

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA

**ATUALIZAÇÃO DA REDE GPS DE SÃO CARLOS E A AVALIAÇÃO
DO MÉTODO “PPP” EM COMPARAÇÃO COM O AJUSTAMENTO
DE REDES GEODÉSICAS**

LUIZ ANTONIO PEREIRA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientação: Prof. Dr. Sergio Antonio Röhm

São Carlos

2007

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

P436ar

Pereira, Luiz Antonio.

Atualização da rede GPS de São Carlos e a avaliação do método PPP em comparação com o ajustamento de redes geodésicas / Luiz Antonio Pereira. -- São Carlos : UFSCar, 2008.

145 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2007.

1. Sistema de posicionamento global. 2. Levantamento geodésico. 3. Método PPP. 4. Geodésia. 5. Satélites artificiais em navegação. 6. Redes geodésicas. I. Título.

CDD: 526.1 (20^a)



FOLHA DE APROVAÇÃO

LUIZ ANTONIO PEREIRA

Dissertação defendida e aprovada em 20/12/2007
pela Comissão Julgadora

Prof. Dr. Sergio Antonio Röhm
Orientador (DECiv/UFSCar)

Prof. Dr. Paulo César Lima Segantine
(STI-EESC/USP)

Prof. Dr. Irineu da Silva
(STI-EESC/USP)

Prof. Dr. Archimedes Azevedo Raia Jr.
Presidente da CPG-EU

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Dirce e Agenor, pelos valores que semearam na minha vida e à minha irmã Solange pelo carinho e incentivo de sempre. Aos meus amados esposa e filho, Cláudia e Gabriel, pelo amor, carinho, dedicação, paciência e compreensão, quando muitas vezes privei-os de minha presença e atenção visando à conclusão desse projeto.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e por se fazer presente nos momentos difíceis;

Ao orientador e amigo, Prof. Dr. Sergio Antonio Röhm, pela confiança, pelas oportunidades, pelo incentivo e pelas orientações apresentadas neste trabalho;

Em especial ao amigo, professor, tutor e incentivador Prof. Dr. Irineu da Silva, que me guiou pelos caminhos na área de mensuração e também na minha trajetória profissional, pela convivência e pela amizade;

Ao sempre prestativo Prof. Dr. Paulo C. L. Segantine, pela amizade, pelas sempre oportunas sugestões, pelo incentivo e praticamente pela co-orientação nesse trabalho;

Aos professores e funcionários do curso de Pós-graduação em Engenharia Urbana da UFSCar pela convivência, em especial o Prof. Dr. Segundo Carlos Lopes, pela ajuda no início desse trabalho;

Ao amigo Sergio Luís de Almeida, pela convivência, pelos conselhos, pelo companheirismo e pelo empréstimo dos equipamentos GPS para a realização desse trabalho;

Aos amigos da Comercial e Importadora Wild, em especial o João Olympio, pela “força” e pelo incentivo e também aos de longa data: Marco Antonio, Regina, Patrick e Mariovaldo pela convivência;

Ao amigo Abimael Junior do PPGEU da UFSCar e ao “meu sobrinho” Rafael Escrivão Sorrigoto pela convivência e pela ajuda na coleta de dados GPS;

Ao amigo Paulinho do STT-USP, pela convivência e pelo empréstimo de ferramentas para viabilização da coleta de dados em campo;

À Adriana da pós-graduação do STT-USP, pela amizade e pela ajuda de campo no início desse trabalho;

A toda família Escrivão, pela convivência e pelo incentivo.

Ao colega Rodrigo Leandro da Universidade de New Brunswick no Canadá, pelas sugestões e ajuda na conclusão desse trabalho.

A amiga Ana Paula Larocca, pela amizade e pela ajuda na montagem da apresentação de minha defesa de dissertação.

A todos que em algum momento, contribuíram para a realização desse trabalho.

PENSAMENTO

Há, verdadeiramente, duas coisas diferentes: saber e crer que se sabe. A ciência consiste em saber; em crer que se sabe está a ignorância".

(Hipócrates / médico grego 460-377 a.C.)

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| FIGURA 2.1 – CARTOGRAMA DAS BASES ESTADUAIS GPS..... | 17 |
| FIGURA 2.2 – CARTOGRAMA DAS ESTAÇÕES DA RBMC..... | 19 |
| FIGURA 2.3 - REDE INCRA DE BASES COMUNITÁRIAS – RIBAC – REGIÃO NORTE..... | 23 |
| FIGURA 2.4 - REDE INCRA DE BASES COMUNITÁRIAS – RIBAC – REGIÃO NORDESTE | 23 |
| FIGURA 2.5 - REDE INCRA DE BASES COMUNITÁRIAS – RIBAC – REGIÃO CENTRO-OESTE | 24 |
| FIGURA 2.6 - REDE INCRA DE BASES COMUNITÁRIAS – RIBAC – REGIÃO SUDESTE..... | 24 |
| FIGURA 2.7 - REDE INCRA DE BASES COMUNITÁRIAS – RIBAC – REGIÃO SUL | 25 |
| FIGURA 2.8 - REDE GPS ATIVA DO ESTADO DE SÃO PAULO..... | 26 |
| FIGURA 2.9 - REDE-GNSS-SP - PÁGINA PARA <i>DOWNLOAD</i> DE DADOS..... | 27 |
| FIGURA 2.10 - REDE DE ESTAÇÕES SIRGAS E IGS | 30 |
| FIGURA 2.11 - REDE DE ESTAÇÕES GNSS RTK | 34 |
| FIGURA 2.12 – REDE DE ESTAÇÕES GNSS RTK VIA INTERNET..... | 34 |
| FIGURA 2.13 – APLICAÇÕES PARA AS REDES DE ESTAÇÕES GNSS RTK VIA INTERNET | 35 |
| FIGURA 2.14 – ILUSTRAÇÃO DO SITE DO AUSPOS – ON-LINE GPS PROCESSING SERVICE | 38 |
| FIGURA 2.15 – ILUSTRAÇÃO DO SITE DO AUTOMATED GIPSY ANALYSES | 38 |
| FIGURA 2.16 – ILUSTRAÇÃO DO SITE DO CANADIAN GEODETIC SERVICE – CSRS-PPP | 39 |
| FIGURA 2.17 – ILUSTRAÇÃO DO SITE DO GAPS – GPS ANALYSIS AND POSITIONING SOFTWARE | 39 |
| FIGURA 2.18 – EVOLUÇÃO DO WGS-84 APROXIMANDO DO ITRF AO LONGO DO TEMPO | 49 |
| FIGURA 3.1 – IMAGEM DE SATÉLITE DO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS-SP..... | 50 |
| FIGURA 3.2 – MONOGRAFIA DO VÉRTICE GEODÉSICO DE SÃO CARLOS – FED1..... | 51 |
| FIGURA 3.3 – DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS ESTAÇÕES..... | 52 |
| FIGURA 3.4 – RECEPTOR LEICA SYSTEM 1200 | 55 |
| FIGURA 4.1 – DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS ESTAÇÕES NO SOFTWARE LEICA GEO OFFICE (2007)..... | 58 |
| FIGURA 5.1 - ANÁLISE DAS DISCREPÂNCIAS EM 2 D E 3 D DAS COORDENADAS DO PONTO FEHR AJUSTADAS PELO MMQ, COMPARANDO-SE COM O MÉTODO PPP (CSRS, AUSPOS E GAPS) | 73 |
| FIGURA 5.2 - ANÁLISE DAS DISCREPÂNCIAS EM 2 D E 3 D DAS COORDENADAS DO PONTO FED1 AJUSTADAS PELO MMQ, COMPARANDO-SE COM O MÉTODO PPP (CSRS, AUSPOS E GAPS) | 73 |
| FIGURA 5.3 - ANÁLISE DAS DISCREPÂNCIAS EM 2 D E 3 D DAS COORDENADAS DO PONTO STTU AJUSTADAS PELO MMQ, COMPARANDO-SE COM O MÉTODO PPP (CSRS, AUSPOS E GAPS) | 73 |
| FIGURA 5.4 - ANÁLISE DAS DISCREPÂNCIAS EM 2 D E 3 D DAS COORDENADAS DO PONTO FAZE AJUSTADAS PELO MMQ, COMPARANDO-SE COM O MÉTODO PPP (CSRS, AUSPOS E GAPS) | 74 |
| FIGURA 5.5 - ANÁLISE DAS DISCREPÂNCIAS EM 2 D E 3 D DAS COORDENADAS DO PONTO CENT AJUSTADAS PELO MMQ, COMPARANDO-SE COM O MÉTODO PPP (CSRS, AUSPOS E GAPS) | 74 |
| FIGURA 5.6 - ANÁLISE DAS DISCREPÂNCIAS EM 2 D E 3 D DAS COORDENADAS DO PONTO ITAL AJUSTADAS PELO MMQ, COMPARANDO-SE COM O MÉTODO PPP (CSRS, AUSPOS E GAPS) | 74 |
| FIGURA 5.7 - ANÁLISE DAS DISCREPÂNCIAS EM 2 D E 3 D DAS COORDENADAS DO PONTO TREV AJUSTADAS PELO MMQ, COMPARANDO-SE COM O MÉTODO PPP (CSRS, AUSPOS E GAPS) | 75 |
| FIGURA 5.8 - ANÁLISE DAS DISCREPÂNCIAS EM 2 D E 3 D DAS COORDENADAS DO PONTO BEAT AJUSTADAS PELO MMQ, COMPARANDO-SE COM O MÉTODO PPP (CSRS, AUSPOS E GAPS) | 75 |
| FIGURA 5.9 - ANÁLISE DAS DISCREPÂNCIAS EM 2 D E 3 D DAS COORDENADAS DO PONTO CEAT AJUSTADAS PELO MMQ, COMPARANDO-SE COM O MÉTODO PPP (CSRS, AUSPOS E GAPS) | 75 |
| FIGURA 5.10 - ANÁLISE DAS DISCREPÂNCIAS EM 2 D E 3 D DAS COORDENADAS DO PONTO MART AJUSTADAS PELO MMQ, COMPARANDO-SE COM O MÉTODO PPP (CSRS, AUSPOS E GAPS) | 76 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| TABELA 2.1 - ESTAÇÕES DA RBMC | 20 |
| TABELA 2.2 – COORDENADAS FINAIS – PROJETO SIRGAS2000 - BRASIL | 29 |
| TABELA 2.3 (*) – MÉTODOS DE POSICIONAMENTO GPS PARA APLICAÇÕES TÍPICAS DE LEVANTAMENTO | 33 |
| TABELA 2.4 – COMPARAÇÃO DOS SERVIÇOS DE CÁLCULO DO PPP ON-LINE | 42 |
| TABELA 2.5 – COMPARAÇÃO DOS SERVIÇOS DE CÁLCULO DO PPP ON-LINE – CONTINUAÇÃO | 43 |
| TABELA 3.1 – NOMES, IDENTIFICAÇÕES E COORDENADAS APROXIMADAS DAS ESTAÇÕES | 51 |
| TABELA 3.2 – COMPONENTES DA FÓRMULA PARA COMPATIBILIZAÇÃO DAS ÉPOCAS DE REFERÊNCIA | 57 |
| TABELA 4.1 - COORDENADAS (UTM – SIRGAS2000) DOS PONTOS DE INJUNIONAMENTO DA REDE | 59 |
| TABELA 4.2 – COORDENADAS (UTM – SIRGAS2000) DOS PONTOS PRINCIPAIS DA REDE | 59 |
| TABELA 4.3 - COORDENADAS (UTM – SIRGAS2000) DOS VÉRTICES AZIMUTES DA REDE | 60 |
| TABELA 4.4 - COORDENADAS (UTM – SIRGAS2000) DOS PONTOS DA REDE CALCULADAS PELO PPP | 61 |
| TABELA 4.5 - COORDENADAS (UTM – SIRGAS) DOS PONTOS DA REDE CALCULADAS PELO PPP | 62 |
| TABELA 4.6 - COORDENADAS (UTM – SIRGAS) DOS PONTOS DA REDE CALCULADAS PELO PPP | 63 |
| TABELA 4.7 – VELOCIDADES DE DESLOCAMENTO DAS PLACAS TECTÔNICAS NO BRASIL | 64 |
| TABELA 5.1 - COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DAS COORDENADAS DOS PONTOS DA REDE – MMQ X CSRS_PPP (UTM – SIRGAS2000) | 67 |
| TABELA 5.2 - COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DAS COORDENADAS DOS PONTOS DA REDE – MMQ X CSRS_PPP (UTM – SIRGAS2000) – CONTINUAÇÃO | 68 |
| TABELA 5.3 - COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DAS COORDENADAS DOS PONTOS DA REDE – MMQ X AUSPOS_PPP (UTM – SIRGAS2000) | 69 |
| TABELA 5.4 - COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DAS COORDENADAS DOS PONTOS DA REDE - MMQ X AUSPOS_PPP (UTM – SIRGAS2000) – CONTINUAÇÃO | 70 |
| TABELA 5.5 - COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DAS COORDENADAS DOS PONTOS DA REDE – MMQ X GAPS_PPP (UTM – SIRGAS2000) | 71 |
| TABELA 5.6 - COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DAS COORDENADAS DOS PONTOS DA REDE - MMQ X GAPS_PPP (UTM – SIRGAS2000) – CONTINUAÇÃO | 72 |
| TABELA 5.7 - COMPARAÇÃO DAS DISCREPÂNCIAS DAS COORDENADAS DOS PONTOS DA REDE – MMQ (2007) X CSRS-PPP X AUSPOS X GAPS..... | 78 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|-------------------|--|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| ARNS | Aeronautical Radio Navigation Service |
| AUSPOS | Online GPS Processing Service |
| AUTO GIPSY | Automated GIPSY Analyses |
| BEIDOU | Sistema Chinês de Navegação por Satélites (também conhecido como COMPASS) |
| CSRS-PPP | Canadian Spatial Reference System – Precise Point Positioning |
| CAD | Sistemas de Desenho Computadorizado |
| CDMA | Code Division Multiple Access |
| COMPASS | Sistema Chinês de Navegação por Satélites |
| CTRS | Conventional Terrestrial Reference System |
| DECiv | Departamento de Engenharia Civil da UFSCar |
| DGPS | Differential GPS (utiliza correções diferenciais em tempo real) |
| DORIS | Doppler Orbitography and Radio Positioning Integrated by Satellite |
| EGNOS | European Geostationary Navigation Overlay Service |
| ESA | European Space Agency |
| FAPESP | Fundação de Amparo a Pesquisa no Estado de São Paulo |
| FCT | Faculdade de Ciências e Tecnologia |
| FTP | File Transfer Protocol |
| GALILEO | Sistema Europeu de Navegação Global por Satélites |
| GAPS | GPS Analysis and Positioning Software |
| GFIS | Global Forest Information Service |
| GIOVE A | Galileo In-Orbit Validation Element A |
| GIOVE A2 | Galileo In-Orbit Validation Element A2 |
| GIOVE B | Galileo In-Orbit Validation Element B |
| GLONASS | Global'naya Navigatsionnaya Sputnikkovaya Sistema |
| GNSS | Global Navigation Satellite System |
| GPRS | General Packet Radio Service |
| GPS | Global Positioning Systems |
| GRS | Geodetic Reference System |
| GSM | Global System for Mobile Communications |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| IERS | International Earth Rotation Service |

| | |
|-------------------|---|
| IAG | International Association of Geodesy |
| ICMC-USP | Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da USP |
| IGS | International GNSS Service |
| INCRA | Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária |
| INTRANET | Rede de computadores privada que assenta sobre a suíte de protocolos da Internet |
| IP | Internet Protocol |
| ITRF | International Terrestrial Reference Frame |
| ITRS | International Terrestrial Reference System |
| JPL | Jet Propulsion Laboratory |
| L1 | Portadora L1 (frequência de 1575,42 MHz) |
| L2 | Portadora L2 (frequência de 1227,60 MHz) |
| L2C | Portadora L2 com o novo código civil (frequência de 1227,60 MHz) |
| L5 | Portadora L5 (frequência de 1176,45 MHz) |
| LAN | Local Area Network |
| MEO | Medium Earth Orbits |
| MMQ | Método dos Mínimos Quadrados |
| MSAS | MTSAT Space-based Augmentation System |
| MVC | Matriz Variância Covariância |
| NAD | Neutral Atmosphere Delay |
| NAVSTAR | Navigation Satellite Timing and Ranging |
| NIMA | National Imagery and Mapping Agency |
| NTRIP | Networked Transport of RTCM via Internet Protocol |
| OTW | On-the-way |
| ppm | Partes por Milhão |
| PPP | Posicionamento Pontual Preciso |
| PZ90 | Parametry Zemli 1990 |
| RBMC | Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo |
| RIBAC | Rede Incra de Bases de Apoio Comunitário |
| RINEX | Receiver Independent Exchange Format |
| RTK | Real-time Kinematic Positioning |
| SAD69 | South American Datum - 1969 |
| SGB | Sistema Geodésico Brasileiro |
| SIRGAS2000 | Sistema de Referência Geocêntrica das Américas - 2000 |
| SIG | Sistema de Informação Geográfica |
| SLR | Satellite Laser Range |

| | |
|---------------|---|
| TDMA | Time Division Multiple Access |
| UFSCar | Universidade Federal de São Carlos |
| UNB | University of New Brunswick |
| UNESP | Universidade Estadual Paulista |
| USP | Universidade de São Paulo |
| VLBI | Very Long Baseline Interferometry |
| WAAS | US Wide Area Augmentation System |
| WAN | Wide Area Network |
| WGS84 | World Geodetic System of 1984 |
| WLAN | Wireless Local Area Network |

Resumo

Atulim (2002) e Racanicchi (2003) planejaram e implantaram uma rede geodésica GPS no município de São Carlos, que necessitou de manutenção e revisão. As propostas desta dissertação consistiram em: i) atualizar a rede geodésica GPS no município de São Carlos e compatibilizá-la com o SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrica das Américas 2000), com novo ajustamento da rede geodésica e injuncionamento em dois vértices geodésicos na área urbana de São Carlos, homologados pelo IBGE após a implantação da rede geodésica original; ii) avaliar e comparar os novos resultados das coordenadas da rede geodésica de São Carlos obtidas com posicionamento relativo através do rastreamento de satélites artificiais, segundo a tecnologia NAVSTAR/GPS (*Navigation Satellite Timing and Ranging/Global Positioning System*) e ajustadas através do Método dos Mínimos Quadrados (MMQ), com os resultados das coordenadas obtidas através do Método de Posicionamento Pontual Preciso (PPP), processadas por serviços de cálculo de PPP on-line. Analisando os resultados obtidos nesta dissertação, foi possível avaliar que a aplicação do Método PPP, desde que seguidas as orientações específicas de cada serviço on-line utilizado, atende perfeitamente à exigência requerida para apoiar serviços de cadastro e locação para as mais variadas finalidades, porém não substitui ainda outros serviços que demandam alto grau de exatidão conseguidas somente com vetores e ajustamento de rede com controle estatístico de processos que demandam alta atividade computacional.

Palavras-chave: Redes Geodésicas, GPS, Posicionamento Pontual Preciso, Método PPP

Abstract

Atulim (2002) and Racanicchi (2003) had planned and implemented a geodetic GPS network in São Carlos city, which needed maintenance and revision. The proposals of this dissertation had consisted of: i) to bring up to date the GPS geodetic network in the city of São Carlos and to make it compatible with the SIRGAS2000 (Geocentric Reference System of Americas 2000), with new network adjustment and injunction in two geodesic vertices in the urban area of São Carlos, homologated by the IBGE after the implantation of the original geodetic network in 2003; ii) to evaluate and to compare the new results of the geodetic network coordinates obtained with the relative positioning through the tracking of artificial satellites, according to technology NAVSTAR/GPS and adjusted through the Least Squares Method, with results of coordinates obtained through the Precise Point Positioning (PPP) Method, processed by PPP on-line services. Analyzing the results obtained in this dissertation, it was possible to evaluate that the application of PPP Method, since that followed the specific orientations of each on-line service used, takes care perfectly to the required to support of cadastral registry and location services for the most varied purposes, however it does not substitute yet other services that demand highest degree of accuracy only obtained with vectors and network adjustment with statistical control of processes that demand high computational activity.

Keywords: Geodetic networks, GPS, Precise Point Positioning (PPP), PPP Method

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 | CONSIDERAÇÕES INICIAIS | 1 |
| 1.2 | OBJETIVO | 2 |
| 1.3 | JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO DA PESQUISA | 4 |
| 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 7 |
| 2.1 | SISTEMA GLOBAL DE NAVEGAÇÃO E POSICIONAMENTO POR SATÉLITE (GNSS) | 7 |
| 2.1.1 | <i>O Sistema GPS</i> | 8 |
| 2.1.2 | <i>O Sistema GLONASS</i> | 11 |
| 2.1.3 | <i>O Sistema GALILEO</i> | 12 |
| 2.1.4 | <i>O Sistema COMPASS</i> | 13 |
| 2.1.5 | <i>Os Sistemas de Satélites Geoestacionários</i> | 14 |
| 2.2 | SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA | 14 |
| 2.3 | REDES GEODÉSICAS DE REFERÊNCIA | 16 |
| 2.3.1 | <i>Conceitos</i> | 16 |
| 2.3.2 | <i>Aplicações</i> | 18 |
| 2.4 | REDES GEODÉSICAS APOIADAS COM A TECNOLOGIA GNSS (REDES ATIVAS) | 18 |
| 2.4.1 | <i>Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC)</i> | 18 |
| 2.4.2 | <i>Rede INCRA de Bases Comunitárias do GNSS (RIBaC)</i> | 22 |
| 2.4.3 | <i>Rede GPS Ativa do Oeste do Estado de São Paulo (REDE-GNSS-SP)</i> | 25 |
| 2.4.4 | <i>Rede GPS Continental Sul Americana (baseada no SIRGAS)</i> | 27 |
| 2.4.5 | <i>Rede GPS Global (do International GNSS Service - IGS)</i> | 30 |
| 2.4.6 | <i>Redes GNSS de Estações de Referência RTK</i> | 31 |
| 2.5 | O MÉTODO DE POSICIONAMENTO PONTUAL PRECISO (PPP) | 36 |
| 2.5.1 | <i>O formato Hatanaka para compressão de dados RINEX</i> | 40 |
| 2.6 | AJUSTAMENTO DE REDES GEODÉSICAS | 44 |
| 2.6.1 | <i>Integração das coordenadas ajustadas ao sistema SIRGAS2000</i> | 47 |
| 3 | REDE GEODÉSICA DE SÃO CARLOS - SP | 50 |
| 3.1 | INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE SÃO CARLOS | 50 |
| 3.2 | PROJETO E IMPLANTAÇÃO DA REDE NO BIÊNIO 2002-2003 | 51 |
| 3.3 | PLANO DE TRABALHO DE ATUALIZAÇÃO E NOVO AJUSTAMENTO DA REDE EM 2007 | 53 |
| 3.4 | INSTRUMENTAÇÃO E PROCEDIMENTOS UTILIZADOS NO NOVO AJUSTAMENTO DA REDE | 54 |
| 3.4.1 | <i>Instrumentação</i> | 54 |
| 3.4.2 | <i>Procedimentos</i> | 55 |
| 4 | RESULTADOS | 58 |
| 4.1 | RESULTADOS DAS COORDENADAS DOS VÉRTICES DA REDE GPS UTILIZANDO-SE O MMQ | 59 |
| 4.1.1 | <i>Vértices de controle</i> | 59 |
| 4.1.2 | <i>Vértices principais</i> | 59 |
| 4.1.3 | <i>Vértices azimutes</i> | 60 |
| 4.2 | RESULTADOS DAS COORDENADAS DOS VÉRTICES DA REDE GPS UTILIZANDO-SE O PPP | 60 |
| 4.3 | RESULTADOS DAS VELOCIDADES CALCULADAS PELO SOFTWARE VELINTER | 64 |
| 5 | ANÁLISES | 65 |
| 6 | CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES | 81 |
| 7 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 84 |
| | APÊNDICE A – RESUMO DE OCUPAÇÃO DOS VÉRTICES GEODÉSICOS COM GPS L1/L2 | 87 |
| | APÊNDICE B – RELATÓRIOS DE PROCESSAMENTO GPS L1/L2 | 89 |
| | APÊNDICE C – RELATÓRIOS DO AJUSTAMENTO DA REDE GPS | 115 |
| | APÊNDICE D – MONOGRAFIA DOS VÉRTICES PRINCIPAIS DA REDE GPS DE SÃO CARLOS | 128 |
| | APÊNDICE E – MONOGRAFIA DOS VÉRTICES AZIMUTES DA REDE GPS DE SÃO CARLOS | 139 |

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

Para o mapeamento de uma região e para subsidiar várias outras aplicações na área de engenharia, é necessário definir, implantar e manter um sistema de referência geodésico. Um sistema de referência desse tipo é implantado a partir de vértices devidamente materializados no terreno, com espaçamento e densidade convenientes e com a determinação precisa de suas coordenadas, obtendo-se o que chamamos de *redes geodésicas*. Quando as coordenadas dessa rede são estabelecidas com o apoio de sistemas de rastreamento de satélites artificiais, elas são chamadas de redes geodésicas GPS ou ainda de redes GPS.

As redes GPS podem ser consideradas como referencial básico e homogêneo para quaisquer projetos que necessitem de dados de posicionamento no território. Entre estas necessidades podemos citar projetos cartográficos, obras de engenharia como, por exemplo, barragens, rodovias, aeroportos, linhas de transmissão, regularização fundiária entre outros. No Brasil alguns estados têm implantado suas próprias redes GPS de referência. No caso particular do Estado de São Paulo, a rede GPS implantada compreende 24 estações ligadas ao Vértice Chuá e está totalmente integrada ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), SEGANTINE (1995).

A principal característica diferencial das estações integrantes das redes geodésicas estaduais é a garantia da sua integridade física. Para manter a integridade física destas estações, os locais para implantação, além de atender a uma posição adequada no território, são escolhidos, preferencialmente, em áreas públicas e locais onde se encontram órgãos públicos que possam zelar pela sua conservação, e, ainda, com acesso que facilite a conexão à rede altimétrica de alta precisão do Sistema Geodésico Brasileiro.

A concepção das redes geodésicas estaduais visa permitir seu uso tanto pela topografia clássica quanto por receptores de sistemas de rastreamento por satélites. Os marcos estabelecidos obedecem às especificações, quanto a sua estrutura física, emanadas dos órgãos estaduais e avalizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). As redes estaduais GPS têm o intuito de suprir a demanda por estrutura geodésica básica para quaisquer projetos de uso do território que necessitem de dados de posicionamento.

Como exemplos de redes GPS municipais têm-se as redes das cidades de São Carlos, Campinas, Santo André, e Guarulhos, no Estado de São Paulo. E como exemplo de redes distritais ou setoriais, a rede do Metrô, em São Paulo (LAROCCA, 2000).

Uma rede de Referência Cadastral Municipal deve ser definida a partir de pontos originados e ajustados da Rede GPS estadual ou diretamente de uma rede nacional, para suprir as necessidades de amarração dos levantamentos cadastrais a um referencial geodésico unívoco e preciso.

De acordo com LIPORONI (2003) uma base cartográfica municipal, que se constitua como instrumento de gestão administrativa, deve ser composta por um conjunto de plantas temáticas, passíveis de visualização em escalas adequadas, construídas a partir de levantamentos recentes ou atualizados. Essas plantas devem, para o georreferenciamento, apresentar configuração geográfica compatível, quanto à localização geodésica, sistema de projeção e coordenadas, de forma que possam ser analisadas como planos ou níveis temáticos (*layers*), por Sistema de Desenho Computadorizado (CAD) ou, melhor ainda, por Sistema de Informação Geográfica (SIG).

A rede de referência cadastral municipal é um instrumento de subsídio para o gerenciamento do município, servindo ao cadastro técnico municipal, tornando-se uma ferramenta indispensável aos responsáveis pela implementação adequada dos serviços públicos, através do seu georreferenciamento.

1.2 Objetivo

Este projeto de pesquisa teve quatro objetivos:

- O primeiro foi re-implantar em local adequado os vértices TREV e CEAT da rede geodésica original, destruídos por obras municipais de execução e manutenção de construções;
- O segundo objetivo foi determinar e executar novamente o ajustamento das coordenadas dos pontos pertencentes à rede geodésica do Município de São Carlos devido à homologação pelo IBGE de três vértices geodésicos na área urbana após a conclusão da implantação da rede geodésica original. A nova medição foi executada com o rastreamento de satélites artificiais do sistema GPS em posicionamento pelo método

estático, para a adequação das monografias dos vértices ao novo sistema geodésico geocêntrico adotado pelo SGB (Sistema Geodésico Brasileiro), o sistema SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas - 2000). Dois destes vértices homologados foram tomados como pontos de inunção para o novo cálculo das coordenadas da rede GPS, um deles (SAT 93670), mesmo antes de ser homologado, já fez parte da rede implantada em 2003, mas não foi tomado como ponto de inunção; O outro vértice homologado a ser inserido no novo cálculo das coordenadas da rede como ponto de inunção foi o SAT 93668;

- O terceiro objetivo foi a implantação de vértices de referência para azimutes, que formassem pares de pontos com os vértices principais da rede geodésica, para atender aos critérios definidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR 14.166/1998), que prevê pares de pontos intervisíveis para servirem de apoio para a topografia convencional. É importante salientar que para dois dos vértices principais da rede não foram implantados os respectivos vértices de referência para azimutes por não possibilitarem estacionar um equipamento de topografia convencional em sua estrutura geodésica (SAT 93668 e STTU) e outros dois vértices se localizam em locais onde estavam sendo realizadas obras de manutenção das vias durante a execução das medições com GPS, o que impossibilitou a implantação dos vértices de azimutes em locais apropriados (ITAL e CEAT);
- O quarto objetivo (considerado principal), foi comparar os resultados das coordenadas dos vértices da rede geodésica de São Carlos, obtidos com o posicionamento pelo método estático relativo e ajustados pelo Método dos Mínimos Quadrados (MMQ), com os resultados calculados segundo o método denominado Posicionamento Pontual Preciso (PPP), derivado do termo original em inglês *Precise Point Positioning*. Segundo Segantine (2005) os dados das medições independentes de cada vértice com equipamento GPS L1/L2 com tempo mínimo de ocupação de uma hora podem ser enviados no formato RINEX (*Receiver Independent Exchange Format*) via Internet para o JPL (*Jet Propulsion Laboratory*), que é um dos sete centros de análise do IGS (*International GNSS Service*), o qual disponibiliza os resultados do processamento.

Existem alternativas ao serviço do JPL que é denominado por AUTO GIPSY. Podemos citar, como exemplo, outros três serviços on-line disponibilizados gratuitamente para o cálculo de coordenadas GPS pelo método PPP que são: AUSPOS, CSRS-PPP e GAPS, (vide tabelas 2.4 e 2.5). Neste projeto foram utilizados esses três serviços para comparação das coordenadas dos pontos da rede, que serão apresentados no decorrer deste texto. A utilização do serviço de

cálculo do PPP através do AUTO GIPSY foi impossibilitada devido às dificuldades encontradas para disponibilizar um computador específico para esse propósito, uma vez que a utilização desse serviço requer a instalação de um programa de FTP (*File Transfer Protocol*) com IP (*Internet Protocol*) da máquina fixo e acesso livre para usuário anônimo, além de ferramentas de proteção para transmissão na Internet. Em vista dessas dificuldades optou-se pela utilização apenas dos três serviços citados anteriormente.

1.3 Justificativa e motivação da pesquisa

Apesar do esforço de alguns estados para a implantação de rede estadual de referência, as atividades de cadastro não são bem atendidas por esses sistemas de redes estaduais, devido ao espaçamento entre estações e as necessidades de mapeamento cadastral de pequenas áreas, em nível de parcela. Tal necessidade somente pode ser atendida com redes de pontos específicas para atender as operações topográficas dos levantamentos cadastrais. Dessa forma impõe-se a necessidade de implantação de redes municipais conectadas às redes estaduais e à nacional (ROCHA e BRANDÃO, 1999).

ATULIM (2002) e RACANICCHI (2003) justificaram, desenvolveram e implementaram a Rede de Referência Cadastral da Cidade de São Carlos – SP com base na NBR 14.166 (1998) que normaliza uma Rede de Referência Cadastral Municipal. De acordo com o poder público, existe a necessidade dessa rede para dar suporte a todos os levantamentos que se destinem a:

- subsidiar a elaboração e a atualização de plantas cadastrais municipais;
- amarrar todos os serviços de topografia no intuito de incorporá-lo às plantas cadastrais do município;
- servir de base para definição e restauração de limites de propriedades; e
- referenciar todos os serviços topográficos de: (i) demarcação, (ii) anteprojetos, (iii) projetos, (iv) implantação e obras de engenharia em geral, (v) urbanização, (vi) levantamentos de obras, (vii) cadastros imobiliários para registros públicos e multifinalitários.

Após a conclusão da implantação da Rede de Referência Cadastral de São Carlos, surgiram dois fatos novos para a base cartográfica do município, que foram:

- i) A inutilização de dois vértices componentes desta rede geodésica, o primeiro deles devido à construção de um novo viaduto na conexão entre a Avenida Getúlio Vargas e a

Rodovia Washington Luís (Vértice PT-07, Nome: Trevo Getúlio Vargas, Identificação: TREV) e o segundo causado pela ocultação do vértice cuja placa de identificação se encontrava cravada na laje superior da caixa d'água do S.A.A.E. que foi submetida à aplicação de uma camada de concreto e impermeabilizante para estancamento de fissuras (Vértice PT-09, Nome: CEAT, Identificação CEAT); e

ii) A homologação pelo IBGE de três vértices geodésicos na área urbana de São Carlos.

Na implantação inicial da Rede de Referência Cadastral de São Carlos, também denominada de Rede GPS de São Carlos, composta por nove vértices, apenas um desses vértices (FED1), agora homologado pelo IBGE, estava incluído nessa rede, ainda assim, esse vértice na ocasião não foi considerado como ponto de injunção para os cálculos e ajustamento da rede. Em face dessa nova realidade, decidiu-se recalcular toda a rede GPS de São Carlos, incluindo dois dos novos pontos homologados na área urbana como de injunção para refazer o cálculo do ajustamento da rede. A re-implantação dos vértices destruídos se fez necessária para recuperar a proposta da rede original e atender aos requisitos obedecidos por ATULIM (2002) e RACANICCHI (2003).

A implantação dos vértices de referência de azimutes, junto aos vértices da rede GPS proposta, justifica-se pela adequação da mesma para o uso nas medições topográficas convencionais a partir dos pares de pontos implantados. A disponibilidade de conjuntos de pontos desse tipo, minimizarão custos de equipes de topografia em campo, com vistas às necessidades urbanas cadastrais e de infra-estrutura, assim como diversos outros processos de intervenção urbana. A elaboração da base cartográfica precisa e georreferenciada gera subsídios para o cumprimento das diretrizes do Estatuto da Cidade (Lei Federal nº. 10.257/01), que é um dos principais instrumentos auxiliares do planejamento e gestão urbana.

A comparação dos resultados das coordenadas dos pontos, obtidas por posicionamento estático relativo e ajustamento da rede pelo Método dos Mínimos Quadrados, com os resultados obtidos com o emprego do Método de Posicionamento Pontual Preciso, será um importante subsídio para avaliar as vantagens e desvantagens do uso do PPP em relação aos procedimentos consagrados, indicando o potencial e as restrições do seu uso.

Segundo GAO (2006) o método PPP pode proporcionar várias vantagens significativas em aplicações comparadas com os métodos de posicionamento relativo, comentadas a seguir:

- O PPP envolve apenas um único receptor e, conseqüentemente, dispensa a necessidade dos usuários de GPS estabelecerem estações de base locais. Como resultado, elimina-se o limite do espaçamento da operação e a conexão de observações simultâneas nos receptores da base e do remoto imposta pelo método diferencial;
- O PPP pode ser considerado como um posicionamento global aproximado porque as soluções de posicionamento dele são referenciadas a um sistema de referência global. Como resultado, o PPP proporciona um posicionamento de muito melhor consistência do que as aproximações diferenciais nas quais as soluções de posicionamento são relativas à estação ou estações de base locais. (deve-se notar que, se as coordenadas da estação base são conhecidas em um sentido absoluto, o posicionamento absoluto do usuário é então obtido); e
- Um outro benefício significativo que o PPP pode trazer para as aplicações é que ele reduz o trabalho e os custos de equipamento, devido à eliminação da necessidade de medição de vetores e conseqüentemente viabiliza a utilização de apenas um receptor e ainda simplifica a logística operacional dos trabalhos de campo desde a eliminação da dependência de estações base.

As coordenadas oriundas dos novos cálculo e ajustamento da rede GPS servirá de suporte para a Rede de Referência Cadastral da Cidade de São Carlos – SP e terá suas coordenadas atualizadas e disponibilizadas baseadas no Sistema SAD 69 (*South American Datum 1969*) e também na nova caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro, com referência no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS2000). Desta forma, esta rede atenderá a Resolução do IBGE aprovada em 25/02/2005.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sistema Global de Navegação e Posicionamento por Satélite (GNSS)

Apesar desta pesquisa basear-se especificamente na utilização do Sistema de Posicionamento Global – GPS (NAVSTAR/GPS), faz-se necessário a inclusão de uma pequena abordagem sobre os demais sistemas que fazem parte do GNSS, por ser um tema extremamente atual e em plena fase de expansão e desenvolvimento.

O *Global Navigation Satellite System* (GNSS) é um termo genérico atribuído aos sistemas de navegação, que utilizam posicionamento por satélites. Essa terminologia é utilizada para os Sistemas GPS (Americano) e o GLONASS (Russo), que já estão em operação há vários anos, ou ainda para os Sistemas GALILEO (Europeu) e COMPASS (Chinês), que estão prestes a entrar em operação total nos próximos anos. Eventualmente essa referência pode incluir ainda os Sistemas de Satélites Geoestacionários, lançados por alguns países para complementarem as constelações GPS e GLONASS.

O desenvolvimento do GNSS abrange duas gerações distintas (LEGAT & HOFMANN-WELLENHOF, 1999):

- primeira geração, denominada GNSS-1, que consiste da ampliação do GPS e GLONASS. Nessa geração incluem-se o WASS e o EGNOS (AQUINO, 1996);
- segunda geração, denominada GNSS-2, que deverá ao final, desenvolver-se em um sistema completamente novo, com controle civil internacional, atendendo a todos os requisitos necessários ao uso civil. Nessa geração incluem-se a modernização do GPS e a inclusão do sistema GALILEO.

Desde a introdução dos primeiros receptores GPS, os receptores de rastreamento GNSS têm sido modificados profundamente – de placas e componentes de computadores até minúsculos *chips* adequados para a inclusão em telefones celulares e outros dispositivos portáteis. Mesmo assim, a evolução do GNSS está longe do fim. Sem dúvida, a introdução dos novos sinais para GPS e GLONASS e a chegada do GALILEO e, mais recentemente do COMPASS, tem injetado nova vitalidade para os desenvolvedores de produtos GNSS.

Devido ao fato dos sistemas de rastreamento por satélites estarem em pleno desenvolvimento, vários fabricantes de receptores colocaram no mercado equipamentos capazes

de captarem dados dos vários sistemas de posicionamento e navegação. Um exemplo dessa nova geração de receptores de satélites é o recém lançado Sistema GNSS (*GNSS System*) da Leica Geosystems, o ATX1200GG, que segundo o fabricante, além de rastreamos os atuais sistemas GPS e GLONASS e também o sinal GPS L2C (da atualização do sistema GPS), já estão projetados para o futuro sinal GPS L5 (da próxima etapa da atualização do sistema GPS) e para o sistema GALILEO.

