

Análise da Tendência Temporal das Discrepâncias obtidas entre as coordenadas estimadas pelo IBGE-PPP e as coordenadas de referência da Estação VICO / RBMC

Julio Cesar de Oliveira¹
Lécio Alves Nascimento¹
William Dal Poz¹
Thiago Antônio de Oliveira¹

¹ Universidade Federal de Viçosa - UFV
Departamento de Engenharia Civil – Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica
CEP: 36.570-900 – Viçosa – MG – Brasil
{ oliveirajc , lecio.nascimento, william.dalpoz, thiago.antonio }@ufv.br

Abstract. The free online service for processing GNSS data and the stations of the Brazilian Network for Continuous Monitoring (RBMC) enables users with GPS and/or GLONASS receivers obtain coordinates with good accuracy. The precise point positioning is a powerful tool to be used in applications requiring high level of precision. However, it is essential to analyze the quality of data generated, and particularly in this study were analyzed the discrepancies between the PPP coordinates and coordinate reference to station VICO in 2013. In addition, was analyzed the influence of the data collection period (of 0.5 to 24 hours) on estimation of coordinates. The impacts of these collection periods by PPP coordinates in 2013 were assessed by decomposition of time series. Decomposition of time series of the discrepancies show an increasing trend throughout the year, and small data collection period showed the largest discrepancies.

Palavras-chave: Precise Point Positioning; GPS; discrepancy; collection periods; Posicionamento por Ponto Preciso; GPS; discrepância; período de rastreamento.

1. Introdução

As técnicas de posicionamento têm evoluído de forma rápida e constante gerando uma demanda diversa de aplicações em tempo real e pós-processada, o que torna o papel da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS-RBMC cada vez maior. Implantada em dezembro de 1996, a RBMC é constituída por um conjunto de estações que utilizam alguns dos sistemas integrantes da tecnologia GNSS (Global Navigation Satellite System), especificamente o GPS (Global Position System), que possibilitam a coleta e armazenamento de dados e consequentemente a manutenção e a atualização da estrutura geodésica no país (IBGE, 2011).

Os receptores GNSS da rede possuem, atualmente, a capacidade de rastrear satélites GPS e GLONASS, enquanto alguns rastreiam apenas GPS. Tais receptores coletam continuamente as observações do código e da fase das ondas portadoras transmitidos pelos satélites das constelações GPS ou GLONASS. Cada estação possui um receptor e antena geodésica, conexão de Internet e fornecimento constante de energia elétrica, o que possibilita sua operação contínua. Dotadas de receptores de alto desempenho, proporciona observações de grande qualidade e confiabilidade (IBGE, 2014).

O formato RINEX (Receiver Independent Exchange) consiste de três arquivos do tipo ASCII, constituído por arquivo de dados de observação, de mensagens de navegação e de dados meteorológicos. Cada tipo de arquivo, de forma individual, consiste de uma seção de cabeçalho e uma seção de dados. Os arquivos de observação e meteorológicos contêm dados para uma determinada estação e sessão, enquanto que os arquivos de navegação fornecem parâmetros orbitais, coeficientes para a correção ionosférica, informações sobre os satélites e sinais por estes transmitidos.

A operação das estações da RBMC é executada de forma totalmente automatizada. As observações são organizadas, ainda na memória do receptor, em arquivos diários, correspondendo a sessões que se iniciam às 00h 00min 00seg e encerrando às 23h 59min 45

seg (tempo universal - TU), com um intervalo de registro dos dados igual a 15 seg. Quando se encerra uma sessão, os arquivos contendo as observações são transferidos do receptor para o Centro de Controle da RBMC. Em seguida, na Coordenação de Geodésia onde são criados novos arquivos em formato padrão RINEX2, nos quais é realizado um controle de qualidade das observações. Em seguida os arquivos de dados RINEX2 e as órbitas transmitidas são compactados e disponibilizados gratuitamente para a comunidade de usuários na área de download do portal do IBGE (IBGE, 2011).

