

# IBGE-PPP: SERVIÇO ON-LINE PARA PÓS-PROCESSAMENTO DE DADOS GNSS

VERSÃO MAIO DE 2020

MANUAL DO USUÁRIO

Presidente da República  
**Jair Messias Bolsonaro**

Ministro da Economia  
**Paulo Roberto Nunes Guedes**

Secretário Especial de Fazenda  
**Waldery Rodrigues Junior**

## **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE**

Presidente  
**Susana Cordeiro Guerra**

Diretor-Executivo  
**Fernando José de Araújo Abrantes**

### **ÓRGÃOS ESPECÍFICOS SINGULARES**

Diretoria de Pesquisas  
**Eduardo Luiz G. Rios Neto**

Diretoria de Geociências  
**João Bosco de Azevedo**

Diretoria de Informática  
**Carlos Renato Pereira Cotovio**

Centro de Documentação e Disseminação de Informações  
**Marise Maria Ferreira**

Escola Nacional de Ciências Estatísticas  
**Maysa Sacramento de Magalhães**

### **UNIDADE RESPONSÁVEL**

Coordenação de Geodésia

Ministério da Economia  
**Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE**  
Diretoria de Geociências  
Coordenação de Geodésia

Manual do Usuário

**IBGE-PPP: Serviço *on-line* para  
Pós-Processamento de dados GNSS**

**Versão**

**Mai de 2020**



# Sumário

Apresentação .....	5
1. Introdução.....	7
2. Especificações do Serviço IBGE-PPP .....	9
2.1 Arquivos necessários para a realização de um processamento.....	9
2.1.1 Órbitas e correções dos relógios dos satélites .....	9
2.1.2 Correção aos efeitos da Ionosfera .....	10
2.1.3 Correção dos desvios e variações dos centros de fase das antenas .....	11
2.1.4 Parâmetros de transformação entre os referenciais ITRF e SIRGAS.....	13
2.1.5 Modelo de carga oceânica.....	15
2.1.6 Modelo de velocidades VEMOS.....	15
2.1.7 Modelo de Ondulação Geoidal MAPGEO2015 .....	16
2.2 Aplicabilidade.....	16
2.3 Suporte ao Usuário .....	17
3. Processando com o IBGE-PPP.....	19
3.1 Etapas do processamento.....	19
3.2 Informação da Antena .....	20
3.3 Descrição dos Resultados.....	22
3.3.1 Arquivo de extensão PDF.....	23
3.3.2 Arquivo de extensão SUM .....	27
3.3.3 Arquivo de extensão POS .....	39
3.3.4 Arquivo de extensão KML.....	40
4. Precisão Esperada e Validação dos Resultados.....	41
4.1 Precisão esperada das coordenadas determinadas pelo IBGE-PPP .....	42
4.2 Validação das coordenadas estimadas pelo IBGE-PPP .....	43
4.3 Comparação entre as diferentes versões do programa GPSPACE (CSRS-PPP) ..	45
5. Principais modificações realizadas no serviço IBGE-PPP .....	49
6. Informações sobre o uso do serviço IBGE-PPP.....	53
Referências .....	57
Apêndice	
Parâmetros de transformação utilizados pelo IBGE-PPP .....	59



# Apresentação

O serviço de Posicionamento por Ponto Preciso - IBGE-PPP, já conhecido por profissionais que atuam com topografia, geodésia e demais áreas que necessitam de posicionamento de precisão, completou 11 anos em abril de 2020 e superou a marca de mais de 2,2 milhões de processamentos realizados, atendendo cerca de 62 mil usuários ao longo deste período. Trata-se de um serviço online gratuito para pós-processamento de dados GNSS, o qual permite determinar coordenadas referenciadas ao Sistema Geodésico Brasileiro no referencial SIRGAS2000.

Foi concebido através da parceria entre a Coordenação de Geodésia do IBGE e o *Canadian Geodetic Survey* (CGS) do *Natural Resources Canada* (NRCan), e faz uso do software GPSPACE, bem como das órbitas precisas do CGS.

Nesta nova edição do Manual, são apresentadas informações sobre o novo referencial adotado pelas órbitas precisas e pelo modelo de correções de centro de fase IGB14, além de um capítulo adicional com informações sobre o uso do serviço e uma análise detalhada dos dados submetidos no ano de 2019.

**João Bosco de Azevedo**  
Diretor de Geociências





# 1. Introdução

O IBGE-PPP é um serviço *on-line* gratuito para pós-processamento de dados GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*) disponível desde abril de 2009 no portal do IBGE: [www.ppp.ibge.gov.br](http://www.ppp.ibge.gov.br).

Este serviço faz uso do software GPSPACE, desenvolvido pelo *Canadian Geodetic Survey* (CGS) do *Natural Resources Canada* (NRCan). Permite que usuários de GNSS (GPS e/ou GLONASS) obtenham, a partir de seus levantamentos, coordenadas precisas no sistema de referência oficial do Brasil, o SIRGAS2000, para a época do levantamento e na época 2000.4. O processamento é realizado através da técnica de Posicionamento por Ponto Preciso (PPP), que determina a posição (coordenadas) de forma absoluta, utilizando as observáveis código e fase da onda portadora, coletadas por receptores de uma (L1) ou duas frequências (L1&L2).

Também são utilizados produtos disponibilizados pelo IGS (*International GNSS Service*) (IGS, 2020) e/ou NRCan, tais como: órbitas precisas, correções aos relógios dos satélites, modelos e mapas globais de ionosfera e modelos de correção do centro de fase de antenas. É possível realizar processamento de dados GNSS (GPS e GLONASS) que foram coletados por receptores de uma ou duas frequências no modo estático ou cinemático. Só serão aceitos dados que foram rastreados a partir do dia 25 de fevereiro de 2005, pois foi quando o SIRGAS2000 foi adotado oficialmente no Brasil. Além disso, o processamento GNSS só será realizado para dados coletados no Brasil e somente após o dia 14 de agosto de 2011, pois foi quando passou-se a utilizar as órbitas GNSS disponibilizadas pelo NRCan.



## 2. Especificações do Serviço IBGE-PPP

### 2.1. Arquivos necessários para a realização de um processamento

Além do arquivo de observação GNSS nos formatos RINEX ou HATANAKA informado pelo usuário, o serviço IBGE-PPP necessita também das informações das órbitas e correções dos relógios dos satélites, dos desvios e variações do centro de fase das antenas dos satélites e receptor, dos parâmetros de transformação entre os referenciais ITRF (ITRF, 2020) e SIRGAS2000, dos modelos de carga oceânica, velocidade, pressão, temperatura e umidade, e do modelo de ondulação geoidal MAPGEO2015 (IBGE, 2020), para a transformação entre os referenciais altimétricos elipsoidal e ortométrico.

#### 2.1.1. Órbitas e correções dos relógios dos satélites

O IBGE-PPP utiliza arquivos de órbitas e de correções dos relógios dos satélites disponibilizados pelo IGS e NRCAN. Em ambos os casos as órbitas são ditas precisas e possuem três categorias: FINAL, RÁPIDA e ULTRA-RÁPIDA. Cada uma dessas órbitas possui uma precisão associada e são disponibilizadas em diferentes momentos. O IBGE-PPP utilizará a órbita mais precisa disponível no momento do processamento, e levará em consideração se o rastreamento das observações foi realizado dentro ou fora do território brasileiro:

- Processamento de observações GNSS rastreadas dentro do território brasileiro utilizará as órbitas e correções dos relógios dos satélites disponibilizadas pelo NRCAN. Neste caso, o tipo de órbita a ser utilizada dependerá de quando o processamento for realizado, conforme Quadro 1, a seguir:

**Quadro 1 – Disponibilidade dos Produtos NRCan**

Produto NRCan				
Órbitas / Intervalo	Relógios / Intervalo	Constelação	Quando o IBGE-PPP irá utilizar?	Precisão da órbita
Ultra-Rápida (EMU) 15 minutos	EMU 30 segundos	GPS (1h) e GPS+ GLONASS (3h)	a partir de 1h30m-2h30m após o fim do rastreo até a disponibilidade das órbitas EMR	± 15 cm
Rápida (EMR) 15 minutos	EMR 30 segundos	GPS e GLONASS	a partir de 12-36 horas após o fim do rastreo até a disponibilidade das órbitas EMF	± 5 cm
Final (EMF) 15 minutos	EMF 30 segundos	GPS e GLONASS	a partir de 11-17 dias após o fim do rastreo	± 2 cm

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geodésia.

As observações coletadas com receptores GNSS (GPS + GLONASS) e processadas com as órbitas final, rápida e ultra-rápida (disponibilizada a cada 3h) do NRCan, terão soluções determinadas utilizando as constelações GPS e GLONASS, enquanto que os processamentos realizados com as órbitas ultra-rápidas (com exceção daquelas disponibilizadas a cada 3h) terão soluções somente GPS.

–Processamento de observações GNSS rastreadas fora do território brasileiro utilizará as órbitas e correções dos relógios dos satélites disponibilizadas pelo IGS. Neste caso, o tipo de órbita a ser utilizada dependerá de quando o processamento for realizado, conforme Quadro 2, a seguir:

**Quadro 2 – Disponibilidade dos Produtos IGS**

Produtos IGS ( <a href="http://www.igs.org/products/data">http://www.igs.org/products/data</a> )				
Órbitas / Intervalo	Relógios / Intervalo	Constelação	Quando o IBGE-PPP irá utilizar?	Precisão da órbita
Rápida (IGR) 15 minutos	IGR 5 minutos	GPS	a partir de 17-41 horas após o fim do rastreo até a disponibilidade das órbitas IGS	± 2,5 cm
Final (IGS) 15 minutos	IGS 30 segundos	GPS	a partir de 12-20 dias após o fim do rastreo	± 2,5 cm

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geodésia.

As observações coletadas com receptores GNSS (GPS + GLONASS) e processadas com órbitas do IGS terão soluções determinadas utilizando somente a constelação GPS.

### 2.1.2. Correção aos efeitos da ionosfera

Nos casos em que os arquivos de observação contenham apenas a observável L1 (receptores de 1 frequência, por exemplo), o IBGE-PPP corrigirá parte dos efeitos

decorrentes do adiantamento ou atraso da propagação dos sinais ocasionados pela ionosfera, utilizando as informações modeladas sobre esta camada atmosférica, visando melhorar os resultados do processamento. Essas informações são obtidas através dos mapas de ionosfera denominados IONEX (final e rápido) ou nos modelos de ionosfera enviados através das órbitas transmitidas (BRDC). A correção ionosférica a ser utilizada pelo IBGE-PPP será a melhor disponível no momento do processamento, ou seja, ele dará preferência para os arquivos IONEX final, depois para os arquivos IONEX rápido, e por fim, ele optará pelas correções disponíveis nos arquivos BRDC, conforme Quadro 3, a seguir:

**Quadro 3 – Disponibilidade dos arquivos de ionosfera**

Correção de Ionosfera		
Produto	Arquivo	Quando o IBGE-PPP irá utilizar?
Transmitida (BRDC)	brdc	a partir de 1h30m-2h30m após o fim do rastreo até a disponibilidade do igrp
Rápida (IGR)	igrp	a partir de 16-40 horas após o fim do rastreo até a disponibilidade do igsg
Final (IGS)	igsg	a partir de 15-21 dias após o fim do rastreo

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geodésia.

Se os arquivos de ionosfera ainda não estiverem disponíveis no momento do processamento, o IBGE-PPP retornará uma mensagem informando ao usuário que aguarde até a disponibilidade do mesmo. Isso só ocorrerá se os dados de observação possuírem somente a observável L1, uma vez que para observações com as duas frequências (L1&L2), esses arquivos de ionosfera não são utilizados no processamento, pois o programa possui a combinação linear (L3) entre as observações, eliminando assim os efeitos de primeira ordem da ionosfera.

### **2.1.3. Correção dos desvios e variações dos centros de fase das antenas**

Para que as observações sejam referenciadas ao Plano de Referência da Antena, é necessário que os arquivos de correção do centro de fase sejam utilizados pelo IBGE-PPP no processamento GNSS. Esses arquivos possuem os valores do desvio do centro de fase e suas variações para um conjunto de modelos de antenas, e são disponibilizados e atualizados constantemente pelo IGS e pelo

NGS (*National Geodetic Survey*). Mais informações sobre a calibração de antenas GNSS podem ser encontradas em:

[ftp://igs.org/pub/station/general/antenna\\_README.pdf](ftp://igs.org/pub/station/general/antenna_README.pdf)

<http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/>

Para as observações realizadas antes da semana GPS 1400 (05/11/2006), o IBGE-PPP utiliza o arquivo de correção de centro de fase relativo, enquanto que para observações realizadas a partir dessa data, utiliza a correção do centro de fase absoluto para as antenas dos receptores e satélites, conforme apresentado no Quadro 4.

**Quadro 4 – Arquivos de Centro de Fase utilizado pelo IBGE-PPP**

Desvios e Variações do Centro de Fase				
Realização IGS	Arquivo de Centro de Fase	Fonte	Correção	Quando o IBGE-PPP irá utilizar?
IGb00	igs_01.pcv (jul2007) ant_info.003 (11/07/26 = 342)	IGS NGS	Relativa	25/02/2005 a 04/11/2006
IGS05	igs05_1627.atx ant_info.003 (10/02/19 = 295)	IGS NGS	Absoluta	05/11/2006 a 16/04/2011
IGS08	igs08_1700.atx ngs08.atx (igs08_1700.atx)	IGS NGS	Absoluta	17/04/2011 a 15/09/2012
IGb08	igs08_1930.atx ngs08.atx (igs08_1930.atx)	IGS NGS	Absoluta	16/09/2012 a 28/01/2017
IGS14	igs14_2101.atx ngs14.atx (igs14_2101.atx)	IGS NGS	Absoluta	29/01/2017 a 16/05/2020
IGb14	igs14_www.atx ngs14.atx (igs14_www.atx)	IGS NGS	Absoluta	17/05/2020 a atualmente

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geodésia.

Para consultar qual valor atual do desvio e variação do centro de fase que será considerado pelo IBGE-PPP, acesse:

<ftp://igs.org/pub/station/general/igs14.atx> (IGS, 2017)

<https://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/LoadFile?file=ngs14.atx> (NGS, 2020)

Esta correção só será aplicada se o usuário informar corretamente o modelo de antena no cabeçalho do arquivo RINEX ou na página do serviço.

## **2.1.4. Parâmetros de transformação entre os referenciais ITRF e SIRGAS**

As coordenadas disponibilizadas no cálculo do IBGE-PPP estão nos sistemas de referência ITRF e SIRGAS, sendo ambos materializados através de suas redes de referência próprias. Entretanto, as soluções fornecidas pelo IBGE-PPP independem de soluções de redes, e, portanto, fornecem soluções absolutas e independentes dessas materializações. Como as coordenadas determinadas pelo PPP estão originalmente em ITRF, é necessário transformá-las em SIRGAS através de parâmetros de transformação, que podem variar em função da data do levantamento.

### **–ITRF (IGb00 / IGS05 / IGS08 / IGb08 / IGS14 / IGb14)**

O referencial ITRF adotado pelo PPP é o realizado pelo IGS na época para a qual as órbitas IGS foram calculadas. Deve-se mencionar que o IGS utiliza somente dados de estações GNSS no cálculo de suas órbitas. Destaca-se ainda que como o IBGE-PPP só processa dados após o dia 25 de fevereiro de 2005 (data em que o SIRGAS2000 foi adotado oficialmente no Brasil), serão disponibilizadas somente soluções em ITRF (IGb00, IGS05, IGS08, IGb08, IGS14 ou IGb14), dependendo de quando os dados foram coletados, conforme Quadro 4.

Como as órbitas IGS são disponibilizadas diariamente, a época das coordenadas ITRF calculadas pelo IBGE-PPP serão sempre referidas à data dos dados coletados, ou seja, à data do levantamento GNSS. Mais informações sobre ITRF são encontradas em: <http://www.iers.org/IIERS/EN/DataProducts/ITRF/itrf.html>.

