

Análise das discrepâncias obtidas entre os processamentos realizados em diferentes softwares para linhas de base curtas e longas

Stephanie Cristina Matos Pereira¹

Maria Lígia Chuerubim¹

Lorena Araújo Silva¹

Josildo de Azevedo¹

Universidade Federal de Uberlândia - UFU/FECIV
Caixa Postal 593 – 38408-100 - Uberlândia - MG, Brasil
stephaniecmatos@gmail.com
marialigia@feciv.ufu.br
araujolarena.s@gmail.com
josildo@ufu.br

Abstract. The quality and reliability of screening and processing data derived from Global Navigation Satellite Systems (GNSS) receivers are very important factors for work related to this field. In order to verify and evaluate the discrepancies between identical vertex processing in different software, the stations belonging to the local GNSS network of the *Universidade Federal de Uberlândia* were screened. Thus, data from ten stations was collected and processed by Topcon Solutions and Tools v.8.2 3.80.4 programs. After the screening, the precision and standard deviations referring to the geodesic coordinates processed by the two software were analyzed and the results compared with those determined by the *Technical Standard for Georeferencing of Rural Properties – INCRA*, especially noting the type of solution and the baseline length. Regarding the Cartesian coordinates, were analyzed the discrepancies obtained between them with respect to the software used. The results showed that the errors made in the long baselines and the disparities between the Cartesian coordinates are factors that cannot be neglected, however the errors showed in the processing of short baselines can be ignored due to its millimetric nature. This work proposed to analyze the precision and standard deviation relating to the geodesic coordinates generated by processes in different software, making a comparison with the official standards, primarily due to the baseline length and screening time. The disparities between the Cartesian coordinates derived from different processing programs were also evaluated.

Palavras-chave: GNSS, INCRA, coordenadas cartesianas, qualidade, stations, GNSS, INCRA, Cartesian coordinates, quality, estações.

1. Introdução

O amplo desenvolvimento das ciências geodésicas possibilita que as medições relacionadas com análises espaciais sejam executadas com mais precisão e acurácia. Segundo Monico (2000), a precisão é a dispersão de um conjunto de observações e a acurácia é determinada como o grau de concordância entre o valor estimado e o verdadeiro.

Toda medição está sujeita a erros de observação. Erros (relacionados às observáveis: pseudodistância e fase de abatimento da onda portadora) que classificam-se em aleatórios, sistemáticos e grosseiros. Os erros aleatórios se caracterizam por serem inevitáveis e são considerados como uma característica de observação. As falhas sistemáticas são aquelas cuja causa é conhecida, podendo ser parametrizadas ou reduzidas por técnicas especiais de processamento e/ou observação. Já os erros grosseiros são provenientes de falhas humanas e/ou equipamentos e devem ser eliminados (FAUSTINO, 2006).

A qualidade dos dados de uma medição está relacionada a vários elementos. Isso porque os atributos do receptor usado no rastreamento, o comprimento da linha de base, as condições físicas e ambientais do espaço trabalhado, dentre outros fatores, influenciam na acurácia dos dados coletados.

Os posicionamentos geodésicos se dividem em classes: PP (Posicionamento por Ponto ou Posicionamento Absoluto) e Posicionamento Relativo, que subdivide-se em Estático, Estático

Rápido, Semicinemático (Stop and Go) e Cinemático. Nesta pesquisa utilizou-se a metodologia do Posicionamento Relativo Estático.

Este método se caracteriza por dois ou mais receptores rastreando ao mesmo tempo os satélites visíveis, por um período de tempo que varia de acordo com o comprimento da linha de base e da precisão necessária (NTGIR, 2010).

O comprimento da linha de base entre estações rastreadas, neste tipo de posicionamento, é um elemento bastante relevante, pois os valores dos desvios padrões dessas linhas são maiores quanto maior for a mesma, uma vez que uma maior distância acarreta maiores erros relativos ao processo de rastreamento.

A Norma Técnica Georreferenciamento de Imóveis Rurais (NTGIR) – INCRA determina que o posicionamento relativo estático pode ser aplicado em vértices das classes C1, C2, C3, C4, C5 e C7. Neste estudo trabalhou-se com vértices da classe C1, cuja finalidade é apoio básico, apoio imediato e limite (NTGIR, 2010). As características das sessões de rastreio de acordo com a Norma estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características das sessões de rastreio para posicionamento relativo estático.

