

IMPLANTAÇÃO DO PILAR RUJU BOTUCATU NA UNESP PARA INTEGRAÇÃO AO SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO

Vilmar Antonio Rodrigues¹; Lincoln Gehring Cardoso²; Luciano Nardini Gomes²

¹ *Campus Experimental de Registro, Faculdade de Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Registro, SP, vilmar@goeproj.unesp.br.*

² *Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP.*

1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi implantar um pilar geodésico no Campus Universitário de Botucatu – SP (Rubião Júnior) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), utilizando estações ativas da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) como referência, visando adensamento do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB). No planejamento do rastreamento, alguns aspectos de otimização do pilar foram considerados: no levantamento de campo, utilizou-se para rastrear o vértice, o equipamento Receptor GPS Topcon Hiper GGD e a rede RBMC e, no processamento dos dados, o *software* Topcon Tools versão 6.04 realizou a solução da ambigüidade, bem como o tratamento das injunções durante o ajustamento do pilar. Os resultados obtidos permitiram a implantação de um pilar com acurácia melhor que 1 ppm, compatível com a rede RBMC, atendendo assim às especificações do IBGE.

PALAVRAS CHAVE: geodésia, geoprocessamento, GPS.

RODRIGUES, V. A.; CARDOSO, L. G.; GOMES, L. N. IMPLANTATION OF BOTUCATU RUJU PILLAR AT UNESP FOR INTEGRATION IN THE BRAZILIAN GEODESIC SYSTEM

2 ABSTRACT

The objective of this work was to implant a geodesic pillar in the campus of Botucatu (Rubião Júnior) of the São Paulo State University (UNESP), using active stations of the Brazilian Net of Continuous Monitoring (RBMC) as reference, aiming at inclusion in the Brazilian Geodesic System (BGS). In the planning of the trace, some aspects of the pillar optimization were considered: the field evaluation, the equipment Receiver GPS Topcon Hiper GGD and the net RBMC were used to trace the height, and the Topcon Tools 6.04 version *software* was use for the data processing, the ambiguity solution, as well as the treatment of injunctions during the column adjustment. The obtained results allowed the implantation of a more accurate pillar then 1ppm compatible to the RBMC net, meeting the specification of IBGE.

KEY WORDS: geodesy, geoprocessing, GPS.

3 INTRODUÇÃO

A necessidade do homem em locomover-se, alimentar-se e conquistar território para fins comerciais e exploratórios, despertou o interesse no conhecimento da forma e dimensões da terra. O ser humano, nesta evolução, referenciou esse espaço, seja por acidentes topográficos, ou pelas estrelas, levando a navegar e descobrir novas terras ou continentes.

Com o aprimoramento das técnicas de posicionamento e dos instrumentos de medidas, o homem pode descrever melhor o espaço em que vive, e assim representá-lo com mais exatidão. Nesta evolução, a ciência desenvolveu a geodésia por satélite, proporcionando maior precisão, rapidez e economia nos trabalhos de mapeamento e engenharia.

Há várias formas de descrever a posição de um ponto sobre a superfície terrestre, cada uma delas mais apropriada a um tipo aplicação ou decorrente de uma situação peculiar. O espaço unidimensional é adequado quando o objetivo é descrever a altitude de um ponto; o espaço bidimensional, para a representação cartográfica; o espaço tridimensional, que se representado por coordenadas cartesianas (X, Y, Z), mais apropriado para o propósito de cálculos; e com o desenvolvimento da tecnologia espacial, o espaço tetra-dimensional (X, Y, Z e t), que considera a variação da posição de um ponto no tempo. O sistema de posicionamento global (GPS), através de seus receptores localizados na superfície terrestre, converte os sinais dos satélites em posição, velocidade e tempo. Quatro satélites, no mínimo, são requeridos para calcular as posições X, Y, Z e o tempo t (Segantine, 1999).

O Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) - conjunto de pontos geodésicos materializados em território brasileiro e para o qual estão referenciadas as informações espaciais do país, é do tipo topocêntrico, sendo sua definição, implantação e manutenção de responsabilidade do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 1998). O referencial planimétrico adotado no Brasil atualmente é o SAD 69 (*South American Datum 1969*), e o referencial altimétrico é dado pelo nível médio dos mares apontado pelo marégrafo da Baía de Imbituba (SC).

A RBMC é uma rede de controle ativo que dá suporte para utilização da tecnologia GPS, no adensamento do SGB (IBGE, 2002a). Redes geodésicas têm sido estabelecidas por todo o território nacional, utilizando-se das estações ativas da RBMC como referência. No que se refere aos trabalhos científicos, a RBMC tem sido referência no desenvolvimento de inúmeras pesquisas em Geodésia, em Geofísica, com o estudo das deformações da crosta terrestre, na meteorologia, através do estudo do teor de vapor d'água na atmosfera (Sapucci, 2001), onde os dados GPS das estações da RBMC são utilizados para o desenvolvimentos das pesquisas.

Vários estados brasileiros têm estabelecido redes GPS na densificação do SGB. Sete redes estaduais foram estabelecidas até 2001. A citar, as redes estaduais do Paraná, Santa Catarina, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Mato Grosso e São Paulo. No Estado de São Paulo, foram implantadas duas redes GPS; a primeira pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, com 24 vértices (Fonseca, 1996), e a segunda, pela Fundação Instituto de Terras do Estado de São Paulo (ITESP), com 27 vértices (Marini, 2002).

Segundo Marini (2002), com o crescente uso do GPS em posicionamento, a tendência mundial é a adoção de sistemas de referência geocêntricos, compatíveis com sistemas de referência utilizados em diversos países. O IBGE tem realizado esforços nesse sentido através de sua participação no projeto SIRGAS (Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul) (IBGE, 2002b).

Baseando-se nestes dados, é possível verificar que a implantação de pilares geodésicos e integração ao Sistema Geodésico Brasileiro apresentam elevada relevância no campo científico, tecnológico e legal, já que irá permitir a realização de trabalhos topográficos com georreferenciamento, além de atender às normas da Lei 10.267 de 28 de agosto de 2001, a qual exige o georreferenciamento de imóveis rurais para fins de registro (Brasil, 2001). O emprego do GPS permite posicionamento de alta precisão e rapidez; entretanto, é fundamental a adoção de procedimentos durante a coleta dos dados visando à redução de erros e otimização das medidas das observáveis.

O objetivo deste trabalho foi implantar um pilar geodésico no campus de Botucatu (Rubião Júnior) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), utilizando estações ativas da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) como referência, visando adensamento do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB).

4 MATERIAL E MÉTODOS

O planejamento do pilar geodésico implantado no campus de Botucatu (UNESP) envolveu vários aspectos, de forma a obter o melhor resultado possível com o menor custo.

A seleção do local para implantação da estação baseou-se em critérios como segurança, escolha de um local seguro onde a integridade física do marco fosse preservada; de fácil acesso, com a visibilidade do céu desobstruída acima dos 15° de elevação; implantação sobre solo estável; e, finalmente, vizinhança desfavorável ao multicaminhamento dos sinais. O modelo de pilar de centragem forçada (modelo USP) foi escolhido visando maior durabilidade da estação, além de eliminar erros de centralização do instrumento.

Baseando-se nos fatores acima citados, um pilar de concreto, de formato cilíndrico medindo 1,10 metros de altura por 30 centímetros de diâmetro, contendo no topo um dispositivo de centragem forçada com diâmetro de 5/8", circundado por calçada de 1 (um) metro, foi construído no campus de Botucatu da Universidade Estadual Paulista (UNESP), no distrito de Rubião Júnior, município de Botucatu, sendo identificado com o nome RUJU.

O planejamento das observações em campo, dentro do contexto de otimização do pilar geodésico, envolve inúmeras variáveis como seleção do equipamento, distância entre as linhas de base, horário simultâneo de rastreamento, disponibilidade de satélites, tempo de rastreamento, entre outras.

