

IMPLANTAÇÃO DE REDE GEODÉSICA MUNICIPAL (RGM) DE SÃO JOSÉ DO HORTÊNCIO/RS: COMPARATIVO DE TÉCNICAS.

IMPLANTATION OF MUNICIPAL GEODESIC NETWORK (MGN) OF SÃO JOSÉ DO HORTÊNCIO/RS: COMPARATIVE OF TECHNIQUES.

Felipe Antonio Engeroff¹

Adriane Brill Thum²

^{1,2} **Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Unisinos**

Pós-Graduação – Especialização em Informações Espaciais Georreferenciadas

Avenida Unisinos, 950, Cristo Rei, CEP 93.022-750 - São Leopoldo, RS – Brasil; (051) 35911122.

adrianebt@unisinos.br – felipe@duohaus.net

RESUMO

O município de São José do Hortêncio não possui um Rede Geodésica Municipal (RGM) que possibilite uma base de referência em levantamentos topográficos, serviços de engenharia e cadastro imobiliário não sendo possível a organização cartográfica e mapas municipais. Por este motivo foi implantada uma RGM constituída de 12 marcos devidamente monumentalizados ao longo da avenida principal da cidade e em locais de fácil acesso. A rede foi levantada por Global Navigation Satellite System (GNSS) pelos métodos Relativo Estático e Cinemático Real Time Kinematic (RTK) obtendo as coordenadas pelos dois métodos e analisando as diferenças encontradas, bem como os erros possíveis de ocorrer na escolha do método inadequado de ocupação. Devido aos resultados encontrados no comparativos entre os dois métodos de ocupação que tiveram uma desvio padrão (DP) de 1,73 mm em Norte e 1,92 mm em Leste, concluímos que o métodos Relativo Estático oferece a precisão necessária para uma RGM, já o método RTK ao apresentar a precisão centimétrica, já esperada para esta técnica, mostrou se inviável por não apresentar precisão ocupacional necessária e satisfatória requerida para a rede em questão.

Palavras chaves: Rede Geodésica Municipal, GNSS, RTK.

ABSTRACT

The Municipality of São José do Hortêncio does not have a Municipal Geodetic Network (MGN) that permits it to be a base of reference in topographic surveys, engineering services and real estate cadaster, and so it is not possible to do the cartographic organization and municipal maps. For this reason, a MGN was established consisting of 12 properly landmarks at the main avenue of the city situated in easy access places. The network was raised by the Global Navigation Satellite System (GNSS) using the Relative Static and the Real Time Kinematic (RTK) methods, obtaining the coordinates of the two methods and analyzing the differences found, as well as possible errors in choosing the inadequate method of occupation. Due to the results found in the comparisons between the two occupation methods that had a standard deviation (SD) of 1.73 mm in the north and 1.92 mm in the east, we concluded that the Relative Static method provides the necessary precision for a MGN, since the RTK method, when presenting the centimeter precision, already expected for this technique, showed that it was not practical because it did not present the necessary and satisfactory occupational precision required for the network in question.

Keywords: Municipal Geodetic Network, GNSS, Relative Static Method, RTK.

1. INTRODUÇÃO.

Afim de garantir a ordem e uma normatização dos levantamentos cadastrais urbanos a associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) elaborou a NBR 14.166 de 1998 definindo o regimento para as Redes de Referência Cadastral Municipal (RRCM) do país.

Para a criação de uma carta cadastral municipal é fundamental que os levantamentos tenham se baseado em uma rede de referência geodésica, tradicionalmente definido no Plano Topográfico Local (PTL), permanentemente monumentada, tornando o sistema ativo e viável (MORAIS, 2011).

A não existência de uma RRCM fornecendo azimute entre pontos intervisíveis, faz com que os levantamentos topográficos clássicos, ou seja, com a utilização de estações totais não tenham pontos de apoio, impossibilitando a incorporação de plantas e alterações no cadastro urbano.

Com a utilização de equipamentos GNSS (*Global Navigation Satellite System* – Sistema Global de Navegação por Satélite), facilitou a obtenção de coordenadas geodésicas dos pontos, estas que são possíveis transformar em planas, as TMs com predominância da UTM o que no caso se torna incompatível com a precisão esperada devido a distorção que ela apresenta comparando com o levantando in loco. (DAL'FORNO, AGUIRRES, J. HILLEBRAND, GREGÓRIO, 2010).

RGM tem sido estudada em outros trabalhos já publicados por M. V. Silva e E. M. M. Ramos (2012), que citam os benefícios desta rede que será abordada.