Linha de base	Ocupação mínima	Observáveis	Tipo de solução	Nº de sessões	Efemérides
0 – 10 km	20 min	L1 ou L1/L2	Fixa	1	Transmitidas ou Precisas
10 – 20 km	30 min	L1/L2	Fixa	1	Transmitidas ou Precisas
10 – 20 km	60 min	L1	Fixa	1	Transmitidas ou Precisas
20 – 100 km	120 min	L1/L2	Fixa/Flutuante	2	Transmitidas ou Precisas
100 – 500 km	240 min	L1/L2	Fixa/Flutuante	2	Precisas
500 – 1000 km	480 min	L1/L2	Fixa/Flutuante	3	Precisas

Fonte: Adaptado da NTGIR (2010).

Analisando a Tabela, observa-se que o tempo de rastreamento, o número de campanhas e as efemérides se modificam de acordo com a dimensão da linha de base. Efemérides, de acordo com Seeber (2003) e Leick (2004), são equivalentes às órbitas e possuem todos os elementos de Kepler necessários para se determinar as mesmas, além de conter informações sobre o erro do relógio do satélite. Cada dia GPS apresenta uma órbita própria, que pode ser a transmitida (rápida) ou a precisa, o uso depende do tipo de aplicação da mesma. Em todos os processamentos desta pesquisa empregou-se órbitas precisas.

Portanto, neste trabalho procurou-se investigar as precisões e os desvios padrões referentes às coordenadas geodésicas de estações pertencentes à rede *Global Navigation Satellite Systems (GNSS)* da Universidade Federal de Uberlândia, campus Santa Mônica, processadas nos softwares *Topcon Tools v.8.2* e *GNSS Solutions 3.80.4*. Os resultados obtidos foram comparados com os determinados pela Norma Técnica de Georreferenciamento de Imóveis Rurais (NTGIR) – INCRA, observando –se principalmente o tipo de solução e o comprimento da linha de base. Analisou-se também as discrepâncias alcançadas entre as coordenadas cartesianas dos pontos que foram processados nos dois programas, avaliando as disparidades entre as mesmas.

Desta forma, processou-se cada ponto com duas estações pertencentes à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) próximas a ele, MGUB e UBER (localizadas em Uberlândia - MG), promovendo linhas de base curtas. Do mesmo modo, também processou-se cada vértice com duas RBMC distantes, MGMC (situada em Montes Claros – MG) e MGBH (fixada em Belo Horizonte – MG), gerando linhas de base longas. As estações foram processadas em softwares diferentes aplicando-se as mesmas estratégias de processamento e

ajustamento recomendados pela NTGIR. Ao final, discorreu-se sobre as discrepâncias obtidas devido ao processamento em softwares distintos e os resultados foram comparados com os requeridos pela Norma.

2. Metodologia

2.1 Estações de análise

Este trabalho foi desenvolvido na rede GNSS local da UFU, campus Santa Mônica, com o rastreamento de 10 estações: FECIV1, FECIV3, FECIV2, FECIV4, FECIV5, FECIV6, FECIV8, FECIV13, FECIV10 e CIV4.

Os vértices coletados tiveram suas coordenadas geodésicas definidas pelos processamentos realizados em relação a quatro RBMC, sendo que cada processamento possuía somente uma como ponto de controle. Na Tabela 2 são apresentadas as estações de controle adotadas neste trabalho.

Tabela 2. Coordenadas geodésicas das estações MGUB, UBER, MGBH e MBMC em SIRGAS2000 (época 2000,4).

Estação	Latitude (ϕ)	σ_{ϕ} (m)	Longitude (λ)	σ_{λ} (m)	Altitude Geométrica (h)	σ_h (m)
MGUB	-18°55'8,9880"	0,001	- 48°15'21,7777"	0,001	869,24 m	0,004
UBER	-18°53'22,3291"	0,001	- 48°19'01,0974"	0,001	791,83 m	0,010
MGBH	-19°56'30,8431"	0,001	- 43°55'29,6291"	0,001	974,86 m	0,006
MGMC	-16°42'59,0118"	0,001	- 43°51'29,9397"	0,001	618,16 m	0,004

Fonte: IBGE (2012).

