

Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão  
**Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE**  
Diretoria de Geociências  
Coordenação de Geodésia

**Manual do Usuário**  
**Aplicativo Online IBGE-PPP**  
**Versão: abril 2017**

Rio de Janeiro  
2017

# Apresentação

O

Serviço de Posicionamento por Ponto Preciso - IBGE-PPP é fruto de uma parceria entre a Coordenação de Geodésia do IBGE e a *Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canadá*

(NRCan). Trata-se de um serviço online gratuito para pós-processamento de dados do Sistemas Globais de Navegação por Satélite GNSS disponibilizado a partir de abril de 2009, o qual permite a determinação de coordenadas referenciadas ao sistema geodésico brasileiro SIRGAS2000. Desde a sua disponibilização milhares de processamentos já foram realizados, abrangendo todo o território nacional, e até internacional, mostrando ser uma ferramenta muito importante para os usuários que trabalham com topografia, geodésia, e demais áreas que necessitam de posicionamento de precisão.

Desde seu lançamento o serviço passou por algumas modificações e atualizações, visando à melhoria dos resultados determinados pelo processamento. Estas modificações, descritas no capítulo 5 da presente publicação, justificam a divulgação desta nova versão do Manual Do Usuário do Aplicativo IBGE-PPP.

**Wadih João Scandar Neto**  
Diretor de Geociências



# Sumário

<b>1. Introdução</b>	<b>2</b>
<b>2. Especificações do Serviço</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Arquivos necessários para o processamento</b>	<b>3</b>
2.1.1 Órbitas e Relógios dos Satélites	3
2.1.2 Correção de Ionosfera	4
2.1.3 Correção dos Desvios e Variações dos Centros de Fase das Antenas	5
2.1.4 Modelo de carga oceânica FES2004	6
2.1.5 Modelo de velocidades VEMOS2009	6
2.1.6 Modelo de Ondulação Geoidal MAPGEO2015	7
2.1.7 Parâmetros de Transformação entre os referenciais ITRF e SIRGAS	7
<b>2.2 Aplicabilidade</b>	<b>9</b>
<b>2.3 Suporte ao Usuário</b>	<b>10</b>
<b>3. Processando as observações com o IBGE-PPP</b>	<b>11</b>
<b>3.1 Etapas do processamento</b>	<b>11</b>
<b>3.2 Informação da Antena</b>	<b>12</b>
<b>3.3 Descrição dos Resultados</b>	<b>14</b>
3.3.1 Arquivo de extensão PDF	15
3.3.2 Arquivo de extensão SUM	19
3.3.3 Arquivo de extensão POS	31
3.3.4 Arquivo de extensão KML	32
<b>4. Precisão Esperada e Validação dos Resultados</b>	<b>33</b>
<b>4.1 Precisão Esperada</b>	<b>34</b>
<b>4.2 Validação dos resultados</b>	<b>35</b>
<b>4.3 Comparação entre os resultados determinados pelas versões do IBGE-PPP</b>	<b>36</b>
<b>5. Principais Modificações Realizadas no Serviço IBGE-PPP</b>	<b>40</b>

## 1. Introdução

O IBGE-PPP (Posicionamento por Ponto Preciso ou Posicionamento Absoluto Preciso) é um serviço online gratuito para o pós-processamento de dados GNSS (Global Navigation Satellite System), que faz uso do programa CSRS-PPP (GPS Precise Point Positioning) desenvolvido pelo Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada (NRCan). Ele permite aos usuários com receptores GPS e/ou GLONASS, obterem coordenadas de precisão no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS2000) e no International Terrestrial Reference Frame (ITRF). No posicionamento com GNSS, o termo Posicionamento por Ponto Preciso normalmente refere-se à obtenção da posição de um ponto utilizando as observáveis da fase da onda portadora, coletadas por receptores de duas frequências e em conjunto com os produtos precisos (órbitas e erro dos relógios dos satélites), como por exemplo, aqueles disponíveis no IGS (International GNSS Service) ou NRCan.

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 GPS 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 observações coletadas após o dia 14 de agosto de 2011.

## **2. Especificações do Serviço**

### **2.1 Arquivos necessários para o processamento**

Além do arquivo de observação GNSS nos formatos RINEX ou HATANAKA 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, modelo de pressão, temperatura e umidade, Modelo de Ondulação Geoidal – MAPGEO2015, entre outros.

#### **2.1.1 Órbitas e Relógios dos Satélites**

O IBGE-PPP utiliza dois conjuntos de arquivos de órbitas e relógios dos satélites no processamento: órbitas precisas GPS disponibilizadas pelo IGS quando as observações a serem processadas foram coletadas fora do território brasileiro; e órbitas precisas GNSS disponibilizadas pelo NRCAN quando as observações foram coletadas dentro do território brasileiro. As informações de órbitas e relógios dos satélites são indispensáveis para o processamento e na sua ausência destes o processamento não ocorrerá.

Existem três tipos de órbitas precisas disponibilizadas pelo IGS / NRCAN, as quais recebem a seguinte denominação: FINAL, RÁPIDA e ULTRA-RÁPIDA. Cada uma delas 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 foram realizadas dentro ou fora do território brasileiro:

- Rastreamento realizado dentro do território brasileiro:

Se o rastreamento das observações GNSS foi realizado dentro do território brasileiro, as órbitas a serem utilizadas pelo IBGE-PPP serão aquelas disponibilizadas pelo NRCAN. Neste caso, o tipo de órbita a ser utilizada dependerá de quando o processamento for realizado, conforme tabela 1 a seguir:

Tabela 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 e 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

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 (disponibilizadas a cada 1h com exceção daquelas disponibilizadas a cada 3h) terão soluções somente GPS.

- Rastreo realizado fora do território brasileiro:

Se o rastreo das observações GNSS foi realizado fora do território brasileiro, as órbitas a serem utilizadas pelo IBGE-PPP serão aquelas disponibilizadas pelo IGS. Neste caso, o tipo de órbita a ser utilizada dependerá de quando o processamento for realizado, conforme tabela 2 a seguir:

Tabela 2 – Disponibilidade dos Produtos IGS (<http://www.igs.org/products>)

Produto IGS				
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 5 minutos	GPS	a partir de 12-18 dias após o fim do rastreo	± 2,5 cm

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 de Ionosfera

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

decorrentes do adiantamento ou atraso da propagação dos sinais utilizando as informações sobre a ionosfera, 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 tabela 3 a seguir.

Tabela 3 – Disponibilidade dos arquivos de ionosfera

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

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). Maiores 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 na tabela 4.

