

AVALIAÇÃO DO PPP COM DADOS GPS COLETADOS EM DIFERENTES CONDIÇÕES IONOSFÉRICAS: UMA ABORDAGEM VISANDO O ATENDIMENTO AS NORMAS DO GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEIS RURAIS

PPP Assessment with GPS Data Ccollected in Different Ionospheric Conditions: An Approach Aiming Attendance of Standards of Rural Property Georeferencing

Haroldo Antonio Marques

Universidade Federal de Pernambuco

Departamento de Engenharia Cartográfica
Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n - 2º andar – CDU – Recife-PE
haroldoh2o@gmail.com

João Luís Falcão Germano Alves

Universidade Federal de Pernambuco

Departamento de Engenharia Cartográfica
Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n - 2º andar – CDU – Recife-PE
joaoluissfalcao@yahoo.com.br

Heloísa Alves Silva Marques

Instituto Militar de Engenharia

Seção de Engenharia Cartográfica
Praça General Tibúrcio, 80 - Praia Vermelha, Rio de Janeiro/RJ
heloh2o@gmail.com

Resumo:

A norma técnica do INCRA para o georreferenciamento de imóveis rurais apresenta a partir da segunda edição a possibilidade do uso do método GNSS PPP para a determinação dos vértices nas classes C1 e C4, cujas precisões posicionais devem ser melhores que 10 cm e 50 cm, respectivamente. No entanto, a norma não define exatamente o tempo suficiente de rastreamento para assegurar o alcance da precisão estabelecida, como pode ser visto no item 5.5.2.b. Para a realização do processamento PPP, o usuário pode aplicar no serviço de PPP online do IBGE, o qual apresenta em seu manual um indicativo de precisão em função do tempo de rastreamento. Contudo, este indicativo se refere somente à componente dispersiva (precisão) e não leva em consideração possíveis tendências na posição estimada. No caso de considerar tendência e dispersão é possível obter o Erro médio Quadrático (EMQ) o qual pode ser tomado como um medidor de acurácia. Dentro deste contexto, neste trabalho foram realizados experimentos no modo PPP visando atendimento à classe C1 da norma técnica. Foram utilizados dados GNSS (particionados de 1 h até 3 h) de estações da RBMC envolvidos em períodos com alta e baixa atividade ionosférica. No geral, para estimativa utilizando rastreamento GNSS de uma hora de dados, o EMQ do PPP ultrapassou os valores requeridos na classe C1. Para os casos de PPP com duas e três horas de rastreamento verificou-se atendimento à classe C1 em apenas alguns casos, seja em período de baixa ou alta atividade ionosférica.

Palavras-chave: GNSS; PPP; Ionosfera; Georreferenciamento de Imóveis Rurais.

Abstract

The technical standard of INCRA for georeferencing of rural properties presents in its second edition the possibility of applying the GNSS PPP method for estimating position in the C1 and C4 classes, whose positional precision

Anais do COBRAC 2016 - Florianópolis –SC – Brasil - UFSC – de 16 à 20 de outubro 2016

must be better than 10 cm and 50 cm, respectively. However the standard does not define exactly the enough time of data tracking to ensure the established precision, as can be seen in item 5.5.2.b. To accomplish PPP processing the user can apply for online PPP service of IBGE that presents in its manual an indicative of precision in function of time processing. Therefore, that indicative refers to the dispersive component and do not take in consideration possible tendency in estimated position. In case of considering tendency and precision, one can obtain the Root Mean Square (RMS) that can be taken as accuracy measurement. Inside that context, in this work it was accomplished experiments in the PPP mode aiming the attendance of the C1 class of technical standard of INCRA. It were used GNSS data (portioned from 1 until 3 h) from Brazilian RBMC that are involved in periods of calm and active ionosphere. In general, in the estimation of position by using one hour data, the EMQ exceeded the required values for C1 class. For the cases of PPP with two and three hours of tracking data it was verified attendance of C1 class in only some cases, either for low and high ionosphere activity.

Keywords: GNSS; PPP; Ionosphere; Georeferencing of Rural Property.

1 INTRODUÇÃO

A Lei 10.267 foi criada no ano de 2001 e dentre outras disposições trata do georreferenciamento de imóveis rurais, cuja responsabilidade de fiscalização, normatização e certificação é do INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária). Os levantamentos geodésicos requerem memorial descritivo assinado por profissional habilitado e a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) deverá conter as coordenadas dos vértices definidores dos limites dos imóveis rurais, georreferenciadas ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), e com precisão posicional definida na Norma Técnica do INCRA para georreferenciamento de imóveis rurais (INCRA, 2010).

A norma técnica do INCRA apresenta a partir de sua segunda edição a possibilidade do uso do método PPP (Posicionamento por Ponto Preciso) para determinação dos vértices nas classes C1 (apoio básico) e C4 (vértices delimitadores), cujas precisões posicionais devem ser melhores que 0,10 m e 0,50 m, respectivamente. No entanto, a norma não define exatamente o tempo suficiente de rastreamento para assegurar o alcance da precisão estabelecida, como pode ser visto no item 5.5.2.b, o qual diz: “o tempo de rastreamento deverá ser suficiente para assegurar o alcance dos parâmetros estabelecidos na Tabela 1”. Para a realização do processamento dos dados no modo PPP o usuário pode fazer uso do serviço de PPP online disponível no IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) (IBGE, 2013). Diversos outros métodos de posicionamento também podem ser utilizados, porém, neste trabalho maior enfoque é dado ao PPP.

