 27° 35' 57,76"	- 48° 31' 10,32"	17,07	Florianópolis (SC)
SJSP	- 23° 12' 25,67"	- 45° 51' 42,25"	605,09	São José dos Campos (SP)
PBJP	- 07° 08' 10,60"	- 34° 52' 24,32"	49,07	João Pessoa (PB)
PEAF	- 07° 45' 50,80"	- 37° 37' 55,03"	533,02	Afogados da Ingazeira (PE)
SCLA	- 27° 47' 34,20"	- 50° 18' 15,34"	940,72	Lages (SC)
MGBH	- 19° 56' 30,84"	- 43° 55' 29,62"	974,86	Belo Horizonte (MG)
VICO	- 20° 45' 41,40"	- 42° 52' 11,96"	665,96	Viçosa (MG)
RJCG	-21° 45' 53,51"	-41° 19' 34,16"	9,96	Campos dos Goytacazes (RJ)
RNNA	- 05° 50' 10,10"	- 35° 12' 27,74"	45,97	Natal (RN)
IMPZ	- 05° 29' 30,35"	- 47° 29' 50,04"	105,01	Imperatriz (MA)
MABA	- 05° 21' 44,56"	- 49° 07' 20,27"	79,82	Marabá (PA)
RNMO	-05° 12' 15,24"	-37° 19' 31,67"	23,4	Mossoró (RN)
GVAL	- 18° 51' 20,18"	- 41° 57' 27,42"	178,66	Governador Valadares (MG)
MGRP	- 19° 12' 35,49"	- 46° 07' 57,18"	1.123,48	Rio Paranaíba (MG)
BAIL	- 14° 47' 47,76"	- 39° 10' 20,58"	44,68	Ilhéus (BA)
SEAJ	- 10° 55' 46,67"	- 37° 06' 15,40"	1,64	São Cristóvão (SE)
PAAT	- 03° 12' 3,53"	- 52° 10' 52,70"	162,54	Altamira (PA)
MGVA	- 21° 32' 33,44"	- 45° 26' 5,97"	957,28	Varginha (MG)
SPBO	- 22° 51' 8,88"	- 48° 25' 56,28"	803,12	Botucatu (SP)
PBCG	- 07° 12' 49,2401"	- 35° 54' 25,6957"	534,1	Campina Grande (PB)
CRAT	- 07° 14' 16,8673"	- 39° 24' 56,1798"	436,05	Crato (CE)
ALAR	- 09° 44' 57,2084"	- 36° 39' 12,3116"	266,23	Arapiraca (AL)
POAL	- 30° 04' 26,5528"	- 51° 07' 11,1532"	76,75	Porto Alegre (RS)
CEFE	- 20° 18' 38,8600"	- 40° 19' 10,0376"	14,31	Vitória (ES)
MABS	- 07° 32' 1,7345"	- 46° 02' 22,9816"	226,9	Balsas (MA)
UFPR	- 25° 26' 54,1269"	- 49° 13' 51,4372"	925,81	Curitiba (PR)

## 5.2. APLICATIVOS COMPUTACIONAIS UTILIZADOS

Para realizar a transformação entre sistemas de referência e a atualização das coordenadas de referência, foi utilizado o *software* Matlab,

versão R2012b, licença do Departamento de Engenharia Civil (DEC), da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

No processamento das linhas de base simples e multivetorial, foi utilizado o *software* LGO (Leica Geo Office Combined), versão 6.0, também com licença cedida pelo DEC. Além desse, também foi utilizado o aplicativo de processamento gratuito *online* AUSPOS, para o processamento dos dados em rede.

Já para o processamento PPP, foi utilizado o aplicativo de processamento gratuito *online* IBGE-PPP, disponível no sítio do IBGE.

Para edição dos arquivos formato RINEX, foi utilizado o *software* livre TEQC (*Translate Edit Quality Check*) desenvolvido pela UNAVCO Consortium.

O *software* Excel, do pacote *Microsoft Office*, foi utilizado para os cálculos de discrepâncias entre as coordenadas calculadas e as de referência, assim como para a geração dos gráficos que compõem os resultados (licença cedida pelo DEC).

Para o cálculo das velocidades das estações, foi utilizado o aplicativo *online* na UNAVCO.

## 6. MÉTODOS

### 6.1. Transformação e atualização das coordenadas

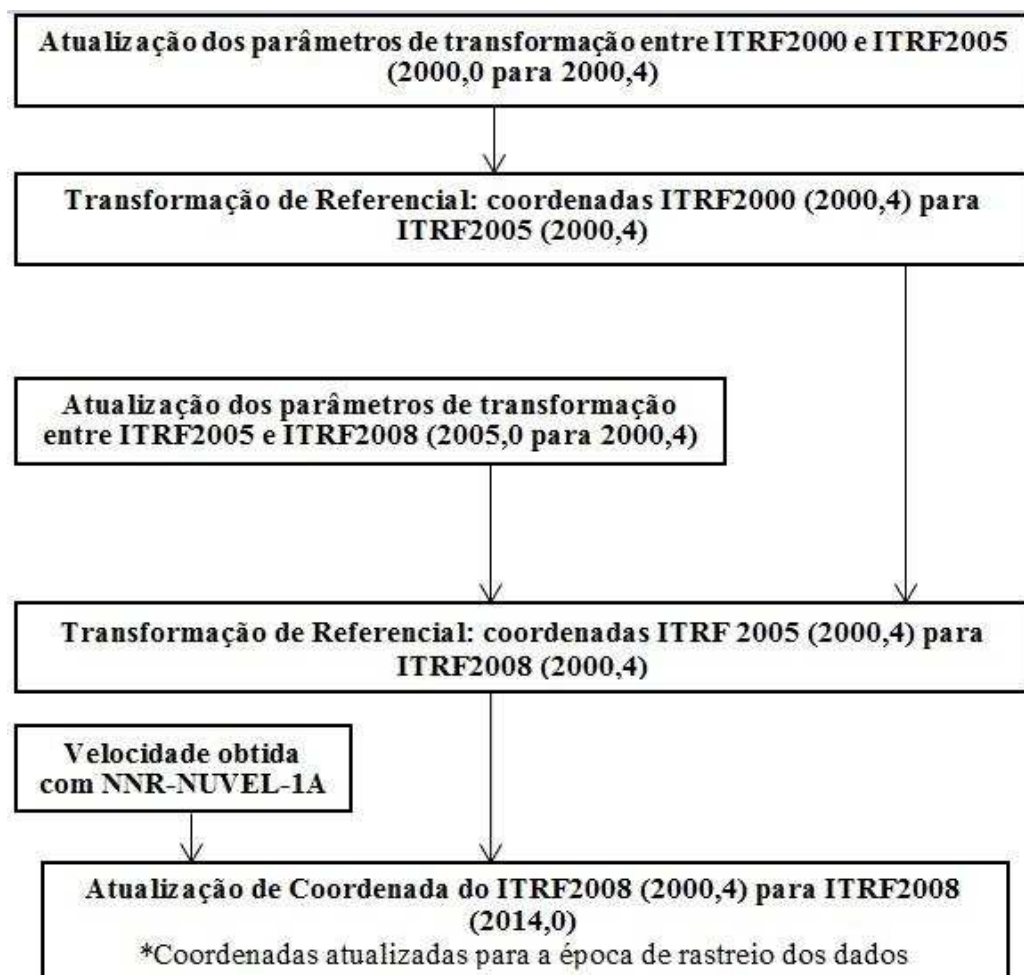
Visando minimizar o efeito do deslocamento de placas tectônicas, a primeira fase deste trabalho consistiu na realização da transformação e atualização das coordenadas obtidas dos descritivos dos *rovers*, disponibilizados pelo IBGE para a época de rastreamento dos arquivos RINEX, ou seja, a transformação e atualização das coordenadas SIRGAS 2000, época 2000,4 para ITRF2008 (IGb08), época 2014,0. Sendo assim, as coordenadas a serem comparadas estarão referenciadas na mesma época e sistema de referência. Por este motivo, também foi necessária a transformação e atualização das coordenadas que serviram como base no processamento utilizando o LGO.

Para tanto, foi preciso obter as componentes de velocidade para cada estação envolvida. As velocidades foram calculadas submetendo-se os valores das coordenadas das estações envolvidas, utilizando o modelo NNR-NUVEL-1A, recomendado pelas convenções IERS 2010, através da seguinte página disponibilizada pela UNAVCO: [http://www.unavco.org/community\\_science/science-support/crustal\\_motion/dxdt/model.html](http://www.unavco.org/community_science/science-support/crustal_motion/dxdt/model.html).

Em posse das coordenadas obtidas dos descritivos, das estações RBMC selecionadas (bases e *rovers*), e de suas respectivas velocidades, foi possível realizar a atualização e transformação de tais coordenadas, para a época de rastreamento. Os parâmetros de transformação e o modelo matemático utilizados foram os recomendados pelo IERS, disponibilizados pelo ITRF através do endereço: [http://itrf.ensg.ign.fr/trans\\_para.php](http://itrf.ensg.ign.fr/trans_para.php) e como mostram as tabelas 2 e 3.

Tal modelo foi implementado no Matlab, e obtiveram-se então as coordenadas atualizadas e transformadas. A figura 3 ilustra o esquema da atualização. Salienta-se que nesse trabalho foi considerada a compatibilidade entre o SIRGAS2000 e o ITRF2000 e entre o ITRF2008 e o IGb08. É importante destacar que o SIRGAS2000 como um sistema de referência é

idêntico a um ITRS. Além disso, o SIRGAS2000 é uma densificação regional do ITRF2000 (SIRGAS, 2015).



**Figura 3 - Esquema realizado para transformação e atualização das coordenadas utilizadas.**

Salienta-se que não foi realizada a mudança de referencial das velocidades, visto que os resultados praticamente são os mesmos.

A lista de coordenadas das estações da RBMC (base e *rover* – total de 46 estações) transformadas e atualizadas para IGB08, na época de coleta dos dados, estão disponíveis no Apêndice 01.

## 6.2. Processamento de dados GPS

A segunda fase do trabalho envolve o processamento de dados GPS. Os arquivos RINEX utilizados foram editados no *software* TEQC, onde, para cada estação, foram gerados 7 arquivos, com diferentes intervalos de rastreo (1h, 2h, 4h, 6h, 8h, 10h e 12h). O menor intervalo utilizado, correspondente a 1h, foi utilizado em função do AUSPOS não processar dados GPS com intervalo inferior a 1h. Todos os arquivos começam às 11 TUC. Em todos os processamentos foi utilizado intervalo de gravação de 30 segundos e máscara de elevação de 10 graus. Contudo, com relação as correções dos erros envolvidos no processamento dos dados, nem todas estratégias foram iguais, pois nos programas *online* de processamento (PPP e AUSPOS) o usuário não interfere na estratégia de processamento, pois todo o processo é automatizado.

Das 46 estações (base e *rover*) atualizadas e transformadas para IGB08 na época de coleta de dados, foram escolhidas 21 estações *rover* a serem processadas no IBGE-PPP, no AUSPOS e no LGO. As demais estações foram utilizadas como estações base no posicionamento relativo pelo LGO.

Para realizar o processamento pelo PPP, foi utilizado o serviço gratuito IBGE-PPP *online* de pós-processamento de dados GPS, fornecido pelo IBGE. Submeteram-se os arquivos RINEX (de dupla frequência) através da página: <http://www.ppp.ibge.gov.br/ppp.htm> e os arquivos gerados com os resultados foram disponibilizados instantaneamente. A partir de então, calculou-se a discrepância entre as coordenadas estimadas em IGB08, época 2014,0 (época de coleta de dados), que podem ser encontradas no arquivo formato SUM nos resultados fornecidos pelo IBGE-PPP, e as coordenadas cartesianas de referência (descritivos das estações *rover*) atualizadas e transformadas para IGB08, época de coleta de dados. Este procedimento foi realizado de acordo com a metodologia descrita no tópico 6.1.

O serviço gratuito *online* AUSPOS foi utilizado para processamento pelo posicionamento relativo em rede. Os arquivos gerados foram recebidos por *e-mail* em poucos instantes após a submissão dos arquivos RINEX (de dupla frequência) no endereço: <http://www.ga.gov.au/bin/gps.pl>. No AUSPOS as

coordenadas estimadas em IGB08, também foram comparadas com os valores das coordenadas de referência de forma idêntica à realizada com as coordenadas estimadas pelo IBGE-PPP.

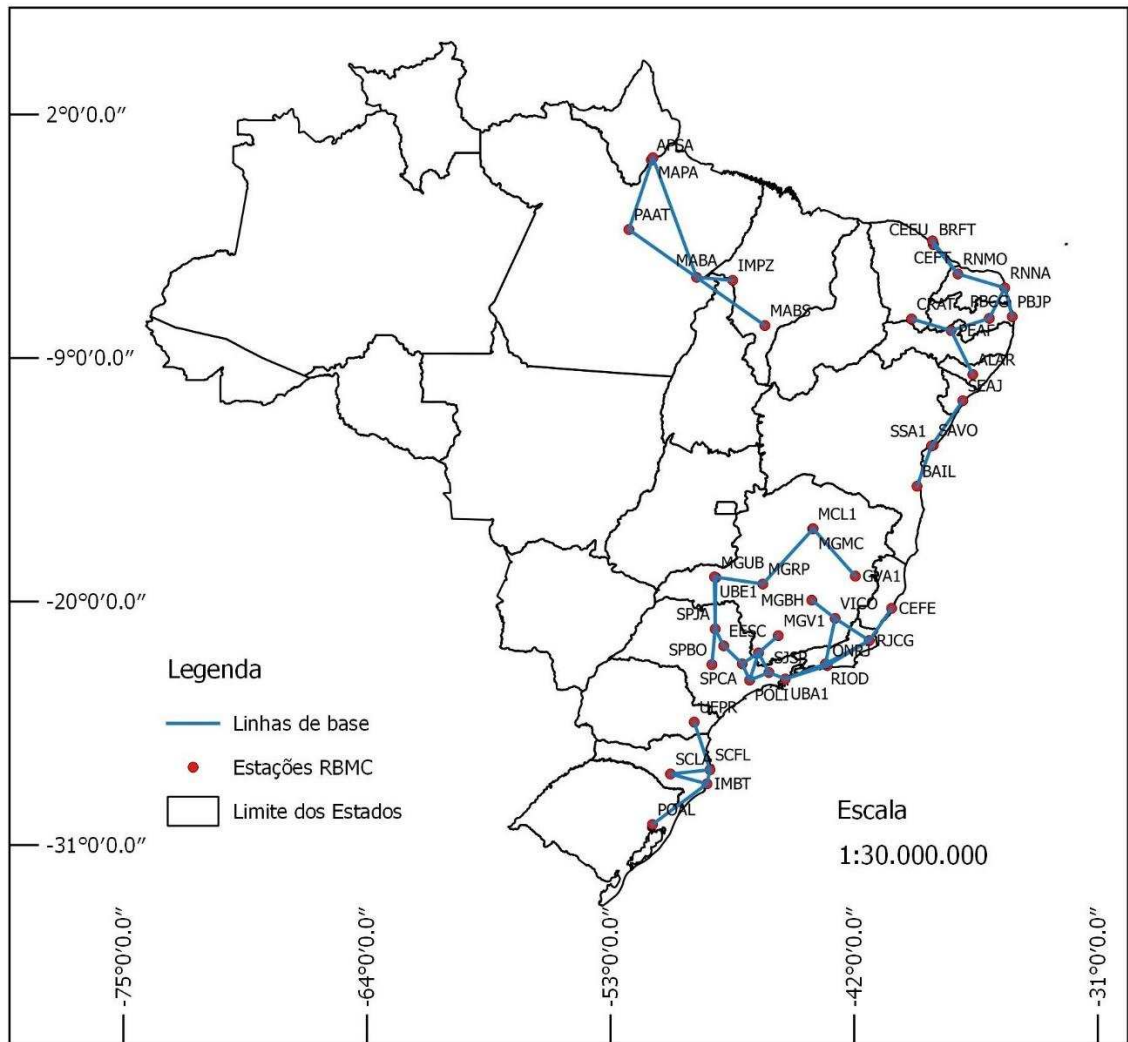
O processamento dos dados GPS pelo método de posicionamento relativo estático (simples linhas de base e múltiplas linhas de base) foi feito no *software* LGO. Para este caso, foram montadas 6 estratégias de processamento, descritas a seguir:

- Linha de base simples utilizando a portadora L1;
- Linha de base simples utilizando a solução *ion free*;
- Duas linhas de base utilizando a portadora L1;
- Duas linhas de base utilizando a solução *ion free*;
- Três linhas de base utilizando a portadora L1;
- Três linhas de base utilizando a solução *ion free*.

Para as linhas de base simples (1LB), há 8 estações *rover* obtidas a partir de linhas de base com extensão de até 20km, 5 estações *rover* obtidas a partir de linhas de base com extensão entre 20km e 100km e 8 estações *rover* a partir de linhas de base acima de 100km. Apesar da dificuldade em definir o comprimento de linhas de base no posicionamento relativo, como descrito em Dal Poz & Camargo (2008), neste trabalho, serão consideradas linhas de base curtas, com extensão de até 20 km, linhas de base média, com extensão de até 100 km e longas acima de 100 km.

As quatro últimas estratégias, com duas linhas de base (2LB) e três linhas de base (3LB), configuram-se como processamento multivetorial, que envolvem múltiplas linhas de base, com o objetivo de estimar as coordenadas de apenas uma estação *rover*. A figura 4 ilustra as linhas de base formadas no posicionamento relativo estático.

**Distribuição espacial das linhas de base formadas para o processamento através do posicionamento relativo estático**



**Figura 4 - Representação do Brasil com as estações e as linhas de base formadas no posicionamento relativo estático.**

A tabela 5 apresenta as estações utilizadas no processamento e o comprimento das linhas de base formadas. As combinações foram feitas da seguinte maneira:

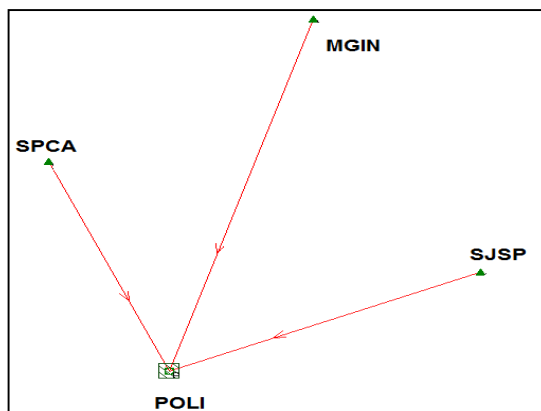
- Processamentos com 1LB: Primeira estação base;
- Processamentos com 2LB: Primeira e segunda estações base;
- Processamentos com 3LB: Primeira, segunda e terceira estações base.

**Tabela 5 - Estações base e rover utilizadas no processamento pelo posicionamento relativo estático e os comprimentos aproximados, em quilômetros, das respectivas linhas de base formadas.**

<b>Bases</b>	<b>Rover</b>	<b>Comprimentos (km)</b>	<b>Bases</b>	<b>Rover</b>	<b>Comprimentos (km)</b>
CEEU		0,01	IMBT		71,7
CEFT	BRFT	19,2	SCLA	SCFL	177,3
RNMO		190,8	UFPR		248,7
MCLA		2,5	UBA1		82,6
GVAL	MGMC	310,9	POLI	SJSP	93,8
MGRP		366,3	MGIN		109,4
MGUB		7,2	PBCG		199,9
MGRP	UBER	232,6	CRAT	PEAF	205,3
SPJA		260,0	ALAR		244,5
SAVO		9,9	SCLA		169,4
BAIL	SSA1	213,6	SCFL	IMBT	71,7
SEAJ		273,6	POAL		314,6
RIOD		12,0	UBA1		200,4
UBA1	ONRJ	205,2	ONRJ	RIOD	12,0
RJCG		232,2	RJCG		235
APSA		14,2	MGBH		142,72
PAAT	MAPA	378,8	RJCG	VICO	194,9
MABA		636,9	RIOD		232,1
BRFT		19,2	VICO		194,9
CEEU	CEFT	19,2	CEFE	RJCG	192
RNMO		208,5	ONRJ		232,2
CEFT		19,2	PBJP		148,465
BRFT	CEEU	0,01	PBCG	RNNA	170,9
RNMO		190,8	RNMO		244,8
POLI		88,7	IMPZ		180,7
MGIN	SPCA	93,5	PAAT	MABA	415,1
EESC		124,5	MABS		416,9
SPCA		93,5	MGIN		143,1
SJSP	MGIN	109,4	SPCA	POLI	88,7
MGVA		126,1	SJSP		96,8
EESC		93,6			
SPBO	SPJA	179,1			
MGUB		256,0			

A figura 5 ilustra como exemplo, as linhas de base formadas para processar os dados GPS da estação POLI. Para 1LB, processou-se MGIN-

POLI; para 2LB, processou-se MGIN-POLI e SPCA-POLI; e por fim, para 3LB, processou-se MGIN-POLI, SPCA-POLI e SJSP-POLI.



**Figura 5 - Linhas de base formadas para o processamento dos dados GPS da estação POLI.**

Em todos os processamentos, as estações base foram consideradas como fixas (injunção absoluta).

O arquivo de calibração absoluta das antenas das estações envolvidas foi inserido, sendo este no formato ANTEX (atx), fornecido pelo NGS (*National Geodetic Survey*), no endereço: <http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/LoadFile?file=ngs08.atx>. Este tipo de arquivo contém os valores das componentes dos deslocamentos dos centros de fase (*Phase Center Offset - PCO*) e das variações dos centros de fase (*Phase Center Variation - PCV*).

As coordenadas transformadas e atualizadas das estações base foram inseridas manualmente.

Quanto ao modelo troposférico, o *software* oferece a escolha dos modelos Hopfield, Hopfield Simplificado, Saastamoinen, *Essen and Frome* e Computado (todos baseados em informações de pressão, temperatura e humidade relativa). No processamento dos dados no LGO foi utilizado o modelo Hopfield. Assim, no caso da utilização das duas portadoras, foi aplicado automaticamente pelo LGO a combinação linear livre dos efeitos da ionosfera. Contudo, no caso da utilização da portadora L1, o LGO ficou configurado no modo automático. Neste caso, o principal critério para tomada de decisão se

refere ao comprimento da linha de base. As demais configurações disponíveis no *software* ficaram no modo *default*.

No total, foram realizados 147 processamentos no IBGE-PPP, 147 processamentos no AUSPOS, e 882 processamentos no LGO. Isso totaliza 1176 experimentos, ou seja, para cada estação, foram encontrados 56 resultados de coordenadas, variando o método de processamento, a quantidade e os comprimentos das linhas de base, o intervalo de tempo de rastreamento e as portadoras<sup>1</sup>.

É importante destacar que a acurácia foi calculada a partir do cálculo da tendência (discrepância) em conjunto com a precisão fornecida pelos processamentos dos dados (LGO, IBGE-PPP e AUSPOS). A partir do cálculo da discrepância (calculada na época dos dados), em conjunto com a precisão fornecida (calculada na época dos dados) pelos processamentos dos dados (LGO, IBGE-PPP e AUSPOS), foi possível calcular a acurácia dos processamentos. Nota-se que todos esses cálculos foram realizados na época de coleta dos dados, com isso, o efeito de deslocamento de placas tectônicas foi minimizado. Caso este procedimento não fosse realizado, os resultados obtidos poderiam ser precisos, porém não acurados.

### 6.3. Cálculo da Acurácia

O conceito de precisão e acurácia, para Gemael (1994), Mikhail & Ackerman (1976) e Monico *et al.* (2009) revela que precisão está vinculada apenas aos efeitos aleatórios ao passo que a acurácia vincula-se com os efeitos sistemáticos e aleatórios (tendência e sua dispersão).

O cálculo da acurácia, proposta por Gauss, se dá por (MIKHAIL & ACKERMAN, 1976):

$$m^2 = \sigma_p^2 + b^2 \quad (10)$$

onde

---

<sup>1</sup> L1 e L1L2 em conjunto

$\sigma_p^2$  = representa a dispersão das medidas (variância ou incerteza);  
 $b$  = representa a tendência ou vício do estimador (discrepância); e  
 $m$  = acurácia das medidas, também denominado de Erro Quadrático Médio (*mean square error*).

É interessante notar que esta forma de avaliação permite avaliar a acurácia a partir de dois parâmetros independentes, tendência e precisão.

Para obtenção dos valores de acurácia das medidas, foram utilizados os valores de precisão ( $\sigma_p$ ) dos relatórios de processamento, referentes a resultante planimétrica e a componente altimétrica. Nos relatórios do AUSPOS e do IBGE-PPP, estes valores foram disponibilizados em metros (coordenadas geodésicas ( $\sigma_\phi, \sigma_\lambda$  e  $\sigma_h$ )).

No caso do LGO, as coordenadas cartesianas estimadas foram convertidas para coordenadas elipsoidais. A transformação das coordenadas cartesianas em geodésicas foi realizada utilizando o método direto, proposto por Bowring (1976). Neste caso, foram adotados os parâmetros do elipsoide GRS80, com semi-eixo maior ( $a$ ) = 6378137 metros, e achatamento ( $f$ ) = 1/298,257222101.

Em seguida, com a matriz variância covariância das coordenadas cartesianas foram obtidas as precisões das coordenadas geodésicas via propagação de variância, com o uso das seguintes expressões:

$$C_{\phi\lambda h(rad)} = D * C_{XYZ} * D^T \quad (11)$$

onde D é a matriz jacobiana, dada por:

$$D = \begin{bmatrix} \frac{-\sin \phi * \cos \lambda}{(M+h)} & \frac{-\sin \phi * \sin \lambda}{(M+h)} & \frac{-\cos \phi}{(M+h)} \\ \frac{-\sin \lambda}{(M+h) * \cos \phi} & \frac{\cos \lambda}{(M+h) * \cos \phi} & 0 \\ \cos \phi * \cos \lambda & \cos \phi * \sin \lambda & \sin \phi \end{bmatrix} \quad (12)$$

sendo

$$M = \frac{a * (1 - e^2)}{(1 - e^2 * \sin^2 \phi)^{3/2}} \quad (13)$$

onde,

M = raio de curvatura da seção meridiana;

$C_{XYZ}$  = MVC das coordenadas cartesianas; e

$C_{\phi\lambda h}$  = MVC das coordenadas geodésicas.

A MVC das coordenadas geodésicas obtida forneceu os desvios-padrão da latitude e da longitude em radianos. Para transformar suas unidades para metros, basta realizar as seguintes operações matemáticas:

$$\sigma_{\phi(m)} = \sigma_{\phi(rad)} * (M + h) \quad (14)$$

$$\sigma_{\lambda(m)} = \sigma_{\lambda(rad)} * (N + h) * \cos \phi \quad (15)$$

Os valores obtidos para o desvio-padrão da altitude geométrica já possuem suas unidades em metros.

Posteriormente foram calculadas as resultantes planimétricas da precisão da seguinte forma:

$$P = \sqrt{\sigma_{\phi(m)}^2 + \sigma_{\lambda(m)}^2} \quad (16)$$

Onde P é a resultante planimétrica dos desvios, em metros. A componente altimétrica é o próprio  $\sigma_h$ , em metros.

Além disso, foram calculadas as discrepâncias (tendência). Para tanto, também foi necessária a conversão das coordenadas cartesianas em geodésicas. O cálculo da discrepância se dá por:

$$\Delta\phi_{rad} = |\phi_{calc} - \phi_{ref}| \quad (17)$$

$$\Delta\lambda_{rad} = |\lambda_{calc} - \lambda_{ref}| \quad (18)$$

$$\Delta h_{(m)} = |h_{calc} - h_{ref}| \quad (19)$$

onde,

$\Delta\phi_{rad}$ ,  $\Delta\lambda_{rad}$  e  $\Delta h_{(m)}$  = discrepâncias geodésicas calculadas na época de coleta dos dados em IGb08;

$\phi_{ref}$  e  $\lambda_{ref}$  = as coordenadas geodésicas de referência (*rover*), em radianos, transformadas e atualizadas em IGb08, na época de coleta dos dados;

$\phi_{calc}$  e  $\lambda_{calc}$  = as coordenadas geodésicas calculadas, em radianos, já estimadas em IGb08, na época de coleta dos dados;

$h_{ref}$  = altitudes geométricas de referência, em metros, transformadas e atualizadas para IGb08 na época de coleta dos dados; e

$h_{calc}$  = altitudes geométricas calculadas, em metros, já estimadas em IGb08, na época de coleta dos dados.

Para a conversão das unidades para metros, pode-se fazer (TORGE, 2001):

$$\Delta\phi_{(m)} = M * \Delta\phi_{rad} \quad (20)$$

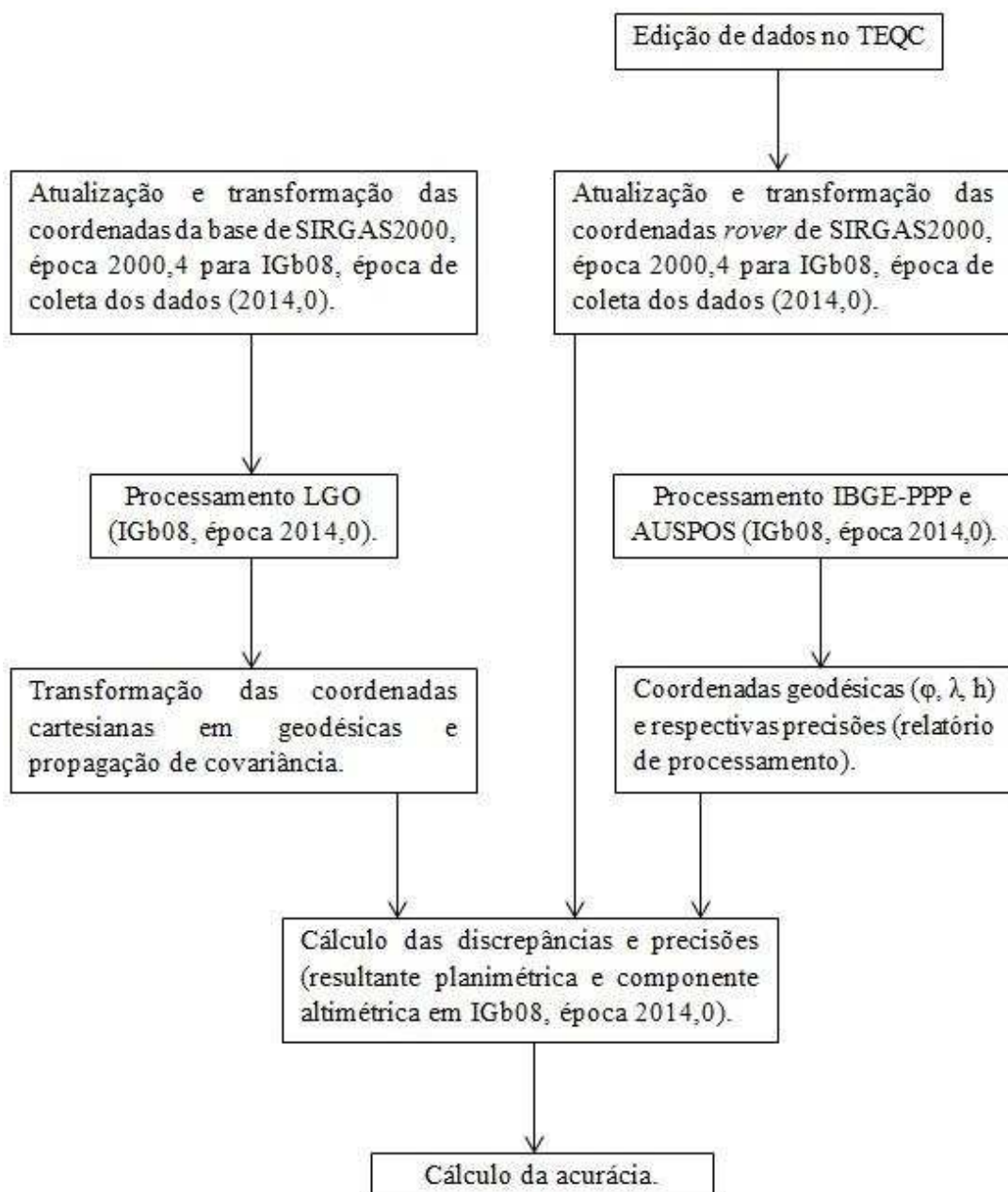
$$\Delta\lambda_{(m)} = N * \Delta\lambda_{rad} * \cos \phi \quad (21)$$

Em seguida, calcularam-se as resultantes planimétricas da tendência da seguinte maneira:

$$T = \sqrt{\Delta\phi_{(m)}^2 + \Delta\lambda_{(m)}^2} \quad (22)$$

onde T é a resultante planimétrica das discrepâncias (tendência), em metros. A componente altimétrica é o próprio  $\Delta h_{(m)}$  em metros.