O presente trabalho tem o intuito de comparar duas formas de operação da tecnologia GNSS sendo elas o modo Relativo Estático e o modo cinemático Real Time Kinematic (RTK). A escolha do método correto de implantação de uma RRCM é de suma importância, uma vez que serão apresentados os erros que poderão ocorrer, adotando o resultado do método incorreto e sem a precisão necessária para o caso.

Este trabalho irá descrever a metodologia de implantação de uma RGM no município de São José do Hortêncio/RS apotando os benefícios da rede e apresentando o comparativo entre a implantação pelo

método Relativo Estático e método cinemático RTK, bem como os erros envolvidos em ambos os métodos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.

2.1 Posicionamento Relativo Estático.

As informações utilizadas no posicionamento relativo estático são a fase de onda portadora e a pseudodistância, proporcionam a melhor acurácia. Para este modo de levantamento, receptores rastreiam por um determinado tempo os satélites em órbita cujo qual o seu sinal chega até o receptor. (MONICO, 2008).

Devido ao método relativo estático, o receptor permanecer por um longo período ocupando um ponto desejado, utiliza-se apenas as Duplas Diferenças (DDs) da fase de onda portadora como observáveis por possuírem maior relevância nos resultados. As pseudodistâncias devem estar presentes para poder estipular o erro do relógio do transmissor e calcular o instante aproximado da emissão do sinal pelo satélite. (MONICO, 2008).

Para este método torna se necessário o processamentos dos dados obtidos pelo receptor em formato RINEX (*Receiver Independent Exchange Format*) por programas geodésicos aplicando métodos de ajustamento das observações tomando como base outros pontos, com coordenadas conhecidas e ativas no mesmo período, que neste caso podem ser alguma da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo que estão distribuídas em inúmeras cidades do Brasil e permanecem ativas durante 24 horas por dia coletando a cada 15 segundos as informações enviadas pelos satélites. (MONICO, 2008).

Este método possui precisão na ordem dos 1,0 à 0,1 ppm ou até melhores quando utilizando receptores L1/L2 que são de dupla frequência. Para tal devemos nos ater ao correto processamento dos dados, ajustando corretamente as informações afim de atenuar os erros envolvidos e obter a melhor precisão possível. (MONICO, 2008).

2.2 Posicionamento Relativo Cinemático Pós-processado.

Este é um método bastante utilizado, enquanto um receptor encontra se instalado em um ponto de coordenada conhecida, ou não podendo ser previamente ajustado pelo método

anteriormente descrito, outro se desloca até os pontos de interesse ocupando-os por um breve período de tempo. Este tempo costuma ser avaliado pelo profissional que está executando o levantamento avaliando a condição em que o ponto em vista se encontra, podendo variar de 5 minutos em um ambiente totalmente livre de interferências como também 30 minutos quando a existência de alguma fonte de interferência dos sinais de satélite. (MONICO, 2008).

Considerando que dois receptores estarão coletando dados simultaneamente, o vetor da ambigüidade pode ser corrigido antes de iniciar o levantamento ou durante o levantamento. Caso o vetor na ambigüidade for corrigido no decorrer do levantamento, a solução da ambigüidade permanecerá o mesmo até o término não podendo haver a perda de sintonia com os satélites. (MONICO, 2008).

2.3 Posicionamento Relativo Cinemático em Tempo Real – GNSS/RTK.

Este método de levantamento geodésico consiste na ocupação de um ponto com coordenadas conhecidas, ou não, por uma base que com um link de rádio interno enviará as informações para uma unidade móvel também chamada de Rover. A unidade móvel possui um software capaz de processar as informações recebidas via rádio pela base de referenciadas, juntamente com os sinais de satélite recebido por ele recebido corrigindo o vetor da ambigüidade e fornecendo em tempo real a sua posição. (MONICO, 2008).

RTK (*Real Time Kinematic*) como é chamado este método, sendo o mais tecnológico até o momento, obtendo uma precisão centimétrica nos resultados.

2.4 Universal Transversa de Mercator – UTM

Universal Transversa de Mercator ou UTM é um sistema de projeção associado ao sistema de coordenadas plano-retangulares que divide o globo em 60 zonas de 6° de longitude. As coordenadas são obtidas através de um cilindro secante perpendicular ao eixo de rotação da terra o que faz com que haja uma distorção nas distâncias entre pontos, está distorção ocorre em função do fator K que varia de 0,9996 à 1,0015 dependendo da posição onde o ponto se encontra. (MONICO, 2008).