2.2 Material utilizado

Na coleta dos dados foram empregados receptores GPS de simples frequência (L1) modelo Promark2 da Ashtech, com as seguintes características (ALLCOMP, 2012):

- 12 canais paralelos
- Receptor L1 código C/A
- Precisão vertical estática de 10 mm + 2 ppm
- Precisão horizontal estática de 5 mm + 1 ppm

Os dados foram processados nos *softwares Topcon Tools v.8.2* da Topcon e no *GNSS Solutions 3.80.4* da Ashtech. Após o processamento, as componentes planimétricas e altimétrica (latitude, longitude e altitude geométrica) das coordenadas geodésicas foram convertidas para coordenadas cartesianas tridimensionais (X, Y, Z) pelo aplicativo ProGrid, disponibilizado no site do IBGE. Posteriormente à conversão, analisou-se no *Microsoft Office Excel* as discrepâncias alcançadas entre os resultados obtidos nos processamentos feitos nos dois *softwares*.

2.3 Experimentos

Inicialmente cada ponto foi rastreado em uma sessão num período de ocupação de 30 minutos. As estações foram coletadas em diferentes épocas. No dia 12/07/2012 (dia GPS 194) foram levantados os vértices FECIV1, FECIV3, FECIV4, FECIV5, FECIV6 e FECIV8. Os pontos FECIV13 e FECIV10 foram rastreados em 08/08/2012, que equivale ao dia GPS 221. Já as estações FECIV2 e CIV4 coletou-se na data 03/09/2012, que no calendário GNSS corresponde ao dia 247.

Após o trabalho de campo, os vértices foram processados no aplicativo *Topcon Tools v.8.2* quatro vezes, sendo que cada vez era em relação a uma RBMC. O mesmo procedimento

foi adotado no programa *GNSS Solutions 3.80.4*. Em seguida, no aplicativo ProGrid foram realizadas as conversões das coordenadas geodésicas para cartesianas.

Posteriormente à conversão, fez-se no *software Microsoft Office Excel* uma avaliação das disparidades alcançadas entre as coordenadas cartesianas oriundas dos resultados obtidos nos dois softwares de processamento.

3.0 Resultados e Discussão

Ocorreram divergências entre os processamentos quanto ao tipo solução das estações nos dois programas. O ponto FECIV1 obteve solução flutuante no *Topcon Tools v.8.2*, mas fixou-se no processamento do *GNSS Solutions 3.80.4* em relação à estação UBER. Todos os vértices se fixaram em ambos os processamentos em relação à MGUB, pois as linhas de base eram bastante curtas, da ordem de centenas de metros. Nos processamentos relativos à MGBH, onde as linhas de base eram quilométricas, as soluções obtidas no *Topcon Tools v.8.2* foram todas flutuantes, porém no *GNSS Solutions 3.80.4*, os pontos FECIV1 e FECIV5 se fixaram. Quanto à estação MGMC, no processamento realizado no *Topcon Tools v.8.2* todos os vértices flutuaram, porém no resultado do *GNSS Solutions 3.80.4* os pontos FECIV1 e FECIV6 alcançaram soluções fixas. A Tabela 3 exibe os comprimentos das linhas de base obtidas nos processamentos realizados no *Topcon Tools v.8.2*.

Tabela 3. Comprimentos das linhas de bases em metros em relação às estações MGUB, UBER, MGMC e MGBH.

Estação	Linha de base MGUB (m)	Linha de base UBER (m)	Linha de base MGBH (m)	Linha de base MGMC (m)
FECIV1	131,215	7081,415	468801,103	526082,898
FECIV3	193,111	7098,809	468745,713	525922,320
FECIV4	222,340	7173,032	468661,803	525828,449
FECIV5	103,004	7149,362	468712,015	525952,565
FECIV6	200,511	7093,293	468749,513	525920,751
FECIV8	44,550	7178,125	468694,096	525977,551
FECIV10	278,277	6962,115	468939,567	526233,272
FECIV13	250,848	7037,647	468878,656	526231,344
FECIV2	229,339	6995,456	468861,858	526044,103
CIV4	152,668	7226,260	468624,015	525851,847

As coordenadas geodésicas das estações rastreadas, em relação à RBMC MGUB e obtidas no aplicativo *Topcon Tools v.8.2*, são mostradas na Tabela 4.

Tabela 4. Coordenadas Geodésicas e respectivas precisões das estações em SIRGAS (2000,4).

