

Universal Transverso de Mercator determinadas pelo Posicionamento por Ponto Preciso

Leonardo Costa Garcia
Profº. Ms. Adriane Brill Thum

UNISINOS – Especialização em Informações Espaciais Georreferenciadas
93022-000 São Leopoldo RS
leonardo.cg@brturbo.com.br
adrianebt@unisinos.br

Resumo: O Posicionamento por Pontos Preciso - PPP, é uma alternativa ao pós-processamento de dados coletados com receptores Global Navigation Satellite Systems - GNSS. Este trabalho visa avaliar a variação das coordenadas Universal Transverso de Mercator (UTM) da base de Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) de Lages – SC, ao longo das quatro estações do ano, visando verificar a influencia dos movimentos de rotação e translação da terra sobre as mesmas. Para determinação das coordenadas foi utilizado o método do PPP desenvolvido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Com base nos dados processados e nos dados estatísticos, a diferença máxima entre as coordenadas médias foi de 0,0059 metros, e todos os dados levantados, ficaram dentro dos padrões de precisão posicional exigidos pelo INCRA. Por estes motivos, verificando-se que a variação das coordenadas ao longo do ano não são significativas se comparados com a coordenada oficial da estação.

Palavras chaves: PPP, georreferenciamento, INCRA, IBGE.

Abstract: The Precise Point Positioning - PPP, is an alternative to post-processing of data collected with GNSS receivers (Global Navigation Satellite Systems). This study aims to evaluate the change of coordinates Universal Transverse Mercator (UTM) based on the Brazilian Network for Continuous Monitoring (RBMC) Lages - SC, during the four seasons, to verify the influence of rotation and translation of land on them. To determine the coordinates was calculated using the PPP, developed by the Brazilian Institute of Geography and Statistics. Based on the processed data and statistical data, the maximum difference between the mean coordinates was 0.0059 meters, and all the data collected were within the positional accuracy standards required by INCRA. For these reasons, verifying that the variation of coordinates along the years are not significant compared with the coordinate of the official station.

Keywords: PPP, georeferencing, INCRA, IBGE

1 Introdução

O Posicionamento por Ponto Preciso- PPP é um serviço de pós-processamento de dados GNSS, gratuito, disponibilizado por diversos órgãos governamentais ou não. Vêm sendo muito utilizado no georreferenciamento de imóveis rurais, pois a Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais – 2ª Edição Revisada/Ampliada do INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária) o contempla. Sua utilização neste ramo se deve a baixa densidade de estações da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo) do IBGE, o que acarreta em linhas de base muito grandes em certos pontos do território brasileiro, requerendo assim, grandes tempos de observação com equipamento GNSS para o processamento e ajustamento dos dados via softwares específicos, Rocha (2007); Matsuoka (2009).

A Norma de Execução INCRA/DF/Nº96 de 15 de setembro de 2010, Capítulo III, inciso 2.6, para determinação do Vértice de Apoio Básico, as coordenadas do vértice poderão ser determinadas pelo método do PPP, sendo que neste caso, junto com todos os documentos necessários para certificar o georreferenciamento de um imóvel rural, deverá ser apresentado juntamente o relatório de processamento emitido pelo Sistema PPP do IBGE. Aplicada à Lei 10.267, de 27 de agosto de 2001 e aos Decretos 4.449, de 30 de outubro de 2002 e 5.570 de 31 de novembro de 2005; publicada pelo INCRA em agosto de 2010,

o PPP pode ser utilizado na determinação dos vértices tipo M (Vértice materializado, medido e codificado em campo).

2 Posicionamento por Ponto Preciso

O Posicionamento por Ponto Preciso é um serviço on-line, disponibilizado gratuitamente por diversos órgãos, com a finalidade de se obter coordenadas de boa precisão para vértices ocupados por aparelhos GNSS, no Sistema de Referência Geodésico para as Américas (SIRGAS2000).

Conforme o Manual do Posicionamento por Ponto Preciso, publicado pelo IBGE em março de 2009, o processamento GNSS pelo PPP só é realizado se as órbitas e relógios GNSS, forem disponibilizados pelo IGS (*International GNSS Survey*) na Internet, e no processamento dos dados, serão usados os produtos IGS mais precisos disponíveis no momento que os dados forem submetidos ao PPP.

Uma vantagem da determinação das coordenadas de um determinado ponto através do PPP, é que este método necessita de dados de apenas um receptor e utiliza no pós-processamento efemérides precisas e correções precisas dos relógios dos satélites, possibilitando que a acurácia no posicionamento absoluto passe de metros ao nível de poucos centímetros, quando estas já estiverem sido disponibilizadas pelo IGS, que produz três tipos de efemérides e correções para o relógio dos satélites: IGS, IGR e IGU, conforme Monico (2008).

- i. IGS: é resultante da combinação das órbitas produzidas pelos centros de análises do IGS (estações de controle terrestre), que é disponibilizada ao usuário com uma latência de aproximadamente 13 dias, com uma acurácia melhor que 5 cm no posicionamento e 0,1 ns para correção dos relógios dos satélites;
- ii. IGR: é resultante da combinação das órbitas rápidas produzidas pelos centros de análise, disponibilizadas após 17 horas, com nível de acurácia próximo ao das efemérides IGS;
- iii. IGU: também conhecidas como órbitas ultra-rápidas, são determinadas baseadas parte em base de dados observada e parte em dados preditos, sendo que os dados observados têm latência de 3 horas e os preditos são disponibilizados em tempo real. A acurácia dos dados observados é de 5 cm na posição e 0,2 ns na correção dos relógios, já nos dados preditos, a acurácia é de 10 cm na posição e 5 ns na correção dos relógios.

De acordo com o autor a atualização dos produtos citados acima (IGS, IGR e IGU), se dá em diferentes espaços de tempo. Para o IGS a atualização é semanal, para o IGR é diária, enquanto que para o IGU a atualização se dá quatro vezes ao dia. Nestes produtos, são disponibilizados dados de coordenadas X, Y e Z e erro do relógio em intervalos de 15 minutos, que é o intervalo adequado para realização das interpolações das órbitas dos satélites, mas que nem sempre é o adequado para as correções dos relógios, conforme autor citado acima.

Em termos de acurácia posicional no pós-processamento, quanto maior for a latência para disponibilização das efemérides e correção dos relógios, maior é a precisão alcançada no processamento, Klein (2010), Alves (2010).

O PPP considera ainda para efeitos de processamento dos dados observados a época associada ao referencial adotado, o campo de velocidade para atualização temporal das coordenadas, marés terrestres, e demais correções que serão tratadas no item 3 – IBGE PPP.