2.5 Local Transversa de Mercator - LTM

Local Transversa de Mercator ou LTM difere da UTM apenas quanto a distorção que ocorre nas distâncias devido a divisão das zonas que passa a ser 360 zonas de 1° de longitude. Neste caso o coeficiente de escala ou fator K passa a ser apenas $K=0,999995$. (MONICO, 2008).

2.5 Plano Topográfico Local - PTL

O plano topográfico local não considera a curvatura da terra, e é perpendicular à vertical a superfície onde o levantamento estiver sendo realizado, ou seja, não se leva em conta os erros envolvidos no desvio da vertical e quanto a curvatura da terra. (DAL'FORNO, AGUIRRES, J. HILLEBRAND, GREGÓRIO, 2010).

Pode se também definir esse plano como a perpendicular ao elipsóide, quando o uso de coordenadas geodésicas para a obtenção de coordenadas topográficas.

Esta é a projeção ideal para a utilização de estações totais pois não envolvem as distorções relativos a curvatura da terra, mas devemos levar em conta que se aplica apenas a pequenas áreas, caso contrário a variação poderá ser significativa.

2.6 Altura Geométrica.

Altitude de referência para levantamentos geodésicos com a utilização de equipamentos GNSS tem como referência a forma matemática da terra chamada de elipsóide sem haver qualquer relação com o nível do mar. Esta altitude é contada sobre a normal entre o ponto ocupado e o elipsóide tendo apenas significado matemático sendo que na cartografia, e em obras civis utiliza-se a altura ortométrica por possuir significado físico com relação ao nível dos mares em calma. (ARANA J. M.).

2.7 Altura Ortométrica.

Altitude ortométrica consiste na subtração entre a altitude geométrica referenciada ao modelo matemático da terra também chamado de elipsóide da altura entre o o elipsóide e o geóide que consiste na projeção do nível médio dos mares em calma oriundo de informações gravimétricas, o resultando desta subtração resulta na altitude ortométrica. (IBGE, 2015)

Para a obtenção da ondulação geoidal encontra-se disponível no site do IBGE, um software que a partir das coordenadas geodésicas latitude e longitude informa a ondulação do ponto em questão. Tendo a ondulação geoidal em mão basta subtrair da altitude geométrica informado pelo GNSS e obter a altitude ortométrica do ponto.

2. MATERIAIS E MÉTODOS.

2.1. Planejamento.

O local escolhido para a implantação da Rede Geodésica Municipal (RGM) foi a cidade de São José do Hortêncio/RS localizada no Vale do Caí distante 78 km da capital Porto Alegre/RS.

Conforme os dados do IBGE, São José do Hortêncio possui 64,113 km² e uma estimativa populacional em 2016 de 4.504 habitantes (IBGE, 2016).



Figura 1 – Mapa Google Maps adaptado com coordenadas.

Pelo fato de ser uma cidade do interior e não possuir uma ocupação densa, surge a preocupação e necessidade de ordenar o seu crescimento. Este ordenamento tem como peça fundamental uma RGM, servindo de referência para todos levantamentos cadastrais imobiliários, abastecimentos de água, saneamentos básico, plataformas SIG (Sistema de Informações Geográficas) e uma compatibilização cartográfica de diversas áreas e usos.

Previamente com a utilização de uma Estação Total foram locadas estacas de madeira nos pontos onde serão monumentalizados os marcos definitivos em concreto armado. Os critérios utilizados para este

lançamento inicial foram: quanto maior a distância entre os pontos, melhor precisão em uma futura leitura de ré e vante com estações totais, pontos mais elevados possibilitando uma melhor visibilidade e garantindo a possibilidade de sempre um ou dois pontos serem intervisíveis e canteiros centrais ou passeios públicos sendo locais de fácil acesso a todos.

2.2. Monumentalização.

A monumentalização da RGM foi realizada nos pontos previamente demarcados observando características estratégicas para a sua posição.

Foram utilizados 12 marcos em concreto armado nas dimensões de 10 x 10 x 60 cm enterrados 45 cm no solo devidamente compactado com camadas sucessivas de 5 cm. Na parte exposta do marco junto ao solo foi colocado uma base de coroamento com as dimensões de 30 x 30 x 10 cm, garantindo desta forma uma melhor estabilidade e rigidez do conjunto.

Por fim, para dar acabamento aos marcos e melhorar a sua visibilidade foi aplicada tinta acrílica na cor amarela seguido da colocação da placa de identificação. A placa de identificação utilizada foi a padrão INCRA fixada ao marco com resina epóxi. No espaço destinado ao credenciado, foram marcados as iniciais de Rede Geodésica Municipal de São José do Hortêncio (RGM SJH) e logo abaixo a numeração sequencial do marco de 001 à 012.