A figura 6 ilustra um resumo da metodologia realizada neste trabalho, desde a atualização das coordenadas de referência até as resultantes planimétricas e componentes altimétricas finais obtidas.



**Figura 6 - Fluxograma contendo a metodologia realizada no presente trabalho.**

A atualização e transformação das coordenadas foram realizadas em função da necessidade da compatibilidade entre sistemas de referência e épocas de referência das coordenadas. Caso contrário, como já descrito, os resultados obtidos poderiam ser precisos e não acurados.

## 7. RESULTADOS E ANÁLISES

Para cada intervalo de rastreo, há três gráficos – tendência, precisão e acurácia. Os processamentos podem ser identificados na legenda dos gráficos da seguinte maneira:

- 1LB (L1) – processamento pelo posicionamento relativo com uma linha de base, utilizando a portadora L1;
- 1LB (ion) – processamento pelo posicionamento relativo com uma linha de base, utilizando a combinação *ion free*;
- 2LB (L1) – processamento pelo posicionamento relativo com duas linhas de base, utilizando a portadora L1;
- 2LB (ion) – processamento pelo posicionamento relativo com duas linhas de base, utilizando a combinação *ion free*;
- 3LB (L1) – processamento pelo posicionamento relativo com três linhas de base, utilizando a portadora L1;
- 3LB (ion) – processamento pelo posicionamento relativo com três linhas de base, utilizando a combinação *ion free*;
- PPP – processamento utilizando a técnica PPP, pelo IBGE-PPP;
- AUSPOS – processamento utilizando a técnica de posicionamento relativo em rede pelo AUSPOS.

A análise das resultantes planimétricas foi feita separadamente das componentes altimétricas.

### 7.1. RESULTANTE PLANIMÉTRICA

Os resultados referentes às resultantes planimétricas foram ilustrados através das figuras 7 a 13. Os valores de tendência, precisão e acurácia, em metros, estão contidos no Apêndice 02.

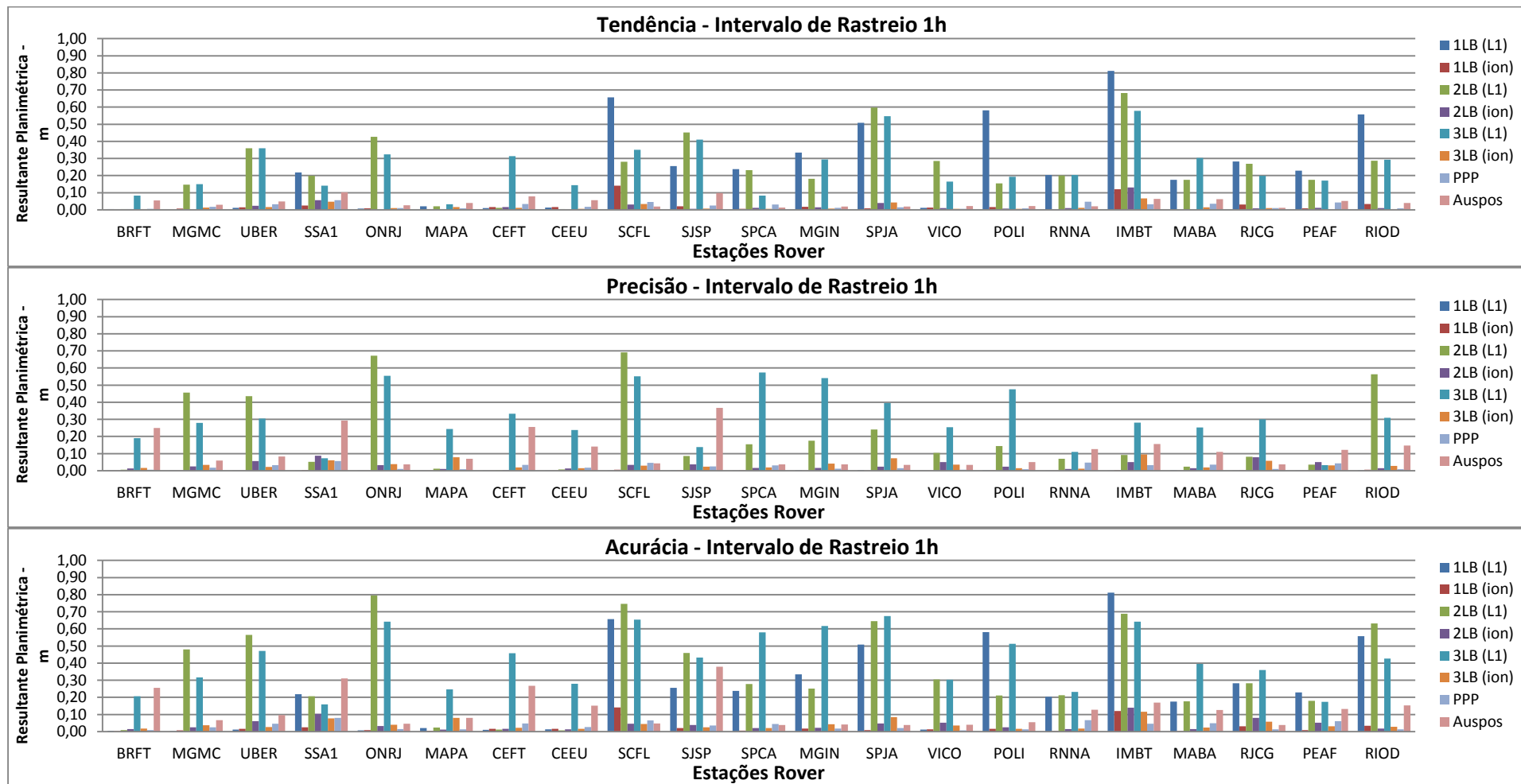
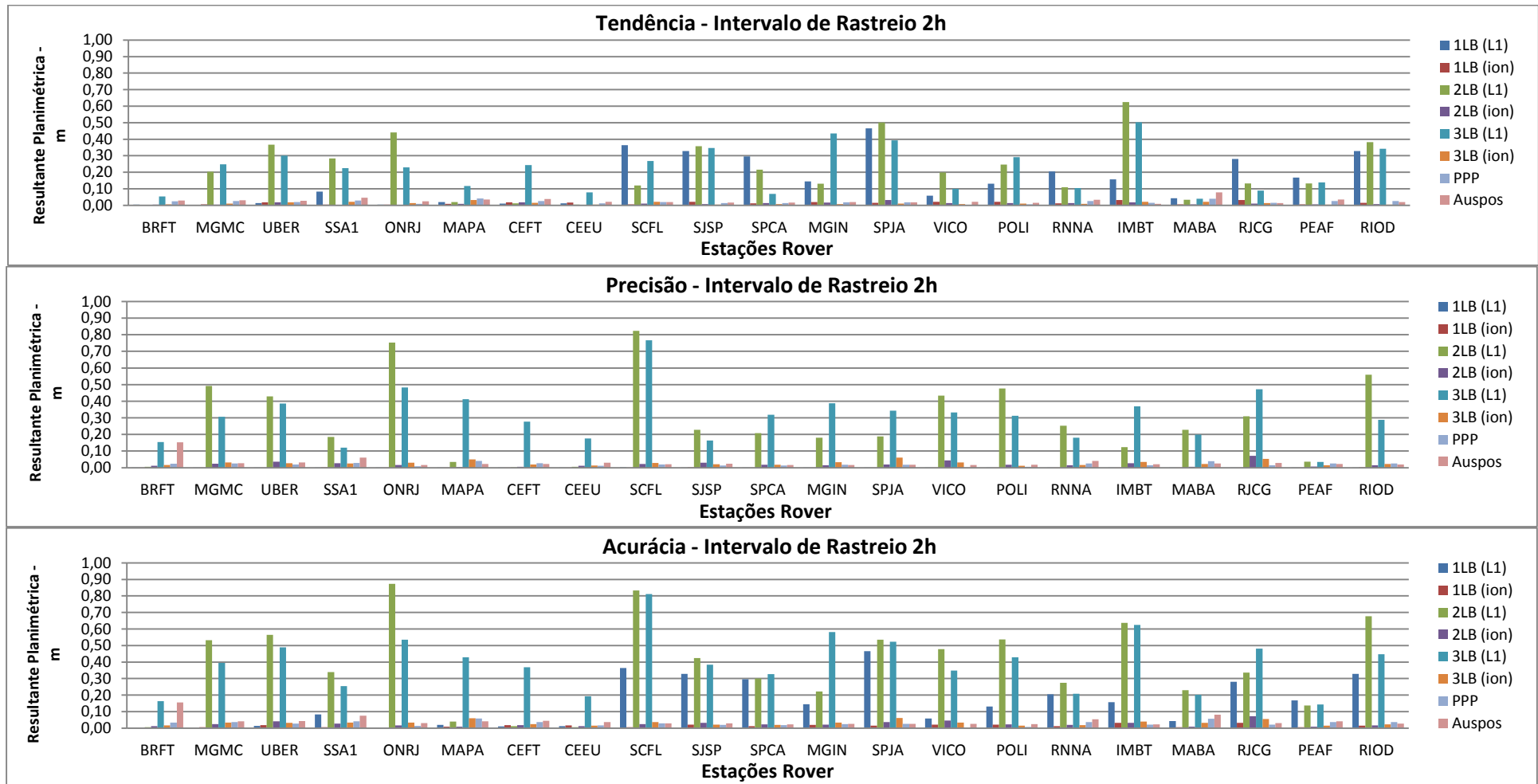
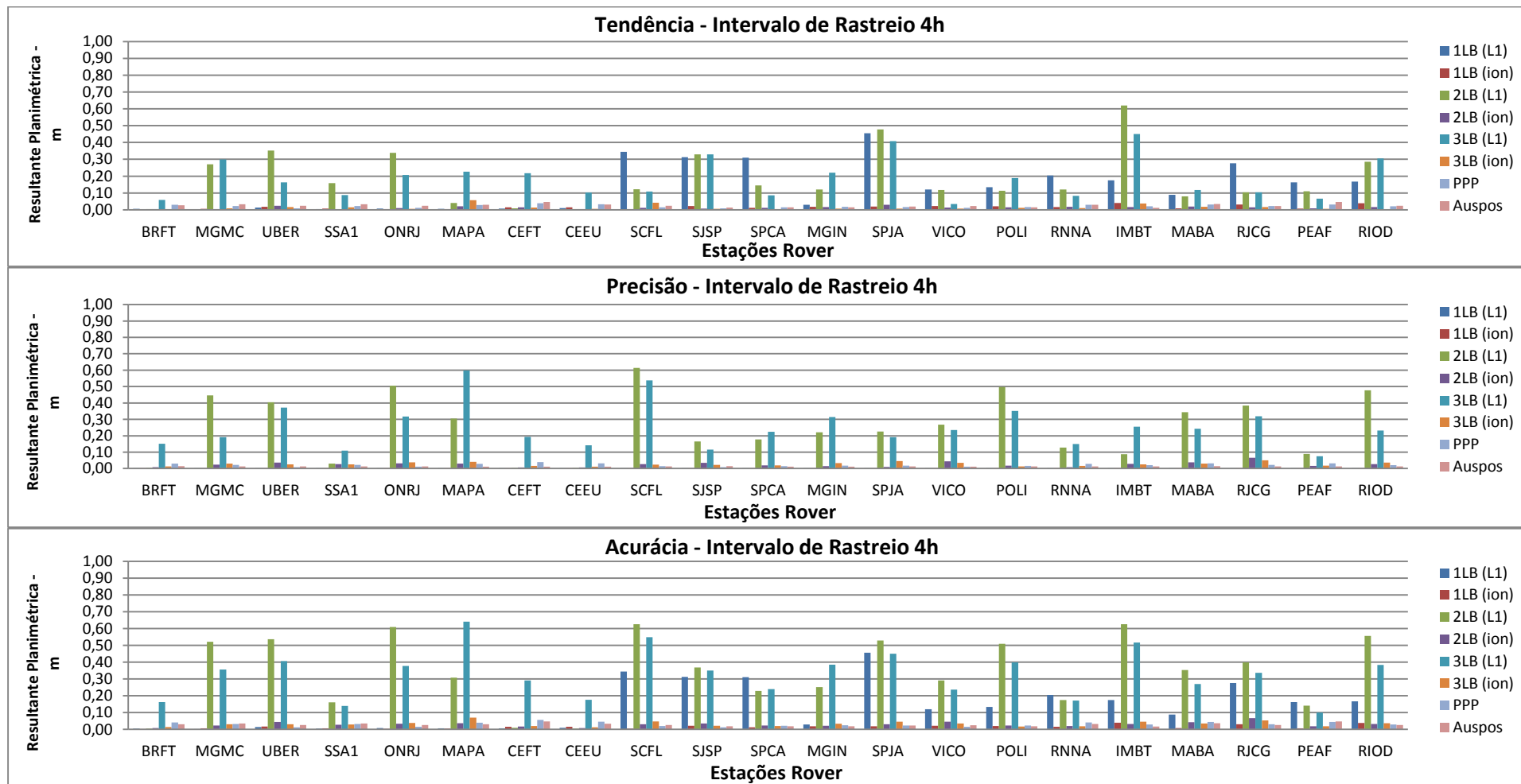


Figura 7 - Tendência, precisão e acurácia das resultantes planimétricas para uma hora de rastreo.



**Figura 8 - Tendência, precisão e acurácia das resultantes planimétricas para duas horas de rastreo.**



**Figura 9 - Tendência, precisão e acurácia das resultantes planimétricas para quatro horas de rastreo.**

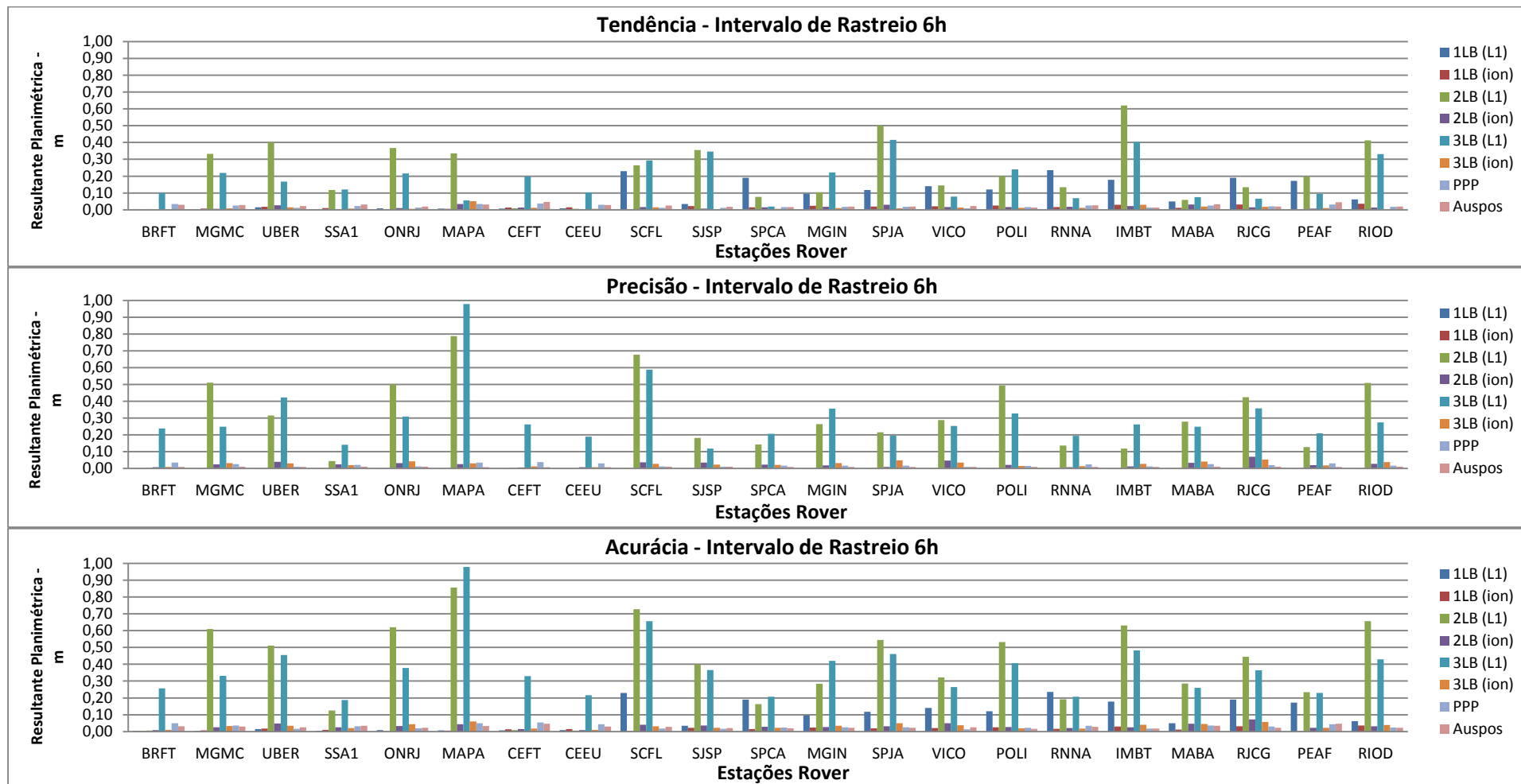


Figura 10 - Tendência, precisão e acurácia das resultantes planimétricas para seis horas de rastreo.

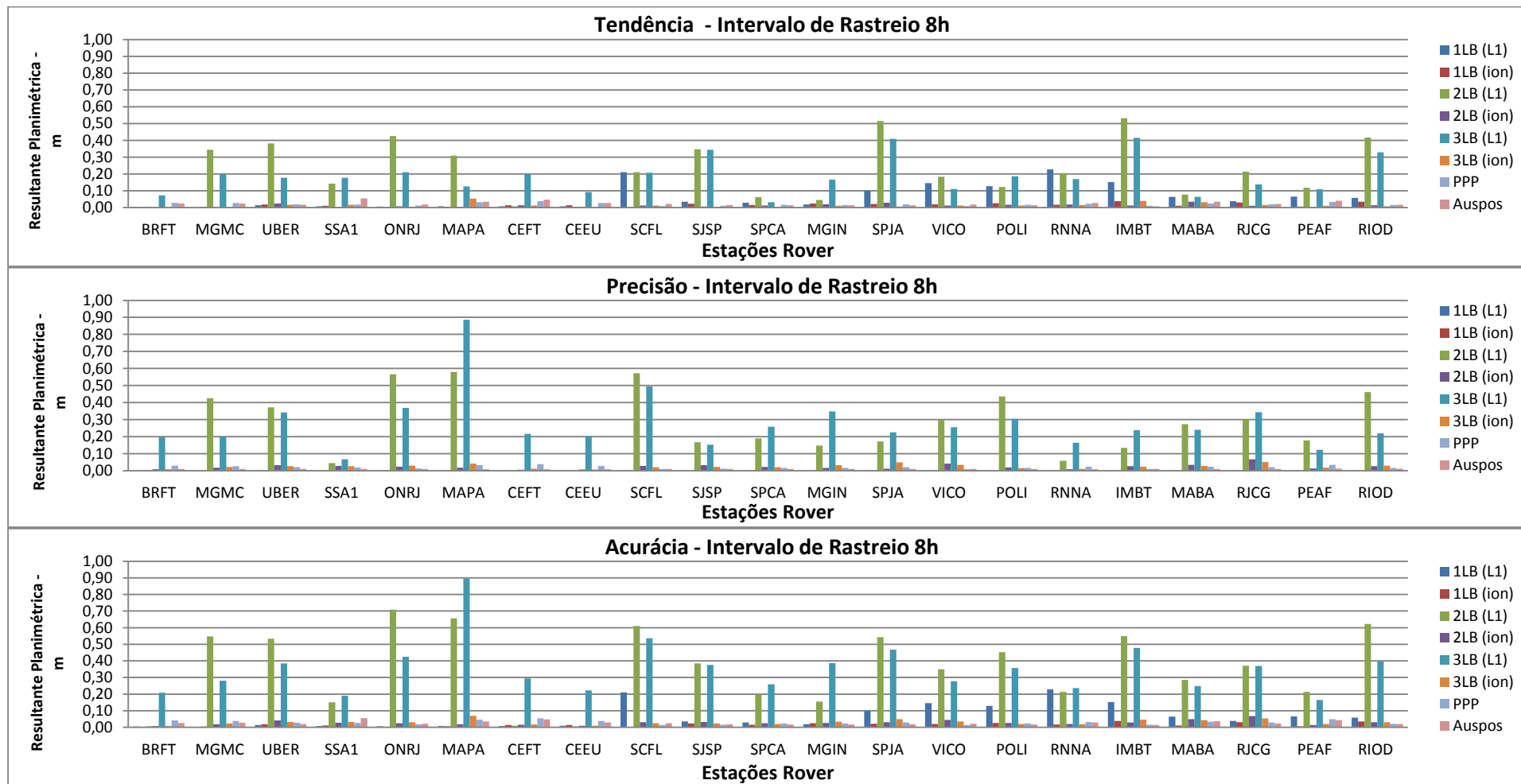
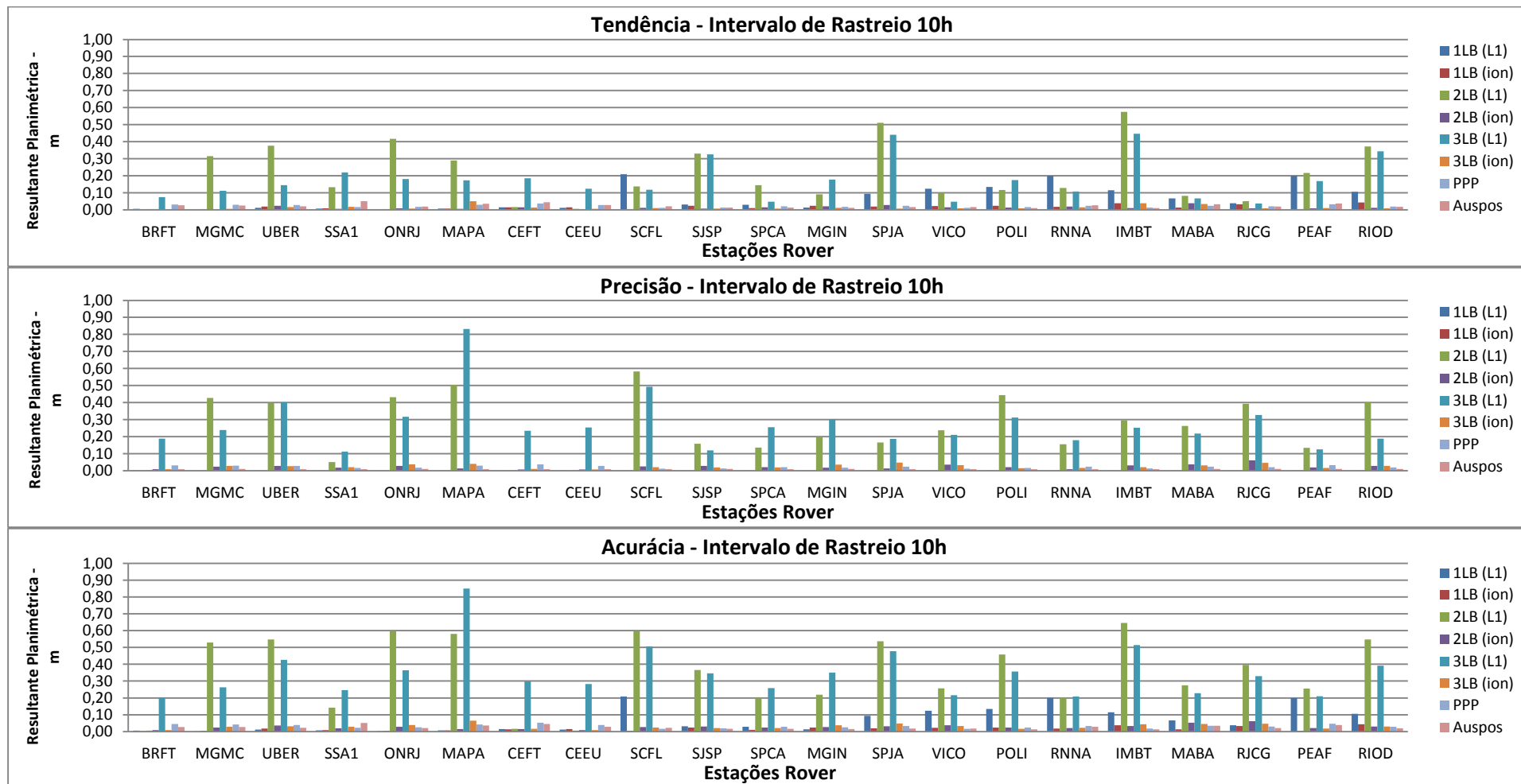


Figura 11 - Tendência, precisão e acurácia das resultantes planimétricas para oito horas de rastreo.



**Figura 12 - Tendência, precisão e acurácia das resultantes planimétricas para dez horas de rastreo.**

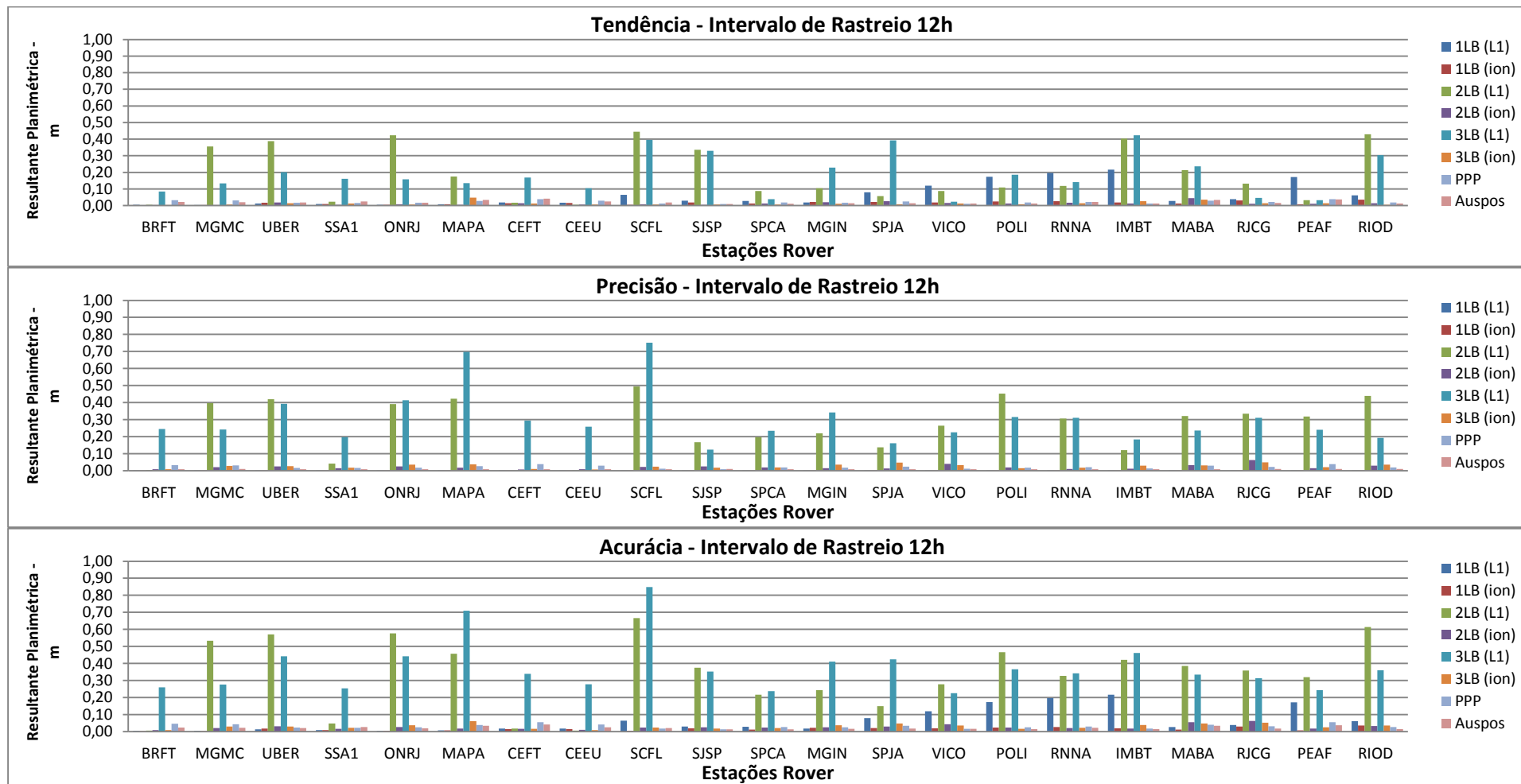


Figura 13 - Tendência, precisão e acurácia das resultantes planimétricas para doze horas de rastreo.