Tabela 4 – Arquivos de Centro de Fase utilizado pelo IBGE-PPP

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

Para consultar qual valor do desvio e variação do centro de fase será considerado pelo IBGE-PPP no processamento, acesse:

<ftp://igs.org/pub/station/general/igs14.atx>

<http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/LoadFile?file=ngs14.atx>

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

#### **2.1.4 Modelo de carga oceânica FES2004**

O modelo de carga oceânica FES2004 é usado pelo IBGE-PPP no processamento das observações GNSS. Essas correções serão utilizadas se a estação a ser processada estiver a uma distância de até 10 km de uma estação que possua valores de correção de carga oceânica, como por exemplo, as estações da RBMC. Maiores informações sobre o modelo de carga oceânica e seu cálculo podem ser encontrados em: <http://holt.oso.chalmers.se/loading/>.

#### **2.1.5 Modelo de velocidades VEMOS2009**

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 de tempo. O Modelo de Velocidades SIRGAS – VEMOS2009 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. Maiores informações sobre o modelo VEMOS2009 podem ser encontradas em: <http://www.sirgas.org/pt/velocity-model/>.

### **2.1.6 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. Maiores informações sobre o Modelo MAPGEO podem ser encontradas em:

[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo\\_geoidal.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo_geoidal.shtm)

### **2.1.7 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 independe 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 (IGS00 / IGS05 / IGS08 / IGS14)**

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), ITRF(IGS05), ITRF(IGS08), ITRF(IGb08) e ITRF(IGS14), dependendo de quando os dados foram coletados, conforme tabela 5 a seguir:

Tabela 5 – Soluções IGS adotadas pelo IBGE-PPP

<b>Data do Rastreio GNSS</b>	<b>Realização IGS</b>	<b>Correção do Centro de Fase</b>
25/01/2005 a 04/11/2006	IGb00	Relativo
05/11/2006 a 16/04/2011	IGS05	Absoluto
17/04/2011 a 06/10/2012	IGS08	Absoluto
07/10/2012 a 28/01/2017	IGb08	Absoluto
29/01/2017 a atualmente	IGS14	Absoluto

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. Maiores informações sobre ITRF são encontradas em <http://www.iers.org/ IERS/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, é o documento que oficializa o uso do SIRGAS2000 no Brasil. Este documento pode ser encontrado em:

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

Maiores informações sobre o Sistema SIRGAS2000 são encontradas em:

[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/pmrg/default\\_pmrg.shtm?c=12](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/pmrg/default_pmrg.shtm?c=12).

O relacionamento entre as realizações do ITRF mencionadas anteriormente e o SIRGAS2000 se dá através de uma transformação de 7 parâmetros (três translações, três rotações e escala) que foram estimadas através de coordenadas de estações GNSS permanentes localizadas no continente Sul-Americano e presentes nas realizações ITRF e SIRGAS. Os valores dos parâmetros de transformação aplicados pelo IBGE-PPP são apresentados na tabela 6.

Tabela 6 – 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	0.54	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

## 2.2 Aplicabilidade

Como o IBGE-PPP realiza um processamento absoluto e baseado somente nas órbitas precisas e nas correções de relógios dos satélites (não havendo a necessidade de uma estação de referência coletando dados simultaneamente), ele permite processar observações GPS realizadas em qualquer lugar do mundo e GNSS somente no território brasileiro em qualquer horário do dia. Entretanto, para que as coordenadas SIRGAS2000, época 2000.4 sejam calculadas, a estação deverá estar localizada na América do Sul, na área de abrangência do modelo VEMOS2009.

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

### **- Tempo mínimo de rastreamento GNSS processado pelo IBGE-PPP**

Não existe tempo mínimo para uma sessão de observação GNSS, entretanto, quanto menor for o tempo de rastreamento, menor será a precisão determinada pelo processamento, conforme apresentado no capítulo 4. Essa precisão está diretamente relacionada com a resolução das ambigüidades, que por sua vez está diretamente relacionado com o tempo de rastreamento, qualidade dos dados, tipo de equipamento, etc. Para arquivos de rastreamento com períodos curtos de observações, as coordenadas serão calculadas usando somente as observações da pseudo-distância (precisão métrica). Para arquivos de rastreamento com períodos de observações mais longos, é possível resolver as ambigüidades 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 mal sucedido 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 as observações 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 brutos observados, serão necessários cinco passos para o uso do IBGE-PPP.

**1° Passo:** Selecionar o arquivo de observação GNSS no formato RINEX ou HATANAKA. O arquivo deve ser preferencialmente comprimido em 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.

#### **Métodos de Compressão Compatíveis com o IBGE-PPP**

<b>Método</b>	<b>Extensão do Arquivo</b>
gzip	.gz
zip	.zip
compressão unix	.Z
Tarzip	tar.gz

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

**3° Passo:** Selecionar o tipo da antena conforme nomenclatura adotada pelo IGS/NGS. Caso o usuário não saiba o tipo de antena que possui, ele deve consultar o arquivo [ftp://igs.org/pub/station/general/rcvr\\_ant.tab](ftp://igs.org/pub/station/general/rcvr_ant.tab) para identificar a sua antena. Se a opção “Não alterar RINEX” for à escolhida pelo usuário, o IBGE-PPP irá usar a identificação da antena encontrada no arquivo RINEX. Caso esta identificação não seja a mesma adotada pelo IGS/NGS, o IBGE-PPP não aplicará a correção de centro de fase da antena do receptor. Isso poderá ocasionar erros de alguns decímetros nos resultados, principalmente altimétricos.

**4° Passo:** Inserir o valor da altura da antena em metros e selecionar a caixa ao lado para que o IBGE-PPP use o valor informado na tela. Se a altura não for informada, o valor a ser utilizado será aquele disponível no arquivo RINEX. Este valor deve ser medido verticalmente e referido ao plano de referência da antena.

**Informação importante:** Os valores selecionado e inseridos nos passos 3 e 4 serão adotados para todos arquivos de observação que estejam compactados em um único arquivo.

**5° Passo:** Inserir um endereço eletrônico válido para que o processamento possa ser realizado. Isso é importante porque caso algum erro seja detectado, o usuário poderá ser contactado e submeter novamente os dados ao IBGE-PPP.

**Informação importante:** Os dados só poderão ser submetidos no IBGE-PPP, após a disponibilidade das órbitas precisas para o período da observação, conforme apresentado nas tabelas 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.