O método de PPP utilizando o GNSS (*Global Navigation Satellite System*) envolve a utilização das observáveis pseudodistância e fase da onda portadora em duas frequências, além de órbitas precisas e modelagem matemática adequada dos diversos efeitos envolvidos com a propagação dos sinais GNSS através da atmosfera. O uso de duas frequências está relacionado com a eliminação dos efeitos ionosféricos de primeira ordem, o qual, geralmente é realizado a partir da combinação livre da ionosfera. Um dos grandes desafios do PPP sempre foi o tempo de convergência do ajustamento, o que está muito relacionado com a estimativa de ambiguidades da fase da portadora, as quais são estimadas juntamente com os parâmetros de coordenadas do vértice e outros. No geral, a convergência do ajustamento no PPP para a ordem de centímetros requer em torno de uma hora de dados rastreados.

Neste trabalho foram realizadas análises envolvendo processamento de dados GPS no

método PPP objetivando avaliar a acurácia do PPP em termos do tempo de convergência visando aplicações no georreferenciamento de imóveis rurais. Para as análises foram utilizados dados GPS de estações da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo), os quais foram particionados em períodos variando de 1 hora até 3 horas de observações e os processamentos foram realizados no PPP online do IBGE. As coordenadas estimadas foram comparadas com as oficiais das estações tomando os devidos cuidados com relação à atualização de coordenadas para a época de referência do SIRGAS2000, além da propagação de covariâncias no processo de transformação de coordenadas.

Outros trabalhos já foram realizados visando avaliar a qualidade do PPP online do IBGE, como por exemplo, em Matsuoka et al. (2009) o qual apresenta a potencialidade do PPP com processamentos para a estação POAL. Perdigão e Santos (2010) apresentaram trabalho com avaliação de acurácia do PPP online do IBGE para a estação VICO. Neste trabalho, as análises são realizadas considerando estações localizadas em diferentes latitudes ao longo do Brasil e, principalmente considerando observações GPS coletadas em períodos com alta e baixa atividade ionosférica caracterizada a partir do uso do índice Kp. Os resultados foram analisados em termos de acurácia, a qual envolve medidas de precisão e tendência podendo ser caracterizado pelo EMQ (MONICO, et al., 2009).

No geral, para os resultados obtidos utilizando dados GPS de uma hora de observação, notou-se que os valores do EMQ diário sempre foram maiores que 0,10 m, seja para período de ionosfera calma ou ativa. Com dados GPS de duas horas, os resultados obtidos apresentaram acurácia abaixo de 0,10 m para os períodos com baixa atividade ionosférica, o que não ocorre para o caso de maior atividade da ionosfera. Para PPP com 3 horas de dados GPS, o EMQ no geral ficou abaixo de 0,10 m, contudo, os resultados para algumas estações no Brasil ultrapassaram este valor.

2 GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEIS RURAIS

A Lei 10.267/2001 que trata do georreferenciamento de imóveis rurais foi estabelecida em 28 de agosto de 2001 e consiste num marco de organização territorial brasileira das áreas rurais. Esta Lei foi definida para o georreferenciamento de imóveis rurais, mas principalmente para a regularização do cadastro rural brasileiro com a criação do CNIR (Cadastro Nacional de Imóveis Rurais), o qual reconhece a necessidade da realização de tal procedimento com base em medições geodésicas.

Uma das medidas estabelecidas pela Lei é que as medições dos imóveis rurais devem ser feitas com suporte geodésico e estarem referenciadas ao SGB, de modo a obter identificação livre de superposições e que atenda a precisão posicional estabelecida pela legislação vigente. Outra exigência da Lei é a Anotação de Responsabilidade Técnica do profissional que executa o levantamento, o qual será responsável judicialmente por eventuais falhas ocorridas nos procedimentos técnicos. A Lei de registros de imóveis rurais exige que os vértices limítrofes das propriedades sejam georreferenciados ao SGB nos casos de desmembramento, remembramento, parcelamento, mudanças de titularidade, loteamento, retificação de área, além de outras atividades envolvendo o imóvel (CARNEIRO; BRANDÃO, 2002).

Atualmente, encontra-se em vigor a 3ª edição da Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais sob responsabilidade do INCRA. Esta norma tem por objetivo fornecer especificações aplicadas ao levantamento e materialização dos limites legais, feições e atributos

associados, e estabelecer padrões claros de precisão para a execução de levantamentos geodésicos voltados para o georreferenciamento de imóveis rurais (INCRA, 2010).

