

Rede Geodésica do Município de Ilha Solteira - RGMIS

Prof. Artur Pantoja Marques ¹
Prof. Dr. Wilson Manzoli Junior ²

UNESP/FEIS - Depto. de Engenharia Civil
15385-000 – Ilha Solteira – SP.

¹ ✉ artur@dec.feis.unesp.br

² ✉ manzoli@dec.feis.unesp.br

Conteúdo	<p>1 Introdução</p> <p> 1.1 Objetivo</p> <p> 1.2 Justificativa</p> <p>2 Concepção e Planejamento de Rede</p> <p>3 Implantação dos vértices e coleta de dados</p> <p>4 Resultados obtidos</p> <p>5 Conclusões</p> <p>6 Agradecimentos</p> <p>7 Bibliografia</p>
-----------------	---

Resumo: Este trabalho apresenta os resultados da implantação da Rede Geodésica do Município de Ilha Solteira – RGMIS "densificada" a partir da Rede GPS do Estado de São Paulo e realizado através de técnicas de posicionamento com GPS, apresentando resultados com precisões da ordem de 2cm para componentes horizontais (E,N) e 3cm para vertical (h). Satisfazendo assim, plenamente o prescrito em sua concepção que é dar apoio aos cadastramentos, mapeamentos e controle de obras em geral, no âmbito do município.

Palavras chave: Rede GPS, Apoio cadastral, "Densificação" de Rede

Abstract: This work presents the results of the implantation of the Geodetic Network of Ilha Solteira City - RGMIS, expanded starting from the Network GPS of the State of São Paulo and accomplished through the GPS surveying, presenting results with precisions of the order of 2cm for horizontal components (E, N) and 3cm for vertical (h). Satisfying like this fully prescribed it in her conception that is to give support in general to the cadastre, mapping and control of works, in the extent of the city.

Keywords: GPS Network, cadastre Support, expanded of Network

1 Introdução

Ilha Solteira é um município localizado a noroeste do estado de São Paulo que faz parte da Região de Araçatuba, possui uma área de 659 Km e uma população estimada, segundo IBGE (2000), de 24.000 habitantes. Sua principal atividade econômica é a geração de energia elétrica através da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira e atualmente o Eco-Turismo. O município, como a maioria dos municípios brasileiros, apresenta uma certa carência de cadastro técnico, apresentando apenas alguns sistemas isolados voltados ao controle físico imobiliário dentro da área urbana, de difícil acesso, sem consistência e sem informações confiáveis.

Sendo assim, percebeu-se a necessidade da implantação de um sistema cadastral que fornecesse informações confiáveis e eficientes. O primeiro passo para isso foi a implantação de uma Rede de Referência de precisão no município.

O grande avanço provocado pelo sistema GPS tem proporcionado realizações satisfatórias nas mais diversas áreas no mundo inteiro. A utilização de técnicas e métodos diferenciados de GPS vêm sendo aplicada principalmente no estabelecimento de redes geodésicas. Os referenciais obtidos fornecem maior controle e confiabilidade, pois permitem um ajustamento mais rigoroso.

O estado de São Paulo foi o pioneiro no Brasil no estabelecimento de uma rede geodésica GPS abrangendo todo o estado. A rede possui 24 pontos estrategicamente definidos que garantem uma cobertura completa em nível estadual. No entanto, torna-se necessário a densificação desta rede em nível municipal para propor precisão e confiabilidade também em nível local. Como consequência disso, tem-se a implantação de redes municipais expandidas a partir de rede de ordem superior como no caso a rede São Paulo.

A implantação de uma rede municipal pode promover o controle no âmbito do município, proporcionando a toda área abrangente sólida confiança e precisão necessárias para efetivação de um desenvolvimento planejado e ajustado pelos pontos de controle disponíveis.