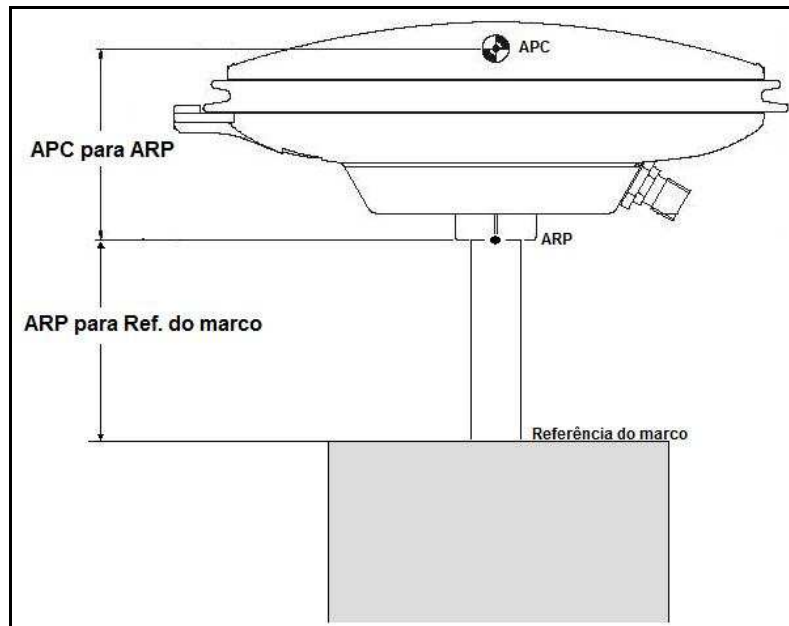


Figura 1 – Esquema APC e ARP de uma antena.

**ARP até o marco (Altura da antena):** distância vertical entre o ponto de referência do marco e o plano de referência da antena e é determinada em função da instalação da antena. Se conhecida, ela deverá ser informada em unidades de metro e preenchida como componente H na linha "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.

**APC para ARP:** distância entre o plano de referência da antena e o centro de fase e é dependente das características eletrônicas da antena com relação as 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 para validar as coordenadas calculadas. Caso o modelo de antena não seja informado ou não exista na lista apresentada pelo IGS / NGS, 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. Neste endereço encontra-se um arquivo compactado no formato ZIP, o qual quando descompactado é criado um diretório com o mesmo nome. Neste diretório são encontrados cinco arquivos, os quais possuem as seguintes informações:

(1) O arquivo de extensão SUM possui o relatório detalhado do resultado do processamento. As informações contidas nesta saída são as informações 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, opções do processamento, observações rejeitadas e coordenadas ITRF e SIRGAS2000 (estático) na época do levantamento.

(2) O arquivo de extensão POS possui a estimativa das coordenadas época a época, ao longo do tempo de rastreamento. Ele é útil para um levantamento realizado no modo cinemático ou para o acompanhamento da convergência das coordenadas determinadas no modo estático.

(3) Arquivo KML para ser visualizado no Google Earth. Vale ressaltar que a posição do ponto apresentado na imagem do Google Earth pode não coincidir com a sua verdadeira posição, devido à precisão associada à imagem, que em alguns casos pode chegar a dezenas de metros.

(4) Arquivo Leiname.txt informa o conteúdo de cada arquivo de saída do processamento.

(5) Arquivo PDF apresenta o relatório resumido dos resultados do processamento estático. As principais informações contidas nesta saída são as coordenadas do processamento na época do levantamento e as reduzidas à época 2000.4, os desvios padrão das coordenadas (sigma) e a ondulação geoidal. Um processamento no modo cinemático não produzirá este arquivo. Este é o principal arquivo de resultados disponibilizado pelo PPP.

Os itens a seguir detalham cada um dos resultados apresentados pelo 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 seguintes itens: “Sumário do Processamento do marco”, “Coordenadas”, e “Precisão esperada para um levantamento estático em metros”. Na segunda página são apresentados três gráficos que apresentam o desvio-padrão (curva vermelha) e as diferenças das coordenadas calculadas a cada época no processamento e as disponíveis no cabeçalho do arquivo RINEX (curva azul) nas componentes, latitude, longitude e altitude respectivamente.



## Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística Relatório do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)

### Sumário do Processamento do marco: CUIB

<b>Início:</b> AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2017/01/01 00:00:00,00
<b>Fim:</b> AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2017/01/01 23:59:45,00
<b>Modo de Operação do Usuário:</b>	ESTÁTICO
<b>Observação processada:</b>	CÓDIGO & FASE
<b>Modelo da Antena:</b>	TRM59800.00 NONE
<b>Órbitas dos satélites:<sup>1</sup></b>	FINAL
<b>Frequência processada:</b>	L3
<b>Intervalo do processamento(s):</b>	15,00
<b>Sigma<sup>2</sup> da pseudodistância(m):</b>	5,000
<b>Sigma da portadora(m):</b>	0,010
<b>Altura da Antena<sup>3</sup>(m):</b>	0,008
<b>Ângulo de Elevação(graus):</b>	10,000
<b>Resíduos da pseudodistância(m):</b>	1,41 GPS 1,86 GLONASS
<b>Resíduos da fase da portadora(cm):</b>	0,80 GPS 0,95 GLONASS

### Coordenadas SIRGAS

	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
<b>Em 2000.4</b> (é a que deve ser usada) <sup>4</sup>	-15° 33' 18,9462"	-56° 04' 11,5193"	237,44	8280040.850	599737.366	-57
<b>Na data do levantamento<sup>5</sup></b>	-15° 33' 18,9398"	-56° 04' 11,5212"	237,44	8280041.047	599737.311	-57
<b>Sigma(95%)<sup>6</sup> (m)</b>	0,001	0,002	0,003			
<b>Modelo Geoidal</b>	MAPGEO2015					
<b>Ondulação Geoidal (m)</b>	2,22					
<b>Altitude Ortométrica (m)</b>	235,22					

### Precisão esperada para um levantamento estático (metros)

Tipo de Receptor	Uma frequência		Duas frequências	
	Planimétrico	Altimétrico	Planimétrico	Altimétrico
<b>Após 1 hora</b>	0,700	0,600	0,040	0,040
<b>Após 2 horas</b>	0,330	0,330	0,017	0,018
<b>Após 4 horas</b>	0,170	0,220	0,009	0,010
<b>Após 6 horas</b>	0,120	0,180	0,005	0,008

<sup>1</sup> Órbitas obtidas do International GNSS Service (IGS) ou do Natural Resources of Canada (NRCAN).

<sup>2</sup> O termo "Sigma" é referente ao desvio-padrão.

<sup>3</sup> Distância Vertical do Marco ao Plano de Referência da Antena (PRA).