Como o PPP é um método pós-processado, é possível que se trabalhe com as efemérides precisas e as devidas correções dos relógios dos satélites, podendo estas correções serem aplicadas tanto no processamento das observações de pseudodistância, como na fase da onda portadora, ou em ambos, conforme Alves (2010).

Os dados para serem processados podem ser obtidos por receptores de uma (L1) ou duas freqüências (L1/L2), e este procedimento pode ser aplicado em diversos ramos da atividade geodésica, Monico (2008); Monico (2000).

Outra grande vantagem do PPP é a eliminação da aquisição simultânea de dados de rastreamento a partir

de uma base da RBMC ou ocupação de marco oficial, eliminando-se assim os problemas decorrentes das distâncias das linhas de base. No quadro 1, na abaix, podemos visualizar os tempos de ocupação e numero de repetições que deve se ocupar um marco tipo M, para determinação das coordenadas deste marco, para que ele possa ser usado como marco de apoio no Georreferenciamento de Imóveis Rurais, em função da linha de base.

Como a Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo, ainda não é uma rede adensada, em várias partes do território brasileiro as linhas de base são superiores a 100 km, fazendo-se assim necessário um grande tempo de rastreio, para obtenção das coordenadas dos pontos de apoio. Desta forma, tratando-se do PPP, o pós-processamento dos dados observados é mais simples através deste método, que apresenta uma variação da acurácia das coordenadas de um ponto através do tempo de observação.

Quadro 1. Características das sessões de rastreio para posicionamento relativo estático GNSS.

0-10 km	20 min	φL1 ou φL1/L2	Fixa	1	Transmitidas ou precisas
10-20 km	30 min	φL1/L2	Fixa	1	Transmitidas ou precisas
10-20 km	60 min	φL1	Fixa	1	Transmitidas ou precisas
20-100 km	120 min	φL1/L2	Fixa/Flutuante	2	Transmitidas ou precisas
100-500 km	240 min	φL1/L2	Fixa/Flutuante	2	Precisas
500-1000 km	480 min	φL1/L2	Fixa/Flutuante	2	Precisas

Fonte: Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais – 2ª Edição Revisada/Ampliada.

Segundo Klein (2010) e Manual do Usuário – Posicionamento por Ponto Preciso; IBGE (2009), a acurácia das coordenadas, quando avaliadas em diferentes períodos de observação (30 min, 1h, 2h, 3h, e assim por diante até 24 horas de observação), não sofre variação significativa após seis horas de observação, tendo um sigma de ordem milimétrica, e uma qualidade de posição em torno de 2 a 3 cm.

Conforme Seeber (2003) e Alves (2010), a idéia básica por trás do PPP, é o pos-processamento de um ponto utilizando-se as efemérides precisas bem como os relógios

3 IBGE-PPP

O PPP do IBGE é um de pós-processamento de dados GNSS, oferecido pelo IBGE, disponível para qualquer usuário que se cadastrar no site www.ibge.gov.br/ppp, com a finalidade de se obter coordenadas de boa precisão no SIRGAS2000, conforme o Manual do Usuário – Posicionamento por Ponto Preciso; IBGE (2009). Para processamento, via PPP do IBGE, só são aceitos dados GPS ou GNSS, rastreados após a data oficial de adoção do SIRGAS2000 no Brasil, ou seja, dados coletados após 25 de fevereiro de 2005.

Para o processamento via internet, é necessário que usuário já cadastrado, envie o arquivo RINEX do levantamento, que contém todos os dados necessários do receptor GNSS para o processamento. Caso não conste no arquivo RINEX os dados da antena do receptor, é necessário que o usuário configure no site do PPP, o tipo de antena utilizada, bem como a altura da antena.

Após a inclusão destes dados, é necessário que o usuário insira um e-mail para que os arquivos processados sejam enviados para posterior download. O PPP do IBGE só será realizado após a liberação dos dados das órbitas e relógios GNSS pelo IGS; e sempre utilizará no processamento os produtos IGS mais precisos disponibilizados no momento em que o arquivo RINEX é submetido ao PPP. Conforme o Manual do Usuário – Posicionamento por Ponto Preciso (2009) as órbitas precisas são disponibilizadas após 13 dias da data do levantamento, enquanto as rápidas, após 2 dias do levantamento; logo no caso de processamento dos dados de um levantamento serem processados após 13 dias do levantamento, os mesmos serão processados com as órbitas precisas.

O PPP utiliza diversas correções para obtenção de coordenadas com maior acurácia, dentre elas: correção do centro de fase da antena, correção de cargas oceânicas, correção de marés terrestres, dados meteorológicos de superfície e correções ionosféricas (nos casos de utilização de receptores de uma freqüência).

O PPP no seu processamento realiza a correção do centro de fase da antena do receptor, bem como dos satélites, porém, para esta correção, quando o tipo da antena do receptor não estiver presente no arquivo RINEX, enviada para processamento, o usuário deverá entrar com os dados corretos na página do serviço.

Para seleção do tipo de antena o usuário deverá selecionar na página do serviço o modelo de antena do receptor, conforme a nomenclatura adotada pelo IGS. As informações das antenas utilizadas nos diversos tipos de receptores GNSS, são constantemente atualizadas pelo IGS e disponibilizadas em ftp://igscb.jpl.nasa.gov/pub/station/general/antenna_README.pdf ou no endereço www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/index.shtml.

Segundo o Manual do Usuário – Posicionamento por Ponto Preciso (2009) para dados coletados antes da semana GPS 1400 (05/11/2006) são utilizados as correções do centro de fase relativo, e após esta data do centro de fase absoluto.

Quanto a correção referente as cargas oceânicas, as mesmas só são aplicadas, quando o ponto submetido ao PPP, estiver a menos de 10 km de uma estação da RBMC; e, para realização da correção das cargas oceânicas, o PPP do IBGE, utiliza o modelo de carga oceânica FES2004.

Maiores informações sobre as correções de cargas oceânicas no Posicionamento por Ponto Preciso podem ser obtidas em www.oso.chalmers.se/~loading/, conforme o Manual do Usuário – Posicionamento por Ponto Preciso (2009).

Outra correção aplicada se dá devido ao fato de as coordenadas definidas em ITRF ou qualquer outro sistema de referência, sofrerem variação ao longo do tempo, devido aos movimentos das placas tectônicas. Por este motivo o PPP retorna ao usuário as coordenadas referidas a uma determinada época do tempo, no caso do PPP – IBGE as coordenadas no sistema SIRGAS2000, para a época 2000.4, que é o sistema de referência oficial do Brasil.

Para esta correção o PPP do IBGE, utiliza o Modelo de Velocidades SIRGAS-VEMOS, reduzindo assim as coordenadas calculadas para a data do levantamento em coordenadas na data de adoção do SIRGAS2000 como sistema oficial no Brasil (época 200.4).

