

# IMPLANTAÇÃO DE REDE GEODÉSICA NO MUNICÍPIO DE MONTE CARMELO- MG

*R.S.Rosa<sup>1</sup>, V.R.Tavares<sup>1</sup>, G.C.Resende<sup>1</sup>, L.F.Máximo<sup>1</sup>, G.N.Guimarães<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Laboratório de Topografia e Geodésia, Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, Brasil

Comissão II – Geodésia, Astronomia, Topografia e Agrimensura

## RESUMO

Obras de engenharia em todas as regiões do país são sinônimos de desenvolvimento. Para tanto, a determinação das coordenadas tridimensionais em um ponto na superfície da Terra é uma etapa fundamental. Na maioria das cidades brasileiras a base cartográfica é deficiente em muitos aspectos, tais como, distorções geradas pela falta de controle geodésico, falta de atualização e inexistência de rede geodésica de referência. A implantação de uma rede geocêntrica, altimétrica e gravimétrica no âmbito municipal estabelece a infraestrutura de apoio geodésico e topográfico no município, proporcionando a normalização e sistematização de todos os levantamentos topográficos, executados em qualquer escala e para qualquer finalidade no domínio municipal, por agentes públicos ou privados. Este trabalho objetivou a implantação de uma rede geodésica na zona urbana do município de Monte Carmelo-MG a partir de levantamento GNSS, nivelamento geométrico e gravimetria. Espera-se que este trabalho possa auxiliar à comunidade em trabalhos que necessitem um apoio geodésico.

**Palavras chave:** Geodésia, Rede Planialtimétrica, Rede Gravimétrica

## ABSTRACT

Engineering works in all regions of the country are synonymous with development. The determination of the three-dimensional coordinates at a point on the Earth's surface is a fundamental step. In most Brazilian cities, the cartographic map is deficient in many aspects, such as distortions generated by lack of geodetic control, lack of updating and lack of existence reference geodetic network. The implementation of a geocentric, altimetric and gravimetric network at the municipal level establishes the geodesic and topographic support infrastructure in the municipality, providing for the standardization and systematization of all topographic surveys, carried out at any scale and for any purpose in the municipal domain, by public agents or private. This work aimed the implantation of a geodetic network in the urban area of the municipality of Monte Carmelo-MG from GNSS survey, geometric leveling and gravimetry. It is hoped that this work will help the community in works that need geodetic support.

**Keywords:** Geodesy, Planialtimetric network, Gravimetric network

### 1- INTRODUÇÃO

Projetos de redes de esgoto, traçados de estradas, linhas de transmissão de energia, projetos de irrigação, dimensionamento de barragens, planejamento urbano, cadastro urbano, mapeamentos em geral, dentre outros, são exemplos de aplicações da engenharia, que somente são possíveis de serem executados quando se utilizam de informações precisas dos parâmetros de orientação, terno geodésico composto das coordenadas latitude, longitude e altitude.

O estabelecimento de uma rede geocêntrica ( $\varphi, \lambda$ ), altimétrica ( $H$ ), e também gravimétrica ( $g$ ) estabelece a infraestrutura de apoio geodésico e topográfico no município, proporcionando a normalização e sistematização de todos os

levantamentos topográficos, quer pelo método direto, quer pelo método aerofotogramétrico, ou outro que vier a ser executado, executados em qualquer escala e para qualquer finalidade no domínio municipal, por agentes públicos ou privados. A infraestrutura geodésica no país é composta por um conjunto de informações sobre as estações de referência que compõem o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), composto pelas redes: Planimétrica, Altimétrica e Gravimétrica. A primeira, atualmente é o arcabouço de medidas conduzidas via posicionamento por satélite (GNSS – *Global Navigation Satellite System*), porém também abarca medidas realizadas no passado por meio de estação de poligonação e vértices de triangulação. A rede altimétrica possui mais de 65 mil Referências de Nível (RRNN) espalhadas pelo território nacional em que se

reveste de extrema importância servindo de base para obras de engenharia (Luz; Guimarães, 2001). Por fim, e não menos importante, a rede gravimétrica é de fundamental importância no cálculo do modelo de ondulações geoidais, sendo o último o MAPGEO2015 (Matos et al., 2016).

O IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), já implantou a Rede Estadual Planimétrica em Minas Gerais. Entretanto, essa rede pode não suprir as necessidades de algumas atividades dos seus respectivos municípios, pois os espaçamentos entre os vértices desta rede são significativos, gerando linhas de base longas (que podem influenciar nos levantamentos, levando em consideração o tempo de rastreio). Dessa forma, torna-se necessária a implantação de redes municipais, conectadas às redes estaduais e, conseqüentemente, ao SGB.

Toda gestão municipal deve ter como premissa a atualização e manutenção do cadastro de seu município, visto que se trata de uma importante ferramenta para o planejamento e ordenamento territorial. Uma base cartográfica confiável é uma importante ferramenta para os gestores públicos, sendo de fundamental importância pois, auxilia principalmente no planejamento para as melhores tomadas de decisões. No entanto, é necessário que os municípios tenham claro os limites de seus territórios, sendo a cartografia um instrumento indispensável para representar adequadamente a localização geográfica das propriedades e seus limites territoriais. Devendo os dados que compõe o sistema de informações serem padronizados, o que consiste em ter o mesmo referencial geodésico, mesmo sistema de coordenadas, e o mesmo detalhamento para a escala de levantamento. O objetivo deste trabalho é apresentar a rede geodésica implantada em Monte Carmelo (10 estações), a partir de levantamento GNSS, nivelamento geométrico e gravimetria.

## 2- ASPECTOS IMPORTANTES

Sempre que uma grande área da superfície terrestre necessita ser conhecida é conveniente estabelecer uma rede ou dispor de pontos de controle, denominados marcos geodésicos. Rodrigues (2002), observa que a praticidade e a confiabilidade de um sistema de referência são obtidas com a materialização de um conjunto maior de pontos no campo, com distribuição adequada e com coordenadas definidas com precisão. Este conjunto de pontos definidos com precisão e exatidão é denominado “rede geodésica”. A NBR 14166 enfatiza a necessidade de instrumento legal instituindo a Rede de Referência Cadastral Municipal como referência espacial única e obrigatória, para os elementos geradores das informações territoriais. Quase a totalidade dos municípios brasileiros não dispõe ainda deste instrumento. Este fato não impede, entretanto, que profissionais da área possam adotar, independentemente da lei municipal, os critérios estabelecidos pela NBR 14166, unificando assim os procedimentos e permitindo uma futura

incorporação das referências implantadas à Rede de Referência Cadastral

O SGB é definido pelo IBGE, por meio do anexo da Resolução PR Nº 22, de 21 de julho de 1983, como o conjunto de pontos geodésicos implantados na superfície terrestre delimitada pelas fronteiras do Brasil. Uma rede geodésica geocêntrica equivale a um conjunto de pontos, que são materializados no terreno, cujas coordenadas em relação a um referencial são estimadas por meio de observações (Klein et al., 2011). Ainda, uma rede geodésica, é o conjunto de estações que foram ocupadas em diferentes sessões, que têm entre si pelo menos uma estação comum. Essa rede pode ser implantada por meio de técnicas espaciais, e/ou com o emprego de técnicas clássicas.

Freitas; Blitzkow (1999), denomina que as redes clássicas de controle vertical (rede altimétrica) são estabelecidas, em geral, mediante o nivelamento geométrico e materializadas através de marcos de concreto ou com chapas metálicas colocadas em local estável. No entanto, também atualmente podem ser obtidas via técnicas espaciais, por exemplo, o GNSS (Global Navigation Satellite System). Os pontos nivelados para redes geodésicas verticais fundamentais são comumente obtidos com nivelamento geométrico e atualmente com a aplicação de técnicas espaciais, tal como por GNSS. No entanto, as redes atuais, tais como aquelas de países da América do Sul, ainda são predominantemente baseadas em nivelamento geométrico (Freitas; Blitzkow, 1999). Para compor uma rede altimétrica, é necessário que alguns critérios sejam respeitados, como por exemplo: exista ligação entre uma RN e outra. Então, a densificação da rede foi formada por várias linhas de nivelamento dentro do perímetro urbano do município.