Estação	Longitude (λ)	σ_{λ} (m)	Latitude (ϕ)	σ_{ϕ} (m)	Altitude Geométrica (h)	σ_h (m)
FECIV1	-48°15'26,11362"	0,005	-18°55'07,95384"	0,005	859,051 m	0,012
FECIV3	-48°15'22,73610"	0,005	-18°55'02,78457"	0,005	858,584 m	0,012
FECIV4	-48°15'19,56969"	0,003	-18°55'02,07588"	0,003	860,415 m	0,009
FECIV5	-48°15'22,30832"	0,004	-18°55'05,69054"	0,006	859,957 m	0,013
FECIV6	-48°15'22,82866"	0,002	-18°55'02,55459"	0,002	858,339 m	0,005
FECIV8	-48°15'22,23196"	0,005	-18°55'07,63344"	0,006	860,706 m	0,013
FECIV10	-48°15'31,27478"	0,002	-18°55'08,96677"	0,002	855,56 m	0,004
FECIV13	-48°15'29,86662"	0,003	-18°55'11,65786"	0,003	857,251 m	0,005
FECIV2	-48°15'27,01188"	0,002	-18°55'03,45445"	0,002	856,013 m	0,005

CIV4	-48°15'18,93882"	0,002	-18°55'04,82948"	0,002	862,096 m	0,005
------	------------------	-------	------------------	-------	-----------	-------

Os gráficos abaixo ilustram as precisões das estações em relação à RBMC de referência e ao *software* utilizado. Nas Figuras 1, 2, 3 e 4 são exibidas as precisões relativas ao *Topcon Tools v.8.2*.

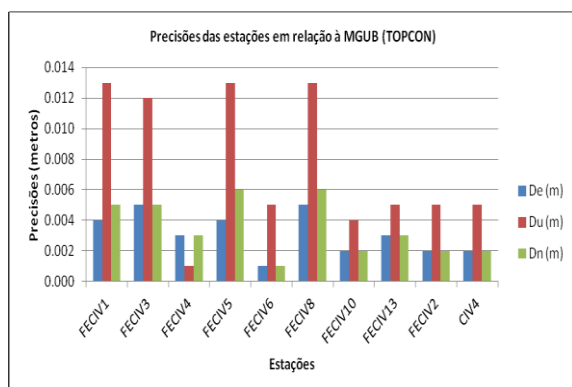


Figura 1. Precisão em relação à MGUB.

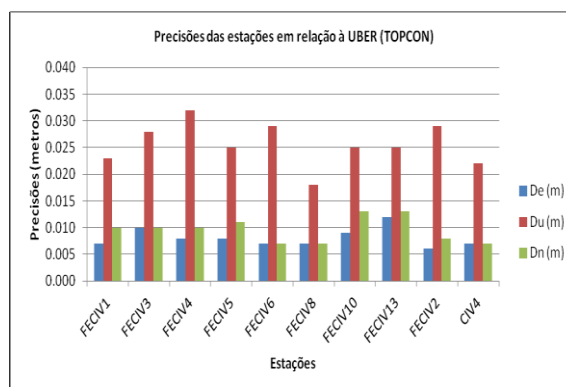


Figura 2. Precisão em relação à UBER.

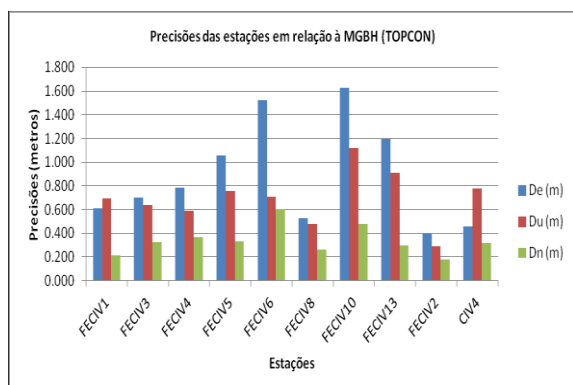


Figura 3. Precisão em relação à MGBH.

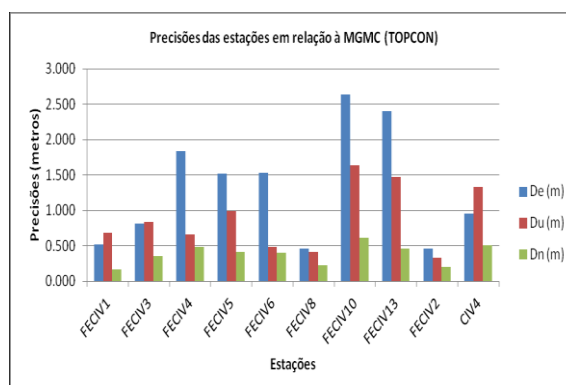


Figura 4. Precisão em relação à MGMC.