2.1.1 O Sistema GPS

De acordo com HOFMANN-WELLENHOF et al. (2001), o GPS foi estabelecido basicamente para proporcionar ao usuário a capacidade de determinar a sua posição, expressa, por exemplo, pela latitude, longitude e altura geométrica ou em função das coordenadas X, Y e Z em relação ao centro de massa da Terra.

O *Navigation Satellite Timing and Ranging* (NAVSTAR) GPS fornece posicionamento e contagem de tempo 24 horas por dia, em qualquer lugar da superfície terrestre, e sob quaisquer condições climáticas. O governo dos EUA opera o GPS, que foi projetado como um sistema de dupla finalidade, com o primeiro propósito de atender as necessidades militares de posicionamento e contagem de tempo. No final da década de 90, entretanto, o número de aplicações civis cresceu significativamente, com possibilidades ainda inatingíveis. Dessa forma, considerando que o GPS é melhor conhecido agora, não apenas pelos *experts*, mas também pelo público em geral, não há necessidade de enfatizar quais aplicações inovadoras serão as próximas ou mesmo tentar listar as suas utilizações atuais (LEICK, 2004).

Segundo MONICO (2000), como o nome sugere, o GPS é um sistema de abrangência global. A concepção do sistema GPS permite que um usuário, em qualquer local da superfície terrestre, ou próximo a ela, tenha à sua disposição, no mínimo, quatro satélites para serem rastreados. Este número de satélites permite, portanto, que qualquer usuário conheça a sua posição autônoma em tempo real, com uma precisão na ordem de 3 a 15 m. Dependendo dos receptores utilizados, o usuário pode ainda melhorar a precisão de sua posição se ele utilizar métodos de posicionamento diferenciais, tanto pós processado como em tempo real.

Em razão da alta precisão proporcionada pelo sistema e do alto grau de desenvolvimento da tecnologia envolvida nos receptores GPS, uma grande comunidade usuária emergiu nas mais variadas aplicações civis (navegação, posicionamento geodésico e topográfico, etc.).

A idéia básica do princípio de navegação consiste da medida simultânea das chamadas pseudodistâncias entre a antena do receptor e quatro satélites. Conhecendo as coordenadas dos satélites num sistema de referência apropriado, é possível calcular as coordenadas da antena do usuário com respeito ao mesmo sistema de referência dos satélites. Do ponto de vista geométrico, somente três medidas de pseudodistâncias seriam suficientes. A quarta medida (tempo) é necessária devido a não sincronização dos relógios dos satélites com o do receptor.

O advento do GPS revolucionou todas as atividades de posicionamento. Em conjunto com os sistemas de comunicação têm-se criado novos conceitos de posicionamento, os chamados sistemas ativos. É difícil enumerar atividades que necessitam de posicionamento que não estejam envolvidas, ou em fase de envolvimento, com o GPS. Portanto, as aplicações do GPS são inúmeras. A seguir estão listadas algumas atividades onde esse sistema tem sido usado extensivamente:

- navegação global e regional;
- estabelecimento de redes geodésicas locais, regionais, continentais e globais (ativas e passivas);
- levantamentos topográficos para fins de mapeamento, apoio fotogramétrico, detecção de deformações;
- nivelamento expedito e de precisão; e
- monitoramento e locação de obras civis, etc.

O sistema GPS sinaliza o início de uma nova fase envolvendo o lançamento da próxima geração de satélites denominada *GPS Block 3*. O primeiro satélite dessa nova geração é o SVN53/PRN17 do Bloco IIR (IIR-M), construído pela Lockheed Martin e lançado em 25 de setembro de 2005. O GPS já opera o novo sinal civil aberto para L2. O terceiro sinal civil, denominado L5 começa a ser disponibilizado com os novos satélites do Bloco IIF que iniciaram os lançamentos em 2007.

A modernização do GPS se torna possível graças aos avanços nas tecnologias utilizadas nos satélites e nos receptores. Os sinais adicionais transmitidos pelos satélites modernizados melhorarão a capacidade antibloqueio, incrementarão a proteção antifraude, diminuirão o tempo

da primeira solução fixa e proverão o sinal de “Segurança de Vida” (L5) como a banda de frequência protegida pelo *Aeronautical Radio Navigation Service* (ARNS). O novo sinal L2C melhorará a estabilidade do sinal e a melhorará a resistência à interferência, permitirá a integração por um longo período de tempo nos receptores, reduzindo ainda os ruídos do rastreamento e melhorando a exatidão, bem como proverá melhor resultado de posicionamento em meio a edificações e áreas arborizadas. A segunda frequência civil eliminará a necessidade do uso de quadratura ineficiente, correlação cruzada, ou outras técnicas patenteadas correntemente utilizadas por civis em conexão com L2. Uma vez concluída a modernização do GPS, espera-se que os receptores de dupla-frequência ou tripla-frequência estejam comumente usados e disponíveis no mercado para os usuários. Ao mesmo tempo, novos códigos militares chamados de *M-codes* serão adicionados para L1 e L2, mas irão ser espectralmente separados dos códigos civis. Não existem planos de códigos militares para o L5 (LEICK, 2004).

É importante ressaltar que o sistema GPS também está sujeito a erros que ocorrem sistematicamente ou não e que podem afetar o resultado do posicionamento. Erros degradam a confiabilidade e acurácia do posicionamento realizado com esse sistema. Dentre esses erros as principais fontes são a refração ionosférica e troposférica, os erros nas órbitas dos satélites e o multicaminho. A ionosfera é um meio dispersivo para a faixa de frequência do GPS, no qual o índice de refração é função da frequência utilizada. Além disso, a ionosfera apresenta variações diárias, sazonais, geográficas e de longo período, o que dificulta sua modelagem. A troposfera é um meio não dispersivo. Usualmente, as componentes úmida e seca expressam a influência da troposfera nas medições. Os erros da ionosfera podem variar de poucos metros a dezenas de metros, enquanto que na troposfera os erros no zênite estão geralmente entre dois e três metros (ALVES et al, 2005).

Ainda segundo ALVES et al, 2005, informações sobre as órbitas dos satélites GPS podem ser obtidas através das efemérides transmitidas pelos satélites ou das efemérides precisas fornecidas pelo International GNSS Service (IGS). A partir das efemérides são calculadas as posições dos satélites, normalmente, injuncionadas como fixas durante o processo de ajustamento dos dados GPS. Assim, erros nas coordenadas dos satélites se propagam para a posição da antena receptora. O multicaminho é o fenômeno pelo qual um sinal chega à antena do receptor por caminhos múltiplos, devido à reflexão. É causado, principalmente, por reflexões do sinal em superfícies próximas a antena receptora, tais como construções, carros, árvores, colinas, etc. Efeitos secundários são causados por reflexões no próprio satélite e durante a propagação do sinal. A magnitude dos erros depende da geometria do cenário que envolve as antenas, os

satélites e os objetos refletoras e da natureza do material reflexivo. O erro causado pelo multicaminho pode degradar a acurácia das coordenadas em alguns centímetros.

2.1.2 O Sistema GLONASS

O sistema GLONASS, ou simplesmente GLONASS, também é baseado numa constelação de satélites que continuamente transmitem os sinais em duas bandas de frequências que podem ser recebidas pelas antenas dos receptores dos usuários. Ele é muito semelhante ao GPS e ambos os sistemas apresentam princípios comuns na transmissão de dados e nos métodos de posicionamento. O interesse por este sistema veio na medida em que os resultados comprovaram que os dois sistemas se complementam (SEGANTINE, 2005).

Desde 1982, ano em que o primeiro satélite GLONASS foi enviado à órbita e que foi iniciada as etapas de testes e implantação do projeto, o projeto GLONASS manteve-se inconstante no quesito operacionalidade do sistema, pois nota-se que o número de satélites ativos diminuiu nos últimos anos, mas o governo russo tem demonstrado interesse em sua recuperação.

Após anos de quase estagnação do projeto GLONASS (a constelação estava apresentando um número inferior de satélites ao idealizado pelo projeto), a partir de 1999 o governo russo anunciou de forma oficial o compromisso e o interesse na revitalização desse sistema de navegação por satélite. O governo russo também está cumprindo uma meta estabelecida para o biênio 2006-2007 de lançamento de oito satélites para recompor o sistema.

Em Junho/2007 o número de satélites do sistema GLONASS em operação chegou a 11, o que é suficiente para prover serviços de localização a aproximadamente metade do território russo. Dos 17 satélites em órbita naquela data, 11 estavam sendo usados para navegação e posicionamento, um estava sendo colocado em operação, quatro estavam temporariamente em manutenção e um estava fora da sua posição orbital. O sistema precisa de 18 satélites para iniciar as operações em todo o território russo, e 24 para operar de forma mundial. Segundo as autoridades russas, o número inédito de 18 satélites será alcançado até o final de 2007, e chegará a 24 até o final de 2011.

Em 26/12/2007 o governo Russo anunciou a conclusão da cobertura total de seu território por sinais de rádio de satélites, com o lançamento recente de 3 satélites do sistema GLONASS.

2.1.3 O Sistema GALILEO

O sistema GALILEO terá características semelhantes e será totalmente compatível com o GPS e GLONASS, adotando frequências das portadoras comuns, porém será totalmente independente. Serão disponibilizados dados padrão a partir de receptores de dupla frequência para operações em tempo-real em diferentes níveis de precisão, integridade e disponibilidade. O segmento espacial do GALILEO consistirá de 30 satélites, sendo 27 operacionais e 3 de reserva, distribuídos em três planos orbitais circulares (MEO – *Medium Earth Orbits*). Esta configuração é conhecida por *Walker constellation 27/3/1* (SEGANTINE, 2005).

O projeto GALILEO teve o seu primeiro satélite de teste enviado ao espaço em dezembro de 2005, O satélite denominado GIOVE A (*GALILEO In-Orbit Validation Element A*), juntamente com o segundo satélite denominado GIOVE B que tem a previsão de lançamento no final de 2009 irão testar as tecnologias fundamentais para a implantação do novo sistema de navegação por satélite europeu. Em 2013 a ESA (*European Space Agency*) prevê que já tenha todos os satélites do sistema GALILEO em pleno funcionamento, se tornando o primeiro sistema de posicionamento por satélites totalmente voltado para uso civil.

Em 28 de dezembro de 2007, completou-se dois anos desde que o **GIOVE-A - o primeiro satélite do GALILEO** - foi lançado por um foguete Soyuz desde Baikonur, no Casaquistão. Este satélite demonstra o progresso que a Europa tem feito no desenvolvimento de seu próprio sistema de navegação. Desde janeiro de 2006, os sinais do Galileo têm sido transmitidos pelo GIOVE-A, e recebidos em todo o mundo. No centro de pesquisa e tecnologia da ESA, na Holanda, um laboratório está conferindo os instrumentos a bordo da espaçonave que geram os sinais, e também os receptores em solo. Estes testes e calibrações permitiram aos especialistas confirmar o sucesso da missão, o que é um bom sinal para o restante do programa.

O próximo passo está perto de ser concretizado, com o **GIOVE-B - o segundo satélite experimental** - que está finalizando os preparativos para o lançamento nas instalações da ESA. O segundo satélite do Galileo vai embarcar o relógio atômico mais preciso que já foi lançado ao espaço, que vai contribuir para a qualidade da performance do sistema Galileo. Após o **GIOVE-B**, a validação em órbita será completada com o lançamento de quatro satélites adicionais - o mínimo requerido para obter a medida de posições com navegação por satélites.

Estes satélites estão atualmente sendo construídos em instalações ao redor da Europa, para lançamento no final de 2009. Para alcançar o status operacional, o Galileo precisa de uma constelação de 30 satélites e uma rede associada de estações em solo espalhadas em todo o globo. Esta fase foi recentemente confirmada com as decisões tomadas pela União Européia, que concordaram no financiamento de 3,4 bilhões de Euros e na proposta de encarregar a ESA pelo desenvolvimento do Galileo até 2013.

Enquanto espera-se pelo Galileo, outros sistemas de posicionamento estão em fase pré-operacional na Europa. EGNOS, o Sistema Europeu Complementar Geoestacionário de Navegação, é uma rede de estações em solo que melhoram os sinais do GPS e os re-transmitem através de satélites geoestacionários. O EGNOS permite a determinação de posições com precisão de dois metros. Originalmente projetado para melhorar a segurança no tráfego aéreo, o EGNOS está acessível para todos, e abre o caminho para o Galileo.

Com estes passos, a Comissão Européia e a ESA estão progressivamente desenvolvendo um sistema civil capaz de oferecer orientação e ajuda em todo o mundo (GICLA, 2007).

2.1.4 O Sistema COMPASS

No início de 2007 a China também anunciou o lançamento de um satélite de navegação que faz parte do seu sistema COMPASS (ou Beidou). A expectativa é que o sistema esteja operacional em toda a China e nos países vizinhos em 2008. O satélite foi colocado em uma órbita de 21.500 quilômetros por um foguete Long March 3-A, que saiu do centro de lançamento de satélites Xichang, no sudoeste da China.

O sistema COMPASS foi projetado para prover o país de serviços de navegação e posicionamento para as áreas de transportes, meteorologia, prospecção de petróleo, monitoramento de incêndios, telecomunicações e segurança pública, entre outras aplicações. Com outros lançamentos previstos para os próximos anos, o sistema vai cobrir a China e os países vizinhos por volta de 2008, e após isso será expandido para uma rede global de navegação e posicionamento. O sistema completo incluirá pelo menos 35 satélites, sendo cinco geoestacionários e 30 de órbita média.

2.1.5 Os Sistemas de Satélites Geoestacionários

Diz-se que um satélite é geoestacionário quando mantém uma posição fixa relativamente à Terra, acompanhando portanto o seu movimento de rotação. Esses satélites deslocam-se numa órbita equatorial a uma altitude de aproximadamente 35780 km (PESTANA, 2006).

Esses sistemas adicionais são também conhecidos como *Space Based Augmentation Systems* (SBAS). Entre alguns dos sistemas de satélites geoestacionários mais conhecidos estão os sistemas:

- americano: *US Wide Area Augmentation System* (WASS);
- europeu: *European Geostationary Navigation Overlay Service* (EGNOS);
- japonês: *MTSAT Space-based Augmentation System* (MSAS); e
- Indiano: *GPS Aided Geo Augmented Navigation* (GAGAN – em fase de testes).

Um SBAS pode ser definido como qualquer sistema que use uma rede de satélites geoestacionários e estações em Terra para melhorar a performance de Sistemas Globais de Navegação por Satélites (GNSS), através do envio de correções dos sinais e da introdução de satélites adicionais aos sistemas, com posição constante (GICLA, 2007).

2.2 Sistemas Geodésicos de Referência

O estabelecimento de um sistema de referência consiste na definição de uma lista de coordenadas de pontos materializados no terreno. Estas informações são denominadas de coordenadas de referência ou inunção do ponto. Nos últimos anos cresceu a necessidade em se definir um sistema de referência que tenha um carácter global para fins de aplicações geodésicas e cartográficas. Neste sentido, vários países partiram para a adoção de um sistema geocêntrico global, como por exemplo, o sistema WGS84 utilizado pelo GPS, (SEGANTINE, 2005).

No Brasil, oficialmente se adotava até recentemente unicamente sistemas de referência locais (ou regionais) para a definição geográfica dos pontos. O próprio SGB até o ano de 2005 coincidia com o Sistema de Referência da América do Sul (SAD69) que não é um sistema geocêntrico e isso implica na necessidade de se conhecer parâmetros de transformação entre este sistema e os sistemas globais.

A partir de 2005 o Brasil passou a adotar oficialmente o sistema de referência geocêntrico SIRGAS2000 conjuntamente com o sistema SAD69 por um período de transição de 10 anos. Após esse período o SIRGAS2000 será o único sistema de referência oficial adotado no país. O sistema convencional usado como referência para o posicionamento de pontos na superfície da Terra ou de objetos em movimento é o CONVENTIONAL TERRESTRIAL REFERENCE SYSTEM (CTRS). O CTRS utiliza um sistema cartesiano convencional, com origem no centro da Terra.

A definição do CTRS é feita por uma rede principal (e global) de estações de rastreamento. O posicionamento de pontos nesse sistema pode ser feito ocupando-se, outros pontos, de localização conhecida em relação à rede principal. Para a implantação da rede principal foram empregadas tecnologias de alta precisão como *Very Long Baseline Interferometry* (VLBI) e *Satellite Laser Range* (SLR), possibilitando a definição do CTRS em várias partes do mundo com incerteza de 10 cm ou menos (King et alii, 1987). Cada uma das realizações é designada por ITRF-yy-*International Terrestrial Reference Frame* (Rede de Referência Terrestre Internacional), onde yy indica os dois últimos algarismos do ano cujos dados foram computados para a realização do ITRF.

O referenciamento de redes geodésicas ou pontos à ITRF é cada vez mais utilizado pelos profissionais que atuam na área de posicionamento. A precisão na posição de um ponto referenciado à ITRF pode ser melhor que 2 cm. Para que uma estação da ITRF seja considerada no ajustamento suas coordenadas devem ter sido determinadas no mínimo por duas técnicas diferentes, tais como VLBI, DORIS, SLR e GPS. Pelo menos 4 estações brasileiras foram consideradas na ITRF: Brasília (DF), Fortaleza (CE) Natal (RN) e Cachoeira Paulista (SP).

Uma estação ITRF é caracterizada pelas coordenadas X, Y, Z (geocêntricas) com as respectivas velocidades, para uma época t . Diversos efeitos temporais são utilizados para o cálculo das coordenadas para certa época, tais como carga dos oceanos, carga da atmosfera, deslocamento devido à maré terrestre e movimento de placas tectônicas.

A versão atual do ITRF é o ITRF2000. Para realizar uma transformação entre sistemas de coordenadas locais para o atual WGS84(G1150) deve-se utilizar os parâmetros de transformação para o SIRGAS2000, pois atualmente o sistema SIRGAS2000 e WGS84 (G1150) são compatíveis ao nível de centímetro, se aproximando do ITRF2000.

2.3 Redes Geodésicas de Referência

2.3.1 Conceitos

Segundo o IBGE (2004), uma Rede Geodésica de Referência é constituída pelo conjunto de estações cujas coordenadas são determinadas através de métodos clássicos (triangulação, trilateração, astronomia etc.) e por tecnologia GPS, com a finalidade de disponibilizar uma estrutura geodésica precisa. Estas estações com rastreamento através de equipamentos GPS geodésicos e com processamento científico são monumentadas por marcos de concreto seguindo prescrições técnicas especiais.

O desenvolvimento do Sistema Geodésico Brasileiro - SGB, composto pelas redes altimétrica, planimétrica e gravimétrica pode ser dividido em duas fases distintas: uma anterior e outra posterior ao advento da tecnologia de observação de satélites artificiais com fins de posicionamento.

O SGB é definido a partir do conjunto de pontos geodésicos implantados na porção da superfície terrestre, determinados por procedimentos operacionais e coordenadas calculadas, segundo métodos geodésicos de precisão compatíveis com as finalidades a que se destinam. Este sistema é constituído por marcos de coordenadas conhecidas, determinadas com base em parâmetros estabelecidos pelo IBGE e que constituem o Banco de Dados Geodésicos daquela instituição. Até Novembro de 2007 o Sistema Geodésico Brasileiro estava constituído pelas seguintes redes denominadas passivas:

- Rede Clássica: rede de marcos geodésicos cujas coordenadas foram determinados por métodos de levantamentos geodésicos convencionais e conseqüentemente considerada de baixa precisão para os padrões atuais. A utilização dos pontos desta rede, por exemplo, não é admitida pelo INCRA para fins de georreferenciamento (Normas Técnicas para Georreferenciamento de Imóveis Rurais), por não permitir o atendimento à precisão exigida, tampouco seria também indicada para servir de apoio para o adensamento das redes de referências cadastrais municipais.
- Rede Nacional GPS: rede de marcos da rede clássica cujas coordenadas foram determinadas a partir de métodos de posicionamento por GPS. Atende à precisão exigida e sua utilização é adequada para o georreferenciamento.

- **Redes Estaduais de Alta Precisão:** redes estabelecidas pelos Estados, de acordo com os padrões estabelecidos pelo IBGE e por ele homologadas (vide exemplos na figura 2.1). Até dezembro de 2006 foram estabelecidas 13 redes GPS estaduais (abrangendo 18 estados): São Paulo, Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Santa Catarina, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Acre e a rede Nordeste. A rede Nordeste foi um caso a parte, pois foi estabelecida em uma única campanha de medição contemplando os estados de Alagoas, Sergipe, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. A localização de cada marco é previamente escolhida juntamente com representantes de instituições federais, estaduais e municipais de forma a zelar pela integridade física do marco, isto é, evitar choques que possam interferir nas coordenadas do mesmo ou até mesmo a sua destruição.

Redes Estaduais GPS

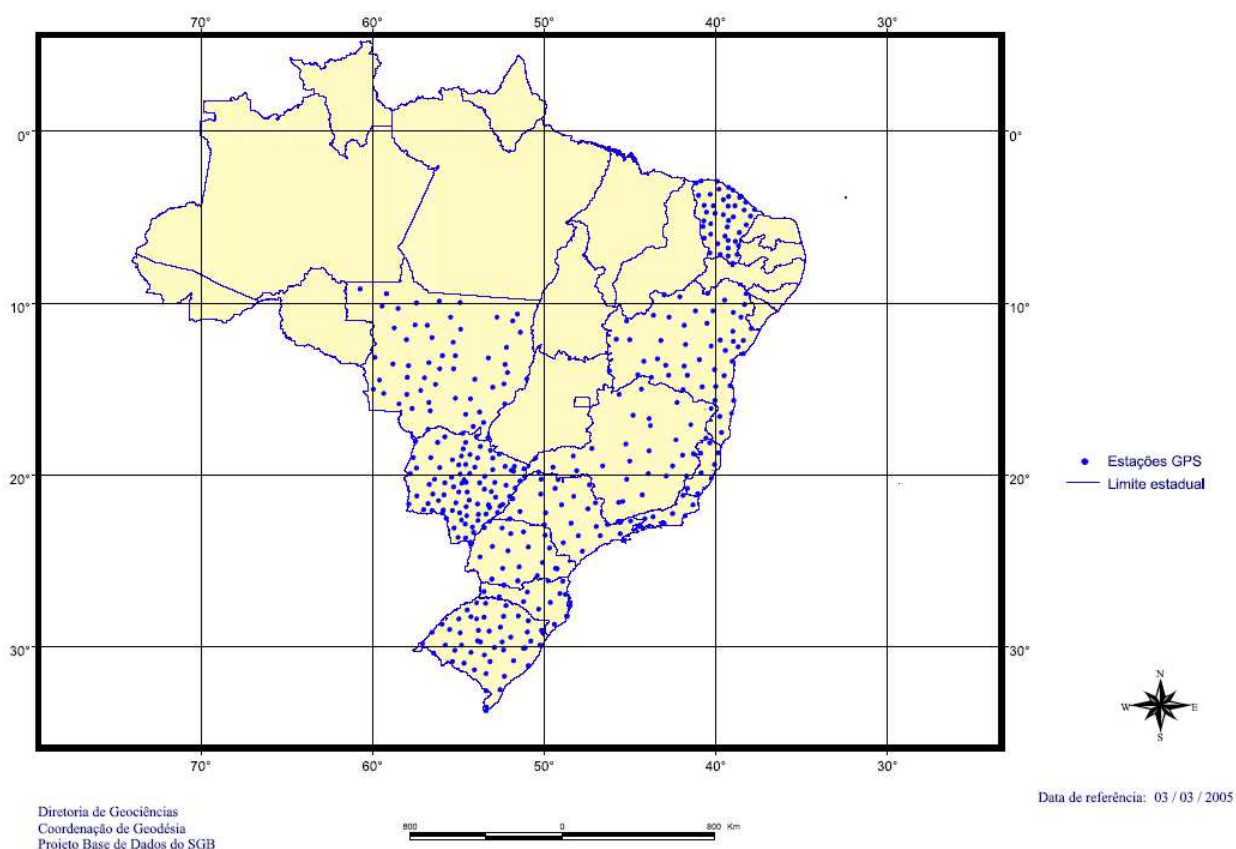


Figura 2.1 – Cartograma das Bases Estaduais GPS

Fonte: IBGE (2007)

2.3.2 Aplicações

Para que uma região seja mapeada, e para várias outras aplicações em engenharia, existe a necessidade de definir, estabelecer e manter um sistema de referência geodésico. A materialização - ou fixação no espaço - de um sistema cartesiano tridimensional pode ser feita utilizando, em princípio, três pontos. No entanto, para tornar os sistemas úteis, práticos e confiáveis, necessita-se de um conjunto maior de pontos devidamente materializados no campo, com densidade e espaçamento conveniente e com suas coordenadas determinadas com precisão. Este conjunto de pontos é denominado *rede geodésica*. A seguir descrevem-se algumas aplicações e características das utilizações de uma Rede de Referência Cadastral Municipal:

- os limites das propriedades deverão ser definidos de forma singular, localizados na superfície terrestre com precisão compatível com o grau de desenvolvimento da região;
- apresentar continuidade universal de representação cartográfica superficial;
- servir de base para restauração de limites de propriedades; e
- dotar a carta cadastral de uma aplicação multifundiária, podendo ser utilizada para diversas finalidades.

2.4 Redes geodésicas apoiadas com a tecnologia GNSS (Redes Ativas)

Em fins da década de 1980, o IBGE, através de seu Departamento de Geodésia, criou o projeto GPS com o intuito de estabelecer metodologias que possibilitassem o uso pleno da tecnologia do Sistema NAVSTAR/GPS, que se apresentava como uma evolução dos métodos de posicionamento geodésico até então utilizados, mostrando-se amplamente superior nos quesitos rapidez e economia de recursos humanos e financeiros.

2.4.1 Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC)

O Sistema Geodésico Brasileiro compreende atualmente também uma Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) que disponibiliza estações GPS em operação contínua. Esse sistema de monitoramento também é conhecido como “Sistema Ativo”. Deste modo, o usuário obtém precisão relativa com apenas um receptor GPS com a utilização dos dados coletados pelo Sistema Ativo. A RBMC até Nov./2007 estava constituída por 37 estações GPS, fixas e de operação contínua, já desconsiderando as estações que foram desativadas ou substituídas (vide

Figura 2.2 e Tabela 1), sendo, portanto, uma estrutura de suporte para a utilização da tecnologia GPS no Brasil. É também o elo com os sistemas de referência adotados globalmente. Em decorrência da permanente coleta de observações, ela permite o cálculo contínuo das coordenadas das estações constituintes, monitorando, deste modo, as deformações da crosta terrestre. Conseqüentemente, permite quantificar a variação temporal das coordenadas do SGB, proporcionando assim um referencial constantemente atualizado aos usuários, caracterizando-a como a estrutura ativa do SGB. Além disso, estudos sobre o teor do vapor d'água na atmosfera podem ser conduzidos, em suporte ao que se denomina hoje de meteorologia por GPS (IBGE, 2004).

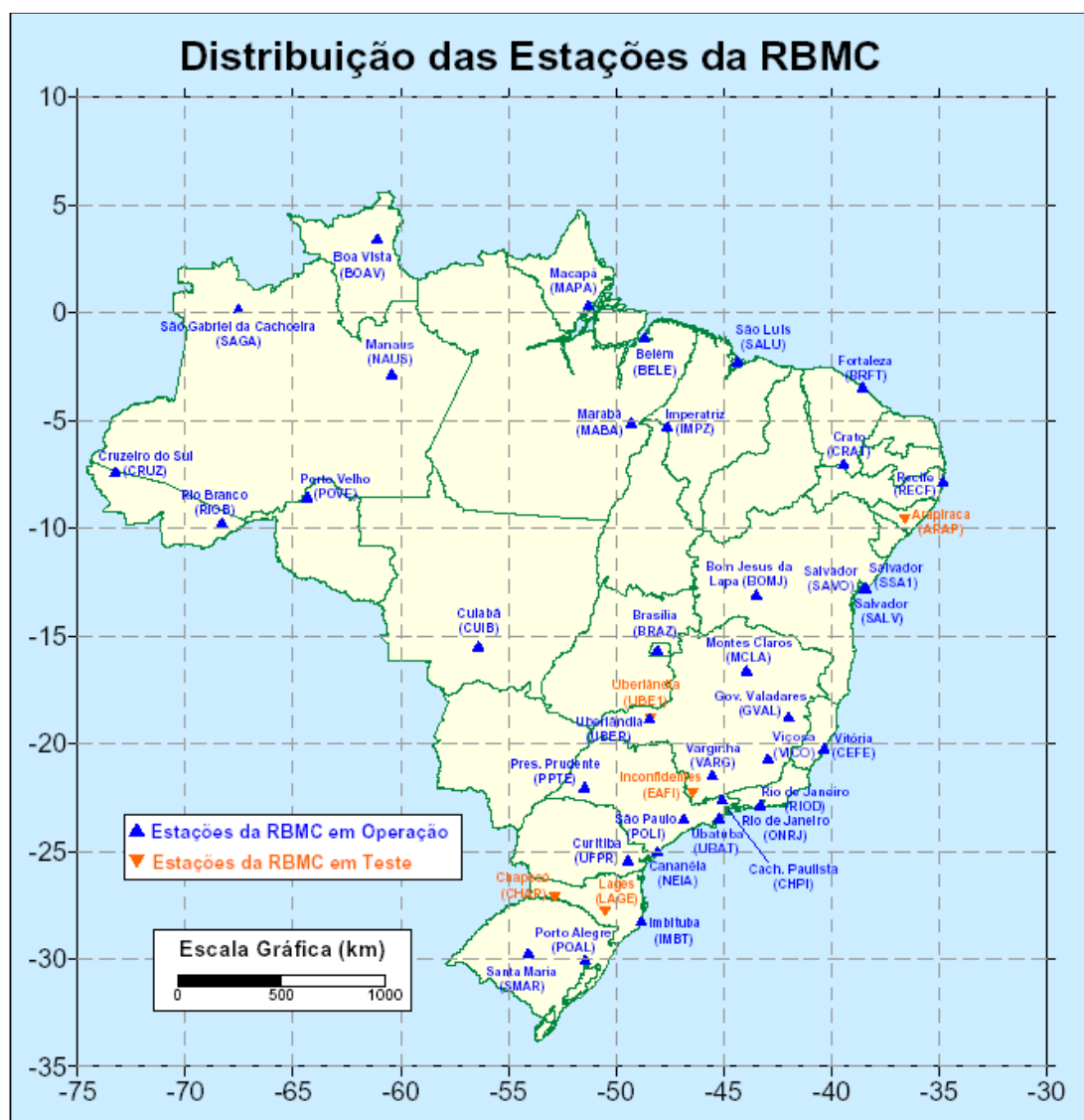


Figura 2.2 – Cartograma das Estações da RBMC

Fonte: IBGE (2007)

Tabela 2.1 - Estações da RBMC
Fonte: IBGE (2007)

| Cidade | UF | Sigla | Código SAT | Lat. | Long. |
|--------------------------|----|----------|------------|----------|----------|
| Belém | PA | BELE | 93620 | -01° 24' | -48° 27' |
| Boa Vista | RR | BOAV | 93910 | 02° 50' | -60° 42' |
| Bom Jesus da Lapa | BA | BOMJ | 93030 | -13° 15' | -43° 25' |
| Brasília | DF | BRAZ | 91200 | -15° 56' | -47° 52' |
| Cachoeira Paulista | SP | CHPI | 93920 | -22° 41' | -44° 59' |
| Cananéia | SP | NEIA | 91716 | -25° 01' | -47° 55' |
| Crato | CE | CRAT | 92300 | -07° 14' | -39° 24' |
| Cruzeiro do Sul | AC | CRUZ | 93912 | -07° 36' | -72° 40' |
| Cuiabá | MT | CUIB | 92583 | -15° 33' | -56° 04' |
| Curitiba | PR | PARA * | 91105 | -25° 26' | -49° 13' |
| Curitiba UFPR | PR | UFPR | 93970 | -25° 26' | -49° 13' |
| Fortaleza | CE | BRFT | 93793 | -03° 52' | -38° 25' |
| Fortaleza | CE | FORT * | 92009 | -03° 52' | -38° 25' |
| Gov. Valadares | MG | GVAL | 91932 | -18° 51' | -41° 57' |
| Imbituba | SC | IMBT | 94024 | -28° 14' | -48° 39' |
| Imperatriz | MA | IMPZ | 92165 | -05° 29' | -47° 29' |
| Macapá | AP | MAPA | 93630 | 00° 03' | -51° 06' |
| Manaus | AM | MANA * | 91300 | -03° 07' | -60° 03' |
| Manaus | AM | NAUS | 93770 | -03° 01' | -60° 03' |
| Marabá | PA | MABA | 93914 | -05° 21' | -49° 07' |
| Montes Claros | MG | MCLA | 91929 | -16° 43' | -43° 52' |
| Porto Alegre | RS | POAL | 91850 | -30° 04' | -51° 07' |
| Porto Velho | RO | POVE | 93780 | -08° 42' | -63° 53' |
| Pres. Prudente | SP | UEPP *** | 91559 | -22° 07' | -51° 24' |
| Pres. Prudente | SP | POTE | 93900 | -22° 07' | -51° 24' |
| Recife | PE | RECF | 93110 | -08° 03' | -34° 57' |
| Rio Branco | AC | RIOB | 93911 | -09° 57' | -67° 48' |
| Rio de Janeiro | RJ | RIOD | 91720 | -22° 49' | -43° 18' |
| Rio de Janeiro | RJ | ONRJ | 93921 | -22° 54' | -43° 13' |
| Salvador | BA | SALV | 93111 | -13° 00' | -38° 30' |
| Salvador INCRA | BA | SAVO | 93235 | -12° 56' | -38° 25' |
| Salvador Capitania | BA | SSA1 | 93236 | -12° 58' | -38° 30' |
| Santa Maria | RS | SMAR | 92013 | -29° 43' | -53° 42' |
| São Gabriel da Cachoeira | AM | SAGA | 93913 | -00° 08' | -67° 03' |
| São Luís | MA | SALU | 93950 | -02° 35' | -44° 12' |
| São Paulo | SP | POLI | 93800 | -23° 33' | -46° 43' |
| Ubatuba | SP | UBAT | 91902 | -23° 33' | -45° 07' |
| Uberlândia | MG | UBER | 91909 | -18° 53' | -48° 19' |
| Varginha | MG | VARG | 91930 | -21° 32' | -45° 26' |
| Viçosa | SP | VICO | 91696 | -20° 45' | -42° 52' |
| Vitória | ES | CEFE | 93960 | -20° 18' | -40° 19' |

* Desativada

** Substituída

*** Tabela para localização aproximada, pois disponibiliza as latitudes e longitudes apenas em graus e minutos. Lembrando que 1" equivale a aproximadamente 30 m de diferença no deslocamento, então, para uma localização mais precisa deve-se utilizar a Tabela 2.2 ou as monografias oficiais das estações contidas no Banco de Dados do IBGE.

Dependendo da necessidade do usuário, com apenas um receptor GPS de dupla frequência utilizando-se a RBMC, pode-se executar medições de pontos GPS com uma linha de base de até 500 km. Os dados dos receptores GPS da RBMC são gerenciados pelo IBGE em parcerias com Universidades e Órgãos Públicos e disponibilizados *on-line* via Internet.

A operação das estações da RBMC é totalmente automatizada. As observações são organizadas, ainda na memória do receptor, em arquivos diários, correspondendo a sessões iniciando às 00h 01min e encerrando às 24h 00min (tempo universal), com intervalo de rastreamento de 15 seg. Depois do encerramento de uma sessão, os arquivos com as respectivas observações são transferidos do receptor para o micro-computador da estação. Em seguida, são criados novos arquivos em formato padrão RINEX2, a partir dos quais é realizado um controle de qualidade das observações. Encerrando o processo, os arquivos de dados são compactados, como preparação para a transferência para o Centro de Controle da RBMC – Kátia Duarte Pereira, na Coordenação de Geodésia (Rio de Janeiro), realizada automaticamente, através de linha telefônica ou Internet. Assim, a operação automática permite que as observações referentes a uma data qualquer estejam disponíveis para fornecimento no dia seguinte. No entanto, algumas vezes o processo não é executado de modo completo, principalmente devido a problemas nas linhas de comunicação. Nesses casos o processo é concluído manualmente, a partir do Centro de Controle, que a qualquer instante pode atuar remotamente sobre o receptor e o micro-computador das estações (IBGE, 2007).

A RBMC é extremamente vantajosa para aqueles que fazem uso da técnica de posicionamento relativo pós-processado e necessitam ocupar simultaneamente uma estação com coordenadas conhecidas para o desenvolvimento dos levantamentos, sejam eles geodésicos ou topográficos (FORTES, 1977). Essa rede oferece o serviço de estação base (referência), garantindo aos usuários alto nível de precisão nas suas coordenadas, maior produtividade nos levantamentos, o que leva a custos menores, e um período mais curto de observação (dependendo da distância à estação RBMC mais próxima do usuário), considerando a possibilidade de se usar mais de uma estação da RBMC como base, aumentando a rigidez da determinação (IBGE, 1999).

Essas condições pertencem a uma concepção moderna, a qual integra os mais recentes desenvolvimentos na área de posicionamento. Usuários dispostos de um receptor de dupla frequência poderão posicionar um vértice com razoável precisão em qualquer parte do território nacional, sem a necessidade de ocupar qualquer estação do SGB. Esta tarefa, em razão das

grandes distâncias que podem estar envolvidas, poderá demandar tempo considerável se atentarmos para os métodos de posicionamento disponíveis atualmente (métodos rápidos). No entanto, dispender de 1 a 5 horas para medir uma base de 500 km pode ser considerado econômico, ainda mais se um outro receptor (de uma frequência, por exemplo) puder ser usado simultaneamente para levantar os demais pontos de interesse na área, usando, neste caso, as técnicas de posicionamento rápido e o primeiro receptor como base.

As coordenadas das estações da RBMC são outro componente importante na composição dos resultados finais dos levantamentos a ela referenciados. Nesse aspecto, a grande vantagem da RBMC é que todas as suas estações fazem parte da Rede de Referência SIRGAS, cujas coordenadas finais têm precisão da ordem de ± 5 mm, configurando-se como uma das redes mais precisas do mundo. Outra característica importante da RBMC é que suas observações vêm contribuindo, desde 1997, para a densificação regional da rede do IGS (*International GNSS Service*), garantindo uma maior precisão dos produtos do IGS – tais como órbitas precisas – sobre o território brasileiro (IBGE, 2004).

2.4.2 Rede INCRA de Bases Comunitárias do GNSS (RIBaC)

O Incra possui sua própria rede de monitoramento contínuo. A Rede INCRA de Bases Comunitárias do GNSS – RIBaC é um conjunto de estações ativas de referência do GNSS, implantadas em diversos pontos do território brasileiro e tem o propósito de auxiliar a execução dos serviços de georreferenciamento, fornecendo correções relativa e diferencial das observações coletadas pelos receptores dos sinais do GNSS, em qualquer dia, a qualquer hora, permitindo que correções pós-processadas sejam efetuadas, por qualquer usuário, sem ter que se deslocar para o ponto de referência escolhido (INCRA, 2007).