Com o advento e popularização da rede mundial de computadores diversos serviços de PPP (Posicionamento por Ponto Preciso) online são oferecidos, em especial para o pós-processamento de dados GNSS. Estes serviços são disponibilizados por diversas agências e institutos ligados às áreas das geociências. No Brasil este serviço é disponibilizado IBGE e denominado IBGE-PPP. Neste serviço o usuário envia seus arquivos com observações GNSS para um servidor onde os dados são processados e disponibilizados para o usuário em um relatório detalhado contendo as coordenadas cartesianas e elipsoidais em conjunto com suas precisões nos referenciais SIRGAS2000 e IGB08 (alinhado ou compatível com o ITRF2008), arquivos contendo uma estimativa das coordenadas época por época e por fim um arquivo de visualização Google Earth (IBGE, 2013).

Estes serviços de posicionamento são amplamente utilizados pela comunidade usuária e científica. Com isso, é de extrema importância analisar a qualidade desses tipos de serviços. O objetivo desta pesquisa consiste em analisar as discrepâncias entre as coordenadas estimadas com o IBGE-PPP online e as coordenadas de referência disponibilizadas pelo IBGE ao longo de um ano de coleta de dados para a estação VICO. Pretende-se ainda avaliar a influência do intervalo de rastreamento dos dados para o cálculo das coordenadas.

2. Metodologia

A estação da RBMC denominada de VICO está instalada no município de Viçosa-MG dentro do campus da Universidade Federal de Viçosa, e pertence à Rede de Densificação do IGS bem como à Rede de Referência do SIRGAS. O receptor está instalado sobre um marco principal com um pilar de concreto de forma cilíndrica, implantado no terraço do prédio do centro de vivência, medindo 1,19 m de altura e com 0,30 m de diâmetro com um pino de centragem forçada cravado no centro (Figura 1).



Figura 1: Estação VICO / RBMC. Fonte: IBGE (2014).

Neste estudo foram analisadas as discrepâncias calculadas entre as coordenadas estimadas pelo IBGE-PPP para a estação VICO e as coordenadas de referência disponibilizadas pelo IBGE. Foram definidos sete intervalos de tempo para o rastreamento dos dados, que variam de 30 minutos a 24 horas. Especificamente os intervalos de rastreamento foram subdivididos em ½ hora, 1 hora, 2 horas, 4 horas, 8 horas, 12 horas, e todos eles iniciaram a coleta de dados às 8h do tempo universal (TU). Particularmente para o intervalo de rastreamento equivalente a 24h, a coleta de dados foi estipulada entre 00h00min00seg e 23h59min45seg TU.

Para cada intervalo de tempo foram estimadas as coordenadas cartesianas referenciadas ao IGB08, na época dos dados, que é compatível ou alinhado com o ITRF2008 (International Terrestrial Reference Frame). Desta forma, as coordenadas de referência, estimadas em Sirgas2000, época 2000.4 (disponibilizadas pelo IBGE), foram convertidas e atualizadas para o IGB08, na mesma época de coleta dos dados. Assim, os cálculos das discrepâncias foram calculados na época de coleta de dados.

Particularmente os dias do ano (DOY – Doy of year) 122, 147, 160, 161, 188 e 189 não apresentaram consistência no período de rastreamento das coordenadas pela estação VICO, e por isso as coordenadas cartesianas para estas datas não foram processadas pela técnica PPP. Nestes casos, as coordenadas foram obtidas por uma interpolação linear entre as coordenadas cartesianas dos dias posterior e anterior à data considerada inválida.

A partir das coordenadas cartesianas foram obtidas o vetor de discrepância (VD) com base na Equação 1.

$$VD = \sqrt{(X_R - X_{PPP})^2 + (Y_R - Y_{PPP})^2 + (Z_R - Z_{PPP})^2} \quad (1)$$

onde: VD – vetor de discrepância;
X, Y e Z – coordenadas cartesianas;
R – Coordenada de Referência;
PPP – Coordenada estimada no IBGE-PPP.

A série temporal referente aos valores de discrepâncias ao longo do ano foram decompostos, por meio de média móvel (Equação 2), nos componentes de tendência, sazonalidade e ruído conforme Kendall et al. (1983).

$$Y(t) = T(t) + S(t) + e(t) \quad (2)$$

onde: Y(t) é a série temporal original;
T(t) é a componente de tendência;
S(t) é a componente de sazonalidade;
e(t) é a componente de ruídos; e
t é o tempo.

