

**ANÁLISE DA ACURÁCIA POSICIONAL A PARTIR DE DIFERENTES
TEMPOS DE RASTREIO: O CASO DA REDE DE REFERÊNCIA
CADASTRAL MUNICIPAL DA CIDADE DE BOM DESPACHO - MG**

*Analysis of positional accuracy from different screening times: the case of the
Municipal Cadastral Reference Network of the city of Bom Despacho - MG*

Rayra Bellico Cária e Coelho
Universidade Federal de Viçosa
Viçosa, Minas Gerais
rayra.coelho@ufv.br

Priscila de Lima e Silva
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Seropédica, Rio de Janeiro
priscilalimasilvaufrrj@gmail.com

Éder Teixeira Marques
Universidade Federal de Viçosa
Viçosa, Minas Gerais
eder@ufv.br

Daniel Camilo de Oliveira Duarte
Universidade Federal de Viçosa
Viçosa, Minas Gerais
daniel.duarte@ufv.br

Victor dos Santos Marotta
Universidade Federal de Viçosa
Viçosa, Minas Gerais
victor.marotta@ufv.br

Resumo:

A Rede de Referência Cadastral Municipal (RRCM) visa fornecer apoio básico para os levantamentos que se destinem a projetos, dessa forma normaliza e sistematiza os levantamentos topográficos. Implantar a RRCM vinculada ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), além de contribuir de forma significativa com a manutenção e adensamento do SGB, certifica o seu alto padrão. Os critérios rigorosos estabelecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no guia “Instruções para homologação de estações estabelecidas por outras instituições” garantem a alta precisão e minimizam a degradação destes marcos. Porém, esse é um processo exaustivo, que diante do alto padrão dos levantamentos geodésicos e dos receptores GNSS existentes pode ser minimizado. Com o objetivo de avaliar a possibilidade de simplificar esse processo, o trabalho avaliou a acurácia obtida a partir de diferentes intervalos de tempo (2h, 3h, 4h, 5h e 6h) das quatro sessões dos cinco marcos geodésicos pertencentes a RRCM integrada ao SGB da cidade de Bom Despacho -MG, utilizando a solução “PPP on-line IBGE” e tendo como base os resultados disponibilizados no SGB. Considerando duas horas de rastreamento a precisão do posicionamento foi inferior a 1 cm. Para os intervalos superiores a 4 horas a acurácia foi inferior a

40mm, sendo influenciada significativamente pela tendência. Dessa forma, evidencia-se o grande potencial do PPP em intervalos de inferiores a 6h, principalmente por terem alcançado o nível de precisão esperada pelo IBGE.

Palavras-chave: Sistema GNSS; PPP IBGE; Sistema Geodésico Brasileiro; Rede de Referência Cadastral; Cadastro Territorial Multifinalitário.

Abstract

The Municipal Cadastral Reference Network (RRCM) aims to provide basic support for surveys that are intended for projects, thus normalizes and systematizes topographic surveys. Implementing the RRCM linked to the Brazilian Geodesic System (GbS), in addition to contributing significantly to the maintenance and density of the SGB, certifies its high standard. The rigorous criteria established by the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) in the guide "Instructions for homologation of stations established by other institutions" guarantee high accuracy and minimize the degradation of these milestones. However, this is an exhaustive process, which, given the high standard of geodesic surveys and existing GNSS receptors, can be minimized. In order to evaluate the possibility of simplifying this process, the study evaluated the accuracy obtained from different time intervals (2h, 3h, 4h, 5h and 6h) of the four sessions of the five geodesic landmarks belonging to the RRCM integrated to the SGB of the city of Bom Despacho -MG, using the solution "PPP online IBGE" and based on the results available in the SGB. Considering two hours of screening, the positioning accuracy was less than 1 cm. For intervals greater than 4 hours the accuracy was less than 40mm, significantly influenced by the trend. Thus, the great potential of PPP is evidenced at intervals of less than 6 h, mainly because they reached the level of precision expected by IBGE.

Keywords: GNSS System; PPP IBGE; Brazilian Geodetic System; Cadastral Reference Network; Multipurpose Cadastre.

1. INTRODUÇÃO

O Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) possui como principal característica o suporte para o conhecimento do território e a aplicabilidade dos produtos cartográficos no processo de gestão territorial (PEREIRA, 2009). Relaciona-se diretamente a tarefa de planejamento, organização, administração dos territórios e auxilia as tomadas de decisões nos aspectos econômico, jurídico e físico.

A multifinalidade do cadastro é garantida quando o maior número de usuários possíveis é atendido, ou seja, quando o CTM é capaz de abranger os aspectos físicos e legais (LOCH et.al., 2007). A pluralidade da utilização da base cartográfica reafirma a importância de uma base de dados geográficos precisos e de qualidade.