A medição de novas estações gravimétricas a partir de gravímetros relativos é conduzida a partir de circuitos gravimétricos. Para tanto, é necessário iniciar em uma estação de  $g$  conhecida e terminar na mesma ou em outra, quando o gravímetro for mecânico (exemplo: LaCoste&Romberg), uma vez que o gravímetro não calcula automaticamente a deriva. Quando se trata de gravímetros digitais (exemplo: SCINTREX – CG5 ou CG6), não há necessidade de finalizar o trabalho em uma estação conhecida. Existem diversas denominações para rede gravimétricas (Melo, 1973; Rosier, 1979; Trabanco, 1995). Neste trabalho adotará o termo rede municipal.

## 3-ÁREA DE ESTUDO

Monte Carmelo é um município do interior do Estado de Minas Gerais, se estende por 1.343,035 km<sup>2</sup>, e, que segundo o último censo do IBGE realizado em 2010, possui uma população de 45.772 habitantes e densidade demográfica é de 34,08 habitantes por km<sup>2</sup>, com uma altitude média de 890 metros e coordenadas geográficas -18° 44' 5" (Latitude) e -47° 29' 47" (Longitude). A Figura 1, apresenta o mapa de localização do município de Monte Carmelo, bem como a localização dos marcos que foram implantados.

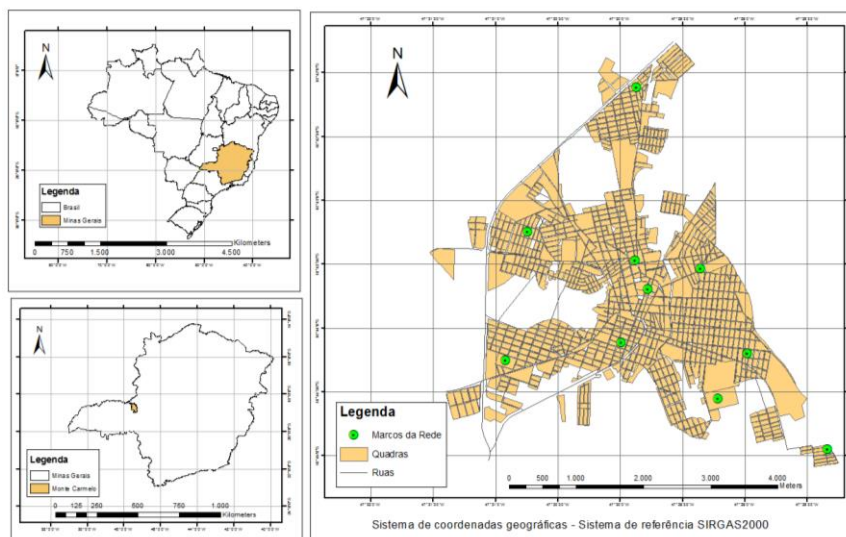


Fig. 1 – mapa de localização das estações na cidade de monte carmelo-MG

#### 4- MATERIAL E MÉTODOS

Primeiramente foram definidos os locais de implantação dos marcos, por meio de uma pré-análise da rede horizontal. Para tanto, foi necessário o conhecimento da dimensão da área a ser implantada a rede. A quantidade de vértices depende principalmente da área e distribuição do município. Os locais de implantação dos marcos, apresentam boa visibilidade do horizonte local em qualquer direção. As estações são de fácil acesso. Os principais critérios para a escolha do local de cada um, foram: fácil acesso, praças públicas, distribuição espacial de tal forma que abrange maior parte da cidade.