As estações estão localizadas em unidades próprias do INCRA e em Universidades Federais ou Estaduais, além de sedes de Órgãos e Empresas Públicas e Privadas, mediante acordos específicos. Projetada inicialmente para funcionar com 80 estações, 17 delas já se encontram em operação plena (Nov./2007), homologadas pelo IBGE, órgão gestor do Sistema Geodésico Brasileiro, e outras 17, que se encontram instaladas, serão incorporadas à rede nos próximos dias. Ao final da instalação de todas as 80 estações, a distância média entre as mesmas será de 250 km. Nas figuras 2.3 até 2.7 serão apresentadas as Bases Comunitárias da RIBaC separadas por regiões do Brasil.

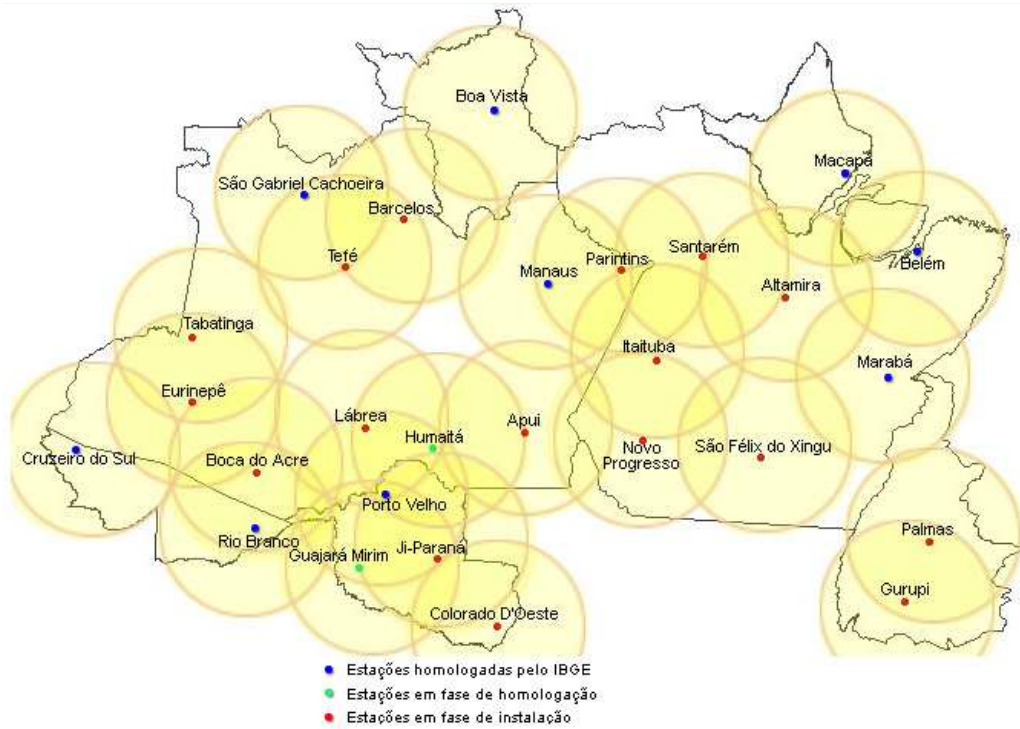


Figura 2.3 - Rede INRA de Bases Comunitárias – RIBaC – Região Norte

Fonte: INRA (2007)

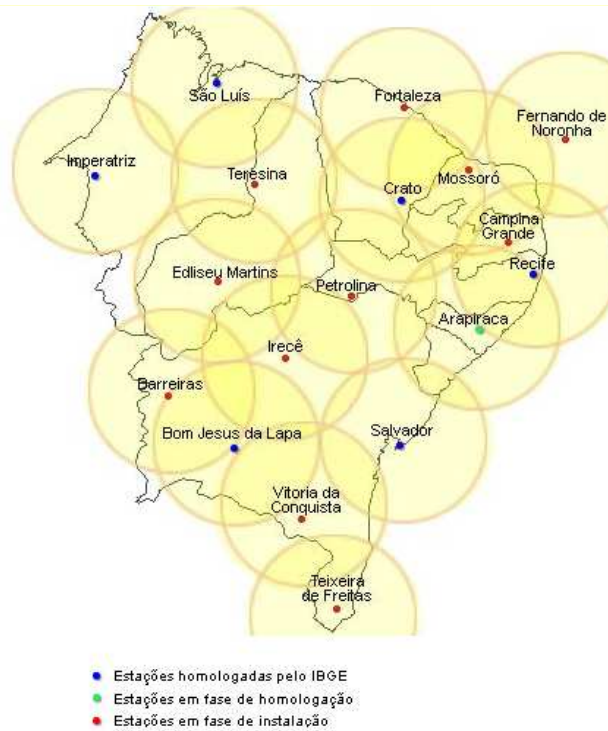


Figura 2.4 - Rede INRA de Bases Comunitárias – RIBaC – Região Nordeste

Fonte: INRA (2007)

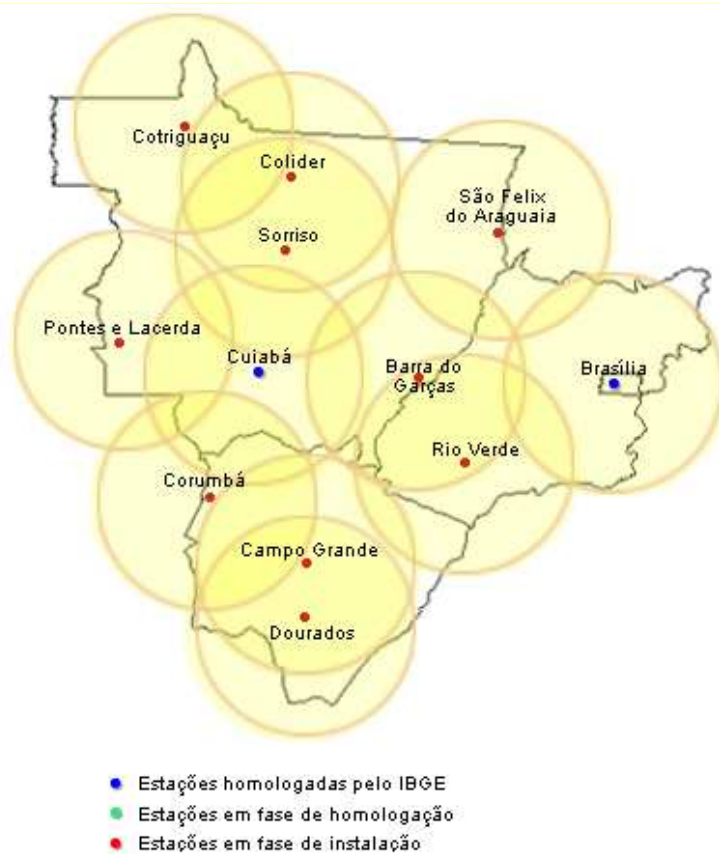


Figura 2.5 - Rede INCR de Bases Comunitárias – RIBaC – Região Centro-Oeste
Fonte: INCR (2007)



Figura 2.6 - Rede INCR de Bases Comunitárias – RIBaC – Região Sudeste
Fonte: INCR (2007)

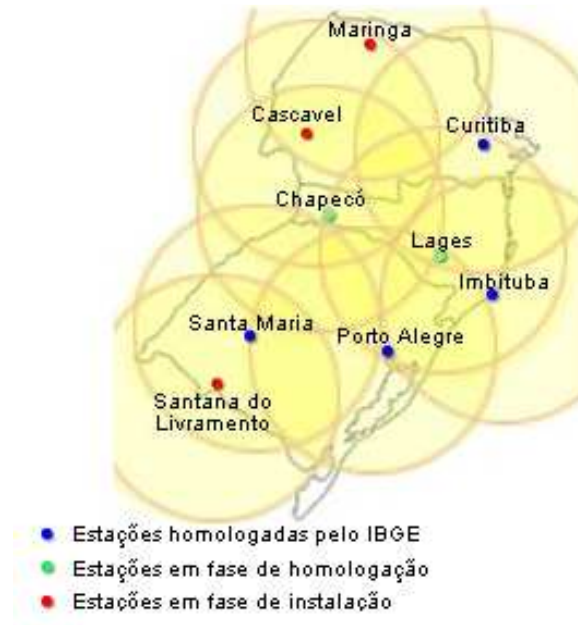


Figura 2.7 - Rede INCRA de Bases Comunitárias – RIBaC – Região Sul

Fonte: INCRA (2007)

A RIBaC é constituída por receptores próprios do INCRA, de dupla frequência (L1/L2), que acessam observações do GPS (15 estações), incluindo as observáveis L2C e L5 e GLONASS (65 estações). As observáveis do GPS/GLONASS são acumuladas discretamente (a cada segundo) por cada uma das estações de referência e são publicadas a cada hora plena, pelo servidor da RIBaC, com taxa de gravação de 5 segundos. Cada arquivo publicado, após a compactação (.zip), ocupa, em média, um espaço de 260 KB e são disponibilizados no formato RINEX. O acesso aos dados é efetuado exclusivamente pela internet, sem nenhum custo ou restrição, 24 horas por dia, através da página do INCRA.

2.4.3 Rede GPS Ativa do Oeste do Estado de São Paulo (REDE-GNSS-SP)

Segundo informações contidas na página do site da FCT (Faculdade de Ciências e Tecnologia) da UNESP – Campus de Presidente Prudente (2007), com o intuito de aumentar o número de estações GPS ativa no estado de São Paulo, os projetos multi-usuário e de auxílio à pesquisa, conduzidos pela FCT/UNESP e financiados pela FAPESP (Fundação de Amparo a Pesquisa no Estado de São Paulo), vieram contribuir neste sentido. Foram disponibilizadas inicialmente mais cinco estações ativas e criou-se a Rede GPS Ativa do Oeste do Estado de São Paulo.

Esta rede tem como seu ponto central a implantação da rede GPS ativa no Estado visando proporcionar a infra-estrutura necessária para o desenvolvimento de pesquisa e aplicações dentro do contexto de posicionamento geodésico. Prevê-se um total de 7 estações de referência na região do Oeste do Estado de São Paulo, sendo que 6 dessas estações já estão em funcionamento ([PPTE](#), [ILHA](#), [LINS](#), [RIOP](#), [OURI](#) e [ROSA](#)) e disponibilizando dados em tempo real na Internet, utilizando o protocolo [NTRIP](#) (*Networked Transport of RTCM via Internet Protocol*), vide disposição das estações na Figura 2.8. Para o monitoramento dessa rede conta-se com dois softwares comerciais (Leica - Spider e Trimble - GPSNet). Esses softwares são capazes de monitorar, em tempo real, deformações que ocorram nas regiões das estações. Os receptores das estações são de dupla frequência e possuem tecnologia que possibilita a sua conexão direta à Internet, e os dados coletados são enviados diretamente a um computador central, responsável pelo gerenciamento e armazenamento dos dados, bem como sua conversão para o formato RINEX e Hatanaka, o qual é de uso geral. Além disso, foram desenvolvidas rotinas auxiliares para disponibilizar os dados compactados a cada hora (taxa de coleta de 1 segundo) e por dia (taxa de coleta de 15 segundos), automaticamente na Internet. Essa rede apresenta uma boa configuração para realização de vários experimentos na região oeste do estado, e em breve estará disponibilizando dados de forma automatizada para a comunidade em geral para a realização de levantamentos utilizando o posicionamento relativo.

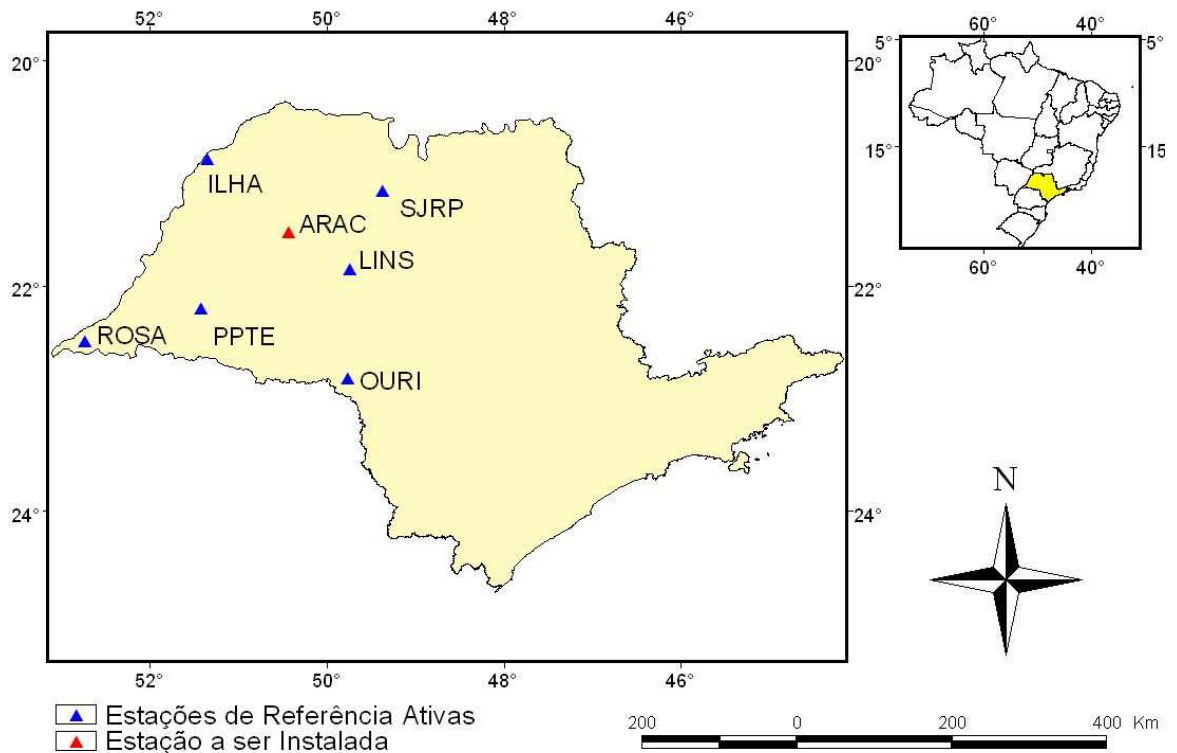


Figura 2.8 - Rede GPS Ativa do Estado de São Paulo

Fonte: FCT-UNESP (2008)

A implantação da Rede GPS Ativa do Oeste do Estado de São Paulo (REDE-GNSS-SP) contribuirá com a infra-estrutura necessária para o desenvolvimento de pesquisas e aplicações dentro do contexto de posicionamento geodésico e abrindo perspectivas para aplicações na Meteorologia e estudos da Ionosfera. Os usuários terão a sua disposição dados GPS para realizar suas tarefas, tais como: pesquisas de monitoramento das velocidades das placas, Georreferenciamento de Imóveis Rurais, Levantamentos Cadastrais, Levantamentos topográficas etc.

Rede Ativa do Estado de São Paulo

Estação LINS - LINS

Estação OURI - Ourinhos

Estação ROSA - Rosana

Estação SJRP - São José do Rio Preto

Estação PPTE - Presidente Prudente

Estação ILHA - Ilha Solteira

| « Fevereiro-2008 » | | | | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Domingo | Segunda | Terça | Quarta | Quinta | Sexta | Sábado |
| <input type="checkbox"/> 27 | <input type="checkbox"/> 28 | <input type="checkbox"/> 29 | <input type="checkbox"/> 30 | <input type="checkbox"/> 31 | <input type="checkbox"/> 01 | <input type="checkbox"/> 02 |
| <input type="checkbox"/> 03 | <input type="checkbox"/> 04 | <input type="checkbox"/> 05 | <input type="checkbox"/> 06 | <input type="checkbox"/> 07 | <input type="checkbox"/> 08 | <input type="checkbox"/> 09 |
| <input type="checkbox"/> 10 | <input type="checkbox"/> 11 | <input type="checkbox"/> 12 | <input type="checkbox"/> 13 | <input type="checkbox"/> 14 | <input type="checkbox"/> 15 | <input type="checkbox"/> 16 |
| <input type="checkbox"/> 17 | <input type="checkbox"/> 18 | <input type="checkbox"/> 19 | <input type="checkbox"/> 20 | <input type="checkbox"/> 21 | <input type="checkbox"/> 22 | <input type="checkbox"/> 23 |
| <input type="checkbox"/> 24 | <input type="checkbox"/> 25 | <input type="checkbox"/> 26 | <input type="checkbox"/> 27 | <input type="checkbox"/> 28 | <input type="checkbox"/> 29 | <input type="checkbox"/> 01 |

Qual taxa de coleta?

1 segundo 15 segundos

A Rede GNSS Ativa do Estado de São Paulo é um projeto financiado pela FAPESP (Fundação de Amparo a Pesquisa no Estado de São Paulo - Processo 04/03384-5) e seu ponto central é a implantação da rede GNSS ativa no Estado visando proporcionar a infra-estrutura necessária para o desenvolvimento de pesquisas e aplicações dentro do contexto de posicionamento geodésico. Ainda em fase de teste, a rede conta com 6 estações já definitivas (PPTE, OURI, ILHA, ROSA, LINS e RIOP). Os dados da rede serão disponibilizados compactados (Z) em formato HATANAKA com taxa de coleta de 1 segundo a cada hora e 15 segundos arquivos diários. Para converter arquivos HATANAKA para RINEX pode-se utilizar o software [CRX2RNX](#).

Os dados disponíveis até momento não são oficiais e as coordenadas ainda não foram homologadas junto ao IBGE.

Figura 2.9 - REDE-GNSS-SP - Página para *download* de dados

Fonte: FCT-UNESP (2007)

2.4.4 Rede GPS Continental Sul Americana (baseada no SIRGAS)

Segundo MARINI (2002) o SAD69 é um referencial geodésico estabelecido a partir de métodos clássicos de levantamento da década de 1960. Tem a finalidade de servir a todos os

países da América do Sul, sendo assim, foi concebido de forma que o elipsóide de referência fosse definido e orientado o mais próximo possível do geóide. Estudos gravimétricos foram realizados para escolher o ponto de origem de referência continental em área de pouca perturbação. Foi escolhido o vértice Chuá, no município de Uberaba (MG). Atualmente, as estruturas geodésicas e a grande maioria do apoio cartográfico são estabelecidas por levantamentos realizados com o GPS, por serem mais precisas e mais eficientes do que aquelas utilizadas na antiga materialização do SAD69. Conseqüentemente, surge uma dificuldade na compatibilização da documentação existente e dos levantamentos realizados com o GPS. Buscando uma solução para este problema, o IBGE realizou o ajustamento e conexão da Rede Planimétrica do Sistema Geodésico Brasileiro - SGB ao SIRGAS.

Um exemplo prático de integração ao SIRGAS2000 é proporcionado através de posicionamento GPS a partir das estações da RBMC (vide Coordenadas Finais do Projeto SIRGAS2000 na Tabela 2.2). Ao mesmo tempo estão sendo explorados procedimentos de transformação entre sistemas, visando, desta forma, uma melhor compatibilização entre o SAD69 e SIRGAS2000. No Brasil, as diferenças encontradas entre SAD69 e SIRGAS2000, devido à mudança da forma do elipsóide e de sua posição espacial, são em média da ordem de 65 metros (IBGE, 2004).

O Projeto para a implantação do Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul – SIRGAS foi iniciado na Conferência Internacional para a definição de um *Datum* Geocêntrico para a América do Sul, em 1993, em Assunção no Paraguai. Foram adotadas então, as seguintes definições para o sistema de referência e o datum geocêntrico para o continente:

- como sistema de referência SIRGAS: *International Earth Rotation Service (IERS) Terrestrial Reference Frame (ITRF)*;
- *datum* Geocêntrico: eixos coordenados baseados no sistema de referência SIRGAS e parâmetros do elipsóide *Geodetic Reference System (GRS)* de 1980. (LAROCCA, 2000)

A Figura 2.10 apresenta a Rede de Estações do SIRGAS e do IGS para as Américas.

Tabela 2.2 – Coordenadas Finais – Projeto SIRGAS2000 - Brasil
Fonte: IBGE (2006)

Coordenadas finais SIRGAS2000 (ITRF2000, época de referência 2000,4), transformadas a GRS80.

| Estação | Latitude [° ' "] | sigma ["] | Longitude [° ' "] | sigma ["] | Altitude Elip. [m] | sigma [m] |
|---------------|-------------------|-----------|--------------------|-----------|-----------------------|-----------|
| BRASIL | | | | | | |
| BOMJ | S13 15 20,0103 | 0,0001 | W043 25 18,2488 | 0,0001 | 419,401 | 0,002 |
| BRAZ | S15 56 50,9112 | 0,0001 | W047 52 40,3283 | 0,0001 | 1106,020 | 0,001 |
| CAC1 | S22 41 14,5337 | 0,0001 | W044 59 08,8606 | 0,0001 | 615,983 | 0,002 |
| CANA | S25 01 12,8597 | 0,0001 | W047 55 29,8847 | 0,0001 | 3,688 | 0,002 |
| CORU | S19 00 01,0131 | 0,0001 | W057 37 46,6130 | 0,0001 | 156,591 | 0,002 |
| CRAT | S07 14 16,8673 | 0,0001 | W039 24 56,1798 | 0,0001 | 438,051 | 0,002 |
| CUIB | S15 33 18,9468 | 0,0001 | W056 04 11,5196 | 0,0001 | 237,444 | 0,002 |
| FOR1 | S03 43 34,3800 | 0,0001 | W038 28 28,6040 | 0,0001 | 48,419 | 0,002 |
| FORT | S03 52 38,8046 | 0,0001 | W038 25 32,2051 | 0,0001 | 19,451 | 0,004 |
| IMBI | S28 14 11,8080 | 0,0001 | W048 39 21,8825 | 0,0001 | 11,850 | 0,002 |
| IMPZ | S05 29 30,3584 | 0,0001 | W047 29 50,0445 | 0,0001 | 105,008 | 0,002 |
| MANU | S03 06 58,1415 | 0,0001 | W060 03 21,7105 | 0,0001 | 40,160 | 0,002 |
| MCAE | S22 22 10,3989 | 0,0001 | W041 47 04,2080 | 0,0001 | 0,056 | 0,002 |
| PARA | S25 26 54,1269 | 0,0001 | W049 13 51,4373 | 0,0001 | 925,765 | 0,002 |
| POAL | S30 04 26,5528 | 0,0001 | W051 07 11,1532 | 0,0001 | 76,745 | 0,002 |
| PSAN | S00 03 26,4338 | 0,0001 | W051 10 50,3285 | 0,0001 | -15,506 | 0,002 |
| RECF | S08 03 03,4697 | 0,0001 | W034 57 05,4591 | 0,0001 | 20,180 | 0,002 |
| RIOD | S22 49 04,2399 | 0,0001 | W043 18 22,5958 | 0,0001 | 8,630 | 0,002 |
| SALV | S13 00 31,2116 | 0,0001 | W038 30 44,4928 | 0,0001 | 35,756 | 0,002 |
| UEPP | S22 07 11,6571 | 0,0001 | W051 24 30,7223 | 0,0001 | 430,950 | 0,002 |
| VICO | S20 45 41,4020 | 0,0001 | W042 52 11,9622 | 0,0001 | 665,955 | 0,002 |

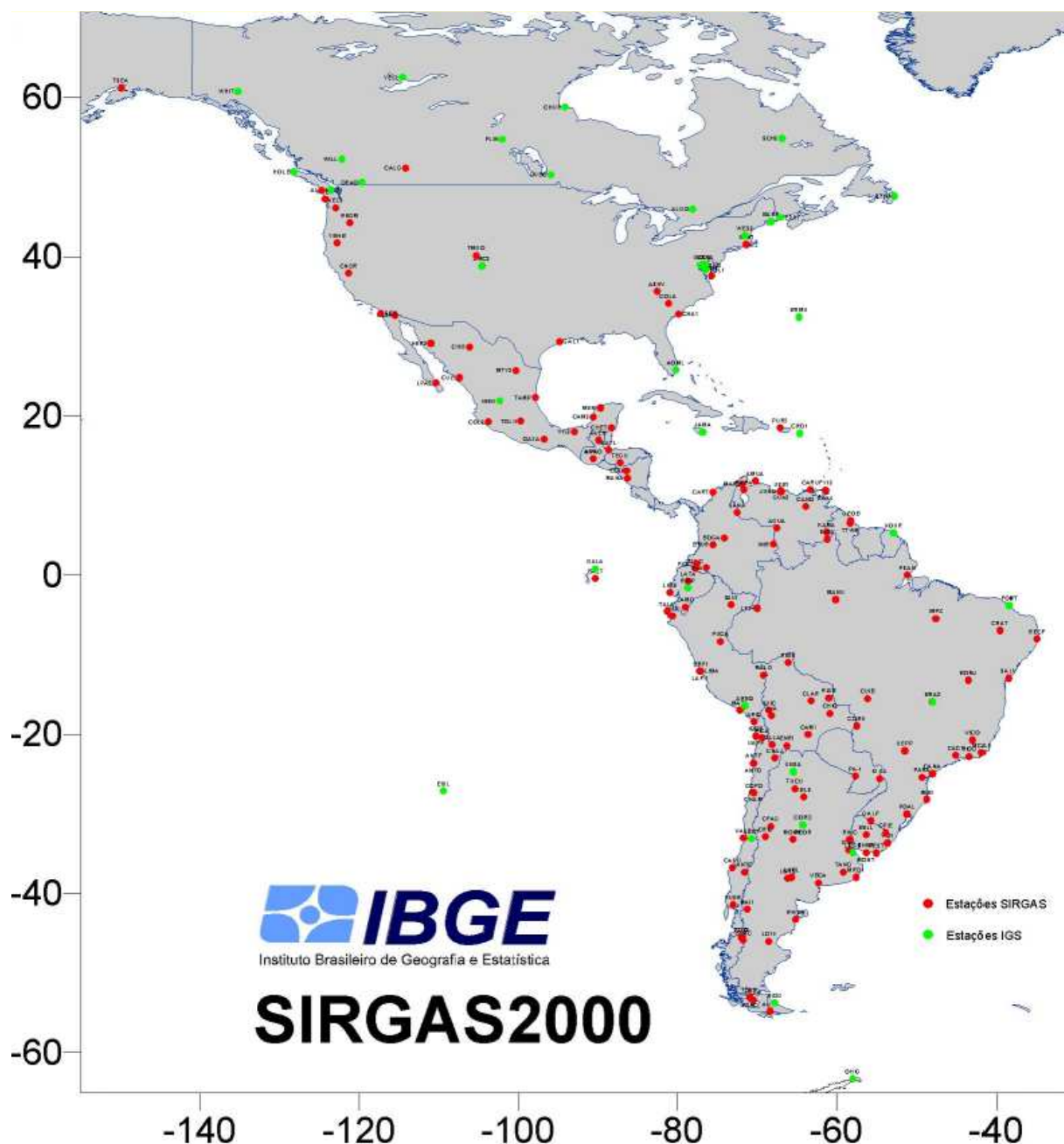


Figura 2.10 - Rede de Estações SIRGAS e IGS

Fonte: IBGE (2006)

2.4.5 Rede GPS Global (do International GNSS Service - IGS)

O *International GNSS Service* (IGS) é um serviço internacional permanente estabelecido em 1990 pelo *International Association of Geodesy* (IAG). Os objetivos principais do IGS são (MUELLER, 1993):

- prover a comunidade científica com órbitas dos satélites GFIS altamente precisas;
- prover parâmetros de rotação da Terra de alta resolução;
- expandir geograficamente o ITRF mantido pelo IERS; e
- monitorar globalmente as deformações da crosta terrestre.

Faz parte do IGS uma rede global, com mais de 300 estações GPS em mais de 70 países, rastreando continuamente os satélites GPS. Todos os receptores são de dupla frequência, com capacidade de obter as quatro observáveis. Os centros que compõem o IGS estão divididos em três categorias: operacional, regional e global. Os centros operacionais estão em contato direto com as estações rastreadoras, efetuam o controle de qualidade das observações coletadas e transmitem os dados coletados para o centro regional mais próximo. Os centros regionais coletam os dados de vários centros operacionais, mantêm um arquivo dos mesmos, além de transmitidos para um dos três centros de dados globais, os quais intercambiam dados entre eles a fim de manter os mesmos arquivos de dados. Estes dados ficam disponíveis para usuários e pesquisadores, entre eles os dos centros de análise do IGS, os quais processam os dados regularmente visando determinar parâmetros de rotação da Terra e órbitas GPS altamente precisas. O escritório central do IGS funciona no Laboratório de Propulsão a Jato (JPL), o qual é um centro de análise do IGS, estando localizado na Califórnia, Estados Unidos da América.

Qualquer usuário dispondo de recursos para acessar a Internet pode acessar os dados do IGS. Além disto, convém ressaltar a importância de redes deste porte para projetos de geofísica a nível nacional e internacional, permitindo não somente a estimação das coordenadas das estações, mas também sua velocidade.

2.4.6 Redes GNSS de Estações de Referência RTK

As redes GNSS de estações de referência RTK ocupam atualmente uma posição de destaque mundial na área de mensuração utilizando a tecnologia de navegação e posicionamento por satélites. Essa tendência se deve ao fato do desenvolvimento e modernização das tecnologias envolvidas para a construção dos satélites e receptores GNSS.

A motivação por trás da utilização de múltiplas estações de referência em uma rede para correções GPS é para modelar e corrigir erros dependentes das distâncias que reduzem a exatidão das posições através de RTK e DGPS convencionais em proporção da distância do

móvel para as estações de referência vizinhas. É importante lembrar que as fontes de erros mais significativas que afetam o posicionamento preciso do GPS são a ionosfera, a troposfera e a órbita dos satélites. Essas fontes de erros podem ser categorizadas em dois grupos: dispersiva e não dispersiva. A ionosfera é um erro dispersivo devido à magnitude da resultante desse erro estar diretamente relacionado ao alcance da frequência do sinal (L1, L2, L5). A influência do erro da ionosfera nas diferentes frequências da banda L utilizadas pelos sistemas de navegação por satélites está bem difundida. A ionosfera, que está sujeita a distúrbios rápidos e localizados, é a principal restrição para a densificação das estações de uma rede de referência. A troposfera e a órbita dos satélites são classificadas como não dispersivas devido ao fato de não serem dependentes da frequência e terem um efeito igual em todo o alcance dos sinais pelos correntes sistemas de navegação global por satélites. Os propósitos da rede de referência são a modelagem e a estimativa dessas fontes de erros, proporcionando informação de correção no levantamento para usuários móveis para que então eles possam irradiar posições com melhor exatidão do que com o RTK convencional (LEICA, 2005).

O posicionamento preciso em tempo real com Redes RTK é um modo eficaz para a conexão de levantamentos cadastrais em um sistema de referência oficial e materializar pontos de controle locais para topógrafos usuários de Estações Totais. Se proteger o sinal não for de interesse, como em áreas rurais ou em alguma periferia urbana, o GPS também pode ser utilizado diretamente para levantamentos detalhados, como por exemplo, observações em divisas e objetos topográficos. Na tabela 2.3 são listadas as aplicações mais comuns em levantamentos topográficos e a indicação de métodos de levantamentos GPS rápidos e em tempo real. A Rede RTK está a mais vantajosa em praticamente todos os casos das aplicações, contanto que a máxima exatidão e confiabilidade não sejam requeridas. Obstruções de sinal devido às edificações, pontes, árvores, etc. ocorrem facilmente e frequentemente em levantamentos cadastrais e a combinação entre GPS e os métodos de levantamento convencionais é sempre essencial. O GPS individualmente nunca substitui completamente os instrumentos de geodésia terrestre. As locações de coordenadas utilizando o GPS é possível somente se o módulo de tempo real, isto é, os algoritmos de resolução de ambigüidade *on-the-way* (OTW) estiverem disponíveis. Então apenas uma checagem imediata no campo é possível. A opção OTW é também muito utilizada para levantamentos topográficos ou mapeamento para GIS, se um fluxo de dados para o computador de campo estiver estabelecido. Visualizando os objetos levantados sobre uma base de dados existente, áreas e objetos esquecidos são facilmente identificados. Erros grosseiros como pontos mal medidos são também rapidamente reconhecidos. Métodos em tempo real são apropriados também para transferência de cotas com exatidão sub-decimétrica. A

utilização de tipos de antenas idênticas nas estações da referência e do móvel ou a calibração das antenas é um pré-requisito. A instalação da antena incluindo a determinação da altura da antena necessita particular atenção. Para a melhor exatidão possível, observações GPS estáticas longas e extensivo pós-processamento são necessários. Com o GPS, apenas alturas elipsoidais geometricamente definidas e diferenças entre estes tipos de alturas podem ser determinadas. Para a derivação de alturas relativas ao campo gravitacional, é necessário um modelo geoidal preciso (WILLGALIS et al, 2002).

Tabela 2.3 (*) – Métodos de Posicionamento GPS para Aplicações típicas de Levantamento
(■ bastante apropriado, □ parcialmente apropriado, × inapropriado)

| Método de Levantamento | Pós Processamento | | Tempo Real | |
|--|------------------------------|-----------------------|------------|----------|
| | Estático, Rápido Estático | Stop&Go Cinemático | RTK | Rede RTK |
| Ponto de controle geodésico | ■ | □ | × | □ |
| Densificação de rede | ■ | □ | □ | ■ |
| Levantamento cadastral | □ | ■ | ■ | ■ |
| Levantamento topográfico | □ | ■ | ■ | ■ |
| Mapeamento c/ escala grande | × | □ | □ | ■ |
| Levantamento de construções ¹ | × | × | □ | ■ |
| Locação | × | × | □ | ■ |

1) em combinação com Estação Total

(*) Adaptada de Table 1: Suitable GPS positioning methods for typical surveying applications (WILLGALIS et al, 2002).

Para o funcionamento de uma rede de referência GNSS RTK padrão (vide exemplo de Rede GNSS RTK genérica ilustrada na Figura 2.11) é necessária a implantação de um sistema de controle e comunicação de dados composto pelos receptores GNSS das estações das bases de referência e do(s) móvel (is) com microprocessadores dotados de capacidade de processamento das coordenadas em tempo real RTK, um *link* de comunicação de dados que pode ser um *radio-modem* ou um telefone celular dotado de *modem* (CDMA, GPRS, GSM, TDMA, etc.) ou ainda uma combinação entre esses dois tipos de dispositivos, que enviam instantaneamente as correções diferenciais para os equipamentos GNSS móveis e também um computador (ou servidor) equipado com dispositivo de *link* de comunicação e um software gerenciador que opera como centro de monitoramento, controle, correção e distribuição dos dados.

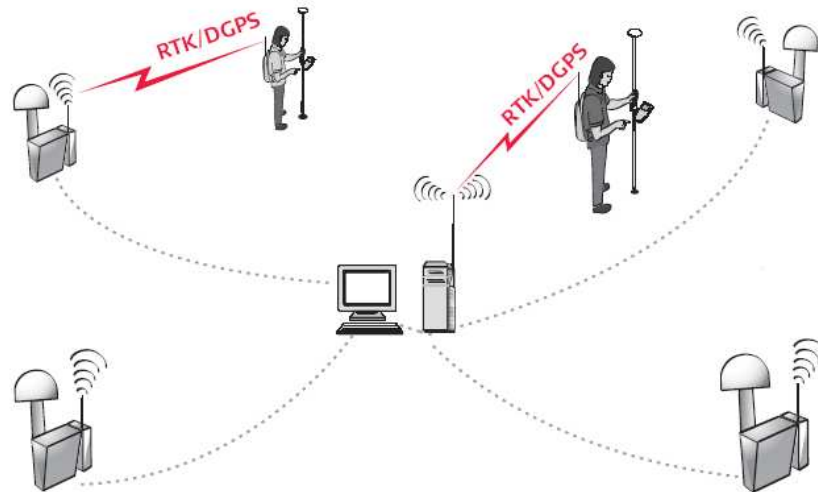


Figura 2.11 - Rede de Estações GNSS RTK
Fonte: Leica Geosystems AG (2005)

Uma variação da composição de uma rede GNSS RTK padrão é a capacidade de comunicação de dados via Internet (NTRIP ou TCP/IP) ou qualquer outro método baseado em IP (LAN, WAN, WLAN, Intranet e Radio IP, etc.) (vide Figura 2.12).

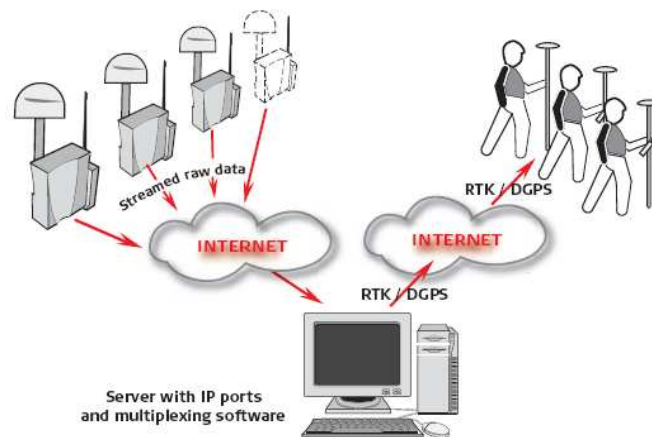


Figura 2.12 – Rede de Estações GNSS RTK via Internet
Fonte: Leica (2005)

Quando está recebendo dados no padrão RTK de uma estação de referência, um móvel RTK pode usualmente operar com sucesso (i.e. resolver as ambigüidades) até distâncias de aproximadamente 30 km em condições favoráveis. Em algumas regiões do planeta, onde condições para o RTK são frequentemente boas, às vezes distâncias de até 40 km ou mais podem ser alcançadas. Em outras áreas, especialmente durante a tarde e em períodos de atividade

ionosférica alta, a máxima distância para o RTK pode ser reduzida significativamente. A exatidão do RTK é normalmente da ordem de aproximadamente $10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ média quadrática. Assim as exatidões posicionais que podem ser esperadas são aproximadamente como a seguir:

- Para 1 km: $10 \text{ mm} + 1 \text{ mm} = 11 \text{ mm rms}$
- Para 10 km: $10 \text{ mm} + 10 \text{ mm} = 20 \text{ mm rms}$
- Para 30 km: $10 \text{ mm} + 30 \text{ mm} = 40 \text{ mm rms}$

Se as medições RTK pudessem ser realizadas em um ambiente absolutamente perfeito, não haveria nenhuma componente da exatidão do ppm e nenhum limite para a distância. Infelizmente, todavia, o ambiente nunca é perfeito e também se modifica constantemente. Várias influências, particularmente aquelas relacionadas com os atrasos ionosféricos e troposféricos e órbitas dos satélites, lideram os erros dependentes da distância e restringem o alcance com que o móvel pode resolver as ambigüidades. Segue que se os erros dependentes da distância dentro da rede puderem ser modelados com um grau razoável de sucesso e as correções apropriadas puderem ser computadas e aplicadas, a exatidão e o alcance do RTK podem ser melhorados (LEICA, 2005).

Algumas possibilidades de aplicações para redes de referência GNSS em tempo real estão apresentadas na Tabela 2.1 e na Figura 2.13.