### **–SIRGAS2000**

Para o desenvolvimento das atividades geodésicas no território nacional, conforme os padrões estabelecidos pelas tecnologias atualmente disponíveis, foi estabelecido como novo sistema de referência geodésico para o Sistema Geodésico Brasileiro - SGB e para o Sistema Cartográfico Nacional – SCN, o SIRGAS em sua realização do ano de 2000 (SIRGAS2000), época 2000.4. A Resolução do Presidente do IBGE nº 1, de 25/02/2005 (IBGE, 2005), é o documento que oficializa o uso do SIRGAS2000 no Brasil e está disponível em:

[ftp://geofftp.ibge.gov.br/metodos\\_e\\_outros\\_documentos\\_de\\_referencia/normas/rpr\\_01\\_25fev2005.pdf](ftp://geofftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/rpr_01_25fev2005.pdf)

Além disso, em 2015, o SIRGAS2000 tornou-se o único referencial oficial a ser utilizado em território brasileiro, conforme Resolução do Presidente do IBGE nº 1, de 24/02/2015 (IBGE, 2015), disponível em:

[ftp://geofftp.ibge.gov.br/metodos\\_e\\_outros\\_documentos\\_de\\_referencia/normas/rpr\\_01\\_2015\\_sirgas2000.pdf](ftp://geofftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/rpr_01_2015_sirgas2000.pdf)

Para mais informações sobre o Sistema SIRGAS2000 acesse:

<https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-sobre-posicionamento-geodesico/sirgas.html>

O relacionamento entre as realizações do ITRF mencionadas anteriormente e o SIRGAS2000 se dá através de uma transformação de 4 parâmetros (três translações e uma escala) que foram estimados através de coordenadas de estações GNSS permanentes, localizadas no continente Americano e presentes nas realizações ITRF e SIRGAS. Os valores dos parâmetros de transformação aplicados pelo IBGE-PPP são apresentados no Quadro 5.

**Quadro 5 – Parâmetros de transformação utilizados pelo IBGE-PPP – ITRF X SIRGAS**

Realização	Parâmetros de Transformação						
	T x (cm)	T y (cm)	T z (cm)	Escala (ppb)	Rx (mas)	Ry (mas)	Rz (mas)
ITRF (IGb00) > SIRGAS	-0.14	-0.25	0.04	-0.46	0.000	0.000	0.000
ITRF (IGS05) > SIRGAS	-0.08	-0.39	-0.61	-0.18	0.000	0.000	0.000
ITRF (IGS08) > SIRGAS	-0.34	-0.48	-0.86	1.62	0.000	0.000	0.000
ITRF (IGb08) > SIRGAS	-0.34	-0.54	-0.88	1.57	0.000	0.000	0.000
ITRF (IGS14) > SIRGAS	-0.26	-0.32	-0.42	1.22	0.000	0.000	0.000
ITRF (IGb14) > SIRGAS	-0.27	-0.25	-0.42	1.20	0.000	0.000	0.000

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geodésia.

Destacamos que até 16 de maio de 2020 o IBGE-PPP utilizou parâmetros de transformação entre os referenciais ITRF (IGb00, IGS05, IGS08, IGb08 e IGS14) e SIRGAS diferentes daqueles apresentados no Quadro 5. Essa alteração se fez necessária no sentido de diminuir os impactos causados pelas mudanças dos referenciais ocorridas ao longo do tempo, uma vez que a determinação dos parâmetros de transformação entre cada um desses referenciais e o SIRGAS2000 se tornou mais homogênea. Além disso, a não determinação das rotações nos parâmetros se apresenta mais eficaz, uma vez que a



transformação adotada pelo ITRF entre as realizações ITRF14, ITRF08, ITRF05 e ITRF00 não possuem rotações. Vale ressaltar que essas alterações dos parâmetros podem apresentar diferenças de poucos milímetros a até 2 cm, na componente planimétrica e de alguns milímetros a até 3 cm, na componente altimétrica, se comparadas com as coordenadas determinadas pelos outros conjuntos de parâmetros. Caso essas diferenças sejam significativas em seu trabalho, sugerimos que submeta novamente seus dados no serviço IBGE-PPP. Para mais informações sobre os parâmetros utilizados anteriormente, veja o Apêndice deste manual.

### 2.1.5. Modelo de carga oceânica

O modelo de carga oceânica utilizado pelo IBGE-PPP é o FES2014b e serve para corrigir os efeitos causados pelas marés oceânicas nas observações GNSS. Essas correções serão realizadas se a estação a ser processada estiver a uma distância de até 10 km de uma das estações de referência adotadas pelo IBGE-PPP que, no caso, são as estações da RBMC. Mais informações sobre os modelos de carga oceânica e seu cálculo podem ser encontradas em: <http://holt.oso.chalmers.se/loading/> (OSO, 2020).

### 2.1.6. Modelo de velocidades VEMOS

As coordenadas definidas em ITRF, assim como em qualquer outro sistema de referência de concepção global, mudam com o tempo, devido ao deslocamento das placas e possivelmente a movimentos intra-placa, e é por esta razão que as suas coordenadas são referidas a uma época específica. O Modelo de Velocidades SIRGAS – VEMOS2009 (SIRGAS, 2020) é utilizado para transportar ou reduzir as coordenadas (latitude e longitude) calculadas na data em que os dados foram coletados para época 2000.4, ou seja, época do SIRGAS2000. O VEMOS2009 foi calculado pelo *Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut* – DGFI, o qual usou resultados de diferentes campanhas GPS realizadas em diferentes épocas na América do Sul. Mais informações sobre o modelo VEMOS2009 podem ser encontradas em:

<http://www.sirgas.org/es/sirgas-con-network/velocity-model/>

### 2.1.7. Modelo de Ondulação Geoidal MAPGEO2015

Para a transformação das altitudes geométricas (referidas ao elipsóide GRS80 – SIRGAS2000) em altitudes ortométricas (referidas ao geóide), o IBGE-PPP utiliza o Modelo de Ondulação Geoidal MAPGEO2015.

Para mais informações sobre o Modelo MAPGEO, acesse:

<https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-sobre-posicionamento-geodesico/servicos-para-posicionamento-geodesico/10855-modelo-de-ondulacao-geoidal.html?=&t=o-que-e>

## 2.2. Aplicabilidade

As coordenadas determinadas pelo IBGE-PPP podem ser utilizadas em diversas aplicações tais como: no georreferenciamento, topografia em geral, avaliação de levantamentos, determinação de bases, entre outras. Entretanto, é fundamental que o levantamento seja realizado com equipamentos adequados e em condições favoráveis para a obtenção de uma melhor precisão, tais como: o tempo de rastreo, estacionamento do equipamento, baixa ou nenhuma obstrução das observáveis, etc. Além disso, vale ressaltar que o processamento com o IBGE-PPP é baseado somente nas órbitas precisas e nas correções de relógios dos satélites, não havendo a necessidade de uma estação de referência coletando dados simultaneamente, permitindo processar observações GNSS, para levantamentos no Brasil e GPS para levantamentos realizados fora do Brasil. As coordenadas SIRGAS2000, época 2000.4 serão calculadas se o levantamento for realizado na América do Sul, área de abrangência do modelo VEMOS2009.

Não existe um período de rastreo mínimo para processar os dados com o IBGE-PPP, mas existe um período máximo de 48 horas (2 dias). A duração do período de rastreo das observações influenciará, entre outras coisas, na precisão das coordenadas determinadas pelo processamento, conforme descrito a seguir:

### **–Tempo mínimo de rastreo GNSS processado pelo IBGE-PPP**

Não existe tempo mínimo para uma sessão de observação GNSS, entretanto, quanto menor for o tempo de rastreo, menor será a precisão determinada pelo processamento, conforme apresentado no Capítulo 4. Essa precisão está diretamente relacionada com a resolução das ambiguidades, que por sua vez está diretamente relacionada com o tempo de rastreo, qualidade dos dados, tipo de equipamento, etc. Para arquivos de rastreo com períodos curtos de observações, as coordenadas serão calculadas usando somente as observações da pseudo-distância (precisão métrica). Para arquivos de rastreo com períodos de observações mais longos, é possível resolver as ambiguidades usando as observações da fase da portadora, proporcionando, assim, resultados mais precisos (precisão centimétrica).

### **–Tempo máximo de rastreo GNSS processado pelo IBGE-PPP**

O IBGE-PPP está configurado para processar dados rastreados por um período de no máximo 48 horas. Além disso, o tamanho máximo do arquivo de observação GNSS não poderá ser maior do que 20 Mb. Por isso, recomendamos que os arquivos sejam compactados. Pode haver múltiplos arquivos de observação dentro de um mesmo arquivo compactado, desde que o tamanho máximo total não ultrapasse o valor definido, que é de 20 Mb. Caso isso ocorra, o IBGE-PPP avisará através de uma mensagem que o arquivo excedeu o valor máximo estabelecido, e que o usuário deverá submeter novamente os dados.

## **2.3. Suporte ao usuário**

O IBGE-PPP foi projetado para ser uma aplicação auto-serviço. Mensagens de erros de um trabalho malsucedido serão informadas para ajudar aos usuários a resolverem problemas comuns. Entretanto, as dúvidas ou outros problemas que surgirem podem ser encaminhados para o e-mail [ibge@ibge.gov.br](mailto:ibge@ibge.gov.br). As sugestões dos usuários para melhorias futuras no serviço IBGE-PPP serão sempre bem-vindas e podem ser enviadas para o mesmo e-mail informado anteriormente.



## 3. Processando com o IBGE-PPP

### 3.1. Etapas do processamento

Considerando que o usuário já tenha criado um arquivo de observação RINEX ou HATANAKA de seus dados GNSS, serão necessários cinco passos para o uso do IBGE-PPP.

**1º Passo:** Selecionar o arquivo de observação GNSS no formato RINEX ou HATANAKA. O arquivo deve ser preferencialmente comprimido (WINZIP, 7Z, GZIP ou TAR-GZIP) reduzindo consideravelmente o tempo de recebimento das informações no sistema. É permitido que haja mais de um arquivo de observação dentro de um arquivo comprimido.

**Quadro 6 – Métodos de compressão compatíveis com o IBGE-PPP**

Método	Extensão do arquivo
Gzip	.gz
Zip	.zip
Compressão unix	.Z
Tarzip	tar.gz

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geodésia.

**2º Passo:** Selecionar o modo de processamento: estático ou cinemático. Somente será permitida a seleção de um item.

**3º Passo:** Selecionar o tipo da antena conforme nomenclatura adotada pelo IGS ou NGS. Caso o usuário não saiba a nomenclatura correta, ele deve consultar o arquivo [ftp://ftp.igs.org/pub/station/general/rcvr\\_ant.tab](ftp://ftp.igs.org/pub/station/general/rcvr_ant.tab) e procurar pelo seu modelo e a correspondente nomenclatura da antena. Se a opção “Não alterar RINEX” for a escolhida pelo usuário, o IBGE-PPP usará a identificação da antena encontrada no arquivo RINEX. Caso esta identificação não seja a mesma adotada pelo IGS ou NGS, o IBGE-PPP não aplicará a correção de centro de fase. Isso poderá ocasionar erros de alguns decímetros nos resultados, principalmente na componente altimétrica.

**4º Passo:** Informar o valor da altura da antena em metros e selecionar a caixa ao lado para que o IBGE-PPP use este valor. Se a altura não for informada, a altura a ser utilizada será aquela disponível no arquivo RINEX. Esta altura deve ser medida verticalmente e referida ao plano de referência da antena (ARP).

**Informação importante:** As informações inseridas no 3º e 4º passo serão aplicadas em todos os arquivos de observação que estejam compactados em um único arquivo.

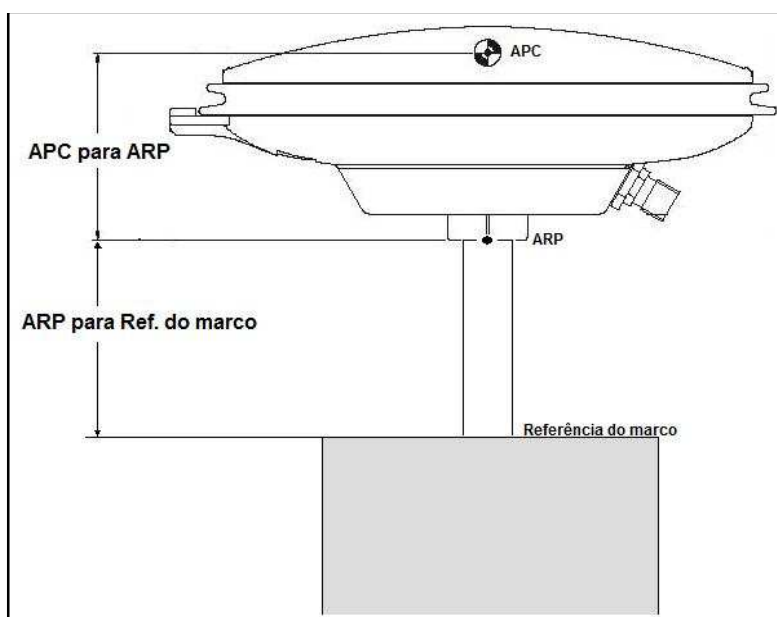
**5º Passo:** Informar um endereço de e-mail válido para que o processamento possa ser realizado e os resultados enviados. Isso é importante também porque, caso haja a necessidade de o IBGE informar ao usuário uma eventual necessidade de reprocessamento, isso poderá ser feito através do e-mail informado.

**Informação importante:** Os dados só poderão ser processados pelo IBGE-PPP após a disponibilidade das órbitas precisas para o período da observação, conforme apresentado nos Quadros 1 e 2. Caso contrário, o usuário receberá uma mensagem de erro, informando sobre a indisponibilidade das órbitas e a necessidade de aguardar até a disponibilidade das mesmas.

## 3.2. Informação da antena

Para obter as coordenadas precisas em um posicionamento GNSS, deve-se considerar no processamento a distância vertical da referência do ponto (marco) ao plano de referência da antena (ARP), e a distância do ARP ao centro de fase da antena (APC). A primeira é medida no campo pelo usuário e inserida no receptor GNSS e/ou no processamento, conforme indicado no 4º passo do item 3.1, enquanto que a segunda é obtida diretamente pelo programa IBGE-PPP, através do arquivo de centro de fase das antenas, conforme indicado no item 2.1.3. Estas informações são apresentadas na Figura 1, abaixo.

Figura 1 – Esquema APC e ARP de uma antena



Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geodésia.

**ARP até o marco (Altura da antena):** distância vertical entre o ponto de referência do marco e o plano de referência da antena, sendo determinada em função da instalação da antena. Se conhecida, ela deverá ser informada em unidades de metro e preenchida como componente H no campo "ANTENA: DELTA H/E/N" do cabeçalho do arquivo RINEX, e/ou no processamento com o IBGE-PPP. As componentes E e N, mesmo se não forem zero, não serão consideradas no processamento com o IBGE-PPP.

**APC para ARP:** distância entre o plano de referência da antena e o centro de fase, sendo dependente das características eletrônicas da antena com relação às observáveis (L1 ou L2). O IBGE-PPP usa os valores de calibração do centro de fase publicados pelo IGS ou pelo NGS. A nomenclatura adotada pelo IGS para a identificação do modelo da antena deverá ser usada, para identificá-la, no campo "ANT # / TIPO" do cabeçalho RINEX, e/ou selecionando-a através da lista de modelos de antena apresentadas, conforme indicado no 3º passo do item 3.1.

Os valores da altura da antena e do centro de fase utilizados no processamento são incluídos no relatório do arquivo SUM e devem ser verificados como forma de certificar que foram utilizados corretamente no processamento e, conseqüentemente, na determinação das coordenadas. Caso o modelo de antena não seja informado ou não

exista na lista apresentada, o processamento será realizado sem a correção do centro de fase e, neste caso, aparecerá no item 2.3 do arquivo SUM a informação “NÃO ENCONTRADO”.

### 3.3. Descrição dos resultados

O IBGE-PPP disponibiliza os resultados através de um link apresentado na tela de resposta do processamento, sendo também enviado para o e-mail informado. Neste endereço encontra-se um arquivo compactado no formato ZIP, que ao ser descomprimido cria um diretório com o mesmo nome. Neste diretório são encontrados cinco arquivos para o modo estático ou quatro para o modo cinemático, os quais possuem as seguintes informações:

1) Arquivo PDF – principal arquivo de resultado disponibilizado pelo IBGE-PPP, apresenta o relatório resumido dos resultados de um processamento estático. As principais informações contidas neste arquivo são: as coordenadas do processamento na época do levantamento e as reduzidas à época 2000.4; os desvios padrão das coordenadas (sigma); a ondulação geoidal e a altitude ortométrica convertida. Um processamento no modo cinemático não produzirá este arquivo.