Os métodos de levantamentos factíveis de serem utilizados no georreferenciamento são basicamente o posicionamento por GNSS e métodos clássicos da Geodésia. Em geral, aplica-se o posicionamento GNSS relativo, o qual envolve duas ou mais estações coletando dados GNSS simultaneamente, porém, a partir da 2ª edição é apresentada a possibilidade de aplicação do PPP para a determinação de coordenadas dos vértices das classes C1 e C4. Os vértices de apoio básico (classe C1) devem ser implantados dentro da propriedade a ser georreferenciada, a fim de efetuar o transporte de coordenadas geodésicas na área em que o levantamento será realizado. Um vértice de apoio básico é classificado como do tipo M, o qual é materializado com marco de concreto e codificado para que possa ser identificado e localizado facilmente.

Para a realização do processamento dos dados no modo PPP pode-se usar o serviço de PPP online disponível no IBGE, o qual apresenta em seu manual uma tabela com indicação da precisão esperada em função do tempo (IBGE, 2013). De qualquer forma, a indicação do tempo de rastreamento não faz parte da norma técnica do INCRA (INCRA, 2010). A próxima seção apresenta uma introdução ao método PPP.

3 INTRODUÇÃO AO MÉTODO PPP

O PPP refere-se à obtenção da posição de uma estação com acurácia de poucos centímetros, o que requer a utilização de observações coletadas em receptores de dupla frequência juntamente com correções precisas de órbitas e de relógios e a modelagem de praticamente todos os efeitos envolvidos com a propagação dos sinais dos satélites e efeitos geodinâmicos. Considerando o caso de dados observados em duas frequências, as equações de pseudodistância e fase da onda portadora parametrizada com a aplicação da combinação *ion-free* (IF) podem ser escritas da seguinte forma (LEICK, 2004; MONICO, 2008; MARQUES, 2012):

$$PD_{IFr}^s = \rho_r^s + c(dt_r(t_r) - dt^s(t^t)) + m_f Zwd + \varepsilon_{PD_r^s} \quad (1)$$

$$\lambda_{IF} \phi_{IFr}^s = \rho_r^s + c(dt_r(t_r) - dt^s(t^t)) + \lambda_{IF} N_{IF} + m_f Zwd + \varepsilon_{\phi_{IFr}^s} \quad (2)$$

Nas Equações (1) e (2), PD_{IFr}^s e $\lambda_{IF} \phi_{IFr}^s$ representam a pseudodistância e fase da *ion-free* (metros), respectivamente; λ_{IF} é o comprimento de onda da combinação *ion-free* (geralmente adotado com valor de comprimento da frequência L1); ρ_r^s é a distância geométrica entre receptor r e o satélite s; $dt_r(t_r)$ e $dt^s(t^t)$ representam, respectivamente, o erro do relógio do receptor (instante de recepção t_r) e o erro do relógio do satélite (instante de transmissão t^t); c é a velocidade da luz no vácuo; N_{IF} é a ambiguidade *ion-free* da fase; Zwd (*Zenithal Wet Delay*) é o atraso troposférico úmido na direção do zênite com respectiva função de mapeamento m_f para a direção receptor-satélite; os erros aleatórios e não modelados nas equações *ion-free* de pseudodistância e fase são representados, respectivamente por $\varepsilon_{PD_r^s}$ e $\varepsilon_{\phi_{IFr}^s}$.

Diversos efeitos sistemáticos devem ser considerados para a estimativa precisa de coordenadas no PPP. Os efeitos relacionados com os satélites e receptores são devidos aos erros

no processo de determinação das órbitas dos satélites, não sincronização dos relógios com o sistema de tempo GNSS (erros dos relógios), atrasos dos sinais devido ao *hardware*, variação do centro de fase das antenas, efeitos de carga de marés oceânicas, marés terrestres, efeitos relativistas, efeitos de fase *windup*, entre outros. Além destes, tem-se problemas relacionados às perdas de ciclos e/ou sinais. A descrição detalhada e formulação matemática de cada um dos efeitos envolvidos no PPP podem ser encontradas, por exemplo, em Leick (2004); Monico (2008) e Marques (2012).

Um dos efeitos que mais impactam a qualidade do posicionamento é o efeito relacionado com a ionosfera. Caso estejam disponíveis dados GNSS de simples frequência, o efeito da ionosfera pode ser corrigido a partir do modelo de Klobuchar, de Mapas Globais da Ionosfera (GIM – *Global Ionosphere Maps*) ou a partir da estimativa dos resíduos ionosféricos (KLOBUCHAR, 1996; MATSUOKA, 2007, MARQUES, 2008). Para o caso de dados GNSS de dupla frequência, pode-se aplicar a combinação *ion-free* como apresentada nas equações (1) e (2), porém em períodos com ionosfera mais ativa, tem-se muitas perdas de sinais, principalmente na portadora L2, além dos efeitos de cintilação ionosférica. A próxima seção apresenta uma introdução aos efeitos ionosféricos.

4 EFEITO DA IONOSFERA NO GNSS

O efeito ionosférico no sinal GNSS pode alcançar de poucos metros a mais de dez metros na direção zenital. A ionosfera é um meio dispersivo, o que significa que o sinal apresenta diferentes atrasos para diferentes frequências, logo, receptores de dupla frequência levam vantagens no sentido que é possível realizar a combinação *ion-free* para minimizar ou eliminar os efeitos da primeira ordem da ionosfera (MATSUOKA, 2007; MONICO, 2008; MARQUES 2012).