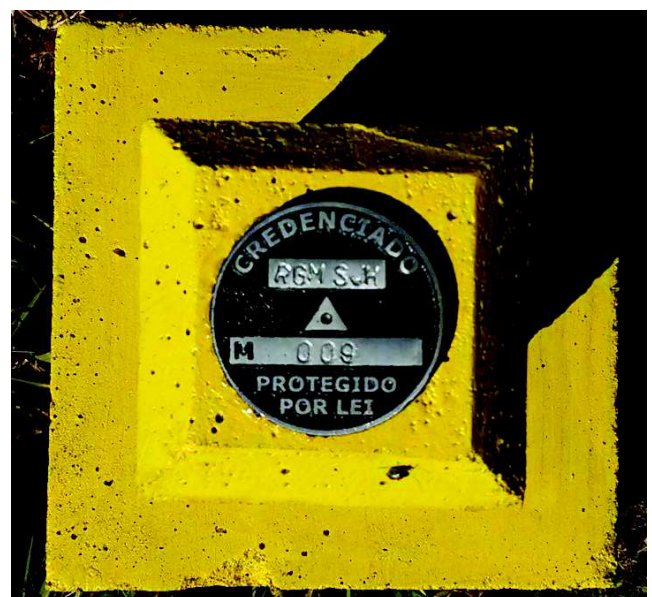


Figura 2 - Modelo de marco e chapa de identificação utilizado.



Figura 3 – Rede de marcos implantada
 Fonte: Google Earth Pro

2.3. Ocupação Relativo Estático GNSS.

Dentre as metodologias possíveis para a utilização do GPS (Global Position System) ou GNSS (Global Navigation Satellite System) destaca-se por sua precisão o método de posicionamento relativo estático que necessita de pós processamento para a obtenção da coordenada ajustada do ponto ou também a obtenção da localização por Posicionamento de Ponto Preciso (PPP). Para a ocupação dos marcos e a obtenção da precisão necessária para uma RGM, optou-se pela ocupação utilizando o método relativo estático por possibilitar uma melhor acurácia utilizando uma combinação linear livre da ionosfera independente das linhas de base envolvidas (AMEIDA, M. S. POZ, W. R. D. 2016), devido a um ou mais receptores ocuparem pontos de referência ou também chamados de bases com coordenadas conhecidas ou posteriormente ajustadas atenuando os erros e chegando a coordenada absoluta, outros receptores percorrem os pontos ocupando por um determinado período.

Para o levantamento da RGM foram escolhidos os marcos M-001 e M-012 nos extremos da cidade para serem os marcos de referência ou marcos bases, permanecendo estes ocupados durante

o levantamento dos demais. Os marcos intermediários foram ocupados igualmente durante 1 hora sendo que os receptores L1/L2 armazenaram as informações enviadas pelos satélites a cada intervalo de 5 segundos.

2.4. Processamento e ajustamento das observações.

Para o processamento e ajustamento das observações, inicialmente foram descarregados os dados dos receptores convertendo os arquivos com sua extensão raiz para o formato RINEX (Receiver Independent Exchange Format).

Para a definição das coordenadas dos pontos de referência ou pontos base, foram obtidos pelo site do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) na aba Geociências, os dados das estações de monitoramento POAL localizado em Porto Alegre/RS e SMAR localizado em Santa Maria/RS pertencentes a Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) para servirem de bases de controle no ajustamento das futuras bases de ajustamento da RGM.

Os dados de POAL e SMAR foram inseridos no programa de ajustamento geodésico, definindo-os como pontos de controle e atribuindo a eles suas coordenadas precisas e os sigmas conforme relatório disponibilizado de cada estação. Feito isso, foram inseridos os dados dos marcos M-001 e M-012, atribuindo a eles o modelo da antena e sua altura. Após estes procedimentos os dados foram processados e posteriormente ajustados obtendo desta forma as coordenadas ajustadas dos marcos de controle da rede.

Tendo em mãos as coordenadas ajustadas dos marcos M-001 e M-012, foram inseridos no programa de ajustamento os demais 10 marcos da rede, atribuindo a eles o modelo e a altura da antena do receptor no momento da ocupação.

2.5. Levantamento GNSS/RTK.

Para podermos efetuar um comparativo entre a escolha do método de ocupação de uma RGM, objetivo do presente trabalho, os marcos da rede foram levantados pelo método GNSS/RTK adotando os procedimentos descritos a seguir.