2) Arquivo SUM – trata-se de um relatório detalhado do processamento. As informações contidas nesta saída são aquelas utilizadas no 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; observações rejeitadas; informações do relógio do receptor; coordenadas de um ponto em ITRF e SIRGAS2000 para a época do levantamento.

3) Arquivo POS – possui a estimativa das coordenadas época a época, ao longo do tempo de rastreio. Ele é útil para um levantamento realizado no modo cinemático ou para o acompanhamento da convergência das coordenadas determinadas no modo estático. Neste arquivo há também informações do relógio do receptor e de parâmetros atmosféricos para cada época processada.

4) Arquivo KML – utilizado para a visualização da posição do ponto (modo estático) ou da trajetória (modo cinemático) no Google Earth ou em programas de visualização de



imagens. Vale ressaltar que a posição do ponto apresentado na imagem pode não coincidir com a sua verdadeira posição, devido à precisão associada à imagem, que em alguns casos pode chegar a dezenas de metros.

5) Arquivo Leiamet.txt – informa o conteúdo de cada arquivo de saída do processamento.

Os itens a seguir detalham cada um dos arquivos gerados em um processamento com o IBGE-PPP.

### **3.3.1. Arquivo de extensão PDF**

O arquivo de extensão PDF, principal saída do IBGE-PPP, é um relatório resumido do processamento. Ele contém duas páginas, sendo que na primeira são apresentados os itens: “Sumário do Processamento do marco”, “Coordenadas SIRGAS” e “Precisão esperada para um levantamento estático em metros” e, na segunda página, são apresentados três gráficos, um para cada componente posicional (latitude, longitude e altitude), com as informações em função do tempo do desvio-padrão (curva vermelha) e da convergência das coordenadas quando comparadas a um valor de referência (curva azul), que pode ser aquele disponível no cabeçalho do arquivo RINEX ou calculado na primeira época das observações.

Figura 2 – Relatório PDF de um processamento – página 1

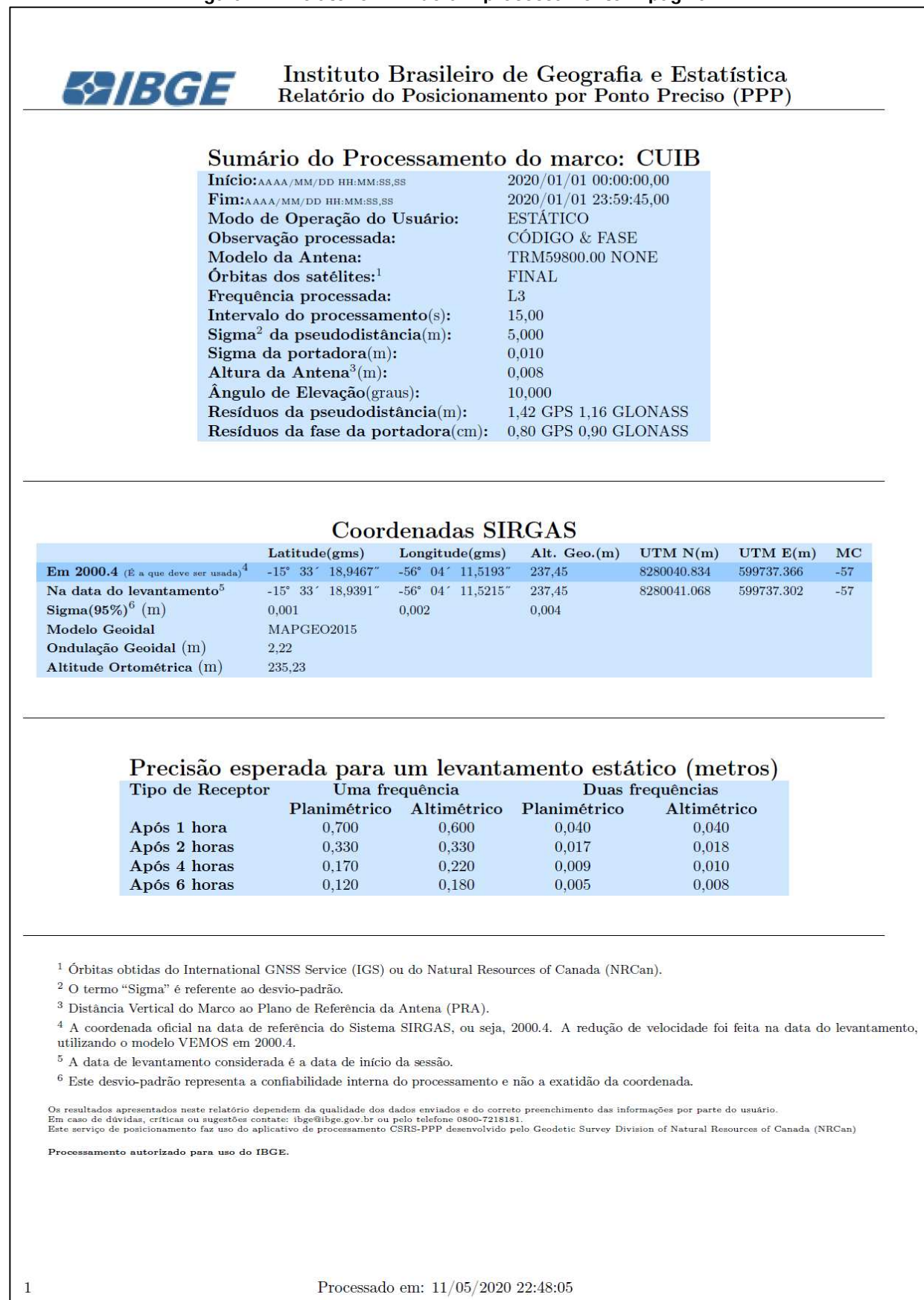
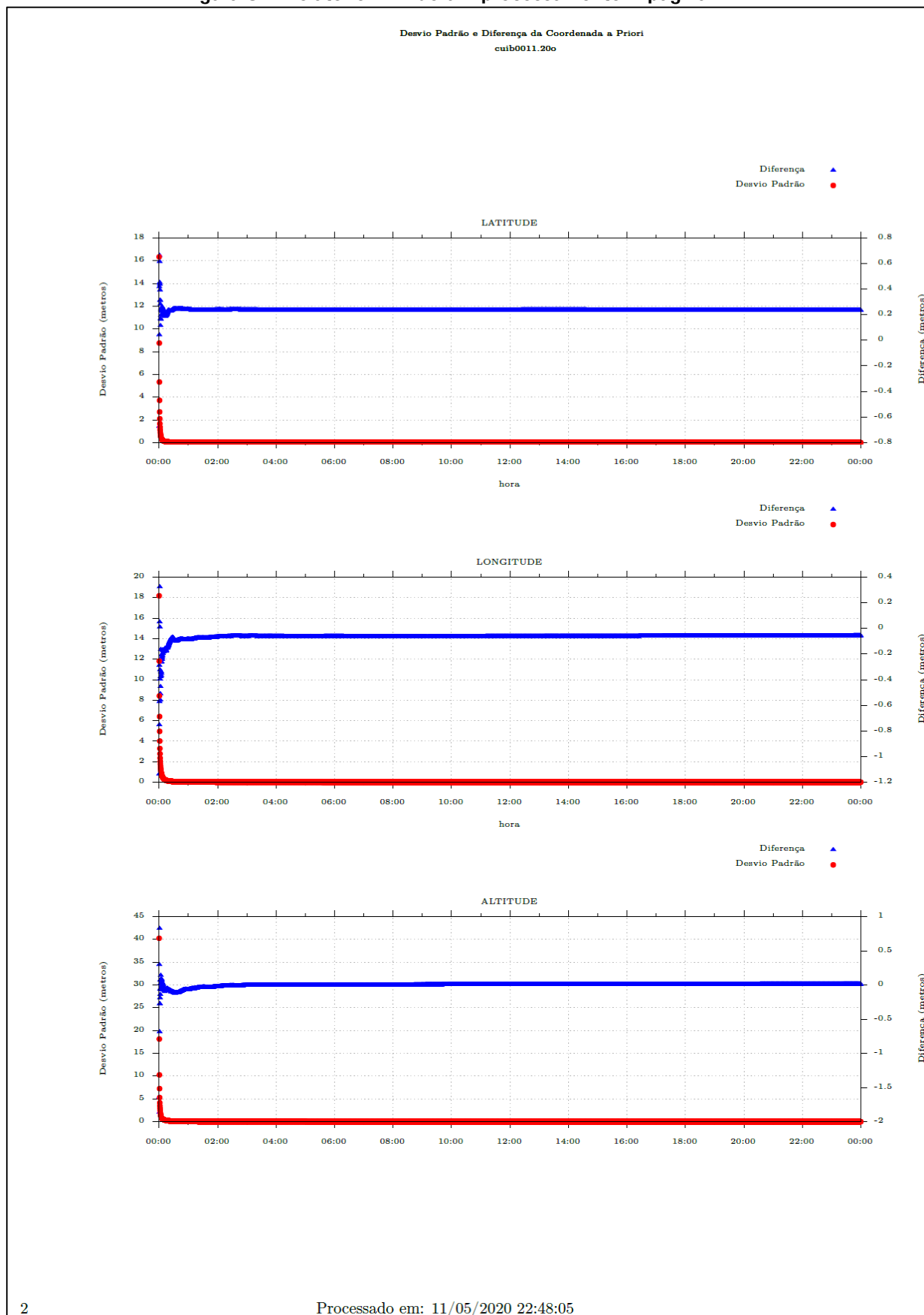


Figura 3 – Relatório PDF de um processamento – página 2



**Sumário do Processamento do marco:** são apresentadas as informações mais relevantes utilizadas no processamento, tais como: o identificador da estação; data e hora do início e término dos dados processados; modo de operação (estático ou cinemático); observações encontradas nos dados (código ou código e fase); o modelo da antena segundo identificação adotada pelo IGS/NGS; tipo de órbita IGS/NGS utilizada no processamento (final, rápida e ultra-rápida); observável processada [C1&L1 ou L3 (L1&L2)]; intervalo utilizado no processamento (intervalo de rastreamento); sigma da pseudodistância e da portadora em metros utilizadas como referência; altura da antena em metros (altura vertical medida do ARP à referência do ponto); ângulo de elevação (máscara de elevação); e os resíduos da pseudodistância (m) e portadora (cm) para as constelações GPS e GLONASS.

**Coordenadas SIRGAS:** são apresentadas as coordenadas geográficas e UTM referenciadas ao SIRGAS2000 em duas épocas distintas, ou seja, na época 2000.4 (época de referência do sistema SIRGAS2000), denominada de coordenada oficial, e coordenadas na data que foi realizado o levantamento (época do início do rastreamento), assim como o desvio padrão destas coordenadas. As coordenadas na época 2000.4 são obtidas a partir das coordenadas SIRGAS2000 na época do levantamento, as quais são reduzidas para a época 2000.4 através do modelo de velocidade VEMOS2009. O modelo VEMOS2009 altera somente as coordenadas latitude e longitude, sendo idênticas as altitudes em ambas as épocas. Neste tópico também é apresentada a ondulação geoidal, obtida através do modelo MAPGEO2015, e a respectiva altitude ortométrica calculada.

**Precisão esperada para um levantamento estático em metros:** neste campo são apresentados valores de referência para a precisão das coordenadas determinadas com o IBGE-PPP em função do tipo de receptor utilizado (uma frequência ou duas frequências), e do tempo de rastreamento (maior que 1, 2, 4 e 6 horas), para as componentes planimétrica e altimétrica. Vale ressaltar que a precisão depende muito da qualidade do dado rastreado, e, portanto, os valores aqui apresentados representam uma estimativa de precisão.

**Gráficos do desvio-padrão e de convergência das coordenadas época a época:** estes gráficos apresentam os desvios padrão (eixo y da esquerda) e as diferenças das

coordenadas calculadas a cada época com a coordenada de referência a priori (eixo y da direita), para as componentes latitude, longitude e altitude.

### 3.3.2. Arquivo de extensão SUM

O arquivo de extensão SUM é um relatório mais completo sobre o processamento. Ele contém um registro do cabeçalho, seguido por três seções:

**Seção 1:** especifica os nomes dos arquivos de ENTRADA, SAÍDA e INTERNOS usados durante o processamento.

**Seção 2:** fornece os parâmetros do processamento extraídos dos arquivos INTERNOS aplicados nos arquivos de ENTRADA. Esta seção relata os parâmetros de filtragem das observações (2.1), desvio e variação do centro de fase das antenas dos satélites (2.2), desvio e variação do centro de fase da antena do receptor (2.3), parâmetros de transformação entre os sistemas de referências ITRF e SIRGAS (2.4), coeficientes de carga oceânica (2.5), dados meteorológicos de superfície (2.6), e modelo troposférico (2.7).

**Seção 3:** apresenta as opções do processamento (3.1), informações sobre a sessão observada (3.2), as coordenadas estimadas na época do levantamento (3.3), diferenças entre as coordenadas SIRGAS e valor a-priori (3.4), estimativa do relógio do receptor (3.5), tabela de observações rejeitadas (3.6), e lista de observações rejeitadas (3.7).

Os itens a seguir detalham cada uma das seções e tópicos apresentados no arquivo SUM do IBGE-PPP:

**Cabeçalho:** informações gerais como, por exemplo, o nome do serviço, versão do programa executável, data de compilação do programa, instituição responsável pela manutenção do serviço e seu contato, e instituição responsável pelo desenvolvimento do programa CSRS-PPP.

**Quadro 7 – Cabeçalho do arquivo SUM**

```
-----  
GPS Posicionamento por Ponto Preciso (IBGE-PPP ver.          1.05/11216/2016-04-21)  
Inst. Bras. de Geografia e Estatística/Coordenação de Geodésia - IBGE/CGED  
Av. República do Chile 500, Rio de Janeiro - RJ, Brasil  
Fone: 0800-7218181 - Email: ibge@ibge.gov.br  
Este serviço de posicionamento faz uso do aplicativo de processamento CSRS-PPP  
desenvolvido pelo Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada (NRCan).  
-----
```

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geodésia.

**SEÇÃO 1 - Sumário dos Arquivos**

São especificados os nomes dos arquivos de ENTRADA, SAÍDA e INTERNOS utilizados no processamento. Os arquivos de ENTRADA correspondem às observações GNSS (GPS ou GPS & GLONASS), órbitas e relógios dos satélites do dia e do dia seguinte (quando necessário), modelos de ionosfera (quando somente observações L1 estão disponíveis), e as opções de processamento (estático ou cinemático, equipamento L1 ou L1&L2). Destes arquivos de entrada, apenas as observações GNSS são fornecidas pelo usuário. Os demais são disponibilizados por serviços ou instituições internacionais como IGS, NRCan, NGS, CODE, etc.

Os arquivos de SAÍDA são aqueles gerados pelo processamento e nomeados conforme nomenclatura do arquivo de observação. Trata-se dos arquivos de extensão SUM, POS, PDF, KML, além do arquivo leia-me, descritos no item 3.3.

Os arquivos INTERNOS são armazenados no servidor IBGE-PPP e atualizados pelo administrador do sistema, quando necessário. Esses arquivos contêm a tolerância do filtro para a detecção da perda de ciclo, desvio e variação do centro de fase das antenas dos satélites, desvio e variação do centro da fase da antena do receptor, coeficientes de carga oceânica, parâmetros atmosféricos, e parâmetros de transformação entre os referenciais materializados do ITRF e SIRGAS2000.

**Quadro 8 – Seção 1 do arquivo SUM**

SECAO 1. Sumario dos Arquivos	
Conteudo	Arquivos de Entrada
Observacoes	cuib0011.20o
Opcoes de Processamento	sirg_est_2dia_12.cmd
Orbitas dos satelites	emf20863.sp3
Relogio do satellite	emf20863.clk
Orbitas dos satelites	emf20864.sp3
Relogio do satellite	emf20864.clk
Arquivos de Saida	
Relatorio do Processamento	cuib0011.sum
Parametros estimados	cuib0011.pos
Arquivo Google Earth	cuib0011.kml
Resumo do Processamento	cuib0011.pdf
Arquivo LEIAME.txt	cuib0011_LEIAME.txt
Arquivos Internos	
Parametros do filtro	gpsppp.flt
Desvio do satellite	gpsppp.svb_gnss_yrly
Desvio da Antena	gpsppp.pcv
Carga Oceanica	gpsppp.olc
Transformacao de Coordenada	gpsppp.trf
Orientacao do Polo	gpsppp.erp
Ref. data :	58849.500
Polo X :	-100.183      -2.053 mas, mas/d
Polo Y :	-63.768      0.475 mas, mas/d

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geodésia.