As informações confiáveis eliminam e minimizam incertezas e auxiliam em tomadas de decisões importantes, como conflitos e litígios de terras (LOCH, 1993). Outros aspectos também são afetados diretamente pela qualidade dos dados, como a cobrança justa de impostos, garantia da propriedade imobiliária, facilidade e economia nos processos de desapropriações legais e servidões, geração de dados espaciais para um sistema de informações e atualização cadastral.

Diante dos diferentes aspectos, torna-se necessário, além de garantir a qualidade dos dados que compõem o CTM, assegurar a integração dos dados de todo território. Para esse fim, o mapeamento do território deve ser efetuado a partir de referenciais geodésicos e cartográficos oficiais. No Brasil, a NBR-14166 (1998), define os procedimentos a serem seguidos e a necessidade de implantação de uma Rede de Referência Cadastral Municipal (RRCM). Essa rede deve estar referenciada ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), que utiliza o SIRGAS2000 como sistema de referência geodésico.

A RRCM proporciona ao município uma infraestrutura de apoio básico para todos os levantamentos que se destinam a projetos, cadastros ou implantação de obras, dessa forma normaliza e sistematiza todos os levantamentos topográficos (NBR-14166, 1998). Uma boa distribuição da RRCM, de forma a atender uma maior área possível do município, faz com que o conjunto de estações geodésicas se tornem um instrumento preciso e de auxílio aos projetos de melhorias no ordenamento territorial urbano.

Semelhantemente, o SGB também é uma rede de referência constituída pelo conjunto de estações geodésicas materializadas, porém engloba todo território nacional, e as estações são monumentos de concreto com uma placa de metal no ponto central do marco, com formatos definidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A determinação das coordenadas desses marcos é efetuada através de técnicas e procedimentos de alta precisão. A regulamentação, normatização de técnicas de posicionamento geodésico, o levantamento de dados, bem como a disponibilização do SGB são de responsabilidade do IBGE de acordo com o Decreto-Lei nº243, de 28/02/1967 (IBGE,2020).

O IBGE possibilita que entidades façam o levantamento de marcos que possam ser integrados ao SGB, para essa integração o IBGE disponibiliza o guia “Instruções para homologação de estações estabelecidas por outras instituições” (IBGE, 2016), que define a metodologia e os parâmetros técnicos, para que outras instituições possam realizar levantamentos geodésico com alta precisão. Se obedecidos os critérios, após uma análise da instituição, os marcos são homologados e passam a constituir o SGB.

Visto a importância da precisão e qualidade dos dados que integram o CTM, bem como a obrigatoriedade de os dados estarem referenciados ao SGB e de ser estabelecida a RRCM, é vantajoso homologar algum marco da rede de referência cadastral junto ao SGB. Pois possibilita a criação de uma base cartográfica com elevado nível de precisão, ao obter-se a certificação de uma instituição nacional capacitada da qualidade dessa rede, além de contribuir para o adensamento do SGB.

Porém as técnicas estabelecidas pelo IBGE para a homologação dos marcos, principalmente o período de tempo referente a coleta de dados, faz com que o processo seja oneroso, e diante das tecnologias disponíveis atualmente esse tempo pode ser minimizado. Reduzir o tempo de coleta dos dados torna o processo mais prático e aumenta a probabilidade de aplicação em campo.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é avaliar a metodologia proposta pelo IBGE, principalmente analisar a possibilidade de redução do tempo de coleta. Para isso, os dados levantados de cinco marcos geodésicos, que compõem a Rede de Referência Cadastral Municipal do município de Bom Despacho – MG, e integram o SGB, foram analisados, avaliando a acurácia obtida no processamento em diferentes intervalos de tempo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O cenário brasileiro, principalmente das cidades de pequeno porte, compartilha um contexto comum, a ausência do cadastro territorial multifinalitário e do mapeamento com bases confiáveis e atuais. Para que se possa alcançar dados de qualidade que possam dar suporte ao CTM, torna-se necessário o conhecimento dos procedimentos metodológicos. Sendo assim, buscou-se esclarecimentos sobre os assuntos abordados referentes à implementação da RRCM integrada ao SGB.

2.1. Sistema Geodésico Brasileiro

O Sistema Geodésico Brasileiro é um sistema desenvolvido, implantado, e mantido pelo IBGE, as estações geodésicas são constituídas por marcos materializados formados de concreto com uma chapa metálica de identificação em seu topo. A estrutura, e o formato físico dos marcos são estabelecidos pelo IBGE no documento “Padronização de Marcos Geodésicos” (IBGE, 2008a), dessa forma, pode-se garantir estabilidade, durabilidade e uniformização das estações.

O SGB é composto por diferentes redes, sendo elas:

- Rede Altimétrica: determinada através de estações de Referência de Nível (RN);
- Rede Planialtimétrica, constituída por Estação de Satélite do tipo SAT (GPS ou DOPPLER), Estação Poligonal (EP) e Vértice de Triangulação (VT), e a Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS (RBMC), sendo que esta é de grande importância para a base de dados geodésicas do país, por proporcionar alto desempenho e fornecer informações para determinação de coordenadas diariamente;
- Rede Gravimétrica, que é composta pelas estações do tipo Gravimétrica.