Analisando as figuras 7 a 13 e os resultados apresentados no apêndice 02, pode-se observar que para os processamentos com linha de base simples médias e longas, utilizando a portadora L1, a acurácia foi afetada mais pela tendência do que pela precisão, para todos os intervalos de rastreo. Nota-se também que os processamentos no AUSPOS, para uma hora de rastreo, apresentaram valores de acurácia afetados mais pela precisão do que pela tendência.

Em relação às acurácias calculadas, para os processamentos no IBGE-PPP, no AUSPOS e no LGO utilizando a combinação *ion free*, após quatro horas de rastreo nenhum valor ultrapassou 0,1 m. Já para os processamentos no LGO com linhas de base simples utilizando a portadora L1, nenhum valor atingiu 0,25 m após seis horas de rastreo.

Os piores valores de acurácia para a maioria das estações analisadas, em todos os intervalos de rastreo, foram os obtidos com os processamentos no LGO com múltiplas linhas de base utilizando a portadora L1.

Os resultados de acurácia do AUSPOS, para grande parte das estações analisadas melhoraram significativamente a partir de duas horas de rastreo. Já para o IBGE-PPP, nenhum valor ultrapassou 0,1 m para qualquer intervalo de rastreo.

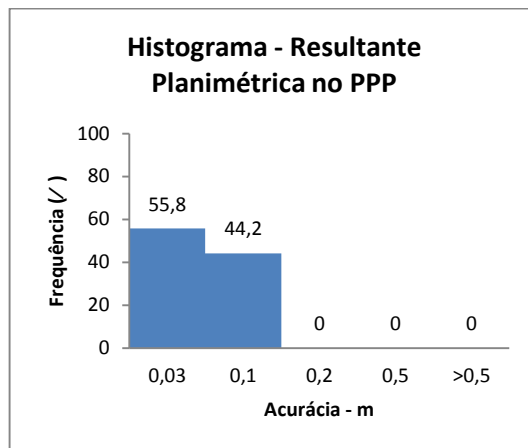
Independente da quantidade de linhas de base envolvidas no processamento LGO utilizando a combinação *ion free*, a partir de duas horas de rastreo nenhum valor encontrado para acurácia atingiu 0,1 m.

Nos processamentos LGO com linhas de base simples, sendo elas curtas, utilizando a portadora L1, ao se acrescentar linhas de base médias ou longas, houve piora nos resultados para todos os intervalos de rastreo.

Com o objetivo de auxiliar nas análises dos resultados apresentados, as tabelas e figuras, numeradas de 6 a 13 e 14 a 21, respectivamente, apresentam um resumo dos resultados. A tabela 6 e a figura 14 mostram os resultados referentes ao IBGE-PPP.

**Tabela 6 - Acurácia das resultantes planimétricas no PPP.**

PPP		
Amostra: 147 valores		
Acurácia (m)	Frequência	
	Unidades	(%)
≤ 0,03	82	55,8
> 0,03 e ≤ 0,1	65	44,2
> 0,1 e ≤ 0,2	0	0
> 0,2 e ≤ 0,5	0	0
> 0,5	0	0
Total:	147	100



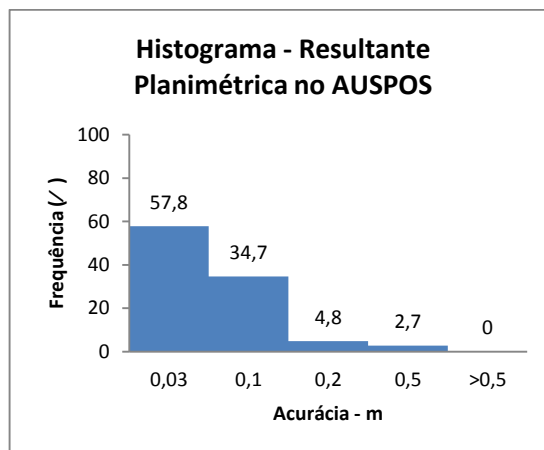
**Figura 14 - Histograma das resultantes planimétricas no PPP.**

A tabela 6 e a figura 14, que mostra o histograma de frequências da resultante planimétrica da acurácia, em metros, no PPP, são para uma amostra de 147 valores. Pode-se notar que 100% dos resultados são menores que 0,1 m. Nenhum valor encontrado foi superior a 0,08 m (valor encontrado para a estação SSA1, com uma hora de rastreio).

A tabela 7 e a figura 15 mostram os resultados referentes ao AUSPOS.

**Tabela 7 - Acurácia das resultantes planimétricas no AUSPOS.**

AUSPOS		
Amostra: 147 valores		
Acurácia (m)	Frequência	
	Unidades	(%)
≤ 0,03	85	57,8
> 0,03 e ≤ 0,1	51	34,7
> 0,1 e ≤ 0,2	7	4,8
> 0,2 e ≤ 0,5	4	2,7
> 0,5	0	0
Total:	147	100



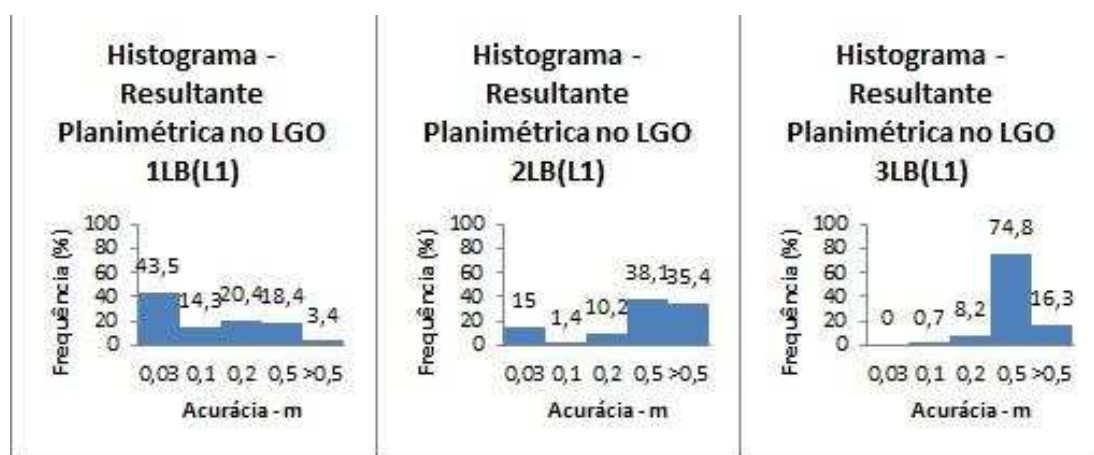
**Figura 15 - Histograma das resultantes planimétricas no AUSPOS.**

A tabela 7 e a figura 15, que mostra o histograma de frequências da resultante planimétrica da acurácia, em centímetros, no AUSPOS, são para uma amostra de 147 valores. Pode-se notar que 92,5% dos resultados são menores que 0,1 m. A partir de quatro horas de rastreo nenhum valor alcançou 0,06 m.

A tabela 8 e a figura 16, que mostra os histogramas de frequências da resultante planimétrica da acurácia, em metros, no LGO para 1LB, 2LB e 3LB, utilizando somente a portadora L1, são para uma amostra de 147 valores.

**Tabela 8 - Acurácia das resultantes planimétricas no LGO, utilizando a portadora L1, para uma, duas e três linhas de base.**

Acurácia (m)	Amostra: 147 valores					
	1LB (L1)		2LB (L1)		3LB (L1)	
	Frequência		Frequência		Frequência	
	Unidades	(%)	Unidades	(%)	Unidades	(%)
≤ 0,03	64	43,5	22	15	0	0
> 0,03 e ≤ 0,1	21	14,3	2	1,4	1	0,7
> 0,1 e ≤ 0,2	30	20,4	15	10,2	12	8,2
> 0,2 e ≤ 0,5	27	18,4	56	38,1	110	74,8
> 0,5	5	3,4	52	35,4	24	16,3
Total:	147	100	147	100	147	100



**Figura 16 - Histograma das resultantes planimétricas no LGO, utilizando a portadora L1, para uma, duas e três linhas de base.**

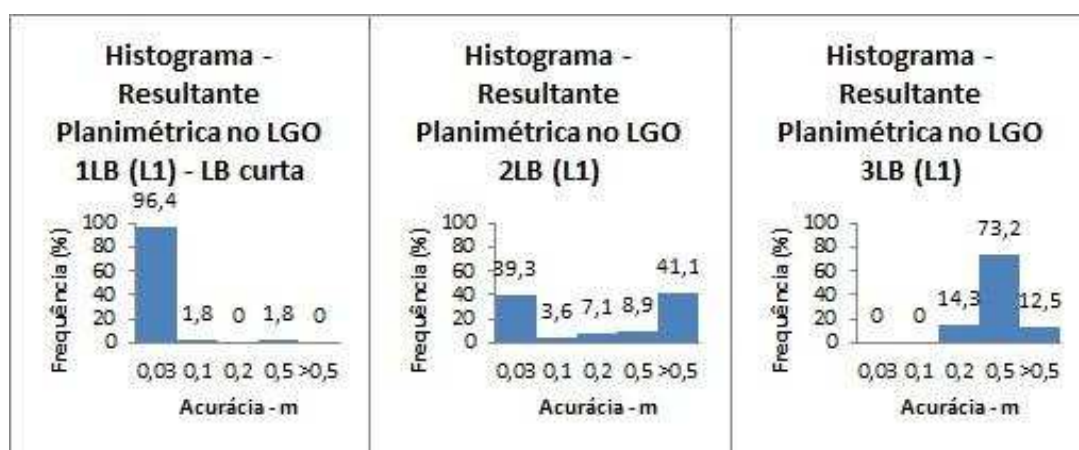
Pode-se notar que, aumentando-se a quantidade de linhas de base os resultados tendem a piorar. É válido lembrar que os dados utilizados para estes

cálculos envolvem linhas de base curtas, médias e longas. Uma análise mais detalhada destes resultados é feita através das tabelas 9 e 10 e das figuras 17 e 18.

A tabela 9 e a figura 17 mostram os resultados referentes ao processamento com 1LB utilizando a portadora L1 para linhas de base curtas.

**Tabela 9 - Acurácia das resultantes planimétricas no LGO, utilizando a portadora L1, para uma (curta), duas e três linhas de base.**

Amostra: 56 valores							
		1LB (L1) - (LB curta)		2LB (L1)		3LB (L1)	
Acurácia (m)	Frequência		Frequência		Frequência		
	Unidades	(%)	Unidades	(%)	Unidades	(%)	
≤ 0,03	54	96,4	22	39,3	0	0	
> 0,03 e ≤ 0,1	1	1,8	2	3,6	0	0	
> 0,1 e ≤ 0,2	0	0	4	7,1	8	14,3	
> 0,2 e ≤ 0,5	1	1,8	5	8,9	41	73,2	
> 0,5	0	0	23	41,1	7	12,5	
Total:	56	100	56	100	56	100	



**Figura 17 - Histograma das resultantes planimétricas no LGO, utilizando a portadora L1, para uma (curta), duas e três linhas de base.**

Analisando a tabela 9 e a figura 17, nota-se que no processamento com 1LB utilizando a portadora L1 para linhas de base curtas, 96,4% dos resultados encontram-se abaixo de 0,03 m. O pior resultado obtido (0,22 m) encontra-se para a estação SSA1 com uma hora de rastreo. A partir de duas horas de rastreo nenhum valor alcançou 0,02 m. Isto comprova a potencialidade do uso

de receptores de uma frequência em levantamento de precisão, quando são envolvidas linhas de base curtas. Vale salientar que 64,3% dos resultados envolvendo linhas de base curtas apresentaram acurácia milimétrica.

Porém, nota-se pelos histogramas da figura 17 que, ao acrescentar linhas de base no processamento, houve uma piora significativa nos resultados. Para os processamentos onde acrescentou-se linhas de base também curtas não houve melhora nem piora nos resultados em geral, no entanto, ao acrescentar linhas de base médias ou longas, os valores para a acurácia planimétrica aumentaram significativamente, revelando piora nos resultados.

A tabela 10 e a figura 18 mostram os resultados referentes ao processamento com 1LB utilizando a portadora L1 para linhas de base médias e longas.

**Tabela 10 - Acurácia das resultantes planimétricas no LGO, utilizando a portadora L1, para uma (média/longa), duas e três linhas de base.**

Acurácia (m)	Amostra: 91 valores					
	1LB (L1) - (Lb média e longa)		2LB (L1)		3LB (L1)	
	Frequência		Frequência		Frequência	
	Unidades	(%)	Unidades	(%)	Unidades	(%)
≤ 0,03	10	11,0	0	0	0	0
> 0,03 e ≤ 0,1	20	22,0	0	0	1	1,1
> 0,1 e ≤ 0,2	30	33,0	11	12,1	4	4,4
> 0,2 e ≤ 0,5	26	28,6	51	56	69	75,8
> 0,5	5	5,5	29	31,9	17	18,7
Total:	91	100	91	100	91	100

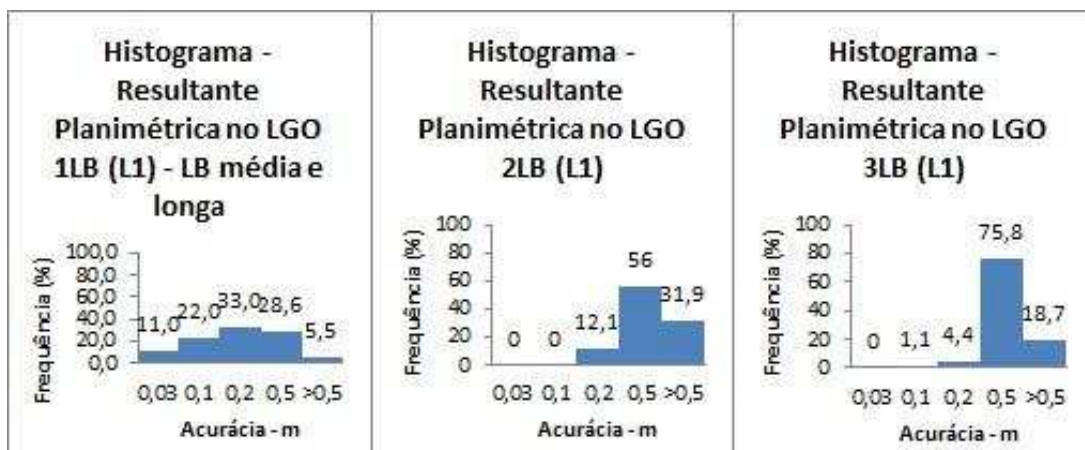


Figura 18 - Histograma das resultantes planimétricas no LGO, utilizando a portadora L1, para uma (média/longa), duas e três linhas de base.

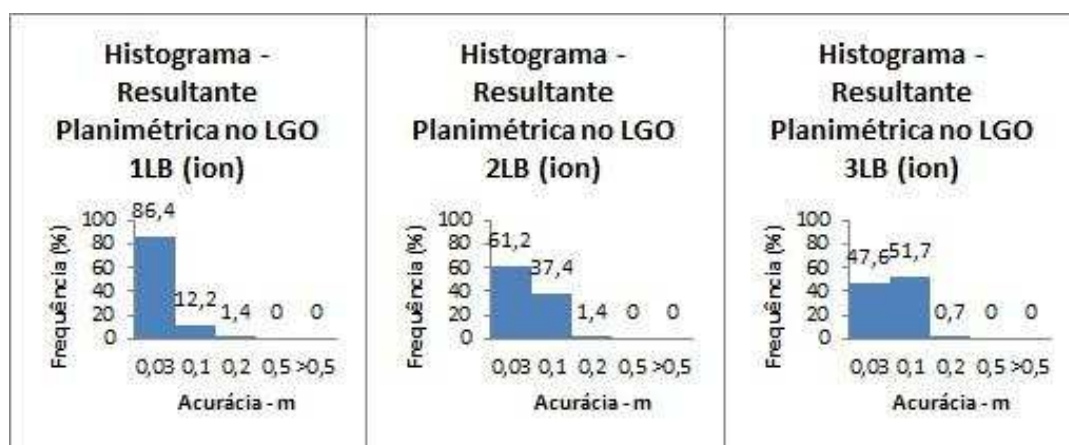
De acordo com a tabela 10 e a figura 18, nota-se que no processamento com 1LB utilizando a portadora L1 para linhas de base médias e longas, 94,5% dos resultados encontram-se abaixo de 0,5 m. Os piores resultados obtidos (acima de 0,2 m) encontram-se para uma, duas e quatro horas de rastreio e, a partir de seis horas de rastreio nenhum valor ultrapassou 0,24 m.

Ao acrescentar linhas de base no processamento, percebe-se nos histogramas da figura 18 que houve uma piora significativa nos resultados. Para os processamentos onde acrescentou-se linhas de base curtas houve melhora nos resultados em geral, no entanto, ao acrescentar linhas de base médias ou longas, os valores para a acurácia planimétrica aumentaram, revelando piora nos resultados.

A tabela 11 e a figura 19, que mostra os histogramas de frequências da resultante planimétrica da acurácia, em metros, no LGO para 1LB, 2LB e 3LB, utilizando a combinação *ion free*, são para uma amostra de 147 valores.

**Tabela 11 - Acurácia das resultantes planimétricas no LGO, utilizando a combinação *ion free*, para uma, duas e três linhas de base.**

Acurácia (m)	Amostra: 147 valores					
	1LB (ion)		2LB (ion)		3LB (ion)	
	Frequência		Frequência		Frequência	
	Unidades	(%)	Unidades	(%)	Unidades	(%)
≤ 0,03	127	86,4	90	61,2	70	47,6
> 0,03 e ≤ 0,1	18	12,2	55	37,4	76	51,7
> 0,1 e ≤ 0,2	2	1,4	2	1,4	1	0,7
> 0,2 e ≤ 0,5	0	0	0	0	0	0
> 0,5	0	0	0	0	0	0
Total:	147	100	147	100	147	100



**Figura 19 - Histograma das resultantes planimétricas no LGO, utilizando a combinação *ion free*, para uma, duas e três linhas de base.**

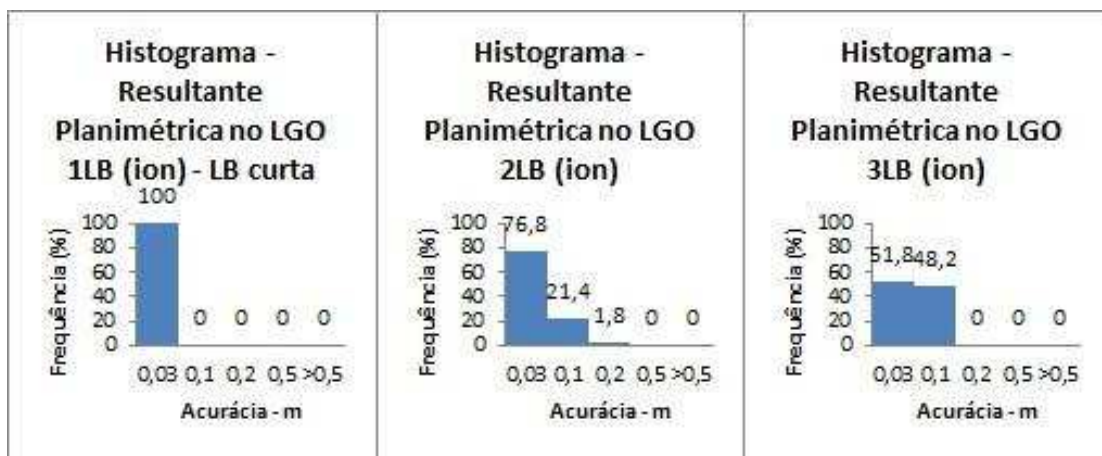
Pode-se notar que, em geral, aumentando-se a quantidade de linhas de base os resultados tendem a piorar, porém, nenhum valor ultrapassou 0,1 m independentemente dos comprimentos das linhas de base envolvidas, após duas horas de rastreo. É válido lembrar que os dados utilizados para estes cálculos envolvem linhas de base curtas, médias e longas. Uma análise mais detalhada destes resultados é feita através das tabelas 12 e 13 e das figuras 20 e 21.

Analisando a tabela 12 e a figura 20, nota-se que no processamento com 1LB utilizando a combinação *ion free* para linhas de base curtas, 100% dos resultados encontram-se abaixo de 0,03 m. A partir de duas horas de rastreo nenhum valor ultrapassou 0,019 m. Apenas a estação SSA1 apresentou resultados maiores que 0,02 m para uma hora de rastreo.

Ao acrescentar linhas de base no processamento, comparando os histogramas da figura 20, nota-se uma piora nos resultados. Para os processamentos onde acrescentou-se linhas de base também curtas não houve melhora nem piora nos resultados em geral, no entanto, ao acrescentar linhas de base médias ou longas, os valores para a acurácia planimétrica aumentaram, revelando piora nos resultados.

**Tabela 12 - Acurácia das resultantes planimétricas no LGO, utilizando a combinação *ion free*, para uma (curta), duas e três linhas de base.**

Acurácia (m)	Amostra: 56 valores					
	1LB (ion) (LB curta)		2LB (ion)		3LB (ion)	
	Frequência		Frequência		Frequência	
	Unidades	(%)	Unidades	(%)	Unidades	(%)
≤ 0,03	56	100	43	76,8	29	51,8
> 0,03 e ≤ 0,1	0	0	12	21,4	27	48,2
> 0,1 e ≤ 0,2	0	0	1	1,8	0	0
> 0,2 e ≤ 0,5	0	0	0	0	0	0
> 0,5	0	0	0	0	0	0
Total:	56	100	56	100	56	100

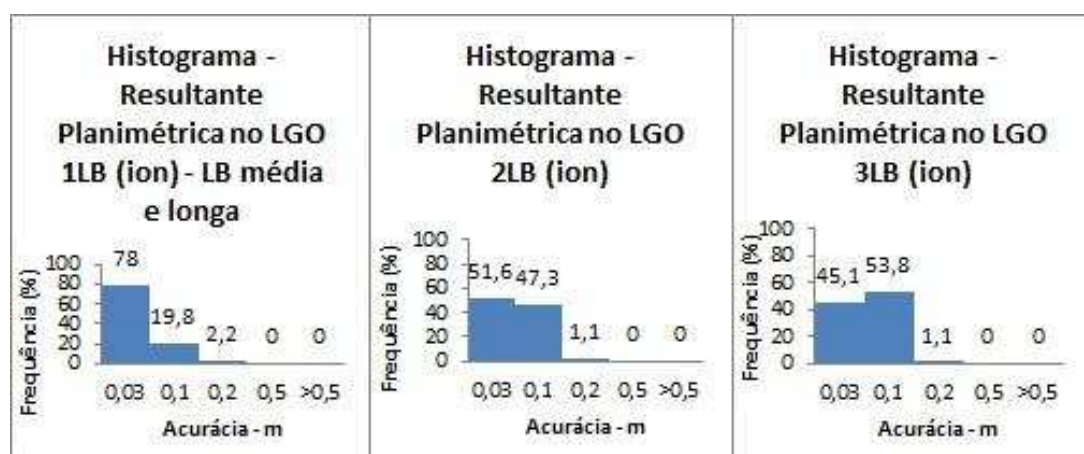


**Figura 20 - Histograma das resultantes planimétricas no LGO, utilizando a combinação *ion free*, para uma (curta), duas e três linhas de base.**

A tabela 13 e a figura 21 mostram os resultados relativos ao processamento com 1LB utilizando a combinação *ion free* para linhas de base médias e longas.

**Tabela 13 - Acurácia das resultantes planimétricas no LGO, utilizando a combinação *ion free*, para uma (média/longa), duas e três linhas de base.**

Acurácia (m)	Amostra: 91 valores					
	1LB (ion) (LB média e longa)		2LB (ion)		3LB (ion)	
	Frequência		Frequência		Frequência	
	Unidades	(%)	Unidades	(%)	Unidades	(%)
≤ 0,03	71	78	47	51,6	41	45,1
> 0,03 e ≤ 0,1	18	19,8	43	47,3	49	53,8
> 0,1 e ≤ 0,2	2	2,2	1	1,1	1	1,1
> 0,2 e ≤ 0,5	0	0	0	0	0	0
> 0,5	0	0	0	0	0	0
Total:	91	100	91	100	91	100



**Figura 21 - Histograma das resultantes planimétricas no LGO, utilizando a combinação *ion free*, para uma (média/longa), duas e três linhas de base.**

Analisando a tabela 13 e a figura 21, nota-se que no processamento com 1LB utilizando a combinação *ion free* para linhas de base médias e longas, 97,8% dos resultados encontram-se abaixo de 0,10 m. A partir de duas horas de rastreio nenhum valor ultrapassou 0,044 m.

Ao acrescentar linhas de base no processamento, houve uma piora nos resultados, como ilustra a figura 21. Para os processamentos onde acrescentou-se linhas de base também curtas não houve melhora nem piora nos resultados em geral, no entanto, ao acrescentar linhas de base médias ou

longas, os valores para a acurácia planimétrica aumentaram, revelando piora nos resultados, principalmente para 3LB.

Nota-se que os resultados encontrados nas linhas de base curtas são pouco melhores que os obtidos para linhas de base médias e longas, embora a diferença entre eles seja pouco significativa (menor que 0,01 m na maioria dos casos).

## **7.2. COMPONENTE ALTIMÉTRICA**

Os resultados referentes às componentes altimétricas foram ilustrados pelas das figuras 22 a 28. Os valores de tendência, precisão e acurácia, em metros, estão contidos no Apêndice 03.

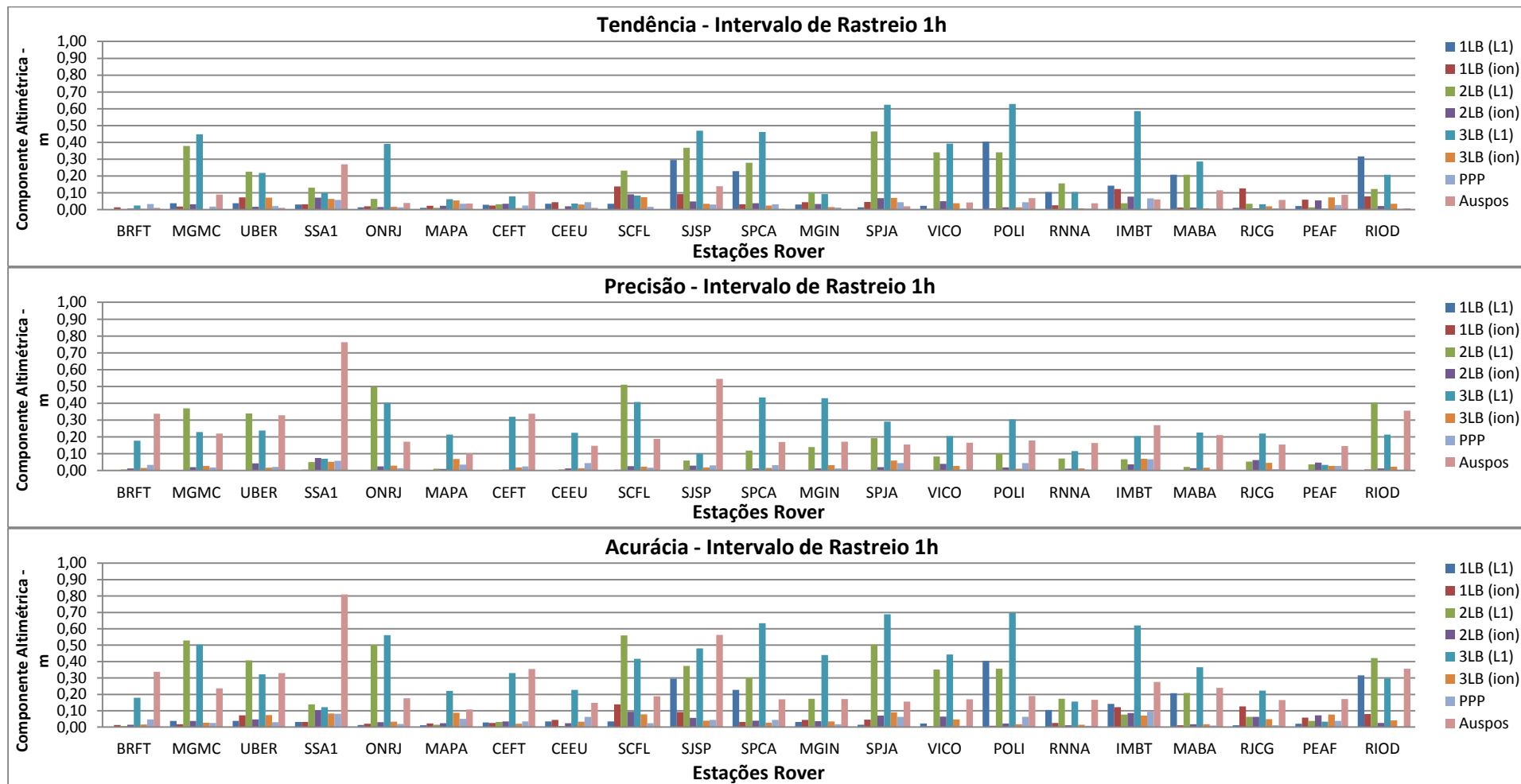


Figura 22 - Tendência, precisão e acurácia das componentes altimétricas para uma hora de rastreo.