## SEÇÃO 2 – Sumário dos parâmetros do processamento

São apresentados nessa seção os diversos parâmetros utilizados no processamento das observações GNSS pelo IBGE-PPP, sendo classificados em sete subseções, a saber:

**Seção 2.1:** Parâmetros de filtragem das observações: informações sobre as tolerâncias da portadora narrowlane e a variação do código/portadora widelane são usadas pelo serviço IBGE-PPP para detectar perdas de ciclos para o intervalo observado, sendo detectadas no processamento código/portadora e durante a filtragem do código da dupla frequência. Além disso, no processamento são aplicadas também as tendências inter-frequências dos receptores e satélites (P1-C1 e P2-C2).

**Quadro 9 – Seção 2.1 do arquivo SUM**

2.1 Parametros de filtragem das observacoes	
Multicaminho:	150.0
Time Gap :	300.0
Narrowlane :	8.1 Satel. adaptive
Widelane :	130.0 Satel. adaptive
P3 filtrado :	NO
Codigo L1 :	P1 C1
Codigo L2 :	P2 C2
P1-C1 bias :	APLICADO
P2-C2 bias :	APLICADO

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geodésia.

**Seção 2.2:** Variação do centro de fase das antenas dos Satélites: os valores adotados para a variação do centro de fase das antenas dos satélites pelo serviço IBGE-PPP são os mesmos utilizados pelo IGS e NRCAN no cálculo dos seus produtos, como por exemplo, órbitas e relógios dos satélites. Eles são as componentes do vetor entre o centro de massa do satélite e o centro de fase da combinação da antena L1/L2 no referencial do satélite. Os satélites (PRNs) ativos durante o período de observação são listados sob os cabeçalhos do bloco do satélite (GPS: IIF, IIR, IIRM e IIA; GLONASS: M), seguidos pela lista de PRNs inativos.

**Quadro 10 – Seção 2.2 do arquivo SUM**

```
2.2 Variacao do Centro de Fase da Antena do Satellite (CFA) - mm para 2020-01-01
Centro de Massa -> CFA [Coordenadas X,Y,Z com origem no centro de massa do satellite]
GPS IIA [ 5, -21,1993]
PRNs 04 18
vCLK 00 00
GPS IIR [ -1, -1,1118]
PRNs 11 13 14 16 20 21 28
vCLK 14 10 13 12 15 16 13
GPS IIRM [ 1, -1, 729]
PRNs 02 05 07 12 15 17 19 22 23 29 31
vCLK 10 15 12 13 12 15 12 13 10 13 11
GPS IIF [ 394, 0,1502]
PRNs 01 03 06 08 09 10 24 25 26 27 30 32
vCLK 01 01 01 16 01 02 24 01 01 01 01 01
GLN M [-545, 0,2307]
PRNs 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
vCLK 01 10 01 00 15 01 12 16 01 02 14 13 10 13 12 12 15 00 12 15 16 13 10 24
```

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geodésia.

**Seção 2.3:** Variação do centro de fase da antena do receptor: os valores dos desvios e variações do centro de fase da antena estão armazenados em arquivos de calibração atualizados pelo IGS ou NGS, os quais fornecem os desvios nas componentes (Norte, Este e Altura) entre o centro de fase da antena em L1 e L2 e o seu plano de referência, além das variações em função da elevação e do azimute dos satélites. Os arquivos apresentam estas correções com incrementos de 5 graus, que abrangem o intervalo de 0 a 90 graus, na elevação e de 0 a 360 graus, no azimute. É informado também o modelo da antena, segundo identificação adotada pelo IGS/NGS.



**Quadro 11 – Seção 2.3 do arquivo SUM**

```

2.3 Variacao do Centro de fase da Antena do Receptor (CFA) - mm
Modelo da Antena      TRM59800.00      NONE
CFA [Norte, Este, Cima]      L1 [ 1, 1, 90], L2 [ 0, 0,117]
Variacao do centro de fase com respeito ao angulo de elevacao
AZIM ELV 90 85 80 75 70 65 60 55 50 45 40 35 30 25 20 15 10 5 0
0 L1  0  0 -1 -2 -3 -5 -6 -7 -8 -8 -8 -7 -6 -5 -3  0  4  9 15
360 L1  0  0 -1 -2 -3 -5 -6 -7 -8 -8 -8 -7 -6 -5 -3  0  4  9 15
0 L2  0  0 -1 -1 -2 -3 -4 -4 -5 -5 -5 -5 -4 -3 -1  1  3  6 11
360 L2  0  0 -1 -1 -2 -3 -4 -4 -5 -5 -5 -5 -4 -3 -1  1  3  6 11

SV antenna offsets in body-axis
PRN  X-offset  Y-offset  Z-offset
1    394.00    0.00    1501.80
2     1.30    -1.10    728.80
3    394.00    0.00    1550.60
4     4.88   -21.04    1992.88
5    -3.30    -0.30    778.00
6    394.00    0.00    1467.00
...
58     0.00     0.00    2014.70
59   -545.00     0.00    2451.20

```

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geodésia.

**Seção 2.4:** Informa os parâmetros de transformação utilizados para relacionar uma realização do ITRF (IGb00, IGS05, IGS08, IGb08, IGS14 ou IGb14), na época da observação, com o referencial SIRGAS2000. Os parâmetros utilizados pelo IBGE-PPP são apresentados na seção 2.1.4 deste manual.

**Quadro 12 – Seção 2.4 do arquivo SUM**

```

2.4 Parametros de transformacao entre sistemas de referencia
ITRF (IGS14)->SIRGAS2000 NA EPOCA: 2020.0
Translacoes (Tx,Ty,Tz), Rotacoes (Rx,Ry,Rz), Escala (S)

Tx      Ty      Tz      S      Rx      Ry      Rz
(cm)    (cm)    (cm)    (ppb)  (mas)  (mas)  (mas)
0.260   0.180   -0.610  -0.050  0.308   0.106  -0.096

dTx     dTy     dTz     dS     dRx     dRy     dRz
(cm/y)  (cm/y)  (cm/y)  (ppb/y) (mas/y) (mas/y) (mas/y)
0.000   0.000   0.000   0.000  0.000   0.000  0.000

```

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geodésia.

**Seção 2.5:** Coeficientes de carga oceânica: se as observações GNSS foram rastreadas a uma distância de até 10 km de uma estação de referência, RBMC, por exemplo, cujas correções de carga oceânica são conhecidas, estes valores serão utilizados pelo IBGE-PPP no processamento e apresentados na seção 2.5, caso contrário, nenhuma correção é efetuada. Os coeficientes de carga oceânica são calculados segundo o modelo FES2014b, e o arquivo é atualizado a cada nova estação de referência incluída.

**Quadro 13 – Seção 2.5 do arquivo SUM**

2.5 Coeficientes de carga oceanica								ENCONTRADO
Harmonica	Radial		Norte-Sul		Este-Oeste			
Term	Frequ.	Fase	Ampl.	Fase	Ampl.	Fase	Ampl.	Fase
(rad/h)	(gra)	(mm)	(gra)	(mm)	(gra)	(mm)	(gra)	
M2	0.5059	124.300	8.8	46.200	1.4	227.400	2.1	210.200
S2	0.5236	360.000	3.0	62.600	0.4	269.300	0.7	231.900
N2	0.4964	349.336	2.0	40.900	0.3	188.600	0.4	200.400
K2	0.5250	200.933	0.8	56.700	0.1	270.100	0.2	224.000
K1	0.2625	190.466	1.5	218.800	0.8	289.800	0.8	218.700
O1	0.2434	293.833	0.9	233.600	0.8	262.600	0.6	165.600
P1	0.2611	169.534	0.5	218.800	0.3	289.700	0.3	218.300
Q1	0.2339	158.870	0.2	240.700	0.1	237.000	0.1	131.900
MF	0.0192	256.633	0.4	192.700	0.1	357.700	0.1	326.500
MM	0.0095	314.963	0.2	188.000	0.1	351.700	0.0	312.100
SSA	0.0014	20.933	0.2	181.900	0.0	357.200	0.0	316.900

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geodésia.

**Seção 2.6:** Dados meteorológicos de superfície: os valores de temperatura (°C), pressão (Mb) e umidade relativa (%) são calculados através do modelo GPT2 (*Global Pressure and Temperature*), ou somente temperatura e pressão, através do modelo GPT, utilizando um valor predefinido para a umidade relativa (%). A pressão é ajustada levando-se em conta a altura elipsoidal. Esses dados meteorológicos são usados para o modelamento dos atrasos troposféricos.

**Quadro 14 – Seção 2.6 do arquivo SUM**

2.6 Dados meteorologicos de superficie				
Temperatura	(C):	25.82	(Modelo GPT2	)
Pressao	(Mb):	982.67	(Modelo GPT2	)
Humidade Relativa(%)	:	77.57	(Modelo GPT2	)

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geodésia.

**Seção 2.7:** Modelo Troposférico: as correções dos efeitos troposféricos são calculadas em função dos atrasos na componente seca ou hidrostática (Modelo Davis-GPT ou modelo GPT2), da componente úmida (*Modelo Hopfield-GPT* ou modelo GPT2) e da função de mapeamento GMF (*Global Map Function*) ou GPT2.

**Quadro 15 – Seção 2.7 do arquivo SUM**

2.7 Modelo Troposferico	
Atraso Hidrostatico	: GPT2
Atraso Umido	: GPT2 init
Funcao de Mapeamento:	GPT2

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geodésia.

### SEÇÃO 3 – Sumário do Processamento

Esta seção reporta as opções selecionadas no processamento, assim como os resultados de sua execução, conforme os subitens: (3.1) – opções de processamento; (3.2) – informações sobre a sessão observada e estatística do processamento; (3.3) – coordenadas estimadas na data do levantamento e suas precisões; (3.4) – diferenças de coordenadas e erro médio quadrático com respeito ao valor informado a priori; (3.5) – estimativa do erro do relógio do receptor; (3.6) – tabela de observações rejeitadas; (3.7) – lista de resíduos rejeitados por satélite. A seguir é apresentado detalhadamente cada subitem descrito acima:

**Seção 3.1:** Opções de processamento: no processamento GNSS com o IBGE-PPP, há três tipos de entrada de informações: SELECIONADAS PELO USUÁRIO, obtidas do ARQUIVO RINEX, e PRÉ-DETERMINADAS pelo programa de processamento. Nos dois primeiros casos, as informações dependem do usuário (modo de processamento, modelo de antena e receptor, taxa de rastreamento, tipo de observável utilizada, etc). No último caso, as informações são selecionadas automaticamente pelo IBGE-PPP em função de parâmetros pré-estabelecidos (máscara de elevação, sistema de referência, sistema de coordenadas, etc), e das informações de entrada (correção do centro de fase das antenas, carga oceânica, etc).

**Quadro 16 – Seção 3.1 do arquivo SUM**

3.1 Opcoes de processamento			
Modo de Operacao do Usuario	:	ESTATICO	
Observacao processada	:	CODIGO&FASE	
Frequencia observada	:	L3	
Orbitas dos satelites	:	PRECISA	
Intervalo de dados do Satellite	:	CLK-RINEX	
Modelo de Ionosfera	:	L1&L2	Default
Coordenadas do marco	:	ESTIMADAS	
Atraso Troposferico no Zenite	(ATZ):	ESTIMADAS+GRADIENTS	
Interpolacao do relógio	:	SIM	
Parametro de suavizacao	:	NAO	
Sistema de Referencia	:	SIRGAS2000	
Sistema de Coordenada	:	ELIPSOIDAL	
Intervalo de relógio do satellite	(s):	30	
Desvio Padrao da pseudodistancia	(m):	5.000	
Desvio Padrao da portadora	(m):	0.010	
Code misc. test limit	(m):	45.000	
Phase misc. test limit	(m):	0.090	
Caminho aleatorio do ATZ	(mm/hr):	5.000	
Tropo. Grad. rndm-walk	(mm/hr):	0.100	
Distancia Marco->ARP	(m):	0.008	
Angulo de Elevacao	(graus):	10.000	

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geodésia.

**Opções Selecionadas pelo Usuário:** o usuário definirá se as coordenadas do levantamento GNSS serão estimadas independentemente para cada época observada (CINEMÁTICO) ou se será determinado um valor único ajustado (ESTÁTICO). Sabendo-se que a série de dados foi coletada no modo estático, o resultado fornece uma melhor precisão ao realizar um ajustamento das observações sobre o tempo da sessão, e, conseqüentemente, uma melhor estimativa das coordenadas. As observações realizadas com receptores GNSS no modo estático ou em movimento, podem ser processadas usando a opção CINEMÁTICO, mas a série de dados coletados com um receptor em movimento NÃO PODE ser processada com a opção ESTÁTICO. A tentativa de fazê-lo resultará na rejeição da maioria das épocas observadas. De outro modo, o processamento de dados coletados com um receptor no modo estático usando-se a opção CINEMÁTICO, pode ser útil para se avaliar a dispersão das posições estimadas em cada época.

**Opções obtidas a partir do arquivo RINEX:** informações sobre a frequência rastreada pelo receptor (L1, L1&L2), a altura e o modelo da antena utilizada no rastreamento das observações, são algumas das informações obtidas pelo IBGE-PPP a partir da leitura do cabeçalho RINEX. A observável é identificada no cabeçalho RINEX, no campo onde aparece o título '# / TIPOS DE OBSERV', e irá determinar se a série de dados foi obtida com um receptor de simples ou dupla frequência, e se afeta uma quantidade de OPÇÕES PRÉ-DETERMINADAS que são dependentes da frequência. O valor da altura da antena, também definido como deslocamento ARP, é encontrado no registro do cabeçalho RINEX, no campo onde aparece o título 'ANTENA: DELTA H/E/N', e será usado em conjunto com os deslocamentos do centro de fase da antena (APC) (seção 2.3) para transferir as coordenadas do ponto de observação (APC) para a referência do marco (Figura 1). O modelo da antena utilizada no levantamento GNSS é obtido do cabeçalho RINEX através do campo onde é apresentado o título 'ANT # / TIPO'. As informações de altura e modelo da antena também podem ser inseridas diretamente no IBGE-PPP pelo usuário, neste caso não serão utilizadas as informações constantes no cabeçalho do arquivo RINEX.

**Opções Pré-determinadas pelo IBGE-PPP:** as órbitas e as correções dos relógios dos satélites a serem utilizadas no processamento serão escolhidas pelo IBGE-PPP em função do arquivo de observação ter sido rastreado dentro ou fora do território brasileiro, sempre levando em consideração o produto mais preciso disponível no momento do processamento (final, rápida ou ultra-rápida), conforme informado no Capítulo 2.1.1 deste

manual. O sistema de referência local é o SIRGAS2000 e o sistema de coordenadas é o elipsoidal.

Conforme informado no item anterior, o tipo de observação utilizada no processamento dependerá da(s) frequência(s) coletada(s) no arquivo RINEX. Na versão 1.05/11216 do CSRS-PPP a solução CÓDIGO&FASE é usada nos processamentos de dados L1 e L1&L2. Nas versões anteriores, o processamento de dados L1 era realizado com a solução CÓDIGO, enquanto que para dados L1&L2 era utilizada a solução CÓDIGO&FASE. Considerando que a ionosfera causa um atraso nas observações do CÓDIGO L1, faz-se necessário o uso de um modelo ionosférico para corrigi-las. Deste modo, as correções ionosféricas aplicadas no processamento L1 são obtidas através dos mapas ionosféricos globais combinados, produzidos em intervalos de 2-horas, no formato IONEX, disponibilizados pelo IGS. O processamento L1&L2 (L3) usa a combinação livre dos efeitos de primeira ordem da ionosfera (ionofree), por isso, a opção CÓDIGO&FASE não requer entrada de uma fonte externa de informação ionosférica.