As precisões relacionadas ao *software* *GNSS Solutions 3.80.4* são apresentadas nas Figuras 5, 6, 7 e 8.

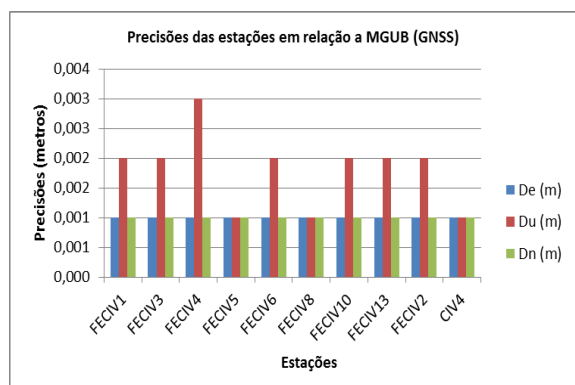


Figura 5. Precisão em relação à MGUB.

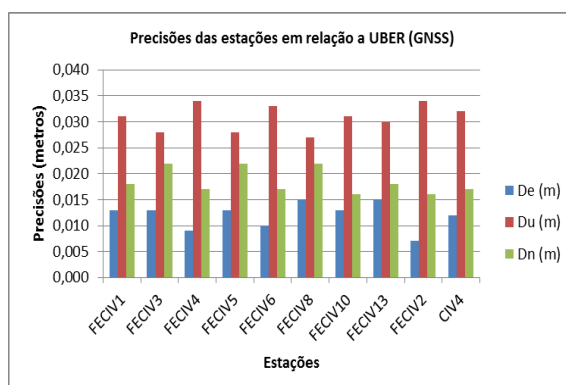


Figura 6. Precisão em relação à UBER.

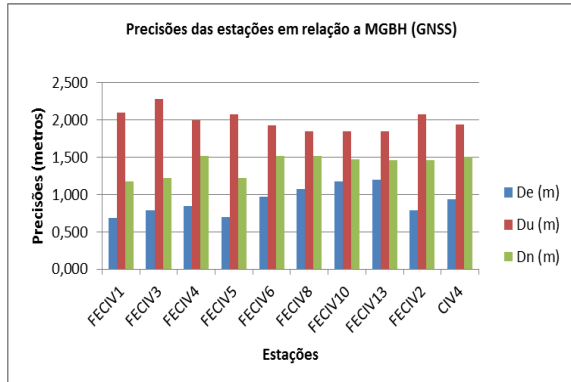


Figura 7. Precisão em relação à MGBH.

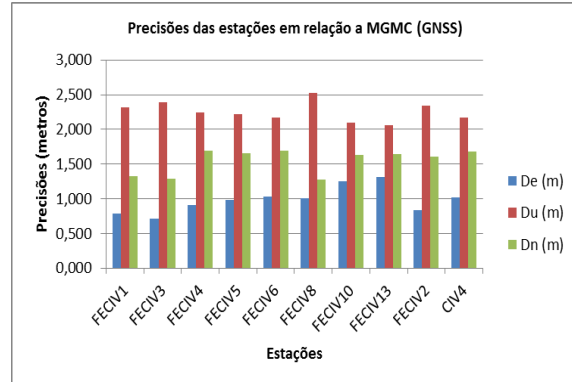


Figura 8. Precisão em relação à MGMC.

Nas figuras, De, Du e Dn são, respectivamente, desvios padrões da longitude, altitude geométrica e latitude. A partir da análise dos gráficos relativos às precisões das coordenadas geodésicas oriundas de diferentes softwares e estações de referência, observa-se que os erros obtidos no *Topcon Tools v.8.2* para linhas de base curtas foram maiores na altitude e na latitude, porém, em relação às linhas de base longas, os maiores desvios ocorreram na longitude e na altitude. Quanto ao processamento no *GNSS Solutions 3.80.4*, para os pontos de controle próximos (MGUB e UBER) e distantes (MGBH e MGMC), a altitude geométrica e a latitude foram as componentes geodésicas que adquiriram os maiores erros.