1.1 Objetivo

O objetivo principal do trabalho foi o estabelecimento de uma rede GPS de precisão para o município de Ilha Solteira - SP, e

conseqüentemente fornecimento de apoio aos trabalhos de topografia, agrimensura, aerofotogrametria, sistema cadastral e outros que necessitem de pontos referenciais com precisão e confiabilidade. E a partir daí, dotar o município de apoio fundamental para promover desenvolvimento e controle de seus projetos.

1.2 Justificativa

O uso do posicionamento por satélites no ajustamento de redes geodésicas já se tornou uma prática freqüente nos países desenvolvidos. No Brasil também já existem grandes centros difusores de pesquisas e grandes empresas técnicas prestadoras de serviços, mostrando que, em breve, alcançará uma popularização, pois apresenta menor custo/benefício e maior rapidez e precisão.

A criação da rede GPS no município colocará a disposição da comunidade pontos referenciais confiáveis e precisos melhorando significativamente as referências territoriais do município, assim como possibilitará futuros mapeamentos, cadastramentos e outros trabalhos que necessitem de referenciais cartográficos, como por exemplo o fornecimento de base para os Sistemas de Informação Geográfica GIS, estudos geodinâmicos, explorações geofísicas e etc.

2 Concepção e Planejamento da Rede

O GPS pode ou não ser apropriado para uma particular aplicação ou projeto. Deve-se então antes de realizar investimentos, avaliar os propósitos da operação assim como a precisão desejada.

A concepção da rede geodésica do município de Ilha Solteira, RGMIS levou em consideração a necessidade de garantir a qualidade para aplicações que requeiram precisões da ordem de 3cm em cada uma das componentes horizontais e 5cm na vertical, valores estes que atendem a maior parte das atividades vinculadas à rede.

No planejamento da rede optou-se por usar quadriláteros com vetores independentes subdivididos em triângulos, apesar de ser uma operação bastante laboriosa. Usando-se então o material disponível (mapas, cartas e informações municipais) foi estabelecido os locais aproximados para implantação dos vértices num total de 20. Definiu-se, também, o vértice ILHA pertencente à Rede GPS do estado de São Paulo como ponto de conexão das duas redes. Os equipamentos e equipes também foram definidos sendo 2 receptores GPS e duas equipes.

Algumas características foram colocadas como prioridade para definição do local e escolha dos pontos tais como:

- Visão desobstruída do horizonte (acima de 20°);
- Local com menor possibilidade de efeito do multicaminhamento;
- Facilidade de acesso;
- Locais não sujeitos a vandalismos; etc.

A Figura 1 mostra a distribuição dos vértices das estações da RGMIS:

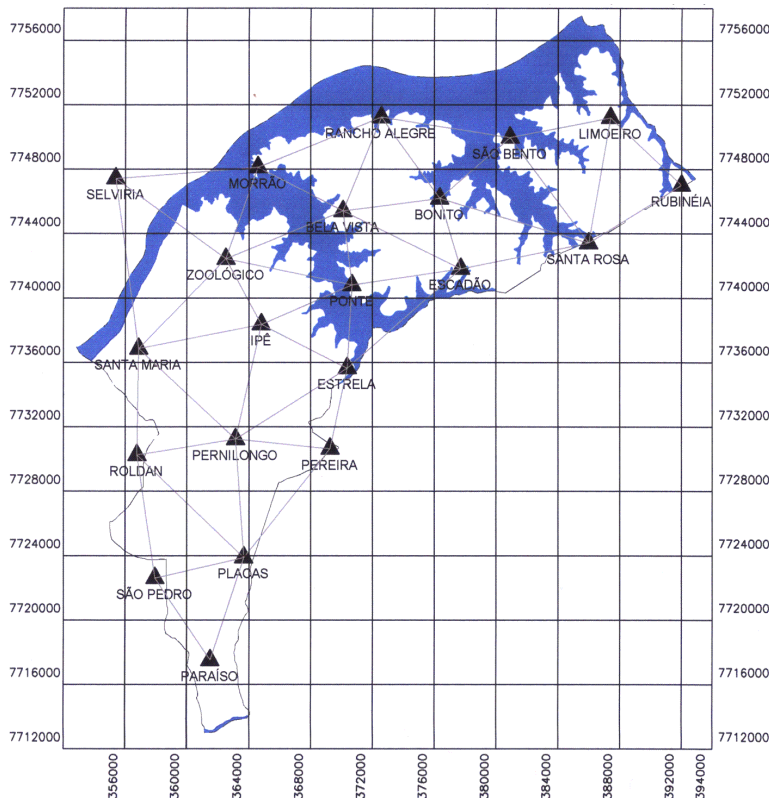


Figura 1 :Distribuição dos Vértices da RGMIS ((MARQUESM f1.GIF)

Na RGMIS a distância máxima é 10684.007 a distância mínima é 4569.852 e a média é da ordem de 7261.164.

3 Implantação dos Vértices e Coleta de Dados

Os estudos preliminares foram desenvolvidos com base nos materiais adquiridos juntos a diferentes órgãos como IBGE, DER, IGC, IGG, CESP e outros. O Material consta de: mapas topográficos, rodoviários, geotécnicos, pontos de redes vizinhas existentes e suas coordenadas, normas e especificações técnicas vigentes, etc. Após os estudos preliminares, foram executadas as seguintes etapas:

1ª- Etapa: Fase de reconhecimento

Os materiais usados foram: mapas adquiridos anteriormente e os elaborados com as localizações possíveis; piquetes e marreta para marcação do local escolhido, além de veículo para o transporte.

Esta etapa constou do reconhecimento, avaliação e definição dos locais onde seriam implantados os marcos, considerando as facilidades e condições dos seguintes aspectos:

- o acesso;
- a preservação;
- a estabilidade do solo;
- e os fatores como restrições do sistema GPS, etc.

2ª- Etapa: Fase de implantação

Os materiais usados foram: Marcos de concreto pré-fabricados; concreto; ferramentas e veículo para transporte (caminhão).

Nesta etapa foram materializados os marcos de concreto construídos em concreto de 15 Mpa, apresentando-se na forma de tronco de pirâmide (Mod. PMIS) contendo placa de identificação que foram concretados "in-loco" e depois pintados.



Figura 2 : Marcos em forma tronco de pirâmide da RGMIS

Entorno dos pontos foram ainda colocados pontaletes pintados a fim de facilitar a localização e evitar possíveis acidentes ou destruição dos mesmos.

3ª- Etapa: Fase de observação

Os materiais usados nesta fase foram: rádios transmissores; celulares; câmara fotográfica; 2 receptores GPS TRIMBLE 4600SL de uma frequência; 2 tripés; 2 bases nivelantes; 2 trenas; 2 baterias; 1 notebook; 2 veículos e 1 barco.

Foram montadas 2 equipes as quais foram treinadas e informadas das condições adversas de tudo que poderia acontecer a fim de garantir uma boa qualidade dos dados coletados. As equipes recebiam uma programação diária pré-definida pelo coordenador contendo: ponto a ser ocupado; horário para início e término; altura da antena e informes gerais a serem anotados na página de registro do ponto.

Nesta fase foram coletados os dados nas estações empregando-se o método de levantamento estático de Linha Base, com período de observações de 1 hora e taxa de coleta de 15s. Outros fatores também foram verificados tais como: fator de diluição da precisão geométrica GDOP inferior a 6 e ângulo de observação de 15 graus.

Das observações com GPS foram obtidas as coordenadas dos pontos da rede com relação ao sistema geocêntrico WGS-84 (X, Y, Z) ou coordenadas geodésicas (latitude, longitude e altura geométrica). Em seguida fizeram-se as transformações para o sistema geodésico local, ou seja, SAD-69.

As estratégias de ocupação, limitações práticas e logísticas foram definidas pela experiência do coordenador e recomendações dos colaboradores e fabricante do instrumento usado. O principal fator adotado foi à ocupação de cada estação pelo menos duas vezes, em diferentes condições visando à identificação de possíveis erros.