Tendo em mãos a coordenada ajustada do marco M-001 localizado ao norte da cidade, o

mesmo foi ocupado com a base do equipamento e lhe informado a coordenada de sua posição bem com a sua altura em relação ao marco. Posteriormente com um rádio externo conectado ao receptor base devido a distância até o último ponto e a interferência do relevo no sinal, foi executada a conexão entre os receptores para que em tempo real o Rover ou unidade móvel, obtivesse a coordenada do ponto desejado.

Os demais 11 pontos da RGM foram ocupados com a utilização de um bastão de fibra de carbono com 1,80 m de altura prumado com o auxílio de um bipé. Para o armazenamento da coordenada do marco ocupado, foi predefinido na coletora de dados que ocorresse após 60 observações melhorando desta forma a precisão da ocupação.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO.

3.1 Comparativos das coordenadas.

Os resultados obtidos após a ocupação dos marcos pelo método Relativo Estático e Relativo Cinemático RTK ficaram dentro do esperado e das precisões possíveis para cada um dos métodos.

Nas tabelas, podemos verificar as coordenadas obtidas em cada um dos 12 marcos ocupados bem como a precisão obtida com a ocupação pelo método Relativo Estático e Cinemático RTK.

| RGM SJH COORDENADAS DOS MARCOS – UTM RELATIVO ESTÁTICO | | | |
|--|-------------|------------|---------|
| Marco | N (m) | E (m) | h (m) |
| 001 | 6736299,841 | 476266,826 | 133,077 |
| 002 | 6735812,928 | 476205,822 | 117,148 |
| 003 | 6735545,444 | 476144,912 | 101,405 |
| 004 | 6735394,533 | 476144,058 | 98,583 |
| 005 | 6735053,927 | 476076,525 | 99,301 |
| 006 | 6734397,124 | 475961,112 | 91,302 |
| 007 | 6733809,501 | 475880,430 | 91,309 |
| 008 | 6732955,449 | 475759,966 | 116,941 |
| 009 | 6732412,830 | 475690,721 | 104,956 |
| 010 | 6732134,412 | 475657,589 | 91,267 |

| | | | |
|-----|-------------|------------|--------|
| 011 | 6731266,996 | 475531,491 | 62,976 |
| 012 | 6730643,149 | 475429,790 | 65,593 |

Tabela 1 - Coordenadas da RGM

| RGM SJH PRECISÃO DOS MARCOS – RELATIVO ESTÁTICO | | | |
|--|------------|------------|------------|
| Marco | DP – N (m) | DP – E (m) | DP – h (m) |
| 001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 002 | 0,003 | 0,003 | 0,009 |
| 003 | 0,003 | 0,003 | 0,009 |
| 004 | 0,002 | 0,002 | 0,007 |
| 005 | 0,002 | 0,002 | 0,008 |
| 006 | 0,002 | 0,002 | 0,005 |
| 007 | 0,002 | 0,002 | 0,005 |
| 008 | 0,002 | 0,002 | 0,006 |
| 009 | 0,002 | 0,002 | 0,006 |
| 010 | 0,002 | 0,002 | 0,006 |
| 011 | 0,002 | 0,002 | 0,006 |
| 012 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |

Tabela 2 - Precisão das coordenadas obtidas

Na tabela 3 podemos ver as coordenadas obtidas pela ocupação por GNSS /RTK.

| RGM SJH COORDENADAS DOS MARCOS – UTM GNSS/RTK | | | |
|---|-------------|------------|---------|
| Marco | N (m) | E (m) | h (m) |
| 001 | 6736299.841 | 476266.826 | 133.077 |
| 002 | 6735812.914 | 476205.828 | 117.158 |
| 003 | 6735545.439 | 476144.928 | 101.408 |
| 004 | 6735394.517 | 476144.068 | 98.590 |
| 005 | 6735053.921 | 476076.526 | 99.310 |
| 006 | 6734397.130 | 475961.128 | 91.286 |
| 007 | 6733809.498 | 475880.438 | 91.313 |
| 008 | 6732955.432 | 475759.972 | 116.922 |
| 009 | 6732412.821 | 475690.725 | 104.974 |
| 010 | 6732134.393 | 475657.584 | 91.257 |

| | | | |
|-----|-------------|------------|--------|
| 011 | 6731266.987 | 475531.499 | 62.987 |
| 012 | 6730643.145 | 475429.791 | 65.578 |

Tabela 3 - Coordenadas UTM GNSS/RTK

Para uma melhor compreensão dos erros que podem ocorrer na adoção das coordenadas obtidas através do método de ocupação Relativa Cinemática RTK, as coordenadas obtidas pelos dois métodos de ocupação, foram convertidas para o sistema de projeção Local Transversa de Mercator (LTM) possível de ser utilizada na medição clássica com a utilização de estações totais pois mesmo considerando a curvatura da terra e ocorrer alguma distorção das reais medidas, considera apenas 1° de longitude tornando esta distorção insignificante.