Com relação às altitudes, o PPP utiliza o Modelo de Ondulação Geoidal (MAPGEO2004) para se obter as altitudes geométricas e/ou ortométricas,. Vale lembrar que as altitudes geométricas são referidas ao elipsóide GRS80 – SIRGAS2000, enquanto que as ortométricas são referidas ao geóide.

Quanto ao tempo de rastreio, conforme bibliografia consultada, o tempo mínimo de rastreio para que se possam processar os dados coletados através do PPP dever ser no mínimo igual a 30 minutos, Monico (2008). Não há um tempo máximo de rastreio definido, o que existe é a limitação quanto ao tamanho máximo do arquivo a ser processado, sendo que seu tamanho não deve ser maior que 20 Mb. Arquivos maiores que 20 Mb, não são processados pelo PPP.

Inicialmente no processamento de dados pelo PPP, é necessário que o usuário selecione o tipo de arquivo de dados coletados que será submetido ao processamento, podendo o mesmo estar no formato RINEX puro ou Hatanaka. O arquivo enviado poderá estar comprimido ou compactado desde que nos formatos ZIP, WINZIP, GZIP ou TAR-GZIP, conforme o Manual do Usuário – Posicionamento por Ponto Preciso (2009). Pode ser enviado para processamento, mais de um arquivo de dados por vez, desde que os arquivos RINEX ou Hatanaka estejam comprimidos nos formatos aceitos acima e estejam localizados diretamente no diretório raiz.

Após a seleção do arquivo a ser processado, o usuário deve selecionar qual o método foi utilizado na coletas dos dados: estático ou cinemático. No caso do georreferenciamento de imóveis rurais e no caso deste trabalho, devido ao tipo de coleta de dados utilizado, seleciona-se a opção estática para processamento. Quando se seleciona o modo estático é gerado um relatório de processamento com os dados referentes ao ponto, se for selecionado o modo cinemático, é gerado um relatório de posição em relação ao tempo.

No caso do usuário selecionar o modo Cinemático e o levantamento tenha sido realizado no modo estático, não há problema quanto ao processamento via PPP, visto que ele processa da mesma forma. Já o inverso, levantamento no modo cinemático e processamento no modo estático, o PPP – IBGE, não processa, retornando ao usuário uma mensagem de erro.

Após selecionar o arquivo a ser processado e definir o modo de processamento em relação ao tipo de coleta de dados (estático ou cinemático), o usuário deve selecionar o tipo da antena conforme a nomenclatura do IGS, disponível em ftp://igscb.jpl.nasa.gov/igscb/station/general/rvcv_ant.tab; ftp://igscb.jpl.nasa.gov/pub/station/general/antenna_README.pdf, também disponível no endereço www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/index.shtml. Selecionado o tipo de antena, caso a mesma não esteja contemplada no arquivo RINEX ou Hatanaka, deve-se então inserir o valor da altura da antena em metros.

Por fim, insere-se o e-mail para o qual serão enviados os dados processados do PPP. Após o processamento, será enviado um e-mail para o endereço que o usuário inseriu, onde há um link para que o mesmo realize o download dos dados referentes ao processamento. Há ainda a possibilidade de se aguardar o processamento na pagina do PPP – IBGE e realizar-se o download diretamente da página após a realização do processamento on-line dos dados coletados.

Conforme o Manual do Usuário – Posicionamento por Ponto Preciso (2009), o PPP do IBGE só processará os dados enviados após 48 horas do término do rastreio. Sendo os dados remetidos ao processamento antes das 48 horas do término do rastreio, aparecerá uma mensagem de erro e o arquivo não será processado.

Ainda conforme o Manual do Usuário – Posicionamento por Ponto Preciso (2009), as coordenadas disponibilizadas após o processamento pelo PPP, encontram-se no sistema ITRF – *International Terrestrial Reference Frame* e SIRGAS2000 – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas.

O PPP adota o referencial, realizado pelo IGS na época para a qual as órbitas IGS foram calculadas, sendo que apresenta soluções em ITRF (IGS05), para dados coletados após a semana GPS 1400. Para dados coletados antes da semana GPS 1400, os valores são estimados em ITRF(IGb00). Informações adicionais sobre o ITRF podem ser encontradas em www.iers.otg/iers/products/itrf/.

Um fator importante do processamento de dados pelo PPP é a disponibilização ao usuário das coordenadas na realização do ano de 2000, época 2000.4 no SIRGAS2000, ou seja, reduzidas a dada de adoção do SIRGAS2000 como sistema de referência geodésico oficial do Brasil; que se deu através da Resolução do Presidente do IBGE nº1 de 25/02/2005.

As coordenadas processadas via PPP da base RBMC de Lages – SC em SIRGAS2000, reduzidas a época 2000.4, disponibilizadas pelo relatório de processamento do PPP – IBGE, foram utilizadas neste trabalho para avaliar a precisão das mesmas quando comparadas as coordenadas oficiais desta estação.

Após o processamento do PPP, quando o usuário faz o download dos dados processados, ele recebe 5 arquivos contendo dados e outras informações do processamento. Estes arquivos inicialmente encontram-se compactados em formato ZIP, que deve ser posteriormente descomprimido para que seja possibilitada sua visualização e avaliação dos dados processados.

Um dos arquivos mais importantes dos cinco gerados pelo processamento do PPP é o arquivo de extensão SUM, que basicamente é o relatório detalhado de todo o processamento, contendo informações de dados, correções, órbitas, parâmetros de orientação terrestre, parâmetros de transformação, observações rejeitadas, coordenadas do processamento (estático), modelo de carga oceânica, Manual do Usuário – Posicionamento por Ponto Preciso (2009).

Outro arquivo muito importante tratando-se do Georreferenciamento de Imóveis Rurais é o arquivo de extensão PDF, que basicamente é o relatório resumido do processamento. Este relatório contém as coordenadas do processamento quando o mesmo for estático, desvio padrão das coordenadas e ondulação geoidal.

Há também mais três arquivos disponibilizados de extensões POS, KML e TXT, respectivamente. Porém são arquivos de menor importância para utilização em Georreferenciamento de Imóveis Rurais. O arquivo de extensão POS, possui uma estimativa das coordenadas do ponto rastreado, época por época durante o tempo de rastreio. O arquivo de extensão KML, é um arquivo para ser visualizado no Google Earth, salientando-se que há divergências quanto a verdadeira posição do ponto devido a qualidade posicional da

imagem. Já o arquivo TXT, serve apenas para informar o conteúdo de cada um dos outros arquivos.

Maiores informações sobre o serviço de PPP do IBGE, bem como, a metodologia completa de análise e processamento dos dados, são disponibilizados no Manual do Usuário – Posicionamento por Ponto Preciso (2009), disponível para download em www.ibge.gov.br/ppp.