<sup>4</sup> A coordenada oficial na data de referência do Sistema SIRGAS, ou seja, 2000.4. A redução de velocidade foi feita na data do levantamento, utilizando o modelo VEMOS em 2000.4.

<sup>5</sup> A data de levantamento considerada é a data de início da sessão.

<sup>6</sup> Este desvio-padrão representa a confiabilidade interna do processamento e não a exatidão da coordenada.

Os resultados apresentados neste relatório dependem da qualidade dos dados enviados e do correto preenchimento das informações por parte do usuário. Em caso de dúvidas, críticas ou sugestões contate: [ibge@ibge.gov.br](mailto:ibge@ibge.gov.br) ou pelo telefone 0800-7218181. Este serviço de posicionamento faz uso do aplicativo de processamento CSRS-PPP desenvolvido pelo Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada (NRCAN)

Processamento autorizado para uso do IBGE.

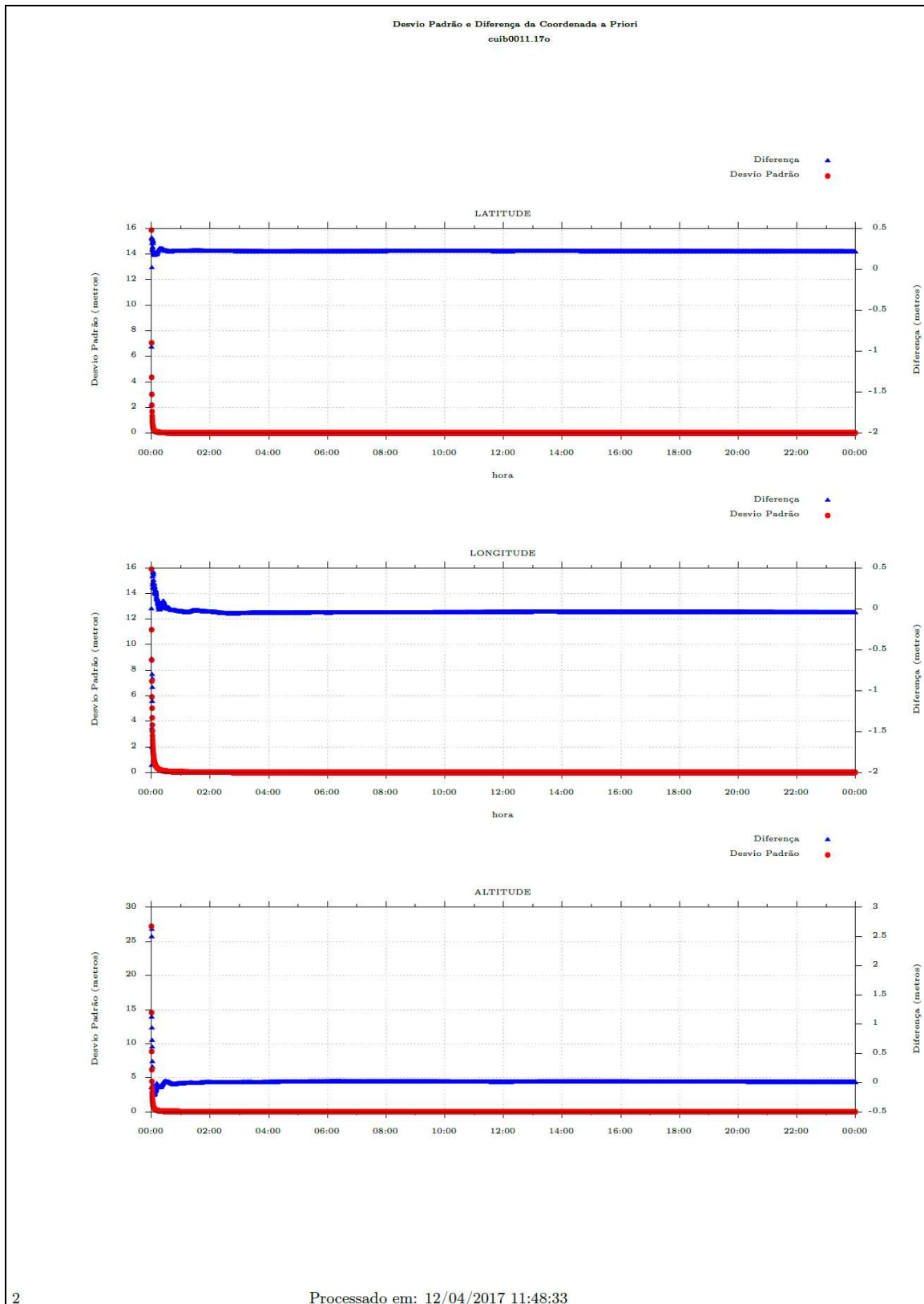


Figura 3 – Relatório PDF de um processamento – página 2.

**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 rastreo), sigma da pseudodistância e portadora em metros, 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:** são apresentadas as coordenadas geográficas e UTM 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 rastreo), 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 atualiza somente as coordenadas latitude e longitude, sendo idênticas as altitudes em ambas as épocas. Neste tópico, também é apresentado a ondulação geoidal e a altitude ortométrica obtidas através do modelo geoidal MAPGEO2015.

**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 tempo de rastreo (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 com o desvio-padrão e diferença 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), nas 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 a serem 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 - APC (2.2), desvio e variação do centro de fase da antena do receptor - APC (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), a estimativa das coordenadas (3.3), diferenças de coordenadas SIRGAS na data do levantamento e valor a-priori (3.4), estimativa do relógio do receptor (3.5), tabela de observações rejeitadas (3.6), e lista de observações rejeitadas (3.6).

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 1 – 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 Geodesia - IBGE/CGED  
Av. Brasil 15671, 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).  
-----
```

## 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 submetidas pelo usuário, 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).

Os arquivos de SAÍDA correspondem aos relatórios do processamento nomeados conforme nomenclatura do arquivo de observação. Trata-se do relatório completo do processamento (.sum), parâmetros estimados para cada época observada (.pos), relatório resumido (.pdf), arquivo Google Earth (.kml), além do arquivo Leiam.

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 2 – Seção 1 do arquivo SUM

SECAO 1. Sumario dos Arquivos	
Conteudo	Arquivos de Entrada
Observacoes	cuib0011.17o
Opcoes de Processamento	sirg_est_2dia_l2.cmd
Orbitas dos satelites	emf19300.sp3
Relogio do satellite	emf19300.clk
Orbitas dos satelites	emf19301.sp3
Relogio do satellite	emf19301.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 :	57754.500
Polo X :	-72.568                    -0.111 mas, mas/d
Polo Y :	-84.840                    0.587 mas, mas/d

## 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 sistema 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 aplicados também as tendências inter-frequências dos receptores e satélites (P1-C1 e P2-C2).

Quadro 3 – 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

**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 sistema 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 4 – Seção 2.2 do arquivo SUM