Foram empregadas as menores linhas de base possíveis, considerando, além da simultaneidade, o horário de rastreamento, a máscara de elevação e a orientação da antena.

As estações ativas da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) empregadas como referência para a coleta de dados sobre os marcos de base RUJU, foram: UEPP (Presidente Prudente - SP), inscrição SAT 91559; PARA (Curitiba - PR), inscrição SAT 91105; NEIA (Cananeia - SP), inscrição SAT 91716; UBAT (Ubatuba - SP), inscrição SAT 91902; RIOD (Rio de Janeiro - RJ), inscrição SAT 91720; VARG (Varginha - MG), inscrição SAT 91930 e UBER (Uberaba - MG), inscrição SAT 91909.

O tempo mínimo de rastreamento estabelecido foi baseado nas especificações dadas pelo IBGE para levantamentos com GPS (IBGE, 1998), ou seja, de no mínimo 6 horas para linhas de base maiores que 100 km. Como deve haver simultaneidade entre as observações, e para garantir que todas as linhas de base atendam ao tempo mínimo estabelecido, até mesmo as linhas de base com menor distância, foram rastreadas 4 (quatro) sessões com duração de 07 horas de ocupação, e o intervalo entre as sessões foi no mínimo de 1 hora e no máximo 12 horas.

A etapa de coleta de dados exigiu o máximo de atenção e cuidado. Para minimizar alguns dos erros do GPS, alguns cuidados na fase de coleta de dados foram tomados: 1 - como a orientação da antena para o norte, possibilitando eventual correção posterior do centro de fase da antena; 2 - reocupação das estações, em quatro sessões consecutivas, permitindo a detecção de erros na altura da antena no ajustamento das sessões; 3 - rastreamento simultâneo de, no mínimo sete horas, de modo que a superabundância de observações permita a exclusão de observações com ruídos, sem prejuízo da precisão; e 4 - seleção da máscara de elevação de 15°, reduzindo os efeitos da troposfera sobre os sinais GPS, com fator de escala calculado para cada estação no processamento.

A Tabela 1 resume as especificações técnicas das campanhas de observação realizada no pilar RUJU, do campus de Botucatu da Universidade Estadual Paulista - UNESP, localizada no distrito de Rubião Junior no Estado de São Paulo.

Tabela 1. Especificações técnicas para a coleta de dados.

| Especificação | | Marcos principais, RBMC e Rede UNESP | |
|------------------------------|-----------------|--------------------------------------|--------------|
| Tempo mínimo de rastreamento | | 4 sessões de 07 horas | |
| Taxa de coleta das obs. | | 15 segundos | |
| Máscara de elevação | | 15° | |
| Orientação da antena | | Norte | |
| Observáveis mínimas | | L1 e L2 | |
| Localidade | Receptor | Antena | |
| UEPP | TRIMBLE Net RS | DORNE GEODETIC | |
| PARA | TRIMBLE 4000SSI | DORNE MARGOLIN T | |
| NEIA | TRIMBLE 4000SSI | DORNE MARGOLIN T | |
| UBAT | TRIMBLE 4000SSI | DORNE MARGOLIN T | |
| RIOD | TRIMBLE 4000SSI | DORNE MARGOLIN T | |
| VARG | ASHTECH Z-FX | THALES/MARINE III | |
| UBER | ASHTECH Z-FX | L1/L2 (700700.B) | |
| | | THALES/MARINE III | |
| | | L1/L2 (700700.B) | |
| Captação da rede UNESP | GPS/GLONASS GGD | TPSHIPER | TPSHIPER GGD |