A implementação das redes teve início em 1939, e desde então, passa por processos de atualizações, sendo a mais relevante, a adoção em 2005 do sistema de referência geodésico geocêntrico SIRGAS2000 (Sistema Geocêntrico para as Américas), época 2000.4. Esse sistema passou a substituir os sistemas SAD69 e Córrego Alegre, devido a resolução RPR -1/2015 ter definido de forma exclusiva e definitiva a adoção do datum SIRGAS2000 como sistema de referência oficial brasileiro.

O SIRGAS possui definição idêntica ao Sistema de Referência Terrestre Internacional (ITRS: International Terrestrial Reference Frame), a sua realização é uma densificação regional da realização do ITRS na América Latina. O Datum SIRGAS tem como origem os parâmetros do elipsoide GRS80 (Geodetic Reference System, 1980). A adoção de um referencial geocêntrico, além de garantir qualidade dos levantamentos geodésicos, cria um referencial para todo o continente Americano, o que facilita a integração de dados

2.2. Rede de Referência Cadastral Municipal

O conceito, a regulamentação e os métodos de implantação e realização, e manutenção de uma RRCM são descritos com detalhes pela norma NBR 14166 (1998). A RRCM é definida pela NBR 14166 (1998), como:

“Rede de apoio básico de âmbito municipal para todos os serviços que se destinem a projetos, cadastros ou implantação e gerenciamento de obras, sendo constituída por pontos de coordenadas planialtimétricas, materializadas no terreno, referenciados a uma única origem, o SGB, e um mesmo sistema de representação cartográfica, permitindo a amarração e conseqüente incorporação de todos os trabalhos de topografia e cartografia na construção e manutenção da Planta Cadastral Municipal e Planta Geral do Município, sendo esta rede amarrada ao SGB; fica garantida a posição dos pontos de representação e a correlação entre os vários sistemas de projeção ou representação.”

Dentre dos objetivos explícitos pela norma, destaca-se a função de estabelecer uma infraestrutura de apoio geodésico e topográfico de forma que proporcione a normalização e sistematização de todos os levantamentos topográficos, seja pelos métodos diretos, ou por

métodos indiretos como aerofotogramétrico, ou outros métodos. A partir desses levantamentos pode-se obter uma base cartográfica, definida pelo conjunto de cartas e plantas integrantes do Sistema Cartográfico Municipal que, apoiadas na rede de referência cadastral, apresentam conteúdo de auxílio a administração municipal, de forma a cumprir a multifuncionalidade do CTM.

A estruturação e classificação da rede deve ser feita baseada nos critérios estabelecidos, principalmente a definição da área de abrangência do Sistema Topográfico Local, a partir disso pode-se definir o ponto central da rede. Também deve ser identificado os fusos, meridianos centrais e meridianos limites no sistema de projeção UTM, um vértice do SGB próximo à área para garantir a amarração desta rede. A partir dos aspectos supracitados que devem ser observados o planejamento de uma rede, ressalta-se os principais elementos desta, como marcos geodésicos de precisão, marcos geodésicos de apoio imediato, marcos de referência das divisas estaduais e municipais, referências de nível de precisão, referência de nível de apoio imediato, referências de nível topográficas, pontos topográficos, pontos de referência de segmentos de logradouros, pontos de esquina, pontos de referência de quadras, pontos de referência para estrutura fundiária, pontos de referência de glebas (NBR 14166, 1998). As premissas para o estabelecimento dos elementos constituintes da RRCM são descritas pelos tópicos 5 e 6 da NBR 14166 (1998).

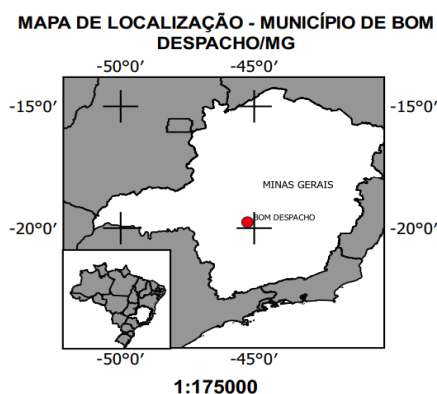
A integração da RRCM ao SGB produz benefícios tanto para a área municipal, quanto para o adensamento do SGB. A garantia e certificação de um órgão nacional capacitado em um levantamento de alta precisão, contribui significativamente para o desenvolvimento estrutural e na organização espacial da cidade, além de torna-se essencial ao apoio cartográfico, dessa forma a base cartográfica e cadastral podem ser atualizadas com mais facilidade e praticidade.

3. METODOLOGIA

3.1. Área de estudo

A área escolhida para o estudo, foi a cidade de Bom Despacho (Figura 1), onde em setembro de 2019 foram instalados cinco marcos de uma RRCM desenvolvidos segundo (IBGE, 2016) para ser integrada ao SGB. Em novembro de 2019, os marcos dessa rede foram homologados pelo IBGE.