4 Aplicação no Georreferenciamento de Imóveis Rurais

O Posicionamento por Ponto Preciso é aceito para determinação dos vértices de apoio, desde a publicação da Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais – 2^a Edição e sua portaria de aprovação, e continua contemplado na Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais – 2^a Edição/Revisada de agosto de 2010, aprovada pela Portaria/INCRA/P/Nº578 de 16 de setembro de 2010.

Segundo a Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais, pode-se utilizar o processamento de dados via PPP, para determinação das coordenadas dos vértices tipo M (marco). Os vértices do tipo M são vértices que têm suas coordenadas determinadas a partir da ocupação física do mesmo com equipamento GNSS, necessariamente materializados e devidamente identificados.

Os vértices do tipo M são classificados quanto a um indicador de precisão posicional para cada par de coordenadas, relativos a cada vértice definidor do limite do imóvel, sendo que a precisão destes vértices não deve ultrapassar 0,50 metros. Os padrões de precisão aceitos são definidos pela Portaria INCRA/P/Nº954/2002.

Para determinação da precisão posicional de um ponto o INCRA, através de Norma Técnica, utiliza a Fórmula 01 abaixo, para determinar a resultante horizontal e classificar quanto a precisão posicional os vértices quanto a sua finalidade, conforme o Quadro 02, também abaixo.

Fórmula 01: Precisão Posicional $PP=(\sigma E^2 + \sigma N^2)^{1/2}$ Sendo:

PP – Precisão Posicional em metros;

σE – desvio padrão da componente Este em metros;

σN – desvio padrão da componente Norte em metros;

Quadro 2. Classificação de vértices quanto a finalidade, precisão e tipo.

C1	Apoio Básico / Apoio Imediato / Limite	$\leq 0,10$	M	
C2	Apoio Imediato / Limite	$\leq 0,20$	M	
C3	Desenvolvimento de Poligonal / Limite	$\leq 0,40$	M, P	
C4	Limite	$\leq 0,50$	M, P, V, O	
C5	Limites Naturais	$\leq 2,00$	P, V, O	
C7	Limite – USO RESTRITO –	*		

*Precisão dependente do método. Fonte: Norma Técnica do INCRA

Desta forma, analisando-se o quadro acima e dependendo da precisão posicional obtida no processamento dos dados, o PPP pode ser utilizado para determinação de vértices dos tipos C1, C4 C5 e C7, porém, neste caso, deve-se verificar se o tempo de ocupação para obtenção da precisão posicional do PPP em relação ao método de processamento relativo estático rápido e ao relativo estático. Também deve-se verificar se os valores das precisões (σ) publicados no relatório resultante estão dentro dos padrões de precisão posicional aceitáveis.

Conforme a norma técnica, os vértices do tipo M, passíveis de determinação de suas coordenadas via PPP do IBGE, devem ser devidamente materializados antes do processo de medição/ocupação, por monumentos artificiais implantados pelo detentor do imóvel, devidamente identificado, conforme o padrão de marcos aceito pelo INCRA, disponível no ANEXO I da Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais – 2^a Edição Revisada/Ampliada. O quadro 3 abaixo mostra como deve ser a materialização dos vértices quanto ao tipo.

Quadro 3. Classificação de tipos de vértices quanto à materialização.

M	Vértice materializado, medido e codificado em campo.
P	Vértice medido e não materializado
V	Vértice determinado indiretamente e não materializado
O	Vértice paralelo a eixo medido e não materializado

Fonte: Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais – 2ª Edição Revisada/Ampliada.

Os Vértices de Apoio Básico (C1) têm a finalidade de transporte de coordenadas de vértices de controle planimétrico a partir de dados do SGB (Sistema Geodésico Brasileiro), e podem ser determinados através do método relativo estático a partir de no mínimo dois vértices do SGB, permitindo assim o ajustamento das coordenadas; ou através do PPP - IBGE. Em qualquer um dos casos do levantamento, o tempo de rastreio deverá ser o suficiente para assegurar o alcance dos parâmetros estabelecidos no quadro 2.

Para a determinação das coordenadas dos Vértices do Perímetro (C4), Vértices de Limites Naturais (C5) e os Vértices Restritos ou Inacessíveis (C7), pode-se utilizar também o PPP – IBGE, desde que também sejam alcançados os parâmetros de precisão posicional estabelecidos no quadro 2.

No levantamento dos vértices e pontos de apoio tanto pelo PPP, quanto pelo método relativo estático e o método relativo estático rápido, devemos observar os padrões de processamento e tratamento de dados, contemplados no Capítulo 6 da Norma Técnica do INCRA.

O presente trabalho tem como principal objetivo avaliar a variação das coordenadas UTM, de um ponto da RBMC ao longo do ano, devido a ação dos movimentos de rotação e translação da terra (estações do ano), para a estação RBMC de Lages-SC, verificando se há ou não, variação significativa das mesmas.

5 Materiais e Métodos

Para o desenvolvimento do presente trabalho foram utilizados os dados da estação de Lages-SC, que é uma das estações da RBMC-IBGE, que foram baixados da página do IBGE, durante quatro meses do ano de 2010, sendo cada mês em uma determinada estação do ano (primavera, verão, outono e inverno). Foram utilizados os arquivos RINEX, sem cortes (24 horas), num período de 31 dias em cada estação do ano, nos meses de: janeiro/fevereiro, abril/maio, julho/agosto e outubro/novembro.

A base RBMC de Lages – SC, possui coordenadas oficiais SIRGAS2000 (Época 2000.4), no sistema UTM **N=6.925.551,902** e **E=568.538,121**, meridiano central -51°. Na base de Lages, o receptor utilizado é do tipo NetR5 e antena é do tipo ZEPHYR GNSS GEODETIC MODEL 2 (TRM 55971.00), conforme relatório da base para o período analisado, podendo ter acontecido alguma alteração após 15 de dezembro de 2010. O seguinte relatório, pode ser baixado diretamente no site do IBGE.

Após a aquisição dos arquivos RINEX da estação, os dados foram processados pelo serviço de Posicionamento por Ponto Preciso do IBGE, através do site: www.ibge.gov.br/ppp. Conforme citado anteriormente, este é um serviço de pós-processamento gratuito, disponibilizado após um breve cadastro de usuário no site. Todos os arquivos RINEX foram enviados um a um e os dados processados foram baixados diretamente do site.

Durante o processamento, primeiramente escolheu-se os arquivos RINEX, selecionou-se o modo “estático” para processamento, bem como se selecionou o tipo de antena referente à base analisada conforme denominação do IGS, que para a antena de Lages é TRM 55971.00. Desta forma se processou os dados do arquivo RINEX, porém com os dados da antena fornecidos pelo IGS.