A tabela 4 a seguir, demonstra um comparativo entre as coordenadas obtidas nos 12 marcos da RGM para cada um dos métodos adotados e a diferença encontrada em N e E.

O marco M-001 adotado como ponto de referência por possuir as suas coordenadas conhecidas terá o campo da diferença nulo uma vez que a sua posição foi informada no início do levantamento pelo método Cinemático RTK e todas as demais observações ficaram vinculadas a ela.

| COMPARATIVO DE COORDENADAS ESTÁTICO LTM x RTK LTM | | | | |
|--|-------|-------------------|-------------------------|--------|
| Marco | | RELATIVO ESTÁTICO | RELATIVO CINEMÁTICO RTK | ≠ (mm) |
| 001 | N (m) | 1735008.022 | 1735008.022 | 0 |
| | E (m) | 224739.174 | 224739.174 | 0 |
| 002 | N (m) | 1734521.183 | 1734521.169 | 14 |
| | E (m) | 224676.052 | 224676.058 | 6 |
| 003 | N (m) | 1734253.858 | 1734253.853 | 5 |
| | E (m) | 224613.969 | 224613.985 | 16 |
| 004 | N (m) | 1734102.892 | 1734102.876 | 16 |
| | E (m) | 224612.465 | 224612.475 | 10 |
| 005 | N (m) | 1733762.445 | 1733762.439 | 6 |
| | E (m) | 224543.442 | 224543.443 | 1 |
| 006 | N (m) | 1733105.885 | 1733105.891 | 6 |
| | E (m) | 224425.159 | 224425.175 | 16 |
| 007 | N (m) | 1732518.382 | 1732518.379 | 3 |
| | E (m) | 224341.918 | 224341.926 | 8 |
| 008 | N (m) | 1731664.519 | 1731664.502 | 17 |
| | E (m) | 224217.733 | 224217.739 | 6 |
| 009 | N (m) | 1731121.988 | 1731121.979 | 9 |
| | E (m) | 224146.126 | 224146.130 | 4 |
| | N (m) | 1730843.605 | 1730843.587 | 18 |

| | | | | |
|-----|-------|-------------|-------------|---|
| 010 | E (m) | 224111.783 | 224111.778 | 5 |
| 011 | N (m) | 1729976.398 | 1729976.389 | 9 |
| | E (m) | 223981.902 | 223981.910 | 8 |
| 012 | N (m) | 1729352.748 | 1729352.744 | 4 |
| | E (m) | 223877.476 | 223877.477 | 1 |

Tabela 4 - Comparativo Relativo Estático e Relativo Cinemático RTK

A diferença encontrada em cada marco ocupado por ambos os métodos ficou dentro do esperado. Para ocupações pelo método Relativo Estático são esperadas precisões de 1,0 à 0,001 ppm representando alta acurácia dos dados obtidos pela forma de levantamento ainda mais quando realizado com a utilização de duas bases de controle/ referência o que proporciona uma triangulação dos vetores. Já para levantamentos com a utilização de receptores GNSS operando com link de rádio ou seja, os RTK, a precisão da observação passará a ser centimétrica, aproximadamente 10 mm + - 0,50 mm.

A tabela 5, apresenta a variância e o desvio padrão calculado para as observações realizadas pelos dois métodos.

| | | |
|--------------------|--------|------|
| Variância | N (mm) | 2,98 |
| | E (mm) | 3,68 |
| Desvio Padrão (DP) | N (mm) | 1,73 |
| | E (mm) | 1,92 |

Tabela 5 -Desvio Padrão e Variância entre as observações

Para termos noção do erro que isso pode causar na topografia, será simulada uma situação real em que um profissional irá fazer um levantamento nesta cidade, utilizando a RGM como referência tomando como base se ela tivesse sido implantada e suas coordenadas atribuídas ocupando a pelo método GNSS/RTK.

Esta situação será simulada de duas maneiras, uma utilizando as coordenadas dos marcos M-002, M-003 e M-004 obtidas pelo método Relativo Estático e outra pelo método Relativo Cinemático RTK. O profissional irá ocupar o marco M-003, dar leitura de ré no marco M-004, vante no marco M-002 e fará uma irradiação abrindo um ângulo interno de 60° e uma medição de 400 metros de distância até o ponto desejado.

A figura a seguir ilustra o procedimento realizado pelo profissional.