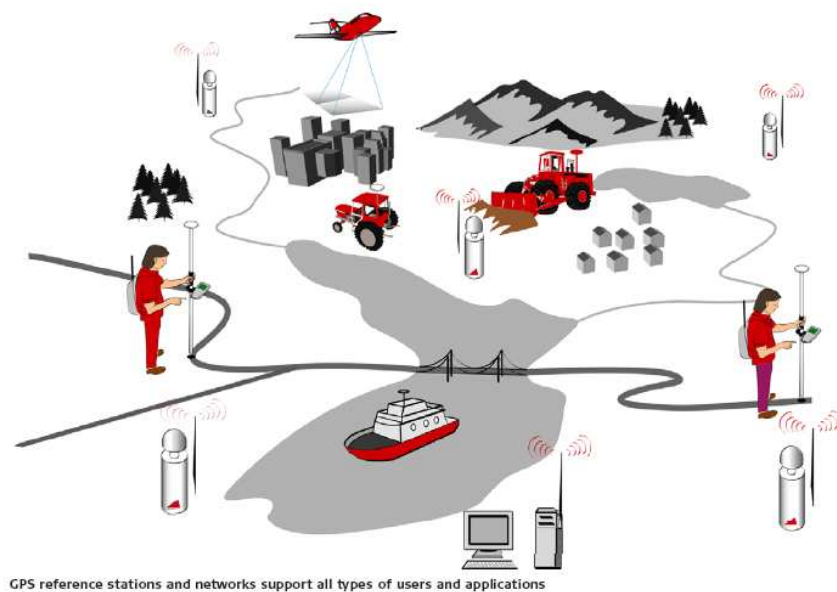


Figura 2.13 – Aplicações para as Redes de Estações GNSS RTK via Internet
 Fonte: Leica (2005)

2.5 O Método de Posicionamento Pontual Preciso (PPP)

Desde meados de 1998 o JPL vem oferecendo um serviço via Internet para o posicionamento de pontos denominado de *Precise Point Positioning* (PPP) para estações simples, (ZUMBERGE, 1999). As principais idéias que dão suporte ao PPP são a utilização de órbitas precisas e uma boa estimativa dos erros dos relógios dos satélites. Estes parâmetros são obtidos a partir de informações de estações que fazem parte de uma rede fiducial (SEGANTINE, 2005). Para o envio dos dados GPS ao JPL para análise, deve-se executar a coleta com receptores de dupla-frequência (código e fase da portadora) e devem conter no mínimo uma hora de observação no formato RINEX.

O Posicionamento Pontual Preciso (PPP) é um método que possibilita a determinação precisa do posicionamento utilizando um único receptor GPS. Essa aproximação do posicionamento aprimorou-se através do advento da extensa disponibilidade de produtos de dados precisos da órbita e do relógio do GPS com exatidão centimétrica (GAO, 2006).

Devido à acuracidade dos produtos IGS, surgiu um novo conceito para análise do posicionamento com um método para alcançar altas precisões que não era possível no passado. As informações de órbita e dos relógios dados pelo IGS são disponibilizadas com intervalos de 15 minutos, enquanto que o *Jet Propulsion Laboratory* (JPL), que é um dos sete centros de análises do IGS, oferece estas informações com intervalos de gravação de dados de 30 segundos. As informações de órbita e dos relógios do JPL apresentam acurácia no nível de poucos centímetros. As órbitas IGS são tão boas quanto ao JPL e talvez até melhores, entretanto as informações dos relógios IGS não são tão boas quanto à do JPL, ZUMBERGE (1999).

Este método de posicionamento pode ser útil para determinação de coordenadas de pontos em locais remotos ou até mesmo para pontos de uma rede de referência, desde que seja atendido o requisito de um longo tempo de ocupação, de pelo menos 24 horas. Deste modo, a análise PPP simplifica os problemas geodésicos uma vez que minimiza a dependência de pontos de redes existentes, antenas de referência, satélite de referência, etc. A análise PPP passa a ser independente de uma rede pré-existente. A solução da determinação da coordenada do ponto é livre das distorções da rede e tem sido melhorada cada vez mais pela melhoria do programa envolvido no processamento. Devido as suas características de ser um software de processamento por base simples, a desvantagem deste método é que ele não leva em conta a

correlação entre as observáveis das estações e considera que as órbitas descritas pelos satélites são precisas, o que não é verdade (SEGANTINE, 2005).

Segundo SHEN (2002) o Posicionamento Pontual Preciso (PPP) tem a mesma forma de execução para o usuário com apenas um único receptor GPS assim como o Posicionamento por Ponto Simples, porém a exatidão pode ser significativamente melhorada com a utilização de dados precisos de GPS distribuídos globalmente ou regionalmente, nos quais atualmente se incluem órbitas precisas dos satélites e correções dos relógios. As grandes vantagens do PPP figuram em dois aspectos: simplicidade do sistema para o usuário final, e uma consistência global da exatidão do posicionamento.

O Posicionamento Pontual Preciso (PPP) proporciona uma alternativa atrativa para as estações de referência simples ou múltiplas baseadas em técnicas de posicionamento relativo. A dependência essencial de medições simultâneas de outros receptores e considerável infra-estrutura de campo é eliminada. Pesquisas sobre o PPP têm se intensificado recentemente, particularmente devido à introdução de parâmetros altamente precisos de órbita e relógio dos satélites pelo *International GNSS Service* (IGS) (ZHANG et al, 2003).

O PPP é capaz de proporcionar um nível de exatidão centimétrica ao posicionamento no caso de posicionamento estático quando utilizando produtos finais de órbita e relógio do IGS. Essa exatidão absoluta é ao mesmo tempo ininterrupta e altamente repetitiva, independente da localização da estação (ABDEL-SALAM, 2005).

O JPL disponibiliza gratuitamente um serviço de processamento de dados via Internet utilizando o PPP (ZUMBERGE, 1998). Witchayangkoon e Segantine (1999) utilizaram este serviço para avaliar a técnica para vários grupos de dados que variam de 1 hora até 24 horas. Os autores relataram geralmente 1 dm de repetibilidade para grupos de dados de 1 hora e 1 a 2 cm de repetibilidade para grupos de dados com tempo maior do que 4 horas. É claro que as características de desempenho mudam para melhor conforme melhora o modelo do PPP com o passar do tempo. O JPL pode ser utilizado para substituir o processamento de linhas de base submetendo ambos os arquivos das estações da linha de base separadamente (LEICK, 2004).

Conforme comentado anteriormente, existem atualmente (2007), quatro serviços principais que disponibilizam *on-line* o pós-processamento utilizando-se o Método PPP (AUTO GIPSY, CSRS-PPP, AUSPOS e GAPS), que serão mostrados nas Figuras de 2.14 a 2.17 a seguir e terão um resumo de suas características e informações destacadas nas Tabelas 2.4 e 2.5.

Australian Government
Geoscience Australia

About Us | Contact Us | Media | News
Topics | Tools | Products | Education | Links

Advanced Search |

You are here: Home > Earth Monitoring > Geodesy & GPS > Space Geodesy

AUSPOS - Online GPS Processing Service Updated:

WARNING

AUSPOS is experiencing severe processing delays caused by a large number of submissions. In response to the increased demand a [job queue status](#) page has been created, where you can view your current position in the job queue. The status page is refreshed every 15 minutes, so if you don't see your job number appear instantly, please wait for the next refresh.

Due to the unprecedented demand on the service, priority is being given to local jobs. Other jobs are being placed in a 'suspended' queue. In periods of low demand the oldest jobs in the suspended queue will be automatically restarted by the service for processing.

We apologise for the delay in processing jobs, and are working to keep the system running as efficiently as possible.

NOTICES

AUSPOS continues to use ITRF2000 coordinates for the reference sites and relative receiver antenna phase centre modelling. IGS products (satellite ephemeris and Earth Orientation Parameters) in the ITRF2005 reference frame are used for all user submitted sites with data observed after Saturday 4th November 2006.

Please note that AUSPOS fails and issues an error message for RINEX files containing any C2 observable data. Users should remove the C2 data from their RINEX files before submitting to AUSPOS. Software is available at the web site <http://facility.unavco.org/software/teqc/teqc.html> for editing RINEX files.

If you receive the AUSPOS error message "unable to fetch" we suggest you attempt a re-submission after removing any embedded blank characters in your GPS data file name and/or the directory path name.

The next version of AUSPOS is currently being tested internally. The next version will be processing results in ITRF2005 and will be able to screen out "faulty" data at an earlier stage. In addition, the processing time per job will decrease.

AUSPOS first-time users please visit our [Step by Step User-Guide](#). Regular users please visit our [Latest News](#) and [User Profile](#) pages. Please view the [Job Queue Status](#) to check the position of your submitted job in the job queue

Number of RINEX Files: Submit RINEX using: upload ftp

| File Name | Height (m) | Antenna Type |
|---------------------------------------|-------------------------------------|--|
| <input type="text" value="Procurar"/> | <input type="text" value="0.0000"/> | <input type="text" value="DEFAULT(NONE)"/> |

Your Email Address:

Back to the AUSPOS Online GPS Processing Service [Introduction Page](#).

[back to top]

SPATIAL INFORMATION FOR THE NATION

security & privacy | disclaimer | site map | © Commonwealth of Australia, 2005

Figura 2.14 – Ilustração do site do AUSPOS – On-line GPS Processing Service

Acesso: <http://www.ga.gov.au/bin/gps.pl>

JPL HOME EARTH SOLAR SYSTEM STARS & GALAXIES TECHNOLOGY

Automated GIPSY

Jet Propulsion Laboratory
California Institute of Technology

HOME FAQ Useage Statistics News Contact us

Automated GIPSY Analyses

The automated GIPSY interface for the mail-in user

Jet Propulsion Laboratory

Frequently Asked Questions for ag

[ag home page](#)
[How to use ag](#)
[ag users](#)
[What is an anyway?](#)

What is ag, anyway?

It's an e-mail ftp interface to Gipsy. It does a basic analysis of GPS data in a Rinex file. You *don't* need Gipsy to use ag; all the processing occurs on a computer at JPL. E-mail is used to inform ag about the location of your data. E-mail is sent from ag to inform you about the location of the results. Anonymous ftp is used by ag to fetch your data, and you use anonymous ftp to fetch the results.

Okay, how do I use it?

You need to place your Rinex observation file in an area that is accessible by anonymous ftp. Its name should conform to the Rinex standard (see

<ftp://iqscb.jpl.nasa.gov/iqscb/data/format/rinex2.txt>

Latest Maps

Sites positioned with ag since October 1998. Maps are Updated 4 times each day.

8840 station days processed since 7/97

Mollweide World Projection

Figura 2.15 – Ilustração do site do Automated GIPSY Analyses

Acesso: <http://milhouse.jpl.nasa.gov/ag/>

- ▶ CSRS-PPP
- ▶ Users' Guide
- ▶ Latest News (last updated December 05, 2006)

CSRS-PPP

CSRS-PPP is an on-line application for GPS data post-processing that allows GPS users to submit observation data over the Internet and recover, using precise GPS Orbit and Clock information, enhanced positioning precisions in the Canadian Spatial Reference System (CSRS) and the International Terrestrial Reference Frame (ITRF).

Select one RINEX File:
 (Compression: none or zip (.zip), gzip (.gz) or UNIX Compress (.Z))
 (Format: RINEX or Compact RINEX (Hatanaka))

Select Mode of Processing: Static Kinematic

Select Reference System: NAD83-CSRS ITRF

Enter/Change E-Mail to which results will be sent:

File Upload/Processing:

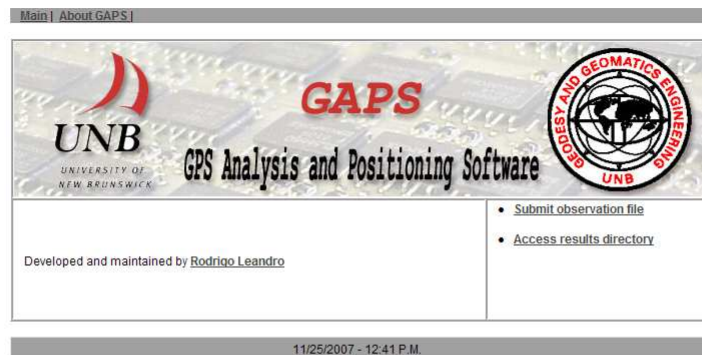
(Note: Processing will start once the upload is completed which may take a few minutes)

~~~ CSRS-PPP ~~~

Online service developed and maintained by [Geomatics for Northern Development \(GND\)](#)

**Figura 2.16 – Ilustração do site do Canadian Geodetic Service – CSRS-PPP**

Acesso: [http://www.geod.nrcan.gc.ca/online\\_data\\_e.php](http://www.geod.nrcan.gc.ca/online_data_e.php)



**Figura 2.17 – Ilustração do site do GAPS – GPS Analysis and Positioning Software**

Acesso: <http://gaps.gge.unb.ca/>

### 2.5.1 O formato Hatanaka para compressão de dados RINEX

De acordo com informações da UNAVCO (2007), Yuri Hatanaka ([hata@gsi.go.jp](mailto:hata@gsi.go.jp)) (GSI) escreveu e mantém os arquivos **rnx2crx** e **crx2rnx**, com os quais possibilita o usuário compactar/descompactar um arquivo RINEX OBS em um pequeno arquivo formato ASCII. A versão do formato ASCII Hatanaka-compactado de um arquivo RINEX OBS é frequentemente utilizado em conjunto com os compactadores do sistema UNIX, com extensões **zip** e **gzip** ou outros utilitários de compressão comuns para criar um arquivo reduzido para transferência através da Internet. Informações complementares e os arquivos **rnx2crx** e **crx2rnx** podem ser encontrados para *download* no seguinte endereço: <ftp://terras.gsi.go.jp/software/RNXCMP/>.

Informações de utilização do programa Hatanaka podem ser encontradas em SOPAC (2007), conforme se segue:

#### Instruções do Programa:

(Usuários do Windows: abrir uma janela DOS e executar o programa na linha de comando)

1) Confirmar se o arquivo “d” está descompactado. Alguns *downloads* utilizam a extensão .Z, mas o arquivo permanece compactado. Tente visualizar o arquivo utilizando um editor de texto como o *notepad*. Caso se consiga ler o texto normalmente, o arquivo está descompactado. Caso contrário, renomeie o arquivo com uma extensão .Z e utilize um programa utilitário de descompactação de arquivos do tipo Winzip (disponível em [www.winzip.com](http://www.winzip.com)) para descompactá-lo. Este é o problema mais comum com conversão de arquivos “d”.

a) Confirme se o programa **crx2rnx** e o seu arquivo **hatanaka** “d” estão no mesmo diretório;

b) Execute o seguinte comando: **crx2rnx hatanaka\_arquivo;**

Quando o **crx2rnx** é o executável específico no sistema operacional (por ex: no Windows: **crx2rnx.exe**);

**Hatanaka\_arquivo** é o arquivo Hatanaka “d” (por, ex: **bill2070.01d**);

O arquivo RINEX “o” deve ser criado no seu diretório de trabalho.

Nota: Para sistemas operacionais baseados em *Sun* e *Linux*, deve-se modificar os modos de permissão do arquivo **crx2rnx** para executar primeiramente: **chmod + x crx2rnx**.

Um arquivo de ajuda está disponível digitando-se: crx2rnx -h.

Informações Adicionais:

Os principais benefícios da utilização dessa estratégia de compressão para os arquivos de Observação RINEX são a redução significativa da necessidade de espaço de armazenamento (Os arquivos de Observação RINEX compactados pelo programa Hatanaka baseado em Unix podem ter a redução de espaço para 25% a 30% comparando-se com um arquivo compactado no modo Unix padrão) e uma significativa redução de tempo de carregamento na rede (tendo como resultado uma melhoria na disponibilidade de armazenamento).



Tabela 2.4 – Comparação dos serviços de cálculo do PPP on-line

| SERVIÇO PPP                                 | AUSPOS                                                                            | AUTO GIPSY                                                                                          |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NOME:                                       | AUSPOS - Online GPS Processing Service                                            | AUTO GIPSY - Automated Gipsy Analysis                                                               |
| WEBSITE:                                    | <a href="http://www.ga.gov.au/bin/gps.pl">http://www.ga.gov.au/bin/gps.pl</a>     | <a href="http://milhouse.jpl.nasa.gov/ag/">http://milhouse.jpl.nasa.gov/ag/</a>                     |
| PAÍS DE ORIGEM:                             | AUSTRALIA                                                                         | EUA                                                                                                 |
| INSTITUIÇÃO OU AGÊNCIA                      | Australian Government                                                             | Jet Propulsion Laboratory - JPL - NASA                                                              |
| RESPONSÁVEL:                                | Geoscience Australia                                                              | California Institute of Technology                                                                  |
| COBERTURA PARA O BRASIL:                    | Sim                                                                               | Sim                                                                                                 |
| ENTRADA DE DADOS:                           | Carregar arq. de dados na pág. do AUSPOS<br>Via FTP acessível por usuário anônimo | Via FTP acessível por usuário anônimo                                                               |
| FORMATO ARQ. DE DADOS:                      | RINEX                                                                             | RINEX                                                                                               |
| COMPACTAÇÃO DE DADOS:                       | Hatanaka (.yyd), zip (.zip) ou UNIX (.Z)                                          | UNIX (.Z)                                                                                           |
| OPCIONAIS:                                  | Aceita múltiplos arquivos (máx. 7)                                                | Aceita múltiplos arquivos                                                                           |
| INFORMAÇÕES ADICIONAIS:                     | Altura da antena (ARP)<br>Tipo da antena (IGS)                                    | Enviar e-mail p/: ag@cobra.jpl.nasa.gov<br>Assunto: Static<br>No corpo do e-mail: URL do arq. RINEX |
| <b>TEMPOS DE OBS. (MÍN / RECOMENDADO.):</b> | 1 h / 6 h                                                                         | > 1 h / -                                                                                           |
| TIPO OBS. GPS ACEITAS:                      | Dupla frequência                                                                  | Dupla frequência                                                                                    |
| OBSERVAÇÕES GLONASS:                        | Não                                                                               | Não                                                                                                 |
| MODO OBSERVAÇÕES:                           | Estático                                                                          | Estático ou Cinemático                                                                              |
| TEMPO DE RESPOSTA:                          | 15 a 60 minutos                                                                   | 5 a 10 minutos                                                                                      |
| DISPONIB. DOS DADOS:                        | Gratuito                                                                          | Gratuito                                                                                            |
| SOFTWARE DE PROC.:                          | MicroCosm (AUSPOS)                                                                | GIPSY                                                                                               |
| SISTEMA DE REFERÊNCIA:                      | ITRF00<br>GDA (Geocentric Datum of Australia)                                     | N.D.                                                                                                |
| ORIENTAÇÃO : (ÓRBITA E TERRA)               | IGS precisa, ultra-rápida, rápida, final                                          | Flinn final (2 semanas)<br>p/ órbita e tempo                                                        |
| INTERVALO OBS. PROC.:                       | 30 segundos                                                                       | 5 minutos                                                                                           |
| SAÍDA DE DADOS:                             | E-mail                                                                            | E-mail                                                                                              |
| PRECISÃO HORIZONTAL:                        | 20 mm (2 h) e 10 mm (24 h)                                                        | mm                                                                                                  |
| PRECISÃO VERTICAL:                          | 50 mm (2 h) e 10 - 20 mm (24 h)                                                   | cm                                                                                                  |

Tabela 2.5 – Comparação dos serviços de cálculo do PPP on-line – continuação

| SERVIÇO PPP                                 | CSRS-PPP                                                                                                  | GAPS                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>NOME:</b>                                | CSRS ( <i>Canadian Spatial Reference System</i> ) -<br>PPP ( <i>Precise Point Positioning</i> )           | GAPS – <i>GPS Analysis and Positioning Software</i>                                                                                                                                                                                      |
| <b>WEBSITE:</b>                             | <a href="http://www.geod.nrcan.gc.ca/online_data_e.php">http://www.geod.nrcan.gc.ca/online_data_e.php</a> | <a href="http://gaps.gge.unb.ca/">http://gaps.gge.unb.ca/</a>                                                                                                                                                                            |
| <b>PAÍS DE ORIGEM:</b>                      | CANADA                                                                                                    | CANADÁ                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>INSTITUIÇÃO OU AGÊNCIA RESPONSÁVEL:</b>  | <i>Natural Resources Canada -<br/>Geodetic Survey Division</i>                                            | Criado, desenvolvido e mantido por Rodrigo Leandro no<br><i>Geodesy and Geomatics Engineering - University of New Brunswick (UNB)</i>                                                                                                    |
| <b>COBERTURA PARA O BRASIL:</b>             | Sim                                                                                                       | Sim                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>ENTRADA DE DADOS:</b>                    | Carregar arquivo de dados na página do CSRS                                                               | Carregar arquivos na página do GAPS                                                                                                                                                                                                      |
| <b>FORMATO ARQ. DE DADOS:</b>               | RINEX                                                                                                     | RINEX                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>COMPACTAÇÃO DE DADOS:</b>                | Hatanaka (.yyd), zip (.zip), gzip (.gz) ou UNIX (.Z)                                                      | -                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>OPCIONAIS:</b>                           | -                                                                                                         | Escolha de coordenadas <i>A-priori</i> , desvio padrão da coordenada inicial, horário inicial e final dos dados para processamento, atraso da atmosfera (NAD), ângulo de corte da elevação, formato da extensão das figuras (emf ou jpg) |
| <b>INFORMAÇÕES ADICIONAIS:</b>              | -                                                                                                         | -                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>TEMPOS DE OBS. (MÍN / RECOMENDADO.):</b> | Não há / -                                                                                                | Não há / -                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>TIPO OBS. GPS ACEITAS:</b>               | Mono ou dupla frequência                                                                                  | Dupla frequência                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>OBSERVAÇÕES GLONASS:</b>                 | Não                                                                                                       | Não                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>MODO OBSERVAÇÕES:</b>                    | Estático ou Cinemático                                                                                    | Estático e Cinemático                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>TEMPO DE RESPOSTA:</b>                   | 5 a 10 minutos                                                                                            | Depende da duração de sessão, taxa de observação, do tamanho do arquivo e velocidade da conexão                                                                                                                                          |
| <b>DISPONIB. DOS DADOS:</b>                 | Gratuito (Requer cadastro com login e senha)                                                              | Gratuito                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>SOFTWARE DE PROC.:</b>                   | GPSPACE - V3.3 (Win) (CSRS)                                                                               | GAPS v. 2.1                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>SISTEMA DE REFERÊNCIA:</b>               | ITRF05<br>NAD83-CSRS                                                                                      | ITRF corrente (época da observação)                                                                                                                                                                                                      |
| <b>ORIENTAÇÃO : (ÓRBITA E TERRA)</b>        | IGS precisa                                                                                               | IGS final ou rápida (a que estiver disponível)                                                                                                                                                                                           |
| <b>INTERVALO OBS. PROC.:</b>                | 5 minutos                                                                                                 | O mesmo do arquivo submetido                                                                                                                                                                                                             |
| <b>SAÍDA DE DADOS:</b>                      | E-mail                                                                                                    | E-mail                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>PRECISÃO HORIZONTAL:</b>                 | cm (até 10 cm)                                                                                            | cm                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>PRECISÃO VERTICAL:</b>                   | cm (até 10 cm)                                                                                            | cm                                                                                                                                                                                                                                       |

## 2.6 Ajustamento de Redes Geodésicas

Depois de realizadas campanhas de observações em campo para a determinação de posicionamento de pontos através da aplicação de qualquer método de levantamento, e para a obtenção das coordenadas dos pontos, deve-se aplicar um tratamento matemático. Para o caso de implantação de redes geodésicas utilizando-se levantamento com GPS no método relativo estático, o tratamento dos dados é realizado pelo software de ajustamento de redes ou módulo de ajustamento de redes integrante do software de pós-processamento dos dados GPS. O melhor procedimento conhecido e largamente difundido na área da Mensuração para o tratamento de dados é o que resulta da aplicação do Método dos Mínimos Quadrados (MMQ).

Esse método foi proposto de forma independente por Gauss e por Legendre há aproximadamente duzentos anos. O Método dos Mínimos Quadrados demanda um volume de cálculos muito grande, porém, o que tem atualmente tem sido facilitado pelo poder de processamento dos softwares e equipamentos, os quais contribuem para que esse método seja difundido. A premissa desse método consiste em aceitar como melhor estimativa das observações redundantes o valor que torne mínima a soma dos quadrados dos resíduos. O MMQ permite o ajustamento das observações através das equações de observação (método paramétrico), das equações de condição (método dos correlatos), ou através do método combinado (GEMAEL, 1994). O MMQ se manteve inalterado até bem pouco tempo, mas os avanços da Estatística mostraram a conveniência da revisão de alguns conceitos. Assim, algumas restrições da teoria clássica, tais como, a não correlação das observações e a necessidade de os resíduos obedecerem à distribuição normal são hoje dispensáveis, já que as grandezas observadas são encaradas como variáveis aleatórias ou estocásticas (AMORIM, 2004). No caso de redes GPS, com redundância de observações, ajustam-se as linhas de base. Nesse caso, as equações de observações são escritas de forma a criarem uma relação entre as coordenadas das estações, as diferenças entre as coordenadas observadas e os erros residuais. A matriz peso é obtida em função da matriz de covariância dada pelo resultado do pós-processamento das observações GPS (disponíveis no relatório de processamento GPS) (SILVA, 2005).

Segundo MARINI (2002) o Método Paramétrico é o utilizado para as aplicações GPS e será descrito a seguir:

No método paramétrico, as observações são funções dos parâmetros:

$$L_a = F(X_a) \quad (2.01)$$

onde:  $L_a$  é o vetor das observações ajustadas e

$X_a$  é o vetor dos parâmetros ajustados.

Um modelo matemático inconsistente torna-se consistente pela introdução do vetor dos resíduos:

$$V = AX - L_b \quad \text{com } m > n \quad (2.02)$$

onde:  $m$  é o número de equações;

$n$  é o número de incógnitas, igual ao posto (*rank*) de  $A$ ;

$L_b$  é o vetor ( $m \times 1$ ) dos valores das observações;

$X$  é o vetor ( $n \times 1$ ) dos parâmetros incógnitos;

$A$  é uma matriz ( $m \times n$ ) de escalares conhecidos, ou matriz design;

$V$  é o vetor ( $m \times 1$ ) dos resíduos.

O MMQ tem como princípio minimizar os resíduos:

$$\Phi = V^T P V = \text{mínimo}$$

Das equações normais, obtidas através do multiplicador de Lagrange ( $\Phi$ ), que minimiza os resíduos (GEMAEL, 1994), tem-se:

$$X = NU^{-1} \quad (2.03)$$

na qual:

$$N = A^T P A \quad (2.04)$$

$$U = A^T P L_b \quad (2.05)$$

$$P = \sigma_0^2 (\sum L_b)^{-1} \quad (2.06)$$

sendo  $P$  a matriz peso;

$\sigma_0^2$  é o fator de variância *a priori* e

$\sum L_b$  a matriz das incertezas das observações.

O vetor das observações ajustadas e dos resíduos pode ser escrito como:

$$L_a = AX \quad (2.07)$$

$$V = AX - L_b \quad (2.08)$$

Aplicando a Lei de Propagação das Covariâncias às equações (2.03), (2.07) e (2.08), obtêm-se as seguintes expressões:

$$\Sigma X = \sigma_0^2 (A^T P A) \quad (2.09)$$

$$\Sigma L_b = A \Sigma X A^T \quad (2.10)$$

$$\Sigma V = \Sigma L_b + \Sigma L_a \quad (2.11)$$

na qual  $\Sigma X$  é a MVC dos parâmetros ajustados, de ordem  $(nxn)$ ;  
 $\Sigma L_a$  é a MVC das observações ajustadas, de ordem  $(mxm)$ ;  
 $\Sigma V$  é a MVC dos resíduos ajustados, de ordem  $(mxm)$ ;  
 $\sigma_0^2$  é o fator de variância a posteriori, que permite efetuar uma análise da qualidade global do ajustamento.

O software ou módulo de ajustamento processa cada linha de base, fornecendo como resultado as diferenças das coordenadas  $DX$ ,  $DY$  e  $DZ$  das várias linhas bases independentes e a respectiva Matriz Variância e Covariância (MVC). As redes de modo geral apresentam redundância, o que permite detectar alguns possíveis tipos de erros envolvidos no processo. O ajustamento permite obter uma única solução, com seu indicador de qualidade associado.

De acordo com a NBR 14.166/1988 é estabelecido que o ajustamento tridimensional (coordenadas) deve ser conduzido de forma a obter uma solução homogênea, com precisão horizontal e vertical melhor que 5 cm (1 sigma).

### 2.6.1 Integração das coordenadas ajustadas ao sistema SIRGAS2000

A implantação de um referencial que descreve posições na superfície terrestre, ou próximo a essa, é dividida em duas fases: definição do sistema de referência (*Reference System*) e sua materialização (*Reference Frame*). As técnicas de posicionamento que empregam satélites artificiais, como o GPS (*Global Positioning System*) e o GLONASS (*Global Navigation Satellite System*), necessitam utilizar referenciais que materializam sistemas de referência bem definidos. Tais técnicas têm sido utilizadas com frequência em atividades de geodinâmica, pois atendem a exigência quanto à alta precisão dos resultados, essencial nessas aplicações. Para essas técnicas estão disponíveis as realizações do WGS84 (*World Geodetic System 1984*), do PZ90 (*Parametry Zemli 1990*) e as várias do ITRS (IERS - *International Earth Rotation Service- Terrestrial Reference System*). Nestas atividades, frequentemente, necessita-se comparar soluções materializadas em diferentes referenciais, as quais podem estar associadas a diferentes épocas. Para tanto, deve-se empregar a transformação de Helmert generalizada, a qual é apropriada para aplicações tetradimensionais (MONICO & SAPUCCI, 2000).

Ainda segundo (MONICO & SAPUCCI, 2000), cuidados especiais devem ser tomados para que as coordenadas das estações terrestres, consideradas conhecidas, estejam no mesmo referencial das efemérides utilizadas (WGS84, PZ90 ou ITRF), assim como a compatibilidade em termos de época. A variável tempo é importante devido as alterações nas coordenadas, provocadas pela contínua deformação da crosta terrestre. Para compatibilizar diferentes referenciais, considerando a evolução temporal das coordenadas, necessita-se de uma transformação que aplica simultaneamente as translações, rotações, fator de escala e respectivas taxas de variação com relação ao tempo, além da velocidade da estação. Ela é denominada transformação de Helmert generalizada, que é uma forma geral da transformação de Helmert. De forma geral, a utilização da transformação de Helmert generalizada é necessária em aplicações de alta precisão. Caso contrário, a incerteza das coordenadas resultantes seria maior que as variações devido à inconsistência dos referenciais envolvidos. Consequentemente, as contribuições ao utilizar esse tipo de transformação seriam imperceptíveis. Devido a ausência de parâmetros de transformação entre alguns referenciais, a transformação de Helmert generalizada pode assumir diferentes versões, que serão apresentadas resumidamente a seguir.

- Transformação com 14 parâmetros: é aplicada nos casos em que entre os referenciais envolvidos, existem 7 parâmetros de transformação (3 translações, 3 rotações e 1 fator diferencial de escala) e mais sete referentes as suas taxas de variação com relação ao tempo, totalizando 14 parâmetros, além das 3 componentes de velocidade ( $V_x$ ,  $V_y$ ,  $V_z$ ).

-Transformação com 7 parâmetros: é utilizada nos casos em que entre os referenciais envolvidos, as taxas de variação dos parâmetros não são disponíveis ou por serem pequenas podem ser desprezadas. Desta forma, nessa versão, aplica-se 3 translações, 1 fator diferencial de escala e 3 rotações, totalizando 7 parâmetros. Além destes, também faz parte desse tipo de transformação as componentes do vetor velocidade ( $V_x$ ,  $V_y$ ,  $V_z$ ). Este é caso em que se enquadra uma transformação do ITRF92 para o ITRF94, uma vez que não há taxa de variação dos parâmetros entre estes referenciais.

- Transformação sem parâmetros (atualização): essa versão se aplica quando os parâmetros de transformação entre os referenciais envolvidos são muito pequenos, podendo ser desprezados. Nesse caso leva-se em consideração apenas a evolução temporal das estações ao aplicar as componentes do vetor velocidade ( $V_x$ ,  $V_y$ ,  $V_z$ ).

A integração no SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico das Américas 2000) se procede mediante a introdução no ajustamento, para as estações bases, das coordenadas das estações que fazem a vinculação ao SGB (SAT 93668 e SAT 93670) no citado referencial para a data do levantamento. Em seguida, utilizando o modelo de velocidade disponível no IBGE (<http://www.ibge.gov.br/home/geografia/geodesico/sirgas/principal.htm>), deve-se levar as coordenadas das novas estações para a época de referência do SIRGAS, ou seja, 2000,4.

Houve a necessidade de adoção de uma época de referência ( $t_0$ ) para o SIRGAS, que foi a 2000,4. Para a compatibilização das coordenadas para uma época referente ao levantamento ( $t$ ) utiliza-se a equação a seguir:

$$X(t) = X(t_0) + V \cdot (t - t_0)$$

(2.12)

onde:  $X$  é o vetor das observações ajustadas;

$V_x$  é o vetor das velocidades;

$t_0$  é a época de referência;

$t$  é a época do levantamento GPS.

As realizações do referencial geocêntrico SIRGAS2000 correspondem às densificações do ITRF (*International Terrestrial Reference Frame*) no continente americano. O ITRF é bastante

preciso e serviu de modelo para o refinamento do WGS84 (World Geodetic System 1984) pelo NIMA (National Imagery and Mapping Agency), conforme a figura 2.18.

Os posicionamentos pontuais precisos (melhores que 10 cm) em uma época no futuro necessitam de cálculos adicionais para ter suas coordenadas compatíveis com o sistema adotado. Por exemplo; considerando uma determinação em 2015,4 e velocidades iguais para as coordenadas cartesianas geocêntricas (X, Y, Z) de + 2 cm/ano, as componentes das coordenadas deveriam ser subtraídas de 30 cm cada uma, para serem referenciadas à época 2000,4 (IBGE, 2004).

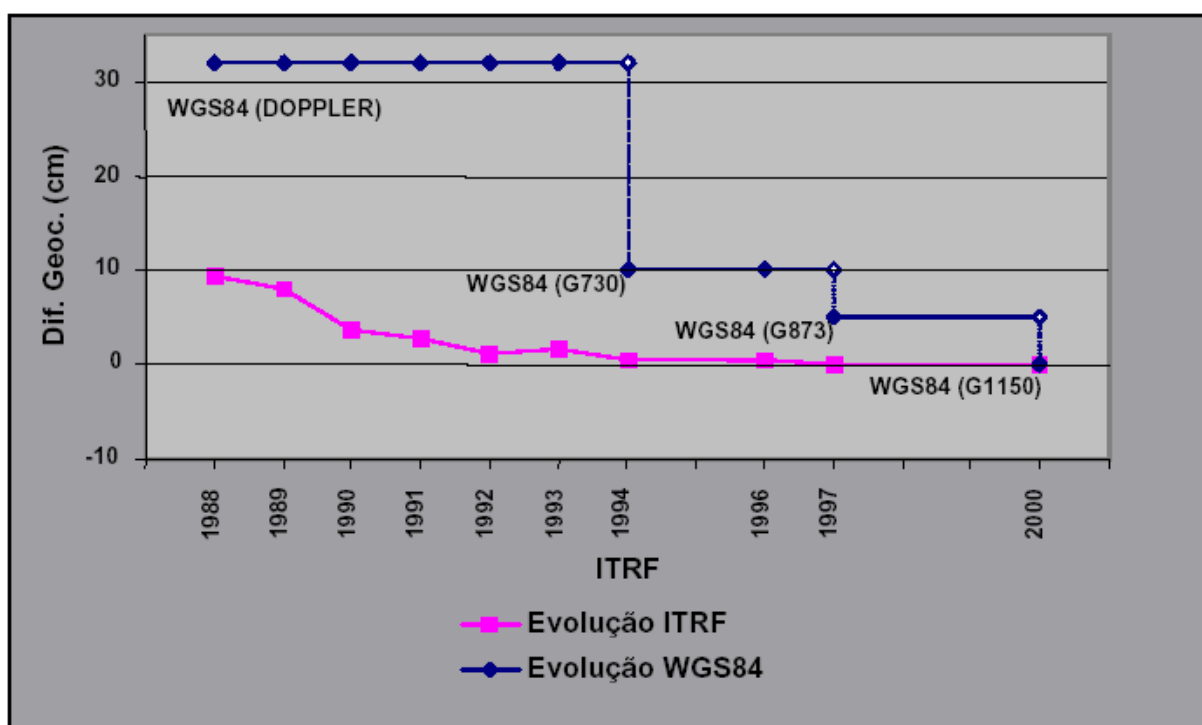


Figura 2.18 – Evolução do WGS-84 aproximando do ITRF ao longo do tempo

Fonte: IBGE 2002



### 3 REDE GEODÉSICA DE SÃO CARLOS - SP

#### 3.1 Informações gerais sobre São Carlos

São Carlos se localiza na região central do Estado de São Paulo, na Região Sudeste do Brasil. O município está em média a 855 metros acima do nível do mar e tem o clima predominantemente tropical, com temperaturas médias de cerca de 20°C e possui uma posição geográfica de Latitude 22° 02' Sul e Longitude 47° 55' Oeste. A área urbana do município está representada na figura 3.1. Segundo o IBGE, São Carlos tem uma população estimada (2006) de 218.702 habitantes e uma área de unidade territorial de 1.141 km<sup>2</sup>, sendo que 67,25 km<sup>2</sup> na área urbana. O município de São Carlos tem como limites ao Norte as cidades de Rincão, Santa Lúcia e Luis Antônio, ao Sul as cidades de Ribeirão Bonito, Brotas e Itirapina, à Leste as cidades de Descalvado e Analândia e a Oeste as cidades de Ibaté, Araraquara e Américo Brasiliense.



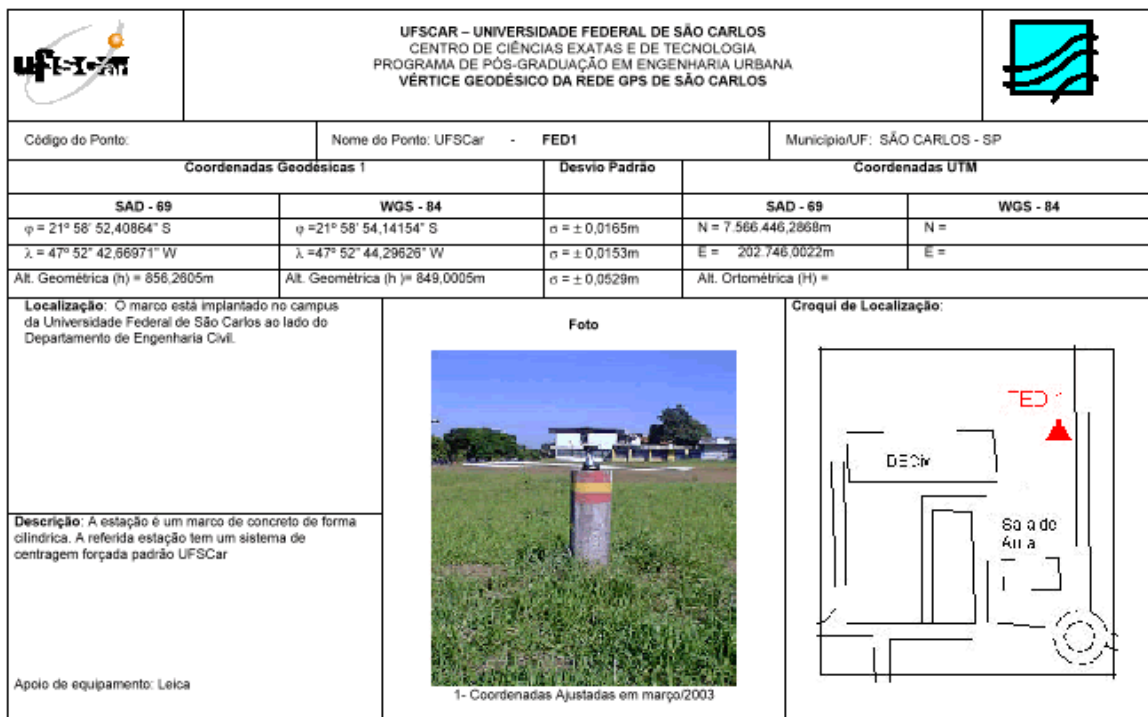
Figura 3.1 – Imagem de Satélite do Município de São Carlos-SP  
Fonte: ICMC-USP (2005)

### 3.2 Projeto e implantação da Rede no Biênio 2002-2003

O objeto de estudo é a Rede de Referência Cadastral da Cidade de São Carlos – SP ou simplesmente Rede São Carlos, originalmente projetada por ATULIM (2002) e implantada por Racanicchi (2003). Esta rede original é composta por nove pontos e está injuncionada à Rede GPS do Estado de São Paulo pelas estações Pirassununga e Jaboticabal através do ponto STTU. Estas 3 estações foram utilizadas como bases para o posicionamento relativo e as coordenadas dos pontos da Rede de Referência Cadastral Municipal de São Carlos foram obtidas após ajustamento e atendem ao disposto na NBR 14.166/1998. As maiores discrepâncias foram observadas nas medidas das altitudes geométricas.

**Tabela 3.1 – Nomes, identificações e coordenadas aproximadas das estações**

| Nome                    | Identificação | Coordenadas aproximadas (latitude) | Coordenadas aproximadas (longitude) |
|-------------------------|---------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| 01 PARQUE FEHR          | FEHR          | -21°58'40"                         | -47°55'54"                          |
| 02 UFSCAR               | FED1          | -21°58'52"                         | -47°52'42"                          |
| 03 USP                  | STTU          | -22°00'16"                         | -47°53'55"                          |
| 04 FAZENDA HOTEL        | FAZE          | -22°00'44"                         | -47°51'25"                          |
| 05 CENTRAL PARK         | CENT          | -22°01'02"                         | -47°55'06"                          |
| 06 PRAÇA ITÁLIA         | ITAL          | -22°01'54"                         | -47°53'23"                          |
| 07 TREVO GETÚLIO VARGAS | TREV          | -22°02'08"                         | -47°51'39"                          |
| 08 JARDIM BEATRIZ       | BEAT          | -22°02'14"                         | -47°54'27"                          |
| 09 C E A T              | CEAT          | -22°04'33"                         | -47°52'53"                          |



**Figura 3.2 – Monografia do vértice geodésico de São Carlos – FED1**  
Fonte: RACANICCI (2005)

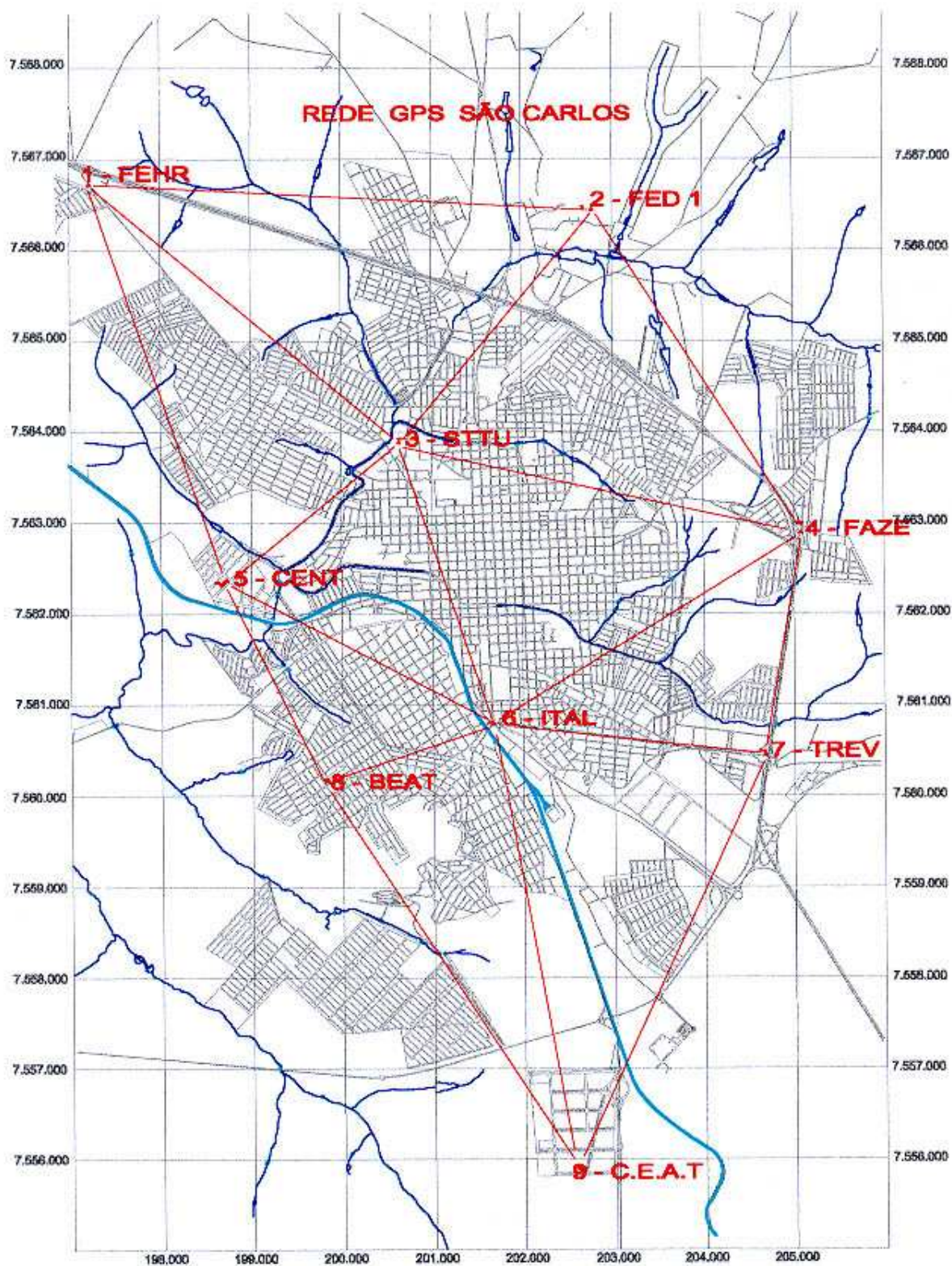


Figura 3.3 – Distribuição Espacial das Estações

Fonte: RACANICCI (2003)

\* As estações TREV e CEAT foram destruídas entre o período de 2003 e 2007.

### 3.3 Plano de trabalho de atualização e novo ajustamento da rede em 2007

A atualização e manutenção da Rede Geodésica do Município de São Carlos – SP, foi estabelecida com a utilização da tecnologia GPS e com o método de posicionamento relativo estático. A rede atualizada está composta por 10 vértices principais (um vértice a mais do que na sua concepção original de 2003) e sua vinculação ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) foi realizada através do injuncionamento com dois vértices geodésicos homologados pelo IBGE em 2004 na área urbana do município (SAT 93668 e SAT93670).

A seguir descreve-se o plano de trabalho adotado para o desenvolvimento da pesquisa:

- a) Estudo da Rede GPS existente (ATULIN, 2002 e RACANICCHI, 2003);
- b) Definição da localização dos novos vértices PT-07 e PT-09 (TREV e CEAT, respectivamente);
- c) Materialização dos novos vértices PT-07 e PT-09 (TREVO e CEAT, respectivamente);
- d) Medição dos vetores da rede geodésica atualizada, incluindo os novos vértices PT-07 e PT-09 (TREV e CEAT respectivamente) e também os vértices SAT 93668 e SAT 93670 (homologados pelo IBGE) como pontos de injunção;
- e) Revisão das monografias dos vértices;
- f) Definição da localização e implantação dos vértices de azimutes;
- g) Medição dos vetores para determinação das coordenadas dos vértices de azimutes;
- h) Processamento e ajustamento dos dados GPS coletados da rede geodésica atualizada pelo Método dos Mínimos Quadrados;
- i) Envio dos dados GPS coletados em campo e transformados no formato RINEX para processamento nos serviços CSRS-PPP, GAPS e AUSPOS disponíveis na Internet para processamento dos dados pelo Método de Posicionamento Pontual Preciso;
- j) Análise e discussão dos resultados obtidos por ambos os métodos (MMQ e PPP);
- k) Discussão do potencial de utilização do Método de Posicionamento Pontual Preciso, suas vantagens, desvantagens e limitações;
- l) Integração das coordenadas ajustadas ao sistema SIRGAS2000;
- m) Propostas para futuros trabalhos; e
- n) Elaboração de relatórios técnicos;
- o) Redação Final.

### 3.4 Instrumentação e procedimentos utilizados no novo ajustamento da rede

#### 3.4.1 Instrumentação

Foram utilizados os seguintes instrumentos na elaboração do presente projeto de pesquisa:

- Base Cartográfica do Município de São Carlos - SP;
- Fotografias aéreas existentes da região;
- Normas da ABNT NBR 14.166/1998 – Rede de Referência Cadastral Municipal – Procedimento e NBR 13.133/1994 – Execução de Levantamento Topográfico;
- Demais normas, especificações técnicas e artigos concernentes ao assunto Redes Geodésicas;
- Marcos de concreto com as especificações de acordo com as normas vigentes;
- Plaquetas com as inscrições dos vértices geodésicos;
- Equipamento GPS: no mínimo dois receptores geodésicos de dupla frequência (L1 e L2) e códigos C/A e P com precisão nominal de até 3mm + 0,5 ppm (rms) (Receptor marca Leica Geosystems, sistema 1200, modelo GX1230). O modelo GX1230 também já é pré-disposto de fábrica para medições em tempo real RTK, desde que se utilize um par de *radio-modems* ou de telefones celulares para o *link* de comunicação de dados entre os receptores (vide ilustração de um receptor do sistema 1200 na figura 3.4);
- Software Leica Geo Office v. 5.0 para pós-processamento e ajustamento dos dados GPS;
- Software TCGeo (Software de Transformação de Coordenadas entre SIRGAS2000 e SAD69) do IBGE, disponível em:  
[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/param\\_transf/default\\_param\\_transf.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/param_transf/default_param_transf.shtm) ;
- Software MAPGEO2004 (Sistema de Interpolação de Ondulação Geoidal) do IBGE, disponível em:  
[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo\\_geoidal.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo_geoidal.shtm);
- Software VELINTER, (Interpolação do Campo de Velocidades da América do Sul), disponível em:  
<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/sirgas/principal.htm>;
- Computadores com especificações técnicas compatíveis com os programas de pós-processamento, ajustamento e análise dos dados GPS coletados em campo.



**Figura 3.4 – Receptor Leica System 1200**

**Fonte: LEICA (2007)**

### **3.4.2 Procedimentos**

#### **a) Medição dos vértices geodésicos com GPS**

Para a execução do levantamento dos vértices geodésicos com GPS foi utilizado o método de posicionamento estático, que é a técnica onde duas ou mais antenas, envolvidas na missão, permanecem fixas nas estações durante toda a sessão de observação. Este processo requer algumas horas de observações para medir a fase dos sinais das portadoras que alcançam as antenas dos receptores. É o mais usado, no estabelecimento de redes geodésicas, visto que requer somente que os pontos observados tenham uma visão desobstruída do horizonte e sem a presença de objetos que possam interferir na captação dos sinais. Os pontos da rede GPS do Estado de São Paulo foram levantados através deste método (SEGANTINE, 1995; 2005).

Para a coleta dos dados em campo, foi formada uma equipe de 03 (três) pessoas – estudantes e/ou funcionários do Departamento de Engenharia Civil (DECiv) da UFSCar. Foi realizado um planejamento para os trabalhos diários e todo o processo de logística, sincronismo de horários de rastreamento e vistoria do funcionamento dos equipamentos foi monitorada por comunicação via telefone celular entre os integrantes da equipe. Após a conclusão da coleta de dados GPS diária, esses dados foram descarregados e armazenados em um *notebook* e também em um dispositivo de *backup*.

Para a ocupação dos vértices geodésicos da rede, o par de equipamentos GPS modelo GX1230 foram estacionados simultaneamente em 02 (dois) vértices distintos em um mesmo

período de observação, formando assim os vetores da rede GPS. Esses equipamentos foram gentilmente emprestados pela empresa Engeo Locações Ltda.

Apesar de que as linhas de base entre os vértices geodésicos da rede de São Carlos serem de 5 km em média e teoricamente os requisitos de rastreamento para a resolução da ambigüidade (solução DD Fix) poderiam ser atendidos mediante a utilização de equipamentos de uma frequência (L1), e segundo o fabricante, com um tempo de observação de aproximadamente cinco minutos para cada quilômetro de linha de base, neste trabalho foi necessário a utilização de equipamentos GPS de dupla-frequência, para atender também aos requisitos de processamento do método de Posicionamento Pontual Preciso (PPP), que estipula na maioria das vezes, a coleta de dados GPS L1&L2 e períodos de observação para a aquisição dos dados de no mínimo uma hora.

#### **b) Processamento das observações dos pontos e ajustamento da rede GPS**

Após a aquisição dos dados GPS em campo processaram-se os dados, tomando-se como pontos de controle da rede dois vértices homologados pelo IBGE (vértices SAT 93668 e SAT 93670) para injuncionamento da rede de São Carlos no SGB. A partir dessas estações com as coordenadas previamente conhecidas, obtiveram-se os comprimentos das linhas de base entre demais estações, corrigidas através do método de correção diferencial das coordenadas e suas variâncias.

O pós-processamento das observações GPS foi executado com o emprego do software comercial Leica Geo Office versão 5.0 e os relatórios de processamento encontram-se disponíveis no Apêndice B.

Finalmente executou-se o ajustamento da rede geodésica processada, fazendo-se a combinação de soluções de várias sessões numa solução rigorosa de toda a rede. Deve-se considerar a correlação entre todas as observações da rede, de modo que o resultado obtido apresente uma dispersão formal compatível com a dispersão real das estações. O ajustamento da rede foi executada pelo módulo de Projeto e Ajustamento de redes 3 d do software Leica Geo Office versão 5.0. Os relatórios de ajustamento encontram-se disponíveis no Apêndice C.

**c) Análise e comparação entre os resultados do ajustamento da nova medição da rede GPS São Carlos com os resultados obtidos pelo PPP**

Foi realizada uma análise nos valores das exatidões (acurácias) resultantes da aplicação do ajustamento pelo Método dos Mínimos Quadrados nos vértices da nova medição da Rede GPS São Carlos com os novos pontos de injeção homologados pelo IBGE e feita a comparação com as exatidões obtidas pelo processamento realizado pelo método do PPP.

Quando se deseja avaliar a exatidão (acurácia), devem fazer parte das estações levantadas uma ou mais estações com coordenadas conhecidas dentro de um nível de qualidade igual ou de preferência superior ao que se pretende determinar. As discrepâncias entre os valores conhecidos e estimados indicarão o nível de exatidão atingido. Trata-se, portanto, de um aspecto a ser considerado durante o planejamento das observações (MONICO, 2000).

Após o ajustamento dos vetores da rede geodésica, conforme discutido no item 2.6.1, faz-se necessário a compatibilização das épocas de referência e do levantamento, antes de se realizar a comparação dos valores das coordenadas obtidas através do ajustamento pelo MMQ e pelo processamento pelo Método PPP. Essa compatibilização foi feita utilizando-se a equação 2.12 e os resultados gerados pelo software VELINTER. As componentes da equação 2.12 estão detalhadas na tabela 3.2.

**Tabela 3.2 – Componentes da fórmula para compatibilização das épocas de referência**

| $X(t)=X(t_0)+Vx(t-t_0)$ |                                                                                |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| X(t):                   | Vetor das observações ajustadas da rede pelo MMQ na época do levantamento (t); |
| X(to):                  | Vetor das observações ajustadas da rede pelo MMQ na época do SIRGAS (to);      |
| Vx:                     | Vetor das velocidades calculadas pelo software VELINTER;                       |
| to:                     | Época de referência (SIRGAS), 2000,4;                                          |
| t:                      | Época do levantamento da rede 2007,0.                                          |



## 4 RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados obtidos para este projeto de pesquisa. Primeiramente serão apresentados os resultados das coordenadas dos vértices da rede GPS após os novos processamentos e ajustamento realizados para os vértices da Rede Geodésica de São Carlos – SP, que foram executados utilizando-se o software Leica Geo Office (LGO) versão 5.0. A distribuição espacial das estações no software Leica Geo Office é apresentada na Figura 4.1.

Posteriormente serão apresentados os resultados das coordenadas dos vértices componentes da rede GPS processados individualmente pelo método de Posicionamento Pontual Preciso (PPP). O procedimento de cálculo do “PPP” foi executado utilizando-se as ferramentas de processamento de dados GPS *on-line* CSRS-PPP, AUSPOS e GAPS, disponibilizadas pelos governos Canadense e Australiano respectivamente para os serviços CSRS-PPP e AUSPOS e por Rodrigo Leandro no site da UNB para o serviço GAPS.

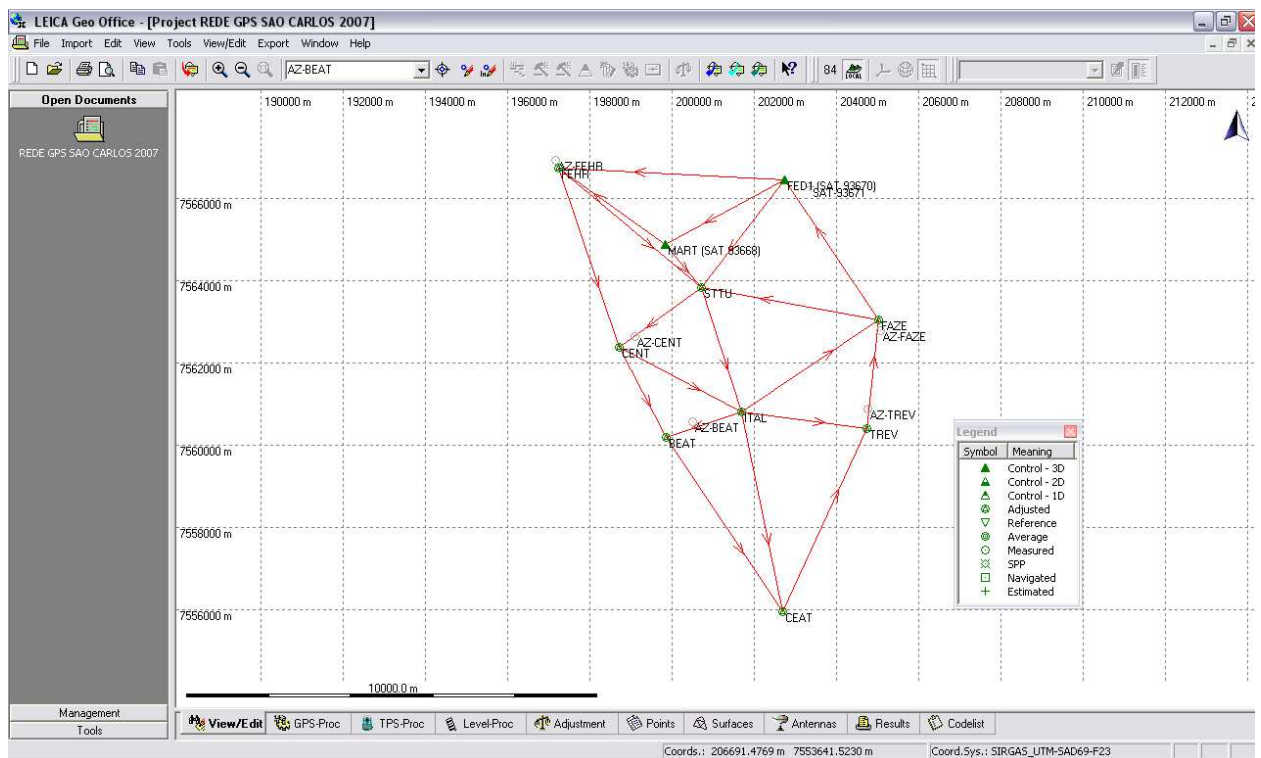


Figura 4.1 – Distribuição espacial das estações no software Leica Geo Office (2007)

## 4.1 Resultados das coordenadas dos vértices da rede GPS utilizando-se o MMQ

### 4.1.1 Vértices de controle

Para a atualização da Rede GPS de São Carlos - SP, foram utilizados como pontos de controle e injuncionamento dois vértices principais na área urbana do município que já foram homologados pelo IBGE em 2004 (SAT 93668 e SAT 93670). A seguir apresentamos a Tabela 4.1 com as coordenadas UTM e respectivos desvios-padrão dos pontos de controle:

**Tabela 4.1 - Coordenadas (UTM – SIRGAS2000) dos pontos de injuncionamento da rede**

| ID        | Este (m)    | Norte (m)     | Altura (m) | $\sigma E$ (m) | $\sigma N$ (m) | $\sigma h$ (m) |
|-----------|-------------|---------------|------------|----------------|----------------|----------------|
| SAT93668  | 199.779,110 | 7.564.833,359 | 842,35     | 0,001          | 0,001          | 0,017          |
| SAT 93670 | 202.700,743 | 7.566.400,769 | 848,91     | 0,002          | 0,002          | 0,019          |

### 4.1.2 Vértices principais

Com o novo cálculo e atualização da Rede GPS de São Carlos - SP, obteve-se um número total de dez vértices geodésicos principais (já considerando os dois vértices de controle apresentados na seção anterior). A seguir apresenta-se a Tabela 4.2 com as coordenadas dos demais vértices ajustados da rede com os seus respectivos desvios-padrão:

**Tabela 4.2 – Coordenadas (UTM – SIRGAS2000) dos pontos principais da rede**

| ID   | Este (m)    | Norte (m)     | Altura (m) | $\sigma E$ (m) | $\sigma N$ (m) | $\sigma h$ (m) |
|------|-------------|---------------|------------|----------------|----------------|----------------|
| FEHR | 197.198,919 | 7.566.681,218 | 876,468    | 0,004          | 0,004          | 0,022          |
| STTU | 200.662,882 | 7.563.786,738 | 824,455    | 0,007          | 0,006          | 0,026          |
| FAZE | 204.989,553 | 7.562.994,520 | 896,330    | 0,007          | 0,006          | 0,025          |
| CENT | 198.667,110 | 7.562.329,283 | 855,837    | 0,006          | 0,006          | 0,026          |
| ITAL | 201.638,984 | 7.560.773,646 | 827,676    | 0,006          | 0,007          | 0,027          |