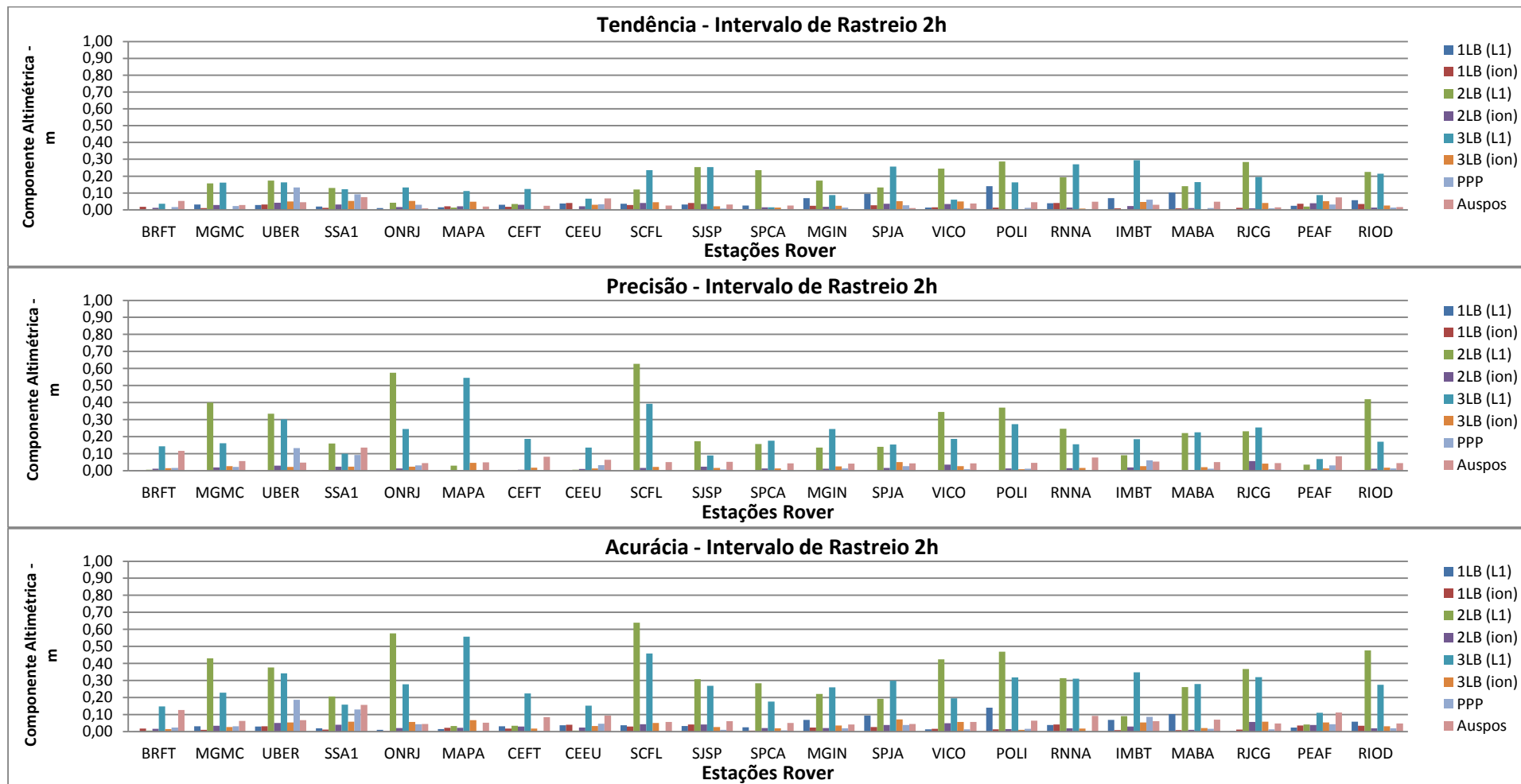


Figura 23 - Tendência, precisão e acurácia das componentes altimétricas para duas horas de rastreo.

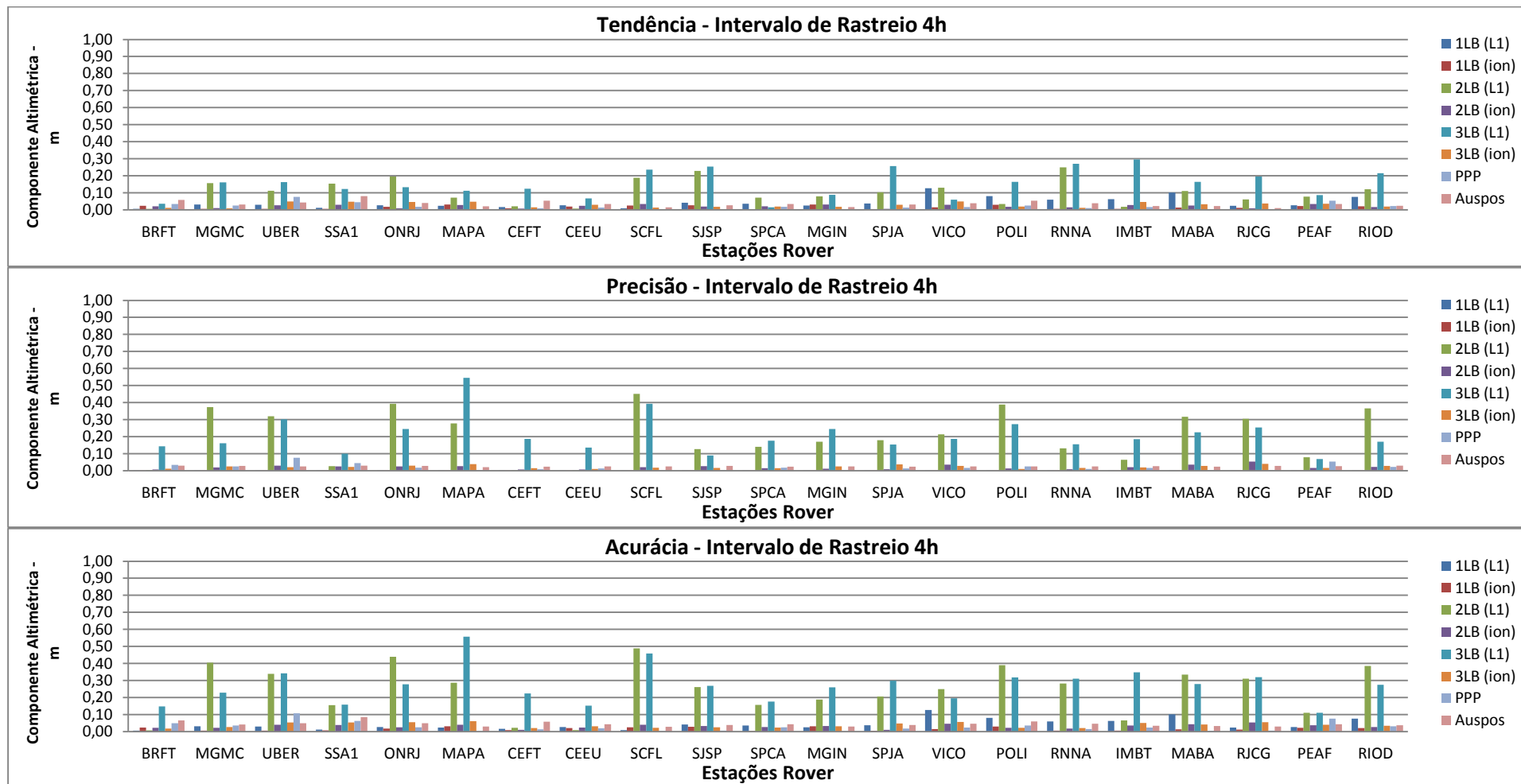


Figura 24 - Tendência, precisão e acurácia das componentes altimétricas para quatro horas de rastreo.

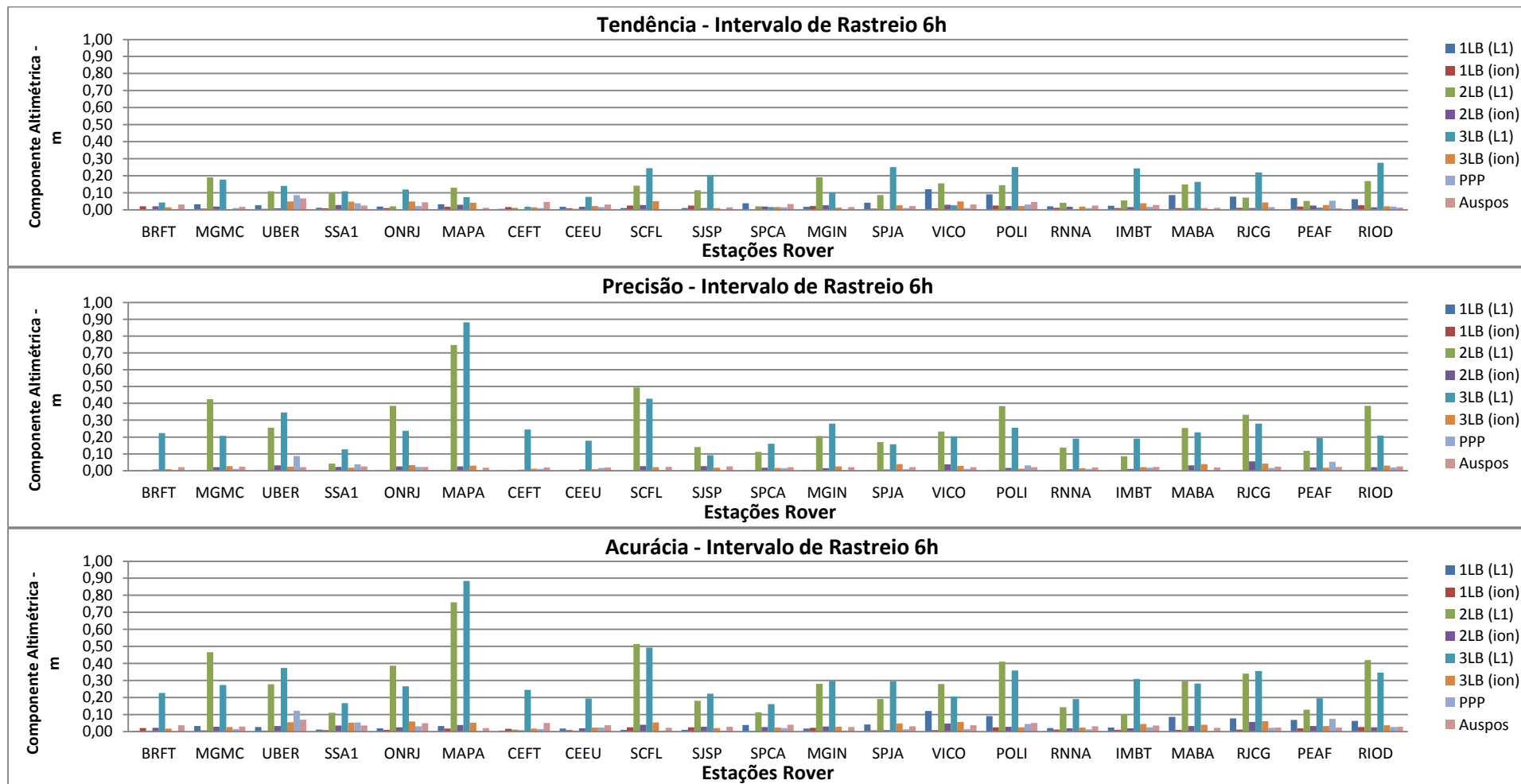


Figura 25 - Tendência, precisão e acurácia das componentes altimétricas para seis horas de rastreo.

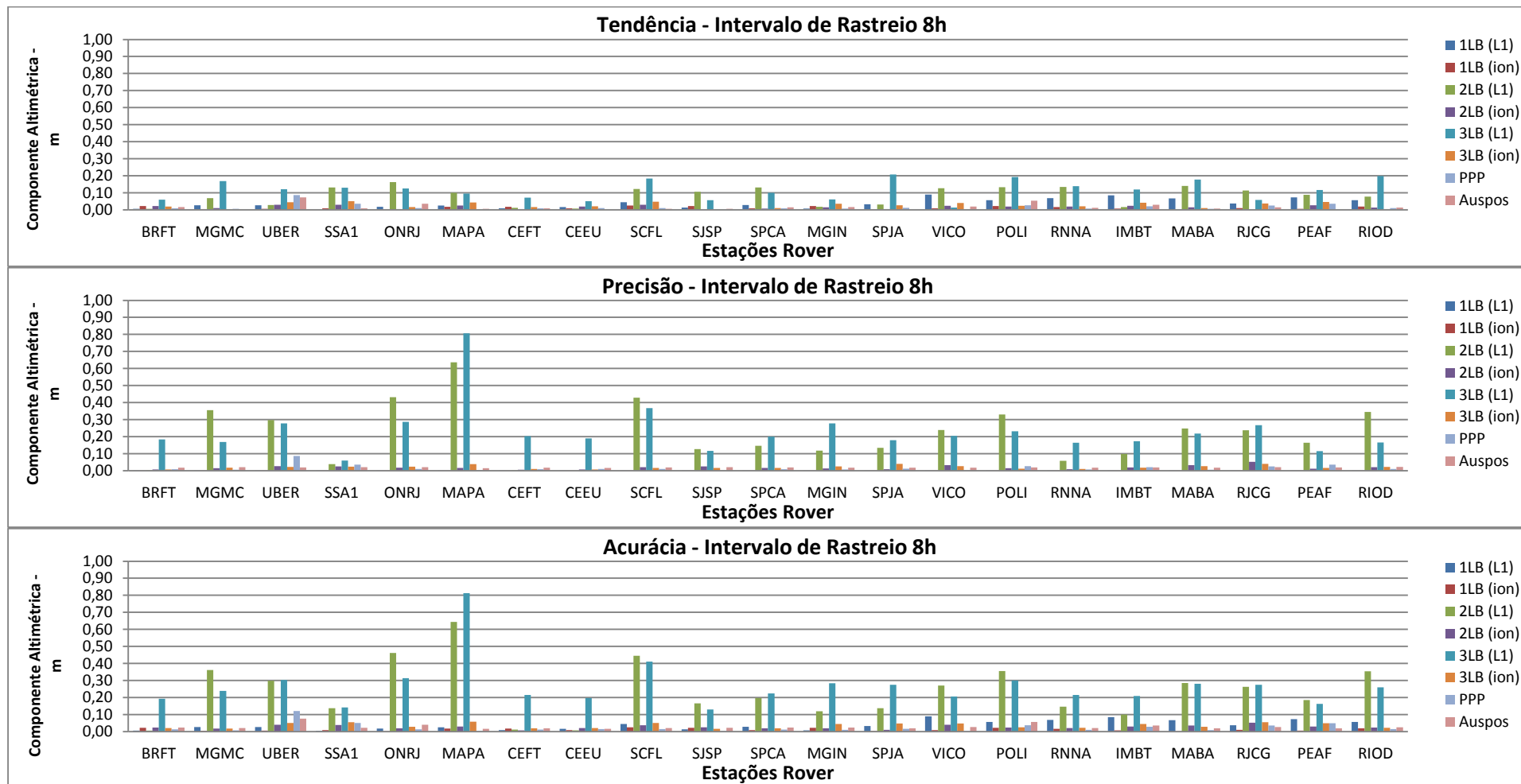


Figura 26 - Tendência, precisão e acurácia das componentes altimétricas para oito horas de rastreo.

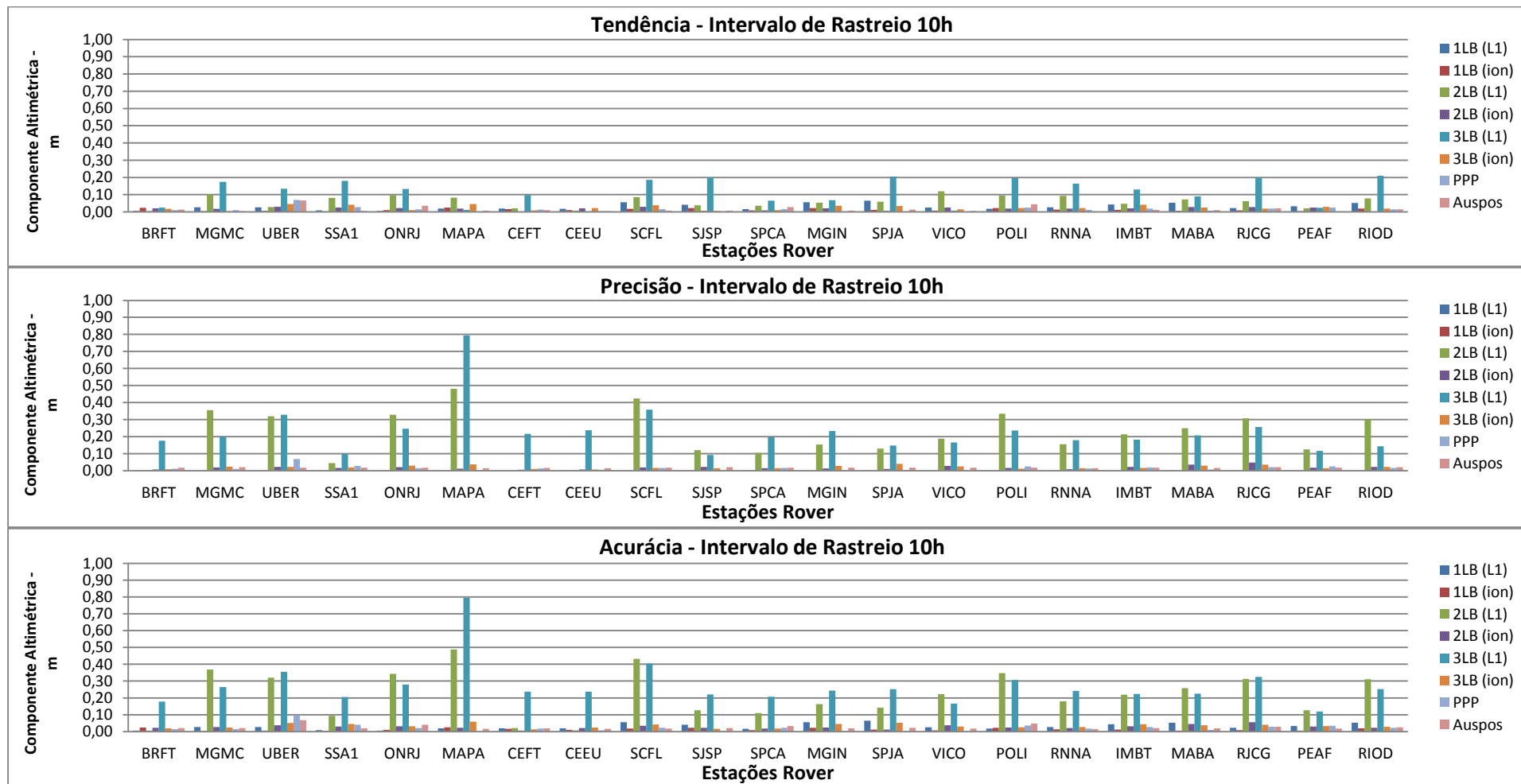


Figura 27 - Tendência, precisão e acurácia das componentes altimétricas para dez horas de rastreo.

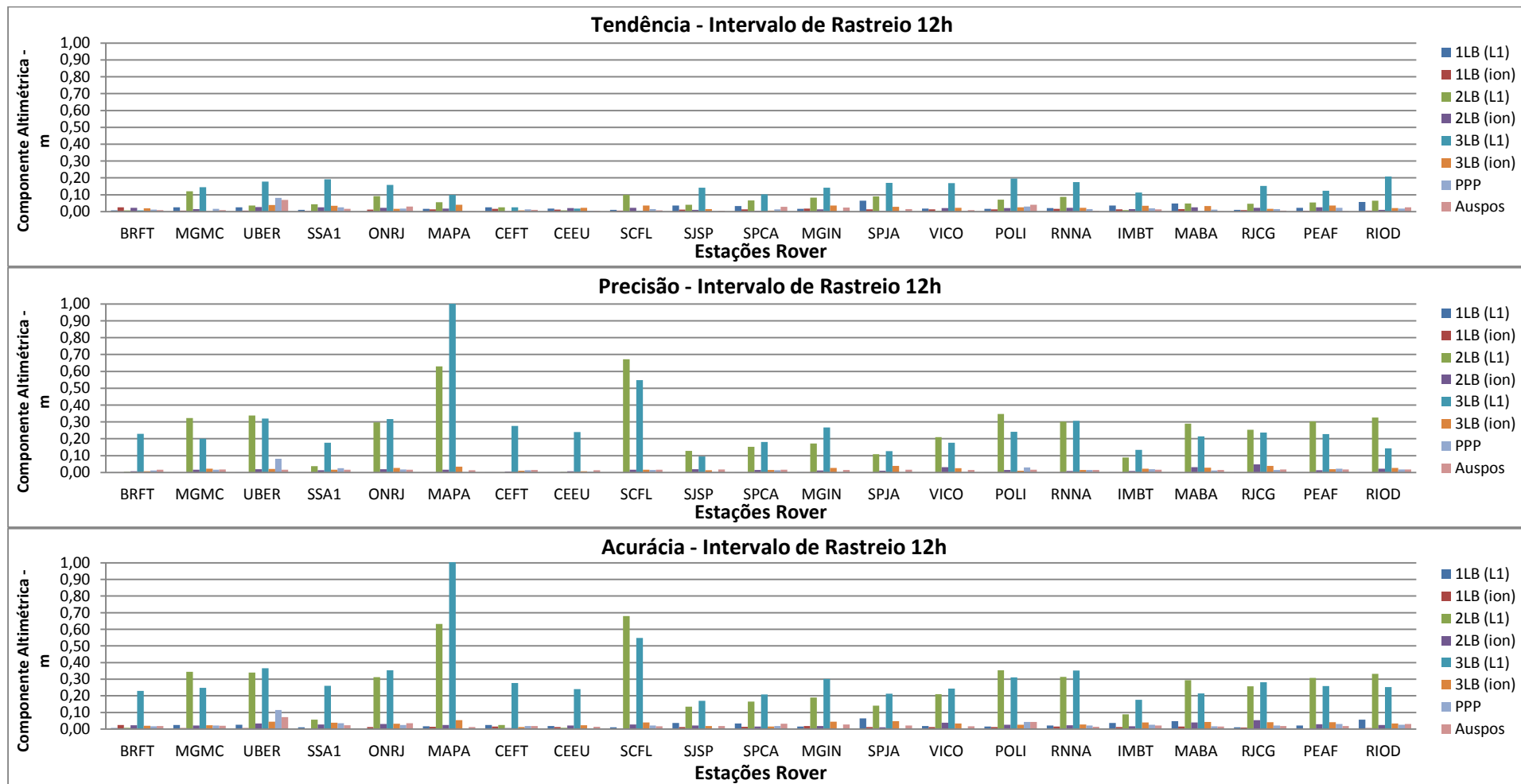


Figura 28 - Tendência, precisão e acurácia das componentes altimétricas para doze horas de rastreo.

Analisando as figuras 22 a 28 e os resultados apresentados no apêndice 03, pode-se observar que para os processamentos com linha de base simples médias e longas, utilizando a portadora L1, a acurácia foi afetada mais pela tendência do que pela precisão, para a maioria das estações analisadas. Nota-se também que os processamentos no AUSPOS, para uma hora de rastreo, apresentaram valores de acurácia afetados mais pela precisão do que pela tendência.

Em relação às acurácias calculadas, para os processamentos no IBGE-PPP, no AUSPOS e no LGO utilizando a combinação *ion free*, após quatro horas de rastreo nenhum valor ultrapassou 0,1 m. Já para os processamentos no LGO com linhas de base simples utilizando a portadora L1, nenhum valor atingiu 0,13 m após quatro horas de rastreo.

Os piores valores de acurácia para a maioria das estações analisadas, em todos os intervalos de rastreo, foram os obtidos com os processamentos no LGO com múltiplas linhas de base utilizando a portadora L1.

Os resultados de acurácia do AUSPOS, para grande parte das estações analisadas melhoraram significativamente a partir de quatro horas de rastreo. Já no IBGE-PPP, nenhum valor ultrapassou 0,10 m a partir de quatro horas de rastreo.

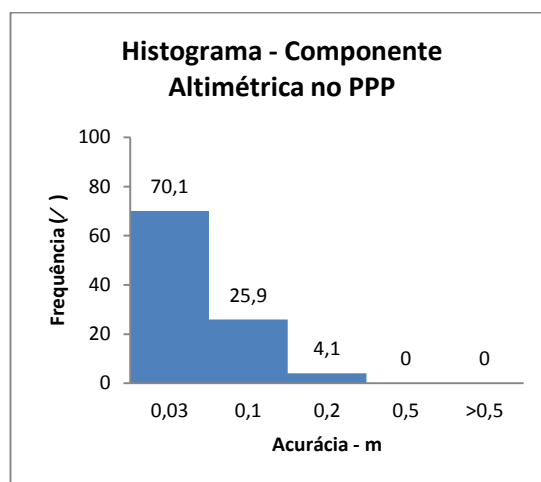
Independente da quantidade de linhas de base envolvidas no processamento LGO utilizando a combinação *ion free*, a partir de duas horas de rastreo nenhum valor encontrado para acurácia atingiu 0,10 m.

Nos processamentos LGO com linhas de base simples, sendo elas curtas, utilizando a portadora L1, ao se acrescentar linhas de base médias ou longas no processamento, houve piora nos resultados para todos os intervalos de rastreo.

Com o objetivo de auxiliar nas análises dos resultados apresentados, as tabelas e figuras, numeradas de 14 a 21 e 29 a 36, respectivamente, apresentam um resumo dos resultados. A tabela 14 e a figura 29 mostram os resultados referentes ao IBGE-PPP.

**Tabela 14 - Acurácia das componentes altimétricas no PPP.**

PPP		
Amostra: 147 valores		
Acurácia (m)	Frequência	
	Unidades	(%)
≤ 0,03	103	70,1
> 0,03 e ≤ 0,1	38	25,9
> 0,1 e ≤ 0,2	6	4
> 0,2 e ≤ 0,5	0	0
> 0,5	0	0
Total:	147	100



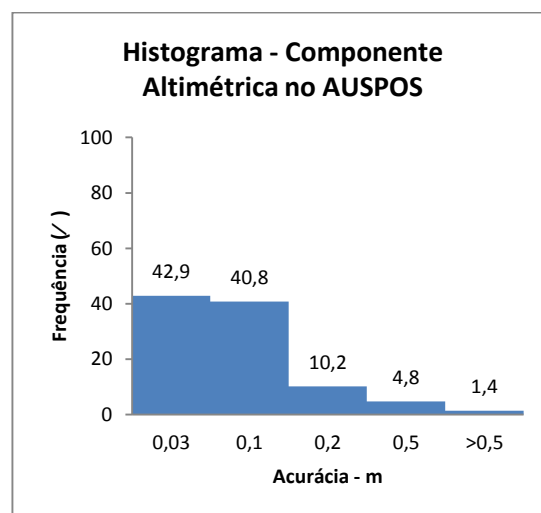
**Figura 29 - Histograma das componentes altimétricas no PPP.**

A tabela 14 e a figura 29, que mostra o histograma de frequências da componente altimétrica da acurácia, em metros, no PPP, são para uma amostra de 147 valores. Pode-se notar que 96% dos resultados encontram-se abaixo de 0,10 m.

A tabela 15 e a figura 30, que mostra o histograma de frequências da componente altimétrica da acurácia, em metros, no AUSPOS, são para uma amostra de 147 valores.

**Tabela 15 - Acurácia das componentes altimétricas no AUSPOS.**

AUSPOS		
Amostra: 147 valores		
Acurácia (m)	Frequência	
	Unidades	(%)
≤ 0,03	63	42,9
> 0,03 e ≤ 0,1	60	40,8
> 0,1 e ≤ 0,2	15	10,1
> 0,2 e ≤ 0,5	7	4,8
> 0,5	2	1,4
Total:	147	100



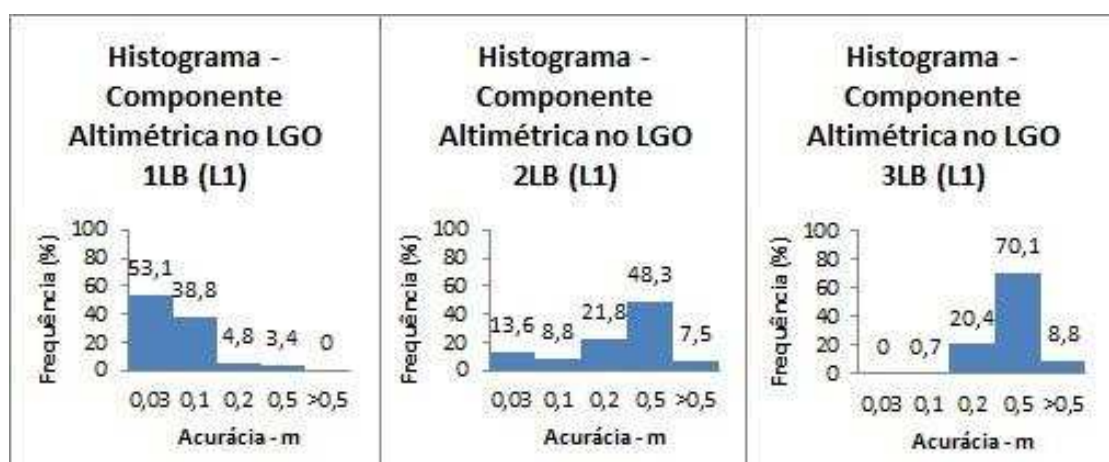
**Figura 30 - Histograma das componentes altimétricas no AUSPOS.**

Pode-se notar que 83,7% dos resultados encontram-se abaixo de 0,1 m. Os piores resultados obtidos encontram-se para uma e duas horas de rastreo.

A tabela 16 e a figura 31, que mostra os histogramas de frequências da componente altimétrica da acurácia, em metros, no LGO para 1LB, 2LB e 3LB, utilizando somente a portadora L1, são para uma amostra de 147 valores. Pode-se notar pelos histogramas da figura 31 que, em geral, aumentando-se a quantidade de linhas de base os resultados tendem a piorar. É válido lembrar que os dados utilizados para estes cálculos envolvem linhas de base curtas, médias e longas. Uma análise mais detalhada destes resultados é feita através das tabelas 17 e 18 e das figuras 32 e 33.

**Tabela 16 - Acurácia das componentes altimétricas no LGO, utilizando a portadora L1, para uma, duas e três linhas de base.**

Acurácia (m)	Amostra: 147 valores					
	1LB (L1)		2LB (L1)		3LB (L1)	
	Frequência		Frequência		Frequência	
	Unidades	(%)	Unidades	(%)	Unidades	(%)
≤ 0,03	78	53,1	20	13,6	0	0
> 0,03 e ≤ 0,1	57	38,8	13	8,8	1	0,7
> 0,1 e ≤ 0,2	7	4,8	32	21,8	30	20,4
> 0,2 e ≤ 0,5	5	3,4	71	48,3	103	70,1
> 0,5	0	0	11	7,5	13	8,8
Total:	147	100	147	100	147	100



**Figura 31 - Histograma das componentes altimétricas no LGO, utilizando a portadora L1, para uma, duas e três linhas de base.**

Analisando a tabela 17 e a figura 32, nota-se que no processamento com 1LB utilizando a portadora L1 para linhas de base curtas, nenhum dos resultados ultrapassou 0,1 m. Os piores resultados obtidos encontram-se para uma e duas horas de rastreio.

Porém, ao acrescentar linhas de base no processamento, houve uma piora significativa nos resultados, como ilustram os histogramas da figura 32. Para os processamentos onde acrescentou-se linhas de base também curtas no processamento, não houve melhora nem piora nos resultados em geral, no entanto, ao acrescentar linhas de base médias ou longas, os valores para a acurácia altimétrica aumentaram significativamente, revelando piora nos resultados. Não houve melhora significativa com o aumento do intervalo de rastreio, para a maioria dos resultados obtidos, como revela o processamento com 3LB, onde todos os resultados obtidos foram maiores que 0,2 m.

