

DENSIFICAÇÃO DA REDE DE REFERÊNCIA CADASTRAL DO MUNICÍPIO DE CAMPINAS UTILIZANDO TECNOLOGIA GNSS (POSICIONAMENTO POR SATÉLITE) EM APOIO AS OPERAÇÕES GEODÉSICAS DESENVOLVIDAS NO MUNICÍPIO E REGIÃO.

J. L. A. Trabanco, D. C. Costa, M. T. Françoso, J. Rocco, E. F. Innocente

RESUMO

Em 1996 a Prefeitura Municipal de Campinas- PMC implantou uma rede de vértices pelo sistema GNSS constituída de 12 pares de marcos materializados por pilares estáveis, localizados em áreas protegidas e de fácil acesso, que até então serviram como referência para todos os levantamentos topográficos e geodésicos realizados no Município. No ano de 2006, 40 novas estações GNSS foram implantadas visando a densificação da Rede e a elaboração de uma carta geoidal para o município. Ressalta-se que nestas 40 novas estações foram obtidas as altitudes ortométricas através de nivelamento geométrico de precisão, bem como foi realizado um levantamento gravimétrico. Posteriormente, em 2008, foram implantados mais 120 estações, de tal forma que todos tivessem pelo menos um marco com intervissibilidade, que pudesse ser usado de base para levantamentos topográficos convencionais. Este trabalho apresenta todas as fases de processamento e ajustamento dos dados obtidos.

1 INTRODUÇÃO

O trabalho apresenta as etapas das atividades de campo e escritório desenvolvidas visando a densificação da Rede de Referência Cadastral do Município de Campinas Estado de São Paulo. A rede de referencia cadastral inicialmente era composta por 12 pares de marcos materializados através de pilares com dispositivos para centragem forçada e rastreados pelo sistema NAVSTAR/GPS. A densificação da referida rede tem como objetivo principal, propiciar aos usuários um arcabouço de marcos com distribuição homogênea e em número suficiente para atender a demanda de um município com mais de 1 milhão de habitantes.

2 PROCEDIMENTOS

Numa primeira etapa foram reocupados os 12 pilares que compõem a Rede de Referência Cadastral de Campinas, com a finalidade de se implantar 40 novos vértices, tendo como objetivo estabelecer o adensamento de pontos de apoio. Estes marcos tiveram suas determinações horizontais e verticais baseadas no rastreo de satélites do sistema GPS, nivelamento geométrico e levantamentos gravimétricos. As coordenadas desses vértices foram vinculadas à Rede Geodésica GPS do Estado de São Paulo através da estação Valinhos – 91609 (IBGE – Estação Planimétrica – SAT).

Nas operações de campo para reocupação dos 12 vértices da rede de referência cadastral do município foram utilizados 06 receptores GPS dotados de duas frequências, das marcas Topcon e Trimble. Nas operações de campo para ocupação dos 40 novos vértices, foram utilizados 11 receptores GPS das marcas Topcon e Trimble, sendo sete dotados de duas

freqüências L_1 e L_2 e quatro de uma freqüência L_1 . O processamento e ajustamento das observações foram efetuados através do *software* Topcom Tools, versão 7.11, utilizando-se dados planimétricos e altimétricos nos data SAD 69 e SIRGAS 2000 (MC 45°).

Nas operações geodésicas com emprego de nivelamento geométrico, para determinar as altitudes ortométricas dos vértices, foram utilizados níveis Leica, Nikon e Carl Zeiss. As altitudes ortométricas dos vértices são importantes, pois possibilitam a determinação direta da ondulação geoidal pela simples diferença entre as altitudes geométricas e ortométrica. Salienta-se que para isso foi realizada uma correção do número do geopotencial.

O levantamento gravimétrico foi efetuado utilizando-se gravímetros LaCoste & Romberg, modelo G, cedidos pelo IBGE e PTR/USP. A determinação da aceleração da gravidade nos vértices teve como fundamento básico a utilização desses dados na elaboração da carta geoidal da cidade de Campinas.