A metodologia que foi utilizada no decorrer deste trabalho para a coleta de dados relacionado a altitude ortométrica, abordou o uso de técnicas de nivelamento geométrico composto de visadas iguais, partindo da RN 635H, pertencente ao Sistema Brasileiro Geodésico e, conseqüentemente com altitude ortométrica conhecida. Para efetuar a coleta de dados, foi efetuado o nivelamento duplo, ou seja, o nivelamento e contranivelamento de forma simultânea, isso por critérios de controle e segurança de erros grosseiros. Esse procedimento (nivelamento e contranivelamento simultâneo) foi feito para que as leituras fossem efetuadas nas mesmas condições de temperatura e pressão atmosférica. Para todos os marcos, ocorreu pelo menos duas ligações simultâneas entre um marco e outro. As altitudes foram ajustadas pelos Método dos Mínimos Quadrados. A Figura 2 ilustra o caminhamento de todas as linhas de nivelamento (linhas pretas), bem como a localização das estações. Ao todo foi realizado 43 km de nivelamento e contra-nivelamento.

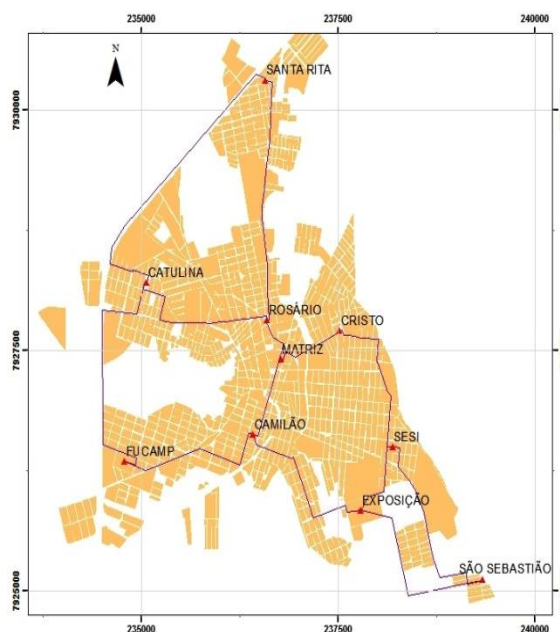


Fig. 2 – Circuitos do nivelamento geométrico.

O método de posicionamento GNSS utilizado neste trabalho, é o relativo estático. Foram empregadas duplas diferenças (DD) como observáveis fundamentais e dois receptores de dupla frequência rastream simultaneamente os satélites. As componentes da linha de base, ou seja,  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$  e  $\Delta Z$ , foram estimadas e, ao serem acrescentadas às coordenadas da estação básica ou de referência, proporcionaram as coordenadas da estação desejada. Os levantamentos das linhas de base da rede foram divididos em 15 sessões, de acordo com a organização e planejamento, considerando linhas de base independentes e um vértice repetido em sessões seguintes, bem como os vértices da rede base (M003, M004 e M007) (Figura 3) em todas as sessões.

Os três vértices da intitulada rede base foi processada em relação à três estações da RBMC: MGRP (Rio Paranaíba), BRAZ (Brasília) e FRNC (Franca). Além disso, em cada sessão garantiu-se que no mínimo três linhas de base estejam conectadas a cada vértice. O tempo de rastreio em cada marco foi de 1 hora, com máscara de elevação de 10° e taxa de coleta de 15 s. A partir das soluções individuais de cada linha de base, proporcionada pelo processamento do método de posicionamento relativo, foi feito o ajustamento da rede. Ambos processos foram realizados no *software GNSS Solutions*.