| TREV | 204.694,411 | 7.560.369,826 | 870,412    | 0,007          | 0,008          | 0,028          |
| BEAT | 199.814,806 | 7.560.141,799 | 858,912    | 0,006          | 0,007          | 0,027          |
| CEAT | 202.638,765 | 7.555.906,312 | 843,195    | 0,007          | 0,007          | 0,028          |

### 4.1.3 Vértices azimutes

Com o novo cálculo e atualização da Rede GPS de São Carlos - SP obteve-se um número total de seis vértices geodésicos de azimutes, sendo que um dos vértices de azimute (SAT 93671) também já foi homologado pelo IBGE em 2004.

**Tabela 4.3 - Coordenadas (UTM – SIRGAS2000) dos vértices azimutes da rede**

| ID        | Este (m)    | Norte (m)     | Altura (m) | $\sigma E$ (m) | $\sigma N$ (m) | $\sigma h$ (m) |
|-----------|-------------|---------------|------------|----------------|----------------|----------------|
| AZ-FEHR   | 197.118,114 | 7.566.881,595 | 857,129    | 0,000          | 0,000          | 0,001          |
| SAT 93671 | 203.305,271 | 7.566.250,741 | 835,860    | 0,002          | 0,002          | 0,017          |
| AZ-FAZE   | 205.030,884 | 7.562.745,431 | 905,074    | 0,000          | 0,000          | 0,001          |
| AZ-CENT   | 199.045,285 | 7.562.606,648 | 788,900    | 0,000          | 0,000          | 0,001          |
| AZ-TREV   | 204.717,560 | 7.560.844,816 | 855,622    | 0,000          | 0,000          | 0,000          |
| AZ-BEAT   | 200.453,487 | 7.560.526,576 | 832,797    | 0,000          | 0,000          | 0,001          |

Para maior facilidade nas comparações e visualização dos resultados em metros, no desenvolvimento desta dissertação, as coordenadas dos vértices da rede calculadas pelo MMQ nas Tabelas 4.1 a 4.3 foram apresentados em UTM SIRGAS2000. Os correspondentes valores das coordenadas dos vértices transformadas para geodésicas em SIRGAS2000 e SAD69 e UTM em SAD69 podem ser consultados nas monografias dos vértices no Apêndice D.

## 4.2 Resultados das coordenadas dos vértices da rede GPS utilizando-se o PPP

Conforme foi discutido no início desta dissertação, para a obtenção dos valores das coordenadas dos vértices da rede GPS de São Carlos – SP a partir da utilização do Método de Posicionamento Pontual Preciso (PPP), os dados brutos do GPS, foram enviados para três serviços que disponibilizam esse cálculo das coordenadas on-line, que são o CSRS-PPP, o AUSPOS e o GAPS. Os resultados dos cálculos das coordenadas utilizando-se esses três serviços estão apresentados nas Tabelas de 4.4 à 4.6.

Nas tabelas a seguir, pode-se perceber que, quanto maior o tempo de coleta, maior é a precisão das coordenadas.

**Tabela 4.4 - Coordenadas (UTM – SIRGAS2000) dos pontos da rede calculadas pelo PPP  
(CSRS - Canadian Geodetic Service)**

| ID   | Período              | Este (m)    | Norte (m)     | Altura (m) | $\sigma_E$ (m) | $\sigma_N$ (m) | $\sigma_h$ (m) |
|------|----------------------|-------------|---------------|------------|----------------|----------------|----------------|
| FEHR | 2007 (PPP) (1 a 2 h) | 197.198,892 | 7.566.681,399 | 876,823    | 0,042          | 0,075          | 0,211          |
|      | " " (1 a 2 h) a      | 197.198,888 | 7.566.681,294 | 876,162    | 0,060          | 0,060          | 0,254          |
|      | " " (8 a 9 h)        | 197.198,907 | 7.566.681,340 | 876,468    | 0,004          | 0,009          | 0,026          |
| FED1 | 2007 (PPP) (1 a 2 h) | 202.700,600 | 7.566.400,895 | 849,116    | 0,048          | 0,100          | 0,176          |
|      | " " (1 a 2 h) a      | 202.700,737 | 7.566.400,907 | 848,899    | 0,039          | 0,084          | 0,191          |
|      | " " (1 a 2 h) b      | 202.700,775 | 7.566.400,883 | 848,940    | 0,024          | 0,150          | 0,082          |
|      | " " (1 a 2 h) c      | 202.700,953 | 7.566.400,874 | 849,186    | 0,048          | 0,171          | 0,137          |
| STTU | 2007 (PPP) (1 a 2 h) | 200.662,737 | 7.563.786,814 | 824,521    | 0,041          | 0,093          | 0,155          |
|      | " " (8 a 9 h)        | 200.662,863 | 7.563.786,860 | 824,408    | 0,005          | 0,010          | 0,029          |
| FAZE | 2007 (PPP) (1 a 2 h) | 204.989,484 | 7.562.994,530 | 896,523    | 0,116          | 0,251          | 0,249          |
|      | " " (1 a 2 h) a      | 204.989,509 | 7.562.994,604 | 896,425    | 0,145          | 0,120          | 0,853          |
|      | " " (3 a 4 h)        | 204.989,493 | 7.562.994,653 | 896,331    | 0,008          | 0,043          | 0,062          |
| CENT | 2007 (PPP) (1 a 2 h) | 198.667,076 | 7.562.329,433 | 855,821    | 0,028          | 0,140          | 0,209          |
|      | " " (2 a 3 h)        | 198.667,056 | 7.562.329,395 | 855,799    | 0,025          | 0,035          | 0,125          |
|      | " " (2 a 3 h) a      | 198.667,085 | 7.562.329,390 | 855,789    | 0,022          | 0,022          | 0,092          |
|      | " " (5 a 6 h)        | 198.667,079 | 7.562.329,411 | 855,854    | 0,009          | 0,014          | 0,044          |
| ITAL | 2007 (PPP) (1 a 2 h) | 201.639,125 | 7.560.773,827 | 827,940    | 0,088          | 0,144          | 0,314          |
|      | " " (1 a 2 h) a      | 201.638,896 | 7.560.773,789 | 827,747    | 0,060          | 0,083          | 0,258          |
|      | " " (1 a 2 h) b      | 201.638,944 | 7.560.773,805 | 827,563    | 0,019          | 0,046          | 0,095          |
|      | " " (1 a 2 h) c      | 201.638,995 | 7.560.773,849 | 827,890    | 0,073          | 0,072          | 0,279          |
|      | " " (1 a 2 h) d      | 201.638,948 | 7.560.773,774 | 827,615    | 0,030          | 0,154          | 0,234          |
|      | " " (1 a 2 h) e      | 201.638,870 | 7.560.773,782 | 827,788    | 0,031          | 0,092          | 0,198          |
|      | " " (1 a 2 h) f      | 201.638,919 | 7.560.773,768 | 827,537    | 0,060          | 0,121          | 0,221          |
| TREV | 2007 (PPP) (1 a 2 h) | 204.694,370 | 7.560.369,996 | 870,703    | 0,050          | 0,053          | 0,178          |
|      | " " (2 a 3 h)        | 204.694,391 | 7.560.369,941 | 870,347    | 0,015          | 0,032          | 0,076          |
| BEAT | 2007 (PPP) (1 a 2 h) | 199.814,752 | 7.560.141,946 | 858,876    | 0,043          | 0,086          | 0,200          |
|      | " " (8 a 9 h)        | 199.814,779 | 7.560.141,928 | 858,932    | 0,004          | 0,009          | 0,025          |
| CEAT | 2007 (PPP) (2 a 3 h) | 202.638,762 | 7.555.906,427 | 843,215    | 0,011          | 0,028          | 0,048          |
|      | " " (3 a 4 h)        | 202.638,738 | 7.555.906,439 | 843,246    | 0,009          | 0,031          | 0,048          |
| MART | 2007 (PPP) (2 a 3 h) | 199.779,073 | 7.564.833,457 | 842,273    | 0,017          | 0,036          | 0,074          |
|      | " " (2 a 3 h) a      | 199.779,057 | 7.564.833,426 | 842,329    | 0,014          | 0,043          | 0,061          |

**Tabela 4.5 - Coordenadas (UTM – SIRGAS) dos pontos da rede calculadas pelo PPP  
(AUSPOS – Online GPS Processing Service)**

| ID   | Período              | Este (m)    | Norte (m)     | Altura (m) | $\sigma_E$ (m) | $\sigma_N$ (m) | $\sigma_h$ (m) |
|------|----------------------|-------------|---------------|------------|----------------|----------------|----------------|
| FEHR | 2007 (PPP) (1 a 2 h) | 197.198,956 | 7.566.681,330 | 876,612    | 0,043          | 0,046          | 0,026          |
|      | " " (1 a 2 h) a      | 197.198,870 | 7.566.681,355 | 876,512    | 0,099          | 0,147          | 0,037          |
|      | " " (8 a 9 h)        | 197.198,896 | 7.566.681,320 | 876,549    | 0,011          | 0,011          | 0,005          |
| FED1 | 2007 (PPP) (1 a 2 h) | 202.700,698 | 7.566.400,871 | 848,910    | 0,002          | 0,002          | 0,019          |
|      | " " (1 a 2 h) a      | 202.700,750 | 7.566.400,878 | 848,996    | 0,026          | 0,015          | 0,015          |
|      | " " (1 a 2 h) b      | 202.700,740 | 7.566.400,893 | 849,039    | 0,037          | 0,033          | 0,009          |
|      | " " (1 a 2 h) c      | 202.700,733 | 7.566.400,855 | 849,083    | 0,047          | 0,019          | 0,012          |
| STTU | 2007 (PPP) (1 a 2 h) | 200.662,829 | 7.563.786,903 | 824,038    | 0,102          | 0,088          | 0,048          |
|      | " " (8 a 9 h)        | 200.662,869 | 7.563.786,835 | 824,420    | 0,009          | 0,009          | 0,004          |
| FAZE | 2007 (PPP) (1 a 2 h) | 204.989,487 | 7.562.994,663 | 896,495    | 0,112          | 0,062          | 0,075          |
|      | " " (1 a 2 h) a      | 204.989,538 | 7.562.994,585 | 896,348    | 0,223          | 0,196          | 0,070          |
|      | " " (3 a 4 h)        | 204.989,548 | 7.562.994,635 | 896,535    | 0,017          | 0,021          | 0,013          |
| CENT | 2007 (PPP) (1 a 2 h) | 198.667,081 | 7.562.329,386 | 855,924    | 0,015          | 0,044          | 0,015          |
|      | " " (2 a 3 h)        | 198.667,093 | 7.562.329,369 | 855,895    | 0,036          | 0,036          | 0,021          |
|      | " " (2 a 3 h) a      | 198.667,075 | 7.562.329,406 | 855,932    | 0,022          | 0,031          | 0,009          |
|      | " " (5 a 6 h)        | 198.667,071 | 7.562.329,390 | 855,866    | 0,009          | 0,009          | 0,006          |
| ITAL | 2007 (PPP) (1 a 2 h) | 201.638,934 | 7.560.773,732 | 827,657    | 0,083          | 0,040          | 0,024          |
|      | " " (1 a 2 h) a      | 201.638,967 | 7.560.773,781 | 827,832    | 0,065          | 0,076          | 0,019          |
|      | " " (1 a 2 h) b      | 201.638,952 | 7.560.773,746 | 827,725    | 0,026          | 0,013          | 0,016          |
|      | " " (1 a 2 h) c      | 201.638,957 | 7.560.773,763 | 827,704    | 0,064          | 0,047          | 0,018          |
|      | " " (1 a 2 h) d      | 201.638,985 | 7.560.773,767 | 827,707    | 0,032          | 0,048          | 0,024          |
|      | " " (1 a 2 h) e      | 201.638,970 | 7.560.773,772 | 827,716    | 0,044          | 0,032          | 0,030          |
|      | " " (1 a 2 h) f      | 201.638,820 | 7.560.773,734 | 827,482    | 0,125          | 0,087          | 0,054          |
| TREV | 2007 (PPP) (1 a 2 h) | 204.694,405 | 7.560.369,937 | 870,576    | 0,036          | 0,039          | 0,020          |
|      | " " (2 a 3 h)        | 204.694,390 | 7.560.369,927 | 870,473    | 0,021          | 0,021          | 0,014          |
| BEAT | 2007 (PPP) (1 a 2 h) | 199.814,723 | 7.560.141,913 | 859,057    | 0,065          | 0,074          | 0,037          |
|      | " " (8 a 9 h)        | 199.814,781 | 7.560.141,912 | 858,978    | 0,007          | 0,007          | 0,004          |
| CEAT | 2007 (PPP) (2 a 3 h) | 202.638,724 | 7.555.906,410 | 843,306    | 0,012          | 0,020          | 0,008          |
|      | " " (3 a 4 h)        | 202.638,739 | 7.555.906,410 | 843,290    | 0,011          | 0,018          | 0,007          |
| MART | 2007 (PPP) (2 a 3 h) | 199.779,072 | 7.564.833,417 | 842,421    | 0,009          | 0,016          | 0,006          |
|      | " " (2 a 3 h) a      | 199.779,098 | 7.564.833,420 | 842,345    | 0,013          | 0,013          | 0,009          |

**Tabela 4.6 - Coordenadas (UTM – SIRGAS) dos pontos da rede calculadas pelo PPP  
(GAPS – GPS Analysis and Positioning Software)**

| ID   | Período              | Este (m)    | Norte (m)     | Altura (m) | $\sigma E$ (m) | $\sigma N$ (m) | $\sigma h$ (m) |
|------|----------------------|-------------|---------------|------------|----------------|----------------|----------------|
| FEHR | 2007 (PPP) (1 a 2 h) | 197.198,909 | 7.566.681,328 | 876,626    | 0,028          | 0,031          | 0,091          |
|      | " " (1 a 2 h) a      | 197.198,884 | 7.566.681,342 | 876,343    | 0,039          | 0,018          | 0,009          |
|      | " " (8 a 9 h)        | 197.198,893 | 7.566.681,340 | 876,465    | 0,003          | 0,003          | 0,002          |
| FED1 | 2007 (PPP) (1 a 2 h) | 202.700,627 | 7.566.400,876 | 848,981    | 0,028          | 0,022          | 0,016          |
|      | " " (1 a 2 h) a      | 202.700,779 | 7.566.400,890 | 849,016    | 0,014          | 0,026          | 0,015          |
|      | " " (1 a 2 h) b      | 202.700,705 | 7.566.400,892 | 848,985    | 0,017          | 0,023          | 0,005          |
|      | " " (1 a 2 h) c      | 202.700,758 | 7.566.400,849 | 849,019    | 0,243          | 0,005          | 0,086          |
| STTU | 2007 (PPP) (1 a 2 h) | 200.662,784 | 7.563.786,880 | 824,213    | 0,014          | 0,031          | 0,010          |
|      | " " (8 a 9 h)        | 200.662,853 | 7.563.786,861 | 824,382    | 0,004          | 0,003          | 0,002          |
| FAZE | 2007 (PPP) (1 a 2 h) | 204.989,381 | 7.562.994,690 | 896,232    | 0,023          | 0,042          | 0,025          |
|      | " " (1 a 2 h) a      | 204.989,547 | 7.562.994,603 | 896,015    | 0,077          | 0,085          | 0,027          |
|      | " " (3 a 4 h)        | 204.989,531 | 7.562.994,654 | 896,304    | 0,010          | 0,021          | 0,004          |
| CENT | 2007 (PPP) (1 a 2 h) | 198.667,122 | 7.562.329,406 | 855,794    | 0,034          | 0,014          | 0,013          |
|      | " " (2 a 3 h)        | 198.667,046 | 7.562.329,403 | 855,860    | 0,012          | 0,011          | 0,005          |
|      | " " (2 a 3 h) a      | 198.667,069 | 7.562.329,411 | 855,804    | 0,015          | 0,012          | 0,004          |
|      | " " (5 a 6 h)        | 198.667,078 | 7.562.329,419 | 855,837    | 0,006          | 0,005          | 0,003          |
| ITAL | 2007 (PPP) (1 a 2 h) | 201.639,018 | 7.560.773,779 | 827,734    | 0,023          | 0,045          | 0,013          |
|      | " " (1 a 2 h) a      | 201.638,957 | 7.560.773,746 | 827,615    | 0,045          | 0,037          | 0,011          |
|      | " " (1 a 2 h) b      | 201.638,953 | 7.560.773,768 | 827,610    | 0,011          | 0,013          | 0,031          |
|      | " " (1 a 2 h) c      | 201.638,987 | 7.560.773,807 | 827,815    | 0,024          | 0,033          | 0,008          |
|      | " " (1 a 2 h) d      | 201.638,964 | 7.560.773,779 | 827,664    | 0,036          | 0,019          | 0,036          |
|      | " " (1 a 2 h) e      | 201.638,987 | 7.560.773,791 | 827,736    | 0,022          | 0,020          | 0,014          |
|      | " " (1 a 2 h) f      | 201.638,906 | 7.560.773,768 | 827,609    | 0,026          | 0,035          | 0,016          |
| TREV | 2007 (PPP) (1 a 2 h) | 204.694,384 | 7.560.369,975 | 870,382    | 0,027          | 0,026          | 0,013          |
|      | " " (2 a 3 h)        | 204.694,399 | 7.560.369,966 | 870,528    | 0,009          | 0,009          | 0,006          |
| BEAT | 2007 (PPP) (1 a 2 h) | 199.814,722 | 7.560.141,936 | 859,003    | 0,035          | 0,032          | 0,020          |
|      | " " (8 a 9 h)        | 199.814,789 | 7.560.141,930 | 858,887    | 0,004          | 0,003          | 0,002          |
| CEAT | 2007 (PPP) (2 a 3 h) | 202.638,730 | 7.555.906,419 | 843,226    | 0,009          | 0,006          | 0,005          |
|      | " " (3 a 4 h)        | 202.638,736 | 7.555.906,428 | 843,186    | 0,005          | 0,009          | 0,004          |
| MART | 2007 (PPP) (2 a 3 h) | 199.779,054 | 7.564.833,440 | 842,375    | 0,010          | 0,007          | 0,005          |
|      | " " (2 a 3 h) a      | 199.779,083 | 7.564.833,436 | 842,397    | 0,006          | 0,009          | 0,005          |

### 4.3 Resultados das velocidades calculadas pelo software VELINTER

As velocidades de deslocamento da placa tectônica na região dos vértices da rede geodésica de São Carlos estão apresentadas na Tabela 4.7.

**Tabela 4.7 – Velocidades de deslocamento das placas tectônicas no Brasil**  
(Adaptada do resultado gerado pelo software VELINTER)

-----  
Interpolated Station Velocities From 1 Degree \* 1 Degree Velocity Field Grid  
-----

Geographic v(Lat), v(Long) and geocentric v(X), v(Y), v(Z) velocities [m/a]

SIRGAS2000-95

Interpolated from Velocity Grid in ITRF (rel. SOAM + DGFI02P01 SOAM rotation; v(Lat): SN; v(Long): WE; in m/a)

Station Latitude Longitude v(Lat) v(Long) v(X) v(Y) v(Z) no  
-----

|      |         |         |        |         |        |         |        |   |
|------|---------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---|
| FAZE | -22.010 | -47.860 | 0.0126 | -0.0033 | 0.0007 | -0.0057 | 0.0117 | 4 |
| CENT | -22.020 | -47.920 | 0.0126 | -0.0033 | 0.0007 | -0.0057 | 0.0117 | 4 |
| ITAL | -22.030 | -47.890 | 0.0126 | -0.0033 | 0.0007 | -0.0057 | 0.0117 | 4 |
| TREV | -22.040 | -47.860 | 0.0126 | -0.0033 | 0.0007 | -0.0057 | 0.0117 | 4 |
| BEAT | -22.040 | -47.910 | 0.0126 | -0.0033 | 0.0007 | -0.0057 | 0.0117 | 4 |
| MART | -22.000 | -47.910 | 0.0126 | -0.0033 | 0.0007 | -0.0057 | 0.0117 | 6 |
| FED1 | -21.980 | -47.880 | 0.0126 | -0.0033 | 0.0007 | -0.0057 | 0.0117 | 4 |
| STTU | -22.000 | -47.900 | 0.0126 | -0.0033 | 0.0007 | -0.0057 | 0.0117 | 6 |
| FEHR | -21.980 | -47.930 | 0.0126 | -0.0033 | 0.0007 | -0.0057 | 0.0117 | 4 |
| CEAT | -22.080 | -47.880 | 0.0126 | -0.0033 | 0.0007 | -0.0058 | 0.0117 | 4 |

-----

Os valores das coordenadas dos vértices geodésicos principais resultantes do ajustamento da rede, com as respectivas compatibilizações de épocas, utilizando os resultados das interpolações dos campos de velocidades gerados pelo programa VELINTER através da Equação de transformação de *Helmert* estão apresentados nas Tabelas de 5.1 a 5.6, para comparação dos valores com os valores calculados pelos serviços de PPP on-line.

## 5 ANÁLISES

Em síntese, o assunto abordado nos capítulos anteriores desta dissertação consistiu principalmente no embasamento para a avaliação da comparação dos resultados das coordenadas dos vértices geodésicos da rede GPS do município de São Carlos – SP calculados e ajustados fazendo uso da aplicação do Método dos Mínimos Quadrados (MMQ) com a aplicação do Método de Posicionamento Pontual Preciso (PPP).

Para a aplicação do MMQ a rede foi injuncionada em dois vértices geodésicos da área urbana do município de São Carlos – SP (SAT 93668 e SAT 93670), homologados pelo IBGE, os quais têm as suas coordenadas geodésicas disponíveis nos sistemas geodésicos SAD69 e SIRGAS2000. Todas as medições com GPS executadas nos vértices geodésicos com período mínimo de uma hora tiveram os seus respectivos dados brutos exportados em formato RINEX e carregados na Internet em três endereços eletrônicos pertencentes a instituições ou agências que disponibilizam serviços on-line de cálculo de coordenadas absolutas de medições GPS com a utilização do Método PPP (AUSPOS – *Online GPS Processing Service* mantido por *Australian Government – Geoscience Australia*, CSRS-PPP – *Canadian Spatial Reference System – Precise Point Positioning* mantido por *Natural Resources Canada – Geodetic Survey Division* e GAPS – *GPS Analysis Positioning System*, mantido por Rodrigo Leandro na página da *UNB – University of New Brunswick*), os quais enviam uma resposta para o e-mail informado pelo remetente com as coordenadas dos pontos calculadas nos sistemas ITRF2000 ou ITRF2005 ou ainda disponibilizam um endereço eletrônico para acesso aos arquivos do cálculo das observações GPS.

Para auxiliar nas comparações das coordenadas de todos os vértices da rede GPS foram transcritas as Tabelas 5.1 a 5.6, nas quais foram disponibilizadas todas as coordenadas calculadas pelo MMQ e também todas as medições calculadas pelo método PPP (CSRS-PPP, AUSPOS e GAPS), com os seus respectivos desvios-padrão. Nota-se que para determinados pontos da rede GPS, por uma questão de logística de campo, tiveram as suas medições executadas por mais de uma vez com períodos de ocupação coincidentes e também variáveis em algumas situações.

Posteriormente foram gerados os gráficos com os valores das tabelas, nos quais podem ser observadas as discrepâncias dos valores das coordenadas calculadas pelo método PPP (CSRS-PPP, AUSPOS e GAPS) em relação ao cálculo utilizando o ajustamento da rede pelo MMQ.



Para auxiliar na interpretação dos resultados e análises contidas nas Tabelas 5.1 a 5.6, segue abaixo uma legenda que é comum a todas essas tabelas.

**Legenda para as tabelas 5.1 a 5.6:**








-  Vértices homologados pelo IBGE
-  Vértices da Rede GPS 2003
-  Vértices da Rede GPS 2003 destruídos e re-implantados em 2007
-  Vetor resultante da diferença dos valores das medições dos vértices comparando-se a Rede GPS 2003 e 2007
-  Vetor resultante da diferença dos valores das medições dos vértices comparando-se a Rede GPS 2007 e o PPP
-  Vetor resultante da diferença dos valores das medições dos vértices comparando-se a Rede GPS 2003 e a homologação pelo IBGE em 2004
-  Valores de discrepâncias que excederam o limite de 10 cm em 2d e 3d;
- N.A. Não se aplica

Tabela 5.1 - Comparação dos resultados das Coordenadas dos pontos da rede – MMQ x CSRS\_PPP (UTM – SIRGAS2000)

| DATA                   | ESTE         | NORTE          | ALT. GEOM. (h) | V ≠ 2D | V ≠ 3D | $\sigma(\varphi)$ | $\sigma(\lambda)$ | $\sigma(h)$ | GDOP   |        | GDOP   |        | GDOP   |        |
|------------------------|--------------|----------------|----------------|--------|--------|-------------------|-------------------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                        | (m)          | (m)            | (m)            | (m)    | (m)    | (m)               | (m)               | (m)         | (mín.) | (máx.) | (mín.) | (máx.) | (mín.) | (máx.) |
| <b>FEHR</b>            |              |                |                |        |        |                   |                   |             |        |        |        |        |        |        |
| 2003                   | 197.198,8520 | 7.566.681,3450 | 876,4970       |        |        | 0,017             | 0,016             | 0,055       |        |        |        |        |        |        |
| 2007                   | 197.198,8830 | 7.566.681,3380 | 876,4890       | 0,03   | 0,03   | 0,007             | 0,014             | 0,007       | 3,2    | 7,5    | 2,9    | 7,8    | -      | -      |
| 2007 (PPP) (1 a 2 h) a | 197.198,8920 | 7.566.681,3990 | 876,8230       | 0,06   | 0,34   | 0,042             | 0,075             | 0,211       |        |        |        |        |        |        |
| " " (1 a 2 h) b        | 197.198,8880 | 7.566.681,2940 | 876,1620       | 0,04   | 0,33   | 0,060             | 0,060             | 0,254       |        |        |        |        |        |        |
| " " (8 a 9 h)          | 197.198,9070 | 7.566.681,3400 | 876,4680       | 0,02   | 0,03   | 0,004             | 0,009             | 0,026       |        |        |        |        |        |        |
| <b>FED1</b>            |              |                |                |        |        |                   |                   |             |        |        |        |        |        |        |
| 2003                   | 202.700,6820 | 7.566.400,8500 | 848,9270       |        |        | 0,017             | 0,015             | 0,053       |        |        |        |        |        |        |
| 2004                   | 202.700,7120 | 7.566.400,8580 | 848,9370       | 0,03   | 0,03   | 0,010             | 0,022             | 0,000       | -      | -      | -      | -      | -      | -      |
| 2007 (PPP) (1 a 2 h) a | 202.700,6000 | 7.566.400,8950 | 849,1160       | 0,12   | 0,21   | 0,048             | 0,100             | 0,176       |        |        |        |        |        |        |
| " " (1 a 2 h) b        | 202.700,7370 | 7.566.400,9070 | 848,8990       | 0,06   | 0,07   | 0,039             | 0,084             | 0,191       |        |        |        |        |        |        |
| " " (1 a 2 h) c        | 202.700,7750 | 7.566.400,8830 | 848,9400       | 0,07   | 0,07   | 0,024             | 0,150             | 0,082       |        |        |        |        |        |        |
| " " (1 a 2 h) d        | 202.700,9530 | 7.566.400,8740 | 849,1860       | 0,24   | 0,35   | 0,048             | 0,171             | 0,137       |        |        |        |        |        |        |
| <b>STTU</b>            |              |                |                |        |        |                   |                   |             |        |        |        |        |        |        |
| 2003                   | 200.662,8190 | 7.563.786,8520 | 824,5020       |        |        | 0,016             | 0,015             | 0,051       |        |        |        |        |        |        |
| 2007                   | 200.662,8450 | 7.563.786,8550 | 824,4900       | 0,03   | 0,03   | 0,007             | 0,014             | 0,012       | 3,9    | 20,2   | 2,5    | 8,9    | 2,4    | 3,0    |
| 2007 (PPP) (1 a 2 h)   | 200.662,7370 | 7.563.786,8140 | 824,5210       | 0,12   | 0,12   | 0,041             | 0,093             | 0,155       |        |        |        |        |        |        |
| " " (8 a 9 h)          | 200.662,8630 | 7.563.786,8600 | 824,4080       | 0,02   | 0,08   | 0,005             | 0,010             | 0,029       |        |        |        |        |        |        |
| <b>FAZE</b>            |              |                |                |        |        |                   |                   |             |        |        |        |        |        |        |
| 2003                   | 204.989,4870 | 7.562.994,6340 | 896,3740       |        |        | 0,017             | 0,016             | 0,057       |        |        |        |        |        |        |
| 2007                   | 204.989,5280 | 7.562.994,6380 | 896,3450       | 0,04   | 0,05   | 0,008             | 0,015             | 0,015       | 2,3    | 7,8    | 2,3    | 3,5    | -      | -      |
| 2007 (PPP) (1 a 2 h) a | 204.989,4840 | 7.562.994,5300 | 896,5230       | 0,12   | 0,21   | 0,116             | 0,251             | 0,249       |        |        |        |        |        |        |
| " " (1 a 2 h) b        | 204.989,5090 | 7.562.994,6040 | 896,4250       | 0,04   | 0,09   | 0,145             | 0,120             | 0,853       |        |        |        |        |        |        |
| " " (3 a 4 h)          | 204.989,4930 | 7.562.994,6530 | 896,3310       | 0,04   | 0,04   | 0,008             | 0,043             | 0,062       |        |        |        |        |        |        |
| <b>CENT</b>            |              |                |                |        |        |                   |                   |             |        |        |        |        |        |        |
| 2003                   | 198.667,0420 | 7.562.329,3960 | 855,8990       |        |        | 0,017             | 0,016             | 0,054       |        |        |        |        |        |        |
| 2007                   | 198.667,0720 | 7.562.329,4000 | 855,8720       | 0,03   | 0,04   | 0,008             | 0,014             | 0,014       | 2,3    | 5,4    | 2,3    | 5,3    | -      | -      |
| 2007 (PPP) (1 a 2 h)   | 198.667,0760 | 7.562.329,4330 | 855,8210       | 0,03   | 0,06   | 0,028             | 0,140             | 0,209       |        |        |        |        |        |        |
| " " (2 a 3 h) a        | 198.667,0560 | 7.562.329,3950 | 855,7990       | 0,02   | 0,07   | 0,025             | 0,035             | 0,125       |        |        |        |        |        |        |
| " " (2 a 3 h) b        | 198.667,0850 | 7.562.329,3900 | 855,7890       | 0,02   | 0,08   | 0,022             | 0,022             | 0,092       |        |        |        |        |        |        |
| " " (5 a 6 h)          | 198.667,0790 | 7.562.329,4110 | 855,8540       | 0,01   | 0,02   | 0,009             | 0,014             | 0,044       |        |        |        |        |        |        |

Tabela 5.2 - Comparação dos resultados das Coordenadas dos pontos da rede – MMQ x CSRS\_PPP (UTM – SIRGAS2000) – continuação

| DATA                   | ESTE<br>(m)  | NORTE<br>(m)   | ALT. GEOM. (h)<br>(m) | V ≠ 2D<br>(m) | V ≠ 3D<br>(m) | $\sigma(\varphi)$<br>(m) | $\sigma(\lambda)$<br>(m) | $\sigma(h)$<br>(m) | GDOP<br>(mín.) (máx.) |      | GDOP<br>(mín.) (máx.) |      | GDOP<br>(mín.) (máx.) |   |
|------------------------|--------------|----------------|-----------------------|---------------|---------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|-----------------------|------|-----------------------|------|-----------------------|---|
| <b>ITAL</b>            |              |                |                       |               |               |                          |                          |                    |                       |      |                       |      |                       |   |
| 2003                   | 201.638,9180 | 7.560.773,7650 | 827,7000              |               |               | 0,017                    | 0,016                    | 0,053              |                       |      |                       |      |                       |   |
| 2007                   | 201.638,9450 | 7.560.773,7630 | 827,7130              | 0,03          | 0,03          | 0,008                    | 0,014                    | 0,016              | 4,3                   | 11,5 | 3,0                   | 11,5 | -                     | - |
| 2007 (PPP) (1 a 2 h) a | 201.639,1250 | 7.560.773,8270 | 827,9400              | 0,19          | 0,30          | 0,088                    | 0,144                    | 0,314              |                       |      |                       |      |                       |   |
| " " (1 a 2 h) b        | 201.638,8960 | 7.560.773,7890 | 827,7470              | 0,06          | 0,07          | 0,060                    | 0,083                    | 0,258              |                       |      |                       |      |                       |   |
| " " (1 a 2 h) c        | 201.638,9440 | 7.560.773,8050 | 827,5630              | 0,04          | 0,16          | 0,019                    | 0,046                    | 0,095              |                       |      |                       |      |                       |   |
| " " (1 a 2 h) d        | 201.638,9950 | 7.560.773,8490 | 827,8900              | 0,10          | 0,20          | 0,073                    | 0,072                    | 0,279              |                       |      |                       |      |                       |   |
| " " (1 a 2 h) e        | 201.638,9480 | 7.560.773,7740 | 827,6150              | 0,01          | 0,10          | 0,030                    | 0,154                    | 0,234              |                       |      |                       |      |                       |   |
| " " (1 a 2 h) f        | 201.638,8700 | 7.560.773,7820 | 827,7880              | 0,08          | 0,11          | 0,031                    | 0,092                    | 0,198              |                       |      |                       |      |                       |   |
| " " (1 a 2 h) g        | 201.638,9190 | 7.560.773,7680 | 827,5370              | 0,03          | 0,18          | 0,060                    | 0,121                    | 0,221              |                       |      |                       |      |                       |   |
| <b>TREV</b>            |              |                |                       |               |               |                          |                          |                    |                       |      |                       |      |                       |   |
| 2003                   | 204.642,7580 | 7.560.418,7480 | 868,5380              |               |               | 0,018                    | 0,017                    | 0,055              |                       |      |                       |      |                       |   |
| 2007                   | 204.694,3730 | 7.560.369,9440 | 870,4430              | N.A.          | N.A.          | 0,009                    | 0,015                    | 0,017              | 2,3                   | 3,4  | 2,8                   | 4,7  | -                     | - |
| 2007 (PPP) (1 a 2 h)   | 204.694,3700 | 7.560.369,9960 | 870,7030              | 0,05          | 0,27          | 0,050                    | 0,053                    | 0,178              |                       |      |                       |      |                       |   |
| " " (2 a 3 h)          | 204.694,3910 | 7.560.369,9410 | 870,3470              | 0,02          | 0,10          | 0,015                    | 0,032                    | 0,076              |                       |      |                       |      |                       |   |
| <b>BEAT</b>            |              |                |                       |               |               |                          |                          |                    |                       |      |                       |      |                       |   |
| 2003                   | 199.814,7360 | 7.560.141,9040 | 859,1180              |               |               | 0,019                    | 0,017                    | 0,057              |                       |      |                       |      |                       |   |
| 2007                   | 199.814,7670 | 7.560.141,9170 | 858,9470              | 0,03          | 0,17          | 0,008                    | 0,014                    | 0,015              | 2,5                   | 8,2  | 2,3                   | 3,0  | -                     | - |
| 2007 (PPP) (1 a 2 h)   | 199.814,7520 | 7.560.141,9460 | 858,8760              | 0,03          | 0,08          | 0,043                    | 0,086                    | 0,200              |                       |      |                       |      |                       |   |
| " " (8 a 9 h)          | 199.814,7790 | 7.560.141,9280 | 858,9320              | 0,02          | 0,02          | 0,004                    | 0,009                    | 0,025              |                       |      |                       |      |                       |   |
| <b>CEAT</b>            |              |                |                       |               |               |                          |                          |                    |                       |      |                       |      |                       |   |
| 2003                   | 202.598,9980 | 7.555.891,7180 | 865,8480              |               |               | 0,018                    | 0,017                    | 0,057              |                       |      |                       |      |                       |   |
| 2007                   | 202.638,7260 | 7.555.906,4300 | 843,2290              | N.A.          | N.A.          | 0,008                    | 0,014                    | 0,016              | 2,5                   | 8,4  | 2,1                   | 3,5  | -                     | - |
| 2007 (PPP) (2 a 3 h)   | 202.638,7620 | 7.555.906,4270 | 843,2150              | 0,04          | 0,04          | 0,011                    | 0,028                    | 0,048              |                       |      |                       |      |                       |   |
| " " (3 a 4 h)          | 202.638,7380 | 7.555.906,4390 | 843,2460              | 0,02          | 0,02          | 0,009                    | 0,031                    | 0,049              |                       |      |                       |      |                       |   |
| <b>MART</b>            |              |                |                       |               |               |                          |                          |                    |                       |      |                       |      |                       |   |
| 2003                   | -            | -              | -                     | -             | -             | -                        | -                        | -                  |                       |      |                       |      |                       |   |
| 2004                   | 199.779,0790 | 7.564.833,4520 | 842,3710              | N.A.          | N.A.          | 0,022                    | 0,010                    | 0,000              | -                     | -    | -                     | -    | -                     | - |
| 2007 (PPP) (2 a 3 h) a | 199.779,0730 | 7.564.833,4570 | 842,2730              | 0,01          | 0,10          | 0,017                    | 0,036                    | 0,074              |                       |      |                       |      |                       |   |
| " " (2 a 3 h) b        | 199.779,0570 | 7.564.833,4260 | 842,3290              | 0,03          | 0,05          | 0,014                    | 0,043                    | 0,061              |                       |      |                       |      |                       |   |

Tabela 5.3 - Comparação dos resultados das Coordenadas dos pontos da rede – MMQ x AUSPOS\_PPP (UTM – SIRGAS2000)

| DATA                   | ESTE         | NORTE          | ALT. GEOM. (h) | V ≠ 2D | V ≠ 3D | $\sigma(\varphi)$ | $\sigma(\lambda)$ | $\sigma(h)$ | GDOP   |        | GDOP   |        | GDOP   |        |
|------------------------|--------------|----------------|----------------|--------|--------|-------------------|-------------------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                        | (m)          | (m)            | (m)            | (m)    | (m)    | (m)               | (m)               | (m)         | (mín.) | (máx.) | (mín.) | (máx.) | (mín.) | (máx.) |
| <b>FEHR</b>            |              |                |                |        |        |                   |                   |             |        |        |        |        |        |        |
| 2003                   | 197.198,8520 | 7.566.681,3450 | 876,4970       |        |        | 0,017             | 0,016             | 0,055       |        |        |        |        |        |        |
| 2007                   | 197.198,8830 | 7.566.681,3380 | 876,4890       | 0,03   | 0,03   | 0,007             | 0,014             | 0,007       | 3,2    | 7,5    | 2,9    | 7,8    | -      | -      |
| 2007 (PPP) (1 a 2 h) a | 197.198,9560 | 7.566.681,3300 | 876,6120       | 0,07   | 0,14   | 0,043             | 0,046             | 0,026       |        |        |        |        |        |        |
| " " (1 a 2 h) b        | 197.198,8700 | 7.566.681,3550 | 876,5120       | 0,02   | 0,03   | 0,099             | 0,147             | 0,037       |        |        |        |        |        |        |
| " " (8 a 9 h)          | 197.198,8960 | 7.566.681,3200 | 876,5490       | 0,02   | 0,06   | 0,011             | 0,011             | 0,005       |        |        |        |        |        |        |
| <b>FED1</b>            |              |                |                |        |        |                   |                   |             |        |        |        |        |        |        |
| 2003                   | 202.700,6820 | 7.566.400,8500 | 848,9270       |        |        | 0,017             | 0,015             | 0,053       |        |        |        |        |        |        |
| 2004                   | 202.700,7120 | 7.566.400,8580 | 848,9370       | 0,03   | 0,03   | 0,002             | 0,002             | 0,019       | -      | -      | -      | -      | -      | -      |
| 2007 (PPP) (1 a 2 h) a | 202.700,6980 | 7.566.400,8710 | 848,9800       | 0,02   | 0,05   | 0,026             | 0,033             | 0,019       |        |        |        |        |        |        |
| " " (1 a 2 h) b        | 202.700,7500 | 7.566.400,8780 | 848,9960       | 0,04   | 0,07   | 0,026             | 0,015             | 0,015       |        |        |        |        |        |        |
| " " (1 a 2 h) c        | 202.700,7400 | 7.566.400,8930 | 849,0390       | 0,04   | 0,11   | 0,037             | 0,033             | 0,009       |        |        |        |        |        |        |
| " " (1 a 2 h) d        | 202.700,7330 | 7.566.400,8550 | 849,0830       | 0,02   | 0,15   | 0,047             | 0,019             | 0,012       |        |        |        |        |        |        |
| <b>STTU</b>            |              |                |                |        |        |                   |                   |             |        |        |        |        |        |        |
| 2003                   | 200.662,8190 | 7.563.786,8520 | 824,5020       |        |        | 0,016             | 0,015             | 0,051       |        |        |        |        |        |        |
| 2007                   | 200.662,8450 | 7.563.786,8550 | 824,4900       | 0,03   | 0,03   | 0,007             | 0,014             | 0,012       | 3,9    | 20,2   | 2,5    | 8,9    | 2,4    | 3,0    |
| 2007 (PPP) (1 a 2 h)   | 200.662,8290 | 7.563.786,9030 | 824,0380       | 0,05   | 0,45   | 0,102             | 0,088             | 0,048       |        |        |        |        |        |        |
| " " (8 a 9 h)          | 200.662,8690 | 7.563.786,8350 | 824,4200       | 0,03   | 0,08   | 0,009             | 0,009             | 0,004       |        |        |        |        |        |        |
| <b>FAZE</b>            |              |                |                |        |        |                   |                   |             |        |        |        |        |        |        |
| 2003                   | 204.989,4870 | 7.562.994,6340 | 896,3740       |        |        | 0,017             | 0,016             | 0,057       |        |        |        |        |        |        |
| 2007                   | 204.989,5280 | 7.562.994,6380 | 896,3450       | 0,04   | 0,05   | 0,008             | 0,015             | 0,015       | 2,3    | 7,8    | 2,3    | 3,5    | -      | -      |
| 2007 (PPP) (1 a 2 h) a | 204.989,4820 | 7.562.994,6320 | 896,3870       | 0,05   | 0,06   | 0,112             | 0,062             | 0,075       |        |        |        |        |        |        |
| " " (1 a 2 h) b        | 204.989,5380 | 7.562.994,5850 | 896,3480       | 0,05   | 0,05   | 0,223             | 0,196             | 0,070       |        |        |        |        |        |        |
| " " (3 a 4 h)          | 204.989,5480 | 7.562.994,6350 | 896,5350       | 0,02   | 0,19   | 0,017             | 0,021             | 0,013       |        |        |        |        |        |        |
| <b>CENT</b>            |              |                |                |        |        |                   |                   |             |        |        |        |        |        |        |
| 2003                   | 198.667,0420 | 7.562.329,3960 | 855,8990       |        |        | 0,017             | 0,016             | 0,054       |        |        |        |        |        |        |
| 2007                   | 198.667,0720 | 7.562.329,4000 | 855,8720       | 0,03   | 0,04   | 0,008             | 0,014             | 0,014       | 2,3    | 5,4    | 2,3    | 5,3    | -      | -      |
| 2007 (PPP) (1 a 2 h)   | 198.667,0810 | 7.562.329,3860 | 855,9240       | 0,02   | 0,05   | 0,015             | 0,044             | 0,015       |        |        |        |        |        |        |
| " " (2 a 3 h) a        | 198.667,0930 | 7.562.329,3690 | 855,8950       | 0,04   | 0,04   | 0,036             | 0,036             | 0,021       |        |        |        |        |        |        |
| " " (2 a 3 h) b        | 198.667,0750 | 7.562.329,4060 | 855,9320       | 0,01   | 0,06   | 0,022             | 0,031             | 0,009       |        |        |        |        |        |        |
| " " (5 a 6 h)          | 198.667,0710 | 7.562.329,3900 | 855,8660       | 0,01   | 0,01   | 0,009             | 0,009             | 0,006       |        |        |        |        |        |        |

Tabela 5.4 - Comparação dos resultados das Coordenadas dos pontos da rede - MMQ x AUSPOS\_PPP (UTM – SIRGAS2000) – continuação