As variações temporais da ionosfera compreendem as variações diurnas, sazonais e ciclos de longos períodos e influenciam diretamente na mudança da densidade de elétrons na ionosfera. As variações diurnas são provocadas por mudanças que ocorrem em certas regiões da ionosfera, que desaparecem à noite devido à recombinação e junção dos elétrons e íons. A variação sazonal ocorre durante os meses do ano em uma determinada região devido à variação sazonal do ângulo zenital de Sol e também devido às mudanças intrínsecas da camada ionosférica. Valores máximos da densidade de elétrons ocorrem, aproximadamente, nos meses de março, abril, setembro e outubro (equinócio) e valores mínimos nos meses de solstícios de inverno e verão (MATSUOKA, 2007). As variações de ciclo de longos períodos na densidade de elétrons, com ciclos de aproximadamente 11 anos, são associadas às ocorrências de manchas solares (*sunspot*) (Figura 1).

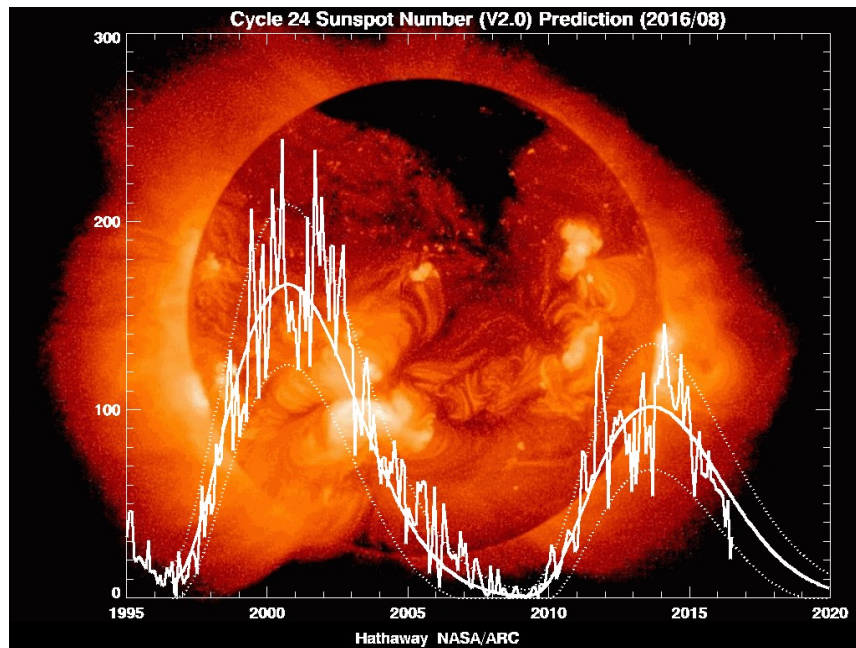


Figura 1 – Número de manchas solares do ciclo 24.

Fonte: http://solarscience.msfc.nasa.gov/images/ssn_predict_1.gif

O aumento do número de manchas solares aumenta a radiação solar e ocasiona uma mudança na densidade de elétrons na ionosfera. A Figura 1 mostra o número de manchas envolvendo o ciclo solar atual de número 24, onde se verifica que o pico de atividade solar ocorre no ano de 2013. Os dados GPS envolvidos neste trabalho são do ano de 2013 e os resultados e análises obtidos são apresentados na seção 4.

4 RESULTADOS E ANÁLISES

Para o desenvolvimento deste trabalho, os dados GPS das estações RECF (Recife-PE), RIOB (Rio Branco-AC), MGRP (Rio Paranaíba-MG) e NAUS (Manaus-AM) da RBMC foram processados no PPP online do IBGE. Os arquivos *RINEX* (*Receiver Independent Exchange Format*) coletados em períodos de 24 horas (diários) foram primeiramente particionados em arquivos horários e processados. Em seguida particionou-se os arquivos diários em períodos de 2 horas e 3 horas. O particionamento de arquivo RINEX foi realizado com o software ‘teqc’ (UNAVCO, 2016).

As coordenadas cartesianas estimadas foram convertidas para UTM (*Universal Transversa de Mercator*) considerando que foi realizada a propagação de covariâncias neste processo de transformação. As análises foram realizadas em termos de acurácia para o caso planimétrico tomando como medidor o EMQ, o qual leva em consideração a tendência e precisão. É importante ressaltar que a norma técnica do INCRA requer atendimento somente à precisão posicional. Os dados inseridos em períodos de ionosfera calma e mais intensa foram escolhidos com base no índice Kp que é um índice de tempestade geomagnética global (MATSUOKA, 2007). Para o caso de ionosfera ativa foi escolhido os dias 15 a 19 de março de 2013 e com ionosfera calma os dias 30 de julho a 02 de agosto do mesmo ano, cujos gráficos de Kp podem vistos na Figura 2.