Ao final de cada programação foi feita uma verificação imediata através do processamento das observações coletadas para checagem e estabelecimento da necessidade ou não de re- ocupação.

Tabela 1 : Relação de Marcos implantados na RGMIS.

Nome:	Código	N.º Ocupação:	Último Rastreo:
ILHA (Selvira)	SAT – 91556	3	30/01/2001
LIMOEIRO	SAT – 100	3	09/02/2001
RANCHO ALEGRE	SAT – 101	4	09/02/2001
SÃO BENTO	SAT – 102	4	09/02/2001
MORRÃO	SAT – 103	4	07/02/2001
RUBINÉIA	SAT – 104	2	09/02/2001
BONITO	SAT – 105	5	09/02/2001
BELA VISTA	SAT – 106	6	08/02/2001
SANTA ROSA	SAT – 107	5	09/02/2001
ZOOLÓGICO	SAT – 108	6	07/02/2001
ESCADÃO	SAT – 109	5	09/02/2001
PONTE	SAT – 110	5	06/02/2001
IPÊ	SAT – 111	5	07/02/2001
SANTA MARIA	SAT – 112	5	31/01/2001
ESTRELA	SAT – 113	5	05/01/2001
PERNILONGO	SAT – 114	6	02/02/2001
PEREIRA	SAT – 115	3	05/02/2001
ROLDAN	SAT – 116	4	01/02/2001
PLACAS	SAT – 117	5	02/02/2001
SÃO PEDRO	SAT – 118	3	01/02/2001
PARAIZO	SAT – 119	2	01/02/2001

4ª- Etapa: Processamento dos Dados

Os materiais usados nesta etapa foram: 1 micro computador; softwares Trimble *GPSurvey - V2.35a* e *TRIMNET plus: Survey Network Software, V92.11c*; impressora e ploter.

O processamento da RGMIS foi feito usando para linhas de bases individuais o software de processamento de dados GPS *GPSurvey V2.35a* e para o ajustamento de redes das estações o software *TRIMNET plus: Survey Network Software, V92.11c*, ambos softwares da Trimble Navigation Limited. Foram processadas no total 45 linhas bases independentes todas apresentaram ótimos resultados, assim sendo, todas foram usadas no ajustamento das 20 estações.

Como a RGMIS apresenta linhas bases relativamente curtas, estas não devem sofrer influência significativa da ionosfera segundo Monico (1998), fato este que possibilitou o uso da portadora L1 e das efemérides transmitidas pelos satélites (*broadcast ephemerides*). Também foi usado para corrigir a refração troposférica o modelo de Hopfield, e para reduzir os efeitos da ionosfera a combinação linear livre.

No ajustamento geral da rede foi "injunção" o vértice ILHA da rede São Paulo denominado também de estação SELVÍRIA – com as coordenadas fornecidas pelo IBGE. Foram usadas às observações dos componentes originais das linhas bases ($\Delta x, \Delta y, \Delta z$) transformadas em azimute, distância e diferença de elevação, associadas as matrizes de variância e covariância das observações. O processo de detecção de erros foi feito através do teste de hipóteses e análise da matriz de variância e covariância das observações.

No processamento também foram feitas verificações das bases com o fechamento das figuras geométricas, o cálculo das injunções mínimas no ajustamento dos mínimos quadrados, além da verificação dos resíduos resultantes do ajustamento final, que foram analisados e refinados obtendo as precisões desejadas, garantindo confiança e homogeneidade à rede.

O Ajustamento final foi feito no Departamento de Cartografia da UNESP de Presidente Prudente (detentora dos equipamentos e software usados nesta pesquisa).

4 Resultados obtidos

Os resultados deste trabalho de implantação da rede de GPS do município de Ilha Solteira apresentaram-se dentro das expectativas esperadas. Do resultado do processamento das 45 linhas bases independentes, obtiveram-se 135 observações (azimute, distância e diferença de elevação), com 75 graus de liberdade.