**Tabela 17 - Acurácia das componentes altimétricas no LGO, utilizando a portadora L1, para uma (curta), duas e três linhas de base.**

		Amostra: 56 valores					
		1LB (L1) - (LB curta)		2LB (L1)		3LB (L1)	
Acurácia (m)	Frequência		Frequência		Frequência		
	Unidades	(%)	Unidades	(%)	Unidades	(%)	
≤ 0,03	46	82,1	20	35,7	0	0	
> 0,03 e ≤ 0,1	10	17,9	5	8,9	0	0	
> 0,1 e ≤ 0,2	0	0	4	7,1	14	25	
> 0,2 e ≤ 0,5	0	0	21	37,5	34	61	
> 0,5	0	0	6	10,7	8	14,3	
Total:	56	100	56	100	56	100	

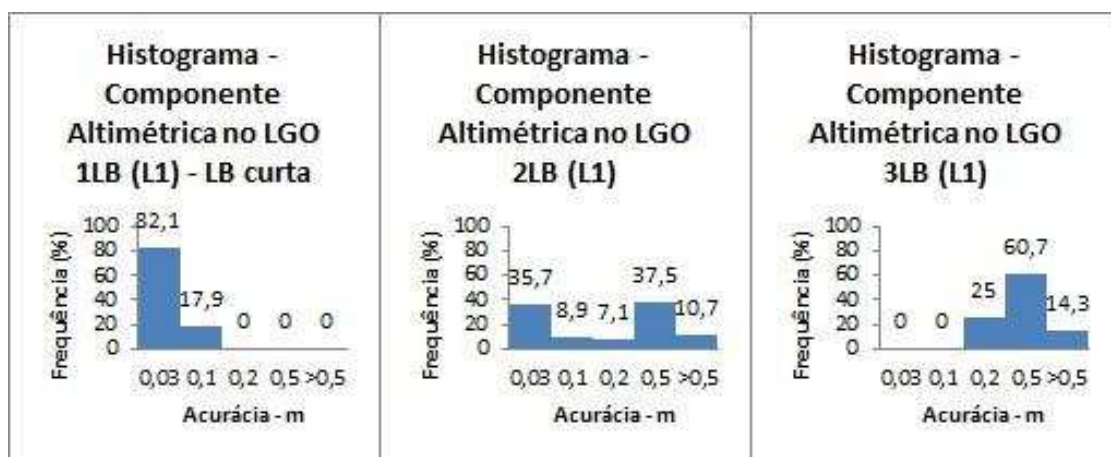


Figura 32 - Histograma das componentes altimétricas no LGO, utilizando a portadora L1, para uma (curta), duas e três linhas de base.

Tabela 18 - Acurácia das componentes altimétricas no LGO, utilizando a portadora L1, para uma (média/longa), duas e três linhas de base.

Amostra: 91 valores						
	1LB (L1) - (Lb média e longa)		2LB (L1)		3LB (L1)	
Acurácia (m)	Frequência		Frequência		Frequência	
	Unidades	(%)	Unidades	(%)	Unidades	(%)
≤ 0,03	32	35,2	0	0	0	0
> 0,03 e ≤ 0,1	47	51,6	8	8,8	1	1,1
> 0,1 e ≤ 0,2	7	7,7	28	30,8	16	17,6
> 0,2 e ≤ 0,5	5	5,5	50	54,9	69	75,8
> 0,5	0	0	5	5,5	5	5,5
Total:	91	100	91	100	91	100

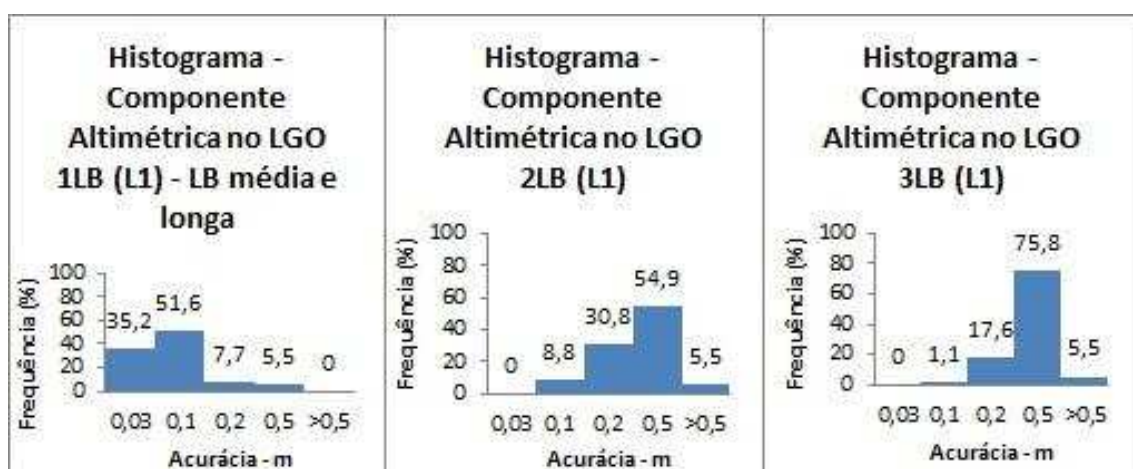


Figura 33 - Histograma das componentes altimétricas no LGO, utilizando a portadora L1, para uma (média/longa), duas e três linhas de base.

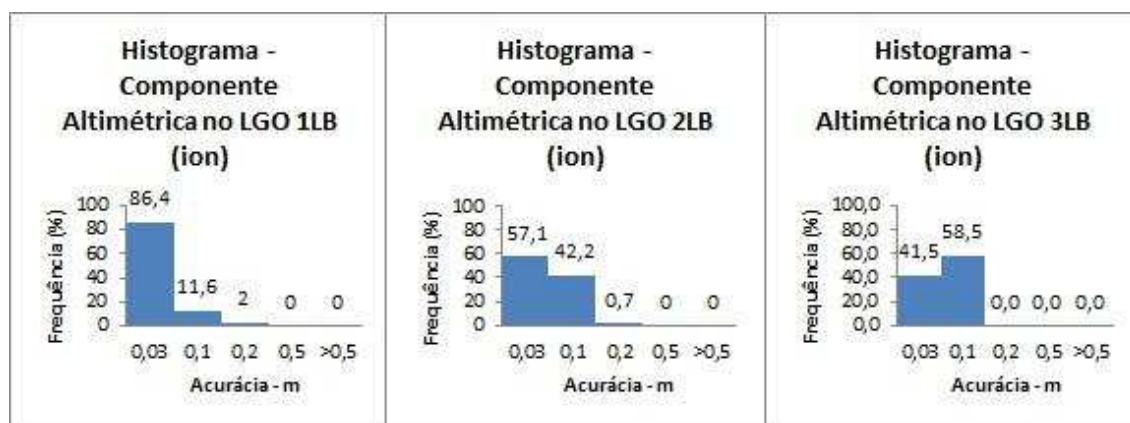
De acordo com a tabela 18 e a figura 33, nota-se que no processamento com 1LB utilizando a portadora L1 para linhas de base médias e longas, 86,8% dos resultados encontram-se abaixo de 0,1 m. Os piores resultados obtidos encontram-se para uma hora de rastreo.

Comparando os histogramas da figura 33, ao acrescentar linhas de base no processamento, houve uma piora significativa nos resultados, onde nenhum resultado foi menor que 0,03 m.

A tabela 19 e a figura 33, que mostra os histogramas de frequências da componente altimétrica da acurácia, em metros, no LGO para 1LB, 2LB e 3LB, utilizando a combinação *ion free*, são para uma amostra de 147 valores.

**Tabela 19 - Acurácia das componentes altimétricas no LGO, utilizando a combinação *ion free*, para uma, duas e três linhas de base.**

Amostra: 147 valores						
Acurácia (m)	1LB (ion)		2LB (ion)		3LB (ion)	
	Frequência		Frequência		Frequência	
	Unidades	(%)	Unidades	(%)	Unidades	(%)
≤ 0,03	127	86,4	84	57,1	61	41,5
> 0,03 e ≤ 0,1	17	11,6	62	42,2	86	58,5
> 0,1 e ≤ 0,2	3	2	1	0,7	0	0,0
> 0,2 e ≤ 0,5	0	0	0	0	0	0,0
> 0,5	0	0	0	0	0	0,0
Total:	147	100	147	100	147	100

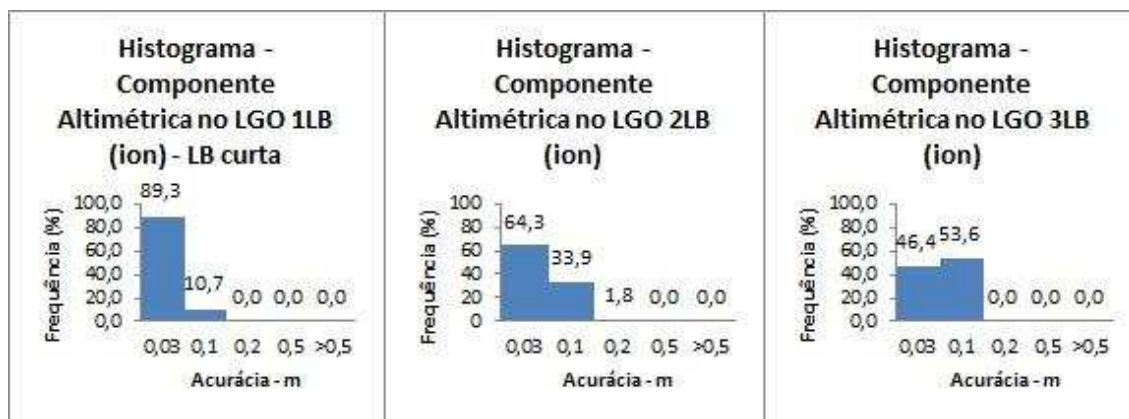


**Figura 34 - Histograma das componentes altimétricas no LGO, utilizando a combinação *ion free*, para uma, duas e três linhas de base.**

Pode-se notar que, em geral, aumentando-se a quantidade de linhas de base nos processamentos os resultados tendem a piorar, porém, a maioria dos resultados encontra-se abaixo de 0,1 m, independentemente dos comprimentos das linhas de base envolvidas. A partir de 4h de rastreo, nenhum valor ultrapassou 0,1 m. É válido lembrar que os dados utilizados para estes cálculos envolvem linhas de base curtas, médias e longas. Uma análise mais detalhada destes resultados é feita através das tabelas 20 e 21 e das figuras 35 e 36.

**Tabela 20 - Acurácia das componentes altimétricas no LGO, utilizando a combinação *ion free*, para uma (curta), duas e três linhas de base.**

Acurácia (m)	Amostra: 56 valores					
	1LB (ion) (LB curta)		2LB (ion)		3LB (ion)	
	Frequência		Frequência		Frequência	
	Unidades	(%)	Unidades	(%)	Unidades	(%)
≤ 0,03	50	89,3	36	64,3	26	46,4
> 0,03 e ≤ 0,1	6	10,7	19	33,9	30	53,6
> 0,1 e ≤ 0,2	0	0,0	1	1,8	0	0,0
> 0,2 e ≤ 0,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0
> 0,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Total:	56	100	56	100	56	100



**Figura 35 - Histograma das componentes altimétricas no LGO, utilizando a combinação *ion free*, para uma (curta), duas e três linhas de base.**

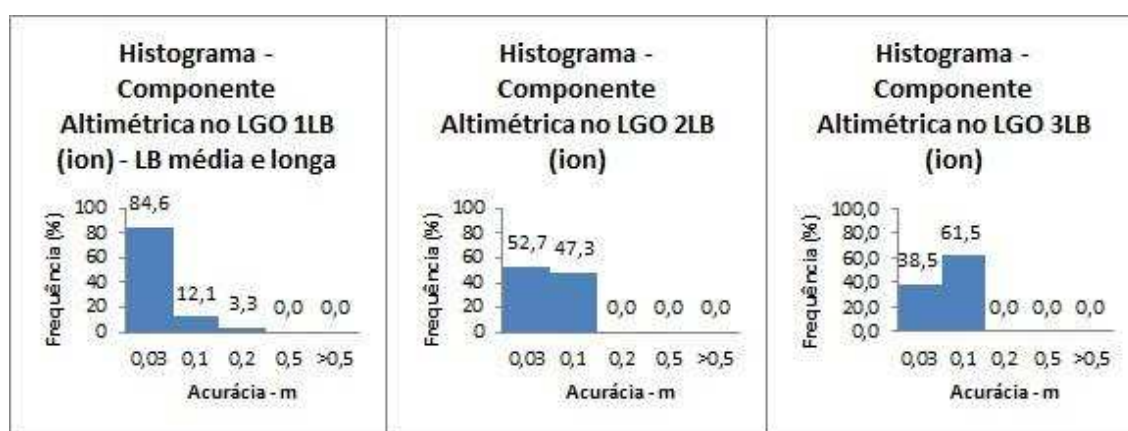
Analisando a tabela 20 e a figura 35, nota-se que no processamento com 1LB utilizando a combinação *ion free* para linhas de base curtas, todos os

resultados encontram-se abaixo de 0,1 m. A partir de seis horas de rastreio nenhum valor ultrapassou 0,03 m.

Ao acrescentar linhas de base no processamento, houve uma piora nos resultados, porém, apenas um valor ultrapassou 0,20 m.

**Tabela 21 - Acurácia das componentes altimétricas no LGO, utilizando a combinação *ion free*, para uma (média/longa), duas e três linhas de base.**

Acurácia (m)	Amostra: 91 valores					
	1LB (ion) (LB média e longa)		2LB (ion)		3LB (ion)	
	Frequência		Frequência		Frequência	
	Unidades	(%)	Unidades	(%)	Unidades	(%)
≤ 0,03	77	84,6	48	52,7	35	38,5
> 0,03 e ≤ 0,1	11	12,1	43	47,3	56	61,5
> 0,1 e ≤ 0,2	3	3,3	0	0,0	0	0,0
> 0,2 e ≤ 0,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0
> 0,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Total:	91	100	91	100	91	100



**Figura 36 - Histograma das componentes altimétricas no LGO, utilizando a combinação *ion free*, para uma (média/longa), duas e três linhas de base.**

Analisando a tabela 21 e a figura 36, nota-se que no processamento com 1LB utilizando a combinação *ion free* para linhas de base médias e longas, 96,7% dos resultados encontram-se abaixo de 0,1 m. A partir de seis horas de rastreio nenhum valor ultrapassou 0,1 m. Os piores resultados encontram-se para uma hora de rastreio.

Ao acrescentar linhas de base no processamento, houve uma piora nos resultados, porém nenhum valor ultrapassou 0,1 m.

### **7.3. ANÁLISE DOS RESULTADOS EM RELAÇÃO AOS APLICATIVOS COMPUTACIONAIS UTILIZADOS**

De acordo com os resultados apresentados, pode-se verificar que os melhores valores obtidos são referentes ao processamento no LGO, envolvendo no processamento dados de receptores de duas frequências. Pode-se verificar também que, para este caso, ocorreu a maior porcentagem de valores de acurácia menores do que apenas 0,03 m. Isso comprova que atualmente o uso de programas comerciais de processamento de dados em conjunto com o uso de receptores de dupla frequência, independentemente do comprimento da linha de base, é ainda o método mais acurado. Isso é válido para a resultante planimétrica e para componente altimétrica.

Contudo, algumas ponderações devem ser realizadas, apontando as vantagens e desvantagens que cada método apresenta. Diante do exposto, a tabela 22 apresenta um resumo dessas vantagens e desvantagens.

**Tabela 22 - Vantagens e desvantagens dos aplicativos computacionais utilizados neste trabalho.**

	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<b>AUSPOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gratuito.</li> <li>- Facilidade de uso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acesso á <i>internet</i>.</li> <li>- Não permite alterações nas estratégias de processamento.</li> <li>- Processa somente dados GPS.</li> <li>- Processa somente dados de dupla frequência.</li> <li>- Processa somente dados com mínimo de uma hora de rastreo.</li> <li>- Necessidade de transformação e atualização das coordenadas para o SGB.</li> </ul>
<b>IBGE-PPP</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gratuito.</li> <li>- Facilidade de uso.</li> <li>- Processa dados GLONASS e GPS.</li> <li>- Processa dados de uma ou duas frequências.</li> <li>- Processa dados com qualquer intervalo de rastreo.</li> <li>- Os resultados já são referenciados ao SGB.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acesso á <i>internet</i>.</li> <li>- Não permite alterações nas estratégias de processamento.</li> <li>- Necessidade de dados de receptores de dupla frequência para posicionamento de precisão.</li> </ul>
<b>Leica Geo Office</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Processa dados de uma ou duas frequências.</li> <li>- Processa dados com qualquer intervalo de rastreo.</li> <li>- Permite alterações em suas estratégias de processamento.</li> <li>- É possível realizar posicionamento acurado com receptores de uma frequência.</li> <li>- É possível realizar posicionamento acurado com intervalo de rastreo menor, em comparação com os serviços de posicionamento IBGE-PPP e AUSPOS.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Não é gratuito.</li> </ul>

Mesmo considerando as vantagens e desvantagens que cada método apresenta, conclui-se que o método de posicionamento relativo com o uso de aplicativo computacional comercial continua sendo a melhor opção, pois é o

que apresenta o menor número de desvantagens, além de ter apresentado os melhores resultados. Embora o aplicativo não seja gratuito, o usuário pode realizar posicionamento de precisão com receptores de uma frequência, quando se envolve no processamento dos dados GNSS linhas de base curtas (até 20 km). Salienta-se que nesse caso, em 64,3% dos casos a acurácia foi milimétrica. Além disso, o período de coleta de dados para posicionamento preciso é menor se comparado com os aplicativos IBGE-PPP e AUSPOS. Com isso, a médio e longo prazo o usuário pode compensar o custo do aplicativo comercial.

O IBGE-PPP se apresenta como a segunda melhor opção. Contudo, ainda há a necessidade de se utilizar receptores de duas frequências para posicionamento de precisão, com o objetivo de eliminar os efeitos de primeira ordem da ionosfera.

O aplicativo que apresentou o maior número de desvantagens foi o AUSPOS, o qualificando como a terceira melhor opção. Destaca-se que a principal desvantagem consiste na necessidade em referenciar os resultados obtidos ao SGB, algo que não ocorre com o IBGE-PPP. É importante destacar que em virtude dos dados utilizados no AUSPOS terem sido coletados no Brasil, as linhas de base formadas serão sempre muito longas. Espera-se que na Europa o AUSPOS apresente melhores resultados, pois as linhas de base formadas serão menores do que as formadas em território brasileiro. Dependendo da estação utilizada no processamento em território brasileiro, o comprimento da linha de base ultrapassa 5.000 km. Mesmo nestas condições, o AUSPOS apresentou resultados muito satisfatórios.

Deve-se salientar a potencialidade do IBGE-PPP e do AUSPOS, que apresentaram bons resultados. Além disso, esses serviços de processamento são gratuitos e o usuário deve dispor de apenas um receptor. Em contrapartida, o usuário deve dispor de um receptor de dupla frequência para posicionamento de alta precisão.

## 8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Analisando a tendência, a precisão e a acurácia separadamente notou-se que a acurácia é por vezes mais afetada pela tendência e por vezes mais afetada pela precisão. Isso revela a importância da análise da qualidade posicional através da acurácia, ou seja, considerando a tendência e a precisão.

Conclui-se que o posicionamento relativo estático, utilizando combinação linear livre da ionosfera (uso do aplicativo computacional comercial), independente dos comprimentos e das quantidades de linhas de base envolvidas e também dos intervalos de tempo de rastreamento ainda é a melhor opção para quem deseja o posicionamento de precisão. Enquanto nos resultados de resultantes planimétricas 100% dos valores de acurácia encontrados para os processamentos no LGO com uma linha de base simples curta, utilizando a combinação *ion free* foram menores que 3 cm, e para linhas de base médias e longas 78%, no processamento PPP, apenas 55,8% dos valores foram menores que 3 cm. Devido ao fato dos processamentos utilizando a combinação *ion free* terem alcançado melhores resultados se comparados aos processamentos utilizando a portadora L1 envolvendo linhas de base médias e longas, acredita-se que os efeitos ionosféricos sejam a maior fonte de erros que afetam a acurácia posicional.

É válido salientar a importância da transformação e atualização das coordenadas de referência (das bases e dos *rovers*), compatibilizando as épocas e sistemas de referência envolvidos, pois caso não fosse considerado o efeito do deslocamento das placas tectônicas, os valores encontrados para a discrepância estariam envolvidos de erros, o que consequentemente afetaria a acurácia posicional.

Utilizando a portadora L1, os resultados mais acurados encontram-se para linhas de base curtas, sendo estes comparáveis aos obtidos utilizando a combinação *ion free*.

Os resultados obtidos com linhas de base simples revelaram-se melhores que os obtidos com múltiplas linhas de base, envolvendo comprimentos diferentes.

Vale salientar que o serviço *online* AUSPOS, embora com linhas de base envolvidas demasiadamente extensas, apresentaram valores de acurácia que estão entre os melhores resultados encontrados. Isso mostra que o serviço é eficiente independentemente dos comprimentos das linhas de base envolvidas no processamento, contudo, o AUSPOS é o serviço de posicionamento que apresentou o maior número de desvantagens.

O PPP apresenta como vantagem a eliminação do rastreo simultâneo de dados com outra estação de referência. Além disso, possui ampla capacidade de ser aplicado em levantamentos de precisão, como por exemplo, em georreferenciamento de imóveis rurais.

Os serviços AUSPOS e IBGE-PPP se mostraram vantajosos no que concerne às suas precisões, além de serem gratuitos e apresentarem grande facilidade de ser utilizado pelo usuário. Em contrapartida, exige que os mesmos tenham acesso a *internet* e não permitem alterações nas estratégias de processamento (máscara de elevação, latência, entre outros). Além disso, o AUSPOS só processa dados GPS, de dupla frequência, com mínimo de uma hora de rastreo.

Recomenda-se para trabalhos futuros a realização de mais experimentos envolvendo a análise de séries temporais. Com isso, será possível realizar uma análise estatística, por exemplo, com o uso de programas gratuitos, como o programa R.

Outra sugestão seria que a metodologia utilizada seja refeita alterando-se os horários de rastreo, a data da coleta dos dados (levando-se em consideração as estações do ano) e os programas computacionais utilizados. Sugere-se também que sejam testados os dados GLONASS.

Recomenda-se, ainda, que sejam feitos estudos aprofundados relacionando os piores resultados encontrados às possíveis fontes de erros que afetam o posicionamento através de dados GNSS. Em especial, relacionando a cintilação ionosférica aos intervalos de rastreo analisados.

Além disso, sugere-se a verificação, nos relatórios de processamento gerados por *softwares* comerciais, se a estação processada estabeleceu-se

como ponto fixo ou flutuante, e sua possível relação com os comprimentos das linhas de base envolvidas e suas respectivas acurácias.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTAMIMI, Z.; COLLILIEUX, X.; LEGRAND, J. GARAYT, B. & BOUCHER, C. **ITRF2005: A new release of the International Terrestrial Reference Frame based on time series of station positions and Earth Orientation Parameters** , J. Geophys. Res., 112, B09401, doi:10.1029/2007JB004949. 2007.

ALTAMIMI, Z.; COLLILIEUX, X. & MÉTIVIER, L. **Analysis and results of ITRF2008**. (IERS Technical Note ; 37) Frankfurt am Main: Verlag des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie, 54 pp., ISBN 978-3-86482-046-5 (print version), 2012.

ALTAMIMI, Z.; COLLILIEUX, X. & MÉTIVIER, L. **ITRF2008: an improved solution of the international terrestrial reference frame**. J Geod (2011) 85:457-473. DOI 10.1007/s0011-0444-4. 2011.

ALVES, C. M. D.; MONICO, J. F. G.; ROMÃO, V. M. C. **Análise da acurácia no PPP a partir da solução de ambiguidades GPS em curtos períodos de ocupação**. Revista Brasileira de Cartografia – RBC. Nº 63/5: 589-600, 2011.

ALVES, D. B. M. **Método dos Mínimos Quadrados com Penalidades: Aplicação no posicionamento relativo GPS**. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2004.

ALVES, D. B. M.; MONICO, J. F. G. **GPS/VRS positioning using atmospheric modeling**. **GPS Solutions** (Heidelberg), v.15, p. 253-261, 2011.

ALVES, D. B. M. **Posicionamento Baseado em redes GPS utilizando o conceito de estação virtual**. Tese (Doutorado em Ciências Cartográficas) - Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2008.

AHMED, M. M., SULTANA, Q., REDDY, A. S., & MALIK, M. A. **Tropospheric error correction in assisted GPS signals**. Indian Journal of Radio & Space Physics, v. 42, p. 159-166, 2013.

APPS. (2014). **Automatic Precise Positioning Service (APPS)**. Disponível em :< <http://apps.gdgps.net/> >. Acesso em: Junho de 2014.

ASSIADI, M.; EDWARDS, S. J.; CLARKE, P. J. **Enhancement of the accuracy of single-epoch GPS positioning for long baselines by local ionospheric modelling**. **GPS Solutions**, p. 1-8, 2013.

AUSPOS. (2014). **AUSPOS - Online GPS Processing Service (AUSPOS)**. Disponível em :<<http://www.ga.gov.au/earth-monitoring/geodesy/auspos-online-gps-processing-service.html>>. Acesso em: Junho de 2014.

BLITZKOW, D.; MATOS, A. C. O. C.; GUIMARÃES, G. N. & COSTA, S. M. A. **O conceito atual dos referenciais usados em Geodésia**. Revista Brasileira de Cartografia. 2012.

BOWRING, B.R. **Transformation from spatial to geographical coordinates**. Survey Review, XXIII, 181, July, 1976.

BROWN, R.G.; HWANG, P.Y.C. **Introducion to Random Signals and Applied Kalman Filtering**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1992.

BRUNNER, F. K.& WELSCH, W. M. **Effect of the troposphere on GPS measurements**. GPS World, v. 4, p. 42, 1993.

BRUYNINX, C. *et al.* **Guidelines for EUREF densifications**. Bulletin of Geodesy and Geomatics, v. 69, n. 1, p. 137-147, 2010.

CARVALHO, A. S., SILVA, J. A., DAL POZ, W.R. **Avaliação da acurácia posicional obtida por meio do serviço online de processamento de dados ASUPOS (no prelo)**. In: Boletim de Ciências Geodésicas. Curitiba: UFPR, 2015.

CAMARGO, P.O. **Modelo regional da ionosfera para uso em posicionamento com receptores de uma frequência**. Tese (Doutorado em Ciências Cartográficas) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná - UFPR, Curitiba. 1999. 166p.

CHUERUBIM, M. L. & GOMES, P. G. **Comparação do posicionamento geodésico tridimensional realizado com modelos idênticos de antenas e de receptores GPS em diferentes épocas e intervalos do dia**. Revista de Engenharia e Tecnologia, v. 6, n. 1, p. Páginas 102-122, 2014.

CHUERUBIM, M., L. **Integração de Redes GNSS locais ao SIRGAS**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Paulista – UNESP, Presidente Prudente, 2009.

CLEAVER, B. L. **Evaluation of the performance of web-based GNSS post processing systems**. Dissertação, University of Southern Queensland. 2013.

COSTA, G. F; SILVA, A. S & ROMÃO, V. M. C. **Multicaminho, perda de ciclos e horas coletadas por seção, nos dados GPS das estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo no Estado de Minas Gerais**. II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife, 8-11 de setembro de 2008.

COSTA, S. M. A.; SILVA, A. L.; JÚNIOR, N. J. M. & LIMA, M. A. A. **O sucesso de três anos do serviço IBGEPPP**. UD y la GEOMÁTICA, n. 6, p. 79-88, 2012. Disponível em:

<<http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/UDGeo/article/view/4413/6147>>. Acesso em: Junho de 2014.

CSRS-PPP. (2013). **Canadian Spatial Reference System Online Global GPS Processing Service (CSRS-PPP)**. Disponível em :<[http://www.geod.nrcan.gc.ca/products-produits/ppp\\_e.php](http://www.geod.nrcan.gc.ca/products-produits/ppp_e.php)>. Acesso em: Junho de 2014.

DOUŠA, J. **The impact of errors in predicted GPS orbits on zenith troposphere delay estimation**. GPS solutions, v. 14, n. 3, p. 229-239, 2010.

DREWES, H. **Procesamiento de información GPS com relación a marcos de referencia de épocas diferentes**. In: *SIRGAS Workshop*, Aguascalientes, México, 9 e 10 de Dezembro de 2004.

DAL POZ, W. R.; CAMARGO, P. O. **Influência da variação espacial do tec na definição do comprimento de linha de base: abordagem teórica e prática**. Revista Brasileira de Cartografia (RBC). ISSN 1808-0936. Nº60/04, dezembro. 2008.

DAL POZ, W. R. **Investigações preliminares sobre a influência do clima espacial no posicionamento relativo com GNSS**. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista – UNESP, Presidente Prudente, 2010.

DA SILVA, A. L.; COSTA, S. M. A.; VAZ, J. A. **Deslocamento das estações sirgas-con em função do terremoto ocorrido no chile–uma abordagem do centro de processamento SIRGAS-IBGE**. Presented at the III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife, Brazil, 2010.

DA SILVA, N. C. C.; DOS SANTOS, M. C.; DE OLIVEIRA, L. C. **Efeito da refração Troposférica no Posicionamento Geodésico com GPS**. Brazilian Journal of Geophysics, v. 17, p. 2-3, 1999.

DAWSON, J; GOVIND, R & MANNING, J. **The AUSLIG online GPS processing system (AUSPOS)**. The Australian surveying and land information group (AUSLIG), v. 4, 2004.

EBNER, R.; FEATHERSTONE, W. E. **How well can online GPS PPP post-processing services be used to establish geodetic survey control networks?** Journal of Applied Geodesy 2, 2008. Disponível em: <[https://geodesy.curtin.edu.au/local/docs/JAG\\_149-157.pdf](https://geodesy.curtin.edu.au/local/docs/JAG_149-157.pdf)>. Acesso em: Junho de 2014.

ECONOMIST. **Rocket Galore: China's Space Programme**. (January 7, 2012). Disponível em <<http://www.economist.com/node/21542379>>. Acesso em 15 de Junho de 2014.

ESTEY, L.H.; MEERTENS, C.M. **TEQC: The multi-purpose toolkit for GPS/GLONASS Data**. GPS Solutions, v. 3, n. 1, p. 42-49, 1999.

EUROPEAN REPORT. **Transport Council: Ministers Agree on Continuation of Galileo** (June 11, 2012). Disponível em <<http://www.highbeam.com/doc/1G1-292373230.html>>. Acesso em 15 de Junho de 2014.

FARRET, J.C. **O Efeito do Multicaminho Estático nas Medidas da Fase das Portadoras GPS**. Tese de Doutorado – Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2000.