3. Resultados

As discrepâncias calculadas para os 365 dias do ano de 2013 foram representadas por uma série temporal diária e analisado o comportamento de tendência das séries no software R. A Figura 2 ilustra o comportamento temporal das discrepâncias conforme o intervalo de tempo de rastreamento. Pode-se observar uma relação inversa entre o tempo de rastreamento e a amplitude das discrepâncias, onde os menores intervalos de rastreamento resultaram nas piores discrepâncias.

Discrepância ao longo do ano de 2013

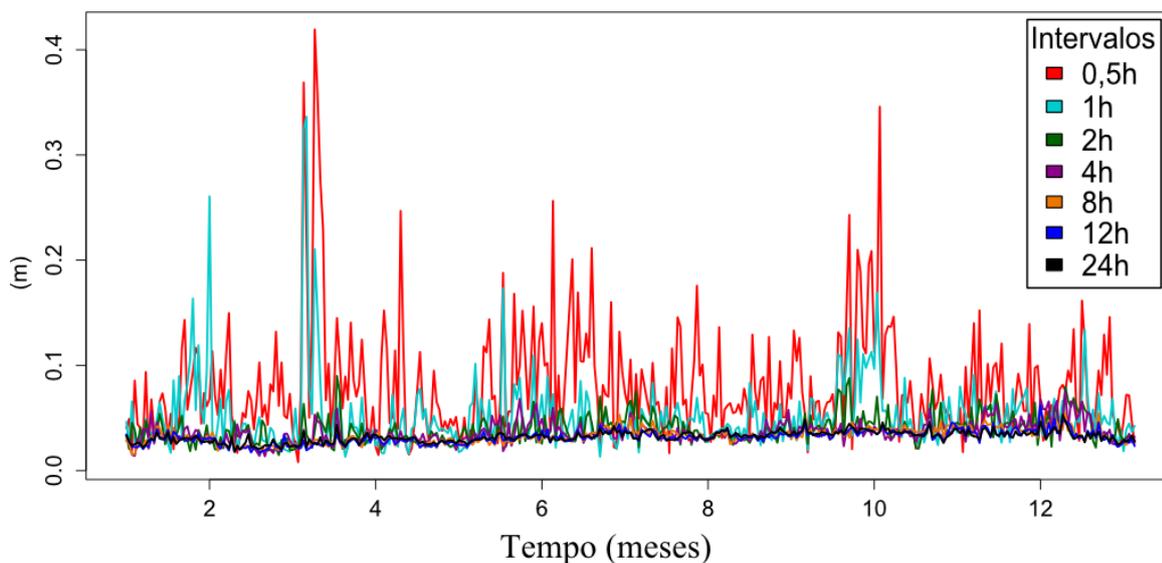


Figura 2 – Valores das discrepâncias em relação ao tempo de rastreo para o ano de 2013.

As curvas das componentes de tendência para cada intervalo de rastreo estão representadas na Figura 3. Efetuando uma análise sobre tais curvas pode-se inferir que a tendência não é constante e apresenta oscilações ao longo do ano. Entretanto, a tendência das discrepâncias apresentou um comportamento crescente em todos os intervalos de rastreo analisados. Particularmente os intervalos de 0.5h e 1h demonstraram as maiores variações nos valores das discrepâncias, o que pode ser evidenciado com os pontos de máximo referentes aos meses de março, junho e outubro respectivamente.