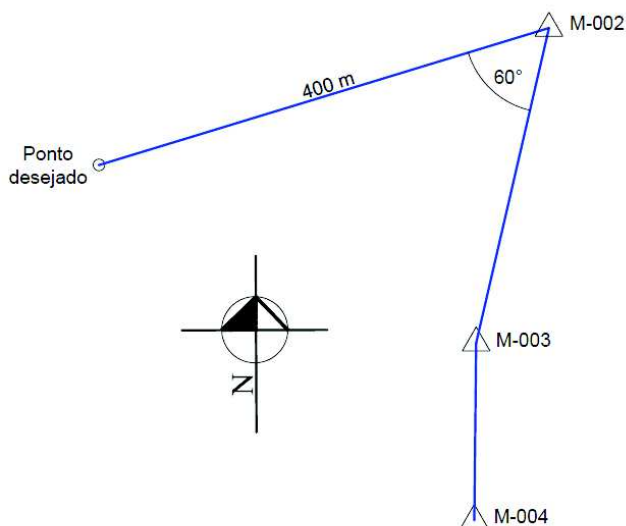


Figura 4 - Simulação de levantamento

Executado o levantamento em ambos os métodos o profissional obteve duas coordenadas diferentes do mesmo ponto desejado.

| SIMULAÇÃO DE LEVANTAMENTO | | | | |
|---|-------|---|---|--------|
| OBTENÇÃO DA COORDENADA DO PONTO DESEJADO | | | | |
| ESTÁTICO LTM x RTK LTM | | | | |
| P O N T O D E S E J A D O | | APOIADO NA COORDENADA RELATIVO ESTÁTICO | APOIADO NA COORDENADA RELATIVO CINEMÁTICO RTK | ≠ (mm) |
| | N (m) | 1734404.732 | 1734404.707 | 25 |
| | E (m) | 224293.378 | 224293.388 | 1 |

Tabela 1- Comparativos entre as coordenadas do ponto desejado

Analisando a simulação proposta, podemos contatar que o erro possível não se restringe única e exclusivamente a cada ponto, podendo este ser acumulativo na medida em que o profissional utiliza os pontos da rede para transportar a coordenada até o seu ponto de interesse. Uma simples medição ocupando 2 marcos da rede e executando uma irradiação ao um ponto de interesse o profissional já obteve um erro acumulado de 25 mm em N e 1 mm em E, sem considerar algum possível erro na

montagem do equipamento ou aferição, este erro representa em linha reta um deslocamento de 26,4 mm do ponto com as coordenadas corretas.

3.2 Alturas dos pontos.

As alturas obtidas pelos diferentes métodos de ocupação não foram comparadas devido ao trabalho se ater aos erros de uma maneira plana (x,y).

A altitude geométrica (h) adotada para compor a monografia, foi a obtida mediante a ocupação pelo método Relativo Estático pelo fato de apresentar boa acurácia ajustado com dois pontos de rastreamento de dados simultâneos.

A altitude ortométrica (H) foi obtida com a utilização do Software MAPGEO2015 disponibilizado gratuitamente pelo IBGE. Após introduzir no Software as coordenadas geográficas de cada ponto, obtém se a ondulação geoidal que subtraída da altura geométrica resulta na altura ortométrica cuja qual tem relação com a projeção do nível médio dos mares em calma.

3.3 Importâncias da RGM.

A RGM será uma ferramenta de grande importância para o crescimento ordenado da cidade, tendo em vista que todos os levantamentos topográficos, levantamento de obras concluídas (As-built), projetos, cadastramentos imobiliários e plantas cadastrais a utilizarão como referência. Deste modo, esta rede deverá ser implantada da maneira com que venha a ter a melhor precisão possível minimizando os erros em um possível transporte de coordenadas para um levantamento em vista.

Analisando as coordenadas obtidas pela utilização de diferentes métodos de levantamento empregando a tecnologia GNSS, pode se verificar que uma RGM poderá ser monumentalizada e ter suas coordenadas atribuídas apenas pelo método de ocupação Relativo Estático passando por um processo criterioso de ajustamento em softwares de ajustamento geodésico minimizando os erros decorrentes da ionosfera e atraso do relógio, erros comuns neste processo.

Definido a melhor forma de levantamento para uma RGM, para cada um dos 12 marcos que constituem a rede, foi gerado uma monografia contendo as coordenadas geodésicas, nas

projeções UTM, LTM e PTL, alturas geométricas e ortométrica do marco bem como a descrição de sua localização, croqui e imagens da ocupação e topo do marco. (ANEXO)

4. CONCLUSÃO.

A diferença máxima encontrada no comparativo das coordenadas dos marcos na projeção LTM entre os dois métodos de ocupação é de 16 mm em N e 10 mm em E no marco M-004.