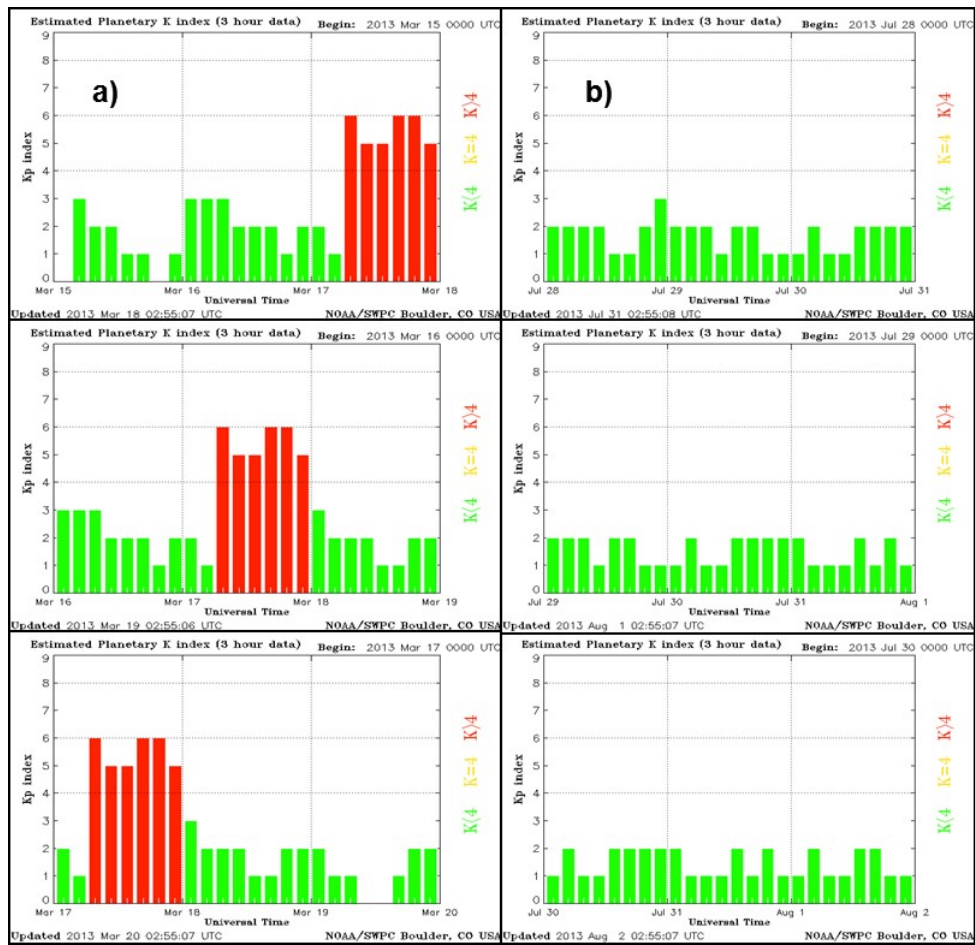


Figura 2 - Valores do Índice Kp: a) de 15/03/2013 à 19/03/2013; b) de 29/07/2013 à 02/08/2013.
 Fonte: NOAA/SWPC Boulder.

Verifica-se na Figura 2 que o Kp atinge valor igual ou superior a 3, principalmente para o dia 17 de março de 2013 indicando forte atividade geomagnética, o que pode afetar a transmissão de sinais de rádio como é o caso dos sinais GNSS.

Os dados GPS da estação RECF para um dia com ionosfera calma (dia 29/07/2013) foram processados no modo PPP. Neste caso, o arquivo no formato RINEX foi particionado em arquivos com intervalo de dados de 1, 2 e 3 horas. O EMQ em planimetria para cada processamento é apresentado na Figura 3.

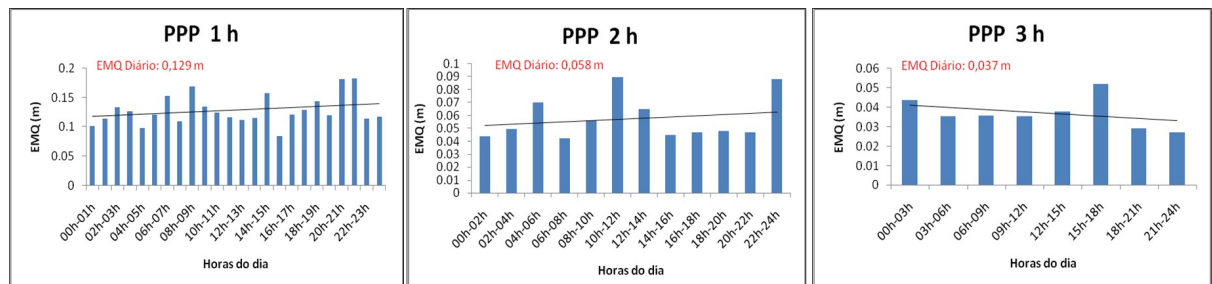


Figura 3 – EMQ (planimetria) para PPP com dados de 1, 2 e 3 horas durante o dia 29/07/2013.

Na Figura 3, verifica-se que com uma hora de dados GPS, a acurácia planimétrica do PPP fica na maioria dos casos acima dos valores de 10 cm, o que não ocorre para o caso de duas e três horas de dados. Ainda considerando o período de baixa atividade ionosférica, esta mesma estratégia de processamento foi realizada para os dias 29/07 a 02/08 de 2013 para as estações RECF e RIOB (Rio Branco - AC), cujos gráficos podem ser vistos, respectivamente à esquerda e direita da Figura 4 com os indicativos de intervalo de dados GPS.