```

2.2 Variacao do Centro de Fase da Antena do Satellite (CFA) - mm para 2017-01-01
Centro de Massa -> CFA [Coordenadas X,Y,Z com origem no centro de massa do satellite]
GPS IIA [ 279, 0,2420]
PRNs 04
vCLK 00
GPS IIR [ 0, 0,1141]
PRNs 11 13 14 16 18 20 21 28
vCLK 14 10 12 11 15 15 17 13
GPS IIRM [ 0, 0, 779]
PRNs 02 05 07 12 15 17 19 22 23 29 31
vCLK 10 14 11 14 12 15 12 12 10 12 11
GPS IIF [ 394, 0,1561]
PRNs 01 03 06 08 09 10 24 25 26 27 30 32
vCLK 01 01 01 14 01 01 19 01 01 01 01 01
GLN M [-545, 0,2500]
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 14 01 11 14 01 01 14 14 10 12 12 11 15 15 12 15 17 12 10 19

```

**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 5 – 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 [ 0, 1, 90], L2 [ 0, 0,120]
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 -8 -7 -5 -3  0  4  9 14
 360 L1  0  0 -1 -2 -3 -5 -6 -7 -8 -8 -8 -8 -7 -5 -3  0  4  9 14
  0 L2  0  0 -1 -1 -2 -3 -4 -4 -5 -5 -6 -5 -4 -3 -2  0  2  5  9
 360 L2  0  0 -1 -1 -2 -3 -4 -4 -5 -5 -6 -5 -4 -3 -2  0  2  5  9

                          SV antenna offsets in body-axis
PRN  X-offset  Y-offset  Z-offset
  1    394.00    0.00   1561.30
  2     0.00    0.00    778.60
  3    394.00    0.00   1600.00
  4    279.00    0.00   2420.00
  5     0.00    0.00    822.60
  6    394.00    0.00   1600.00
...
 56   -545.00    0.00   2483.00
 58     0.00    0.00   2066.80
    
```

**Seção 2.4:** Informa os parâmetros de transformação utilizados para relacionar uma realização do ITRF (IGb00, IGS05, IGS08, IGb08 ou IGS14) na época da observação com o referencial SIRGAS2000. Os parâmetros utilizados pelo IBGE-PPP são apresentados na seção 2.1.7 deste manual.

Quadro 6 – Seção 2.4 do arquivo SUM

```

2.4 Parametros de transformacao entre sistemas de referencia
ITRF (IGb08)->SIRGAS2000  NA EPOCA: 2017.0
Translacoes (Tx,Ty,Tz), Rotacoes (Rx,Ry,Rz), Escala (S)

      Tx      Ty      Tz      S      Rx      Ry      Rz
      (cm)    (cm)    (cm)    (ppb)  (mas)  (mas)  (mas)
      0.200   0.410   0.390  -1.000  0.170  -0.030  0.070

      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
    
```

**Seção 2.5:** Coeficientes de carga oceânica: se as observações GNSS foram rastreadas a uma distância de até 10 km de uma estação da RBMC, cujas correções de carga oceânica são calculadas, 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 FES2004, e o arquivo atualizado a cada nova estação de referência incluída.

Quadro 7 – 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

**Seção 2.6:** Dados meteorológicos da 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 enquanto que a umidade relativa (%) é utilizado um valor predefinido. A pressão é ajustada levando-se em conta a altura elipsoidal. Esses dados meteorológicos são usados para o modelamento dos atrasos troposféricos.

Quadro 8 – Seção 2.6 do arquivo SUM

2.6 Dados meteorologicos de superficie			
Temperatura	(C):	25.81	(Modelo GPT2 )
Pressao	(Mb):	982.69	(Modelo GPT2 )
Humidade Relativa(%)	:	77.62	(Modelo GPT2 )

**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) e da componente úmida (Modelo Hopfield-GPT ou modelo GPT2) e função de mapeamento GMF (Global Map Function) ou GPT2.

Quadro 9 – Seção 2.7 do arquivo SUM

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

### 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 utilizando 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 10 – 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 Satelite	:	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	

**Opções Selecionadas pelo Usuário:** opções selecionadas pelo usuário as quais determinam 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 do receptor e da antena utilizados no levantamento GNSS são obtidos 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 a 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. Conseqüentemente, 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 zenite.

**Seção 3.2:** Sessão Observada: A 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 11 – Seção 3.2 do arquivo SUM

3.2 Sessão Observada			
Nome do Marco	:	CUIB	
Início	:	2017/01/01 00:00:00.00	
Fim	:	2017/01/01 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	:	55	
Numero de observacoes processadas	:	52425	GPS
Numero de observacoes rejeitadas	:	12549	GPS
Numero de observacoes ponderadas	:	6	GPS
Residuos da pseudodistancia	(m):	1.41	GPS
Residuos da fase da portadora	(cm):	0.80	GPS
Numero de observacoes processadas	:	37286	GLONASS
Numero de observacoes rejeitadas	:	8233	GLONASS
Numero de observacoes ponderadas	:	11	GLONASS
Residuos da pseudodistancia	(m):	1.86	GLONASS
Residuos da fase da portadora	(cm):	0.95	GLONASS

**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 12 – 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 (IGb08)	Sigma(m)	SIR-ITR(m)
X (m)	3430711.3947	3430711.3941	0.0022	0.0005
Y (m)	-5099641.6366	-5099641.6484	0.0027	0.0118
Z (m)	-1699432.7256	-1699432.7275	0.0011	0.0019
DESVIO PADRAO/CORRELACOES				
	X(m)	Y(m)	Z(m)	
X(m)	0.0022	-0.6172	-0.6123	
Y(m)		0.0027	0.7107	
Z(m)			0.0011	
ELIPSOIDAL				
Latitude (gms)	-15 33 18.9398	-15 33 18.9398	0.0007	-0.0007
Longitude (gms)	-56 04 11.5212	-56 04 11.5214	0.0015	0.0070
Alt. Geo. (m)	237.4406	237.4502	0.0033	-0.0096
DESVIO PADRAO/CORRELACOES				
	Lat(m)	Lon(m)	H(m)	
Lat(m)	0.0007	0.0075	-0.0164	
Lon(m)		0.0015	0.0253	
H(m)			0.0033	

**Seção 3.4:** Diferenças das Coordenadas: nesta seção é apresentada a diferença entre a coordenda 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 apriori 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 útil 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 13 – Seção 3.4 do arquivo SUM