FERNANDES, V. O. & NOGUEIRA, R. E. **Consequências da mudança de datum na representação cartográfica direcionada para ambiente SIG**. Portal de Cartografia das Geociências, v. 3, n. 1, 2010.

FORTES, L.P.S. **Operacionalização da rede brasileira de monitoramento contínuo do sistema GPS (RBMC)**. 1997. 152 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Sistemas e Computação) – Instituto Militar de Engenharia (IME), Rio de Janeiro.

GAPS. (2014). **GPS Analysis and Positioning Software (Gaps)**. Disponível em :< <http://gaps.gge.unb.ca/index.html>>. Acesso em: Junho de 2014.

GEMAEL, C. **Introdução ao ajustamento de observações: aplicações geodésicas**. Curitiba. PR. Ed. UFPR, 1994.

GHODDOUSI-FARD, R & DARE, P. **Online GPS processing services: an initial study**. GPS solutions, v. 10, n. 1, p. 12-20, 2006.

GMV. **MagicGNSS Precise Point Positioning**. Disponível em <<http://magicgnss.gmv.com/ppp/>>. Acesso em Junho de 2014.

GRINTER, T. & JANSSEN, V. **Post-Processed Precise Point Positioning: A Viable Alternative?** Proceedings of the 17th Association of Public Authority Surveyors Conference (APAS2012) Wollongong, New South Wales, Australia, 19-21 March, 2012.

GRINTER, T. & ROBERTS, C. **Precise Point Positioning: Where are we now?** International Global Navigation Satellite Systems Society – IGNSS. Symposium 2011. University of New South Wales, Sydney, NSW, Australia. 15 – 17 November, 2011.

HOFMANN-WELLENHOF, B.; LICHTENEGGER, H.; WASLE, E. **GNSS – Global Navigation Satellite System: GPS, GLONASS, GALILEO, and More**. New York, SpringerWien, 516 p. 2008.

HOFMANN-WELLENHOF, B.; LICHTENEGGER, H.; COLLINS, J. **GPS Theory and Practice**, Springer-Verlag, Wien, Fourth Revised Edition, 389 p., 2007.

HOFMANN-WELLENHOF, B.; LICHTENEGGER, H.; WASLE, E. **GNSS: Global Navigation Satellite Systems**. Springer, 2007.

HUBER, K.; HEUBERGER, F.; ABART, C.; KARABATIC, A.; WEBER R. & BERGLEZ, P. **PPP: Precise Point Positioning – Constraints and Opportunities**. FIG Congress 2010. Facing the Challenges – Building the Capacity Sydney, Australia, 11-16 April, 2010.

IERS (2014). **International Earth Rotation and Reference Systems Service (IERS)**. Disponível em: <[www.iers.org/iers/en/.../ITRSCentre/itrs.html](http://www.iers.org/iers/en/.../ITRSCentre/itrs.html)>. Acesso em: Março de 2014.

IGS (2014). **International GNSS Service (IGS)**. Disponível em: <<http://www.igs.org/>>. Acesso em: Junho de 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), **Recomendações para Levantamentos Relativos Estáticos - GPS**. Rio de Janeiro, RJ .2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), **Manual do Usuário. Aplicativo Online IBGE-PPP**. Rio de Janeiro, RJ .2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), **RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS**. Rio de Janeiro, RJ .2014. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/rbmc.shtm?c=7>>. Acesso em: 03/11/2014.

ITRF (2015). **International Terrestrial Reference Frame**. Disponível em: <[http://itrf.ensg.ign.fr/doc\\_ITRF/Transfo-ITRF2008\\_ITRFs.txt](http://itrf.ensg.ign.fr/doc_ITRF/Transfo-ITRF2008_ITRFs.txt)>. Acesso em: 05/02/2015.

JANSSEN, V; MCELROY, S. **Virtual RINEX: Science or fiction?**. Position, n. 67, p. 38-41, 2013.

JEKELI, C. **Geometric Reference Systems in Geodesy**. Ohio State University, 202p. 2006. Lecture Note.

KING, M.; EDWARDS, S.; CLARKE, P. **Precise Point Positioning: Breaking the Monopoly of Relative GPS Processing**. Engineering Surveying Showcase – October, 2002. Disponível em: <[http://www.staff.ncl.ac.uk/peter.clarke/offprints/king\\_etal2002.pdf](http://www.staff.ncl.ac.uk/peter.clarke/offprints/king_etal2002.pdf)>. Acesso em: Junho de 2014.

KLEIJER, Frank. **Troposphere modeling and filtering for precise GPS leveling**. Publications on Geodesy 56, Netherlands Geodetic Commission, ISBN 90 6132 284 7, 2004.

LEANDRO, R. F.; LANGLEY, R. B.; SANTOS, M. C. **GNSS data analysis in GAPS, the GPS analysis and positioning software, using IGS products**. In: Proc., IGSS Service Analysis Center Workshop, 2008.

LEICK, A. **GPS satellite surveying**. 3.ed. United States: John Wiley, 2004.

MANNUCCI, A. J., WILSON, B. D., YUAN, D. N., HO, C. H., LINDQWISTER, U. J., & RUNGE, T. F. **A global mapping technique for GPS-derived ionospheric total electron content measurements**. Radio science, v. 33, n. 3, p. 565-582, 1998.

McCATHY, D.D. **IERS Conventions (1996)**. IERS Technical Note 13, Central Bureau of IERS – Observatoire de Paris, 1996.

MIKHAIL, E. M.; ACKERMANN, F. **Observations and least squares**. New York: A Dun-Donnelley Publisher, 1976.

MONICO, J.F.G. **Posicionamento pelo GNSS: Descrição, fundamentos e aplicações**. São Paulo: Editora Unesp, 476 p., 2008.

MONICO, J. F. G.; PÓZ, A. P. D.; GALO, M.; SANTOS, M. C.; OLIVEIRA, L. C. **Acurácia e precisão: revendo os conceitos de forma acurada**. Boletim de Ciências Geodésicas, Curitiba, v. 15, p. 469-483, jul. 2009.

NASA (2015). **National Aeronautics and Space Administration**. Disponível em: <http://igs.cb.jpl.nasa.gov/network/complete.html>. Acesso em: fevereiro de 2015.

OCALAN, T; ERDOGAN, B; TUNALIOGLU, N. **Analysis of web-based online services for GPS relative and precise point positioning techniques**. Boletim de Ciências Geodésicas, v. 19, n. 2, p. 191-207, 2013. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/bcg>>. Acesso em: 10 jan. 2015.

OMATSU, N., OTSUKA, Y., SHIOKAWA, K., & SAITO, S. **Evaluation of the impact of ionospheric disturbances on air navigation augmentation system using multi-point GPS receivers**. In: AGU Fall Meeting Abstracts. p. 1956. 2013.

OPUS-PR. (2014). **Online Positioning User Service (OPUS)**. Disponível em: <<http://www.ngs.noaa.gov/OPUS/>>. Acesso em: Junho de 2014.

PARKINSON, B.W. *et al.* **Global Positioning System: Theory and Applications**. 3. ed. Vol. 2. Washington, DC: American *Institute of Aeronautics and Astronautics*, Inc., 1996.

PEREIRA, S. C. M.; CHUERUBIM, M. L.; SILVA, L. A. & AZEVEDO, J. **Análise das discrepâncias obtidas entre os processamentos realizados em diferentes softwares para linhas de base curtas e longas.** Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

PEREIRA, V. A. S. & CAMARGO, P. O. **Estimativa e análise de índices de irregularidades da ionosfera utilizando dados gps de redes ativas.** Bol. Ciênc. Geod., sec. Artigos, v. 19, n. 3, p. 374-390, 2013.

PETIT, G; LUZUM, B. (IERS Technical Note ; 36) **Frankfurt am Main: Verlag des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie**, 2010. 179 pp., ISBN 3-89888-989-6. Disponível em <[http://www.iers.org/nn\\_11216/IERS/EN/Publications/TechnicalNotes/tn36.html](http://www.iers.org/nn_11216/IERS/EN/Publications/TechnicalNotes/tn36.html)>. Acesso em 10 jan. 2015.

RAQUET, J.F.. **Development of a method for kinematic GPS carrier-phase ambiguity resolution using multiple reference receivers.** 1998. 259p. Ph.D thesis – Department of Geomatics Engineering, UCGE Report nº 20116, The University of Calgary, Calgary, Alberta, Canada.

REBISCHUNG, P.; GRIFFITHS, J.; RAY, J.; SCHMID, R.; COLLILIEUX, X. & GARAYT, B. **IGS08: the IGS realization of ITRF2008.** GPS Solutions, v. 16, n.4, 2012.

REBISCHUNG, P. [IGSMail-6663] **IGb08: an update on IGS08.** 2012. Disponível em: <http://igscb.jpl.nasa.gov/pipermail/igsmail/2012/007853.html>. Acesso em: 10/01/2014.

RIZOS, C.; JANSSEN, V.; ROBERTS, C. & GRINTER, T. **Precise Point Positioning: Is the Era of Differential GNSS Positioning Drawing to an End?** FIG Working Week 2012 Knowing to manage the territory, protect the environment, evaluate the cultural heritage Rome, Italy, 6-10 May, 2012a.

RIZOS, C.; JANSSEN, V.; ROBERTS, C. & GRINTER, T. **PPP versus DGNSS.** Geomatics World September / October, 2012b. Disponível em: <[http://www.lpi.nsw.gov.au/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0004/174937/2012\\_Rizos\\_etal\\_GeomaticsWorld\\_206\\_PPP\\_vs\\_DGNSS.pdf](http://www.lpi.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0004/174937/2012_Rizos_etal_GeomaticsWorld_206_PPP_vs_DGNSS.pdf)>. Acesso em: Junho de 2014.

ROBERTS, C. **How will all the new GNSS signals help RTK Surveyors.** Em: Proceedings of SSSC 2011 Biennial conference of the Surveying and Spatial Sciences Institute, Wellington. p. 21-25. 2011.

ROSE, J. A., TONG, J. R., ALLAIN, D. J., & MITCHELL, C. N. **The use of ionospheric tomography and elevation masks to reduce the overall error in single-frequency GPS timing applications.** Advances in Space Research, v. 47, n. 2, p. 276-288, 2011.

SALEEM, T., & USMAN, M. **Analysis and Mitigation of Tropospheric Error Effect on GPS Positioning Using Real GPS Data**. International Journal of Electronics and Electrical Engineering Vol. 2, No. 3 (2014).

SAPUCCI, L. F. **Estimativas do IWV utilizando receptores GPS em bases terrestres no Brasil: Sinergia entre a geodesia e a meteorologia**. Tese de Doutorado. MS thesis, Univ. Estadual Paulista, Presidente Prudente, Brazil. 2005.

SAPUCCI, L. F., MACHADO, L. A. T. & MONICO, J. F. G. **Previsões do atraso zenital troposférico para a América do Sul: variabilidade sazonal e avaliação da qualidade**. Revista Brasileira de Cartografia, v. 58, n. 3, 2006.

SAPUCCI, L. F. & MONICO, J. F. G. **Avaliação dos Modelos de Hopfield e de Saastamoinen para a Modelagem do Atraso Zenital Troposférico em Território Brasileiro Utilizando GPS**. Séries em Ciência Geodésicas (Curitiba), v. 1, p. 47-61, 2001.

SCOUT-PR. (2014). **Scripps Coordinate Update Tool (SCOUT)**. Disponível em: <<http://sopac.ucsd.edu/cgi-bin/SCOUT.cgi>>. Acesso em: Junho de 2014.

SEEBER, G. **Satellite geodesy: foundations, methods and applications**. 2<sup>nd</sup>. Ed., Berlin; New York: Walter de Gruyter, 2003. 589p.

SEJAS, M. I. **Modelagem ionosférica local em redes GPS para o posicionamento absoluto de estações de uma frequência**. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra. Curso de Pós-graduação em Ciências Geodésicas, 2009.

SHEN, X.; GAO, Y. **Kinematic processing analysis of carrier phase based precise point positioning**. FIG XXII International Congress. Washington, D.C., USA, April 19-26, 2002.

SIRGAS (2014) Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS). Disponível em: <[www.sirgas.org](http://www.sirgas.org)>. Acesso em: Julho de 2014.

SIRGAS (2014b). Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas, 2014. Disponível em: <<http://www.sirgas.org/index.php?id=15>>. Acesso em: 22 jan. 2015

SIRGAS (2015) Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS). Disponível em: <[http://www.sirgas.org/fileadmin/docs/Boletines/Sanchez\\_et\\_al\\_SIRGAS\\_EGU\\_2009\\_April\\_2009\\_.pdf](http://www.sirgas.org/fileadmin/docs/Boletines/Sanchez_et_al_SIRGAS_EGU_2009_April_2009_.pdf)>. Acesso em: Fevereiro de 2015.

SOUZA, E. M. **Análise de Wavelets para Detecção e Correção do Multicaminho no Posicionamento Relativo GNSS Estático e Cinemático**.

Tese (Doutorado em Ciências Cartográficas) - Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2008.

STANAWAY, R; ROBERTS, C. **A High-Precision Deformation Model to support Geodetic Datum Modernisation in Australia**. Em: Book of Abstracts. p. 47. 2013.

SUCI, F.M. **Influência das Efemérides Transmitidas e Precisas no Transporte de Coordenadas**. Monografia de conclusão de curso em Engenharia de Agrimensura, UFV, Viçosa, MG. 2009.

TORGE, W. **Geodesy**. 3rd completely ver. And extended ed. Berlin; New York: de Gruyter, 2001.

TRIMBLE (2013). **CenterPoint RTK**. Disponível em: < <http://www.trimble.com/agriculture/correctionservices/CenterPointRTK.aspx>>. Acesso em: Junho de 2014.

UNAVCO (2015). Disponível em: < <http://www.unavco.org/software/geodetic-utilities/plate-motion-calculator/plate-motion-calculator.html>>. Acesso em: Janeiro de 2015.

VAZ, J. A.; PISSARDINI, R. S. & FONSECA JUNIOR, E. S. **Comparação da cobertura e acurácia entre os sistemas GLONASS e GPS obtidas dos dados de observação de uma estação da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo**. Revista Brasileira de Cartografia – RBC. Nº 65/3: 529-539, 2013.

WELLS, D. *et al.* **Guide to GPS Positioning**. Canadian GPS Associates, Fredericton, New Brunswick. Canada, 1986.

WENG, D., JI, S., CHEN, W., & LIU, Z. **Assessment and Mitigation of Ionospheric Disturbance Effects on GPS Accuracy and Integrity**. Journal of Navigation, v. 67, n. 03, p. 371-384, 2014.

WÜBBENA, G.; SCHMITZ, M.; BAGGE, A. **PPP-RTK: precise point positioning using state-space representation in RTK networks**. Presented at the 18<sup>th</sup> International Technical Meeting, ION GNSS-05, Long Beach, California., September 13-16, 2005.

XIN-HUI, Z., FU-PING, S. AND REN, W. **Establishment of the Medial-Hotspot Reference Datum and Study of the Westward Drift of Lithosphere**. Chinese Journal of Geophysics, 56: 636–646. doi: 10.1002/cjg2.20059. 2013.

## APÊNDICES

APÊNDICE 01: Lista das coordenadas das estações RBMC após a transformação e atualização das mesmas utilizando o modelo de velocidades NNR-NUVEL-1A, e os parâmetros de transformação recomendados pelo IERS.

---

Quadro de estações RBMC, ITRF2008 – ÉPOCA 2014,0

Estação	Coordenadas Cartesianas		
	X (m)	Y (m)	Z (m)
BRFT	4985393,491	-3954993,468	-428426,594
CEEU	4985392,715	-3954993,338	-428437,788
MCLA	4404519,559	-4235798,457	-1823409,001
MGMC	4406284,927	-4234092,896	-1822973,646
MGUB	4019130,597	-4504012,618	-2055168,636
UBER	4014997,222	-4509022,516	-2052040,551
SAVO	4870283,731	-3864605,350	-1418872,446
SSA1	4863840,298	-3871158,675	-1422726,614
RIOD	4280294,872	-4034431,303	-2458141,210
ONRJ	4283638,355	-4026028,900	-2466096,668
APSA	3999377,256	-4968443,126	-6662,745
MAPA	4005461,095	-4963550,361	5162,414
CEFT	4983062,708	-3959862,959	-410039,411
POLI	4010099,497	-4259927,377	-2533538,632
SPCA	4007215,093	-4306650,271	-2458220,395
UBA1	4129567,804	-4146743,098	-2527616,377
MGIN	4076879,946	-4270391,004	-2407417,968
EESC	3967006,963	-4390247,444	-2375229,772
SPJA	3957806,684	-4440069,855	-2296499,708
IMBT	3714771,563	-4221851,177	-2999473,781
SCFL	3746626,098	-4237700,849	-2937241,792
SJSP	4084802,428	-4209560,474	-2498056,793
PBJP	5192505,778	-3618762,852	-787096,742
PEAF	5005578,913	-3859264,101	-856010,160
SCLA	3606986,064	-4345293,320	-2956654,049
MGBH	4320741,808	-4161560,549	-2161984,078
VICO	4373283,304	-4059639,127	-2246959,559
RJCG	4450354,256	-3913332,870	-2350256,220
RNNA	5184572,489	-3658358,314	-644238,468
IMPZ	4289656,391	-4680884,995	-606347,155
MABA	4156055,605	-4801656,560	-592100,486
RNMO	5051170,141	-3851509,552	-574681,217

---

---

GVAL	4490200,786	-4036985,009	-2048288,236
MGRP	4176141,942	-4344591,242	-2085669,608
BAIL	4781750,287	-3896064,309	-1618362,486
SEAJ	4995143,859	-3778384,030	-1201364,758
PAAT	3904887,659	-5030761,082	-353774,891
MGVA	4165510,468	-4229245,279	-2327732,614
SPBO	3902211,599	-4400160,622	-2461983,465
PBCG	5125899,386	-3711505,694	-795650,440
CRAT	4888825,995	-4017957,514	-798308,838
ALAR	5043729,694	-3753105,623	-1072966,889
POAL	3467519,412	-4300378,614	-3177517,577
CEFE	4562488,486	-3871935,871	-2200001,402
MABS	4389634,218	-4551909,742	-830725,095
UFPR	3763751,678	-4365113,906	-2724404,552

---

APÊNDICE 02: tabelas para cada estação, contendo os valores de resultantes planimétricas para as tendências, precisões e acurácias.

Estação BRFT																								
Tendência									Precisão								Acurácia							
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos
12h	0,004	0,002	0,004	0,004	0,084	0,004	0,033	0,022	0,000	0,000	0,004	0,008	0,245	0,008	0,033	0,009	0,004	0,002	0,005	0,009	0,259	0,009	0,046	0,023
10h	0,005	0,003	0,004	0,004	0,074	0,003	0,031	0,026	0,000	0,000	0,003	0,008	0,188	0,009	0,031	0,009	0,005	0,003	0,005	0,009	0,202	0,009	0,044	0,027
8h	0,005	0,003	0,005	0,002	0,073	0,003	0,029	0,025	0,000	0,000	0,002	0,008	0,196	0,008	0,029	0,010	0,005	0,003	0,005	0,008	0,209	0,008	0,042	0,027
6h	0,005	0,003	0,005	0,003	0,099	0,003	0,035	0,029	0,000	0,000	0,003	0,008	0,238	0,010	0,035	0,010	0,005	0,003	0,005	0,009	0,257	0,010	0,049	0,031
4h	0,005	0,003	0,004	0,004	0,059	0,004	0,030	0,027	0,000	0,000	0,004	0,008	0,151	0,013	0,030	0,015	0,005	0,003	0,006	0,009	0,162	0,013	0,042	0,031
2h	0,004	0,001	0,003	0,004	0,053	0,006	0,023	0,029	0,000	0,001	0,005	0,012	0,154	0,016	0,023	0,152	0,004	0,002	0,006	0,012	0,163	0,017	0,033	0,155
1h	0,005	0,002	0,005	0,004	0,083	0,005	0,006	0,055	0,000	0,001	0,006	0,013	0,190	0,016	0,006	0,249	0,005	0,002	0,008	0,014	0,207	0,017	0,009	0,255

Estação MGMC																								
Tendência									Precisão								Acurácia							
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos
12 h	0,003	0,003	0,355	0,003	0,134	0,006	0,030	0,020	0,001	0,001	0,397	0,020	0,242	0,028	0,030	0,009	0,004	0,003	0,533	0,020	0,277	0,029	0,043	0,022
10 h	0,002	0,004	0,314	0,002	0,112	0,006	0,030	0,025	0,001	0,001	0,426	0,024	0,239	0,028	0,030	0,010	0,002	0,005	0,530	0,024	0,264	0,029	0,042	0,027
8h	0,002	0,005	0,344	0,002	0,199	0,004	0,027	0,025	0,001	0,001	0,426	0,018	0,198	0,022	0,027	0,010	0,002	0,005	0,547	0,018	0,281	0,022	0,038	0,027
6h	0,003	0,006	0,332	0,006	0,220	0,008	0,026	0,028	0,001	0,001	0,510	0,025	0,248	0,032	0,026	0,012	0,003	0,006	0,609	0,026	0,332	0,033	0,037	0,030
4h	0,002	0,006	0,270	0,005	0,300	0,009	0,023	0,032	0,001	0,001	0,445	0,023	0,192	0,030	0,023	0,012	0,002	0,006	0,521	0,024	0,356	0,031	0,032	0,035
2h	0,003	0,005	0,203	0,004	0,249	0,010	0,026	0,030	0,001	0,002	0,492	0,024	0,307	0,032	0,026	0,027	0,003	0,006	0,532	0,024	0,395	0,033	0,036	0,041
1h	0,002	0,007	0,147	0,003	0,150	0,014	0,018	0,030	0,001	0,002	0,457	0,025	0,279	0,034	0,018	0,059	0,002	0,007	0,480	0,025	0,317	0,037	0,025	0,067

Estação UBER																								
Tendência									Precisão								Acurácia							
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos
12h	0,012	0,017	0,387	0,018	0,201	0,014	0,016	0,019	0,001	0,001	0,419	0,025	0,393	0,027	0,016	0,009	0,012	0,017	0,571	0,031	0,441	0,030	0,023	0,020
10h	0,012	0,018	0,376	0,024	0,145	0,015	0,028	0,021	0,001	0,001	0,398	0,028	0,401	0,027	0,028	0,009	0,012	0,018	0,547	0,036	0,426	0,031	0,039	0,023
8h	0,014	0,018	0,382	0,024	0,177	0,016	0,020	0,018	0,001	0,001	0,372	0,033	0,342	0,027	0,020	0,010	0,014	0,018	0,533	0,041	0,385	0,032	0,028	0,020
6h	0,014	0,017	0,402	0,026	0,167	0,015	0,011	0,023	0,001	0,001	0,315	0,040	0,423	0,030	0,011	0,010	0,014	0,017	0,511	0,048	0,455	0,034	0,016	0,025
4h	0,013	0,017	0,352	0,024	0,164	0,016	0,008	0,023	0,001	0,001	0,405	0,037	0,371	0,026	0,008	0,012	0,013	0,017	0,536	0,044	0,406	0,030	0,012	0,026
2h	0,014	0,018	0,368	0,018	0,300	0,019	0,019	0,027	0,001	0,001	0,429	0,037	0,387	0,026	0,019	0,032	0,014	0,018	0,565	0,041	0,489	0,032	0,027	0,042
1h	0,012	0,015	0,360	0,023	0,360	0,016	0,032	0,049	0,001	0,002	0,435	0,056	0,305	0,022	0,032	0,084	0,012	0,016	0,565	0,061	0,472	0,027	0,045	0,097

Estação SSA1																								
Tendência									Precisão								Acurácia							
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos
12h	0,009	0,009	0,023	0,005	0,161	0,012	0,015	0,024	0,001	0,001	0,041	0,015	0,196	0,018	0,015	0,009	0,009	0,009	0,047	0,016	0,254	0,022	0,022	0,026
10h	0,006	0,009	0,133	0,006	0,219	0,018	0,015	0,051	0,001	0,001	0,050	0,018	0,112	0,021	0,015	0,009	0,006	0,009	0,142	0,019	0,245	0,028	0,022	0,051
8h	0,008	0,011	0,143	0,004	0,178	0,018	0,019	0,054	0,001	0,001	0,044	0,028	0,067	0,026	0,019	0,010	0,008	0,011	0,150	0,028	0,190	0,032	0,026	0,055
6h	0,004	0,010	0,118	0,003	0,121	0,007	0,022	0,032	0,001	0,001	0,044	0,024	0,142	0,020	0,022	0,012	0,005	0,010	0,126	0,025	0,187	0,021	0,032	0,034
4h	0,004	0,006	0,158	0,002	0,087	0,015	0,023	0,032	0,002	0,002	0,029	0,027	0,109	0,025	0,023	0,014	0,005	0,007	0,161	0,027	0,139	0,030	0,032	0,035
2h	0,083	0,004	0,284	0,002	0,225	0,022	0,029	0,045	0,001	0,003	0,186	0,027	0,120	0,026	0,029	0,061	0,083	0,005	0,339	0,027	0,255	0,034	0,040	0,076
1h	0,218	0,025	0,199	0,056	0,141	0,048	0,056	0,102	0,001	0,004	0,052	0,088	0,073	0,061	0,056	0,293	0,218	0,026	0,206	0,104	0,159	0,077	0,080	0,310

Estação ONRJ																										
Tendência									Precisão									Acurácia								
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos		
12h	0,004	0,004	0,423	0,008	0,158	0,006	0,017	0,018	0,001	0,001	0,391	0,026	0,413	0,036	0,017	0,009	0,004	0,004	0,576	0,027	0,442	0,036	0,024	0,020		
10h	0,003	0,004	0,416	0,009	0,180	0,006	0,018	0,019	0,001	0,001	0,432	0,028	0,316	0,038	0,018	0,009	0,003	0,004	0,600	0,029	0,364	0,038	0,025	0,021		
8h	0,006	0,004	0,425	0,008	0,211	0,005	0,013	0,019	0,001	0,001	0,566	0,024	0,368	0,030	0,013	0,010	0,006	0,004	0,708	0,025	0,425	0,030	0,018	0,022		
6h	0,008	0,003	0,367	0,009	0,216	0,006	0,013	0,020	0,001	0,001	0,499	0,032	0,309	0,043	0,013	0,011	0,008	0,003	0,620	0,033	0,377	0,043	0,019	0,022		
4h	0,007	0,004	0,339	0,011	0,206	0,006	0,012	0,024	0,001	0,001	0,505	0,032	0,317	0,039	0,012	0,012	0,007	0,004	0,608	0,033	0,378	0,039	0,016	0,027		
2h	0,004	0,004	0,441	0,002	0,230	0,013	0,009	0,025	0,001	0,001	0,753	0,016	0,483	0,030	0,009	0,017	0,004	0,005	0,873	0,016	0,535	0,033	0,013	0,030		
1h	0,007	0,009	0,426	0,002	0,323	0,010	0,011	0,026	0,001	0,002	0,671	0,032	0,555	0,038	0,011	0,037	0,007	0,009	0,795	0,033	0,642	0,039	0,015	0,046		

Estação MAPA																										
Tendência									Precisão									Acurácia								
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos		
12h	0,007	0,007	0,175	0,004	0,135	0,048	0,027	0,034	0,001	0,000	0,422	0,017	0,697	0,037	0,027	0,008	0,007	0,007	0,457	0,018	0,710	0,061	0,038	0,035		
10h	0,007	0,007	0,290	0,006	0,172	0,051	0,029	0,035	0,001	0,000	0,503	0,013	0,832	0,039	0,029	0,008	0,007	0,007	0,581	0,014	0,850	0,064	0,041	0,036		
8h	0,008	0,006	0,310	0,005	0,126	0,054	0,032	0,035	0,001	0,001	0,579	0,017	0,886	0,042	0,032	0,008	0,008	0,006	0,657	0,018	0,895	0,068	0,046	0,036		
6h	0,007	0,006	0,335	0,034	0,056	0,051	0,035	0,032	0,001	0,001	0,787	0,026	0,978	0,031	0,035	0,009	0,007	0,006	0,856	0,043	0,979	0,059	0,049	0,033		
4h	0,006	0,005	0,041	0,021	0,227	0,057	0,029	0,029	0,001	0,001	0,305	0,030	0,599	0,041	0,029	0,012	0,006	0,005	0,307	0,036	0,641	0,070	0,040	0,031		
2h	0,019	0,009	0,019	0,008	0,117	0,032	0,041	0,034	0,001	0,001	0,034	0,004	0,412	0,050	0,041	0,022	0,019	0,009	0,039	0,009	0,429	0,060	0,058	0,041		
1h	0,020	0,005	0,020	0,005	0,033	0,017	0,009	0,040	0,001	0,001	0,011	0,010	0,244	0,078	0,009	0,070	0,020	0,005	0,023	0,011	0,246	0,080	0,013	0,080		

Estação CEFT																								
Tendência									Precisão								Acurácia							
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos
12h	0,018	0,014	0,017	0,014	0,169	0,013	0,038	0,041	0,001	0,000	0,001	0,007	0,293	0,010	0,038	0,008	0,018	0,014	0,017	0,016	0,339	0,017	0,054	0,042
10h	0,015	0,014	0,016	0,014	0,185	0,013	0,037	0,045	0,001	0,000	0,002	0,006	0,234	0,011	0,037	0,008	0,015	0,014	0,016	0,015	0,298	0,017	0,052	0,045
8h	0,007	0,014	0,009	0,015	0,199	0,013	0,038	0,047	0,001	0,001	0,002	0,006	0,217	0,011	0,038	0,009	0,008	0,014	0,009	0,016	0,294	0,017	0,054	0,048
6h	0,007	0,014	0,008	0,014	0,198	0,012	0,038	0,046	0,001	0,001	0,004	0,006	0,263	0,012	0,038	0,009	0,007	0,014	0,009	0,015	0,329	0,017	0,054	0,047
4h	0,007	0,015	0,009	0,015	0,217	0,013	0,040	0,046	0,001	0,001	0,003	0,007	0,194	0,016	0,040	0,012	0,007	0,015	0,009	0,017	0,291	0,020	0,056	0,048
2h	0,010	0,018	0,012	0,018	0,244	0,014	0,026	0,038	0,001	0,001	0,003	0,005	0,277	0,019	0,026	0,023	0,010	0,018	0,012	0,018	0,369	0,023	0,037	0,044
1h	0,011	0,016	0,012	0,016	0,313	0,013	0,034	0,079	0,002	0,002	0,004	0,004	0,333	0,019	0,034	0,256	0,011	0,016	0,012	0,017	0,457	0,023	0,048	0,268