Após a coleta dos dados em campo, efetuou-se o pré-processamento dos mesmos – para detectar perda de ciclos e erros grosseiros nas observações - utilizando-se *software* Topcon Tools versão 6.04. Posteriormente, foi executado o processamento dos dados onde as coordenadas ajustadas foram determinadas utilizando a rede RBMC (IBGE, 2002a).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 mostra o ajustamento final realizado em duas etapas. Em uma primeira etapa o ajustamento foi realizado com as coordenadas do vértice referenciadas ao WGS 84, e, em um segundo momento, ao SAD 69. As coordenadas finais do vértice RUJU, mostram as coordenadas geográficas e plano-retangulares da estação no SAD 69, bem como a descrição e localização das mesmas. O *software* Topcon Tools versão 6.04 permite níveis de confiança de 68, 95 e 99%. No pré-processamento das linhas de base, um nível de confiança 68% foi empregado para obtenção dos dados.

Tabela 2. Coordenadas finais ajustadas do pilar RUJU – Datum WGS 84.

| Vértice | Latitude(° ‘ “) ± DP(m) | Longitude(° ‘ “) ± DP(m) | Atitude(m) ± DP(m) |
|---------|--------------------------|--------------------------|--------------------|
| RUJU | - 22 53 14,93284 ± 0,006 | - 48 29 32,52718 ± 0,007 | 869,327 ± 0,023 |

* A sessão da observação foi processada com 7 linhas de base da rede RBMC (IBGE, 2002a).

Um dos objetivos da implantação do pilar RUJU é a sua integração ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB). Segundo o IBGE (1998), para integração ao SGB é necessário valor de acurácia igual ou inferior a 1 ppm por linha de base dos vértices que compõem o SGB. Visando atender as normas IBGE (1998), a propagação de covariâncias da estação RUJU foi efetuada para um conjunto de linhas de base mais próximas e mais longínquas relativas à rede RBMC (IBGE, 2002a).

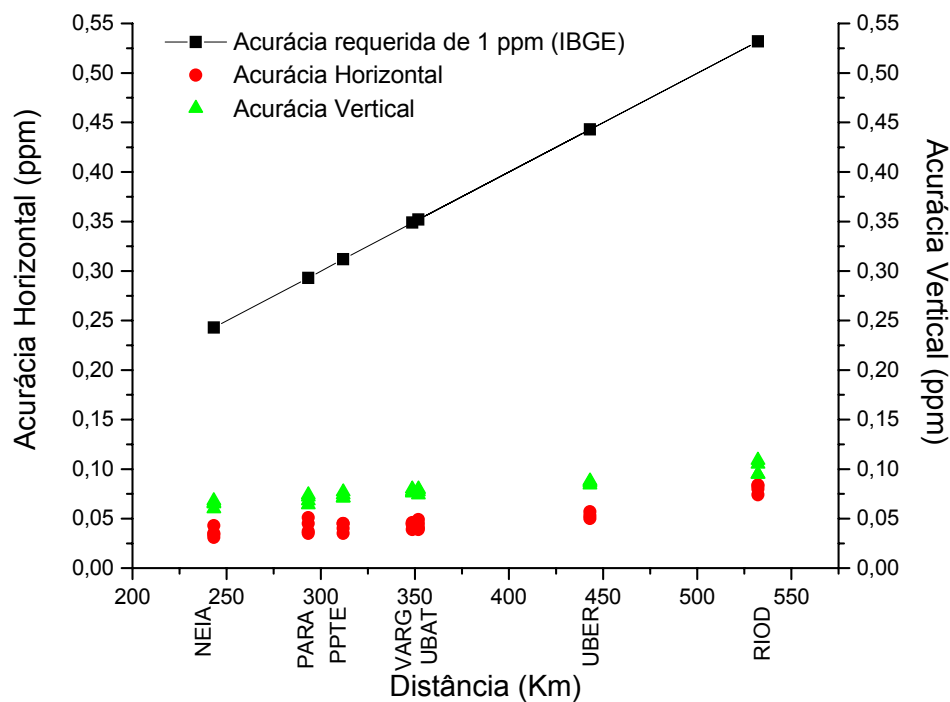


Figura 1. Valores de acurácia em ppm requeridos pelo IBGE (1998) e os valores de acurácia horizontal (Hz) e vertical (Ver) obtidos no ajustamento das linhas de base do pilar RUJU (Botucatu) com a rede RBMC (IBGE, 2002a).