3.4 Diferença de Coordenadas SIRGAS2000					
CARTESIANA	ESTIMADA	A-PRIORI	Diferença(m)	EMQ(m)	
X (m)	3430711.3947	3430711.4030	-0.0083	0.0233	
Y (m)	-5099641.6366	-5099641.5620	-0.0746	0.1001	
Z (m)	-1699432.7256	-1699432.9300	0.2044	0.2085	
ELIPSOIDAL					
Latitude (gms)	-15 33 18.9398	-15 33 18.9467	0.2122	0.2162	
Longitude (gms)	-56 04 11.5212	-56 04 11.5196	-0.0486	0.0681	
Alt. Geo. (m)	237.4406	237.4402	0.0004	0.0511	

**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 14 – Seção 3.5 do arquivo SUM

3.5 Estimativa do relógio do receptor			
Epoca de Referencia	:	2017/01/01 00:00:00.00	
Constelacao de Referencia	:	GPS	
Fase do relógio (ns)	:	-45.27	0.16
Deriva da fase (ns/dia)	:	-6.78	0.27
EMQ (ns)	:	5.95	5757
Constelacao de Referencia	:	GLONASS	
Fase do relógio (ns)	:	2.71	0.16
Deriva da fase (ns/dia)	:	-4.76	0.28
EMQ (ns)	:	6.08	5757
Constelacao de Referencia	:	GLONASS-GPS	
Fase do relógio (ns)	:	47.98	0.02
Deriva da fase (ns/dia)	:	2.02	0.03
EMQ (ns)	:	0.68	5757

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

Quadro 15 – Seção 3.6 do arquivo SUM

3.6 Tabela de Observacoes Rejeitadas															
PRN	AC	#ARC	#OBS	#REJ								CODIGO		FASE	
				TRK	SLP	REL	EFE	IGP	DWT	ELV	MED	EMQ	MED	EMQ	
							TIM	NRL	WDL	DCM	(m)	(m)	(cm)	(cm)	
G 1	8	1	1418	38	1	0	0	0	0	181	-0.15	1.34	-0.00	0.5	
G 2	8	2	1603	156	0	0	0	0	0	558	-0.35	1.59	-0.19	0.7	
G 3	8	2	1945	40	0	0	0	0	0	172	0.17	1.43	0.11	0.6	
.....															
R22	8	1	1227	0	0	0	0	0	0	174	0.57	1.39	-0.01	0.7	
							0	8	0	0					
R23	8	2	1690	28	4	0	0	0	1	343	1.36	1.92	-0.19	1.0	
							5	1	8	0					
R24	8	2	2282	104	0	0	0	0	0	128	0.30	2.01	-0.12	1.4	
							1	3	25	0					

**Sessão 3.7:** Lista de Resíduos Ponderados: informa detalhadamente para cada satélite rastreado, os resíduos ponderados no processamento e seus valores nas observações de código e fase, além dos valores de tolerância.

Quadro 16 – Seção 3.7 do arquivo SUM

3.7 Lista de resíduos ponderados						
PRN	HH:MM:SS.SSS	CODIGO		FASE		
		RES (m)	MAX (m)	RES (cm)	MAX (cm)	DIR
46	02:23:15.000	-1.31	10.00	-4.81	4.47	1
7	03:42:30.000	0.93	10.00	6.84	4.47	1
46	04:01:45.000	-3.82	10.00	4.93	4.47	1

### 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 nano segundos); 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; 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. Em um levantamento realizado no modo ESTÁTICO apenas um ponto é apresentado na imagem do Google, e em um levantamento realizado no modo CINEMÁTICO é apresentado o trajeto do levantamento. Vale ressaltar que a posição do ponto apresentado na imagem do Google Earth 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)

#### 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.

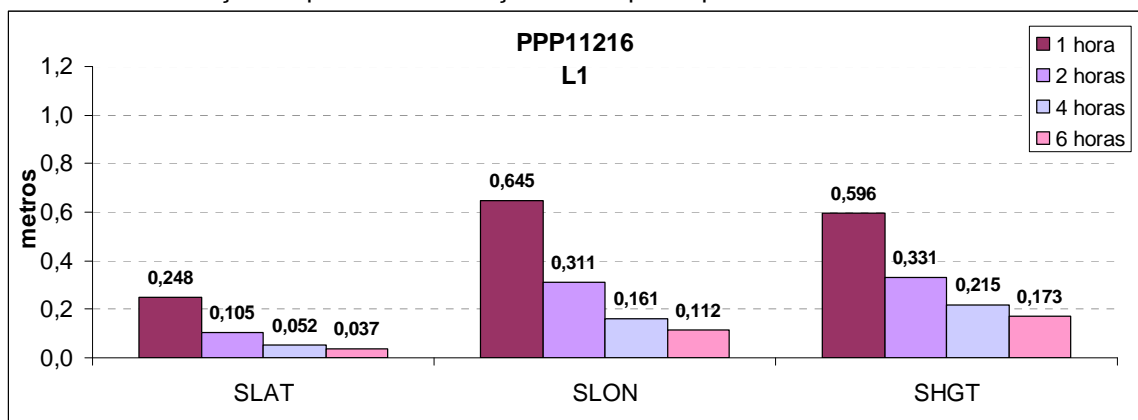
Precisão absoluta é a proximidade da coordenada de uma estação com relação ao seu referencial, e a precisão relativa é um indicador da qualidade na medida entre dois pontos, que no caso poderão ser as linhas de base GNSS observadas através do posicionamento relativo. A acurácia pode ser quantificada 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

Ao processar os dados GNSS utilizando o IBGE-PPP, uma ou um conjunto de coordenadas serão estimados, caso o modo de processamento selecionado for Estático ou Cinemático respectivamente. Associado 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 realizado no levantamento. Essa precisão fornece um indicativo da qualidade das coordenadas determinadas no processamento.