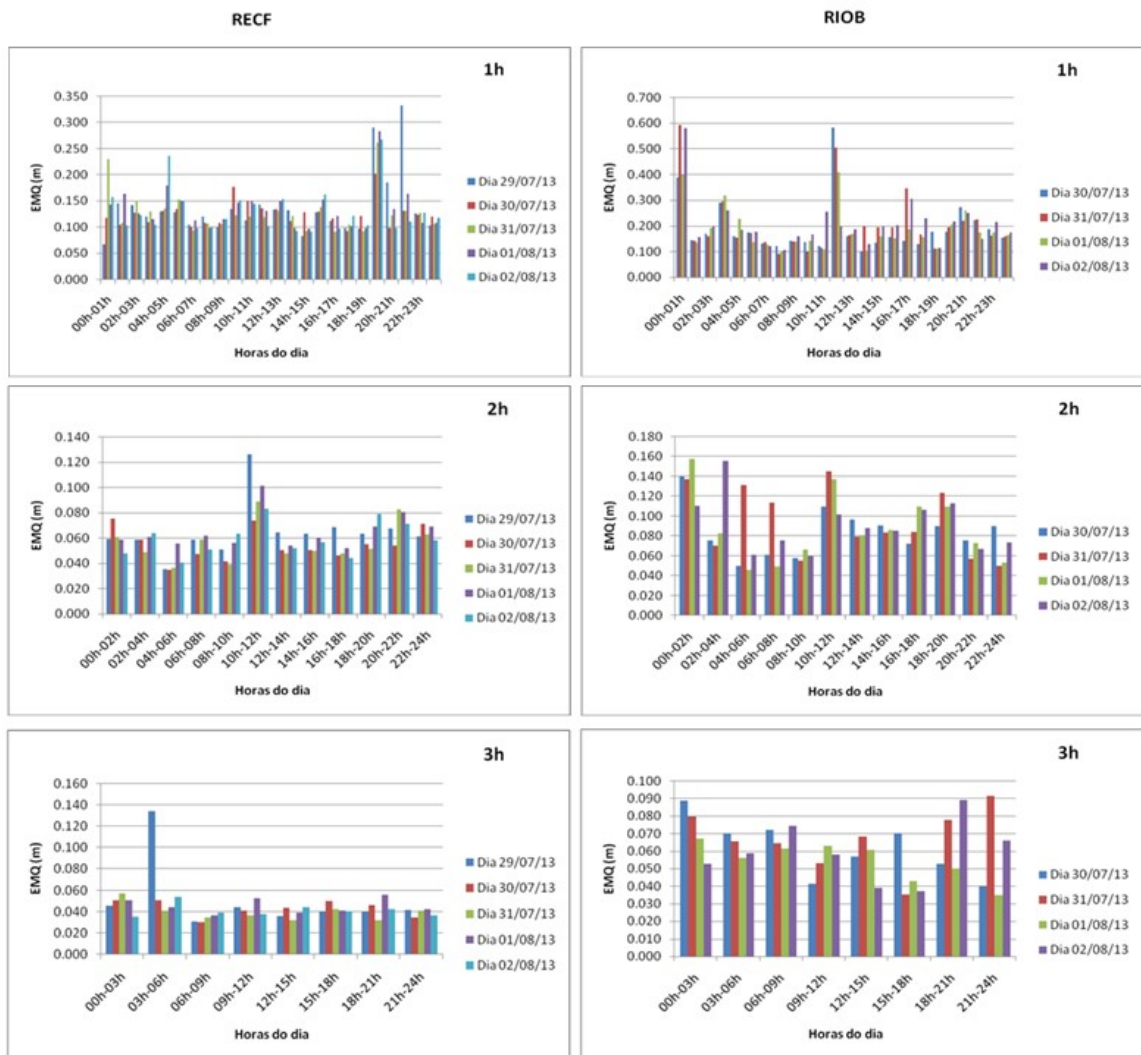


Figura 4 – EMQ no PPP para as estações RECF e RIOB em período de baixa atividade

Verifica-se a partir da Figura 4 que no caso de uma hora de dados GPS, a acurácia do PPP fica em muitos casos acima dos valores de precisão estabelecidos na classe C1 da norma técnica do INCRA que é de 10 cm, chegando a picos de até 60 cm para a estação RIOB próximo de 12 h. No caso de duas horas de dados tem-se valores acima de 10 cm para a RECF próximo de 12 h e para a estação RIOB aparecem diversos valores de EMQ acima do valor estabelecido. No caso de 3 h de dados, o EMQ do PPP ficou abaixo dos valores de 10 cm, seja para a estação RECF ou RIOB.

A estação NAUS também foi processada considerando a estratégia de partição dos dados
[Anais do COBRAC 2016 - Florianópolis –SC – Brasil - UFSC – de 16 à 20 de outubro 2016](#)

GPS e no caso de período de baixa atividade ionosférica, verifica-se que mesmo com 3 horas de dados, comparecem valores de EMQ (planimetria) acima dos 10 cm como pode ser visto na Figura 5.