Figura 1- Localização Municipal de Bom Despacho



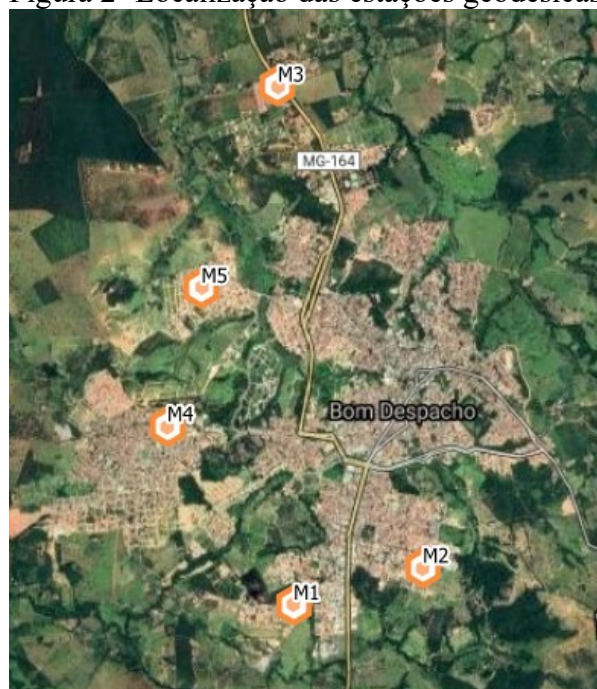
Fonte: Elaborada pelos autores.

A cidade está localizada na região Centro-Oeste de Minas Gerais, e constitui a Mesorregião Central Mineira. Situada a 156 km da capital mineira, Belo Horizonte, o município possui uma área territorial em torno de 1213,546 km², com população estimada de 45.624 pessoas, densidade demográfica de 37,28 hab/km² e um PIB per capita de R\$24.209,87. Bom Despacho está na 44ª posição das cidades mineiras no ranking de análise do território e ambiente. Por apresentar 92.8% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 74.2% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 4.7% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (IBGE CIDADES, 2020). Ressalta-se a capacidade e eficiência do planejamento público, e indica a importância de instrumentos cartográficos e de uma base com dados de qualidade, o que potencializa o conhecimento do território e a gestão pública do município.

3.2. Metodologia

Para avaliar a acurácia do levantamento e comparar com os memoriais descritivos disponibilizados pelo IBGE, primeiramente foi necessário a obtenção dos arquivos. Os procedimentos para o levantamento dos dados foram: o estabelecimento das localizações dos marcos, ressalta-se a importância desta etapa para que os critérios estabelecidos pelo IBGE sejam atendidos. Esses critérios além de minimizarem a degradação da precisão devido a condição de ser livre de obstruções, garantem fácil acesso, a segurança e preservação dos marcos (IBGE 2008a). De acordo com os critérios estabelecidos, pode-se notar que locais públicos são os mais adequados, como praças, escolas, entre outros. A Figura 2, apresenta a localização onde as estações geodésicas foram implantadas.

Figura 2- Localização das estações geodésicas.

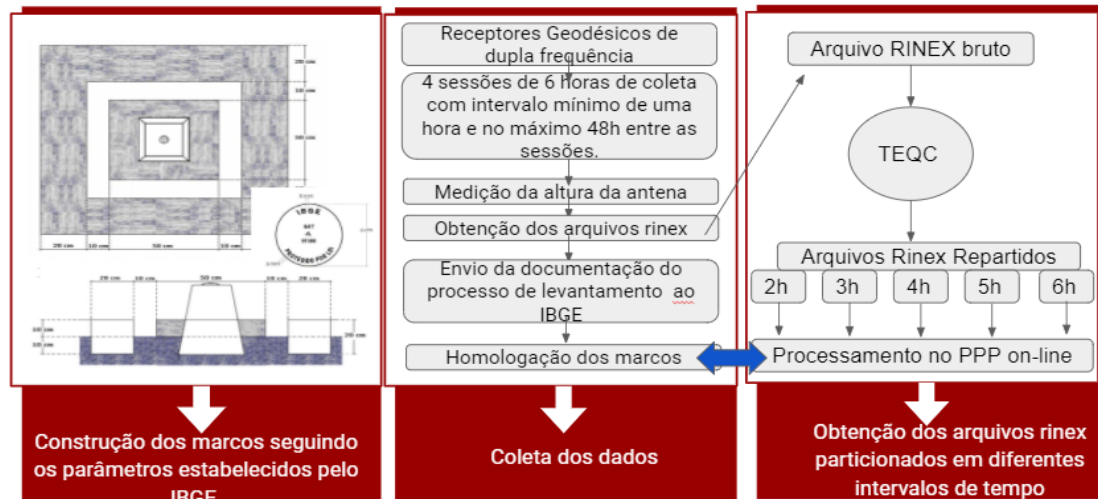


Fonte: Elaborada pelos autores, adaptado do Google Earth ®

Os dados de GNSS utilizados neste estudo são advindos dos receptores: TRIMBLE 5700, T10 e JAVAD, com antenas TRM 39105, TPMT 10 e JAVTRIUMPH_1M_NONE, respectivamente, sendo todos de dupla frequência. Os arquivos com intervalos de tempos de rastreamento de 2h, 3h, 4h, 5h e 6h, foram gerados através do software TEQC. A figura 3 resume a coleta dos dados e o processo de obtenção das coordenadas para os diferentes intervalos de tempo.