Os atrasos troposféricos que afetam as observações também precisam ser removidos. A abordagem usada para fazê-lo dependerá da frequência observada. Isto é devido à grande diferença em precisão que existe entre as observações CÓDIGO L1 e a combinação CÓDIGO&FASE L1&L2. Enquanto que a combinação CÓDIGO&FASE L1&L2 tem a precisão de milímetros, a observação do CÓDIGO L1 tem precisão de poucos decímetros para receptores GNSS, o que é insuficiente para a estimativa do atraso troposférico. Consequentemente, o processamento com o CÓDIGO L1 usa um modelo troposférico em conjunto com a superfície meteorológica, e uma função de mapeamento para corrigir o atraso troposférico ao longo do caminho do sinal GNSS. A solução CÓDIGO&FASE L1&L2 estima o atraso total do zênite.

**Seção 3.2:** Sessão Observada: fornece um resumo geral da quantidade e qualidade das observações processadas. O primeiro item informa a identificação do marco extraído do cabeçalho RINEX, seguido pelo horário inicial e final do rastreamento das observações no formato YYYY/MM/DD hh:mm:ss.ss. O intervalo de observação (taxa de coleta) também é definido a partir do arquivo RINEX, e corresponde ao intervalo de rastreamento das observações. O intervalo no processamento se refere ao intervalo de tempo no qual cada coordenada é calculada. Os itens seguintes se referem à quantidade de épocas e

observações GPS e GLONASS (somente quando o receptor é GNSS) processadas, rejeitadas e ponderadas, e os valores dos resíduos do código e fase para esses sistemas, fornecendo ao usuário uma apreciação da qualidade do equipamento usado para coletar os dados submetidos.

**Quadro 17 – Seção 3.2 do arquivo SUM**

3.2 Sessão Observada			
Nome do Marco	:	CUIB	
Início	:	2020/01/01 00:00:00.00	
Fim	:	2020/01/01 23:59:45.00	
Intervalo de observacao	(seg):	15.00	
Intervalo no processamento	(seg):	15.00	
Numero de epocas processadas	:	5760	
Numero de epocas rejeitadas	:	0	
Numero de satelites processados	:	52	
Numero de observacoes processadas	:	50746	GPS
Numero de observacoes rejeitadas	:	11057	GPS
Numero de observacoes ponderadas	:	0	GPS
Residuos da pseudodistancia	(m):	1.42	GPS
Residuos da fase da portadora	(cm):	0.80	GPS
Numero de observacoes processadas	:	32328	GLONASS
Numero de observacoes rejeitadas	:	10085	GLONASS
Numero de observacoes ponderadas	:	0	GLONASS
Residuos da pseudodistancia	(m):	1.16	GLONASS
Residuos da fase da portadora	(cm):	0.90	GLONASS

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geodésia.

**Seção 3.3:** Coordenadas estimadas na data do levantamento: seção que fornece as coordenadas estimadas para a época do levantamento, nos sistemas CARTESIANO (XYZ) e ELIPSOIDAL, para os referenciais SIRGAS e ITRF, além da precisão estimada para um nível de confiança de 95%. Outra informação que é apresentada nesta seção é a diferença entre as coordenadas determinadas em SIRGAS e ITRF. Essas informações são importantes, principalmente para observações realizadas no modo ESTÁTICO. Para dados coletados no modo CINEMÁTICO, as coordenadas estimadas significam a posição média da trajetória da sessão, e o sigma representa a distância média da posição média. Informações sobre o desvio padrão e as correlações entre as componentes latitude, longitude e altitude também são apresentadas nessa seção.

**Quadro 18 – Seção 3.3 do arquivo SUM**

3.3 Coordenadas Estimadas na Data do Levantamento					
Aviso: As coordenadas do arquivo RINEX foram atualizadas com solucao inicial de codigo.					
CARTESIANA	SIRGAS2000		ITRF (IGS14)	Sigma(m)	SIR-ITR(m)
X (m)	3430711.3977	3430711.3985	0.0023	-0.0008	
Y (m)	-5099641.6577	-5099641.6607	0.0029	0.0030	
Z (m)	-1699432.7091	-1699432.6937	0.0012	-0.0154	
DESVIO PADRAO/CORRELACOES					
X(m)	Y(m)	Z(m)			
X(m)	0.0023	-0.5966	-0.6014		
Y(m)		0.0029	0.7487		
Z(m)			0.0012		
ELIPSOIDAL					
Latitude (gms)	-15 33 18.9391	-15 33 18.9386	0.0007	-0.0156	
Longitude (gms)	-56 04 11.5215	-56 04 11.5215	0.0016	0.0010	
Alt. Geo. (m)	237.4546	237.4533	0.0035	0.0013	
DESVIO PADRAO/CORRELACOES					
Lat(m)	Lon(m)	H(m)			
Lat(m)	0.0007	0.0750	-0.0259		
Lon(m)		0.0016	0.0031		
H(m)			0.0035		

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geodésia.

**Seção 3.4:** Diferenças das Coordenadas: nesta seção é apresentada a diferença entre a coordenada estimada e a coordenada inicialmente utilizada no processamento (a-priori), obtida do arquivo RINEX ou da primeira época de observação. São dois grupos com informações sobre as diferenças e o erro médio quadrático (EMQ) entre as coordenadas estimadas e a priori, nos sistemas CARTESIANO e ELIPSOIDAL.

Essas informações são importantes, principalmente para as observações coletadas no modo ESTÁTICO. No processamento, a diferença entre as coordenadas estimadas (FINAL) e os valores ENCONTRADOS no cabeçalho RINEX, ou estimada na primeira época usando observações de código, podem ser úteis para a validação do PPP, quando os dados GNSS foram observados em marcos de controle (marcos com coordenadas conhecidas). O EMQ das diferenças não é muito significativo no processamento estático, já que o seu cálculo inclui diferenças de posição obtidas antes da convergência da solução. No processamento dos dados estáticos usando o modo CINEMÁTICO, a diferença apresentada é a média das diferenças entre as coordenadas estimadas e os seus valores iniciais. Quando as coordenadas conhecidas estão no cabeçalho RINEX, o EMQ fornece uma estimativa da dispersão das coordenadas estimadas durante a sessão, a qual indica a precisão do posicionamento cinemático PPP.

**Quadro 19 – Seção 3.4 do arquivo SUM**

3.4 Diferença de Coordenadas SIRGAS2000						
CARTESIANA	ESTIMADA		A-PRIORI	Diferença(m)		EMQ(m)
X (m)	3430711.3977	3430711.4057	-0.0080	0.0411		
Y (m)	-5099641.6577	-5099641.5650	-0.0927	0.0911		
Z (m)	-1699432.7091	-1699432.9311	0.2220	0.2275		
ELIPSOIDAL						
Latitude (gms)	-15 33 18.9391	-15 33 18.9467	0.2333	0.2351		
Longitude (gms)	-56 04 11.5215	-56 04 11.5195	-0.0584	0.0711		
Alt. Geo. (m)	237.4546	237.4444	0.0102	0.0371		

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geodésia.

**Seção 3.5:** Estimativa do relógio do receptor: fornece a estimativa de fase e deriva do relógio do receptor, considerando as constelações GPS e GLONASS, relativos ao relógio de referência fornecido nas órbitas IGS ou NRCAN. As estimativas de precisão obtidas de um ajuste linear para a estimativa da época do relógio também são fornecidas junto com o EMQ dos resíduos do relógio. As estimativas do relógio são de interesse principalmente para os receptores que utilizam relógios atômicos externos.

**Quadro 20 – Seção 3.5 do arquivo SUM**

3.5 Estimativa do relógio do receptor				
Epoca de Referencia : 2020/01/01 00:00:00.00				
Constelacao de Referencia : GPS				
Fase do relógio (ns)	:	-40.21	0.15	
Deriva da fase (ns/dia)	:	4.13	0.27	
EMQ (ns)	:	5.83	5757	
Constelacao de Referencia : GLONASS				
Fase do relógio (ns)	:	17.29	0.15	
Deriva da fase (ns/dia)	:	4.41	0.26	
EMQ (ns)	:	5.74	5757	
Constelacao de Referencia : GLONASS-GPS				
Fase do relógio (ns)	:	57.50	0.01	
Deriva da fase (ns/dia)	:	0.29	0.01	
EMQ (ns)	:	0.30	5757	

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geodésia.

**Seção 3.6:** Tabela de observações rejeitadas: fornece um relatório mais detalhado sobre a quantidade e qualidade das observações do que a apresentada na seção 3.2. Neste relatório são apresentadas informações sobre as observações e estatísticas listadas para cada satélite (GPS e GLONASS). Cada linha é iniciada com o número PRN do satélite, seguido pelo número de arcos de satélite e épocas processadas. As colunas reportam as rejeições devido à perda de ciclo (SLP), erro do relógio do satélite (REL), erro da órbita do satélite (EFE), erro do ponto do grid ionosférico (IGP), falha da checagem do resíduo (RES)



e elevação (ELV). Finalmente, as últimas 4 colunas fornecem a média (MED) e o EMQ dos resíduos do CÓDIGO e da FASE.

**Quadro 21 – Seção 3.6 do arquivo SUM**

3.6 Tabela de Observações Rejeitadas														
CODIGO				FASE				#REJ			MED		EMQ	
PRN	AC	#ARC	#OBS	IGP	RES	ELV	(m)	(m)	(cm)	(cm)				
TRK	SLP	REL	EFE											
TIM	NRL	WDL	DCM											
G 1	8	2	1431	9	0	0	0	0	0	189	-0.11	1.31	-0.03	0.7
1	1	2	0											
G 2	8	2	1594	112	3	9	0	0	0	508	-0.38	1.57	-0.01	0.6
4	0	2	0											
G 3	8	2	1914	2	0	0	0	0	0	233	0.39	1.43	-0.02	0.6
1	0	1	0											
.....														
R21	8	3	2028	8	0	0	0	0	0	399	0.19	1.09	0.06	0.8
2	0	7	0											
R22	8	3	1629	0	0	0	0	0	0	425	0.09	1.20	0.09	0.7
2	0	0	0											
R23	8	1	1133	10	0	3	0	0	0	120	0.46	1.06	-0.12	0.8
0	0	1	0											

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geodésia.

**Sessão 3.7:** Lista de observações discrepantes: apresenta uma lista de observações que apresentaram valores de código ou fase acima das tolerâncias aplicadas.

**Quadro 22 – Seção 3.7 do arquivo SUM**

3.7 Lista de observacoes discrepantes						
CODIGO		FASE				
RES	MAX	RES	MAX DIR			
PRN	HH:MM:SS.SSS		(m)	(m)	(cm)	(cm)
34	09:25:15.000	0.25	10.00	-4.60	4.47	1
45	11:24:45.000	-0.38	10.00	-4.48	4.47	1
45	12:31:45.000	0.03	10.00	5.96	4.47	1
46	16:30:30.000	-0.16	10.00	-5.19	4.47	1
46	16:48:15.000	-0.20	10.00	4.58	4.47	1
47	17:23:45.000	-0.35	10.00	-4.88	4.47	1
16	17:53:15.000	1.25	10.00	4.58	4.47	1
32	18:01:15.000	-0.16	45.00	-6.68	9.00	1
47	18:05:00.000	-0.13	10.00	4.49	4.47	1
27	18:33:15.000	-0.71	10.00	4.59	4.47	1
26	20:02:30.000	0.95	10.00	-4.61	4.47	1
52	23:59:45.000	-3.98	45.00	-331.49	9.00	1

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geodésia.

### 3.3.3. Arquivo de extensão POS

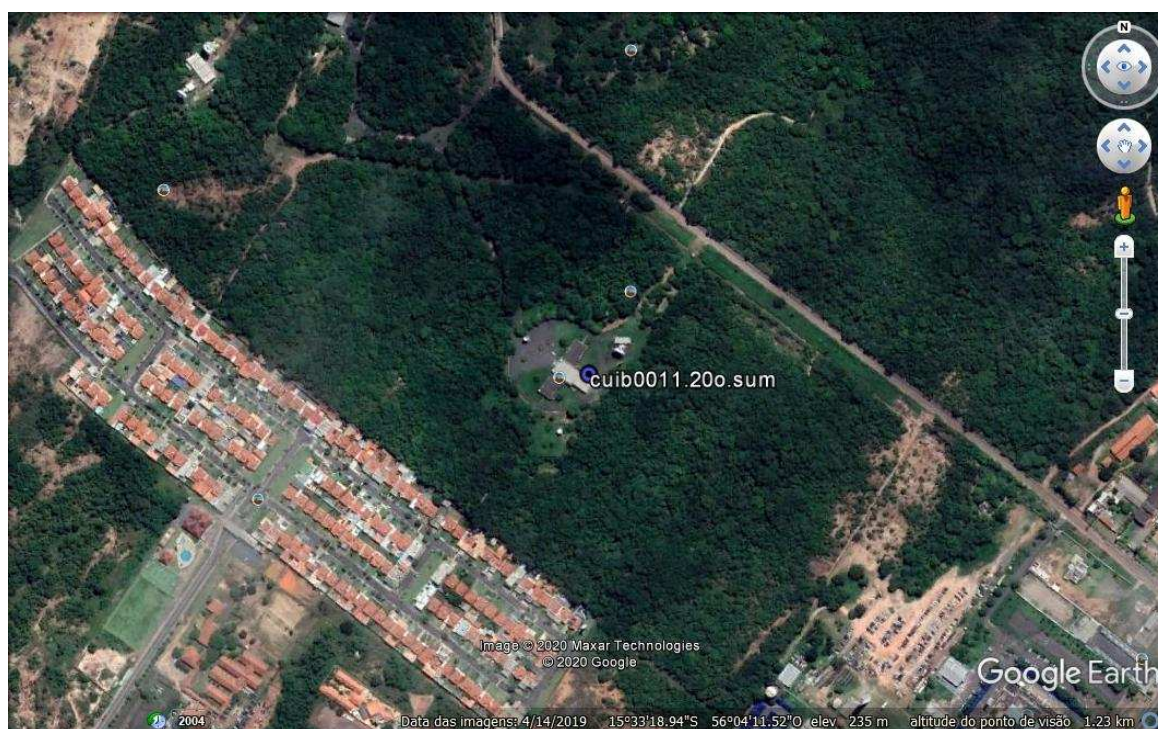
O arquivo de extensão POS é o mais importante para um processamento no modo CINEMÁTICO, pois apresenta um valor de coordenada a cada intervalo de observação registrado pelo receptor. Ele possui várias colunas, dentre as quais destacam-se: o sistema de referência das coordenadas (fornece somente resultados em SIRGAS2000); identificador do marco; época da observação; número de satélites (NSV); precisão da observação em função da geometria dos satélites (quanto menor o valor do GDOP, melhor

é a precisão); desvio padrão das observações de código (SDC) e fase (SDP); diferença (em metros) entre a coordenada da época inicial e a coordenada da época observada, para a componente latitude (DLAT), longitude (DLON) e altitude (DHGT); erro do relógio (CLK) do receptor (em nanossegundos); correção do atraso troposférico no zênite (em metros); desvio padrão (em metros) da latitude (SLAT), longitude (SLON) e altitude; desvio padrão do erro do relógio do receptor (SCLK); desvio padrão do atraso troposférico no zênite (STZD); latitude (grau, minuto, segundo); longitude (grau, minuto, segundo); altitude em metros.

### 3.3.4. Arquivo de extensão KML

O arquivo de extensão KML é utilizado para visualização dos resultados no Google Earth ou em outro programa que lê este formato. Em um levantamento realizado no modo ESTÁTICO apenas um ponto é apresentado na imagem, e em um levantamento realizado no modo CINEMÁTICO é apresentada a trajetória do levantamento. Vale ressaltar que a posição do ponto apresentado na imagem pode não coincidir com a sua verdadeira posição, devido à precisão associada à imagem, que em alguns casos pode chegar a dezenas de metros.

**Figura 4 – Imagem Google Earth do resultado do processamento da estação CUIB (RBMC)**



Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geodésia.

## 4. Precisão esperada e validação dos resultados

Uma forma de avaliar a qualidade das coordenadas determinadas com o IBGE-PPP é verificar o sigma (ou desvio padrão) das coordenadas presentes na seção 3.3 do arquivo SUM, e no arquivo PDF. O sigma é calculado considerando um intervalo de confiança de 95%, e representa a confiabilidade interna do processamento, aqui chamado de precisão, para as componentes latitude, longitude e altitude. Uma outra forma para avaliar a qualidade das coordenadas é através das diferenças entre as coordenadas determinadas pelo IBGE-PPP com as coordenadas conhecidas do marco, permitindo assim uma análise da confiabilidade externa, denominada de acurácia.