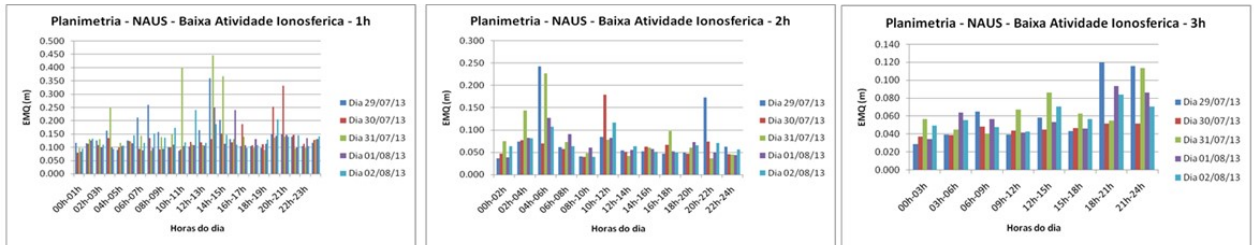


Figura 5 – EMQ para a estação NAUS – período de baixa atividade ionosférica.

A estação NAUS é caracterizada por estar em uma localização geográfica que sofre forte influência da carga provocada pelos efeitos das águas de chuvas. Para o caso de ionosfera ativa, foram processados no PPP os dados GPS das estações RECF e MGRP (Rio Paranaíba - MG), cujos gráficos de EMQ com uma, duas e três horas são apresentados na Figura 6.

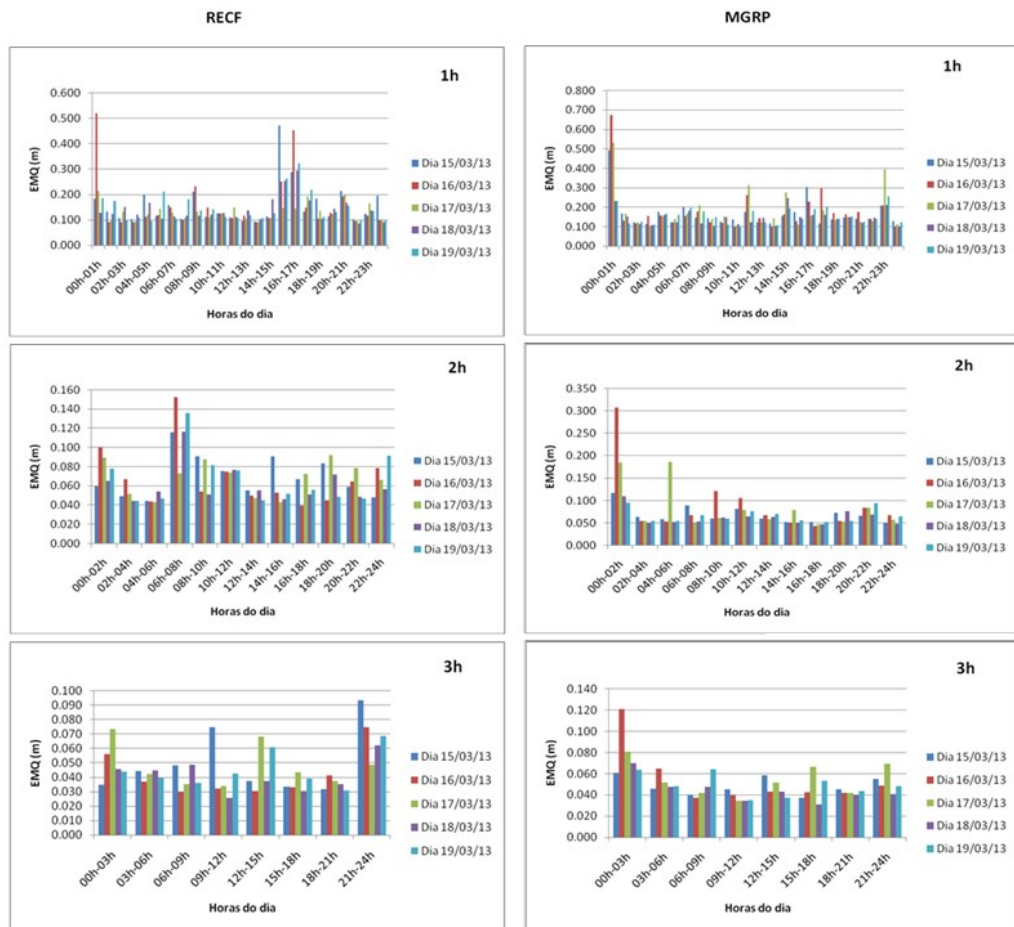


Figura 6 – EMQ no PPP para as estações RECF e MGRP em período de ionosfera ativa

Verifica-se na Figura 6 que para o período com ionosfera mais ativa, o PPP com uma hora de dados apresenta EMQ em sua maioria acima de 10 cm. Para o caso de duas horas, o EMQ na estação RECF ficou acima do valor estabelecido principalmente no início dos dias e próximo às 6 horas. No caso de 3 horas de dados GPS, o EMQ ficou acima de 10 cm no início do dia para a estação MGRP, porém, em geral, os valores são melhores que a precisão requerida para a classe C1 da norma técnica do INCRA.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como principal objetivo analisar a acurácia do PPP visando atendimento à classe C1 da norma técnica de georreferenciamento de imóveis rurais. No caso, a precisão posicional estabelecida pela norma é de 10 cm. Apesar de se falar em precisão na norma técnica, o trabalho levou em consideração o EMQ em planimetria, o qual pode ser tomado como um medidor de acurácia levando em consideração tendência mais dispersão. Foi apresentada a revisão bibliográfica relacionada ao método PPP, introdução aos efeitos ionosféricos na propagação de sinais GNSS e introdução ao georreferenciamento de imóveis rurais.