A metodologia apresentada foi adotada nos dias 19 a 22 de setembro de 2019, para os cinco marcos implantados na cidade, e após a repartição dos arquivos RINEX em diferentes intervalos de tempo, obteve um total de cem arquivos para auxiliarem a análise. Após a obtenção dos resultados pode-se comparar as coordenadas geradas pelo PPP com as coordenadas de referência, essas são resultantes do processo de homologação dos marcos. A seta azul indicada na figura 3 demonstra essa comparação.

Figura 3- Parâmetros físicos dos marcos de concreto e síntese da metodologia adotada



Fonte: Elaborada pelos autores, adaptado de IBGE (2008b, 2016).

Diante dos objetivos do trabalho, torna-se necessário fazer uma transformação do sistema de unidades angulares em métrico, para então ser possível extrair as informações geométricas planimétricas. A partir das diferenças de latitude e longitude (equação 1), entre os dados processados pelo PPP e pela coordenada oficial do SGB ($\Delta\varphi, \Delta\lambda, \Delta h$), realiza-se a transformação dos comprimentos dos arcos das linhas do sistema (φ, λ), em termos lineares, conforme a equação 4 (COSTA, 2003).

$$\left[\Delta\varphi_{(grau)} \quad \Delta\lambda_{(grau)} \quad \Delta h_{(m)} \right] = \left[(\varphi_{(estratégia)} - \varphi_{(referência)}) \quad (\lambda_{(estratégia)} - \lambda_{(referência)}) \quad (h_{(estratégia)} - h_{(referência)}) \right] \quad (1)$$

$$\left[\Delta\varphi_{(m)} \quad \Delta\lambda_{(m)} \right] = \left[M \cdot \Delta\varphi_{(rad)} \quad \bar{N} \cdot \cos(\varphi) \cdot \Delta\lambda_{(rad)} \right] \quad (2)$$

Onde:

φ, λ, h - são as coordenadas geodésicas elipsoidais

Sendo N o raio de curvatura da seção primeiro vertical, dado pela equação 3, e o raio da seção meridiana (M), calculado pela equação 4 e a segunda excentricidade (e^2) é calculada pela equação 5.

$$\bar{N} = \frac{a}{(1-e^2 \cdot \text{sen}^2(\varphi))^{1/2}} \quad (3)$$

$$M = \frac{a \cdot (1-e^2)}{(1-e^2 \cdot \text{sen}^2(\varphi))^{3/2}} \quad (4)$$

$$e^2 = 2 \cdot f - f^2 \quad (5)$$

Onde, a é o semi-eixo maior do elipsóide e f o achatamento do elipsóide.

A partir dos resultados obtidos pela equação 2, e das coordenadas tidas como referência, pode-se obter utilizando as equações 6 e 7 a tendência planimétrica (Tp) e altimétrica (Ta) respectivamente.

$$Tp = \sqrt{\Delta\varphi_{(m)}^2 + \Delta\lambda_{(m)}^2} \quad (6)$$

$$Ta = hr - he \quad (7)$$

Onde, hr é a altitude de referência e he é a altitude estratégica.

Os valores da precisão são obtidos durante o processo de ajustamento das observações. No PPP online IBGE os resultados se referem às coordenadas geodésicas (latitude, longitude e altitude) em metros. A precisão planimétrica (Pp) pode ser obtida através da equação 8 e a precisão altimétrica (Pa) pela equação 9.

$$Pp = \sqrt{\sigma\varphi^2 + \sigma\lambda^2} \quad (8)$$

$$Pa = \sigma h \quad (9)$$

$$\text{Acurácia} = \sqrt{Tp^2 + Pp^2} \quad (10)$$

Sendo que $\sigma\varphi$, $\sigma\lambda$ e σh são fornecidos no relatório de processamento do PPP online IBGE. Através das diferenças das coordenadas encontradas no sistema métrico, e com o uso das equações 6,7,8,9, e 10 é possível fazer a comparação entre as distâncias envolvendo a coordenada conhecida (SGB – IBGE) e as obtidas pelo PPP na época 2000.4, de forma que com que a compatibilização dos sistemas seja garantida.