Em processos de medição faz-se importante quantificar a sua qualidade. Por exemplo, se uma coordenada foi determinada através de levantamentos GNSS, torna-se necessário avaliar e determinar o seu grau de confiabilidade. Vários termos são usados para quantificar a qualidade das coordenadas, sendo os termos mais comuns a precisão e a acurácia. A acurácia se refere à proximidade de uma estimativa ou observação está do seu valor verdadeiro, mas desconhecido, estando vinculada aos erros aleatórios e sistemáticos. Já a precisão se refere à proximidade de uma estimativa ou observação está da sua média, estando vinculada apenas aos erros aleatórios. O desvio padrão representado pelo símbolo  $\sigma$ , é usado para quantificar a dispersão em torno da média das observações. Ele é a medida de precisão mais utilizada, mas devido ao grande número de observações em um sistema de equações de uma solução GNSS ele se torna um indicador muito otimista.

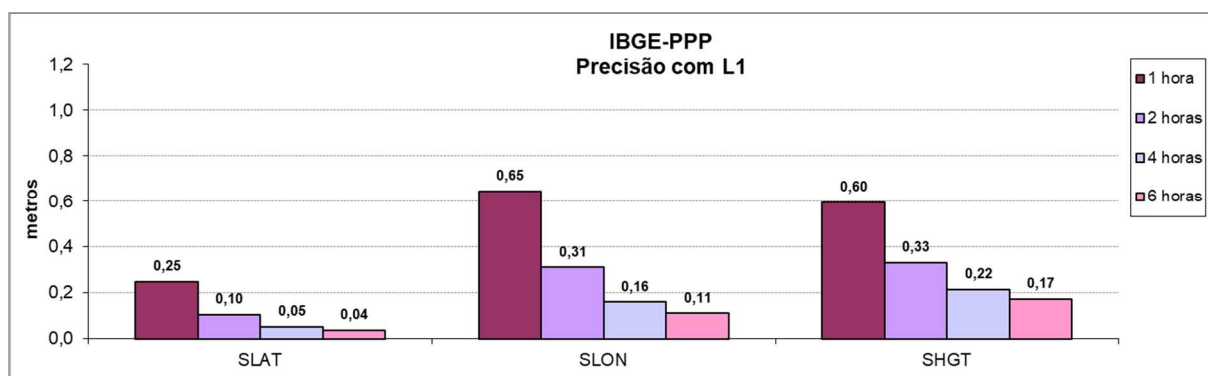
Precisão absoluta é a proximidade da coordenada de uma estação com relação ao seu referencial, e a precisão relativa é um indicador da qualidade na medida entre dois pontos, que no caso poderão ser as linhas de base GNSS observadas através do posicionamento relativo. A acurácia pode ser quantificada por múltiplos do desvio padrão ou por uma determinada função de probabilidade de distribuição das observações. A função de probabilidade de distribuição normal fornece o relacionamento entre a observação e o modelo matemático de distribuição, como por exemplo, uma observação qualquer dentro de um conjunto tem 95,45% de probabilidade de estar contida em  $\pm 2\sigma$  da média.

## 4.1. Precisão esperada das coordenadas determinadas pelo IBGE-PPP

Ao processar os dados GNSS utilizando o serviço IBGE-PPP, coordenadas de um ponto ou de um conjunto de pontos serão determinadas para o modo de processamento Estático ou Cinemático respectivamente. Associada a cada uma dessas coordenadas estará uma precisão estimada. Essa precisão será influenciada principalmente pelo tipo de observável utilizada (L1 e/ou L1&L2), pelo tipo de levantamento (estático ou cinemático), e pelo tempo da sessão de observação realizada no levantamento, além, é claro, da qualidade dos dados observados. A precisão é um indicador de qualidade das coordenadas determinadas e fornece ao usuário a possibilidade de avaliar se aquele resultado está dentro do padrão requerido.

Os resultados apresentados nos Gráficos 1 e 2 indicam a variação dos desvios padrão em latitude (SLAT), longitude (SLON) e altitude (SHGT) em relação ao tempo de observação (1h, 2h, 4h e 6h), para as observáveis L1 e L1&L2 (L3) respectivamente. Estes gráficos expressam a precisão esperada no posicionamento estático com o IBGE-PPP, e foram determinados a partir de dados observados por 6 estações GNSS pertencentes a RBMC, rastreados em 4 períodos distintos do ano, em diferentes seções do dia, com intervalos de rastreio de 15 segundos, e processados com órbitas rápidas EMR (NRCan). Ao todo, foram utilizadas 576 amostras com períodos de 1 hora de rastreio, 288 amostras de 2 horas, 144 amostras de 4 horas, e 96 amostras de 6 horas.

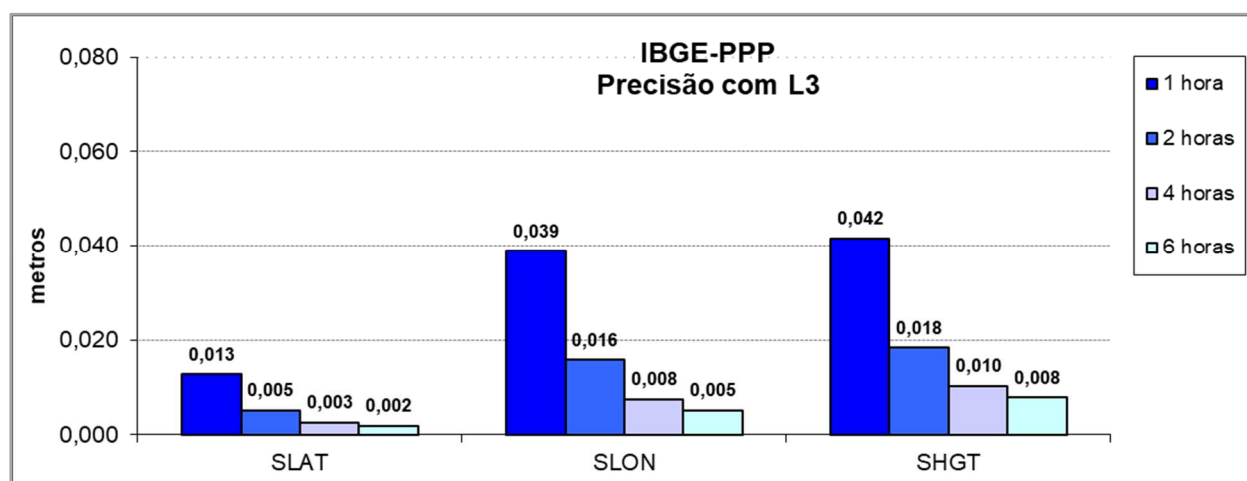
**Gráfico 1 – Variação da precisão em função do tempo no processamento IBGE-PPP com L1**



Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geodésia.

As precisões obtidas com receptores L1 após 2 horas de rastreo são de aproximadamente 11 cm, 31 cm e 33 cm para as componentes, latitude, longitude e altitude respectivamente, podendo chegar a aproximadamente 4 cm, 11 cm e 17 cm após 6 horas de rastreo.

**Gráfico 2 – Variação da precisão em função do tempo no processamento IBGE-PPP com L1&L2 (L3)**

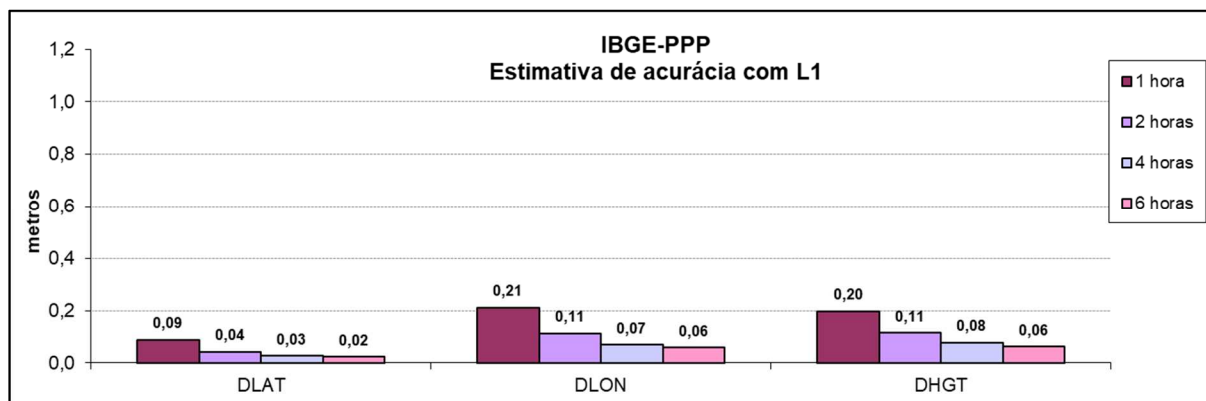


Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geodésia.

As precisões obtidas com receptores L1&L2 após 1 hora de rastreo são de 1,3 cm, 3,9 cm e 4,2 cm para as componentes, latitude, longitude e altitude respectivamente, podendo chegar a aproximadamente 2 mm, 5 mm e 8 mm após 6 horas de rastreo.

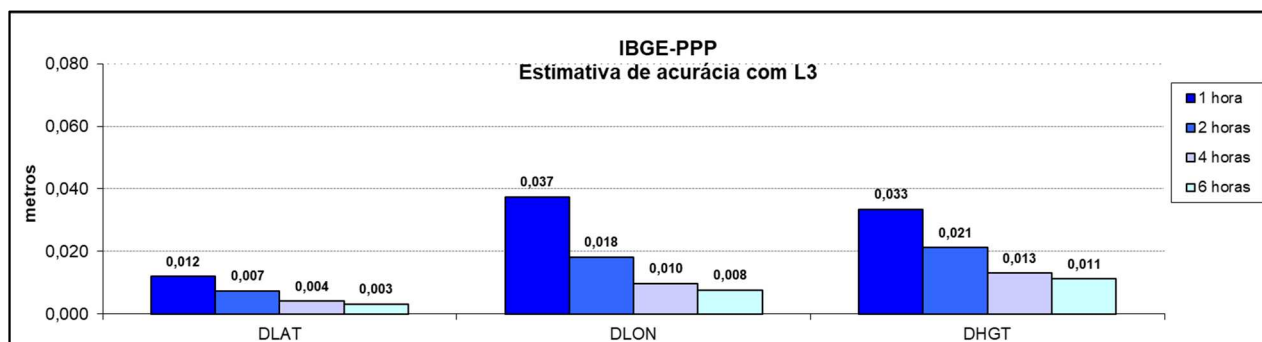
## 4.2. Validação das coordenadas estimadas pelo IBGE-PPP

Como forma de validar as coordenadas determinados pelo IBGE-PPP, foi realizada uma análise externa (acurácia) da qualidade das coordenadas determinadas a partir do processamento realizado, conforme apresentado no item 4.1. Essa validação consiste na comparação entre as coordenadas determinadas pelo IBGE-PPP com as coordenadas determinadas pelo Centro de Combinação SIRGAS e disponibilizadas no link <ftp://ftp.sirgas.org/pub/gps/SIRGAS/>. Trata-se de duas soluções independentes e determinadas distintamente, uma vez que o PPP utiliza a técnica de processamento absoluto, enquanto a solução SIRGAS utiliza a técnica de processamento relativo.

**Gráfico 3 – Variação da acurácia em função do tempo no processamento IBGE-PPP com L1**

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geodésia.

A acurácia obtida com receptores L1 após 2 horas de rastreamento nesta análise foi de 4,3 cm, 11,4 cm e 11,4 cm para as componentes, latitude, longitude e altitude respectivamente, podendo chegar a aproximadamente 2,3 cm, 5,8 cm e 6,2 cm após 6 horas de rastreamento.

**Gráfico 4 – Variação da acurácia em função do tempo no processamento IBGE-PPP com L1&L2 (L3)**

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geodésia.

A acurácia obtida com receptores L1&L2 após 1 hora de rastreamento foi de 1,2 cm, 3,7 cm e 3,3 cm para as componentes, latitude, longitude e altitude respectivamente, podendo chegar a aproximadamente 3 mm, 8 mm e 1,1 cm após 6 horas de rastreamento.

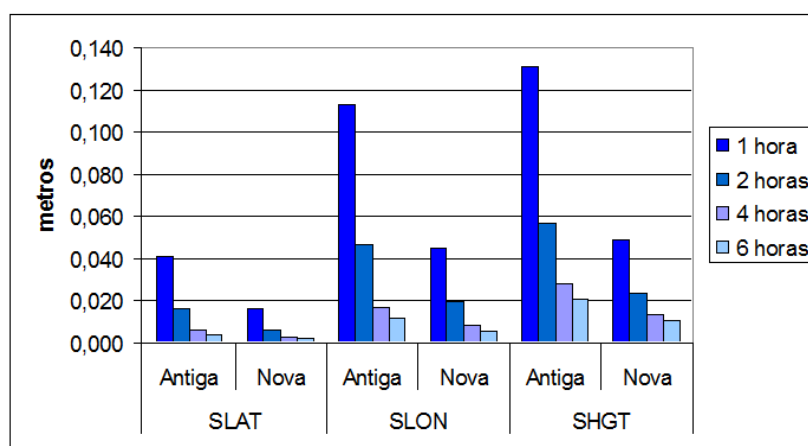
### 4.3. Comparação entre as diferentes versões do programa GPSPACE (CSRS-PPP)

#### –Versão 1.05/03812 x Versão 1.04/246

Até as 22 horas do dia 30 de novembro de 2013, o IBGE-PPP fez uso da versão 1.04/246 do GPSPACE, enquanto que a partir desta data passou a utilizar a versão 1.05/03812, conforme apresentado no Capítulo 5. A precisão e a acurácia das coordenadas determinadas pelas duas versões do PPP, considerando os dados L1&L2 do item 4.1, são apresentados nos Gráficos 5 e 6 respectivamente. Nestes gráficos a versão 1.04/246 é denominada de antiga, enquanto que a versão 1.05/03812 de nova.

O processamento com a nova versão do GPSPACE determina coordenadas mais precisas para intervalos de rastreios mais curtos, tal como rastreios de 1 hora ou 2 horas, por exemplo, mas para intervalo de rastreio maiores que duas horas, a diferença entre a versão antiga e a nova não é significativa, uma vez que os valores determinados em ambas as versões já são pequenos.

**Gráfico 5 – Precisão antes e após a mudança das versões dos programas utilizadas pelo IBGE-PPP com L1&L2 (L3)**

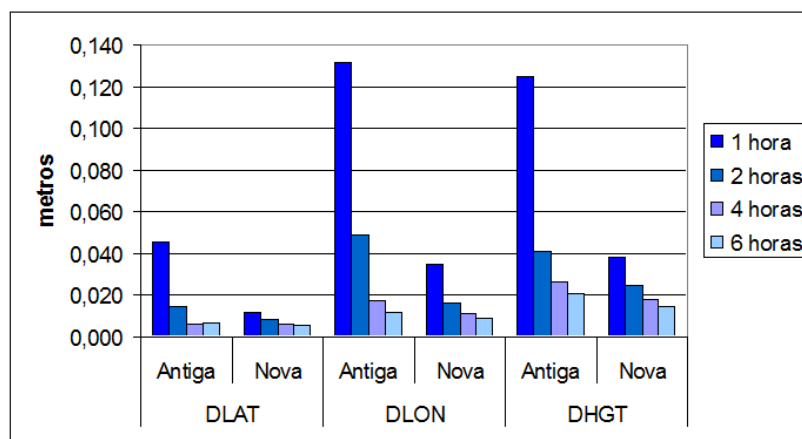


Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geodésia.

Adotando o mesmo procedimento do item 4.2, avaliou-se a acurácia da solução em ambas as versões, constatando também que ela melhorou com a nova versão do GPSPACE para intervalo de rastreio de 1 hora e 2 horas. Já para intervalos superiores a 2 horas, a diferença entre a acurácia das coordenadas determinadas com a versão antiga e nova não foram significativas.

**Gráfico 6 – Acurácia antes e após a mudança das versões dos programas utilizadas pelo IBGE-PPP com L1&L2 (L3)**





Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geodésia.