Tomando como referência os critérios de aceitação definidos pelo IBGE (1998), ou seja, valores de acurácia igual ou inferior a 1 ppm, os valores de acurácia horizontal (Hz) e vertical (Ver) da linha de base RUJU da rede RBMC encontram-se inferiores aos valores limites requeridos. As diferenças de distância entre o vértice RUJU para os vértices da rede RBMC não se mostraram relevantes na precisão da acurácia.

Maior erro de precisão na vertical pode ser atribuído ao relevo acidentado.

6 CONCLUSÕES

No que se refere à solução da ambigüidade, nos *softwares* comerciais, a forma de evitar a inconsistência é especificar que o *ratio* seja igual ou maior a 3 (três) pelo menos, sendo assim o *software* Topcon Tools versão 6.04 apresenta um bom indicador na qualidade da solução da ambigüidade.

Tomando-se como referência os valores de acurácia definidos pelo IBGE (1998), os dados obtidos para o pilar RUJU atendem aos limites requeridos, estando aptos ao encaminhamento ao IBGE e integração ao SGB. A integração do pilar RUJU ao SGB apresenta elevada relevância no campo científico, tecnológico e legal, já que irá permitir a realização de trabalhos topográficos com georreferenciamento, além de atender as normas da Lei 10.267 (28/08/2001), a qual exige o georreferenciamento de imóveis rurais para fins de registro.

Na construção da monumentação de novos vértice geodésico, é aconselhável a construção do pilar com altura aproximada de 1,20 metros, tornando-o adequado para a ocupação do vértice com Estação Total/GPS. A proteção do pilar com calçada (\cong 1,00 metro), permite garantir a integridade do mesmo.

O acréscimo de 1 hora em cada sessão permitiu maior tempo de captação de satélites o que conduziu a melhores valores de acurácia. Segundo as normas do IBGE (1998), a captação de dados deverá ser realizada em 04 períodos de 06 horas com intervalos de, no mínimo, 1 hora e, no máximo, 48 horas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Lei n. 10.267, de 28 de agosto de 2001. Decreto nº 4.449, de 30 de outubro de 2002. Estabelece o roteiro para o intercâmbio entre o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA e os Cartórios de Registros de Imóveis e Notas e a precisão posicionais. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LEIS_2001/L10267.htm>. Acesso em: 02 abr. 2006.

FONSECA E. S. **Estudo e avaliação metodológica da rede GPS do Estado de São Paulo**. 1996. 98 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes)-Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (Rio de Janeiro, RJ). **Normas para Levantamentos GPS:-** versão preliminar. Rio de Janeiro, 1998. 18p.

. **Estações da RBMC**. 2002a. Disponível em:

<<http://www.ibge.gov.br/home/geografia/geodesico/rbmc.shtm>> Acesso em: 14 jun. 2006.

Projeto SIRGAS (Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul). Rio de Janeiro, 2002b. Disponível em:

<<http://www.ibge.gov.br/home/geografia/geodesico/sirgas/realizacao.htm>>. Acesso em: 14 jun 2006.

MARINI, M. C. **Integração da Rede GPS Itesp ao Sistema Geodésico Brasileiro**. 2002. 146 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas)-Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2002.

MONICO, J. F. **Posicionamento pelo NAVSTAR/GPS: descrição, fundamentos e aplicações**. São Paulo: UNESP, 2000. 287p.

SAPUCCI, L. A. **Estimativa do vapor d'água atmosférica e avaliação da modelagem do atraso zenital troposférico utilizando GPS**. 2001. 128 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas)-Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

SEGANTINE, P.C.L. **GPS: sistema de posicionamento global**. São Carlos: USP/EESC, 1999. 181 p.