De posse dos relatório de dados em PDF do processamento do PPP, primeiramente se realizou a transformação das coordenadas geográficas (latitude e longitude) em SIRGAS2000 época 2000.4, para coordenadas planas UTM, através do software livre TCGeo – Sistema de Transformação de Coordenadas;

desenvolvido pela Coordenação de Geodésia (CEGED) do IBGE, disponível gratuitamente no site www.ibge.gov.br.

Após a transformação das coordenadas geográficas em coordenadas planas UTM, montou-se uma tabela para comparação dos dados processados via PPP com as coordenadas oficiais da base RBMC de Lages-SC disponível no relatório da estação. Foram analisadas as diferenças de coordenadas este e norte, bem como a diferença de posição horizontal e a precisão posicional dos pontos processados.

Com as diferenças calculadas, fez-se o tratamento estatístico, calculando-se a média, variância, e desvio padrão das coordenadas processadas e comparadas novamente com a coordenada oficial. Vale salientar que comparou-se as coordenadas reduzidas para o SIRGAS2000 época 2000.4, fornecidas pelo relatório de processamento em PDF do PPP, visto que as coordenadas oficiais das estações da RBMC, também são reduzidas a mesma época.

Não se fez comparação da parte altimétrica, visto que para o INCRA, conforme a Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais – 2^a Edição Revisada/Ampliada, não é considerada a altitude dos pontos processados para o cálculo da precisão posicional.

Por fim, foram elaborados os gráficos e tabelas expressados a seguir na discussão, para uma melhor visualização e interpretação dos dados.

6 Discussão

Os resultados obtidos na pesquisa através da análise dos dados obtidos dos processamentos realizados através do PPP – IBGE, da base RBMC de Lages – SC, para o ano de 2010, serão analisados e apresentados primeiramente separadamente de acordo com as estações do ano e posteriormente para o ano todo de 2010.

Conforme se pode analisar abaixo nos quadros 4, 5, 6, 7 e 8, as coordenadas apresentaram pouca variação ao longo do ano, sendo que a variação máxima entre as coordenadas médias este e norte nas quatro estações variam na ordem de milímetros, variação esta que ficou dentro dos valores pesquisados e disponibilizados anteriormente por Klein (2010) e Manual do Usuário – Posicionamento por Ponto Preciso; IBGE (2009), que analisaram a precisão do posicionamento em relação ao tempo de observação.

Averiguando-se ainda os quadros, podemos visualizar que o vetor em metros, que significa a distância entre a coordenada oficial e a coordenada média para cada estação do ano, variou ao longo do ano, no máximo 5,9 milímetros ao longo do ano, e que o vetor máximo é de 0,0306 metros ou seja, dentro dos padrões de precisão exigidos para os marcos tipo M, pela Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais – 2^a Edição Revisada/Ampliada.

Com relação a precisão posicional podemos ver uma variação menor ainda ao longo do ano para as estações do ano de 2010 estudadas, sendo que neste parâmetro, a variação máxima entre as quatro estações é de 0,0015 metros, provando desta forma a boa qualidade de processamento de dados coletados por receptores GNSS processados via PPP – IBGE.

Quadro 4. Análise de dados – Verão.

	Reduzida		Δ Reduzida/Oficial		Vetor (m)	PP
	E (m)	N (m)	ΔE (m)	ΔN (m)		
Média	568538,09 9	6925551,89 2	0,0222	0,0104	0,0247	0,0050
Desvio Padrão	0,00615	0,00462	0,0062	0,0046	0,0067	0,0005
Variância	0,00004	0,00002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Moda	568538,10 1	6925551,89 0	0,0200	0,0120	0,0251	0,0045

Quadro 5. Análise de dados – Outono.

	Reduzida		ΔReducida/Oficial		Vetor	PP
	E (m)	N (m)	ΔE (m)	ΔN (m)	(m)	
Média	568538,09 8	6925551,88 8	0,0233	0,0142	0,0274	0,0047
Desvio Padrão	0,00379	0,00252	0,0038	0,0025	0,0038	0,0006
Variância	0,00001	0,00001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Moda	568538,09 9	6925551,88 7	0,0220	0,0150	0,0292	0,0045

Quadro 6. Análise de dados – Inverno.

	Reduzida		ΔReducida/Oficial		Vetor	PP
	E (m)	N (m)	ΔE (m)	ΔN (m)	(m)	
Média	568538,09 6	6925551,88 4	0,0247	0,0177	0,0306	0,0045
Desvio Padrão	0,00356	0,00245	0,0036	0,0025	0,0031	0,0002
Variância	0,00001	0,00001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Moda	568538,09 6	6925551,88 4	0,0250	0,0180	0,0308	0,0045

Quadro 7. Análise de dados – Primavera.

	Reduzida		ΔReducida/Oficial		Vetor	PP
	E (m)	N (m)	ΔE (m)	ΔN (m)	(m)	
Média	568538,10 1	6925551,88 4	0,0202	0,0177	0,0270	0,0045
Desvio Padrão	0,00340	0,00220	0,0034	0,0022	0,0032	0,0002
Variância	0,00001	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Moda	568538,10 1	6925551,88 4	0,0200	0,0180	0,0284	0,0045

No quadro 8, da abaixo, analisando-se todos os parâmetros estudados para o ano de 2010, no intervalo de 120 dias dos dados analisados durante as quatro estações do ano, podemos observar a precisão alcançada pelo PPP, que atendeu a todos os parâmetros exigidos pela Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais – 2ª Edição Revisada/Ampliada.

Tanto o vetor que mede a distância entre a coordenada oficial e a coordenada média para os 120 dias, quanto a precisão posicional estão dentro dos padrões exigidos pela norma.

Quadro 8. Análise de dados – Ano de 2010.

	Reduzida		ΔReducida/Oficial		Vetor	PP
	E (m)	N (m)	ΔE (m)	ΔN (m)	(m)	
Média	568538,09 8	6925551,88 7	0,0226	0,0150	0,0274	0,0047
Desvio Padrão	0,00467	0,00434	0,0047	0,0043	0,0049	0,0005
Variância	0,00002	0,00002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Moda	568538,09 6	6925551,88 4	0,0250	0,0180	0,0284	0,0045

Nas figuras 1, 2, 3, 4 e 5 abaixo e nas próximas páginas, podemos enxergar de maneira mais fácil através dos gráficos de discrepância, a variação das coordenadas dos pontos processados ao longo das quatro estações do ano e a discrepancia entre as coordenada médias para as estações e para o ano de 2010, em relação a coordenada oficial da base RBMC de Lages – SC.