| DATA                   | ESTE<br>(m)  | NORTE<br>(m)   | ALT. GEOM. (h)<br>(m) | V ≠ 2D<br>(m) | V ≠ 3D<br>(m) | $\sigma(\varphi)$<br>(m) | $\sigma(\lambda)$<br>(m) | $\sigma(h)$<br>(m) | GDOP<br>(mín.) (máx.) |      | GDOP<br>(mín.) (máx.) |      | GDOP<br>(mín.) (máx.) |   |
|------------------------|--------------|----------------|-----------------------|---------------|---------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|-----------------------|------|-----------------------|------|-----------------------|---|
| <b>ITAL</b>            |              |                |                       |               |               |                          |                          |                    |                       |      |                       |      |                       |   |
| 2003                   | 201.638,9180 | 7.560.773,7650 | 827,7000              |               |               | 0,017                    | 0,016                    | 0,053              |                       |      |                       |      |                       |   |
| 2007                   | 201.638,9450 | 7.560.773,7630 | 827,7130              | 0,03          | 0,03          | 0,008                    | 0,014                    | 0,016              | 4,3                   | 11,5 | 3,0                   | 11,5 | -                     | - |
| 2007 (PPP) (1 a 2 h) a | 201.638,9340 | 7.560.773,7320 | 827,6570              | 0,03          | 0,06          | 0,083                    | 0,040                    | 0,024              |                       |      |                       |      |                       |   |
| " " (1 a 2 h) b        | 201.638,9670 | 7.560.773,7810 | 827,8320              | 0,03          | 0,12          | 0,065                    | 0,076                    | 0,019              |                       |      |                       |      |                       |   |
| " " (1 a 2 h) c        | 201.638,9520 | 7.560.773,7460 | 827,7250              | 0,02          | 0,02          | 0,026                    | 0,013                    | 0,016              |                       |      |                       |      |                       |   |
| " " (1 a 2 h) d        | 201.638,9570 | 7.560.773,7630 | 827,7040              | 0,01          | 0,01          | 0,064                    | 0,047                    | 0,018              |                       |      |                       |      |                       |   |
| " " (1 a 2 h) e        | 201.638,9850 | 7.560.773,7670 | 827,7070              | 0,04          | 0,04          | 0,032                    | 0,048                    | 0,024              |                       |      |                       |      |                       |   |
| " " (1 a 2 h) f        | 201.638,9700 | 7.560.773,7720 | 827,7160              | 0,03          | 0,03          | 0,044                    | 0,032                    | 0,030              |                       |      |                       |      |                       |   |
| " " (1 a 2 h) g        | 201.638,8200 | 7.560.773,7340 | 827,4820              | 0,13          | 0,26          | 0,125                    | 0,087                    | 0,054              |                       |      |                       |      |                       |   |
| <b>TREV</b>            |              |                |                       |               |               |                          |                          |                    |                       |      |                       |      |                       |   |
| 2003                   | 204.642,7580 | 7.560.418,7480 | 868,5380              |               |               | 0,018                    | 0,017                    | 0,055              |                       |      |                       |      |                       |   |
| 2007                   | 204.694,3730 | 7.560.369,9440 | 870,4430              | N.A.          | N.A.          | 0,009                    | 0,015                    | 0,017              | 2,3                   | 3,4  | 2,8                   | 4,7  | -                     | - |
| 2007 (PPP) (1 a 2 h)   | 204.694,4050 | 7.560.369,9370 | 870,5760              | 0,03          | 0,14          | 0,036                    | 0,039                    | 0,020              |                       |      |                       |      |                       |   |
| " " (2 a 3 h)          | 204.694,3900 | 7.560.369,9270 | 870,4730              | 0,02          | 0,04          | 0,021                    | 0,021                    | 0,014              |                       |      |                       |      |                       |   |
| <b>BEAT</b>            |              |                |                       |               |               |                          |                          |                    |                       |      |                       |      |                       |   |
| 2003                   | 199.814,7360 | 7.560.141,9040 | 859,1180              |               |               | 0,019                    | 0,017                    | 0,057              |                       |      |                       |      |                       |   |
| 2007                   | 199.814,7670 | 7.560.141,9170 | 858,9470              | 0,03          | 0,17          | 0,008                    | 0,014                    | 0,015              | 2,5                   | 8,2  | 2,3                   | 3,0  | -                     | - |
| 2007 (PPP) (1 a 2 h)   | 199.814,7230 | 7.560.141,9130 | 859,0570              | 0,04          | 0,12          | 0,065                    | 0,074                    | 0,037              |                       |      |                       |      |                       |   |
| " " (8 a 9 h)          | 199.814,7810 | 7.560.141,9120 | 858,9780              | 0,01          | 0,03          | 0,007                    | 0,007                    | 0,004              |                       |      |                       |      |                       |   |
| <b>CEAT</b>            |              |                |                       |               |               |                          |                          |                    |                       |      |                       |      |                       |   |
| 2003                   | 202.598,9980 | 7.555.891,7180 | 865,8480              |               |               | 0,018                    | 0,017                    | 0,057              |                       |      |                       |      |                       |   |
| 2007                   | 202.638,7260 | 7.555.906,4300 | 843,2290              | N.A.          | N.A.          | 0,008                    | 0,014                    | 0,016              | 2,5                   | 8,4  | 2,1                   | 3,5  | -                     | - |
| 2007 (PPP) (2 a 3 h)   | 202.638,7240 | 7.555.906,4100 | 843,3060              | 0,02          | 0,08          | 0,012                    | 0,020                    | 0,008              |                       |      |                       |      |                       |   |
| " " (3 a 4 h)          | 202.638,7390 | 7.555.906,4100 | 843,2900              | 0,02          | 0,07          | 0,011                    | 0,018                    | 0,007              |                       |      |                       |      |                       |   |
| <b>MART</b>            |              |                |                       |               |               |                          |                          |                    |                       |      |                       |      |                       |   |
| 2003                   | -            | -              | -                     | -             | -             | -                        | -                        | -                  |                       |      |                       |      |                       |   |
| 2004                   | 199.779,0790 | 7.564.833,4520 | 842,3710              | N.A.          | N.A.          | 0,001                    | 0,001                    | 0,017              | -                     | -    | -                     | -    | -                     | - |
| 2007 (PPP) (2 a 3 h) a | 199.779,0720 | 7.564.833,4170 | 842,4210              | 0,04          | 0,06          | 0,009                    | 0,016                    | 0,006              |                       |      |                       |      |                       |   |
| " " (2 a 3 h) b        | 199.779,0980 | 7.564.833,4200 | 842,3450              | 0,04          | 0,05          | 0,013                    | 0,013                    | 0,009              |                       |      |                       |      |                       |   |

Tabela 5.5 - Comparação dos resultados das Coordenadas dos pontos da rede – MMQ x GAPS\_PPP (UTM – SIRGAS2000)

| DATA                   | ESTE         | NORTE          | ALT. GEOM. (h) | V ≠ 2D | V ≠ 3D | $\sigma(\varphi)$ | $\sigma(\lambda)$ | $\sigma(h)$ | GDOP   |        | GDOP   |        | GDOP   |        |
|------------------------|--------------|----------------|----------------|--------|--------|-------------------|-------------------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                        | (m)          | (m)            | (m)            | (m)    | (m)    | (m)               | (m)               | (m)         | (mín.) | (máx.) | (mín.) | (máx.) | (mín.) | (máx.) |
| <b>FEHR</b>            |              |                |                |        |        |                   |                   |             |        |        |        |        |        |        |
| 2003                   | 197.198,8520 | 7.566.681,3450 | 876,4970       |        |        | 0,017             | 0,016             | 0,055       |        |        |        |        |        |        |
| 2007                   | 197.198,8830 | 7.566.681,3380 | 876,4890       | 0,03   | 0,03   | 0,007             | 0,014             | 0,007       | 3,2    | 7,5    | 2,9    | 7,8    | -      | -      |
| 2007 (PPP) (1 a 2 h) a | 197.198,9090 | 7.566.681,3350 | 876,4930       | 0,03   | 0,03   | 0,028             | 0,031             | 0,091       |        |        |        |        |        |        |
| " " (1 a 2 h) b        | 197.198,8840 | 7.566.681,3420 | 876,3430       | 0,00   | 0,15   | 0,039             | 0,018             | 0,009       |        |        |        |        |        |        |
| " " (8 a 9 h)          | 197.198,8930 | 7.566.681,3400 | 876,4650       | 0,01   | 0,03   | 0,003             | 0,003             | 0,002       |        |        |        |        |        |        |
| <b>FED1</b>            |              |                |                |        |        |                   |                   |             |        |        |        |        |        |        |
| 2003                   | 202.700,6820 | 7.566.400,8500 | 848,9270       |        |        | 0,017             | 0,015             | 0,053       |        |        |        |        |        |        |
| 2004                   | 202.700,7120 | 7.566.400,8580 | 848,9370       | 0,03   | 0,03   | 0,002             | 0,002             | 0,019       | -      | -      | -      | -      | -      | -      |
| 2007 (PPP) (1 a 2 h) a | 202.700,6270 | 7.566.400,8760 | 848,9810       | 0,09   | 0,10   | 0,106             | 0,017             | 0,041       |        |        |        |        |        |        |
| " " (1 a 2 h) b        | 202.700,7790 | 7.566.400,8900 | 849,0160       | 0,07   | 0,11   | 0,135             | 0,024             | 0,040       |        |        |        |        |        |        |
| " " (1 a 2 h) c        | 202.700,7050 | 7.566.400,8920 | 848,9850       | 0,03   | 0,06   | 0,098             | 0,025             | 0,021       |        |        |        |        |        |        |
| " " (1 a 2 h) d        | 202.700,7580 | 7.566.400,8490 | 849,0190       | 0,05   | 0,09   | 0,243             | 0,035             | 0,086       |        |        |        |        |        |        |
| <b>STTU</b>            |              |                |                |        |        |                   |                   |             |        |        |        |        |        |        |
| 2003                   | 200.662,8190 | 7.563.786,8520 | 824,5020       |        |        | 0,016             | 0,015             | 0,051       |        |        |        |        |        |        |
| 2007                   | 200.662,8450 | 7.563.786,8550 | 824,4900       | 0,03   | 0,03   | 0,007             | 0,014             | 0,012       | 3,9    | 20,2   | 2,5    | 8,9    | 2,4    | 3,0    |
| 2007 (PPP) (1 a 2 h)   | 200.662,8110 | 7.563.786,9010 | 824,2940       | 0,06   | 0,20   | 0,459             | 0,101             | 0,205       |        |        |        |        |        |        |
| " " (8 a 9 h)          | 200.662,8660 | 7.563.786,8520 | 824,3770       | 0,02   | 0,11   | 0,031             | 0,005             | 0,016       |        |        |        |        |        |        |
| <b>FAZE</b>            |              |                |                |        |        |                   |                   |             |        |        |        |        |        |        |
| 2003                   | 204.989,4870 | 7.562.994,6340 | 896,3740       |        |        | 0,017             | 0,016             | 0,057       |        |        |        |        |        |        |
| 2007                   | 204.989,5280 | 7.562.994,6380 | 896,3450       | 0,04   | 0,05   | 0,008             | 0,015             | 0,015       | 2,3    | 7,8    | 2,3    | 3,5    | -      | -      |
| 2007 (PPP) (1 a 2 h) a | 204.989,4820 | 7.562.994,6320 | 896,3870       | 0,05   | 0,06   | 0,534             | 0,097             | 0,184       |        |        |        |        |        |        |
| " " (1 a 2 h) b        | 204.989,5500 | 7.562.994,6120 | 896,2380       | 0,03   | 0,11   | 0,447             | 0,081             | 0,358       |        |        |        |        |        |        |
| " " (3 a 4 h)          | 204.989,5480 | 7.562.994,6500 | 896,3100       | 0,02   | 0,04   | 0,017             | 0,021             | 0,013       |        |        |        |        |        |        |
| <b>CENT</b>            |              |                |                |        |        |                   |                   |             |        |        |        |        |        |        |
| 2003                   | 198.667,0420 | 7.562.329,3960 | 855,8990       |        |        | 0,017             | 0,016             | 0,054       |        |        |        |        |        |        |
| 2007                   | 198.667,0720 | 7.562.329,4000 | 855,8720       | 0,03   | 0,04   | 0,008             | 0,014             | 0,014       | 2,3    | 5,4    | 2,3    | 5,3    | -      | -      |
| 2007 (PPP) (1 a 2 h)   | 198.667,0700 | 7.562.329,3990 | 855,8860       | 0,00   | 0,01   | 0,136             | 0,032             | 0,042       |        |        |        |        |        |        |
| " " (2 a 3 h) a        | 198.667,0730 | 7.562.329,3950 | 855,7880       | 0,01   | 0,08   | 0,094             | 0,017             | 0,063       |        |        |        |        |        |        |
| " " (2 a 3 h) b        | 198.667,0790 | 7.562.329,4120 | 855,8660       | 0,01   | 0,02   | 0,063             | 0,007             | 0,042       |        |        |        |        |        |        |
| " " (5 a 6 h)          | 198.667,0890 | 7.562.329,4040 | 855,8770       | 0,02   | 0,02   | 0,030             | 0,005             | 0,016       |        |        |        |        |        |        |

Tabela 5.6 - Comparação dos resultados das Coordenadas dos pontos da rede - MMQ x GAPS\_PPP (UTM – SIRGAS2000) – continuação

| DATA                   | ESTE<br>(m)  | NORTE<br>(m)   | ALT. GEOM. (h)<br>(m) | V ≠ 2D<br>(m) | V ≠ 3D<br>(m) | $\sigma(\varphi)$<br>(m) | $\sigma(\lambda)$<br>(m) | $\sigma(h)$<br>(m) | GDOP<br>(mín.) (máx.) |      | GDOP<br>(mín.) (máx.) |      | GDOP<br>(mín.) (máx.) |   |
|------------------------|--------------|----------------|-----------------------|---------------|---------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|-----------------------|------|-----------------------|------|-----------------------|---|
| <b>ITAL</b>            |              |                |                       |               |               |                          |                          |                    |                       |      |                       |      |                       |   |
| 2003                   | 201.638,9180 | 7.560.773,7650 | 827,7000              |               |               | 0,017                    | 0,016                    | 0,053              |                       |      |                       |      |                       |   |
| 2007                   | 201.638,9450 | 7.560.773,7630 | 827,7130              | 0,03          | 0,03          | 0,008                    | 0,014                    | 0,016              | 4,3                   | 11,5 | 3,0                   | 11,5 | -                     | - |
| 2007 (PPP) (1 a 2 h) a | 201.639,0180 | 7.560.773,7790 | 827,7060              | 0,11          | 0,11          | 0,023                    | 0,045                    | 0,013              |                       |      |                       |      |                       |   |
| " " (1 a 2 h) b        | 201.638,9570 | 7.560.773,7460 | 827,6150              | 0,07          | 0,12          | 0,045                    | 0,037                    | 0,011              |                       |      |                       |      |                       |   |
| " " (1 a 2 h) c        | 201.638,9530 | 7.560.773,7680 | 827,6100              | 0,09          | 0,13          | 0,011                    | 0,013                    | 0,031              |                       |      |                       |      |                       |   |
| " " (1 a 2 h) d        | 201.638,9870 | 7.560.773,8070 | 827,8150              | 0,13          | 0,17          | 0,024                    | 0,033                    | 0,008              |                       |      |                       |      |                       |   |
| " " (1 a 2 h) e        | 201.638,9640 | 7.560.773,7790 | 827,6640              | 0,1           | 0,11          | 0,036                    | 0,019                    | 0,036              |                       |      |                       |      |                       |   |
| " " (1 a 2 h) f        | 201.638,9870 | 7.560.773,7910 | 827,7360              | 0,11          | 0,12          | 0,022                    | 0,020                    | 0,014              |                       |      |                       |      |                       |   |
| " " (1 a 2 h) g        | 201.638,9060 | 7.560.773,7680 | 827,6090              | 0,11          | 0,15          | 0,026                    | 0,035                    | 0,016              |                       |      |                       |      |                       |   |
| <b>TREV</b>            |              |                |                       |               |               |                          |                          |                    |                       |      |                       |      |                       |   |
| 2003                   | 204.642,7580 | 7.560.418,7480 | 868,5380              |               |               | 0,018                    | 0,017                    | 0,055              |                       |      |                       |      |                       |   |
| 2007                   | 204.694,3730 | 7.560.369,9440 | 870,4430              | N.A.          | N.A.          | 0,009                    | 0,015                    | 0,017              | 2,3                   | 3,4  | 2,8                   | 4,7  | -                     | - |
| 2007 (PPP) (1 a 2 h)   | 204.694,3840 | 7.560.369,9750 | 870,3820              | 0,12          | 0,13          | 0,027                    | 0,026                    | 0,013              |                       |      |                       |      |                       |   |
| " " (2 a 3 h)          | 204.694,3990 | 7.560.369,9660 | 870,5280              | 0,11          | 0,14          | 0,009                    | 0,009                    | 0,006              |                       |      |                       |      |                       |   |
| <b>BEAT</b>            |              |                |                       |               |               |                          |                          |                    |                       |      |                       |      |                       |   |
| 2003                   | 199.814,7360 | 7.560.141,9040 | 859,1180              |               |               | 0,019                    | 0,017                    | 0,057              |                       |      |                       |      |                       |   |
| 2007                   | 199.814,7670 | 7.560.141,9170 | 858,9470              | 0,04          | 0,18          | 0,008                    | 0,014                    | 0,015              | 2,5                   | 8,2  | 2,3                   | 3,0  | -                     | - |
| 2007 (PPP) (1 a 2 h)   | 199.814,7220 | 7.560.141,9360 | 859,0030              | 0,13          | 0,14          | 0,035                    | 0,032                    | 0,020              |                       |      |                       |      |                       |   |
| " " (8 a 9 h)          | 199.814,7890 | 7.560.141,9300 | 858,8870              | 0,1           | 0,11          | 0,004                    | 0,003                    | 0,002              |                       |      |                       |      |                       |   |
| <b>CEAT</b>            |              |                |                       |               |               |                          |                          |                    |                       |      |                       |      |                       |   |
| 2003                   | 202.598,9980 | 7.555.891,7180 | 865,8480              |               |               | 0,018                    | 0,017                    | 0,057              |                       |      |                       |      |                       |   |
| 2007                   | 202.638,7260 | 7.555.906,4300 | 843,2290              | N.A.          | N.A.          | 0,008                    | 0,014                    | 0,016              | 2,5                   | 8,4  | 2,1                   | 3,5  | -                     | - |
| 2007 (PPP) (2 a 3 h)   | 202.638,7300 | 7.555.906,4190 | 843,2260              | 0,01          | 0,01          | 0,009                    | 0,006                    | 0,005              |                       |      |                       |      |                       |   |
| " " (3 a 4 h)          | 202.638,7360 | 7.555.906,4280 | 843,1860              | 0,01          | 0,04          | 0,005                    | 0,009                    | 0,004              |                       |      |                       |      |                       |   |
| <b>MART</b>            |              |                |                       |               |               |                          |                          |                    |                       |      |                       |      |                       |   |
| 2003                   | -            | -              | -                     | -             | -             | -                        | -                        | -                  |                       |      |                       |      |                       |   |
| 2004                   | 199.779,0790 | 7.564.833,4520 | 842,3710              | N.A.          | N.A.          | 0,001                    | 0,001                    | 0,017              | -                     | -    | -                     | -    | -                     | - |
| 2007 (PPP) (2 a 3 h) a | 199.779,0540 | 7.564.833,4400 | 842,3750              | 0,03          | 0,03          | 0,010                    | 0,007                    | 0,005              |                       |      |                       |      |                       |   |
| " " (2 a 3 h) b        | 199.779,0830 | 7.564.833,4360 | 842,3970              | 0,02          | 0,03          | 0,006                    | 0,009                    | 0,005              |                       |      |                       |      |                       |   |

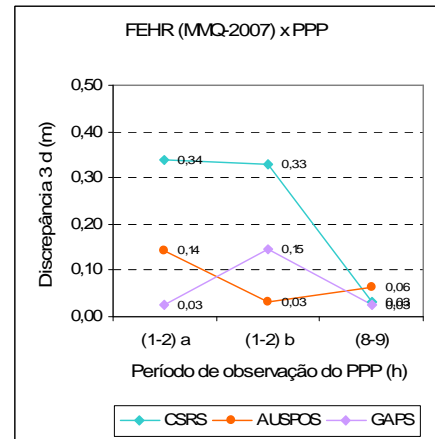
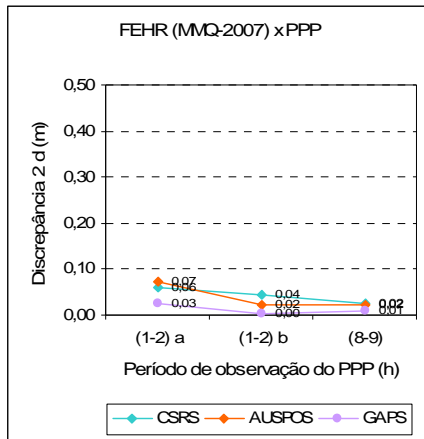


Figura 5.1 - Análise das discrepâncias em 2 d e 3 d das coordenadas do ponto FEHR ajustadas pelo MMQ, comparando-se com o método PPP (CSRS, AUSFOS e GAPS)

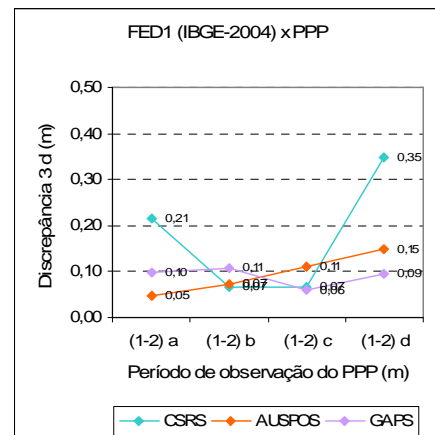
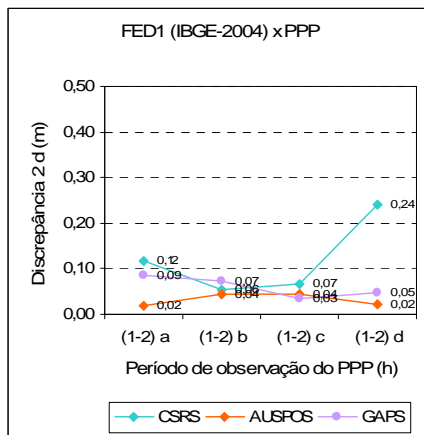


Figura 5.2 - Análise das discrepâncias em 2 d e 3 d das coordenadas do ponto FED1 ajustadas pelo MMQ, comparando-se com o método PPP (CSRS, AUSFOS e GAPS)

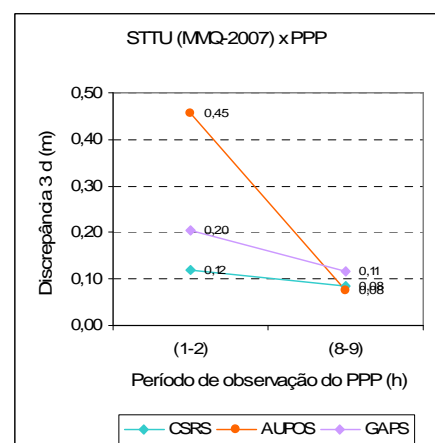
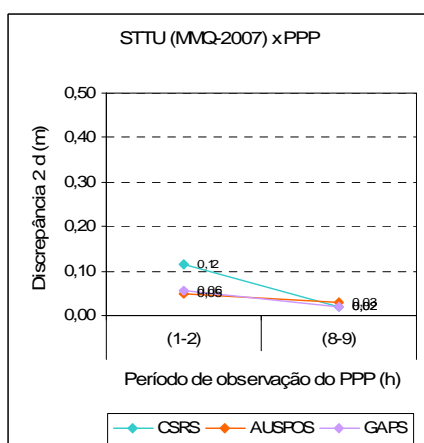
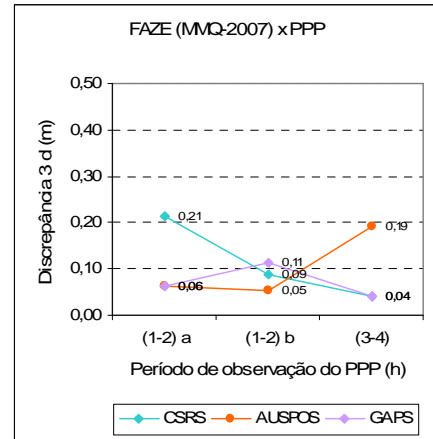
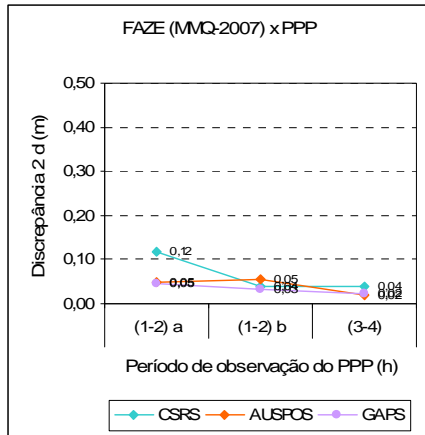
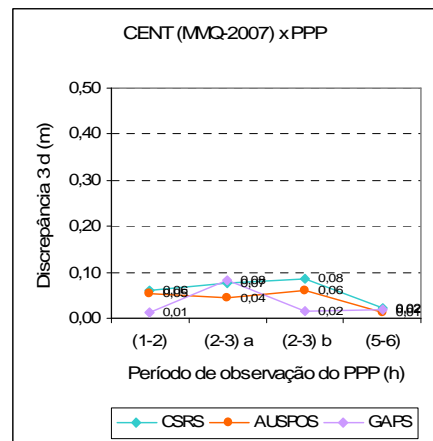
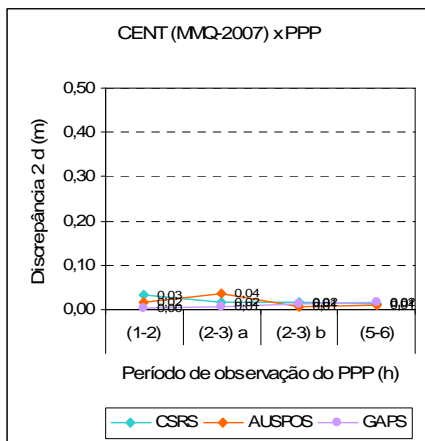


Figura 5.3 - Análise das discrepâncias em 2 d e 3 d das coordenadas do ponto STTU ajustadas pelo MMQ, comparando-se com o método PPP (CSRS, AUSFOS e GAPS)

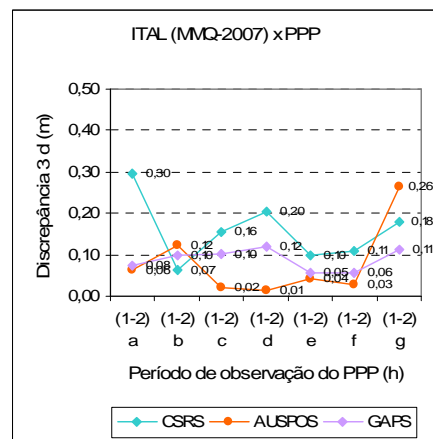
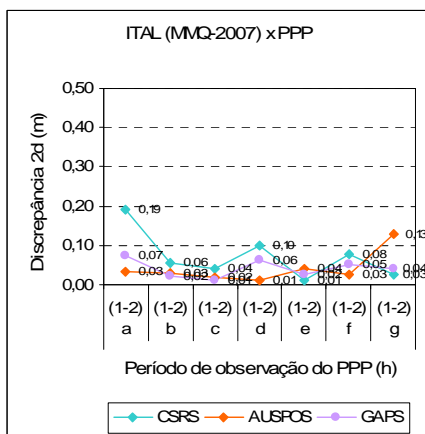




**Figura 5.4 - Análise das discrepâncias em 2 d e 3 d das coordenadas do ponto FAZE ajustadas pelo MMQ, comparando-se com o método PPP (CSRS, AUSPOS e GAPS)**



**Figura 5.5 - Análise das discrepâncias em 2 d e 3 d das coordenadas do ponto CENT ajustadas pelo MMQ, comparando-se com o método PPP (CSRS, AUSPOS e GAPS)**



**Figura 5.6 - Análise das discrepâncias em 2 d e 3 d das coordenadas do ponto ITAL ajustadas pelo MMQ, comparando-se com o método PPP (CSRS, AUSPOS e GAPS)**

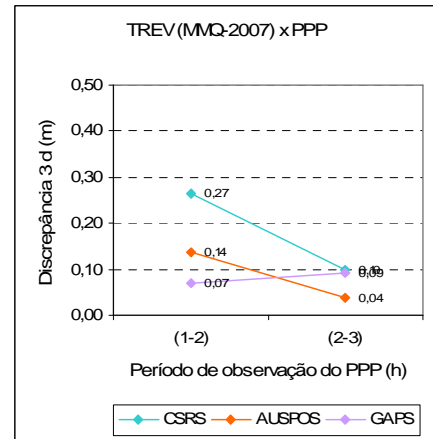
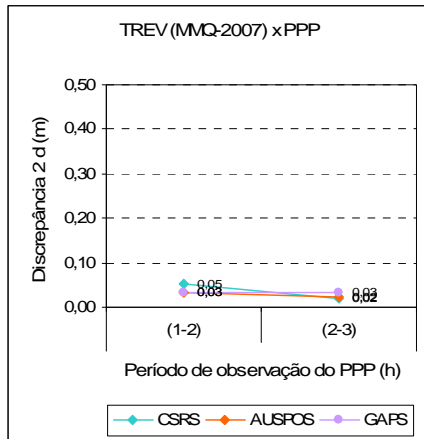


Figura 5.7 - Análise das discrepâncias em 2 d e 3 d das coordenadas do ponto TREV ajustadas pelo MMQ, comparando-se com o método PPP (CSRS, AUSPOS e GAPS)

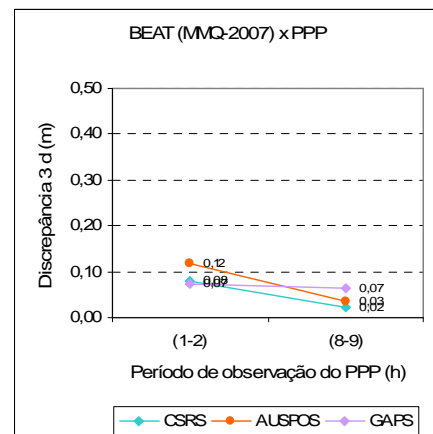
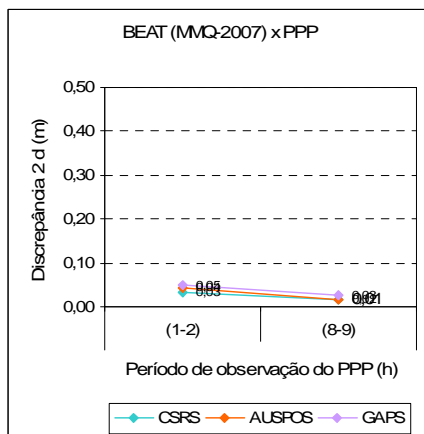


Figura 5.8 - Análise das discrepâncias em 2 d e 3 d das coordenadas do ponto BEAT ajustadas pelo MMQ, comparando-se com o método PPP (CSRS, AUSPOS e GAPS)

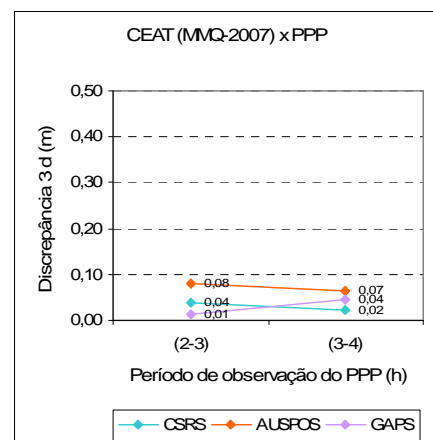
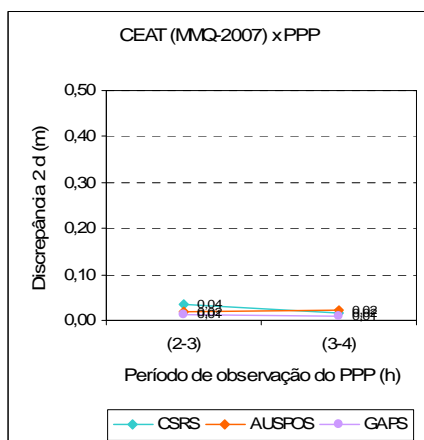
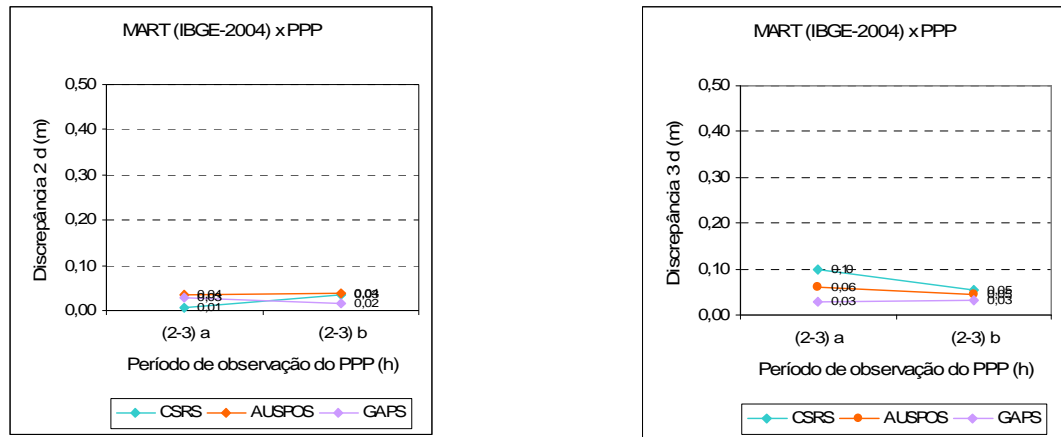


Figura 5.9 - Análise das discrepâncias em 2 d e 3 d das coordenadas do ponto CEAT ajustadas pelo MMQ, comparando-se com o método PPP (CSRS, AUSPOS e GAPS)



**Figura 5.10 - Análise das discrepâncias em 2 d e 3 d das coordenadas do ponto MART ajustadas pelo MMQ, comparando-se com o método PPP (CSRS, AUSPOS e GAPS)**

O posicionamento dos pontos da rede GPS de São Carlos que foram reocupados, recalculados e reajustados pelo MMQ em 2007 tiveram o resultado das coordenadas com um excelente grau de confiabilidade. Todas as observações tiveram as ambigüidades resolvidas. As várias fontes de erros sistemáticos como refração ionosférica e geometria pobre dos satélites foram bastante dirimidas pelo fato de que as sessões de ocupação dos vértices geodésicos foram executadas com GPS de dupla frequência com períodos mínimos de uma hora para linhas de base. Nenhum dos vetores ultrapassou 5 km e o tempo de medição permitiu que os dados fossem enviados aos serviços de cálculo das coordenadas utilizando-se o método PPP.

A título de informação, realizando-se a comparação dos resultados das coordenadas dos vértices geodésicos ajustados pelo MMQ em 2003, que foram injuncionados em duas estações da Rede GPS São Paulo com os mesmos vértices ajustados pelo MMQ em 2007, que foram injuncionados em duas estações homologadas pelo IBGE na área urbana de São Carlos em 2004, notou-se que o menor e maior valores da discrepância na planimetria foram respectivamente 3 e 4 centímetros. Para a altimetria o menor e maior valores da discrepância foram respectivamente 3 e 5 centímetros, com exceção do PT-08 (vértice BEAT) que isoladamente apresentou discrepância na ordem de 17 centímetros.

Ao confrontarmos os resultados das coordenadas dos vértices da Rede GPS de São Carlos ajustadas em 2007 pelo MMQ em comparação com o PPP (serviço CSRS-PPP) notou-se que os resultados dos cálculos das coordenadas por esse serviço na maioria das vezes (84 % em 2d e 61% em 3d) atenderam a exatidão especificada que estabelece discrepâncias de até 10 cm para a planimetria e altimetria. A Tabela 5.7 (pág. 81) ilustra com mais detalhes os resultados dessa

comparação. Na comparação dos resultados fica evidente também que a qualidade dos resultados é diretamente proporcional ao tempo de ocupação dos vértices medidos pelo GPS, isto é, quanto maior o tempo de ocupação, melhor é a qualidade dos resultados, mesmo assim, na amostragem desta pesquisa, somente alguns dados coletados com tempo aproximado menor que 2 horas não atenderam a exatidão esperada para o CSRS-PPP. É importante salientar que este serviço não recomenda um tempo de ocupação mínimo.

Outro aspecto importante em relação ao método PPP calculado pelo serviço CSRS-PPP diz respeito ao produto IGS utilizado, que é o *IGS Rapid*, que tem um erro estimado da órbita dos satélites de mais ou menos 10 cm. Por essa razão o cálculo pelo PPP é feito no prazo de aproximadamente dois dias. O valor médio e o maior valor de discrepâncias na planimetria, considerando todas as observações da amostragem foram respectivamente 5,7 cm e 24 cm e para altimetria foram respectivamente 12,8 cm e 35 cm.

Da mesma forma que para as tabelas anteriores, para auxiliar na interpretação dos resultados e análises contidas na Tabela 5.7, segue abaixo a legenda.

**Legenda para a tabela 5.7:**






-  Vértices homologados pelo IBGE;
-  Vértices da Rede GPS 2003;
-  Vértices da Rede GPS 2003 destruídos e re-implantados em 2007;
-  Vetor resultante da diferença dos valores das medições dos vértices comparando-se a Rede GPS 2007 e o PPP;
-  Valores das discrepâncias que excederam 10 cm em 2d ou 3d;

Tabela 5.7 - Comparação das discrepâncias das coordenadas dos pontos da rede – MMQ (2007) x CSRS-PPP x AUSPOS x GAPS

| ID            | PERÍODO           | V ≠ 2 d  |      | V ≠ 3 d |      | V ≠ 2 d |      | V ≠ 3 d |  |
|---------------|-------------------|----------|------|---------|------|---------|------|---------|--|
|               |                   | CSRS-PPP |      | AUSPOS  |      | GAPS    |      |         |  |
| FEHR          | 2007              |          |      |         |      |         |      |         |  |
|               | (PPP) (1 a 2 h) a | 0,06     | 0,34 | 0,07    | 0,14 | 0,03    |      | 0,03    |  |
|               | " (1 a 2 h) b     | 0,04     | 0,33 | 0,02    | 0,03 | 0,00    |      | 0,15    |  |
| " (8 a 9 h)   | 0,02              | 0,03     | 0,02 | 0,06    | 0,01 |         | 0,03 |         |  |
| FED1          | 2007              |          |      |         |      |         |      |         |  |
|               | (PPP) (1 a 2 h) a | 0,12     | 0,21 | 0,02    | 0,05 | 0,09    |      | 0,10    |  |
|               | " (1 a 2 h) b     | 0,06     | 0,07 | 0,04    | 0,07 | 0,07    |      | 0,11    |  |
|               | " (1 a 2 h) c     | 0,07     | 0,07 | 0,04    | 0,11 | 0,03    |      | 0,06    |  |
| " (1 a 2 h) d | 0,24              | 0,35     | 0,02 | 0,15    | 0,05 |         | 0,09 |         |  |
| STTU          | 2007              |          |      |         |      |         |      |         |  |
|               | (PPP) (1 a 2 h)   | 0,12     | 0,12 | 0,05    | 0,45 | 0,06    |      | 0,20    |  |
| " (8 a 9 h)   | 0,02              | 0,08     | 0,03 | 0,08    | 0,02 |         | 0,11 |         |  |
| FAZE          | 2007              |          |      |         |      |         |      |         |  |
|               | (PPP) (1 a 2 h) a | 0,12     | 0,21 | 0,05    | 0,06 | 0,05    |      | 0,06    |  |
|               | " (1 a 2 h) b     | 0,04     | 0,09 | 0,05    | 0,05 | 0,03    |      | 0,11    |  |
| " (3 a 4 h)   | 0,04              | 0,04     | 0,02 | 0,19    | 0,02 |         | 0,04 |         |  |
| CENT          | 2007              |          |      |         |      |         |      |         |  |
|               | (PPP) (1 a 2 h)   | 0,03     | 0,06 | 0,02    | 0,05 | 0,00    |      | 0,01    |  |
|               | " (2 a 3 h) a     | 0,02     | 0,07 | 0,04    | 0,04 | 0,01    |      | 0,08    |  |
|               | " (2 a 3 h) b     | 0,02     | 0,08 | 0,01    | 0,06 | 0,01    |      | 0,02    |  |
| " (5 a 6 h)   | 0,01              | 0,02     | 0,01 | 0,01    | 0,02 |         | 0,02 |         |  |
| ITAL          | 2007              |          |      |         |      |         |      |         |  |
|               | (PPP) (1 a 2 h) a | 0,19     | 0,30 | 0,03    | 0,06 | 0,07    |      | 0,08    |  |
|               | " (1 a 2 h) b     | 0,06     | 0,07 | 0,03    | 0,12 | 0,02    |      | 0,10    |  |
|               | " (1 a 2 h) c     | 0,04     | 0,16 | 0,02    | 0,02 | 0,01    |      | 0,10    |  |
|               | " (1 a 2 h) d     | 0,10     | 0,20 | 0,01    | 0,01 | 0,06    |      | 0,12    |  |
|               | " (1 a 2 h) e     | 0,01     | 0,10 | 0,04    | 0,04 | 0,02    |      | 0,05    |  |
|               | " (1 a 2 h) f     | 0,08     | 0,11 | 0,03    | 0,03 | 0,05    |      | 0,06    |  |
| " (1 a 2 h) g | 0,03              | 0,18     | 0,13 | 0,26    | 0,04 |         | 0,11 |         |  |
| TREV          | 2007              |          |      |         |      |         |      |         |  |
|               | (PPP) (1 a 2 h)   | 0,05     | 0,27 | 0,03    | 0,14 | 0,03    |      | 0,07    |  |
| " (2 a 3 h)   | 0,02              | 0,10     | 0,02 | 0,04    | 0,03 |         | 0,09 |         |  |
| BEAT          | 2007              |          |      |         |      |         |      |         |  |
|               | (PPP) (1 a 2 h)   | 0,03     | 0,08 | 0,04    | 0,12 | 0,05    |      | 0,07    |  |
| " (8 a 9 h)   | 0,02              | 0,02     | 0,01 | 0,03    | 0,03 |         | 0,07 |         |  |
| CEAT          | 2007              |          |      |         |      |         |      |         |  |
|               | (PPP) (2 a 3 h)   | 0,04     | 0,04 | 0,02    | 0,08 | 0,01    |      | 0,01    |  |
| " (3 a 4 h)   | 0,02              | 0,02     | 0,02 | 0,07    | 0,01 |         | 0,04 |         |  |
| MART          | 2007              |          |      |         |      |         |      |         |  |
|               | (PPP) (2 a 3 h) a | 0,01     | 0,10 | 0,04    | 0,06 | 0,03    |      | 0,03    |  |
| " (2 a 3 h) b | 0,03              | 0,05     | 0,04 | 0,05    | 0,02 |         | 0,03 |         |  |

Ao se confrontar os resultados das coordenadas dos vértices da Rede GPS de São Carlos, ajustadas em 2007 pelo MMQ, com o PPP (serviço AUSPOS), é importante salientar que esse serviço estabelece discrepâncias de até 2 cm para a planimetria e de até 5 cm para a altimetria, e que, ao contrário do serviço CSRS-PPP, sugere um tempo mínimo de rastreamento nos vértices de 6 horas de duração. Na amostragem desta pesquisa, na qual foram realizadas 31 sessões de observação distribuídas aleatoriamente entre 10 vértices distintos, obteve-se 4 sessões para vértices distintos que atendiam ao requisito de tempo de 6 horas de duração ou mais e notou-se que os resultados dos cálculos das coordenadas seguindo esse requisito do serviço AUSPOS, em princípio, na maioria das vezes atenderam a exatidão especificada para a planimetria e para a altimetria, ou ficaram muito próximas do esperado, (3 medições (75 %) atenderam os requisitos da planimetria, sendo que o resultado da quarta medição extrapolou o limite da planimetria em apenas 1 cm, com relação à altimetria, 2 medições (50 %) atenderam o requisitos, sendo que a terceira medição extrapolou o limite da altimetria em apenas 1 cm e a quarta medição extrapolou o limite em 3 cm), pode-se verificar com mais detalhes essa comparação também na Tabela 5.7.

Ao se observar os resultados (MMQ 2007 x PPP AUSPOS), também nesse caso fica evidente que o tempo de ocupação do GPS influi diretamente na qualidade dos resultados. No caso do CSRS-PPP, também com maior tempo de ocupação, obteve-se qualidade melhor para os resultados do cálculo das coordenadas dos vértices, fato que sugere sessões de observação das estações por períodos mais prolongados possíveis. É importante ressaltar, porém, que os resultados (MMQ 2007 x PPP AUSPOS) obtidos tanto na planimetria quanto na altimetria, considerando todas as sessões de observação da amostragem, ficaram na maioria das vezes dentro da exatidão de 10 cm (no caso da planimetria 97 % e no caso da altimetria 71 %), o que sugere a tendência de que com um tempo maior de ocupação os resultados ficarão dentro dos limites estabelecidos pelo cálculo das coordenadas com o método PPP no serviço AUSPOS. O valor médio e o maior valor de discrepâncias na planimetria, considerando todas as observações da amostragem foram respectivamente 3,3 cm e 13 cm e para altimetria foram respectivamente 8,8 cm e 45 cm.

Nos resultados da altimetria observou-se ainda que para uma das sessões de ocupação dos pontos STTU (PT-03) e ITAL (PT-06) houve uma alteração significativa da discrepância vertical em relação aos valores apresentados para as demais sessões de observação. Coincidentemente para esses pontos houve também “picos” momentâneos de GDOP chegando aos valores de 20,2 e 11,5 respectivamente, o que pode sugerir uma correlação de influência desse fator na qualidade dos resultados gerados pelo algoritmo utilizado no cálculo dos resultados pelo software de

processamento (MicroCosm Suite) do serviço AUSPOS. Nesse caso o produto IGS utilizado é o *IGS Final*, que por sua vez tem um erro estimado da órbita dos satélites de mais ou menos 5 cm e disponibiliza dados para o cálculo pelo PPP em um prazo mais longo, de aproximadamente duas semanas. Coincidentemente, para os vértices STTU (PT-03) e ITAL (PT-06), notou-se também um incremento nos valores dos respectivos desvios-padrão para as sessões com valores de “picos” momentâneos de GDOP.

Finalmente, ao confrontarmos os resultados das coordenadas dos vértices da Rede GPS de São Carlos, ajustadas em 2007, em comparação com o PPP (serviço GAPS), notou-se que os resultados dos cálculos das coordenadas por esse serviço, na maioria das vezes, atenderam a exatidão especificada para a planimetria e para a altimetria. As discrepâncias estabelecidas pelo serviço para a altimetria e para a planimetria é de no máximo 10 cm (100 % dos casos atenderam o requisito de exatidão para a planimetria e 77 % para a altimetria). O serviço GAPS, assim como o CSRS-PPP não sugere um tempo mínimo de ocupação dos vértices pelo GPS, porém, deve-se também, nesse caso, realizar sessões de observação com o maior tempo possível para alcançar melhores resultados. O valor médio e o maior valor de discrepâncias na planimetria, considerando todas as observações da amostragem foram respectivamente 3,2 cm e 9 cm e para altimetria foram respectivamente 7,3 cm e 20 cm.

## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

De acordo com os resultados e análises obtidos nesta dissertação, podemos concluir que:

1. Comparando-se os resultados das coordenadas ajustadas em 2003 com as coordenadas ajustadas em 2007 não houve discrepância significativa na coordenada dos vértices para atender o objetivo para o qual a rede foi concebida. A discrepância média para a planimetria foi de 3 cm, chegando a 4 cm para um dos vértices e a discrepância média para a altimetria foi de 5,4 cm, sendo que houve uma discrepância máxima de 17 cm para um dos vértices isoladamente (se omitirmos o valor de 17 cm do cálculo da média da altimetria, o resultado decresce para 3,5 cm). Foi realizado uma análise detalhada das medições de 2007 e o resultado nos leva a concluir que pode ter havido um equívoco nas medições de 2003 para a altimetria do vértice que apresentou a discrepância de 17 cm;
2. No caso do serviço CSRS-PPP, a degradação observada nas coordenadas dos vértices da rede ajustada em comparação com o PPP foi de acordo com o esperado. A literatura consultada e as descrições dos serviços on-line de cálculo do PPP indicam um valor da discrepância na ordem de até 10 cm para a planimetria. O cálculo apresentou um valor de discrepância médio de 5,7 cm e o valor máximo na ordem de 24 cm. No caso da altimetria, nesta amostra o valor médio da discrepância alcançado foi de 12,8 cm e o valor máximo foi na ordem de 35 cm;
3. No caso do serviço AUSPOS, a degradação observada nas coordenadas dos vértices da rede ajustada com o PPP ocorreu também de acordo com o esperado. Comprovou-se ainda que, apesar da disponibilidade de ferramentas modernas para auxílio do levantamento em campo (como por exemplo, executar o planejamento das missões para evitar períodos previstos de ‘picos’ momentâneos de GDOP e períodos com atividade ionosférica mais intensa e ainda períodos sujeitos às explosões solares que podem degradar a qualidade dos dados coletados em campo), é extremamente importante também observar os tempos de ocupação dos vértices recomendados pelos serviços de aplicação do Método PPP on-line (que no caso específico do AUSPOS é de 6 horas);
4. Analogamente aos dois serviços analisados anteriormente, o GAPS também teve um comportamento dentro do previsto. Embora esse serviço, assim como o CSRS-PPP, não



sugira um tempo específico de ocupação, pela análise dos dados enviados, pôde-se notar que para todos os serviços analisados, de uma maneira geral, é aconselhável um período de medição mínimo de 2 horas para se chegar a resultados consistentes. As discrepâncias dos valores absolutos do PPP em relação aos valores da rede ajustada foram da ordem de 10 cm na planimetria e na altimetria. Para os casos de períodos bem maiores (aproximadamente 6 horas) pode-se chegar a resultados na ordem de 5 cm para a planimetria e para a altimetria. Deve-se, contudo, lembrar de efetuar a compatibilização das épocas de execução das medições com o SIRGAS2000 (conforme descrito no tópico “c”, do item 3.4.2), quando for o caso, bem como a eliminação de possíveis perturbações causadas por perdas de ciclo durante o levantamento e demais interferências que possam degradar a qualidade dos resultados;

5. Na maioria dos casos em que os resultados das medições dos pontos foram realizadas mais de uma vez por um mesmo período, foi constatado que houve diferenças nos valores das discrepâncias, o que nos leva a acreditar que o período de ocupação não foi o único determinante para a o resultado dos valores das exatidões;
6. Recomenda-se como sugestão para trabalhos futuros que a comparação de resultados da rede GPS ajustada com o PPP seja feita com a utilização de receptores GNSS.
7. Analisando os resultados obtidos nesta dissertação, foi possível avaliar que a aplicação do Método PPP, desde que seguidas as orientações específicas de cada serviço on-line, atende às exigências requeridas para apoiar serviços de cadastro e locação específicos, porém, não substitui ainda outros serviços que demandam altíssimo grau de exatidão conseguidas somente com vetores e ajustamento de rede com controle estatístico de processos. Recomenda-se no levantamento de dados para o cálculo do PPP a execução de no mínimo duas sessões de observação para cada vértice, seguindo ainda a recomendação do serviço de cálculo on-line do PPP. Se possível devem ser enviados para mais de um serviço de cálculo do PPP, para se obter subsídios para comparação e elaboração de um critério mínimo para a aceitação dos resultados.