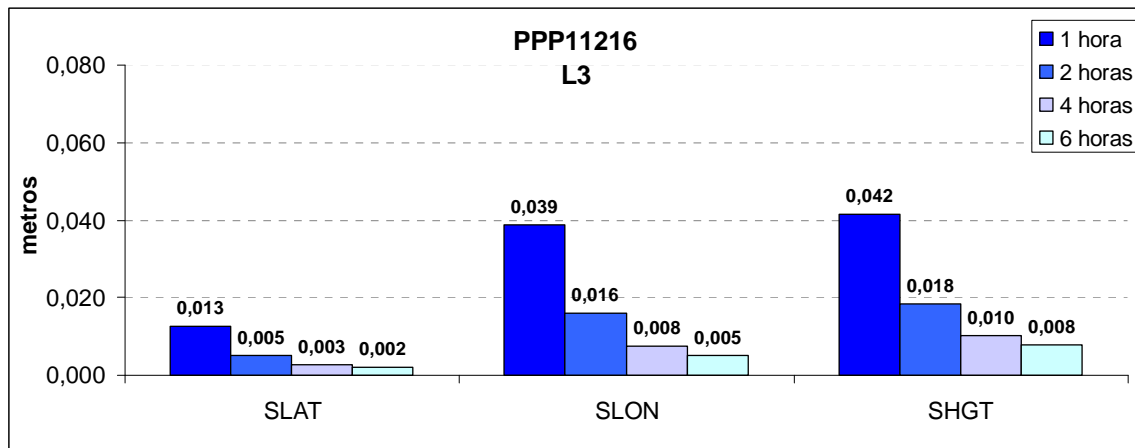
Os resultados apresentados nos gráficos 1 e 2 indicam a variação dos desvios padrão em latitude (SLAT), longitude (SLON) e altitude (SHGT) em relação ao tempo (1h, 2h, 4h e 6h), para as observáveis L1 e L1&L2 (L3) respectivamente. Estes gráficos expressam a precisão esperada no posicionamento estático 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 rastreo de 15 segundos, e processados com órbitas rápidas EMR (NRCan). Ao todo, foram utilizados 576 amostras com períodos de 1 hora de rastreo, 288 amostras de 2 horas, 144 amostras de 4 horas, e 96 amostras de 6 horas.

Gráfico1 – Variação da precisão em função do tempo no processamento IBGE-PPP com L1.



As precisões obtidas com receptores L1 após 2 horas de rastreo são de aproximadamente 0,105m, 0,311m e 0,331m para as componentes, latitude, longitude e altitude respectivamente, podendo chegar a aproximadamente 0,037m, 0,112m e 0,173m após 6 horas de rastreo.

Gráfico2 – Variação da precisão em função do tempo no processamento IBGE-PPP com L1&L2 (L3).

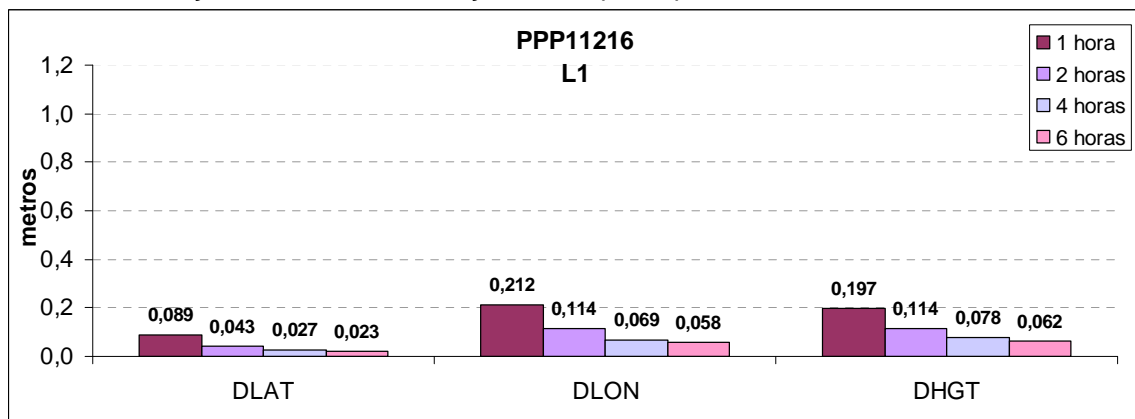


As precisões obtidas com receptores L1&L2 após 1 hora de rastreamento são de 0,013m, 0,039m e 0,042m para as componentes, latitude, longitude e altitude respectivamente, podendo chegar a aproximadamente 0,002m, 0,005m e 0,008m após 6 horas de rastreamento.

#### 4.2 Validação dos resultados

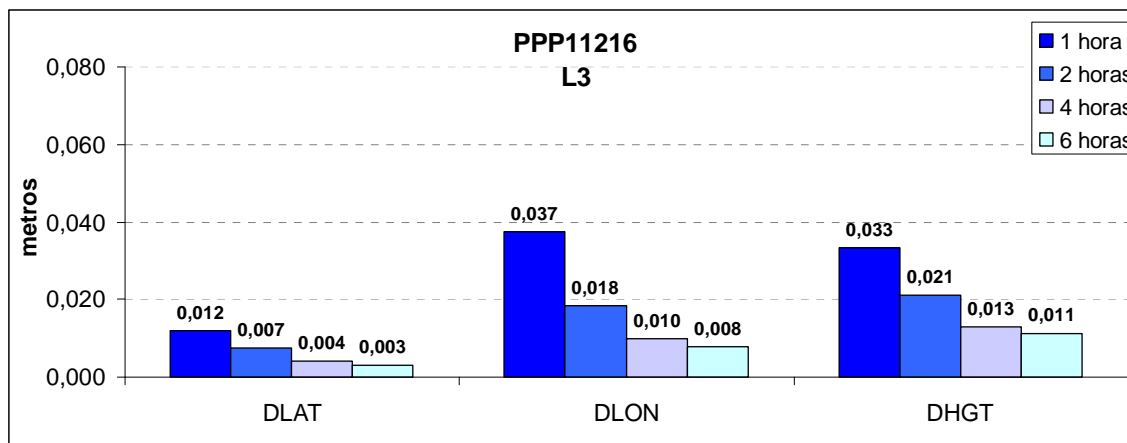
Como forma de validar os resultados determinados pelo IBGE-PPP foi realizada uma análise externa (acurácia) da qualidade das coordenadas determinadas a partir do processamento realizado conforme apresentado no item 4.1. Essa validação consiste na comparação entre as coordenadas determinadas pelo IBGE-PPP, 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.

Gráfico3 – Variação da acurácia em função do tempo no processamento IBGE-PPP com L1.



A acurácia obtida com receptores L1 após 2 horas de rastreo é de 0,043m, 0,114m e 0,114m para as componentes, latitude, longitude e altitude respectivamente, podendo chegar a aproximadamente 0,023m, 0,058m e 0,062m após 6 horas de rastreo.

Gráfico4 – Variação da acurácia em função do tempo no processamento IBGE-PPP com L1&L2 (L3).