4. RESULTADOS

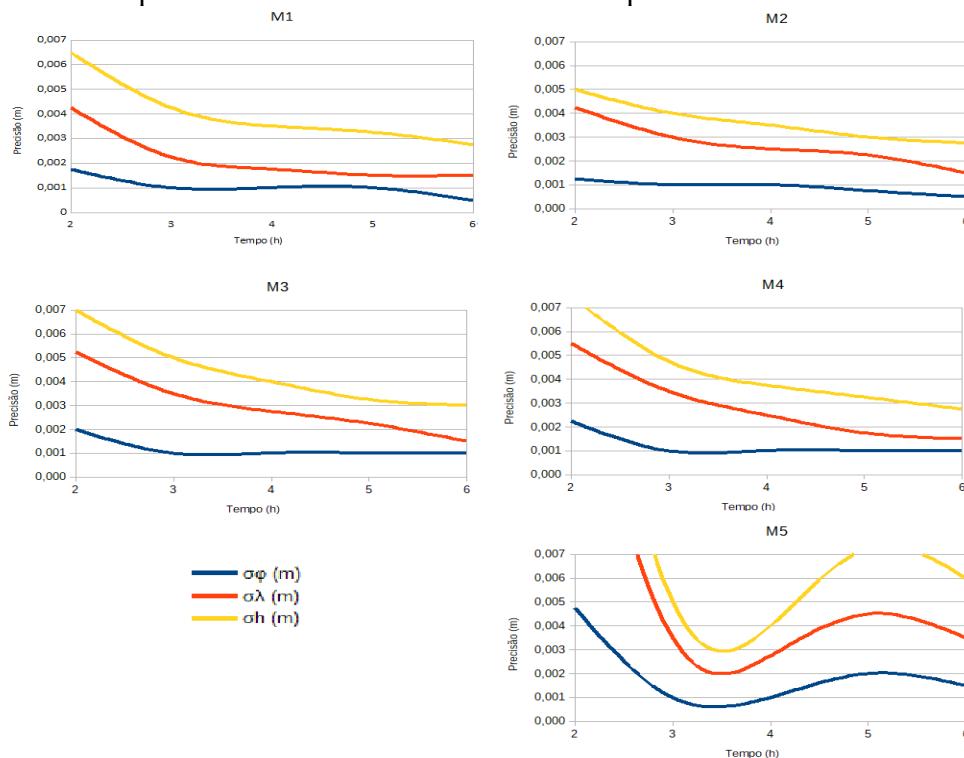
Como forma de proporcionar um melhor entendimento dos resultados, e devido ao volumoso número de dados, os resultados serão apresentados através de gráficos.

Na figura 4, pode-se observar, para os cinco marcos levantado, as precisões médias das coordenadas ($\sigma\varphi$, $\sigma\lambda$, σh), para os intervalos de tempo estudados (2h, 3h, 4h, 5h e 6h). O intervalo mínimo estudado foi duas horas, devido à alta instabilidade das observações antes desse intervalo.

Analisando a figura 4, pode-se observar que a partir de 4 horas, com exceção do marco

5, todas as precisões estão abaixo de 0,004m. A hipótese do marco 5 ter apresentado precisões inferiores é a existência de erros sistemáticos procedentes do equipamento. Além disso, pode-se observar que a partir 4 horas de rastreamento, as precisões oscilam até 0,003m e essa variação se mantém constante. Observa-se uma melhoria em torno de 50% da precisão entre o intervalo após 2 horas de rastreamento e o período total de coleta. Embora, esse resultado seja esperado, ressalta-se que a partir de 4 horas essa variação mantém-se regular. Ademais, a precisão também está relacionada ao tipo de observável (código ou fase) e pelo modo de processamento (estático ou cinemático) (IBGE, 2017b). Sabe-se que de acordo com as “Normas de Levantamento Geodésico” (IBGE, 2017a), os resultados estão dentro da estimativa de precisão do PPP com levantamento utilizando receptores GNSS de dupla frequência. Estes resultados estão apresentados na tabela 01.

Figura 4- Precisões planimétrica e altimétrica dos marcos para diferentes intervalos de tempo.



Fonte: Elaborada pelos autores.