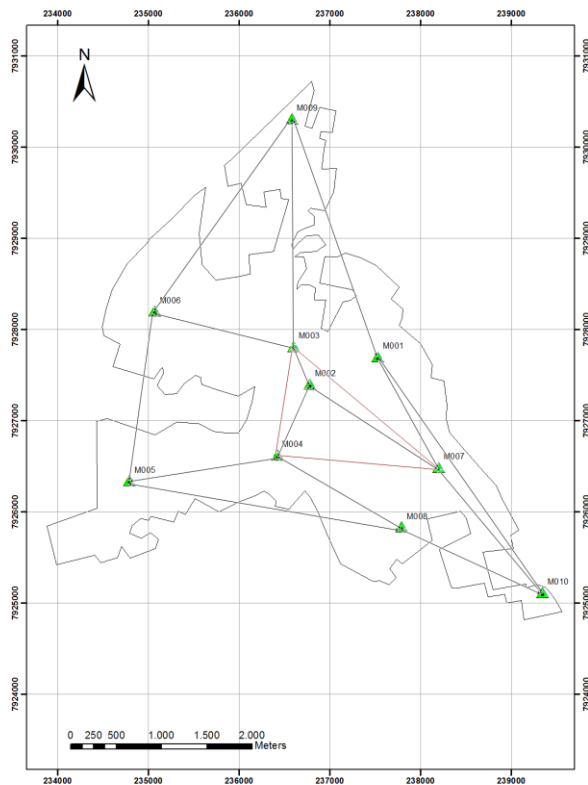


Fig. 3 – Rede básica (vermelho) e rede secundária.

O valor da aceleração da gravidade nas estações foi determinado com o auxílio de um gravímetro LaCoste & Romberg, modelo G401, a partir de um circuito gravimétrico cujo a estação de partida/chegada é uma estação absoluta localizada nas dependências do Campus Monte Carmelo da Universidade Federal de Uberlândia. As medidas foram conduzidas sobre os marcos (Figura 4) e processadas com auxílio do *software GRAVSUR* (Amarantes, 2012).



Fig. 4 – Medida gravimétrica sobre marco geodésico

## 5- RESULTADOS E DISCUSSÕES

A rede planimétrica implantada é constituída de 10 vértices e de 15 linhas de base (distâncias relativas entre os vértices), sendo os vértices M003, M004 e M007 pontos de controle (rede básica) e os vértices M001, M002, M005, M006, M008, M009 e M0010 formam a rede secundária. A Tabela 1 apresenta as coordenadas obtidas após o ajustamento da rede, no sistema de referência SIRGAS2000 (Época 2000.4), bem como seus respectivos desvios padrão. Analisando a Tabela, constata-se que a precisão média planimétrica é da ordem de 0,018 m, enquanto que a precisão média da componente altimétrica advinda do posicionamento GNSS é de 0,028 m. Ainda de acordo com a Tabela 1, constata-se que a média dos valores de desvio padrão é menor do que 2 cm para a componente Este, bem como, menor que 3 cm para a componente Norte e para a componente Altitude Geométrica.

Em termos da rede altimétrica deverida do nivelamento geométrico os valores referentes às altitudes (Tabela 1) em cada referência de nível, foram obtidos por meio do ajustamento de todas as observações adquiridas em campo. O método do ajustamento foi o paramétrico. A etapa de cálculos para ajustamento foi possível pois em cada linha de nivelamento, os procedimentos e a rigorosidade presentes na norma NBR 13133 para nivelamento do tipo IN foram alcançados. No que tange a gravimetria os resultados do processamento são apresentados na Tabela 1. Verifica-se consistência e proximidade nos resultados uma vez que a área de estudo não possui grandes dimensões sendo natural o comportamento suave da variação da aceleração da gravidade.