De acordo com está diferença e o caso prático simulado o qual comprovou um agrave das diferenças quando a RGM utilizada para apoio de estação total, é possível concluir que o método indicado para a ocupação e implantação de uma RGM é o Relativo Estático devido a acurácia e precisão alcançada.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14.166 – Rede de Referência Cadastral Municipal.** Rio de Janeiro, 1998.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicação**, 2ª edição, São Paulo: Editora da UNESP, 2007, 331p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE - **Recomendações para Levantamento Relativo Estático – GPS**, 2008. Disponível em: ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/pdf/Recom_GPS_internet.pdf.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13.133 - Execução de levantamento topográfico.** Rio de Janeiro, 1994.

DAL'FORNO, Gelson L., AGUIRRE, Argentino J., et al. **Transformações de Coordenadas Geodésicas em Coordenadas no Plano Topográfico Local pelos Métodos da Norma NBR 14166:1998 e o de Rotações e Translações.** Programa de Pós-Graduação em Geomática – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria: 2010. Disponível em: <http://www.cartografica.ufpr.br/home/wp-content/uploads/2014/05/transforma%C3%A7%C3%A3o-degeodesicas-em-geodesicas-locais.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2017.





ARANA, José Milton. **O USO DO GPS NA DETERMINAÇÃO DE ALTITUDES ORTOMÉTRICAS.** Unesp/FCT – Presidente Prudente/SP, Depto. De Cartografia.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE - **O novo modelo de ondulação geoidal do Brasil MAPGEO2015**, 2015. Disponível em: ftp://geofp.ibge.gov.br/modelos_digitais_de_superficie/modelo_de_ondulacao_geoidal/cartograma_rel_mapgeo2015.pdf

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE - **Estimativa populacional**, 2016. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=431848>

ALMEIDA, M. S., POZ, W. R. D., **POSICIONAMENTO POR PONTO PRECISO E POSICIONAMENTO RELATIVO COM GNSS: QUAL O MÉTODO MAIS ACURADO ATUALMENTE?** Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa/MG: 2016.

6. ANEXO.

| | | | |
|--|--|---|-------------------------------|
|  | <p>Rede Geodésica Municipal de São José do Hortêncio/RS – RGM SJH. MARÇO/ 2017</p> | | |
| <p>Prefeitura Municipal de São José do Hortêncio/RS</p> | <p align="center">MONOGRAFIA DE MARCO GEODÉSICO MARCO Nº: M 009</p> | | |
| <p>Forma de materialização: Marco em concreto armado 10x10, pintura amarela.</p> | | | |
| <p>DESCRIÇÃO DA LOCALIZAÇÃO</p> | <p>COORDENADAS SIRGAS 2000</p> | | |
| <p>O marco encontra se no canteiro central da Avenida Mathias Steffens em frente a numeração predial nº 5178 e próximo da Madeireira São José.</p> | <p>Latitude</p> | <p>-29°32'15.7320"</p> | |
| | <p>Longitude</p> | <p>-51°15'03.2080"</p> | |
| | <p>UTM (N) (m)</p> | <p>6732412,830</p> | <p>σ: 0,002</p> |
| | <p>UTM (E) (m)</p> | <p>475690,721</p> | <p>σ: 0,002</p> |
| | <p>LTM (N) (m)</p> | <p>1731121.9882</p> | |
| | <p>LTM (E) (m)</p> | <p>224146.1257</p> | |
| | <p>Plano Topográfico Local - Y (m)</p> | <p>251769.8164</p> | |
| | <p>Plano Topográfico Local - X (m)</p> | <p>150264.8893</p> | |
| | <p>Implantado em 25/03/2017</p> | <p>Altitude Geométrica (h) (m)</p> | <p>104,956</p> |
| <p>Altitude Ortométrica (H) (m)</p> | <p>99,936</p> | | |
| <p>Marcos intervisíveis:</p> | <p>M-008, M-010</p> | | |
| <p align="center">CROQUI</p> | | | |
|  | | | |
| <p align="center">FOTOS</p> | | | |
|  | |  | |
| <p>Datum: SIRGAS 2000</p> | <p>Elipsoide: GRS 80</p> | <p>Fuso: 22</p> | <p>Meridiano central: -51</p> |
| <p>Equipamento utilizado: Topcon GR-3</p> | | <p>Tempo de rastreo: 01:01:19</p> | |
| <p>Responsabilidade Técnica: Arquiteto e Urbanista Felipe Antonio Engeroff – CAU/RS A 100.875-7</p> | | | |