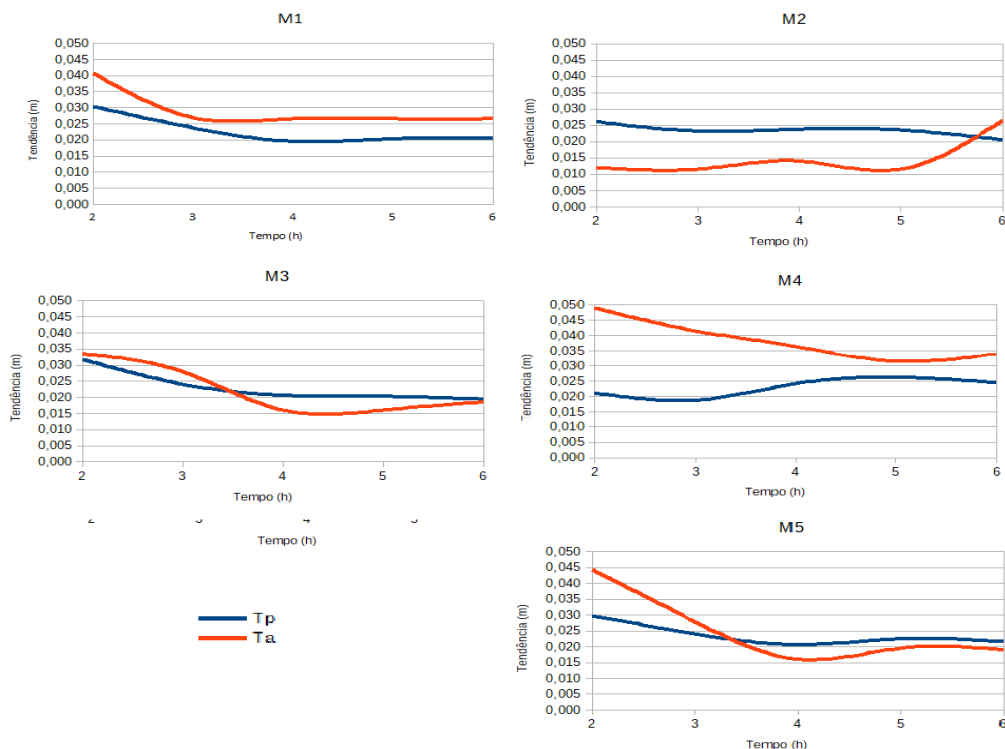
Tabela 1- Estimativa da Precisão para Posicionamento por Ponto Preciso – PPP.

Tempo de Observação	Precisão L3 (L1&L2)		
	Latitude	Longitude	Altitude
1 h	2 cm	4 cm	4 cm
2 h	1 cm	2 cm	2 cm
4 h	5 mm	1 cm	2 cm
6 h	5 mm	1 cm	1 cm

Fonte: IBGE (2017a).

Diante das análises apresentadas, observa-se que em todas as sessões e marcos, com o intervalo de rastreamento de 2 horas os resultados alcançados já estão dentro dos resultados previstos para 6 horas de rastreamento, o que corrobora para o questionamento referente ao tempo exigido para homologação dos marcos. A figura 5 relaciona as diferenças entre as coordenadas, ou seja, a tendência.

Figura 5- Tendências planimétricas e altimétricas dos marcos para os diferentes intervalos de tempo.



Fonte: Elaborada pelos autores.

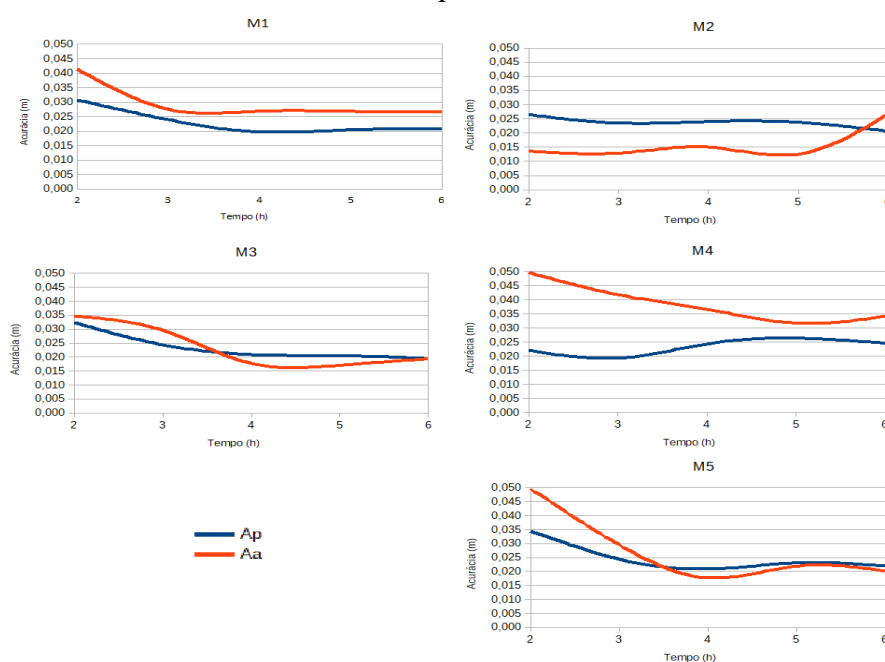
Analisando a figura 5, pode-se verificar que em todas as seções e intervalos de tempo, não houve uma estabilidade entre a variação das coordenadas, apenas o marco 5, que após as 4 horas de levantamento as tendências planialtimétricas tiveram baixa flutuação. O grau de diferenciação entre as tendências foi inferior a 0,050m, esse resultado é semelhantemente a precisão, os valores se mantiveram constantes após 4 horas de rastreamento. As distâncias do valor calculado e a referência mantiveram uma amplitude em torno de 0,02m em todos os marcos. Os gráficos de tendência ilustram bem o comportamento da discrepância entre as coordenadas obtidas pelo IBGE-PPP quando comparada à estação do SGB, além de permitir identificar alguns erros do operador e do equipamento.