As figuras mostram as coordenadas processadas para cada dia de cada estação do ano considerada, bem como a coordenada média da estação, a coordenada oficial da estação RBMC de Lages – SC e a coordenada média anual. O PPP diário realizado nas quatro estações do ano apresenta grande repetição de coordenadas UTM (este e norte), sendo este o motivo da não visualização dos 30 pontos diários nas figuras 1, 2, 3 e 4.

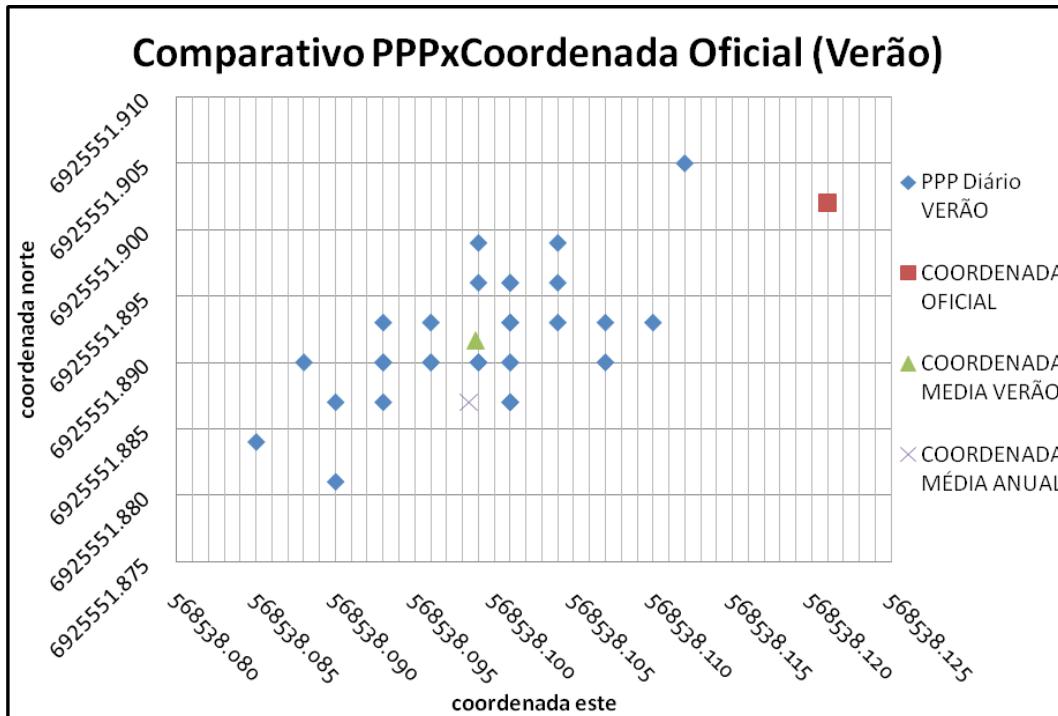


Figura 1. Comparativo dos dados processados pelo PPP – IBGE, com a coordenada oficial da Base RBMC de Lages SC, para o Verão.

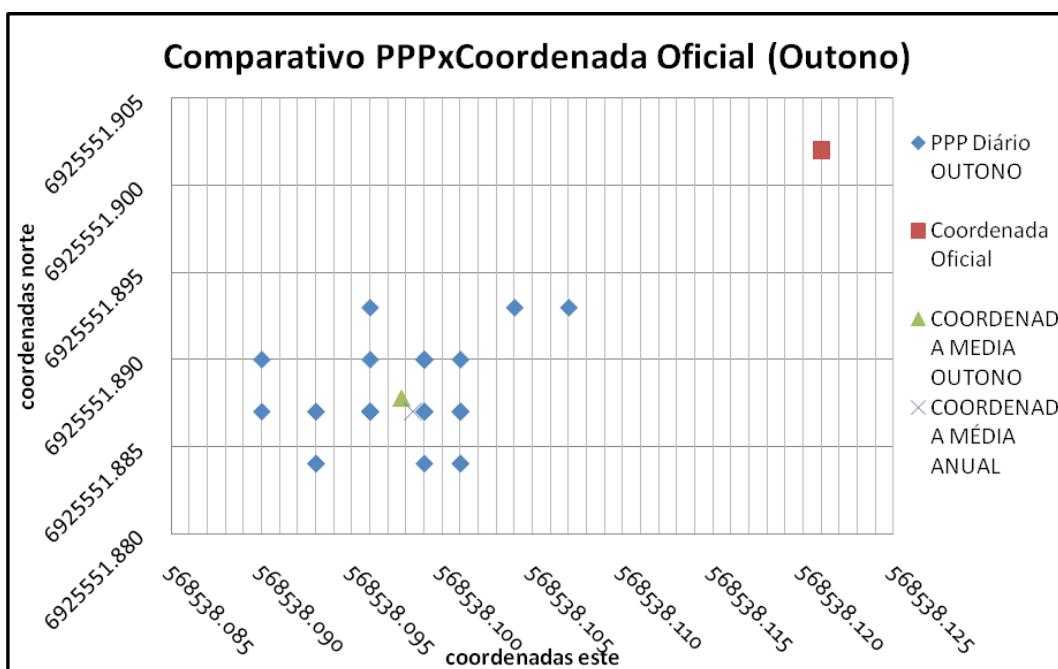


Figura 2. Comparativo dos dados processados pelo PPP – IBGE, com a coordenada oficial da Base RBMC de Lages – SC, para o Outono.

Ao se analisar as figuras 1 e 2 acima e na página anterior; bem como as figuras 3, 4 e 5 abaixo e na próxima página, podemos visualizar que as coordenadas embora apresentem alguma variação, e esta não seja significativa nas quatro estações do ano de 2010, estas situam-se sempre a sudoeste da coordenada oficial da base RBMC de Lages – SC.