No processo de detecção de erros através dos testes de hipóteses e análises das matrizes de variância e covariância das observações, nenhuma das observações apresentou problemas. O controle de qualidade foi finalmente garantido e aceito, após a introdução de um fator de escala (Alternative Scalar Set Applied Globally = 7,86) na matriz de variância e covariância das observações

(a = 5%).

Das 45 linhas bases 75,6 % (comprimento variável de 10,7 a 5,95 Km) tiveram a solução da ambigüidade determinada logo no primeiro processamento, e no segundo processamento somente com a eliminação de alguns satélites já se conseguiu solução total.

Mostra-se a seguir na tabela 2, as coordenadas geográficas e seus respectivos desvios padrão obtidos com o ajustamento da rede. As coordenadas foram ajustadas em WGS-84 e transformadas em SAD-69 através dos parâmetros oficiais do IBGE.

Tabela 2 :Coordenadas geográficas e seus desvios padrão em SAD-69.

Id. Ponto	Latitude	σ (m)	Longitude	σ (m)	Alt. Geom.	σ (m)
BELA VISTA	20°23'21,4245595"	0,007787	51°15'22,6035137"	0,008299	385,905	0,017755
BONITO	20°22'56,2809503"	0,008242	51°11'46,8963509"	0,008721	342,507	0,018348
ESCADÃO	20°25'18,2357041"	0,008680	51°11'00,3252445"	0,009253	362,391	0,019521
ESTRELA	20°28'38,7575020"	0,008723	51°15'13,4827084"	0,009286	355,523	0,019913
IPÊ	20°27'10,2914702"	0,008168	51°18'25,6195810"	0,008778	381,907	0,017580
LIMOEIRO	20°20'13,5002274"	0,012102	51°05'25,4948480"	0,011835	364,850	0,030165
MORRÃO	20°21'52,981113"	0,006160	51°18'32,2704434"	0,006684	362,315	0,012398
PARAÍSO	20°38'28,6539445"	0,015022	51°20'21,2153015"	0,015935	356,434	0,036769
PEREIRA	20°31'21,6202832"	0,009966	51°15'52,2572878"	0,010604	383,502	0,022217
PERNILONGO	20°31'02,1451023"	0,009747	51°19'23,4421278"	0,009995	353,603	0,022169
PLACAS	20°35'01,3618843"	0,010665	51°19'05,7930728"	0,011334	398,767	0,024059
PONTE	20°25'53,2662864"	0,007968	51°15'17,3610342"	0,008571	338,033	0,017969
RCH. ALEGRE	20°20'12,0477556"	0,008316	51°13'56,7509252"	0,008613	333,932	0,018893
ROLDAN	20°31'33,7394540"	0,010815	51°23'04,2263434"	0,010736	370,028	0,025215
RUBINEIA	20°22'29,8956521"	0,014798	51°02'47,0950802"	0,013241	368,930	0,038590
STA. ROSA	20°24'26,7504535"	0,010517	51°06'14,5307711"	0,010701	350,262	0,025488
SÃO BENTO	20°20'53,6585387"	0,010773	51°09'09,3747933"	0,010509	339,628	0,026337
SÃO PEDRO	20°35'42,5241232"	0,013173	51°22'23,5541615"	0,014062	380,279	0,030449
ILHA (Selvária)	20°22'14,6978851"	FIXADO	51°23'50,7071145"	FIXADO	332,428	FIXADO
STA. MARIA	20°27'58,7640398"	0,008570	51°22'59,78532096"	0,009161	318,996	0,018166
ZOOLÓGICO	20°24'57,6675720"	0,007510	51°19'44,4236243"	0,008272	383,908	0,015739

A tabela 3 contém informações dos desvios padrões (1σ) máximos, mínimos e médios das componentes horizontais (E, N) e vertical (h), de todas as linhas bases envolvidas, assim como informações sobre o erro de fechamento das 25 figuras envolvidas na rede com o correspondente perímetro, para os valores máximos, mínimos e médios.

Tabela 3 : Informações das componentes das linhas bases processadas.