Estação CEEU																								
Tendência									Precisão								Acurácia							
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos
12h	0,017	0,015	0,005	0,005	0,105	0,006	0,029	0,024	0,001	0,000	0,003	0,008	0,257	0,007	0,029	0,008	0,017	0,015	0,006	0,010	0,278	0,009	0,041	0,025
10h	0,011	0,015	0,005	0,005	0,124	0,006	0,027	0,028	0,001	0,000	0,003	0,008	0,253	0,007	0,027	0,008	0,011	0,015	0,006	0,009	0,282	0,009	0,039	0,029
8h	0,008	0,014	0,005	0,004	0,093	0,006	0,028	0,028	0,001	0,001	0,001	0,007	0,203	0,007	0,028	0,009	0,008	0,014	0,005	0,009	0,223	0,009	0,039	0,030
6h	0,008	0,015	0,005	0,005	0,103	0,006	0,030	0,028	0,001	0,001	0,002	0,007	0,190	0,008	0,030	0,009	0,008	0,015	0,005	0,009	0,216	0,010	0,043	0,030
4h	0,010	0,015	0,005	0,004	0,103	0,006	0,032	0,031	0,001	0,001	0,003	0,007	0,142	0,011	0,032	0,012	0,010	0,015	0,006	0,008	0,176	0,013	0,045	0,033
2h	0,012	0,016	0,003	0,002	0,078	0,004	0,011	0,022	0,001	0,001	0,005	0,011	0,176	0,014	0,011	0,030	0,012	0,016	0,006	0,011	0,192	0,014	0,016	0,037
1h	0,013	0,016	0,004	0,003	0,145	0,005	0,018	0,056	0,001	0,001	0,007	0,013	0,238	0,015	0,018	0,142	0,014	0,016	0,008	0,013	0,279	0,016	0,026	0,152

Estação SPCA																								
Tendência									Precisão								Acurácia							
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos
12h	0,027	0,012	0,087	0,013	0,039	0,006	0,019	0,010	0,000	0,001	0,197	0,020	0,234	0,019	0,019	0,009	0,027	0,012	0,216	0,023	0,237	0,020	0,027	0,013
10h	0,029	0,010	0,144	0,014	0,048	0,008	0,020	0,013	0,000	0,001	0,136	0,020	0,255	0,019	0,020	0,009	0,029	0,010	0,198	0,024	0,259	0,021	0,029	0,016
8h	0,029	0,016	0,063	0,012	0,032	0,003	0,017	0,013	0,000	0,001	0,189	0,022	0,258	0,020	0,017	0,010	0,029	0,016	0,199	0,025	0,260	0,021	0,024	0,017
6h	0,190	0,014	0,077	0,014	0,019	0,006	0,017	0,016	0,001	0,001	0,143	0,024	0,206	0,022	0,017	0,010	0,190	0,014	0,163	0,028	0,207	0,023	0,024	0,019
4h	0,310	0,012	0,145	0,011	0,086	0,005	0,015	0,015	0,001	0,001	0,178	0,020	0,224	0,019	0,015	0,012	0,310	0,012	0,229	0,023	0,240	0,020	0,021	0,019
2h	0,296	0,011	0,215	0,014	0,068	0,008	0,013	0,016	0,001	0,002	0,209	0,018	0,319	0,018	0,013	0,017	0,296	0,011	0,300	0,022	0,326	0,019	0,018	0,023
1h	0,238	0,006	0,231	0,013	0,084	0,007	0,031	0,014	0,002	0,003	0,154	0,016	0,574	0,020	0,031	0,037	0,238	0,006	0,278	0,020	0,580	0,021	0,044	0,039

Estação MGIN																								
Tendência									Precisão								Acurácia							
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos
12h	0,018	0,022	0,105	0,020	0,228	0,011	0,018	0,013	0,000	0,001	0,219	0,015	0,341	0,035	0,018	0,008	0,018	0,022	0,243	0,025	0,410	0,037	0,025	0,016
10h	0,013	0,024	0,090	0,021	0,178	0,011	0,017	0,012	0,000	0,001	0,200	0,017	0,303	0,036	0,017	0,009	0,013	0,024	0,219	0,027	0,351	0,037	0,025	0,015
8h	0,019	0,025	0,047	0,021	0,168	0,011	0,016	0,015	0,000	0,001	0,147	0,017	0,348	0,032	0,016	0,009	0,019	0,025	0,155	0,027	0,386	0,034	0,023	0,017
6h	0,097	0,023	0,103	0,018	0,221	0,011	0,018	0,020	0,000	0,001	0,264	0,019	0,357	0,033	0,018	0,010	0,097	0,023	0,284	0,026	0,420	0,034	0,025	0,022
4h	0,029	0,018	0,120	0,016	0,221	0,007	0,017	0,015	0,000	0,001	0,221	0,015	0,315	0,033	0,017	0,012	0,029	0,018	0,251	0,022	0,384	0,034	0,024	0,019
2h	0,145	0,020	0,130	0,016	0,434	0,007	0,017	0,020	0,001	0,001	0,180	0,014	0,388	0,033	0,017	0,016	0,145	0,020	0,222	0,022	0,582	0,034	0,025	0,025
1h	0,334	0,018	0,181	0,015	0,295	0,007	0,012	0,019	0,003	0,002	0,175	0,017	0,542	0,042	0,012	0,037	0,334	0,018	0,252	0,022	0,617	0,043	0,018	0,042

Estação SPJA																								
Tendência									Precisão								Acurácia							
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos
12h	0,079	0,021	0,057	0,026	0,392	0,007	0,024	0,015	0,000	0,001	0,137	0,013	0,161	0,048	0,024	0,009	0,079	0,021	0,149	0,029	0,424	0,048	0,034	0,017
10h	0,094	0,019	0,510	0,028	0,440	0,008	0,023	0,016	0,000	0,001	0,166	0,013	0,186	0,048	0,023	0,009	0,094	0,019	0,537	0,031	0,478	0,049	0,032	0,018
8h	0,100	0,022	0,515	0,029	0,409	0,007	0,021	0,015	0,000	0,001	0,171	0,011	0,226	0,049	0,021	0,010	0,100	0,022	0,542	0,031	0,467	0,050	0,029	0,018
6h	0,117	0,019	0,500	0,029	0,416	0,008	0,018	0,020	0,000	0,001	0,216	0,010	0,196	0,049	0,018	0,010	0,117	0,019	0,545	0,031	0,460	0,050	0,025	0,022
4h	0,456	0,019	0,478	0,029	0,408	0,007	0,017	0,020	0,001	0,001	0,225	0,010	0,191	0,046	0,017	0,012	0,456	0,019	0,529	0,031	0,451	0,046	0,024	0,023
2h	0,466	0,015	0,502	0,031	0,393	0,010	0,018	0,018	0,001	0,001	0,188	0,019	0,344	0,061	0,018	0,017	0,466	0,015	0,536	0,037	0,522	0,062	0,025	0,025
1h	0,508	0,009	0,598	0,041	0,547	0,044	0,015	0,019	0,004	0,002	0,241	0,024	0,396	0,073	0,015	0,034	0,508	0,009	0,645	0,047	0,675	0,085	0,021	0,039

Estação SCFL																								
Tendência									Precisão								Acurácia							
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos
12h	0,064	0,004	0,445	0,008	0,396	0,006	0,012	0,018	0,000	0,001	0,495	0,022	0,751	0,023	0,012	0,009	0,064	0,004	0,665	0,023	0,849	0,024	0,017	0,020
10h	0,208	0,003	0,137	0,011	0,118	0,009	0,011	0,020	0,001	0,001	0,583	0,025	0,493	0,021	0,011	0,009	0,208	0,004	0,599	0,027	0,507	0,023	0,016	0,022
8h	0,210	0,002	0,211	0,012	0,208	0,012	0,010	0,022	0,001	0,001	0,573	0,029	0,494	0,021	0,010	0,010	0,210	0,003	0,610	0,031	0,536	0,024	0,014	0,024
6h	0,230	0,002	0,265	0,017	0,293	0,015	0,012	0,026	0,001	0,001	0,678	0,037	0,588	0,027	0,012	0,011	0,230	0,003	0,728	0,041	0,657	0,031	0,017	0,028
4h	0,344	0,004	0,122	0,012	0,109	0,042	0,014	0,024	0,001	0,001	0,614	0,028	0,538	0,023	0,014	0,012	0,344	0,004	0,626	0,030	0,549	0,048	0,020	0,027
2h	0,363	0,006	0,120	0,011	0,268	0,022	0,020	0,020	0,002	0,002	0,824	0,023	0,766	0,029	0,020	0,021	0,363	0,006	0,833	0,025	0,812	0,036	0,028	0,029
1h	0,658	0,141	0,281	0,031	0,351	0,034	0,046	0,019	0,001	0,005	0,691	0,034	0,551	0,030	0,046	0,043	0,658	0,142	0,746	0,046	0,654	0,045	0,066	0,047

Estação SJSP																								
Tendência									Precisão								Acurácia							
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos
12h	0,030	0,019	0,336	0,004	0,330	0,005	0,009	0,008	0,000	0,001	0,167	0,024	0,123	0,017	0,009	0,009	0,030	0,019	0,375	0,025	0,352	0,018	0,013	0,013
10h	0,031	0,023	0,330	0,006	0,325	0,006	0,013	0,013	0,001	0,001	0,158	0,028	0,120	0,019	0,013	0,010	0,031	0,023	0,366	0,029	0,346	0,020	0,018	0,016
8h	0,035	0,023	0,347	0,006	0,344	0,005	0,011	0,016	0,001	0,001	0,168	0,032	0,152	0,022	0,011	0,010	0,035	0,023	0,385	0,033	0,376	0,023	0,016	0,018
6h	0,035	0,022	0,356	0,007	0,346	0,004	0,011	0,017	0,001	0,001	0,182	0,035	0,119	0,023	0,011	0,012	0,035	0,022	0,400	0,035	0,366	0,023	0,016	0,021
4h	0,312	0,022	0,330	0,007	0,330	0,005	0,009	0,012	0,001	0,001	0,165	0,034	0,115	0,022	0,009	0,015	0,312	0,022	0,369	0,035	0,350	0,022	0,012	0,019
2h	0,329	0,021	0,358	0,007	0,347	0,005	0,014	0,016	0,001	0,002	0,229	0,031	0,164	0,021	0,014	0,023	0,329	0,022	0,424	0,031	0,384	0,021	0,020	0,028
1h	0,256	0,020	0,451	0,007	0,410	0,007	0,025	0,097	0,003	0,003	0,087	0,037	0,139	0,024	0,025	0,367	0,256	0,021	0,460	0,038	0,432	0,025	0,036	0,380

Estação PEAf																								
Tendência									Precisão								Acurácia							
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos
12h	0,171	0,008	0,033	0,011	0,032	0,014	0,039	0,036	0,000	0,001	0,318	0,014	0,240	0,021	0,039	0,009	0,171	0,008	0,320	0,018	0,243	0,026	0,055	0,037
10h	0,200	0,004	0,216	0,008	0,169	0,010	0,033	0,037	0,000	0,001	0,135	0,019	0,125	0,015	0,033	0,009	0,200	0,004	0,255	0,020	0,210	0,018	0,047	0,039
8h	0,066	0,006	0,119	0,003	0,110	0,011	0,034	0,042	0,000	0,000	0,178	0,013	0,122	0,017	0,034	0,011	0,066	0,006	0,214	0,013	0,165	0,020	0,049	0,043
6h	0,173	0,003	0,197	0,008	0,096	0,010	0,031	0,045	0,000	0,001	0,127	0,021	0,209	0,019	0,031	0,010	0,173	0,003	0,235	0,022	0,230	0,021	0,044	0,046
4h	0,162	0,007	0,110	0,009	0,067	0,005	0,032	0,046	0,000	0,001	0,089	0,016	0,075	0,017	0,032	0,014	0,162	0,007	0,142	0,019	0,100	0,018	0,045	0,048
2h	0,167	0,005	0,132	0,005	0,139	0,004	0,025	0,035	0,001	0,001	0,036	0,008	0,035	0,014	0,025	0,022	0,167	0,005	0,137	0,009	0,143	0,015	0,036	0,042
1h	0,229	0,009	0,176	0,011	0,171	0,003	0,043	0,051	0,002	0,002	0,036	0,051	0,033	0,031	0,043	0,121	0,229	0,010	0,179	0,052	0,174	0,031	0,061	0,132

Estação IMBT																								
Tendência									Precisão								Acurácia							
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos
12h	0,217	0,019	0,404	0,013	0,424	0,026	0,013	0,012	0,001	0,000	0,121	0,011	0,184	0,029	0,013	0,009	0,217	0,019	0,421	0,017	0,462	0,038	0,018	0,015
10h	0,114	0,038	0,575	0,009	0,447	0,038	0,013	0,010	0,001	0,001	0,295	0,031	0,253	0,020	0,013	0,009	0,114	0,038	0,646	0,032	0,514	0,043	0,018	0,013
8h	0,151	0,038	0,532	0,013	0,415	0,039	0,011	0,008	0,001	0,002	0,134	0,026	0,237	0,023	0,011	0,010	0,151	0,038	0,548	0,029	0,478	0,046	0,015	0,013
6h	0,179	0,030	0,620	0,022	0,404	0,030	0,013	0,014	0,001	0,001	0,118	0,013	0,262	0,028	0,013	0,010	0,179	0,030	0,631	0,025	0,482	0,041	0,018	0,017
4h	0,175	0,040	0,619	0,016	0,450	0,037	0,021	0,011	0,002	0,002	0,087	0,028	0,255	0,026	0,021	0,012	0,175	0,040	0,625	0,033	0,517	0,045	0,030	0,017
2h	0,157	0,031	0,625	0,018	0,503	0,020	0,015	0,009	0,002	0,002	0,124	0,027	0,369	0,034	0,015	0,021	0,157	0,031	0,637	0,032	0,624	0,040	0,021	0,023
1h	0,811	0,121	0,683	0,131	0,578	0,067	0,032	0,064	0,002	0,005	0,092	0,050	0,280	0,095	0,032	0,156	0,811	0,121	0,689	0,140	0,643	0,116	0,046	0,169

Estação RIOD																								
Tendência									Precisão								Acurácia							
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos
12h	0,061	0,035	0,429	0,013	0,304	0,004	0,019	0,012	0,001	0,001	0,440	0,030	0,192	0,035	0,019	0,009	0,061	0,035	0,614	0,033	0,359	0,036	0,027	0,015
10h	0,106	0,043	0,371	0,012	0,343	0,008	0,020	0,017	0,001	0,002	0,403	0,028	0,188	0,029	0,020	0,010	0,106	0,043	0,548	0,031	0,391	0,030	0,028	0,020
8h	0,058	0,035	0,416	0,013	0,330	0,009	0,016	0,018	0,001	0,001	0,462	0,027	0,219	0,029	0,016	0,011	0,058	0,035	0,622	0,030	0,395	0,030	0,022	0,021
6h	0,061	0,036	0,413	0,014	0,331	0,002	0,017	0,019	0,001	0,002	0,509	0,028	0,274	0,039	0,017	0,011	0,061	0,037	0,656	0,031	0,430	0,039	0,024	0,022
4h	0,167	0,038	0,286	0,016	0,305	0,002	0,021	0,024	0,001	0,002	0,477	0,028	0,232	0,037	0,021	0,013	0,167	0,038	0,556	0,032	0,384	0,037	0,030	0,027
2h	0,328	0,015	0,382	0,007	0,343	0,004	0,026	0,019	0,001	0,003	0,559	0,016	0,288	0,023	0,026	0,020	0,328	0,015	0,678	0,017	0,448	0,023	0,036	0,028
1h	0,557	0,034	0,287	0,011	0,293	0,005	0,009	0,040	0,002	0,006	0,564	0,015	0,310	0,028	0,009	0,147	0,557	0,034	0,632	0,018	0,426	0,029	0,013	0,152

Estação VICO																								
Tendência									Precisão								Acurácia							
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos
12h	0,119	0,019	0,087	0,016	0,022	0,012	0,011	0,013	0,000	0,001	0,264	0,040	0,225	0,033	0,011	0,009	0,119	0,019	0,278	0,043	0,226	0,035	0,016	0,016
10h	0,123	0,022	0,099	0,015	0,047	0,008	0,011	0,016	0,000	0,001	0,238	0,035	0,210	0,032	0,011	0,009	0,123	0,022	0,257	0,038	0,215	0,033	0,016	0,018
8h	0,146	0,020	0,184	0,013	0,111	0,013	0,009	0,019	0,000	0,001	0,298	0,042	0,255	0,033	0,009	0,009	0,146	0,020	0,350	0,044	0,278	0,036	0,013	0,021
6h	0,141	0,021	0,145	0,017	0,078	0,013	0,009	0,022	0,000	0,001	0,288	0,047	0,253	0,036	0,009	0,010	0,141	0,021	0,322	0,050	0,265	0,038	0,013	0,025
4h	0,120	0,022	0,118	0,014	0,034	0,007	0,011	0,022	0,000	0,001	0,267	0,044	0,235	0,034	0,011	0,012	0,120	0,022	0,292	0,046	0,237	0,035	0,016	0,025
2h	0,058	0,021	0,199	0,013	0,100	0,007	0,001	0,021	0,001	0,001	0,434	0,044	0,333	0,032	0,001	0,016	0,058	0,021	0,477	0,046	0,348	0,033	0,001	0,026
1h	0,012	0,013	0,286	0,010	0,164	0,006	0,006	0,022	0,001	0,002	0,104	0,051	0,254	0,035	0,006	0,033	0,012	0,013	0,304	0,052	0,303	0,036	0,008	0,040

Estação RCG																								
Tendência									Precisão								Acurácia							
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos
12h	0,038	0,030	0,132	0,011	0,046	0,014	0,022	0,015	0,000	0,001	0,334	0,062	0,310	0,050	0,022	0,009	0,038	0,030	0,359	0,063	0,313	0,051	0,031	0,018
10h	0,038	0,033	0,051	0,009	0,037	0,008	0,021	0,019	0,000	0,001	0,392	0,061	0,327	0,046	0,021	0,010	0,038	0,033	0,395	0,061	0,329	0,046	0,030	0,021
8h	0,038	0,031	0,214	0,012	0,138	0,016	0,020	0,021	0,000	0,001	0,303	0,067	0,343	0,051	0,020	0,010	0,038	0,031	0,371	0,068	0,370	0,053	0,029	0,023
6h	0,190	0,032	0,134	0,014	0,066	0,017	0,021	0,020	0,000	0,001	0,424	0,071	0,358	0,054	0,021	0,012	0,190	0,032	0,445	0,072	0,364	0,057	0,030	0,023
4h	0,276	0,031	0,104	0,014	0,104	0,016	0,022	0,022	0,000	0,001	0,384	0,066	0,319	0,051	0,022	0,013	0,276	0,031	0,398	0,068	0,336	0,053	0,031	0,026
2h	0,281	0,031	0,132	0,011	0,089	0,014	0,015	0,013	0,001	0,002	0,309	0,071	0,473	0,053	0,015	0,028	0,281	0,031	0,336	0,072	0,481	0,055	0,022	0,031
1h	0,282	0,030	0,270	0,009	0,199	0,011	0,010	0,012	0,002	0,003	0,082	0,079	0,300	0,058	0,010	0,037	0,282	0,031	0,282	0,080	0,360	0,059	0,014	0,039

Estação RNAA																								
Tendência									Precisão								Acurácia							
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos
12h	0,196	0,026	0,118	0,017	0,142	0,013	0,021	0,021	0,000	0,001	0,306	0,010	0,311	0,017	0,021	0,008	0,196	0,027	0,328	0,020	0,341	0,022	0,030	0,023
10h	0,200	0,018	0,128	0,019	0,107	0,014	0,023	0,027	0,000	0,001	0,156	0,008	0,179	0,016	0,023	0,009	0,200	0,018	0,201	0,021	0,208	0,022	0,032	0,028
8h	0,228	0,018	0,205	0,018	0,170	0,016	0,023	0,028	0,000	0,001	0,058	0,008	0,164	0,010	0,023	0,009	0,228	0,018	0,213	0,020	0,236	0,019	0,032	0,029
6h	0,236	0,017	0,134	0,018	0,069	0,012	0,025	0,026	0,000	0,001	0,137	0,008	0,194	0,014	0,025	0,009	0,236	0,017	0,192	0,020	0,206	0,018	0,035	0,028
4h	0,204	0,016	0,120	0,018	0,082	0,010	0,029	0,030	0,000	0,001	0,127	0,009	0,150	0,016	0,029	0,012	0,204	0,016	0,175	0,020	0,171	0,019	0,041	0,032
2h	0,205	0,011	0,109	0,014	0,104	0,008	0,026	0,033	0,001	0,001	0,252	0,015	0,180	0,016	0,026	0,041	0,205	0,012	0,275	0,020	0,208	0,018	0,037	0,053
1h	0,203	0,003	0,201	0,010	0,204	0,012	0,048	0,020	0,002	0,002	0,070	0,011	0,110	0,012	0,048	0,126	0,204	0,004	0,213	0,015	0,232	0,017	0,067	0,128

Estação MABA																								
Tendência									Precisão								Acurácia							
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos
12h	0,027	0,012	0,213	0,045	0,236	0,035	0,029	0,033	0,000	0,001	0,321	0,033	0,236	0,031	0,029	0,008	0,027	0,012	0,386	0,055	0,334	0,047	0,041	0,034
10h	0,066	0,013	0,082	0,038	0,066	0,034	0,024	0,032	0,000	0,001	0,262	0,037	0,218	0,031	0,024	0,009	0,066	0,013	0,275	0,053	0,228	0,046	0,034	0,034
8h	0,064	0,011	0,078	0,035	0,064	0,032	0,024	0,036	0,000	0,001	0,274	0,034	0,239	0,028	0,024	0,010	0,064	0,011	0,285	0,048	0,248	0,042	0,034	0,037
6h	0,050	0,011	0,058	0,031	0,076	0,020	0,026	0,033	0,000	0,001	0,279	0,034	0,249	0,041	0,026	0,011	0,050	0,011	0,285	0,046	0,260	0,045	0,036	0,035
4h	0,089	0,008	0,080	0,020	0,118	0,017	0,031	0,034	0,000	0,001	0,344	0,038	0,243	0,030	0,031	0,014	0,089	0,008	0,353	0,043	0,270	0,035	0,044	0,037
2h	0,043	0,005	0,033	0,006	0,039	0,022	0,040	0,078	0,001	0,001	0,228	0,005	0,198	0,023	0,040	0,025	0,043	0,005	0,230	0,008	0,202	0,032	0,057	0,082
1h	0,176	0,003	0,176	0,003	0,304	0,014	0,035	0,062	0,002	0,001	0,024	0,015	0,253	0,019	0,035	0,109	0,176	0,003	0,177	0,015	0,396	0,024	0,050	0,126

Estação POLI																								
Tendência									Precisão								Acurácia							
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos
12h	0,174	0,024	0,109	0,013	0,186	0,008	0,018	0,013	0,000	0,001	0,452	0,019	0,315	0,014	0,018	0,008	0,174	0,024	0,465	0,023	0,365	0,016	0,026	0,015
10h	0,134	0,024	0,116	0,013	0,175	0,008	0,017	0,011	0,000	0,001	0,443	0,020	0,311	0,015	0,017	0,009	0,134	0,024	0,458	0,024	0,357	0,017	0,023	0,014
8h	0,128	0,026	0,124	0,017	0,186	0,013	0,016	0,014	0,000	0,001	0,435	0,019	0,305	0,014	0,016	0,009	0,128	0,026	0,452	0,026	0,357	0,019	0,023	0,017
6h	0,121	0,025	0,200	0,017	0,240	0,012	0,016	0,013	0,000	0,001	0,493	0,022	0,328	0,015	0,016	0,010	0,121	0,025	0,532	0,027	0,406	0,019	0,023	0,016
4h	0,134	0,020	0,113	0,014	0,189	0,011	0,016	0,015	0,000	0,001	0,497	0,018	0,351	0,013	0,016	0,012	0,134	0,020	0,509	0,023	0,399	0,017	0,023	0,019
2h	0,131	0,021	0,246	0,013	0,292	0,010	0,006	0,015	0,000	0,002	0,477	0,018	0,313	0,012	0,006	0,018	0,131	0,021	0,537	0,022	0,428	0,015	0,008	0,024
1h	0,582	0,017	0,155	0,008	0,194	0,006	0,009	0,022	0,003	0,003	0,144	0,024	0,475	0,015	0,009	0,050	0,582	0,017	0,212	0,025	0,513	0,016	0,013	0,055

APÊNDICE 03: tabelas para cada estação, contendo os valores de componentes altimétricas para as tendências, precisões e acurácias.

Estação BRFT																								
Tendência									Precisão								Acurácia							
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos
12h	0,007	0,025	0,007	0,022	0,007	0,019	0,012	0,009	0,000	0,000	0,004	0,008	0,229	0,008	0,012	0,016	0,007	0,025	0,008	0,023	0,229	0,020	0,017	0,018
10h	0,006	0,023	0,005	0,021	0,026	0,018	0,011	0,013	0,000	0,000	0,003	0,008	0,176	0,008	0,011	0,017	0,006	0,023	0,006	0,022	0,178	0,020	0,015	0,021
8h	0,006	0,023	0,006	0,022	0,059	0,020	0,009	0,015	0,000	0,000	0,002	0,007	0,184	0,007	0,009	0,018	0,006	0,023	0,006	0,023	0,193	0,021	0,013	0,024
6h	0,004	0,020	0,004	0,020	0,043	0,015	0,000	0,030	0,000	0,000	0,003	0,008	0,223	0,009	0,000	0,021	0,004	0,020	0,005	0,021	0,227	0,017	0,000	0,037
4h	0,006	0,023	0,005	0,021	0,035	0,012	0,035	0,058	0,000	0,001	0,004	0,008	0,143	0,012	0,035	0,030	0,006	0,023	0,006	0,022	0,148	0,017	0,049	0,066
2h	0,000	0,017	0,002	0,011	0,035	0,001	0,017	0,052	0,000	0,001	0,005	0,011	0,143	0,015	0,017	0,116	0,000	0,017	0,005	0,016	0,148	0,015	0,024	0,127
1h	0,000	0,013	0,003	0,006	0,024	0,005	0,034	0,010	0,000	0,001	0,006	0,013	0,178	0,015	0,034	0,338	0,000	0,014	0,007	0,014	0,179	0,016	0,048	0,338

Estação MGMC																								
Tendência									Precisão								Acurácia							
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos
12h	0,025	0,006	0,120	0,014	0,145	0,000	0,016	0,009	0,001	0,001	0,324	0,017	0,200	0,023	0,016	0,018	0,025	0,006	0,345	0,022	0,247	0,023	0,022	0,020
10h	0,026	0,005	0,102	0,018	0,174	0,004	0,011	0,004	0,001	0,001	0,355	0,020	0,199	0,023	0,011	0,020	0,026	0,005	0,369	0,027	0,265	0,023	0,015	0,020
8h	0,026	0,004	0,069	0,010	0,169	0,000	0,005	0,002	0,001	0,001	0,355	0,015	0,168	0,018	0,005	0,021	0,026	0,004	0,361	0,018	0,238	0,018	0,007	0,021
6h	0,033	0,007	0,191	0,019	0,178	0,003	0,010	0,018	0,001	0,001	0,425	0,021	0,206	0,027	0,010	0,024	0,033	0,007	0,466	0,028	0,272	0,027	0,015	0,030
4h	0,031	0,005	0,156	0,011	0,161	0,009	0,025	0,031	0,001	0,001	0,373	0,019	0,161	0,025	0,025	0,028	0,031	0,005	0,405	0,022	0,228	0,026	0,036	0,042
2h	0,031	0,010	0,158	0,028	0,161	0,000	0,022	0,028	0,001	0,001	0,401	0,020	0,161	0,026	0,022	0,056	0,031	0,011	0,430	0,034	0,228	0,026	0,032	0,063
1h	0,038	0,018	0,379	0,031	0,449	0,002	0,018	0,090	0,001	0,002	0,370	0,020	0,229	0,027	0,018	0,219	0,038	0,018	0,529	0,037	0,504	0,027	0,025	0,237

Estação UBER																								
Tendência								Precisão								Acurácia								
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos
12h	0,026	0,006	0,036	0,027	0,178	0,039	0,082	0,069	0,001	0,001	0,338	0,020	0,319	0,022	0,082	0,016	0,026	0,006	0,340	0,034	0,365	0,045	0,115	0,071
10h	0,027	0,006	0,028	0,030	0,135	0,046	0,069	0,066	0,001	0,001	0,319	0,022	0,328	0,022	0,069	0,018	0,027	0,006	0,320	0,037	0,355	0,051	0,097	0,068
8h	0,026	0,006	0,028	0,030	0,121	0,045	0,086	0,073	0,001	0,001	0,297	0,026	0,278	0,022	0,086	0,019	0,026	0,006	0,298	0,040	0,303	0,050	0,121	0,075
6h	0,026	0,006	0,108	0,009	0,140	0,049	0,087	0,066	0,001	0,001	0,256	0,031	0,345	0,024	0,087	0,021	0,026	0,006	0,278	0,033	0,373	0,054	0,123	0,070
4h	0,030	0,006	0,111	0,026	0,163	0,049	0,076	0,042	0,001	0,001	0,320	0,029	0,301	0,021	0,076	0,025	0,030	0,006	0,339	0,039	0,343	0,053	0,107	0,049
2h	0,029	0,031	0,173	0,041	0,163	0,049	0,132	0,045	0,001	0,001	0,335	0,029	0,301	0,021	0,132	0,048	0,029	0,031	0,377	0,050	0,343	0,054	0,187	0,066
1h	0,038	0,073	0,225	0,017	0,218	0,071	0,021	0,011	0,001	0,002	0,339	0,043	0,238	0,017	0,021	0,329	0,038	0,073	0,407	0,046	0,323	0,073	0,030	0,329

Estação SSA1																								
Tendência								Precisão								Acurácia								
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos
12h	0,011	0,003	0,043	0,025	0,191	0,035	0,025	0,016	0,001	0,001	0,037	0,013	0,176	0,016	0,025	0,016	0,011	0,003	0,057	0,028	0,260	0,038	0,035	0,023
10h	0,009	0,004	0,082	0,026	0,180	0,042	0,029	0,007	0,001	0,001	0,045	0,016	0,098	0,018	0,029	0,018	0,009	0,004	0,093	0,030	0,205	0,045	0,040	0,019
8h	0,003	0,008	0,131	0,030	0,129	0,050	0,035	0,008	0,001	0,001	0,039	0,025	0,059	0,023	0,035	0,021	0,003	0,008	0,136	0,038	0,142	0,055	0,050	0,023
6h	0,011	0,009	0,101	0,029	0,109	0,048	0,038	0,025	0,001	0,001	0,042	0,022	0,127	0,018	0,038	0,025	0,011	0,009	0,110	0,036	0,167	0,051	0,054	0,036
4h	0,011	0,006	0,153	0,030	0,122	0,048	0,044	0,079	0,002	0,002	0,026	0,024	0,099	0,023	0,044	0,029	0,011	0,006	0,156	0,039	0,157	0,053	0,063	0,085
2h	0,019	0,011	0,130	0,032	0,122	0,053	0,092	0,076	0,001	0,003	0,160	0,024	0,099	0,023	0,092	0,136	0,019	0,012	0,206	0,040	0,157	0,058	0,130	0,156
1h	0,031	0,031	0,130	0,071	0,100	0,064	0,058	0,269	0,002	0,004	0,050	0,075	0,070	0,052	0,058	0,763	0,031	0,031	0,139	0,103	0,122	0,083	0,082	0,809