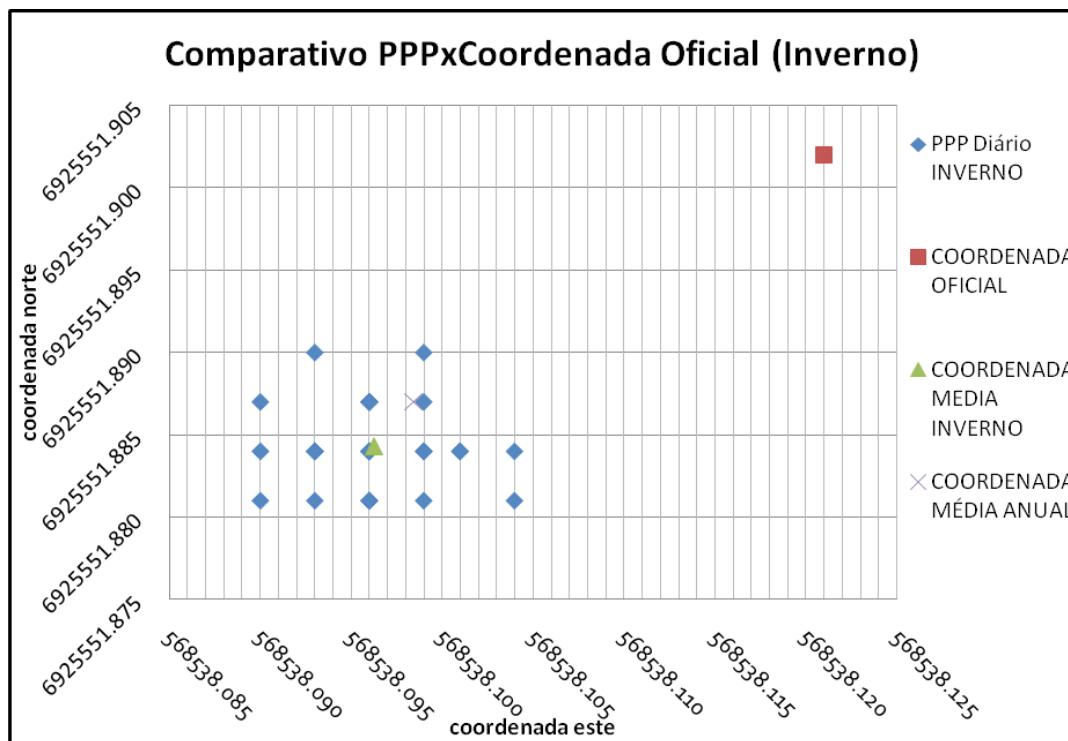


Figura 3. Comparativo dos dados processados pelo PPP – IBGE, com a coordenada oficial da Base RBMC de Lages – SC, para o Inverno.

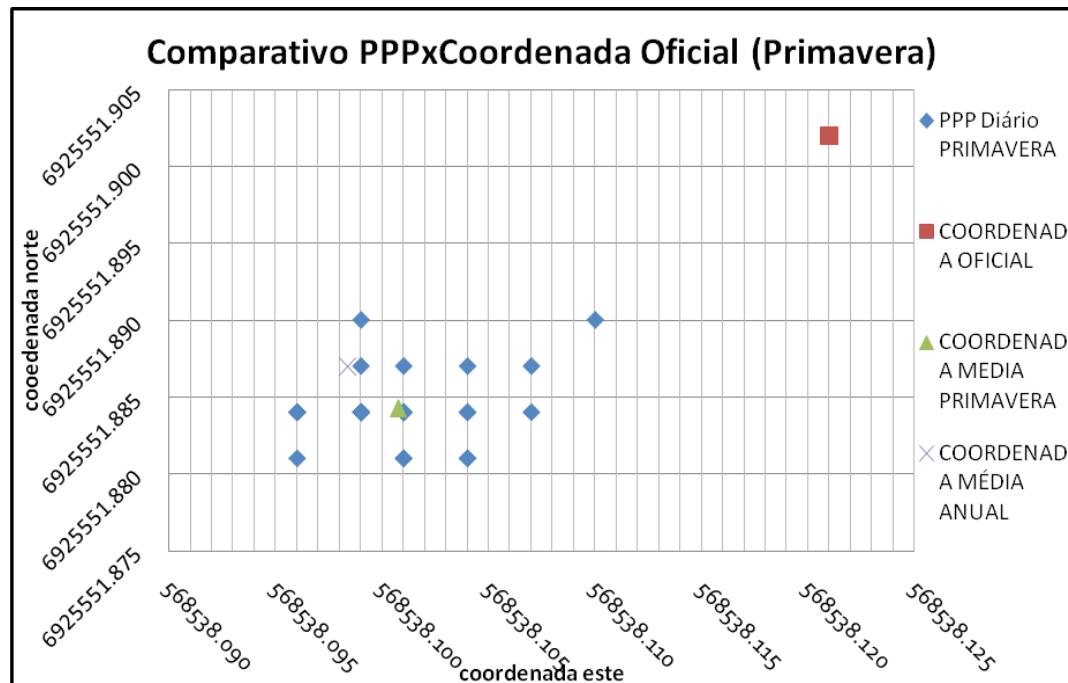
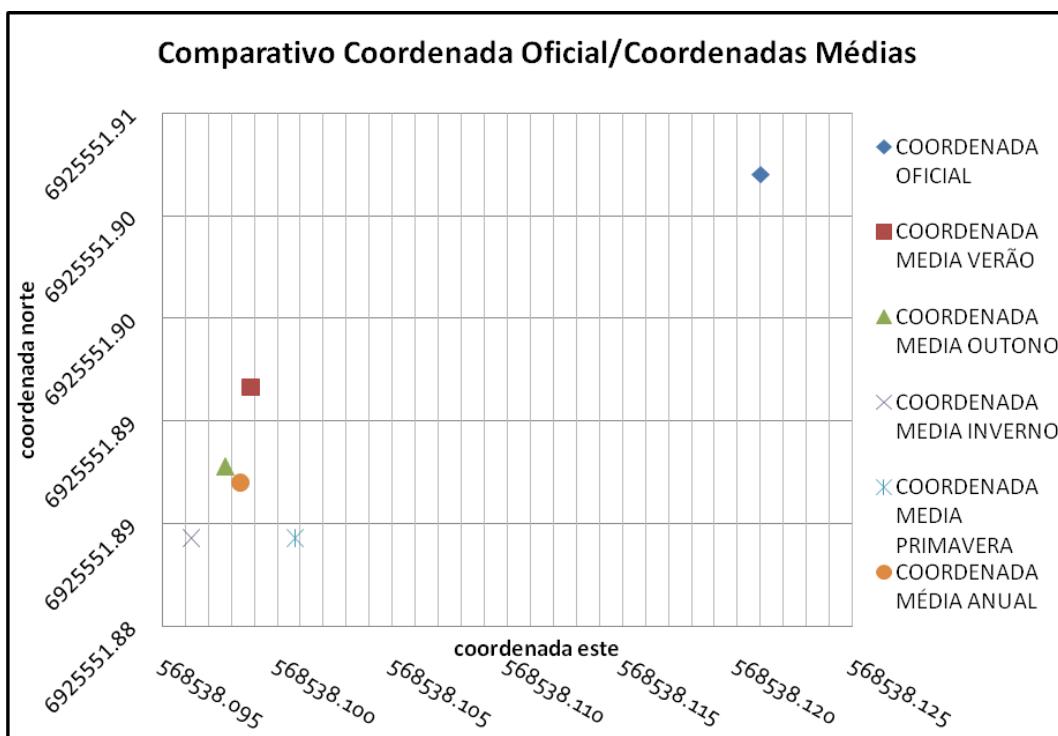


Figura 4. Comparativo dos dados processados pelo PPP – IBGE, com a coordenada oficial da Base RBMC de Lages – SC, para a Primavera.