A configuração da Rede Gravimétrica Municipal tem a mesma abrangência espacial, conformada na malha urbana da cidade de Campinas. Foi utilizada a estação gravimétrica absoluta Vinhedo (Fig. 1), instalada no Observatório Abraão de Moraes do Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo, localizado no Município de Vinhedo como referência para os levantamentos gravimétricos. Essa estação faz parte da Rede Nacional de Estações Gravimétricas Absolutas – RENEGA e seus dados são:

Gravidade (g): 978.563,778 mGal
 Erro padrão: 0,010 mGal
 Latitude: - 23,0004
 Longitude: - 46,9645
 Altitude: 863 m



Fig 1 - Estação gravimétrica absoluta Vinhedo

Os procedimentos para ocupação gravimétrica dos vértices obedeceram as especificações técnicas de levantamentos gravimétricos para o estabelecimento de estações gravimétricas básicas, conforme preconiza as normas estabelecidas pelo IBGE.

Os três gravímetros empregados foram do tipo LaCoste & Romberg modelo G a saber: G114, G145 e G146, devidamente calibrados, com respectivos fatores de escala atualizados e concomitantemente utilizados nas mensurações. O programa utilizado para tratamento dos dados foi o GRAVI96, com módulos para entrada de dados e processamento. A referida rede foi ajustada utilizando-se o programa GRAVSYS, desenvolvido no *Gravity Data Centre of Canadá*.

Apesar desta nova configuração da rede, em 2008, verificou-se que a distribuição espacial da mesma, composta por 12 pares de pilares com centragem forçada e 40 novos vértices, não atendia plenamente aos trabalhos de cadastramento, desmembramento etc. realizados

no município. Diante disso, uma nova densificação foi realizada, agora, com 120 novos vértices. A nova distribuição da rede permitirá que, de qualquer parte do município, se tenha uma base de pontos, intervisíveis, que possam servir de referência para os trabalhos topográficos.

3 RESULTADOS OBTIDOS

O processamento e ajustamento das observações da reocupação da rede de referência cadastral básica de Campinas resultaram nas coordenadas contidas na Tabela 1 e respectivos desvios padrões apresentados na Tabela 2.

Inicialmente calculou-se os vértices UNIC e MERC, através do vértice fundamental Valinhos. Tendo os vértices VALI, MERC e UNIC como pontos de injeção, efetuou-se o cálculo e ajustamento dos vértices ANEL, ATAL, CEMI, CHAP, IPAU, MIRT, PALM, PREF, TELE e TREV.

O processamento e ajustamento das observações dos vértices, foram efetuados utilizando-se os vértices VALI, MERC e UNIC como pontos injuncionados. A configuração espacial da nova rede ajustada por ser vista na figura 02.

Tabela 1 – Coordenadas de parte da rede de referência cadastral

Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	Code
Merc	7454782,625	283436,067	668,937	Base
Unic	7475538,599	288852,658	664,022	Base
Vali	7454993,911	298531,585	863,883	Base
Adjusted Points				
Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	Code
Anel	7459472,318	292467,363	785,217	
Atal	7474474,958	303834,010	807,416	
Cemi	7455860,048	277009,610	618,870	
Chap	7466964,186	285682,746	685,201	
Ipaau	7462501,851	281853,953	653,690	
Itatinga	7456243,252	284012,434	674,222	
Merc	7454782,625	283436,067	668,937	Base
Mirt	7480341,253	292202,443	698,091	
PMC 1008	7470700,244	297456,188	781,931	
PMC 1011	7473404,027	289345,967	695,987	
PMC 2003	7474991,296	285401,143	617,982	
PMC 2005	7476669,479	287267,647	599,881	
PMC 2007	7468801,165	286762,246	690,694	
PMC 2014	7471219,255	291870,463	631,037	
PMC 2020	7462950,427	291591,211	744,456	
PMC 2036	7467807,578	300249,720	691,978	
PMC 2045	7475377,220	292008,326	671,527	
PMC 2055	7458439,466	278228,486	596,275	
Palm	7466557,347	294006,704	719,821	
Pref	7466067,759	289007,487	732,905	
RN 01	7484157,099	292865,062	571,837	

Tabela 2 – Desvios padrão - rede geodésica de referência cadastral do município

Nome	Std Dev n (m)	Std Dev e (m)	Std Dev u (m)
MERC	0,00126	0,001108	0,00455
UNIC	0,00144	0,0013	0,00531
ANEL	0,00145	0,00135	0,00415
ATAL	0,00188	0,00172	0,00572
CEMI	0,00143	0,00123	0,00487
CHAP	0,00114	0,00102	0,00407
IPAU	0,00126	0,00111	0,00433
MIRT	0,0018	0,00164	0,00553
PALM	0,00132	0,00123	0,0041
PREF	0,00111	0,00097	0,00455
TELE	0,00233	0,00214	0,00681
TREV	0,00146	0,00135	0,00457