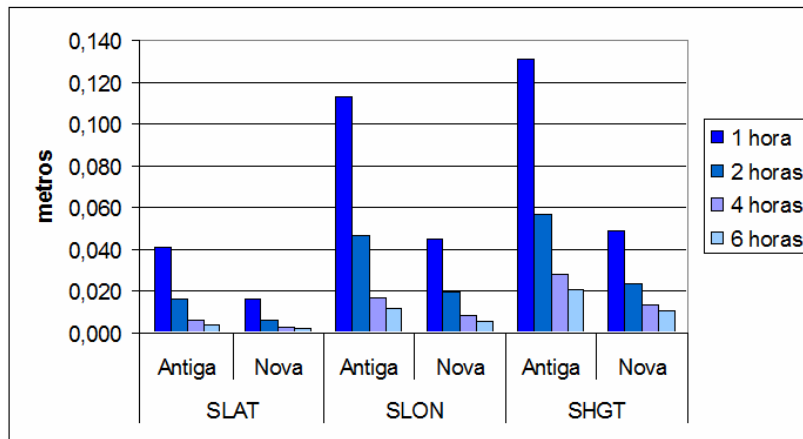
A acurácia obtida com receptores L1&L2 após 1 hora de rastreo são de 0,012m, 0,037m e 0,033m para as componentes, latitude, longitude e altitude respectivamente, podendo chegar a aproximadamente 0,003m, 0,008m e 0,011m após 6 horas de rastreo.

#### 4.3 Comparação entre os resultados determinados pelas versões do IBGE-PPP

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

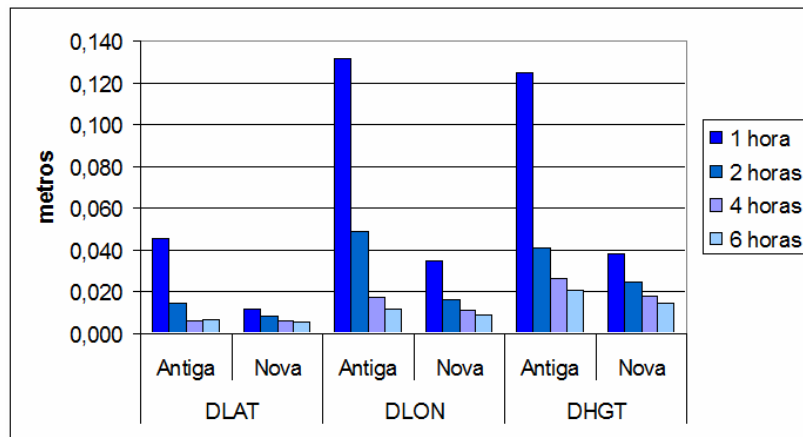
Até as 22 horas do dia 30 de novembro de 2013, o IBGE-PPP fez uso da versão 1.04/246 do CSRS-PPP, enquanto que a partir desta data, passou a utilizar a versão 1.05/03812 conforme apresentado no capítulo 5. A precisão e a acurácia das coordenadas determinadas pelas duas versões do PPP considerando os 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.

Gráfico5 – Precisão antes e após a mudança das versões dos programas utilizadas pelo IBGE-PPP com L1&L2 (L3).



O processamento com a nova versão do PPP 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 versões já são pequenos conforme apresentado no Gráfico 5.

Gráfico6 – Acurácia antes e após a mudança das versões dos programas utilizadas pelo IBGE-PPP com L1&L2 (L3).



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



### **- Versão 1.05/34613**

No dia 22/07/2014 o serviço IBGE-PPP foi atualizado para a versão V1.05\_34613 na qual foram realizadas as seguintes mudanças:

- Nova modelagem para o cálculo do GDOP (informado 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 Inter-frequencia (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;

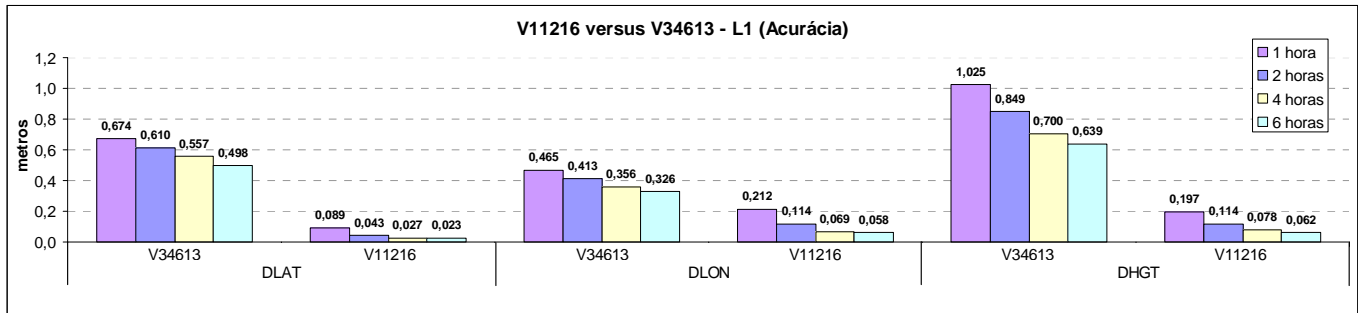
### **- Versão 1.05/11216**

No dia 07/04/2017 a versão 1.05/11216 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 obtidas a partir do processamento conforme apresentado no capítulo 4.1:

Gráfico7 – Acurácia das coordenadas processadas com L1 para as versões 1.05/11216 e 1.05/34613 do IBGE-PPP.



## 5. Principais Modificações Realizadas no Serviço IBGE-PPP

Desde o lançamento do serviço IBGE-PPP em abril de 2009, ele passou por algumas modificações e atualizações, visando à melhoria dos resultados determinados pelo processamento. Dentre essas alterações, 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 qualquer 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 CSRS-PPP nos processamentos, substituindo a versão anterior 1.04/246. Além disso, a partir desta data, o serviço utilizará 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 GPS/GLONASS para levantamentos realizados com receptores GNSS no Brasil;
- Correção do erro do relógio dos satélites com intervalo de 30 segundos para levantamentos realizados no Brasil;

- Correção do DCB (tendência inter-frequência dos receptores e satélites) para as observáveis L1 e L2;
- Inclusão das correções de centro de fase para os satélites GPS dos blocos IIRM e IIF, além da atualização dessas informações para os satélites GPS dos blocos I, II, IIA e IIR;
- Inclusão das correções de centro de fase para os 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 rastreamento 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 diferença 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

- 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 150 cm para 130 cm. 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 foram corrigidas, não caracterizando, entretanto, uma nova versão do programa.
- A partir do dia 07/07/2015 as observações realizadas fora do Brasil são 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 [www.ppp.ibge.gov.br/ppp.htm](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 estão sendo 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 serão utilizados 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 substituindo a versão CSRS-PPP 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 da 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.