Os desvios padrões referentes às linhas de base longas foram muito grandes, não podendo assim ser negligenciados, pois foram até de ordem métrica. Este fato já era previsível, uma vez que a influência da troposfera, ionosfera, multicaminho e de outras fontes de erro é bastante grande. Com relação às linhas de base curtas, os erros geralmente podem ser desconsiderados, pois são muito pequenos (de natureza milimétrica).

A NTGIR formaliza que para linhas de base com comprimento até 10 km, a ocupação mínima é de 20 minutos e a solução requerida é fixa. Relativamente à RBMC UBER (onde as estações foram processadas com efemérides precisas), o FECIV1 flutuou, contrariando a Norma. Possível razão para este acontecimento pode ser o fato do equipamento ser de simples frequência (L1), o que já o limita. No entanto, os outros vértices alcançaram os resultados esperados pela Norma.

Já para linhas de base de 100 km ou mais, a NTGIR determina que o tempo de rastreamento mínimo seja de 240 a 480 minutos e a solução requisitada é fixa ou flutuante. Porém, nesta pesquisa, o levantamento dos pontos aconteceu em períodos de 30 minutos, tempo insuficiente para obter resultados convenientes à Norma. Além disso, a NTGIR afirma que somente receptores de dupla frequência (L1/L2) podem ser usados em rastreamentos com linhas de base dessa dimensão, mas como já mencionado anteriormente, o aparelho utilizado possuía somente L1. Processados também com órbitas precisas, os pontos rastreados em relação às estações de referência MGBH e MGMC em sua maioria flutuaram. Somente os vértices FECIV1, FECIV5 e FECIV6 fixaram-se quando processados no *GNSS Solutions 3.80.4* com linhas de base longas. Portanto, os pontos processados com as RBMC distantes obtiveram resultados previstos pela Norma, mas não plenamente em concordância com a mesma, pois nem todas as condições de rastreamento recomendadas foram adotadas.

As Figuras 9, 10, 11 e 12 revelam as discrepâncias obtidas entre as coordenadas cartesianas das estações processadas nos diferentes programas:

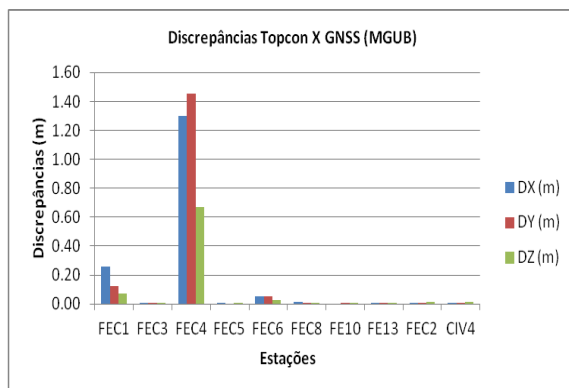


Figura 9. Discrepâncias relativas à MGUB.

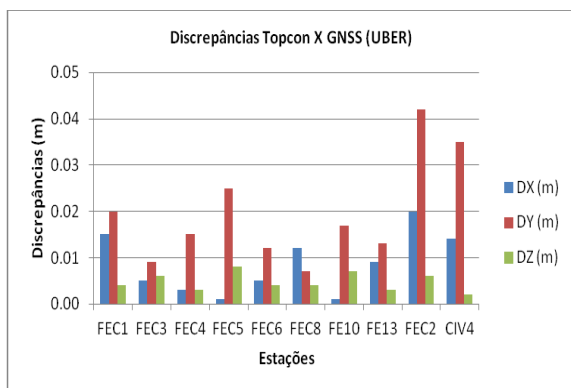


Figura 10. Discrepâncias relativas à UBER.

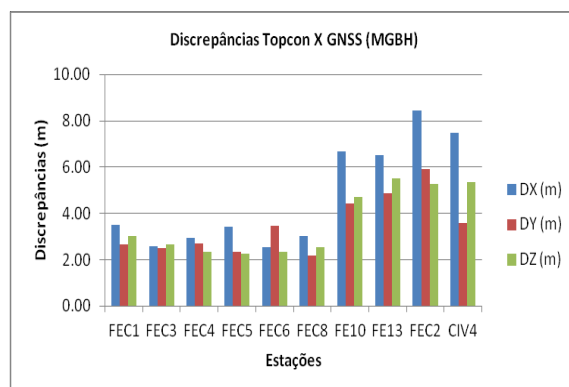


Figura 11. Discrepâncias relativas à MGBH.