Componente	Desvios Padrão(mm)			Erro de Fechamento (mm) / Perímetro(km)		
	σ Máximo	σ Mínimo	σ Médio	Máximo	Mínimo	Médio
E	1,5	0,6	1,0	21,5 / 20,3	0,5 / 22,2	4,7 / 21,5
N	1,6	0,7	1,0	4,8 / 23,8	1,5 / 27,4	2,5 / 21,5
H	3,9	1,2	2,3	12,4 / 20,7	1,8 / 22,0	4,4 / 21,5

Segundo (Monico, 1998) na determinação do erro total de fechamento são envolvidos além das incertezas das observações GPS, os erros advindos da instalação do equipamento e da leitura da altura das antenas, o que pode ser observado na associação dos desvios-padrão com os erros de fechamento de cada uma das figuras da rede.

Os resultados obtidos com o ajustamento da rede são bastante otimistas, pois, apresentam precisão (formal) média da ordem de 1,5mm para as posições e 3mm para altura. As informações dos vértices da RGMIS estão disponíveis para consulta gratuitamente na home page do Departamento de Engenharia Civil – FEIS – UNESP no endereço: <http://www.feis.unesp.br/dec/rgmis.html>.

5 Conclusões

O trabalho aqui descrito apresentou resultado bastante apreciável, tendo em vista as dificuldades enfrentadas para sua realização. Todos os aspectos envolvidos foram bastante significativos para o êxito da pesquisa que ultrapassou o nível de precisão estipulada na sua concepção.

A RGMIS, hoje, está implantada e ajustada. Assim poderá dar suporte ao município nas principais atividades de mapeamento e obras de engenharia, através da amarração dessas atividades a um mesmo referencial confiável e compatível com o Sistema Geodésico Brasileiro.

Esta pesquisa não encerra a necessidade de referência no município, uma vez que se trata de uma rede municipal com equidistância média entre vértices de 5km e que deve ser estendida em densidade maior na área urbana (objeto de futuros trabalhos). Além desse fator tem-se, também, a necessidade de ajustamentos periódicos sempre que a rede estadual que serviu de apoio, sofrer reajuste a fim de manter a boa qualidade e melhorar a precisão.

6 Agradecimentos

A implantação da RGMIS foi realizada graças ao intercâmbio e cooperação das unidades da UNESP/FEIS – Departamento de Engenharia Civil e UNESP/FCT – Departamento de Cartografia e foi uma iniciativa do Laboratório de Topografia da UNESP/FEIS em parceria com a Prefeitura Municipal de Ilha Solteira, SP. Em especial ao Prof. Dr. João Francisco Galera Mônico pelo total apoio na realização deste trabalho.

6 Bibliografia

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 14166 – Rede de referência cadastral municipal.* Rio de Janeiro, 1998.

HOFMANN-WELLENHOF, B., LICHTENEGGER, H., COLLINS, J.: *GPS: theory and practice.* 4 ed. rev. New York: Springer-Verlag Wien, 1994.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA: *Resolução PR n. 22. Especificações e normas para levantamentos geodésicos.* Boletim de serviço, n.1602,1983.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA: *Especificações e normas gerais para levantamentos geodésicos em território brasileiro.* Diário Oficial da União, 1984.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA: *Especificações e normas gerais para levantamentos GPS: versão preliminar Luiz Paulo Souto Fortes.* 23p. 1993.

MARQUES, A. P.: *Determinação dos parâmetros de curvas verticais de vias, sob à luz do Sistema de Posicionamento Global - GPS.* São Carlos, Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1997.

MONICO, J.F.G, THOMAZ, H.R, SILVA, F.G, MALDONADO, V.C.: *Rede Geodésica do Município de Paulínia: Integração com a rede GPS do Estado de São Paulo e RBMC.* **GEODÉSIA** online / COBRAC 98/092.htm. UFSC Florianópolis, out.1998.

SEEBER, G.: *Satellite geodesy: foundations, methods and applications.* Berlin: Walter de Gruyter, 1993.