Após obter os valores das tendências e das precisões, pode-se obter o valor da acurácia mediante a cada intervalo de tempo de rastreamento (2h, 3h, 4h, 5h, 6h) de cada seção nos cinco marcos. Estes valores estão representados pela figura 6.

A partir da figura 6, pode-se observar o comportamento das acurácias para cada intervalo de tempo. Para intervalos maiores têm-se resultados mais acurados, o que está dentro do esperado, porém observa-se que não há um padrão de acurácia entre os marcos apresentados,

alguns marcos apresentaram acurácia média de 30mm considerando 6 horas de rastreo, enquanto outros apresentaram 50mm para o mesmo intervalo de tempo.

Figura 6- Acurácia planimétrica e altimétrica dos marcos para os diferentes intervalos de tempo.



Fonte: Elaborada pelos autores.

É possível perceber também, analisando os gráficos de acurácia (Figura 6), que o valor resultante da acurácia foi significativamente influenciado pela tendência. Apesar da obtenção de resultados precisos com pouco tempo de rastreo, os valores de tendência foram mais elevados, logo a acurácia foi superior a precisão. Em todos os intervalos de tempo a acurácia foi superior a 1 cm, até mesmo, ao considerar 6 horas de rastreo, o colocado como tempo mínimo pelo IBGE.

5. CONCLUSÕES

De forma geral, preocupou-se em avaliar a confiabilidade dos dados obtidos com intervalos inferiores a 6 horas de rastreo, que é o tempo mínimo de coleta de dados para que seja feito a homologação e integração ao SGB. No processamento dos dados GNSS, utilizando o serviço PPP on-line, os resultados estão dentro dos valores esperados. A acurácia mostrou-se, de modo geral, satisfatória para intervalos de tempo superiores a 4 horas, devido à baixa variação dos resultados a partir desse intervalo de tempo, e ao comportamento das análises de tendências e precisão terem aproximado dos padrões de alta acurácia.

Em síntese, ressalta-se que no guia de “Instruções para homologação de estações estabelecidas por outras instituições”, não há um limiar de precisão definido, para que seja possível comparar e avaliar se os resultados alcançados estão dentro dos padrões estabelecidos pelo IBGE, para que os marcos sejam homologados e integrados ao SGB.

Devido às limitações do PPP, estudos mais aprofundados precisam ser realizados para se

concluir sobre mudanças nas recomendações feitas pelo IBGE. Tem-se como perspectiva futura a aplicação do posicionamento relativo utilizando o software Bernese com o objetivo de avaliar a acurácia dos dados com intervalos de tempo inferiores a 6 horas. Esses estudos são plausíveis em função da economicidade e dos aprimoramentos tecnológicos que ocorrem ano a ano, tanto em termos de softwares, hardware e peopleware.

Agradecimentos

Ao Grupo de Engenharia para a Gestão e Planejamento Territorial (GENTE) da UFV por todo apoio e fornecimento dos dados.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NRB 14.166: Rede de Referência Cadastral Municipal – Procedimento**. Rio de Janeiro, 1998.

IBGE. **CIDADES**. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/bom-despacho/panorama>> . Acesso em: 03 ago. 2020.

IBGE. **GEOCIÊNCIAS**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias>>. Acesso em: 03 ago. 2020.

IBGE. **Especificações e Normas para Levantamentos Geodésicos associados ao Sistema Geodésico Brasileiro**. Rio de Janeiro, 2017a.

IBGE. **Instruções para homologação de estação estabelecida por outras instituições**. Novembro de 2016.

IBGE. **Manual do Usuário: Posicionamento Por Ponto Preciso**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-sobre-posicionamento-geodesico/servicos-para-posicionamento-geodesico>> 2017b. Acesso em: 03. ago. 2020

IBGE. **Padronização de Marcos Geodésicos**. Agosto 2008a.

IBGE. **Recomendações para levantamentos relativos estáticos - GPS**. Abril 2008b.

IBGE. **Resolução 1/2015** – IBGE 2015.

LOCH, C; ERBA, D. A. **Cadastro Técnico Multifinalitário Rural e Urbano**. Cleveland, Lincoln Institut of Land Policy, USA, 2007.

LOCH, C. **Cadastro técnico rural multifinalitário, a base à organização espacial do uso da terra a nível de propriedade rural**. Tese (Concurso de professor titular - Edital 502/DP/92) - UFSC, Florianópolis, 1993.

PEREIRA, C. C. **A importância do Cadastro Técnico Multifinalitário para Elaboração de Planos Diretores**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Curso de Pós de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC. p.18 .2009.