### -Versão 1.05/34613

No dia 22/07/2014 o serviço IBGE-PPP foi atualizado, adotando a partir de então a versão V1.05\_34613 do GPSPACE, na qual foram realizadas as seguintes mudanças:

- Nova modelagem para o cálculo do GDOP (informando a cada época no arquivo POS), estimado de forma a proporcionar resultados mais realistas;
- Inclusão da correção ionosférica de primeira ordem para os satélites GLONASS;
- Limites específicos para cada satélite na detecção e correção das perdas de ciclo;
- Inclusão da Tendência Interfrequência (DCBs - *Differential Code Biases*) para os satélites GLONASS;
- Implementação de uma modelagem de deriva mais refinada para os satélites GPS dos blocos IIA e IIF;
- Inclusão das coordenadas UTM na saída do relatório PDF;

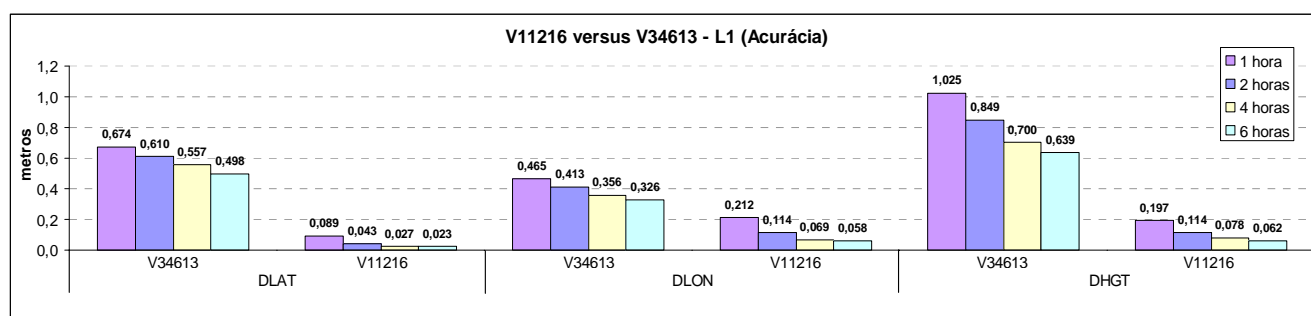


## -Versão 1.05/11216

No dia 07/04/2017 a versão 1.05/11216 do GPSPACE substituiu a versão V1.05/34613. As principais características dessa nova versão são:

- Correção ionosférica de primeira ordem para observações GLONASS;
- Limite variável para detecção de perdas de ciclo para as combinações *narrowlane* e *widelane*;
- Melhorias na detecção de perdas de ciclo para código e fase para observações com 1 frequência (L1);
- Ponderação de *outliers*;
- Melhorias na estimação do VTEC;
- Determinação de coordenadas mais acuradas para processamento com 1 frequência, quando comparadas com as versões anteriores. Veja abaixo a comparação com a versão 1.05/34613, obtida a partir do processamento conforme apresentado no Capítulo 4.1:

**Gráfico 7 – Acurácia das coordenadas processadas com L1 para as versões 1.05/11216 e 1.05/34613 do IBGE-PPP**



Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geodésia.



## 5. Principais modificações realizadas no serviço IBGE-PPP

Desde seu lançamento em abril de 2009, o serviço IBGE-PPP passou por diversas modificações, objetivando melhorar os resultados determinados pelo processamento. Dentre as alterações realizadas, destacam-se:

- A partir das 18h do dia 27-07-2009, o método de processamento utilizando apenas a observável L1 foi alterado, passando a considerar o código como observável processada, e modelos de ionosfera disponibilizados pelo IGS. Constatou-se que com as alterações realizadas, a precisão das coordenadas determinadas com o IBGE-PPP utilizando a observável L1 melhorou em aproximadamente 40% na planimetria e 50% na altimetria.
- A partir das 14h50min do dia 11-12-2009, o IBGE-PPP passou a utilizar a versão atualizada da grade de velocidades do modelo VEMOS2009 (Drewes and Heidbach 2009). Algumas alterações nas coordenadas referenciadas à época 2000.4, determinadas antes e após a mudança, podem ocorrer. As coordenadas determinadas na data do levantamento não sofrerão nenhuma alteração.
- A partir das 11h55m do dia 07 de julho de 2010, as altitudes ortométricas passaram a ser calculadas usando o Modelo de Ondulação Geoidal - MAPGEO2010. Esse modelo substitui o MAPGEO04 utilizado até então.
- A partir das 22h do dia 30 de novembro de 2013, o IBGE-PPP passou a utilizar a versão 1.05/03812 do GPSPACE nos processamentos, substituindo a versão anterior 1.04/246. Além disso, a partir desta data, o serviço utilizou arquivos de órbitas e relógios dos satélites calculados pelo NRCan para levantamentos realizados em território brasileiro. Segue as principais características dessa atualização:

- Processamento da constelação GLONASS, além do GPS;
- Correção do erro do relógio dos satélites com intervalo de 30 segundos para levantamentos realizados no Brasil;
- Correção do DCB (tendência interfrequência dos receptores e satélites) para as observáveis L1 e L2;

- Inclusão das correções de centro de fase para as antenas dos satélites GPS dos blocos IIRM e IIF, além da atualização destas informações para os satélites GPS dos blocos I, II, IIA e IIR;
- Inclusão das correções de centro de fase das antenas dos satélites GLONASS;
- Utilização do modelo GPT para a determinação de dados meteorológicos (temperatura e pressão);
- Correções dos efeitos troposféricos em função do atraso da componente seca (atraso hidrostático – Davis) e úmida (Hopfield), calculados através do modelo GPT e função de mapeamento GMF;
- Diminuição do tempo de espera para o processamento dos dados. Agora, o usuário que rastreou observações dentro do território brasileiro, aguardará no máximo 17 dias após o término do rastreio para processar com órbita final, 36 horas com órbita rápida, e 2h30m com órbita ultra-rápida;
- Visualização no arquivo PDF dos gráficos de precisão e diferenças das coordenadas determinadas época a época e comparadas com uma coordenada a priori;
- Reconhecimento da versão 1.4 do arquivo ANTEX (arquivo de correção do centro de fase das antenas);

–No dia 22/07/2014 o serviço IBGE-PPP foi atualizado para a versão V1.05\_34613 do GPSPACE.

–A partir das 14h24m do dia 27/05/2015 as tolerâncias (ou filtragem) para detecção de perdas de ciclo foram alteradas. Deste modo, as tolerâncias para a combinação *narrowlane* passaram de 20 cm para 8,1 cm, e para a combinação *widelane* passaram de 1,5 m para 1,3 m. Essa alteração pode melhorar a precisão das coordenadas, principalmente em resultados onde houve uma grande quantidade de observações rejeitadas.

–No dia 07/07/2015 algumas inconsistências na versão V1.05\_34613 do GPSPACE foram corrigidas, não caracterizando, entretanto, uma nova versão do programa.

–A partir do dia 07/07/2015 as observações realizadas fora do Brasil serão processadas com arquivos de relógios dos satélites disponibilizados pelo IGS, interpolados a cada 30 segundos. Os processamentos realizados antes desta data eram realizados com arquivos de relógios dos satélites disponibilizados pelo IGS, interpolados a cada 5 minutos.

–No dia 07/07/2015 foi incluída na página <http://www.ppp.ibge.gov.br/ppp.htm> a pergunta através da qual o usuário autoriza ou não o IBGE a usar os resultados do processamento para avaliação de produtos e informações cartográficas e geodésicas, bem como do serviço IBGE-PPP.

–A partir das 13h30m do dia 30 de novembro de 2015, as altitudes ortométricas passaram a ser calculadas usando o Modelo de Ondulação Geoidal MAPGEO2015.

–Para observações GNSS realizadas a partir do dia 29 de janeiro de 2017 (semana GPS 1934), um novo referencial (IGS14) e um novo conjunto atualizado de calibração de antenas (igs14.atx) serão utilizados pelo serviço IBGE-PPP. Em virtude disso, um novo conjunto de parâmetros de transformação será utilizado para transformar as coordenadas no referencial SIRGAS2000. Essas mudanças poderão gerar pequenas alterações nas coordenadas determinadas pelo IBGE-PPP, principalmente na altitude.

–No dia 07/04/2017 o serviço IBGE-PPP sofreu as seguintes alterações:

- Atualização do programa GPSPACE substituindo a versão 1.05/34613 pela versão 1.05/11216.
- Implementação do uso dos parâmetros de orientação terrestre (NRCan e IGS) nos processamentos GNSS.
- Adoção do modelo GPT2 para o cálculo dos dados meteorológicos de superfície, incluindo o cálculo da umidade relativa.
- Alteração do método de processamento GNSS para dados de observações de receptores de uma frequência. Agora, passa-se a processar ambos pseudodistância e fase, melhorando as soluções determinadas para esse tipo de equipamento.

–A partir das 09h41m do dia 23/02/2018 o serviço IBGE-PPP passou a utilizar a versão 1.05/11216 atualizada do programa CSRS-PPP. Essa atualização desabilita a ponderação de *outliers*, permite o processamento de dupla-frequência (L3) sem a necessidade da presença da observável P2, além de corrigir pequenos *bugs*.

–Em 17 de maio de 2020 o IBGE-PPP passou a adotar novos conjuntos de parâmetros de transformação entre os referenciais ITRF (IGb00, IGS05, IGS08, IGb08 e IGS14) e SIRGAS2000.

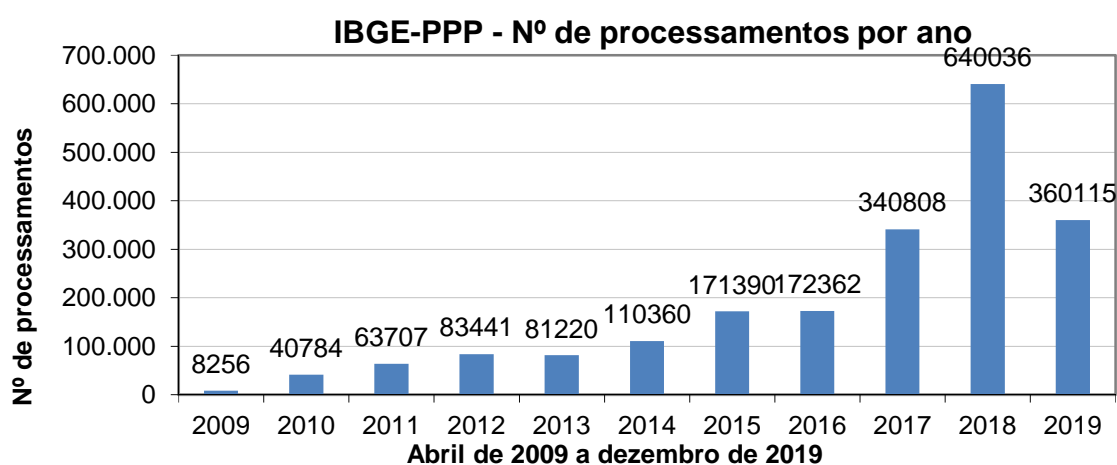
–A partir da zero hora do dia 17 de maio de 2020 (semana GPS 2106), um novo referencial (IGb14) passou a ser adotado para as órbitas GNSS. Em virtude disto, um novo conjunto de parâmetros para transformar as coordenadas para o referencial SIRGAS2000 será utilizado pelo serviço IBGE-PPP nos processamentos de observações coletadas a partir de então. Essa mudança não deverá gerar diferenças significativas nas coordenadas determinadas pelo serviço IBGE-PPP quando comparadas com aquelas determinadas com o referencial anterior (IGS14), sendo estas diferenças da ordem de poucos milímetros. Para mais informações sobre o IGb14 acesse:

<https://lists.igs.org/pipermail/igsmail/2020/007917.html>.

## 6. Informações sobre o uso do serviço IBGE-PPP

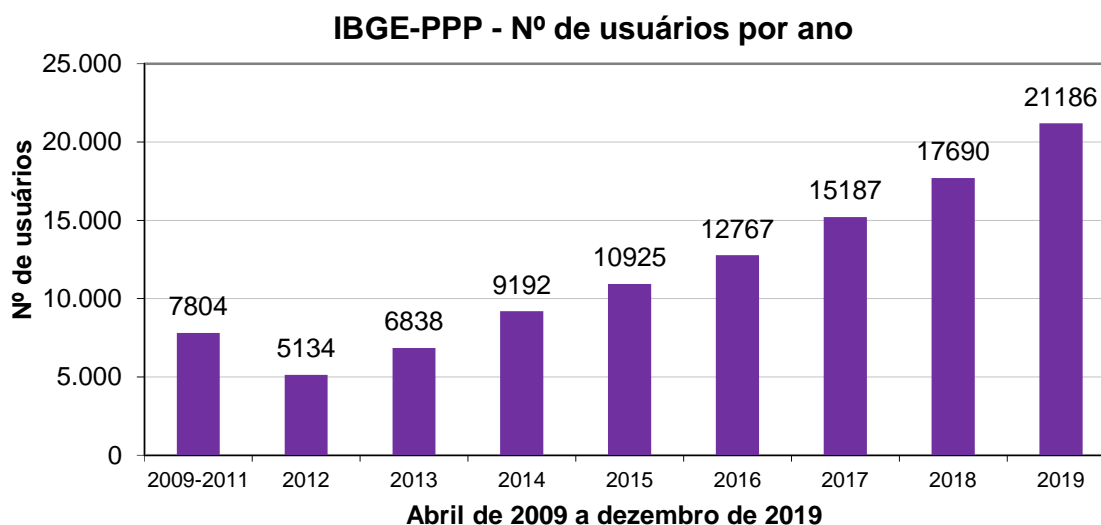
Desde a sua disponibilização, em abril de 2009, até dezembro de 2019, o serviço IBGE-PPP já realizou mais de 2 milhões de processamentos (Gráfico 8) atendendo neste período cerca de 60 mil usuários localizados no Brasil e no exterior, apresentando um crescimento anual de aproximadamente 20% (Gráfico 9).

**Gráfico 8 – Número de processamentos realizados pelo serviço IBGE-PPP**



Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geodésia.

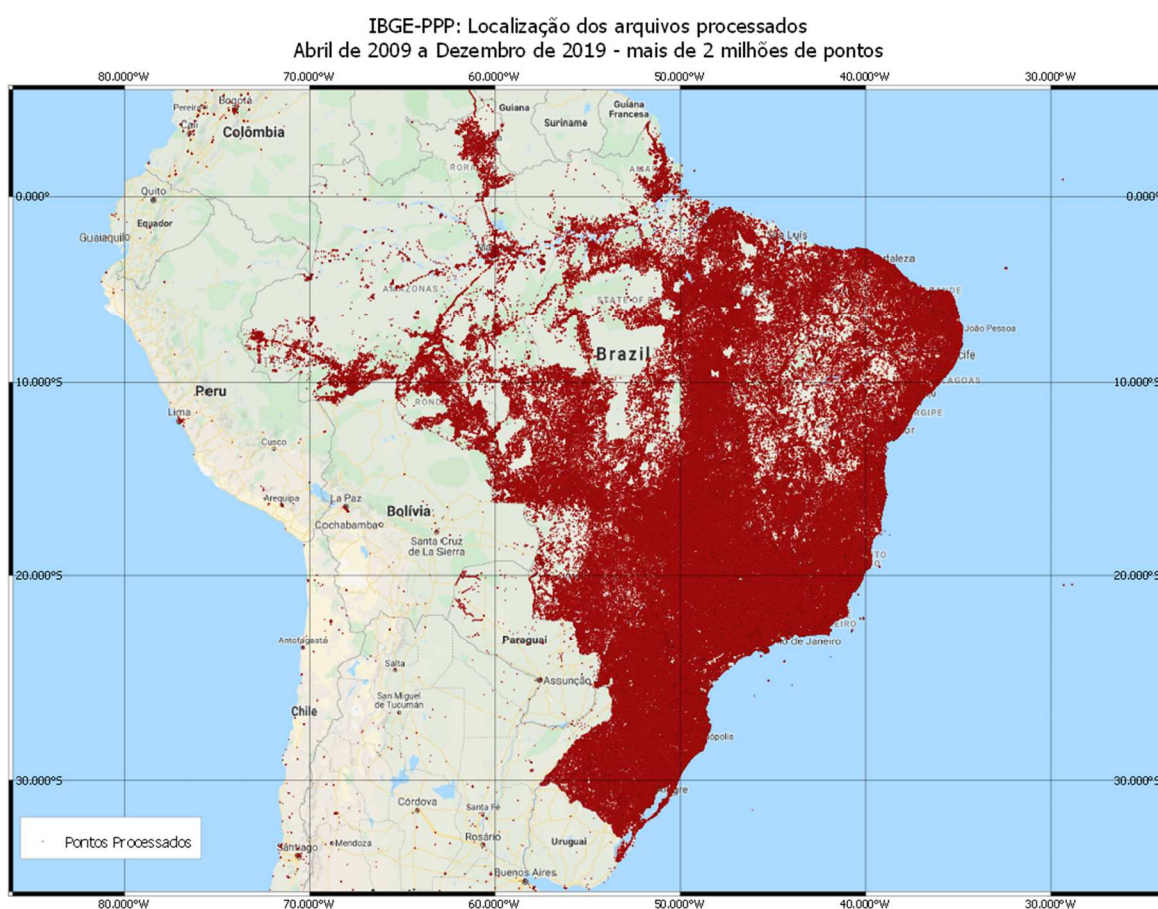
**Gráfico 9 – Número de usuários por ano atendidos pelo serviço IBGE-PPP**



Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geodésia.