As análises foram realizadas considerando dados GPS das estações RECF, RIOB, MGRP e NAUSS da RBMC, os quais foram particionados em uma, duas e três horas de dados durante dias considerados com ionosfera calma e ativa. Em geral, considerando dados GPS de uma hora, o EMQ do PPP ultrapassa os valores de 10 cm, seja para o caso de ionosfera calma ou ativa. Para o caso de duas horas de dados, o EMQ ultrapassou os 10 cm em diversos casos. No PPP com três horas de dados, a estação NAUS apresenta valores acima de 10 cm para períodos de baixa atividade da ionosfera, porém esta estação é caracterizada por esta numa localização geográfica que sofre forte influência da carga provocada pelos efeitos das águas de chuvas e merece maiores investigações. Para o PPP com três horas de dados para as estações RECF e MGRP em período de ionosfera ativa, os valores de EMQ foram em geral melhores que o limite estabelecido para a classe C1 da norma técnica do INCRA.

Para o caso de aplicação no georreferenciamento, a norma técnica especifica a precisão posicional e para o caso de PPP é muito importante que os usuários se atentem para o fator tempo de coleta em função da convergência deste método. Este trabalho procurou contribuir com análises em relação ao tempo de coleta necessário para o processamento PPP atingir acurácia da ordem do decímetro.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo apoio financeiro em forma de Projeto Universal (Processo: 475775/2013-9); Projeto Universal (Processo: 448488/2014-0) e projeto bolsa CNPq PQ-2 (Processo: 311545/2015-7).

Referências Bibliográficas

- CARNEIRO, A. F. T.; BRANDÃO, A. C. A Lei 10.267/2001 e sua regulamentação. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário**, 5, 2002. Florianópolis: UFSC, 2002
- IBGE-2013. **Manual do Usuário: Aplicativo Online IBGE-PPP**. Versão: dezembro 2013. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/ppp/manual_ppp.pdf>. Acesso em: Jun. 2016.
- INCRA. **Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais**. 2ª Edição. Brasília, Fev. 2010.
- KLOBUCHAR, J. A. Ionospheric effects on GPS. In: PARKINSON, B. W.; SPILKER JUNIOR, J. J. **Global Positioning System: theory and applications**. Washington, Dc: American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc, 1996. Cap. 12, p. 485-515.
- LEICK, A. **GPS satellite surveying**. 3rd ed. New York: John Wiley & Sons, 2004.435 p.
- MATSUOKA, M.T.; AZAMBUJA, J.L.F.; SOUZA, S.F. Potencialidades do serviço on-line de Posicionamento por Ponto Preciso (CSRS-PPP) em aplicações geodésicas. **Gaea - Journal of Geoscience**, vol. 5, n. 1, jan/jun 2009, p. 42-49.
- MATSUOKA, M. T. **Influência de diferentes condições da ionosfera no posicionamento por ponto com GPS: Avaliação na região Brasileira**. 2007. 263 f. Tese (Doutorado em Ciências Cartográficas) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente. 2007.
- MARQUES, H. A. **Influência da ionosfera no posicionamento GPS: estimativa dos resíduos no contexto de duplas diferenças e eliminação dos efeitos de 2ª e 3ª ordem**. 2008. 151 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.2008.
- MARQUES, H. A. **PPP em Tempo Real com Estimativa das Correções dos Relógios dos Satélites no Contexto de Rede GNSS**. 2012. 245 f. Tese (Doutorado em Ciências Cartográficas) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente. 2012.
- MONICO, J.F.G. **Posicionamento pelo GNSS: Descrição, Fundamentos e Aplicações**. 2.ed. São Paulo, Unesp, 476p. 2008.
- MONICO, J. F. G; DAL PÓZ, A. P; GALO, M.; DOS SANTOS, M. C.; DE OLIVEIRA, L. C. Acurácia R Precisão: Revendo os Conceitos de Forma Acurada. **Bol. Ciênc. Geod.**, sec. Comunicações, Curitiba, v. 15, no 3, p.469-483, 2009.
- PERDIGÃO, T.D.; SANTOS, A. P. Avaliação da acurácia a partir de diferentes tempos de rastreamento utilizando a solução PPP on-line do IBGE. In: **III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**, Recife-PE, p. 001-007, 2010.
- UNAVCO. **TEQC - Translation, Editing and Quality Checking**. Disponível em: <https://www.unavco.org/software/data-processing/teqc/teqc.html>. Acesso em jun de 2016