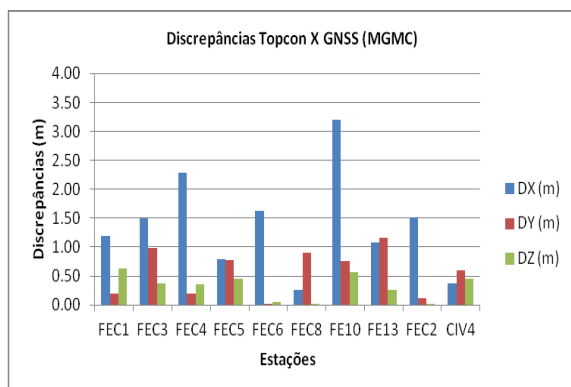


Figura 12. Discrepâncias relativas à MGMC.

Após a avaliação dos gráficos referentes às discrepâncias entre as coordenadas cartesianas provenientes dos dois *softwares*, percebe-se que as maiores divergências ocorreram nas componentes Y e X no que se diz às estações de referência MGUB E UBER. Quanto à MGBH E MGMC, os erros propagaram-se mais nas componentes cartesianas X e Y. Assim, as discrepâncias têm de ser consideradas, pois alcançaram ordem métrica, sendo que algumas atingiram valores superiores a 6 metros.

4.0 Conclusões

Neste trabalho propôs-se analisar as precisões e os desvios padrões relativos às coordenadas geodésicas geradas pelos processamentos em diferentes *softwares*, fazendo um comparativo com a Norma, principalmente em função do comprimento da linha de base e do tempo de rastreo. As disparidades entre as coordenadas cartesianas oriundas dos processamentos realizados nos distintos programas também foram avaliadas.

Assim, os desvios padrões relacionados com as componentes das coordenadas geodésicas foram aparentemente pequenos, de natureza milimétrica, para os processamentos com linhas de base curta, ou seja, relativos às RBMC MGUB e UBER. Desta forma, eles podem ser ignorados. Porém nos processamentos das linhas de base longas, os erros propagados devido às ações troposférica, ionosférica, dentre outras, ocasionaram expressivos desvios padrões que precisam ser examinados e considerados. Consequentemente, a partir deste fato, vê-se a importância da escolha de uma estação de controle próxima à região de trabalho, pois isso reduz a ação de possíveis fontes de erros no rastreamento.

As coordenadas cartesianas apresentaram altas disparidades quando comparadas ao *software* usado. As componentes Y e X obtiveram as maiores discrepâncias entre os processamentos realizados no *Topcon Tools v.8.2* e no *GNSS Solutions 3.80.4*. Muitas

divergências foram a nível métrico, alcançando valores significativos. Deste modo, para um melhor estudo de caso, elas não podem ser omitidas.

Portanto, em pesquisas vindouras aconselha-se aplicar todas as recomendações declaradas pela Norma, pois assim pode-se diminuir a propagação de erros no produto final e garantir a obtenção de resultados confiáveis e adequados à NTGIR.

Agradecimentos

Os responsáveis pela pesquisa agradecem à Universidade Federal de Uberlândia (UFU), campus Santa Mônica, por ter cedido o espaço para a realização deste trabalho.

Referências

Allcomp. Disponível em: <[http:// allcompgps.com.br/produto/ashtech-promark-2-r-700000-foto-meramente-ilustrativa](http://allcompgps.com.br/produto/ashtech-promark-2-r-700000-foto-meramente-ilustrativa)>. Acesso em: 07.nov.2012.

Faustino, R. C. **Posicionamento por ponto preciso estático e cinemático: implementação e análise**. 2006. 106 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas)-Faculdade de Ciências e Tecnologia da Unesp, Universidade Estadual Paulista campus de Presidente Prudente, Presidente Prudente, 2006.

Ibge. Disponível em: < http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/rbmc_est.shtm>. Acesso em: 16.nov.2012.

Leick, A. **GPS satellite surveying**. 3.ed. United States: John Wiley, 2004. 435p.

Monico, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: Descrição, fundamentos e aplicações**. São Paulo: Editora UNESP, 2008. 476 p.

Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais (NTGIR). Lei nº 10.267, de 28 de agosto de 2001. Decreto 4.449, de 30 de outubro de 2002. 2ª edição. 2010.

Seeber, G. **Satellite Geodesy: foundations, methods, and applications**. Berlin; New York: de Gruyter, 2003. 589p.