A localização dos dados GNSS submetidos ao serviço IBGE-PPP entre o período de abril de 2009 a dezembro de 2019 abrangeu praticamente todo o território brasileiro (Figura 5), mostrando ser uma importante ferramenta para a determinação de coordenadas e, conseqüentemente, para a integração do referencial SIRGAS2000 aos produtos gerados.

**Figura 5 – Localização dos dados submetidos ao serviço IBGE-PPP entre abril de 2009 e dezembro de 2019**



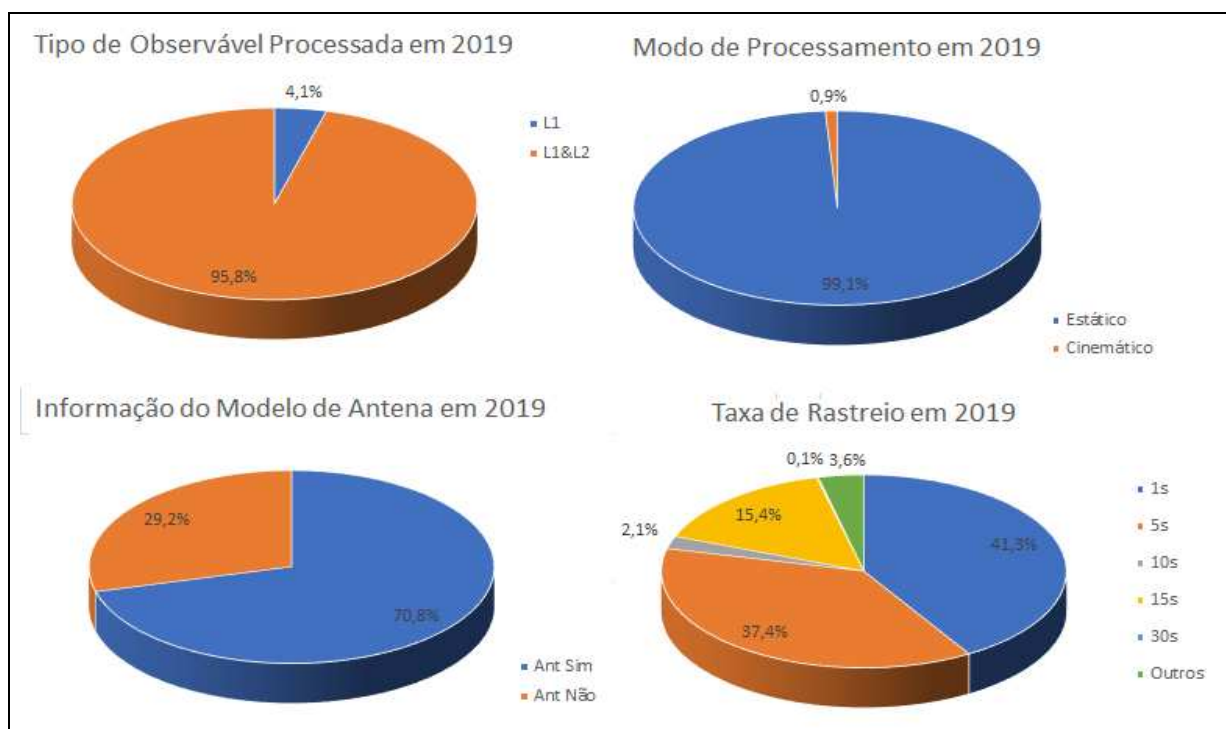
Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geodésia.

É importante também ter uma visão geral do perfil dos usuários do serviço IBGE-PPP no sentido de avaliar a qualidade dos dados submetidos, o tipo de equipamento utilizado, o modo de processamento escolhido, se o modelo de antena está sendo informado, etc., a fim de sempre buscar melhorar o serviço e fornecer um resultado de qualidade para o usuário. Neste sentido, foi realizada uma análise dos dados submetidos no ano de 2019, em que mais de 360 mil processamentos foram realizados por mais de 21 mil usuários



distintos. A figura 6 mostra que destes, 95,8% foram de dados de equipamentos de duas ou mais frequências, 99,1% optaram pelo modo de processamento estático, 70,8% informaram o modelo de antena, e 41,3% destes dados apresentaram taxa de rastreo de 1 segundo.

**Figura 6 – Gráficos com informações sobre os processamentos realizados em 2019**

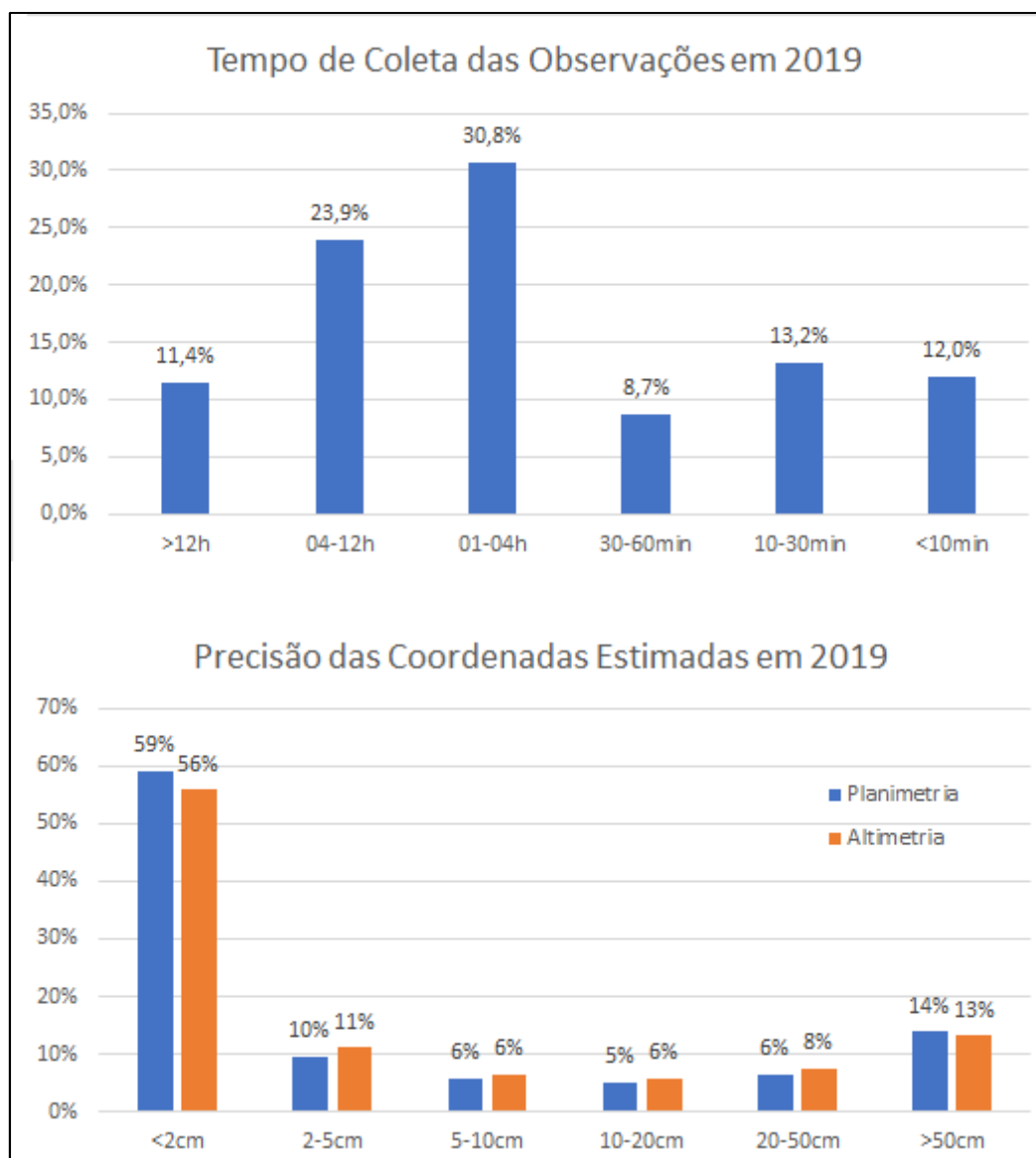


Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geodésia.

Entretanto, a informação mais importante para o usuário de um serviço de processamento GNSS é a precisão das coordenadas estimadas. No caso do IBGE-PPP, que é um serviço de pós-processamento absoluto, essa precisão está diretamente relacionada com o tipo de receptor e antena utilizado, com a qualidade dos dados coletados e com o tempo de coleta desses dados. Conforme apresentado na Figura 7, dos 360 mil processamentos realizados em 2019, 66,1% desses dados foram coletados por mais de 1 hora de rastreo. Uma vez que 95,8% dos processamentos foram realizados com equipamentos de duas frequências, de acordo com o Gráfico 2 do Capítulo 4, espera-se que a precisão com o IBGE-PPP seja maior que 4,1 cm, na planimetria (latitude e longitude) e 4,3 cm, na altimetria, para arquivos com mais de 1 hora de rastreo. A Figura 7 mostra que dos processamentos realizados em 2019, 69% das coordenadas planimétricas e 67% das

coordenadas altimétricas tiveram precisão melhor do que 5 cm, ou seja, dentro do que é esperado e apresentado no Capítulo 4. Isso mostra que o IBGE-PPP atende às necessidades da grande maioria dos usuários que submetem dados para processamento neste serviço.

**Figura 7 – Tempo de observação (acima) e precisão das coordenadas estimadas (abaixo) dos dados processados em 2019 pelo serviço IBGE-PPP**



Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geodésia.

## Referências

ALTERA a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro R. PR 01/2005. IBGE, 2005. Disponível em: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/metodos\\_e\\_outros\\_documentos\\_de\\_referencia/normas/rpr\\_01\\_25fev2005.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/rpr_01_25fev2005.pdf)>. Acesso em: 13 de maio de 2020.

ANTENNA Calibrations. National Geodetic Survey - NGS, 2020. Disponível em: <<http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/>>. Acesso em: 13 de maio de 2020.

ANTENNA files. International GNSS Service - IGS, 2017. Disponível em: <[ftp://igs.org/pub/station/general/antenna\\_README.pdf](ftp://igs.org/pub/station/general/antenna_README.pdf)>. Acesso em: 13 de maio de 2020.

THE INTERNATIONAL Terrestrial Reference Frame. International Earth Rotation and Reference Systems Service - ITRF, 2020. Disponível em: <<https://www.iers.org/ERS/EN/DataProducts/ITRF/itrf.html>>. Acesso em: 13 de maio de 2020.

MODELO de ondulação geoidal MAPGEO2015. IBGE, 2020. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-sobre-posicionamento-geodesico/servicos-para-posicionamento-geodesico/10855-modelo-de-ondulacao-geoidal.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em: 13 de maio de 2020.

MODELO de velocidade para SIRGAS: VEMOS. SIRGAS, 2020. Disponível em: <<http://www.sirgas.org/es/sirgas-con-network/velocity-model/>>. Acesso em: 13 de maio de 2020.

OCEAN tide loading provider. Onsala Space Observatory - OSO, 2020. Disponível em: <<http://holt.oso.chalmers.se/loading/>>. Acesso em: 13 de maio de 2020.

POSIÇÕES semanais das estações SIRGAS-CON. SIRGAS, 2020. Disponível em: <<http://www.sirgas.org/pt/sirgas-con-network/coordinates/weekly-positions/>>. Acesso em: 13 de maio de 2020.

PRECISE Point Positioning CSRS-PPP. Natural Resources Canada - NRCAN, 2020. Disponível em: <<https://webapp.geod.nrcan.gc.ca/geod/tools-outils/ppp.php?locale=en>>. Acesso em: 13 de maio de 2020.

PRODUTOS IGS. International GNSS Service - IGS, 2020. Disponível em: <<http://www.igs.org/products>>. Acesso em: 13 de maio de 2020.

TÉRMINO do Período de Transição do Referencial Geodésico Brasileiro R. PR 01/2015. IBGE, 2015. Disponível em: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/metodos\\_e\\_outros\\_documentos\\_de\\_referencia/normas/rpr\\_01\\_2015\\_sirgas2000.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/rpr_01_2015_sirgas2000.pdf)>. Acesso em: 13 de maio de 2020.



# Apêndice

## Parâmetros de transformação utilizados pelo IBGE-PPP

Desde a sua disponibilização em abril de 2009, o IBGE-PPP passou por três alterações no conjunto de parâmetros utilizados para transformar coordenadas do referencial original das órbitas (ITRF/IGS) para o referencial oficial brasileiro SIRGAS2000:

–Determinados através de uma transformação de Helmert com 7 parâmetros: 3 translações, 3 rotações e 1 escala.

**Quadro 1A – Parâmetros de transformação utilizados pelo IBGE-PPP até 16/04/11**

Realização	Parâmetros de Transformação utilizados até 16/04/11						
	T x (cm)	T y (cm)	T z (cm)	Escala (ppb)	Rx (mas)	Ry (mas)	Rz (mas)
ITRF (IGb00) > SIRGAS	-0.54	-0.22	-0.27	0.00	0.070	-0.020	-0.170
ITRF (IGS05) > SIRGAS	-0.51	-0.65	-0.99	0.00	0.150	-0.020	-0.021

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geodésia.

–Determinados através de uma transformação de Helmert com 7 parâmetros com inversão de ordem: 3 translações, 3 rotações e 1 escala.

**Quadro 2A – Parâmetros de transformação utilizados pelo IBGE-PPP entre 17/04/11 e 16/05/20**

Realização	Parâmetros de Transformação utilizados entre 17/04/11 e 16/05/20						
	T x (cm)	T y (cm)	T z (cm)	Escala (ppb)	Rx (mas)	Ry (mas)	Rz (mas)
ITRF (IGb00) > SIRGAS	0.54	0.22	0.27	0.00	-0.070	0.020	0.170
ITRF (IGS05) > SIRGAS	0.51	0.65	0.99	0.00	-0.150	0.020	0.021
ITRF (IGS08) > SIRGAS	0.25	0.43	0.46	-1.10	0.140	-0.010	0.080
ITRF (IGb08) > SIRGAS	0.20	0.41	0.39	-1.00	0.170	-0.030	0.070
ITRF (IGS14) > SIRGAS	0.26	0.18	-0.61	-0.05	0.308	0.106	-0.096

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geodésia.

–Determinados através de uma transformação de Helmert com 4 parâmetros: 3 translações e 1 escala, utilizados a partir de 17/05/20 e apresentados no Quadro 5, tópico 2.1.4.



# Equipe técnica

## **Diretoria de Geociências**

### **Coordenação de Geodésia**

#### **Equipe**

Alberto Luis da Silva  
Guiderlan Lemos Mantovani  
Marco Aurélio de Almeida Lima  
Newton José de Moura Júnior  
Sonia Maria Alves Costa  
Vania de Oliveira Nagem

### **Gerência de Disseminação e Informação**

Nívia Regis Di Maio Pereira

#### **Equipe Editorial**

Ana Cláudia Neves do Livramento  
Ceni Maria de Paula de Souza  
Diva de Assis Moreira  
Jerônimo Pedro Nogueira do Couto  
Luiz Antônio de Moraes

Se o assunto é **Brasil**,  
procure o **IBGE**.



/ibgecomunica



/ibgeoficial



/ibgeoficial



/ibgeoficial

**www.ibge.gov.br 0800 721 8181**