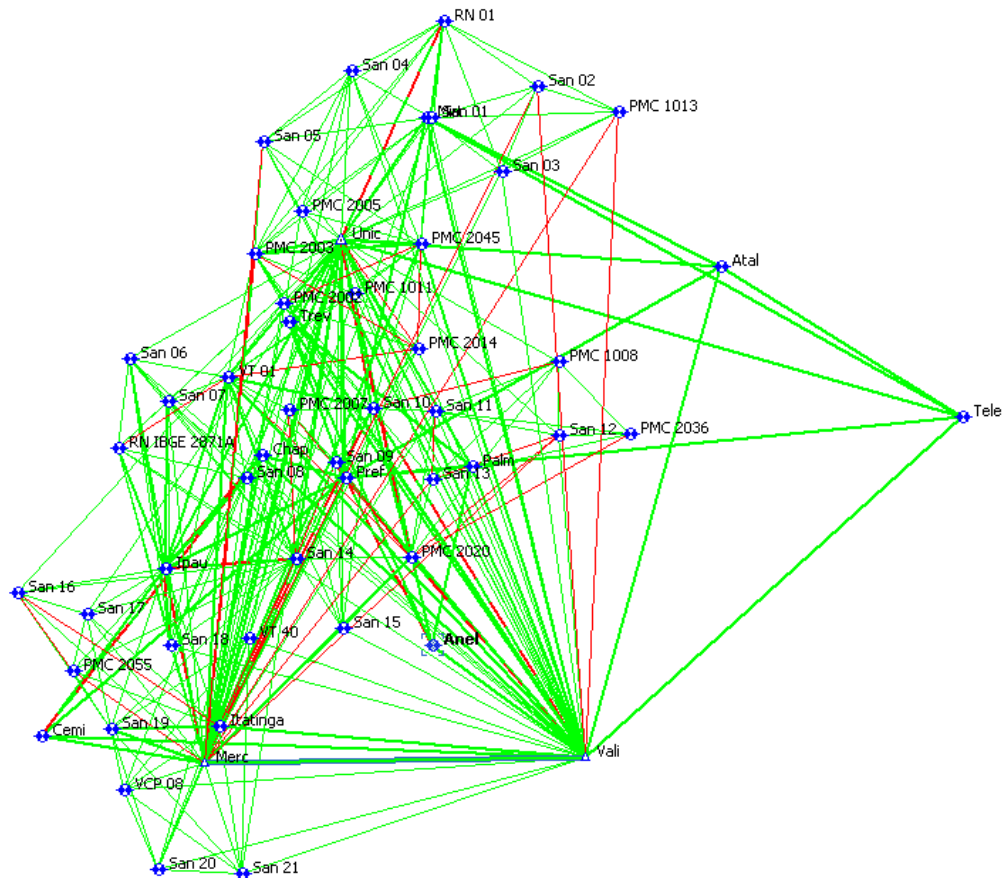


Fig. 2: Vértices da Rede de Referência Cadastral Básica de Campinas

Os dados oriundos do levantamento gravimétrico foram reduzidos através do programa GRAVI96 obtendo-se, assim, a aceleração da gravidade em cada vértice. A Tabela 3 apresenta, parcialmente, os resultados obtidos.

Tabela 3 – Aceleração da gravidade - parciais dos marcos que compõe a Rede de Referência Cadastral do Município

Dados das estações	
Nome	g observado em mGal
VALINHOS	978563.78
PMC2020	978590.41
SAN13	978598.63
SAN12	978591.94
PMC2036	978583.76
PMC1008	978568.82
PMC2007	978597.45
UNICAMP	978603.00
PMC2045	978592.81
SAN04	978597.24
SAN05	978609.06
PMC2003	978605.15
SAN06	978610.89
RN2871A IBGE	978609.16

O emprego de gravímetros LaCoste & Romberg modelo G na determinação da aceleração da gravidade nos vértices da rede tem como fundamento básico a utilização desses dados na elaboração da carta geoidal para cidade de Campinas (figuras 03 e 04), compondo a Rede Gravimétrica Municipal.