Estação ONRJ																								
Tendência									Precisão								Acurácia							
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos
12h	0,001	0,012	0,092	0,023	0,158	0,016	0,017	0,031	0,001	0,001	0,298	0,020	0,317	0,027	0,017	0,016	0,002	0,012	0,311	0,030	0,354	0,032	0,024	0,034
10h	0,005	0,010	0,098	0,023	0,133	0,011	0,015	0,036	0,001	0,001	0,329	0,021	0,246	0,029	0,015	0,018	0,005	0,010	0,343	0,031	0,280	0,031	0,021	0,040
8h	0,018	0,002	0,163	0,005	0,125	0,016	0,009	0,035	0,001	0,001	0,431	0,018	0,287	0,023	0,009	0,020	0,018	0,002	0,461	0,019	0,313	0,028	0,013	0,041
6h	0,019	0,011	0,021	0,000	0,119	0,048	0,022	0,044	0,001	0,001	0,386	0,025	0,237	0,033	0,022	0,022	0,019	0,011	0,386	0,025	0,265	0,059	0,031	0,049
4h	0,026	0,018	0,196	0,008	0,133	0,046	0,018	0,040	0,001	0,001	0,392	0,024	0,244	0,030	0,018	0,028	0,026	0,018	0,438	0,026	0,278	0,055	0,025	0,049
2h	0,009	0,003	0,042	0,017	0,133	0,052	0,030	0,009	0,001	0,001	0,575	0,012	0,244	0,024	0,030	0,044	0,009	0,003	0,577	0,021	0,278	0,057	0,043	0,045
1h	0,013	0,020	0,064	0,016	0,391	0,017	0,013	0,039	0,001	0,002	0,498	0,025	0,402	0,029	0,013	0,171	0,013	0,020	0,502	0,029	0,561	0,034	0,019	0,175

Estação MAPA																								
Tendência									Precisão								Acurácia							
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos
12h	0,016	0,013	0,056	0,018	0,099	0,040	0,000	0,001	0,001	0,000	0,630	0,016	1,036	0,035	0,000	0,013	0,016	0,013	0,633	0,024	1,041	0,053	0,000	0,013
10h	0,019	0,025	0,083	0,019	0,011	0,046	0,001	0,007	0,001	0,001	0,481	0,012	0,795	0,037	0,001	0,014	0,019	0,025	0,488	0,023	0,795	0,059	0,001	0,016
8h	0,024	0,018	0,099	0,025	0,095	0,043	0,002	0,006	0,001	0,001	0,636	0,016	0,807	0,039	0,002	0,015	0,024	0,018	0,644	0,030	0,813	0,058	0,003	0,016
6h	0,032	0,018	0,129	0,029	0,074	0,042	0,002	0,011	0,001	0,001	0,748	0,025	0,882	0,029	0,002	0,017	0,032	0,018	0,759	0,038	0,885	0,051	0,002	0,020
4h	0,023	0,031	0,071	0,028	0,111	0,047	0,001	0,020	0,001	0,001	0,277	0,027	0,545	0,038	0,001	0,021	0,023	0,031	0,286	0,039	0,557	0,060	0,001	0,029
2h	0,015	0,021	0,013	0,021	0,111	0,049	0,001	0,019	0,001	0,001	0,030	0,003	0,545	0,045	0,001	0,049	0,015	0,021	0,032	0,021	0,557	0,066	0,002	0,053
1h	0,011	0,022	0,011	0,022	0,062	0,055	0,035	0,036	0,001	0,001	0,010	0,009	0,213	0,069	0,035	0,101	0,011	0,022	0,015	0,024	0,222	0,088	0,050	0,107

Estação CEFT																								
Tendência									Precisão								Acurácia							
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos
12h	0,025	0,016	0,025	0,002	0,025	0,007	0,013	0,011	0,001	0,001	0,001	0,006	0,276	0,010	0,013	0,014	0,025	0,016	0,025	0,006	0,278	0,012	0,018	0,018
10h	0,019	0,016	0,021	0,002	0,097	0,008	0,013	0,010	0,001	0,001	0,002	0,006	0,217	0,010	0,013	0,016	0,019	0,016	0,021	0,006	0,238	0,013	0,018	0,019
8h	0,008	0,017	0,012	0,004	0,071	0,016	0,008	0,009	0,001	0,001	0,002	0,006	0,203	0,011	0,008	0,017	0,008	0,017	0,012	0,007	0,215	0,019	0,011	0,019
6h	0,005	0,016	0,011	0,003	0,018	0,014	0,010	0,046	0,001	0,001	0,004	0,006	0,245	0,012	0,010	0,019	0,006	0,016	0,012	0,006	0,245	0,018	0,014	0,050
4h	0,016	0,009	0,021	0,007	0,124	0,014	0,009	0,053	0,001	0,001	0,003	0,007	0,187	0,015	0,009	0,024	0,016	0,009	0,021	0,010	0,224	0,021	0,012	0,058
2h	0,030	0,017	0,034	0,030	0,124	0,004	0,003	0,024	0,001	0,001	0,003	0,005	0,187	0,018	0,003	0,081	0,030	0,017	0,034	0,030	0,224	0,018	0,004	0,084
1h	0,029	0,025	0,032	0,035	0,079	0,010	0,025	0,107	0,002	0,002	0,003	0,004	0,319	0,017	0,025	0,338	0,029	0,025	0,032	0,035	0,329	0,020	0,035	0,354

Estação CEEU																								
Tendência									Precisão								Acurácia							
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos
12h	0,018	0,012	0,007	0,021	0,018	0,022	0,004	0,005	0,001	0,001	0,003	0,007	0,240	0,007	0,004	0,013	0,018	0,012	0,008	0,022	0,240	0,023	0,005	0,014
10h	0,018	0,010	0,007	0,020	0,003	0,022	0,005	0,005	0,001	0,001	0,002	0,007	0,237	0,007	0,005	0,015	0,018	0,010	0,008	0,021	0,237	0,023	0,007	0,016
8h	0,015	0,008	0,007	0,019	0,050	0,020	0,011	0,003	0,001	0,001	0,001	0,007	0,190	0,007	0,011	0,016	0,015	0,008	0,007	0,020	0,196	0,021	0,015	0,016
6h	0,018	0,009	0,006	0,017	0,075	0,021	0,017	0,031	0,001	0,001	0,002	0,007	0,178	0,008	0,017	0,019	0,018	0,009	0,006	0,019	0,193	0,023	0,024	0,036
4h	0,027	0,020	0,007	0,023	0,067	0,029	0,013	0,034	0,001	0,001	0,003	0,007	0,136	0,011	0,013	0,025	0,027	0,020	0,008	0,024	0,151	0,031	0,019	0,042
2h	0,037	0,040	0,002	0,021	0,067	0,029	0,033	0,068	0,001	0,001	0,005	0,011	0,136	0,013	0,033	0,064	0,037	0,040	0,006	0,024	0,151	0,032	0,046	0,094
1h	0,035	0,043	0,003	0,020	0,037	0,030	0,045	0,010	0,001	0,001	0,006	0,012	0,224	0,014	0,045	0,147	0,035	0,043	0,007	0,023	0,227	0,033	0,063	0,147

Estação SPCA																								
Tendência									Precisão								Acurácia							
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos
12h	0,033	0,014	0,066	0,004	0,103	0,006	0,013	0,028	0,000	0,001	0,152	0,015	0,181	0,015	0,013	0,016	0,033	0,014	0,166	0,015	0,208	0,016	0,019	0,032
10h	0,016	0,009	0,035	0,009	0,064	0,011	0,016	0,028	0,000	0,001	0,105	0,015	0,196	0,015	0,016	0,017	0,016	0,009	0,111	0,018	0,207	0,018	0,023	0,033
8h	0,027	0,009	0,131	0,008	0,100	0,010	0,008	0,015	0,000	0,001	0,147	0,017	0,200	0,015	0,008	0,019	0,027	0,009	0,197	0,018	0,223	0,018	0,011	0,024
6h	0,039	0,003	0,020	0,019	0,016	0,016	0,015	0,034	0,001	0,001	0,112	0,018	0,160	0,017	0,015	0,021	0,039	0,003	0,113	0,026	0,161	0,023	0,021	0,040
4h	0,035	0,002	0,071	0,021	0,014	0,019	0,018	0,035	0,001	0,001	0,140	0,015	0,176	0,015	0,018	0,024	0,035	0,002	0,157	0,026	0,176	0,024	0,025	0,042
2h	0,026	0,005	0,236	0,015	0,014	0,012	0,005	0,025	0,001	0,001	0,156	0,014	0,176	0,014	0,005	0,043	0,026	0,005	0,283	0,020	0,176	0,018	0,006	0,050
1h	0,228	0,031	0,279	0,038	0,462	0,023	0,031	0,004	0,002	0,002	0,117	0,012	0,434	0,015	0,031	0,169	0,228	0,031	0,302	0,039	0,634	0,028	0,044	0,169

Estação MGIN																								
Tendência									Precisão								Acurácia							
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos
12h	0,015	0,018	0,083	0,014	0,142	0,035	0,001	0,024	0,000	0,001	0,171	0,012	0,267	0,027	0,001	0,015	0,015	0,018	0,190	0,018	0,302	0,045	0,002	0,028
10h	0,056	0,023	0,053	0,020	0,068	0,035	0,002	0,008	0,000	0,001	0,154	0,013	0,233	0,028	0,002	0,017	0,056	0,023	0,162	0,024	0,243	0,045	0,002	0,019
8h	0,007	0,022	0,017	0,014	0,061	0,036	0,007	0,016	0,000	0,001	0,118	0,013	0,277	0,025	0,007	0,018	0,007	0,022	0,119	0,019	0,284	0,044	0,010	0,024
6h	0,017	0,022	0,191	0,026	0,101	0,012	0,004	0,016	0,000	0,001	0,205	0,015	0,279	0,025	0,004	0,020	0,017	0,022	0,280	0,030	0,297	0,028	0,006	0,026
4h	0,024	0,030	0,079	0,031	0,087	0,018	0,001	0,016	0,000	0,001	0,170	0,011	0,244	0,026	0,001	0,025	0,024	0,030	0,187	0,033	0,259	0,031	0,002	0,030
2h	0,068	0,024	0,174	0,017	0,087	0,024	0,014	0,004	0,001	0,001	0,135	0,011	0,244	0,026	0,014	0,041	0,068	0,024	0,220	0,020	0,259	0,035	0,019	0,041
1h	0,031	0,044	0,102	0,033	0,093	0,015	0,012	0,003	0,003	0,001	0,139	0,013	0,431	0,032	0,012	0,171	0,031	0,044	0,173	0,036	0,440	0,035	0,017	0,171

Estação SPJA																								
Tendência									Precisão								Acurácia							
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos
12h	0,064	0,013	0,090	0,002	0,171	0,029	0,000	0,015	0,000	0,001	0,108	0,010	0,127	0,039	0,000	0,016	0,064	0,013	0,140	0,011	0,213	0,048	0,000	0,022
10h	0,065	0,012	0,059	0,006	0,205	0,034	0,002	0,013	0,000	0,001	0,130	0,011	0,147	0,039	0,002	0,017	0,065	0,012	0,143	0,012	0,252	0,052	0,003	0,022
8h	0,033	0,003	0,030	0,004	0,208	0,026	0,011	0,003	0,000	0,001	0,134	0,009	0,179	0,040	0,011	0,018	0,033	0,003	0,137	0,010	0,274	0,047	0,016	0,018
6h	0,041	0,007	0,086	0,003	0,251	0,026	0,009	0,022	0,000	0,001	0,171	0,008	0,158	0,039	0,009	0,021	0,041	0,007	0,191	0,008	0,296	0,047	0,013	0,031
4h	0,038	0,004	0,102	0,006	0,256	0,030	0,013	0,031	0,000	0,001	0,178	0,008	0,154	0,037	0,013	0,024	0,038	0,004	0,205	0,010	0,299	0,047	0,018	0,039
2h	0,094	0,027	0,132	0,035	0,256	0,051	0,027	0,010	0,001	0,001	0,140	0,016	0,154	0,050	0,027	0,043	0,094	0,027	0,193	0,038	0,299	0,071	0,038	0,044
1h	0,013	0,046	0,465	0,068	0,624	0,069	0,044	0,020	0,004	0,002	0,193	0,019	0,291	0,059	0,044	0,155	0,014	0,046	0,504	0,071	0,689	0,091	0,062	0,156

Estação SCFL																								
Tendência									Precisão								Acurácia							
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos
12h	0,011	0,005	0,099	0,023	0,004	0,036	0,015	0,007	0,000	0,001	0,672	0,016	0,548	0,017	0,015	0,016	0,011	0,005	0,679	0,028	0,548	0,040	0,021	0,018
10h	0,056	0,017	0,085	0,030	0,186	0,038	0,016	0,007	0,000	0,001	0,425	0,018	0,359	0,016	0,016	0,017	0,056	0,017	0,433	0,035	0,404	0,041	0,023	0,018
8h	0,044	0,025	0,123	0,030	0,183	0,048	0,010	0,006	0,000	0,001	0,428	0,021	0,368	0,016	0,010	0,019	0,044	0,025	0,445	0,036	0,411	0,050	0,014	0,020
6h	0,010	0,025	0,141	0,028	0,245	0,050	0,004	0,003	0,000	0,001	0,494	0,027	0,427	0,020	0,004	0,022	0,010	0,025	0,514	0,039	0,493	0,054	0,006	0,022
4h	0,008	0,026	0,187	0,034	0,235	0,013	0,001	0,014	0,001	0,001	0,451	0,020	0,393	0,017	0,001	0,025	0,008	0,026	0,488	0,039	0,458	0,021	0,002	0,029
2h	0,036	0,029	0,120	0,040	0,235	0,045	0,002	0,025	0,002	0,001	0,628	0,017	0,393	0,022	0,002	0,050	0,036	0,029	0,639	0,043	0,458	0,050	0,002	0,056
1h	0,034	0,138	0,231	0,091	0,084	0,075	0,017	0,002	0,001	0,004	0,510	0,025	0,408	0,022	0,017	0,188	0,034	0,138	0,560	0,094	0,416	0,078	0,024	0,188

Estação SJSP																								
Tendência									Precisão								Acurácia							
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos
12h	0,036	0,012	0,040	0,011	0,142	0,014	0,003	0,005	0,000	0,001	0,128	0,019	0,094	0,013	0,003	0,018	0,036	0,012	0,134	0,021	0,170	0,019	0,004	0,019
10h	0,041	0,023	0,038	0,007	0,201	0,007	0,003	0,007	0,000	0,001	0,121	0,022	0,092	0,015	0,003	0,020	0,041	0,023	0,127	0,023	0,220	0,016	0,004	0,021
8h	0,013	0,022	0,105	0,001	0,056	0,001	0,001	0,005	0,000	0,001	0,127	0,024	0,116	0,017	0,001	0,021	0,013	0,022	0,165	0,024	0,129	0,017	0,002	0,022
6h	0,010	0,025	0,115	0,010	0,202	0,010	0,004	0,014	0,000	0,001	0,140	0,027	0,092	0,017	0,004	0,025	0,010	0,025	0,181	0,029	0,222	0,020	0,005	0,029
4h	0,041	0,027	0,228	0,018	0,254	0,018	0,003	0,026	0,001	0,001	0,127	0,026	0,089	0,017	0,003	0,028	0,041	0,027	0,261	0,032	0,269	0,025	0,005	0,038
2h	0,032	0,041	0,254	0,034	0,254	0,021	0,007	0,031	0,001	0,002	0,173	0,023	0,089	0,016	0,007	0,052	0,032	0,041	0,307	0,042	0,269	0,026	0,010	0,060
1h	0,296	0,092	0,368	0,049	0,469	0,035	0,031	0,140	0,003	0,003	0,059	0,028	0,102	0,018	0,031	0,545	0,296	0,092	0,373	0,056	0,480	0,039	0,043	0,563

Estação PEAf																								
Tendência									Precisão								Acurácia							
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos
12h	0,022	0,004	0,054	0,026	0,124	0,036	0,022	0,003	0,000	0,001	0,303	0,013	0,227	0,020	0,022	0,018	0,022	0,004	0,308	0,029	0,259	0,041	0,031	0,018
10h	0,033	0,005	0,020	0,024	0,023	0,029	0,025	0,004	0,000	0,001	0,125	0,018	0,116	0,014	0,025	0,018	0,033	0,005	0,126	0,030	0,119	0,033	0,035	0,018
8h	0,073	0,005	0,087	0,027	0,116	0,046	0,035	0,002	0,000	0,000	0,164	0,012	0,114	0,016	0,035	0,019	0,073	0,005	0,185	0,029	0,163	0,048	0,049	0,019
6h	0,068	0,019	0,052	0,025	0,013	0,028	0,053	0,008	0,000	0,001	0,117	0,020	0,195	0,018	0,053	0,022	0,068	0,019	0,129	0,032	0,196	0,033	0,075	0,024
4h	0,027	0,021	0,078	0,033	0,087	0,036	0,053	0,034	0,000	0,001	0,079	0,015	0,069	0,016	0,053	0,027	0,027	0,021	0,111	0,037	0,111	0,040	0,075	0,044
2h	0,023	0,035	0,019	0,038	0,087	0,052	0,031	0,073	0,001	0,001	0,036	0,007	0,069	0,014	0,031	0,085	0,023	0,035	0,041	0,039	0,111	0,053	0,043	0,112
1h	0,021	0,058	0,014	0,055	0,005	0,072	0,027	0,088	0,002	0,002	0,036	0,046	0,033	0,027	0,027	0,146	0,021	0,058	0,038	0,072	0,033	0,077	0,038	0,171

Estação IMBT																								
Tendência									Precisão								Acurácia							
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos
12h	0,036	0,013	0,008	0,015	0,113	0,034	0,019	0,014	0,001	0,000	0,089	0,009	0,135	0,022	0,019	0,016	0,036	0,013	0,089	0,018	0,176	0,040	0,026	0,021
10h	0,043	0,011	0,048	0,021	0,130	0,041	0,019	0,012	0,001	0,001	0,213	0,023	0,182	0,015	0,019	0,017	0,043	0,011	0,218	0,031	0,224	0,043	0,027	0,021
8h	0,085	0,007	0,017	0,023	0,119	0,041	0,020	0,030	0,001	0,001	0,098	0,019	0,173	0,017	0,020	0,019	0,085	0,008	0,100	0,030	0,209	0,044	0,029	0,035
6h	0,023	0,010	0,054	0,016	0,243	0,039	0,018	0,027	0,001	0,000	0,086	0,010	0,191	0,021	0,018	0,022	0,023	0,010	0,102	0,018	0,309	0,044	0,025	0,035
4h	0,063	0,006	0,018	0,028	0,295	0,046	0,017	0,022	0,001	0,001	0,064	0,021	0,184	0,020	0,017	0,026	0,063	0,006	0,066	0,035	0,348	0,050	0,023	0,034
2h	0,069	0,008	0,003	0,023	0,295	0,046	0,061	0,030	0,001	0,001	0,090	0,020	0,184	0,026	0,061	0,053	0,069	0,008	0,090	0,030	0,348	0,053	0,086	0,061
1h	0,142	0,122	0,038	0,078	0,586	0,003	0,066	0,060	0,001	0,004	0,067	0,037	0,205	0,070	0,066	0,269	0,142	0,122	0,077	0,086	0,621	0,070	0,094	0,276

Estação RIOD																								
Tendência									Precisão								Acurácia							
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos
12h	0,056	0,006	0,064	0,010	0,209	0,021	0,018	0,025	0,001	0,001	0,326	0,023	0,142	0,027	0,018	0,018	0,056	0,006	0,333	0,025	0,253	0,034	0,026	0,031
10h	0,052	0,019	0,078	0,001	0,209	0,019	0,015	0,015	0,000	0,001	0,301	0,022	0,142	0,022	0,015	0,020	0,052	0,019	0,311	0,022	0,253	0,029	0,022	0,025
8h	0,056	0,019	0,078	0,013	0,199	0,004	0,010	0,013	0,001	0,001	0,345	0,021	0,166	0,022	0,010	0,022	0,056	0,019	0,354	0,024	0,259	0,023	0,015	0,026
6h	0,062	0,026	0,169	0,014	0,276	0,021	0,019	0,012	0,001	0,001	0,385	0,021	0,209	0,030	0,019	0,025	0,062	0,026	0,420	0,026	0,346	0,037	0,027	0,028
4h	0,075	0,021	0,120	0,016	0,215	0,019	0,022	0,023	0,001	0,001	0,366	0,021	0,170	0,028	0,022	0,029	0,075	0,021	0,385	0,027	0,274	0,034	0,031	0,037
2h	0,057	0,034	0,226	0,014	0,215	0,026	0,013	0,016	0,001	0,002	0,420	0,012	0,170	0,018	0,013	0,045	0,057	0,034	0,477	0,018	0,274	0,031	0,018	0,048
1h	0,316	0,079	0,122	0,022	0,207	0,034	0,004	0,008	0,001	0,006	0,404	0,012	0,213	0,022	0,004	0,356	0,316	0,079	0,422	0,025	0,297	0,041	0,005	0,356

Estação VICO																								
Tendência									Precisão								Acurácia							
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos
12h	0,018	0,013	0,004	0,021	0,169	0,022	0,002	0,008	0,000	0,001	0,209	0,032	0,177	0,026	0,002	0,015	0,018	0,013	0,209	0,038	0,244	0,034	0,004	0,017
10h	0,026	0,007	0,119	0,025	0,008	0,015	0,000	0,006	0,000	0,001	0,187	0,027	0,165	0,025	0,000	0,017	0,026	0,007	0,222	0,037	0,166	0,029	0,000	0,018
8h	0,089	0,008	0,126	0,023	0,013	0,040	0,001	0,019	0,000	0,001	0,239	0,033	0,205	0,026	0,001	0,018	0,089	0,008	0,270	0,040	0,205	0,048	0,002	0,026
6h	0,120	0,008	0,155	0,030	0,027	0,049	0,011	0,031	0,000	0,001	0,232	0,037	0,205	0,028	0,011	0,020	0,120	0,008	0,279	0,048	0,206	0,056	0,015	0,037
4h	0,126	0,015	0,130	0,029	0,059	0,049	0,016	0,038	0,000	0,001	0,213	0,035	0,187	0,027	0,016	0,025	0,126	0,015	0,250	0,045	0,196	0,056	0,023	0,046
2h	0,014	0,015	0,245	0,034	0,059	0,050	0,009	0,037	0,001	0,001	0,345	0,035	0,187	0,026	0,009	0,043	0,014	0,015	0,423	0,049	0,196	0,056	0,013	0,057
1h	0,023	0,004	0,341	0,050	0,393	0,038	0,006	0,042	0,001	0,002	0,084	0,040	0,204	0,027	0,006	0,165	0,023	0,004	0,351	0,064	0,442	0,047	0,009	0,170

Estação RICG																								
Tendência									Precisão								Acurácia							
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos
12h	0,011	0,009	0,047	0,023	0,152	0,017	0,015	0,005	0,000	0,001	0,253	0,048	0,237	0,039	0,015	0,018	0,011	0,009	0,258	0,053	0,281	0,042	0,022	0,019
10h	0,022	0,009	0,061	0,027	0,199	0,019	0,020	0,021	0,000	0,001	0,307	0,048	0,257	0,036	0,020	0,020	0,022	0,009	0,313	0,055	0,325	0,040	0,028	0,029
8h	0,037	0,010	0,113	0,000	0,058	0,038	0,025	0,015	0,000	0,001	0,237	0,052	0,268	0,040	0,025	0,021	0,037	0,010	0,262	0,052	0,274	0,055	0,036	0,026
6h	0,077	0,012	0,071	0,010	0,220	0,043	0,016	0,001	0,000	0,001	0,333	0,056	0,280	0,043	0,016	0,024	0,077	0,012	0,340	0,057	0,356	0,060	0,023	0,024
4h	0,023	0,012	0,061	0,009	0,195	0,037	0,004	0,011	0,000	0,001	0,304	0,053	0,253	0,040	0,004	0,028	0,023	0,012	0,310	0,053	0,320	0,055	0,006	0,030
2h	0,002	0,011	0,284	0,008	0,195	0,040	0,009	0,015	0,001	0,001	0,232	0,056	0,253	0,042	0,009	0,045	0,003	0,011	0,367	0,057	0,320	0,058	0,012	0,047
1h	0,011	0,126	0,034	0,008	0,032	0,019	0,008	0,058	0,001	0,002	0,053	0,062	0,220	0,045	0,008	0,154	0,011	0,126	0,063	0,063	0,222	0,049	0,011	0,165

Estação RNNA																									
Tendência									Precisão								Acurácia								
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	
12h	0,021	0,016	0,088	0,022	0,174	0,023	0,015	0,003	0,000	0,001	0,302	0,009	0,306	0,015	0,015	0,014	0,021	0,016	0,314	0,023	0,352	0,027	0,021	0,021	0,014
10h	0,027	0,014	0,093	0,020	0,163	0,023	0,012	0,003	0,000	0,001	0,155	0,008	0,179	0,015	0,012	0,015	0,027	0,014	0,180	0,021	0,242	0,027	0,017	0,017	0,015
8h	0,068	0,016	0,135	0,018	0,139	0,020	0,007	0,012	0,000	0,001	0,058	0,008	0,164	0,009	0,007	0,017	0,068	0,016	0,147	0,020	0,214	0,022	0,010	0,010	0,021
6h	0,021	0,011	0,041	0,017	0,004	0,019	0,010	0,025	0,000	0,001	0,137	0,008	0,190	0,014	0,010	0,019	0,021	0,011	0,143	0,019	0,190	0,023	0,014	0,014	0,031
4h	0,059	0,005	0,249	0,015	0,270	0,012	0,010	0,038	0,000	0,001	0,131	0,009	0,155	0,016	0,010	0,025	0,059	0,005	0,282	0,017	0,311	0,020	0,015	0,015	0,046
2h	0,038	0,041	0,194	0,014	0,270	0,007	0,001	0,048	0,001	0,001	0,247	0,014	0,155	0,015	0,001	0,078	0,038	0,041	0,314	0,020	0,311	0,017	0,001	0,001	0,092
1h	0,104	0,026	0,156	0,006	0,104	0,008	0,006	0,037	0,002	0,002	0,072	0,010	0,115	0,012	0,006	0,163	0,104	0,026	0,172	0,012	0,155	0,014	0,008	0,008	0,167

Estação MABA																									
Tendência									Precisão								Acurácia								
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	
12h	0,048	0,015	0,047	0,025	0,001	0,032	0,012	0,001	0,000	0,001	0,290	0,031	0,215	0,029	0,012	0,015	0,048	0,015	0,294	0,040	0,215	0,043	0,016	0,016	0,015
10h	0,053	0,006	0,072	0,028	0,090	0,025	0,007	0,011	0,000	0,001	0,249	0,035	0,207	0,029	0,007	0,016	0,053	0,006	0,259	0,044	0,226	0,038	0,010	0,010	0,019
8h	0,067	0,001	0,140	0,014	0,177	0,010	0,006	0,007	0,000	0,001	0,248	0,032	0,218	0,026	0,006	0,017	0,067	0,001	0,285	0,035	0,281	0,028	0,008	0,008	0,018
6h	0,087	0,010	0,149	0,009	0,164	0,010	0,001	0,011	0,000	0,001	0,255	0,032	0,229	0,038	0,001	0,019	0,087	0,010	0,295	0,033	0,281	0,040	0,001	0,001	0,022
4h	0,101	0,013	0,109	0,025	0,164	0,032	0,002	0,022	0,000	0,001	0,316	0,035	0,225	0,028	0,002	0,024	0,101	0,013	0,334	0,043	0,279	0,042	0,003	0,003	0,033
2h	0,103	0,009	0,141	0,009	0,164	0,001	0,011	0,048	0,001	0,001	0,220	0,005	0,225	0,021	0,011	0,050	0,103	0,009	0,261	0,011	0,279	0,021	0,015	0,015	0,069
1h	0,207	0,011	0,207	0,011	0,286	0,008	0,006	0,115	0,002	0,001	0,021	0,013	0,226	0,016	0,006	0,211	0,207	0,011	0,208	0,017	0,365	0,018	0,009	0,009	0,240

Estação POLI																								
Tendência									Precisão								Acurácia							
	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos	1LB (L1)	1LB (ion)	2LB (L1)	2LB (ion)	3LB (L1)	3LB (ion)	PPP	Auspos
12h	0,016	0,013	0,071	0,021	0,195	0,025	0,030	0,041	0,000	0,001	0,347	0,014	0,241	0,011	0,030	0,016	0,016	0,013	0,354	0,025	0,310	0,027	0,042	0,044
10h	0,018	0,023	0,094	0,019	0,197	0,023	0,026	0,044	0,000	0,001	0,334	0,015	0,236	0,011	0,026	0,017	0,018	0,023	0,347	0,024	0,307	0,025	0,036	0,047
8h	0,057	0,022	0,132	0,019	0,192	0,023	0,026	0,053	0,000	0,001	0,330	0,015	0,231	0,011	0,026	0,019	0,057	0,022	0,356	0,024	0,300	0,025	0,037	0,056
6h	0,091	0,024	0,145	0,022	0,251	0,023	0,031	0,046	0,000	0,001	0,385	0,016	0,255	0,011	0,031	0,021	0,091	0,024	0,411	0,027	0,358	0,025	0,044	0,051
4h	0,080	0,030	0,033	0,018	0,163	0,019	0,025	0,054	0,000	0,001	0,388	0,014	0,273	0,010	0,025	0,025	0,080	0,030	0,389	0,022	0,318	0,022	0,035	0,059
2h	0,141	0,014	0,287	0,003	0,163	0,001	0,012	0,045	0,000	0,001	0,371	0,014	0,273	0,009	0,012	0,046	0,141	0,014	0,469	0,014	0,318	0,009	0,016	0,064
1h	0,405	0,008	0,341	0,014	0,628	0,014	0,044	0,068	0,003	0,002	0,103	0,018	0,305	0,011	0,044	0,178	0,405	0,008	0,357	0,022	0,698	0,018	0,063	0,190