Tabela 1 – Coordenadas, gravidade e respectivos desvios-padrão

Estação	Componentes					Desvio Padrão (m)			
	Latitude	Longitude	Altitude Geométrica (m)	Altitude Ortométrica (m)	Gravidade (mGal)	$\varphi$	$\lambda$	$h$	$H$
Cristo	18°43'31,49732"S	47°29'20,93989"W	877,872	887,570	978298,059	±0,016	±0,022	±0,030	±0,000
Matriz	18°43'40,99543"S	47°29'46,47399"W	862,121	871,833	978302,895	±0,014	±0,018	±0,026	±0,019
Rosário	18°43'27,31605"S	47°29'53,52770"W	857,431	867,043	978303,641	±0,012	±0,018	±0,022	±0,023
Camilão	18°44'07,79945"S	47°30'01,06317"W	880,843	890,373	978302,206	±0,014	±0,022	±0,026	±0,048
Fucamp	18°44'14,48917"S	47°30'53,63912"W	892,867	902,584	978299,498	±0,016	±0,020	±0,028	±0,040
Catulina	18°43'18,07576"S	47°30'49,75929"W	894,345	904,225	978295,352	±0,018	±0,024	±0,032	±0,026
Sesi	18°44'13,14604"S	47°28'58,42833"W	887,945	897,425	978297,426	±0,008	±0,014	±0,022	±0,042
Exposição	18°44'32,01943"S	47°29'07,52299"W	888,599	898,255	978299,032	±0,012	±0,016	±0,028	±0,027
Sta Rita	18°42'06,79769"S	47°29'51,64365"W	874,346	884,112	978292,753	±0,018	±0,024	±0,032	±0,029
São Sebastião	18°44'58,53892"S	47°28'18,04070"W	928,730	938,119	978288,217	±0,016	±0,026	±0,030	±0,044

## 6- CONCLUSÕES

A rede geodésica implantada no município de Monte Carmelo contribuirá para projetos de redes de esgoto, planejamento urbano, cadastro urbano, e mapeamentos em geral. Os resultados obtidos encontram-se dentro das precisões esperadas, em termos de desvio padrão. Como próximo passo, espera-se realizar comparações envolvendo a ondulação geoidal advinda do GNSS/nivelamento com a ondulação geoidal do MAPGEO2015, afim de verificar a consistência entre os valores.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Prefeitura Municipal de Monte Carmelo pela construção e implantação dos marcos geodésicos na cidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amarantes, R. R. Sistematização do processamento de dados gravimétricos aplicados à determinação do modelo geoidal. 2012. 152 f. Tese de Doutorado. Universidade de Campinas, Campinas, 2012.

Freitas, S.R.C.; Blitzkow, D. Altitudes e geopotencial - Trabalho publicado no "IGeS Bulletin N.9 – International Geoid Service, June 1999, 47 – 62, Milan. 1999.

Klein, I. 2012, Controle de Qualidade no Ajustamento de Observações Geodésicas, Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, UFRGS, 2012, 322 p.

Luz, R.T.; Guimarães, V.M. Realidade e Perspectivas da Rede Altimétrica de Alta Precisão do Sistema Geodésico Departamento de Geodésia – IBGE. Anais do II Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas, maio/2001, Curitiba, PR. 2001.

Matos, A.C.O.C.; Blitzkow, D.; Machado, W.C.; Nunes, M.A.; Lengrubler, N.V.; Xavier, E.M.L.; Fortes

L.P.S. MAPGEO2015: o novo modelo de ondulação geoidal do Brasil. Revista Brasileira de Cartografia v. 68, n.10 2016.

Mello, M.P. Sistema Geodésico Brasileiro: ensaio para definição do vetor de orientação geocêntrica através da geodésia física. 1973. 268 p. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1973.

Rodrigues, D.D. (2002), Rede geodésica de precisão no estado de Minas Gerais: avaliação de diferentes estratégias de processamento e ajustamento, Tese (Doutorado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

Rosier, F.A. Medidas diferenciais da gravidade: ajustamento de uma subrede de estações gravimétricas e determinação de coeficientes de escala para os gravímetros LaCoste&Romberg modelo G nº 41, 372, 454. 1979. 190 p. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1979.

Trabanco, J.L.A. Ajustamento e homogeneização de redes gravimétricas fundamentais regionais. 1995. 109 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, São Paulo, 1995.