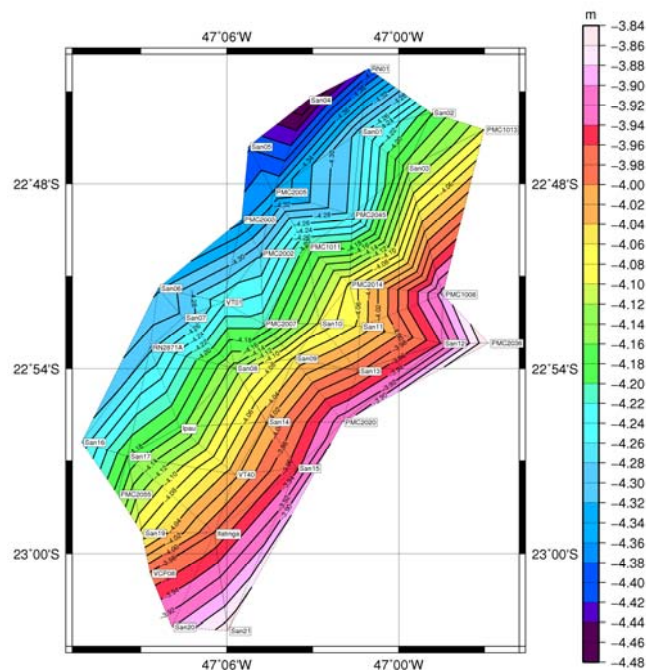


Fig. 3: Modelo Geoidal da cidade de Campinas – SAD69

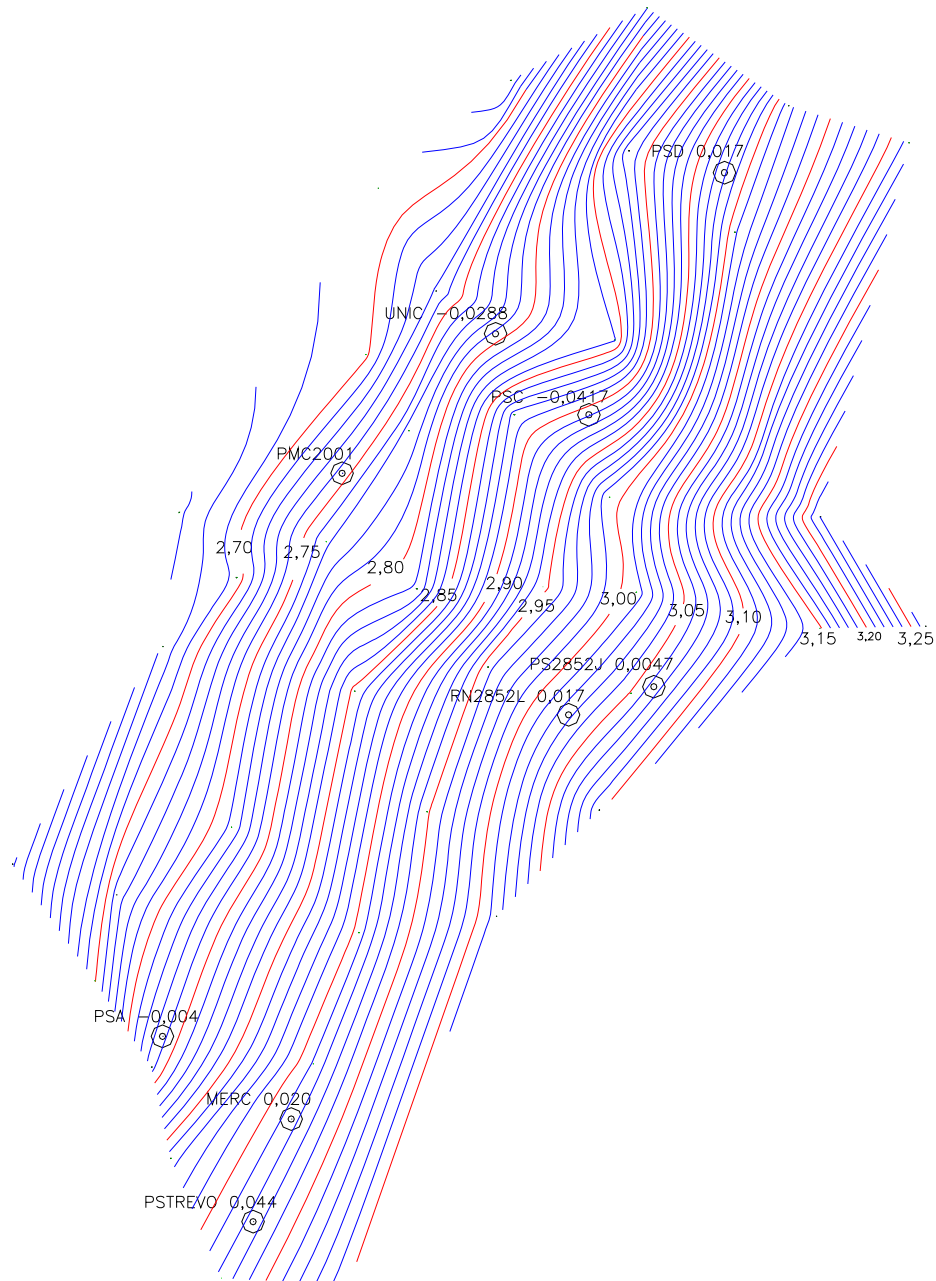


Fig. 4: Pontos de teste do Modelo Geoidal da Cidade de Campinas – Sad69

4 CONCLUSÃO E COMENTÁRIOS FINAIS

A ocupação com receptores GPS e o respectivo cálculo/ajustamento dos 12 vértices da rede de referência cadastral básica de Campinas propiciou a adequação dos valores das coordenadas aos valores oficiais, divulgados pelo IBGE, do vértice Valinhos.

A logística para execução das operações de campo e a escolha do posicionamento GPS relativo estático mostrou-se adequado aos propósitos dos trabalhos, produzindo uma rede rígida e confiável. O tempo de rastreamento foi fator preponderante para os resultados atingidos. Deve-se ressaltar que tal rede viabilizará a determinação do número geopotencial para a aplicação nos nivelamentos geométricos. Outras possibilidades são estudos e modelagem em geofísica da região.

Observando os problemas enfrentados e pela experiência adquirida na elaboração deste trabalho, apresenta-se a seguir, recomendações que possam ser úteis visando a continuidade da pesquisa:

- Continuar o refinamento do modelo geoidal objetivando o uso satisfatório da tecnologia de posicionamento por satélite na obtenção de altitudes com sentido físico na região de Campinas;
- Executar levantamentos para preencher os vazios com informações gravimétricas e observações GPS/nivelamento e, para tanto, é de vital importância esforços conjuntos das entidades públicas e privadas;