A figura 5 acima, mostra os pontos representando as coordenadas médias nas quatro estações do ano, bem como a coordenada média para o ano de 2010 e a coordenada oficial da estação RBMC de Lages – SC. Conforme citado anteriormente o vetor médio em relação a coordenada oficial não ultrapassa os 3,1 centímetros, bem como a precisão posicional apresenta pouca variação, estando todos os parâmetros dentro dos parâmetros exigidos pela norma de georreferenciamento.

Conforme citado anteriormente a respeito dos trabalhos estudados de Klein (2010) e de Alves (2010), o PPP apresenta pouca variação de precisão nas coordenadas a partir de 6 horas de rastreio, sendo que as coordenadas pouco variam entre 6 e 24 horas de observação, sendo perfeitamente aplicável quando a distância das linhas de base forem superior a 100 km.

Devido ao tempo de rastreio e as distâncias da linha de base, o processamento de dados observados através do PPP – IBGE é uma ferramenta simples, de fácil operação e que opera utilizando os dados mais confiáveis e precisos disponíveis no momento, sem a necessidade de utilização de diversos softwares para processamento e redução das coordenadas ao SIRGAS2000 época 2000.4.

Por estes motivos, bem como pela precisão e acurácia, mostrados acima, é uma ferramenta em crescente uso por profissionais da área da geodésia e da cartografia; pois é um sistema simples e que não requer grandes recursos computacionais para processamento, necessitando apenas de conexão com a internet.

Outro fator que vale destacar quanto ao uso do PPP, é que ele praticamente elimina o erro humano no processamento e ajustamento das coordenadas do ponto levantado, visto que o usuário precisa apenas enviar o arquivo RINEX ou Hatanaka para processamento e configurar corretamente a antena do receptor quando necessário (quando o dado da mesma não estiver presente no arquivo RINEX ou Hatanaka).

Outra facilidade quanto ao seu uso é a não necessidade de se realizar o download dos produtos IGS mais precisos para o processamento, devido ao fato, de o PPP realizar o processamento com os produtos IGS mais precisos disponíveis do momento e de considerar fatores como marés terrestres, correção ionosférica e outras enunciadas anteriormente.

Assim, observando-se os resultados analisados anteriormente e considerando-se os parâmetros de precisão e acurácia exigidos pelo INCRA no georreferenciamento de imóveis rurais, disponibilizados através da Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais – 2ª Edição Revisada/Ampliada verificou-se que não há variação significativa das coordenadas processadas pelo PPP através das estações do ano.

7 Conclusão

O PPP é um sistema simples e apresenta bom resultado de precisão e acurácia.

A variação das coordenadas devido aos movimentos de rotação e translação da terra, que definem as estações do ano, não foi significativa para o ano de 2010, apresentando pouca variação entre as coordenadas processadas.

Com os resultados deste trabalho conclui-se que as estações do ano não influem nos parâmetros já utilizados para correções a ajustes das coordenadas pelo PPP, como: correção do centro de fase da antena, correção de cargas oceânicas, correção de marés terrestres, dados meteorológicos de superfície e correções ionosféricas (nos casos de utilização de receptores de uma freqüência).

8 Referencias bibliográficas

Monico, J.F.G.: *Posicionamento pelo GNSS – Descrição Fundamentos e Aplicações*, 2ª Edição, Editora UNESP, São Paulo – SP, 2008.

Rocha, C.H.B.: *Geoprocessamento – Tecnologia Transdisciplinar*, 3ª Edição – Revista e Atualizada, Editora UFJF, Juiz de Fora – MG, 2007.

Alves, C.M.D.; Romão, V.M.C.; Mônico, J.F.G.; Garnés, S.J.A.: *Avaliação da qualidade do Posicionamento por Ponto Preciso na sua forma on-line*, in: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife – PE, 27-30 de julho de 2010, p. 001-007.

Klein, I.; Matsuoka, M.T.; de Souza, S.F.: *Análise do serviço on-line de PPP (GDGPS – APPS) para Receptores de Dupla Freqüência: um estudo envolvendo dados de estações da RBMC*, in: Gaea – Journal of Geoscience, vol. 6, n. 2, jul/dez 2010, p. 90-98, UNISINOS, São Leopoldo – RS, 2010.

Matsuoka, M.T.; de Azambuja, J.L.F.; de Souza, S.F.; Veronez, M.R.V.: *Potencialidades do serviço on-line de Posicionamento por Ponto Preciso (CSRS-PPP) em aplicações geodésicas*, in: Gaea – Journal of Geoscience, vol. 5, n. 1, jan/jun 2009, p. 42-49, UNISINOS, São Leopoldo – RS, 2009.

Klein, I.; Matsuoka, M.T.; de Souza, S.F.: *Análise do serviço on-line de PPP (GDGPS – APPS) para Receptores de Dupla Freqüência: um estudo envolvendo dados de estações da RBMC*, in: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife – PE, 27-30 de julho de 2010, p. 001-007.

Mônico, J.F.G.: *Posicionamento por ponto de alta precisão utilizando o GPS: uma solução para a geodinâmica*, in: Revista Brasileira de Geofísica, Vol. 18(1), Rio de Janeiro – RJ, 2000, p. 39-48.

Seeber, G.: *Satellite Geodesy, foundations, methods and applications*, 2nd Edition, Berlin, New York, Walter de Gruyter, 2003.

IGS (International GNSS Service): *IGS Products*, disponível em: <http://igscb.jpl.nasa.gov/components/prods.html>, acesso em 15/01/2011.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística): *Manual do Usuário – Posicionamento por Ponto Preciso*, ver. março de 2009, disponível em: www.ppp.ibge.gov.br/manual_ppp.pdf, acesso em 10/10/2010.

INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária): *Norma de Execução INCRA/DF/Nº96 de a5 de setembro de 2010*, disponível em: http://www.incra.gov.br/portal/index.php?option=com_docman&Itemid=255, acesso em 10/10/2010.

INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária): Portaria/INCRA/P/Nº 578/2010, de 16 de setembro de 2010, publicada no D.O.U. nº183 de 23/09/2010, disponível em: http://www.incra.gov.br/portal/index.php?option=com_docman&Itemid=295, acesso em 10/10/2010.

INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária): Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais – 2ª Edição Revisada/Ampliada, de agosto de 2010, disponível em: http://www.incra.gov.br/portal/index.php?option=com_docman&Itemid=295, acesso em 10/10/2010.