Tendência da discrepância ao longo do ano de 2013

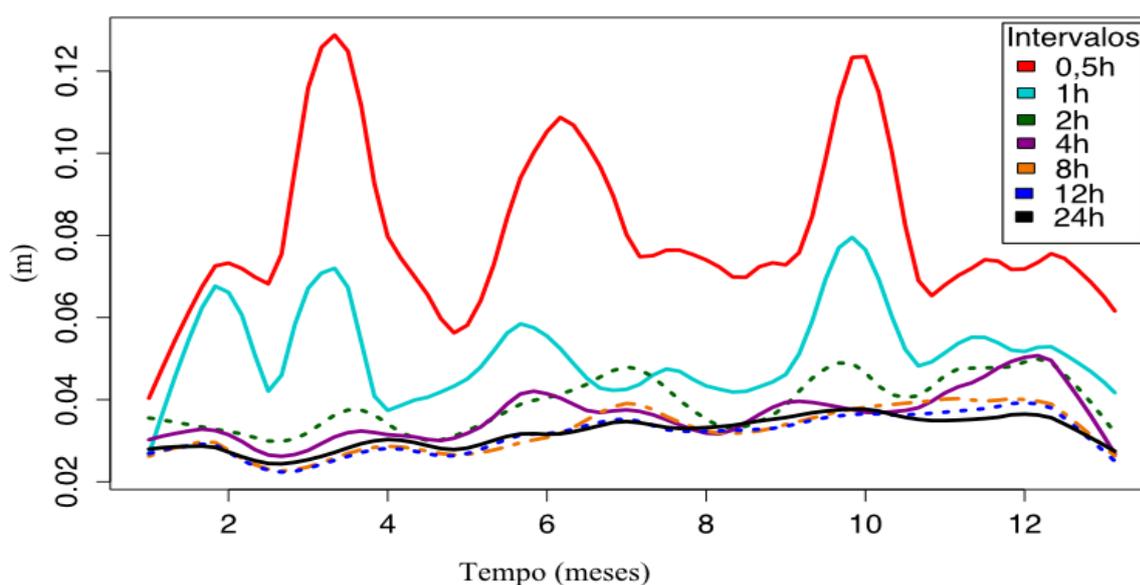


Figura 3 – Séries Temporais das discrepâncias conforme o intervalo de rastreo.

4. Conclusão

As discrepâncias obtidas entre as coordenadas de referência e processadas para a estação VICO ao longo de 2013 apresentaram comportamento irregular entre os intervalos de rastreo. Os conjuntos de dados analisados permitiram concluir que o tempo de rastreo está inversamente proporcional à discrepância obtida entre coordenadas processadas e de referência para a estação VICO.

A análise temporal das discrepâncias demonstrou que apesar de um comportamento irregular, existe uma tendência de aumento das discrepâncias ao longo do ano, além de os maiores intervalos de rastreo apresentaram menores amplitudes nos valores das discrepâncias calculadas para os 365 dias do ano de 2013.

A análise estatística pelo teste de Wilcoxon pareado demonstrou que somente os intervalos de 8 e 24 horas não apresentaram diferenças significativas a um nível de significância de 5%. Para os demais intervalos, a análise pareada com o mesmo nível de significância demonstrou que os conjuntos de dados são estatisticamente diferentes.

A decomposição das séries de dados demonstrou ser eficiente para entender, em primeiro momento, o comportamento das discrepâncias ao longo do ano de 2013. Porém, demais estudos são necessários para identificar possíveis causas desde comportamento, bem como a sazonalidade do mesmo entre vários anos. Como trabalho futuro sugere-se ainda a realização de análises das discrepâncias planimétricas e altimétricas independentemente, bem como uma verificação de prováveis influências da ionosfera e troposfera na obtenção das coordenadas da estação de VICO.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio na divulgação desta pesquisa.

6. Referências Bibliográficas

EUREF. **ETRF/ITRF Transformation**. 2014. Disponível em <http://www.epncb.oma.be/_productsservices/coord_trans/>. Acesso em 10.out.2014.

IBGE. **Análise dos Dados da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS 2006 a 2010**. Relatório Técnico. Rio de Janeiro, p. 424, 2011.

_____. **Manual do Usuário Aplicativo Online IBGE-PPP. 2013**. Coordenação de Geodésia, Diretoria de Geociências, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Versão: Dezembro de 2013. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/ppp/default.shtm>>. Acessado em 10.out.2014.

_____. **Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo**. 2014. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/rbmc.shtm>>. Acesso em 01.out.2014.

Kendall, M.; Stuart; Ord, J. K. A. **The Advanced Theory of Statistics: Design and Analysis, and Time-Series**. Charles Griffin. Vol.3, 4 ed., p. 780, 1983.