- Que a SANASA e Prefeitura Municipal de Campinas efetuem nivelamentos geométricos dos vértices da rede de referência cadastral básica de Campinas, assim como providenciem melhor acabamento para o topo desses vértices;
- Efetuar novo processamento com as observações GPS utilizando programa científico;
- Elaborar página na internet visando disponibilizar a consulta e utilização via web dos modelos geoidais e monografias dos vértices da Rede de Referência Cadastral Municipal.

5. REFERÊNCIAS

ARANA, J. M. (2000) **O Uso do GPS na Elaboração de Carta Geoidal**. Tese (Doutorado) Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

GEMAEL, C. (1986) **Marés Terrestres: Aplicações Geodésicas**. Curitiba: Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Cadernos Técnicos.

JUNIOR, C. A. C. e C. (2005) **Contribuição ao Estabelecimento de um Sistema Gravimétrico para a América do Sul**. Dissertação (Mestrado) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

LOBIANCO, M. C. B. (2005) **Determinação das alturas do geóide no Brasil**. Tese (Doutorado) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

MONICO, J. F. G. (2000) **Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS: Descrição, Fundamentos e aplicações**. São Paulo: Editora UNESP.

SILVA, M. A. (2002) **Obtenção de um Modelo Geoidal para o Estado de São Paulo**. Dissertação (Mestrado) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

TRABANCO, J.L.A. (1995) **Ajustamento e Homogeneização de Redes Gravimétricas Fundamentais Regionais**. Dissertação (Mestrado) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a participação da SANASA, Prefeitura Municipal de Campinas, EMBRATOP, PTR – USP e IBGE.