8. Analisando os valores absolutos das discrepâncias entre a utilização do Método PPP em relação às coordenadas dos vértices da rede geodésica ajustada, conclui-se que o nível de exatidão dos pontos medidos com o Método PPP, quando se considerou a rede geodésica como observação de referência, é adequado para apoiar medições com GPS para projetos

de várias finalidades, inclusive, tem potencial para atendimento aos requisitos da Norma de Cadastramento Rural do INCRA (Lei 10.267/2001). Deve-se, entretanto, notar que para tanto é imprescindível que o usuário utilize sempre o tempo mínimo de observação recomendado pelo serviço de aplicação do PPP.

9. Notar a importância da utilização da transformação de *Helmert* como ferramenta para a realização da compatibilidade entre dois referenciais distintos ou simplesmente para suprir a necessidade de atualização entre duas determinadas épocas, sem a mudança dos referenciais, o que implica nesse último caso em se abster no cálculo da consideração dos parâmetros de transformação e suas respectivas correções quando disponibilizadas (Equação 2.12 (pág. 50) – modo simplificado). Essa ferramenta tende a auxiliar na identificação de possíveis erros que podem estar envolvidos nos trabalhos de mensuração.
10. É importante salientar que para aplicações que demandam altas precisões, como por exemplo, aplicações geodinâmicas, deve-se utilizar a equação completa de Helmert, com os respectivos parâmetros de transformação e de correção desses parâmetros.
11. Após a análise da representação gráfica da confiabilidade da rede GPS de São Carlos (página 129, Apêndice C), pode-se notar que após o ajustamento, os valores de confiabilidade da rede foram de ordem centimétrica (de até 4 cm).

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDEL-SALAM, M. A. **Precise Point Positioning Using Un-Differenced Code and Carrier Phase Observations**. Thesis (Doctor of Philosophy) - University of Calgary, Calgary, 2005.
- ALVES, D. B. M.; MENEGUETTE Jr., M.; MONICO, J. F. G. **Utilizando Splines Cúbicas Naturais para Atenuação de Erros no Posicionamento GPS**. TEMA Tend. Mat. Apl. Comput., 6, No. 2 (2005), 197-205.
- AMORIM, G. P. **Confiabilidade de Rede GPS de Referência Cadastral Municipal. Estudo de Caso: Rede do Município de Vitória (ES)**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.
- AQUINO, M. **Avanços em WADGPS e WASS**. Fator GIS 13, p. 49-50, 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13133: execução de levantamento topográfico**. Rio de Janeiro, 1994.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14166: rede de referência cadastral: procedimento**. Rio de Janeiro, 1998.
- ATULIM, R. M. L. **Rede de Referência Cadastral para Área Urbana e de Expansão de São Carlos utilizando a Técnica GPS - Projeto**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2002.
- BRASIL. **Lei Federal 10.257/2001** - Dispõe sobre o Estatuto da Cidade. Brasília: DOU, 2001.
- BUENO, R. F. **Em busca de uma Geodésia Global**. InfoGPS MAP – Revista de Agrimensura e Cartografia – Ano 2 - N° 08 / 2005 Pág: 38-39.
- CARNEIRO, F. T. **Georreferenciamento de Imóveis Urbanos**. InfoGPS MAP – Revista de Agrimensura e Cartografia – Ano 2 - N° 12 / 2006 Pág: 26-28.
- CHEN, A.; LORENZO, D. D.; ENGE, P.; GAO, G. X.; LO, S. **GNSS over China – The COMPASS MEO Satellite Codes** Inside GNSS – Volume 2 – Number 5 / JULY/AUGUST 2007 Pages: 36 to 43.
- FISHER, I. **The Basic Framework of South American Datum of 1969**. XII PAN AMERICAN CONSULATION ON CARTOGRAPHY. Panamá, 1973.
- FORTES, L. P. S. **Operacionalização da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo**. Dissertação (Mestrado) – IME. Rio de Janeiro, 1997.
- GAO, Y. **What is precise point positioning (PPP), and what are it requirements, advantages and challenges?** Inside GNSS – Volume 1 – Number 8 / NOVEMBER/DECEMBER 2006 Pages: 16 to 18.
- GEMAEL, C. **Introdução ao Ajustamento de Observações: Aplicações Geodésicas**, Curitiba, PR: Editora UFPR, 1994.

GALILEO INFORMATION CENTER FOR LATIN AMERICA (GICLA). **SBAS**. Disponível em: <http://www.galileoic.org/la> . Acesso em: 7 nov. 2007.

HOFMANN-WELLENHOF, B., LICHTENEGGER, H. COLLINS, J. 5 ed. **Global Positioning/ System - Theory and Practice**. Wien: Spring-Verlag, New York, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Referenciais Geodésicos Brasileiros: Passado, Presente e Futuro**. Congresso Brasileiro de Cartografia, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Projeto Mudança de Referencial Geodésico**. Informativo Geocêntrico – Ano 2 – No. 1, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **RBMC – Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/rbmc.shtm> . Acesso em 26/10/2007.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA (INCRA). **Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais**. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Agrário – MDA, 2003.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA (INCRA). **RIBaC**. Disponível em <http://ribac.incra.gov.br/> . Acesso em 26/10/2007.

INSTITUTO PÓLIS. **Estatuto da Cidade**. Disponível em: <http://www.estatutodacidade.org.br/download/anexos.pdf> . Acesso em: 04 dez. 2006.

LAROCCA, A. P. C. **Análise de Estratégias para processamento de Redes Geodésicas com o Sistema GPS**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

LEGAT, K., HOFMANN-WELLENHOF, B. **GALILEO or For Whom the Bell Tolls**. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GPS – GPS'99. Tsukuba, Japan, 1999. 7p.

LEICA GEOSYSTEMS AG **Leica Geosystems Networked Reference Stations**. White Paper - 748100en – VIII.05 – INT, Heerbrugg, Switzerland, 2005.

LEICA GEOSYSTEMS AG **GPS Reference Stations and Networks - An introductory guide**. 74735en – IV.05 – RVA, Heerbrugg, Switzerland, 2005.

LEICK, A. **GPS Satellite Surveying**, 3rd ed., New York: John Wiley & Sons, 2004.

LIPORONI, A. S.; NETO, D. N.; CALLEGARI, M. **Instrumentos para Gestão Tributária de Cidades**. São Paulo, 2003. 158 p.

MARINI, M. C. **Integração da Rede GPS ITESP ao Sistema Geodésico Brasileiro**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de São Paulo, Presidente Prudente, 2002.

MARINI, M. C.; MONICO, J. F. G. **Aspectos da Otimização e Processamentos de Redes GPS**. RS. ISSN 1518-2398. Porto Alegre, 2003.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo NAVSTAR – GPS: Descrição, Fundamentos e Aplicações**, São Paulo, SP: Editora UNESP, 2000.

MONICO, J. F. G.; SAPUCCI, L. F. **Transformação de Helmert generalizada no posicionamento de alta precisão: fundamentação teórica e exemplificações** – Revista Brasileira de Geofísica – vol. 18, n°. 2, São Paulo, May/Aug 2000.

MUELLER, I. I., **The International GPS Service for Geodynamics: An Introduction**. In: 1993 IGS WORKSHOP. Ed. by G. Beutler and E. Brockmann. Univ. of Berne, Proceedings..., p. 1-2, 1993.

PESTANA, A. **Posicionamento por GPS**. Publicação do Gabinete de Topografia do Departamento de Engenharia Civil do Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2006.

RACANICCHI, L. C. **Implantação de Rede Geodésica no Município de São Carlos pela Tecnologia GPS**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

ROCHA, R. S.; BRANDÃO, A. C. **Referencial geodésico no cadastro urbano**. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, XIX, Recife, 1999.

SEGANTINE, P. C. L. **GPS – Estabelecimento e Ajuste de uma Rede Geodésica no Estado de São Paulo com o Sistema de Posicionamento NAVSTAR/GPS**. Tese de Doutorado – EPUSP, São Paulo, 1995.

SEGANTINE, P. C. L. **GPS – Sistema de Posicionamento Global**. São Carlos, EESC / USP, 2005. ISBN 85-85205-62-8.

SHEN, X. **Improving Ambiguity Convergence in Carrier Phase-based Precise Point Positioning**. Thesis (Master of Science) - University of Calgary, Calgary, 2002.

SILVA, I. **Módulo 8 – Teoria dos Ajustamentos**. Apostila de publicação interna do NGeo/UFSCar, São Carlos, 2005.

SOPAC. **Hatanaka and RINEX Format information**. Disponível em: <http://sopac.ucsd.edu/dataArchive/hatanaka.html>. Acesso em: 19 nov. 2007.

UNAVCO. **Software Data Pre-Processing**. Disponível em: <http://facility.unavco.org/software/preprocessing/preprocessing.html#hatanaka>. Acesso em: 19 nov. 2007.

WILLGALIS, S., SEEGER, G., KRUEGER, C. P., ROMÃO, V. M. C. **A Real Time GPS Reference Network for Recife, Brazil, Enabling Precise and Reliable Cadastral Surveys**. FIG XXII International Congress, Washington D. C. USA, April 19-22 2002.

ZHANG, K.; ROBERTS, C.; TALBOT, N. C. **An Investigation of GPS Precise Point Positioning Methods**. The 6<sup>th</sup> International Symposium on Satellite Navigation Technology Including Mobile Positioning & Location Services. Melbourne, Austrália, 22–25 July 2003.

ZUMBERGE, J. F. **Automated GPS Data Analysis Service**. GPS Solutions, v.2, n°. 3, p. 76-78, 1999.

**APÊNDICE A – RESUMO DE OCUPAÇÃO DOS VÉRTICES  
GEODÉSICOS COM GPS L1/L2**

---

## ANOTAÇÕES DE CAMPO

| DATA       | PONTO     | DENOM. | DURAÇÃO<br>(h) | ALT. ANT.<br>(m) | MOD. ANT.       | TIPO VÉRT.                                   |
|------------|-----------|--------|----------------|------------------|-----------------|----------------------------------------------|
| 28/12/2006 | 01        | FEHR   | 8:30           | 1,246            | AX1202<br>Tripé | CHAPA ENCRAVADA                              |
|            | 02        | FED1   | 1:12           | 0,187            | AX1202 Pillar   | PILAR CONCRETO                               |
|            | 10        | MART   | 2:18           | 0,000            | AT503 Pillar    | PINO ROSCA FORÇADA<br>TORRE ROSCA<br>FORÇADA |
|            | 03        | STTU   | 1:10           | 0,000            | AX1202 Pillar   |                                              |
|            | 05        | CENT   | 2:00           | 1,332            | AX1202<br>Tripé | CHAPA ENCRAVADA                              |
| 29/12/2006 | 02        | FED1   | 1:30           | 0,187            | AX1202 Pillar   | PILAR CONCRETO<br>TORRE ROSCA<br>FORÇADA     |
|            | 03        | STTU   | 8:25           | 0,000            | AX1202 Pillar   |                                              |
|            | 10        | MART   | 2:38           | 0,000            | AT503 Pillar    | PINO ROSCA FORÇADA                           |
|            | 05        | CENT   | 2:17           | 1,347            | AX1202<br>Tripé | CHAPA ENCRAVADA                              |
|            | 06        | ITAL   | 1:00           | 1,138            | AX1202<br>Tripé | MARCO CONCRETO                               |
|            | 04        | FAZE   | 1:00           | 0,188            | AX1202 Pillar   | PILAR CONCRETO                               |
|            | 02        | FED1   | 1:01           | 0,177            | AX1202 Pillar   | PILAR CONCRETO                               |
| 5/1/2007   | 05        | CENT   | 5:00           | 1,295            | AX1202<br>Tripé | CHAPA ENCRAVADA                              |
|            | AZ05      | AZCENT | 0:30           | 1,109            | AX1202<br>Tripé | MARCO CONCRETO                               |
|            | 06        | ITAL   | 1:05           | 1,070            | AX1202<br>Tripé | MARCO CONCRETO                               |
| 9/1/2007   | 05        | CENT   | 1:09           | 1,310            | AX1202<br>Tripé | CHAPA ENCRAVADA                              |
|            | AZ08      | AZBEAT | 0:30           | 1,176            | AX1202<br>Tripé | MARCO CONCRETO                               |
|            | 06        | ITAL   | 1:00           | 1,117            | AX1202<br>Tripé | MARCO CONCRETO                               |
|            | 09        | CEAT   | 1:00           | 1,405            | AX1202<br>Tripé | MARCO CONCRETO                               |
|            | 08        | BEAT   | 8:40           | 1,331            | AX1202<br>Tripé | CHAPA ENCRAVADA                              |
| 19/1/2007  | 06        | ITAL   | 1:46           | 1,117            | AX1202<br>Tripé | MARCO CONCRETO                               |
|            | 07        | TREV   | 1:18           | 1,041            | AX1202<br>Tripé | CHAPA ENCRAVADA                              |
|            | 06        | ITAL   | 1:33           | 1,180            | AX1202<br>Tripé | MARCO CONCRETO                               |
|            | 04        | FAZE   | 1:11           | 0,186            | AX1202 Pillar   | PILAR CONCRETO                               |
|            | 09        | CEAT   | 3:11           | 1,599            | AX1202<br>Tripé | MARCO CONCRETO                               |
|            | 07        | TREV   | 2:53           | 1,052            | AX1202<br>Tripé | CHAPA ENCRAVADA                              |
|            | 24/1/2007 | 04     | FAZE           | 3:05             | 0,189           | AX1202 Pillar<br>AX1202                      |
| 06         |           | ITAL   | 1:00           | 1,186            | Tripé           | MARCO CONCRETO                               |
| 02         |           | FED1   | 1:00           | 0,189            | AX1202 Pillar   | PILAR CONCRETO                               |
| 25/1/2007  | AZ06      | AZITAL | 0:30           | 1,208            | AX1202<br>Tripé | MARCO CONCRETO                               |
|            | AZ13      | AZCEAT | 0:30           | 1,209            | AX1202<br>Tripé | MARCO CONCRETO                               |
|            | 06        | ITAL   | 1:06           | 1,161            | AX1202<br>Tripé | MARCO CONCRETO                               |
|            | 01        | FEHR   | 1:07           | 1,311            | AX1202<br>Tripé | CHAPA ENCRAVADA                              |
| 5/2/2007   | 05        | CENT   | 2:24           | 1,301            | AX1202<br>Tripé | CHAPA ENCRAVADA                              |
|            | 01        | FEHR   | 1:06           | 1,302            | AX1202<br>Tripé | CHAPA ENCRAVADA                              |
| 6/2/2007   | 09        | CEAT   | 2:43           | 1,553            | AX1202<br>Tripé | MARCO CONCRETO                               |
|            | 08        | BEAT   | 1:00           | 1,255            | AX1202<br>Tripé | CHAPA ENCRAVADA                              |

## **APÊNDICE B – RELATÓRIOS DE PROCESSAMENTO GPS L1/L2**

---



## PROCESSAMENTO 1:



## Results - Baseline MART (SAT 93668) - FEHR

### Project Information

|                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| Project name:           | REDE GPS SAO CARLOS 2007 |
| Date created:           | 18/11/2007 00:28:50      |
| Time zone:              | -2h 00'                  |
| Coordinate system name: | SIRGAS_UTM-SAD69-F23     |
| Application software:   | LEICA Geo Office 5.0     |
| Processing kernel:      | PSI-Pro 2.0              |
| Processed:              | 06/02/2008 15:28:38      |

### Point Information

|                      | Reference: SAT 93668 | Rover: VRN-013     |
|----------------------|----------------------|--------------------|
| Receiver type / S/N: | GX1230 / 450708      | GX1230 / 450742    |
| Antenna type / S/N:  | AT503 Pillar / -     | AX1202 Tripé / -   |
| Antenna height:      | 0.0000 m             | 1.2460 m           |
| Initial coordinates: |                      |                    |
| Latitude:            | 21°59' 43.24969" S   | 21°58' 41.61854" S |
| Longitude:           | 47°54' 27.11021" W   | 47°55' 55.80754" W |
| Ellip. Hgt:          | 842.3707 m           | 875.0484 m         |

### Cycle Slip Statistics

Total number of cycle slips: 0

### Final Coordinates

|                | Reference:MART (SAT 93668)                | Rover:FEHR                               |                   |
|----------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------|
| Coordinates:   |                                           |                                          |                   |
| Latitude:      | 21°59' 43.24969" S                        | 21°58' 41.62515" S                       |                   |
| Longitude:     | 47°54' 27.11021" W                        | 47°55' 55.74408" W                       |                   |
| Ellip. Hgt:    | 842.3707 m                                | 876.4858 m                               |                   |
| Solution type: | Phase: all fix                            |                                          |                   |
| GNSS type:     | GPS                                       |                                          |                   |
| Frequency:     | L1 and L2                                 |                                          |                   |
| Ambiguity:     | Yes                                       |                                          |                   |
| Quality:       | Sd. Lat: 0.0002 m<br>Posn. Qlty: 0.0003 m | Sd. Lon: 0.0002 m<br>Sd. Slope: 0.0002 m | Sd. Hgt: 0.0005 m |

## PROCESSAMENTO 2:



## Results - Baseline FED1 (93670) - FEHR

### Project Information

|                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| Project name:           | REDE GPS SAO CARLOS 2007 |
| Date created:           | 18/11/2007 00:28:50      |
| Time zone:              | -2h 00'                  |
| Coordinate system name: | SIRGAS_UTM-SAD69-F23     |
| Application software:   | LEICA Geo Office 5.0     |
| Processing kernel:      | PSI-Pro 2.0              |
| Processed:              | 06/02/2008 15:28:38      |

### Point Information

|                      | Reference: FED1 (SAT 93670) | Rover: FEHR        |
|----------------------|-----------------------------|--------------------|
| Receiver type / S/N: | GX1230 / 450708             | GX1230 / 450742    |
| Antenna type / S/N:  | AX1202 Pillar / -           | AX1202 Tripé / -   |
| Antenna height:      | 0.1870 m                    | 1.2460 m           |
| Initial coordinates: |                             |                    |
| Latitude:            | 21°58' 54.13176" S          | 21°58' 41.61854" S |
| Longitude:           | 47°52' 44.31902" W          | 47°55' 55.80754" W |
| Ellip. Hgt:          | 848.9362 m                  | 875.0484 m         |

### Cycle Slip Statistics

Total number of cycle slips: 0

### Final Coordinates

|                | Reference:FED1 (SAT 93670)                | Rover:FEHR                               |                   |
|----------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------|
| Coordinates:   |                                           |                                          |                   |
| Latitude:      | 21°58' 54.13176" S                        | 21°58' 41.62696" S                       |                   |
| Longitude:     | 47°52' 44.31902" W                        | 47°55' 55.74415" W                       |                   |
| Ellip. Hgt:    | 848.9362 m                                | 876.4830 m                               |                   |
| Solution type: | Phase: all fix                            |                                          |                   |
| GNSS type:     | GPS                                       |                                          |                   |
| Frequency:     | L1 and L2                                 |                                          |                   |
| Ambiguity:     | Yes                                       |                                          |                   |
| Quality:       | Sd. Lat: 0.0002 m<br>Posn. Qlty: 0.0003 m | Sd. Lon: 0.0002 m<br>Sd. Slope: 0.0002 m | Sd. Hgt: 0.0006 m |

## PROCESSAMENTO 3:



## Results - Baseline FED1 (SAT 93670) - STTU

### Project Information

|                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| Project name:           | REDE GPS SAO CARLOS 2007 |
| Date created:           | 18/11/2007 00:28:50      |
| Time zone:              | -2h 00'                  |
| Coordinate system name: | SIRGAS_UTM-SAD69-F23     |
| Application software:   | LEICA Geo Office 5.0     |
| Processing kernel:      | PSI-Pro 2.0              |
| Processed:              | 06/02/2008 16:46:13      |

### Point Information

|                      | Reference: FED1 (SAT 93670) | Rover: STTU        |
|----------------------|-----------------------------|--------------------|
| Receiver type / S/N: | GX1230 / 450742             | GX1230 / 450708    |
| Antenna type / S/N:  | AX1202 Pillar / -           | AX1202 Pillar / -  |
| Antenna height:      | 0.1775 m                    | 0.0000 m           |
| Initial coordinates: |                             |                    |
| Latitude:            | 21°58' 54.13176" S          | 22°00' 17.83433" S |
| Longitude:           | 47°52' 44.31902" W          | 47°53' 57.01285" W |
| Ellip. Hgt:          | 848.9362 m                  | 821.2411 m         |

### Cycle Slip Statistics

Total number of cycle slips: 0

### Final Coordinates

|                | Reference:FED1 (SAT 93670)                | Rover:STTU                               |                   |
|----------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------|
| Coordinates:   |                                           |                                          |                   |
| Latitude:      | 21°58' 54.13176" S                        | 22°00' 17.79231" S                       |                   |
| Longitude:     | 47°52' 44.31902" W                        | 47°53' 57.02034" W                       |                   |
| Ellip. Hgt:    | 848.9362 m                                | 824.4405 m                               |                   |
| Solution type: | Phase: all fix                            |                                          |                   |
| GNSS type:     | GPS                                       |                                          |                   |
| Frequency:     | L1 and L2                                 |                                          |                   |
| Ambiguity:     | Yes                                       |                                          |                   |
| Quality:       | Sd. Lat: 0.0005 m<br>Posn. Qlty: 0.0021 m | Sd. Lon: 0.0021 m<br>Sd. Slope: 0.0015 m | Sd. Hgt: 0.0040 m |

## PROCESSAMENTO 4:



## Results - Baseline MART (SAT 93668) - STTU

### Project Information

|                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| Project name:           | REDE GPS SAO CARLOS 2007 |
| Date created:           | 18/11/2007 00:28:50      |
| Time zone:              | -2h 00'                  |
| Coordinate system name: | SIRGAS_UTM-SAD69-F23     |
| Application software:   | LEICA Geo Office 5.0     |
| Processing kernel:      | PSI-Pro 2.0              |
| Processed:              | 06/02/2008 16:46:13      |

### Point Information

|                      | Reference: MART (SAT 93668) | Rover: STTU        |
|----------------------|-----------------------------|--------------------|
| Receiver type / S/N: | GX1230 / 450742             | GX1230 / 450708    |
| Antenna type / S/N:  | AT503 Pillar / -            | AX1202 Pillar / -  |
| Antenna height:      | 0.0000 m                    | 0.0000 m           |
| Initial coordinates: |                             |                    |
| Latitude:            | 21°59' 43.24969" S          | 22°00' 17.83433" S |
| Longitude:           | 47°54' 27.11021" W          | 47°53' 57.01285" W |
| Ellip. Hgt:          | 842.3707 m                  | 821.2411 m         |

### Cycle Slip Statistics

Total number of cycle slips: 0

### Final Coordinates

|                | Reference:MART (SAT 93668)                | Rover:STTU                               |                   |
|----------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------|
| Coordinates:   |                                           |                                          |                   |
| Latitude:      | 21°59' 43.24969" S                        | 22°00' 17.79027" S                       |                   |
| Longitude:     | 47°54' 27.11021" W                        | 47°53' 57.01972" W                       |                   |
| Ellip. Hgt:    | 842.3707 m                                | 824.4944 m                               |                   |
| Solution type: | Phase: all fix                            |                                          |                   |
| GNSS type:     | GPS                                       |                                          |                   |
| Frequency:     | L1 and L2                                 |                                          |                   |
| Ambiguity:     | Yes                                       |                                          |                   |
| Quality:       | Sd. Lat: 0.0004 m<br>Posn. Qlty: 0.0004 m | Sd. Lon: 0.0002 m<br>Sd. Slope: 0.0003 m | Sd. Hgt: 0.0009 m |

## PROCESSAMENTO 5:



## Results - Baseline FEHR - STTU

### Project Information

|                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| Project name:           | REDE GPS SAO CARLOS 2007 |
| Date created:           | 18/11/2007 00:28:50      |
| Time zone:              | -2h 00'                  |
| Coordinate system name: | SIRGAS_UTM-SAD69-F23     |
| Application software:   | LEICA Geo Office 5.0     |
| Processing kernel:      | PSI-Pro 2.0              |
| Processed:              | 08/02/2008 00:41:57      |

### Point Information

|                      | Reference: FEHR    | Rover: STTU        |
|----------------------|--------------------|--------------------|
| Receiver type / S/N: | GX1230 / 450742    | GX1230 / 450708    |
| Antenna type / S/N:  | AX1202 Tripé / -   | AX1202 Pillar / -  |
| Antenna height:      | 1.2460 m           | 0.0000 m           |
| Initial coordinates: |                    |                    |
| Latitude:            | 21°58' 41.62600" S | 22°00' 17.79104" S |
| Longitude:           | 47°55' 55.74413" W | 47°53' 57.01973" W |
| Ellip. Hgt:          | 876.4846 m         | 824.4917 m         |

### Cycle Slip Statistics

Total number of cycle slips: 0

### Final Coordinates

|                | Reference:FEHR                            | Rover:STTU                               |                   |
|----------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------|
| Coordinates:   |                                           |                                          |                   |
| Latitude:      | 21°58' 41.62600" S                        | 22°00' 17.79033" S                       |                   |
| Longitude:     | 47°55' 55.74413" W                        | 47°53' 57.01969" W                       |                   |
| Ellip. Hgt:    | 876.4846 m                                | 824.5313 m                               |                   |
| Solution type: | Phase: all fix                            |                                          |                   |
| GNSS type:     | GPS                                       |                                          |                   |
| Frequency:     | L1 and L2                                 |                                          |                   |
| Ambiguity:     | Yes                                       |                                          |                   |
| Quality:       | Sd. Lat: 0.0014 m<br>Posn. Qlty: 0.0015 m | Sd. Lon: 0.0008 m<br>Sd. Slope: 0.0008 m | Sd. Hgt: 0.0059 m |

## PROCESSAMENTO 6:



## Results - Baseline FEHR - CENT

### Project Information

|                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| Project name:           | REDE GPS SAO CARLOS 2007 |
| Date created:           | 18/11/2007 00:28:50      |
| Time zone:              | -2h 00'                  |
| Coordinate system name: | SIRGAS_UTM-SAD69-F23     |
| Application software:   | LEICA Geo Office 5.0     |
| Processing kernel:      | PSI-Pro 2.0              |
| Processed:              | 08/02/2008 00:45:53      |

### Point Information

|                      | Reference: FEHR    | Rover: CENT        |
|----------------------|--------------------|--------------------|
| Receiver type / S/N: | GX1230 / 450742    | GX1230 / 450708    |
| Antenna type / S/N:  | AX1202 Tripé / -   | AX1202 Tripé / -   |
| Antenna height:      | 1.3020 m           | 1.3015 m           |
| Initial coordinates: |                    |                    |
| Latitude:            | 21°58' 41.62600" S | 22°01' 03.90899" S |
| Longitude:           | 47°55' 55.74413" W | 47°55' 07.51475" W |
| Ellip. Hgt:          | 876.4846 m         | 859.3749 m         |

### Cycle Slip Statistics

Total number of cycle slips:

0

### Final Coordinates

|                | Reference:FEHR                            | Rover:CENT                               |                   |
|----------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------|
| Coordinates:   |                                           |                                          |                   |
| Latitude:      | 21°58' 41.62600" S                        | 22°01' 03.89781" S                       |                   |
| Longitude:     | 47°55' 55.74413" W                        | 47°55' 07.50783" W                       |                   |
| Ellip. Hgt:    | 876.4846 m                                | 855.8507 m                               |                   |
| Solution type: | Phase: all fix                            |                                          |                   |
| GNSS type:     | GPS                                       |                                          |                   |
| Frequency:     | L1 and L2                                 |                                          |                   |
| Ambiguity:     | Yes                                       |                                          |                   |
| Quality:       | Sd. Lat: 0.0002 m<br>Posn. Qlty: 0.0003 m | Sd. Lon: 0.0002 m<br>Sd. Slope: 0.0002 m | Sd. Hgt: 0.0009 m |

## PROCESSAMENTO 7:



## Results - Baseline FEHR - CENT

### Project Information

|                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| Project name:           | REDE GPS SAO CARLOS 2007 |
| Date created:           | 18/11/2007 00:28:50      |
| Time zone:              | -2h 00'                  |
| Coordinate system name: | SIRGAS_UTM-SAD69-F23     |
| Application software:   | LEICA Geo Office 5.0     |
| Processing kernel:      | PSI-Pro 2.0              |
| Processed:              | 08/02/2008 00:45:53      |

### Point Information

|                      | Reference: FEHR    | Rover: CENT        |
|----------------------|--------------------|--------------------|
| Receiver type / S/N: | GX1230 / 450742    | GX1230 / 450708    |
| Antenna type / S/N:  | AX1202 Tripé / -   | AX1202 Tripé / -   |
| Antenna height:      | 1.3020 m           | 1.3015 m           |
| Initial coordinates: |                    |                    |
| Latitude:            | 21°58' 41.62600" S | 22°01' 03.90899" S |
| Longitude:           | 47°55' 55.74413" W | 47°55' 07.51475" W |
| Ellip. Hgt:          | 876.4846 m         | 859.3749 m         |

### Cycle Slip Statistics

Total number of cycle slips:

0

### Final Coordinates

|                | Reference:FEHR                            | Rover:CENT                               |                   |
|----------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------|
| Coordinates:   |                                           |                                          |                   |
| Latitude:      | 21°58' 41.62600" S                        | 22°01' 03.89781" S                       |                   |
| Longitude:     | 47°55' 55.74413" W                        | 47°55' 07.50783" W                       |                   |
| Ellip. Hgt:    | 876.4846 m                                | 855.8507 m                               |                   |
| Solution type: | Phase: all fix                            |                                          |                   |
| GNSS type:     | GPS                                       |                                          |                   |
| Frequency:     | L1 and L2                                 |                                          |                   |
| Ambiguity:     | Yes                                       |                                          |                   |
| Quality:       | Sd. Lat: 0.0002 m<br>Posn. Qlty: 0.0003 m | Sd. Lon: 0.0002 m<br>Sd. Slope: 0.0002 m | Sd. Hgt: 0.0009 m |

## PROCESSAMENTO 8:



## Results - Baseline CENT - ITAL

### Project Information

|                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| Project name:           | REDE GPS SAO CARLOS 2007 |
| Date created:           | 18/11/2007 00:28:50      |
| Time zone:              | -2h 00'                  |
| Coordinate system name: | SIRGAS_UTM-SAD69-F23     |
| Application software:   | LEICA Geo Office 5.0     |
| Processing kernel:      | PSI-Pro 2.0              |
| Processed:              | 08/02/2008 01:05:38      |

### Point Information

|                      | Reference: CENT    | Rover: ITAL        |
|----------------------|--------------------|--------------------|
| Receiver type / S/N: | GX1230 / 450708    | GX1230 / 450742    |
| Antenna type / S/N:  | AX1202 Tripé / -   | AX1202 Tripé / -   |
| Antenna height:      | 1.2950 m           | 1.0700 m           |
| Initial coordinates: |                    |                    |
| Latitude:            | 22°01' 03.89784" S | 22°01' 56.21078" S |
| Longitude:           | 47°55' 07.50787" W | 47°53' 25.01703" W |
| Ellip. Hgt:          | 855.8631 m         | 826.6671 m         |

### Cycle Slip Statistics

Total number of cycle slips:

0

### Final Coordinates

|                | Reference:CENT                            | Rover:ITAL                               |                   |
|----------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------|
| Coordinates:   |                                           |                                          |                   |
| Latitude:      | 22°01' 03.89784" S                        | 22°01' 56.26537" S                       |                   |
| Longitude:     | 47°55' 07.50787" W                        | 47°53' 25.00550" W                       |                   |
| Ellip. Hgt:    | 855.8631 m                                | 827.6986 m                               |                   |
| Solution type: | Phase: all fix                            |                                          |                   |
| GNSS type:     | GPS                                       |                                          |                   |
| Frequency:     | L1 and L2                                 |                                          |                   |
| Ambiguity:     | Yes                                       |                                          |                   |
| Quality:       | Sd. Lat: 0.0002 m<br>Posn. Qlty: 0.0003 m | Sd. Lon: 0.0002 m<br>Sd. Slope: 0.0002 m | Sd. Hgt: 0.0007 m |



PROCESSAMENTO 9:



**Results - Baseline  
STTU - ITAL**

**Project Information**

Project name: REDE GPS SAO CARLOS 2007  
 Date created: 18/11/2007 00:28:50  
 Time zone: -2h 00'  
 Coordinate system name: SIRGAS\_UTM-SAD69-F23  
 Application software: LEICA Geo Office 5.0  
 Processing kernel: PSI-Pro 2.0  
 Processed: 08/02/2008 01:05:37

**Point Information**

|                      | Reference: STTU    | Rover: ITAL        |
|----------------------|--------------------|--------------------|
| Receiver type / S/N: | GX1230 / 450708    | GX1230 / 450742    |
| Antenna type / S/N:  | AX1202 Pillar / -  | AX1202 Tripé / -   |
| Antenna height:      | 0.0000 m           | 1.1385 m           |
| Initial coordinates: |                    |                    |
| Latitude:            | 22°00' 17.79101" S | 22°01' 56.21078" S |
| Longitude:           | 47°53' 57.01973" W | 47°53' 25.01703" W |
| Ellip. Hgt:          | 824.4926 m         | 826.6671 m         |

**Cycle Slip Statistics**

Total number of cycle slips: 0

**Final Coordinates**

|                | Reference:STTU                            | Rover:ITAL                               |                   |
|----------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------|
| Coordinates:   |                                           |                                          |                   |
| Latitude:      | 22°00' 17.79101" S                        | 22°01' 56.26511" S                       |                   |
| Longitude:     | 47°53' 57.01973" W                        | 47°53' 25.00577" W                       |                   |
| Ellip. Hgt:    | 824.4926 m                                | 827.7235 m                               |                   |
| Solution type: | Phase: all fix                            |                                          |                   |
| GNSS type:     | GPS                                       |                                          |                   |
| Frequency:     | L1 and L2                                 |                                          |                   |
| Ambiguity:     | Yes                                       |                                          |                   |
| Quality:       | Sd. Lat: 0.0008 m<br>Posn. Qlty: 0.0009 m | Sd. Lon: 0.0005 m<br>Sd. Slope: 0.0008 m | Sd. Hgt: 0.0031 m |

## PROCESSAMENTO 10:



## Results - Baseline

### ITAL - BEAT

#### Project Information

|                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| Project name:           | REDE GPS SAO CARLOS 2007 |
| Date created:           | 18/11/2007 00:28:50      |
| Time zone:              | -2h 00'                  |
| Coordinate system name: | SIRGAS_UTM-SAD69-F23     |
| Application software:   | LEICA Geo Office 5.0     |
| Processing kernel:      | PSI-Pro 2.0              |
| Processed:              | 08/02/2008 01:20:17      |

#### Point Information

|                      | Reference: ITAL    | Rover: BEAT        |
|----------------------|--------------------|--------------------|
| Receiver type / S/N: | GX1230 / 450708    | GX1230 / 450742    |
| Antenna type / S/N:  | AX1202 Tripé / -   | AX1202 Tripé / -   |
| Antenna height:      | 1.1165 m           | 1.3310 m           |
| Initial coordinates: |                    |                    |
| Latitude:            | 22°01' 56.26536" S | 22°02' 15.66807" S |
| Longitude:           | 47°53' 25.00554" W | 47°54' 28.99926" W |
| Ellip. Hgt:          | 827.6999 m         | 859.9452 m         |

#### Cycle Slip Statistics

Total number of cycle slips:

0

#### Final Coordinates

|                | Reference:ITAL                            | Rover:BEAT                               |                   |
|----------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------|
| Coordinates:   |                                           |                                          |                   |
| Latitude:      | 22°01' 56.26536" S                        | 22°02' 15.66356" S                       |                   |
| Longitude:     | 47°53' 25.00554" W                        | 47°54' 28.97895" W                       |                   |
| Ellip. Hgt:    | 827.6999 m                                | 858.9428 m                               |                   |
| Solution type: | Phase: all fix                            |                                          |                   |
| GNSS type:     | GPS                                       |                                          |                   |
| Frequency:     | L1 and L2                                 |                                          |                   |
| Ambiguity:     | Yes                                       |                                          |                   |
| Quality:       | Sd. Lat: 0.0002 m<br>Posn. Qlty: 0.0003 m | Sd. Lon: 0.0002 m<br>Sd. Slope: 0.0002 m | Sd. Hgt: 0.0006 m |

## PROCESSAMENTO 11:



## Results - Baseline

### CENT - BEAT

#### Project Information

Project name: REDE GPS SAO CARLOS 2007  
 Date created: 18/11/2007 00:28:50  
 Time zone: -2h 00'  
 Coordinate system name: SIRGAS\_UTM-SAD69-F23  
 Application software: LEICA Geo Office 5.0  
 Processing kernel: PSI-Pro 2.0  
 Processed: 08/02/2008 01:20:16

#### Point Information

|                      | Reference: CENT    | Rover: BEAT        |
|----------------------|--------------------|--------------------|
| Receiver type / S/N: | GX1230 / 450708    | GX1230 / 450742    |
| Antenna type / S/N:  | AX1202 Tripé / -   | AX1202 Tripé / -   |
| Antenna height:      | 1.3100 m           | 1.3310 m           |
| Initial coordinates: |                    |                    |
| Latitude:            | 22°01' 03.89784" S | 22°02' 15.66807" S |
| Longitude:           | 47°55' 07.50787" W | 47°54' 28.99926" W |
| Ellip. Hgt:          | 855.8631 m         | 859.9452 m         |

#### Cycle Slip Statistics

Total number of cycle slips: 0

#### Final Coordinates

|                | Reference:CENT                            | Rover:BEAT                               |                   |
|----------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------|
| Coordinates:   |                                           |                                          |                   |
| Latitude:      | 22°01' 03.89784" S                        | 22°02' 15.66349" S                       |                   |
| Longitude:     | 47°55' 07.50787" W                        | 47°54' 28.97895" W                       |                   |
| Ellip. Hgt:    | 855.8631 m                                | 858.9397 m                               |                   |
| Solution type: | Phase: all fix                            |                                          |                   |
| GNSS type:     | GPS                                       |                                          |                   |
| Frequency:     | L1 and L2                                 |                                          |                   |
| Ambiguity:     | Yes                                       |                                          |                   |
| Quality:       | Sd. Lat: 0.0002 m<br>Posn. Qlty: 0.0003 m | Sd. Lon: 0.0001 m<br>Sd. Slope: 0.0002 m | Sd. Hgt: 0.0005 m |

## PROCESSAMENTO 12:



## Results - Baseline

### BEAT - CEAT

#### Project Information

|                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| Project name:           | REDE GPS SAO CARLOS 2007 |
| Date created:           | 18/11/2007 00:28:50      |
| Time zone:              | -2h 00'                  |
| Coordinate system name: | SIRGAS_UTM-SAD69-F23     |
| Application software:   | LEICA Geo Office 5.0     |
| Processing kernel:      | PSI-Pro 2.0              |
| Processed:              | 08/02/2008 01:26:47      |

#### Point Information

|                      | Reference: BEAT     | Rover: CEAT         |
|----------------------|---------------------|---------------------|
| Receiver type / S/N: | GX1230 / 450708     | GX1230 / 450742     |
| Antenna type / S/N:  | AX1202 Tripé / -    | AX1202 Tripé / -    |
| Antenna height:      | 1.2550 m            | 1.5525 m            |
| Initial coordinates: |                     |                     |
| Latitude:            | 22° 02' 15.66353" S | 22° 04' 34.97226" S |
| Longitude:           | 47° 54' 28.97895" W | 47° 52' 53.37502" W |
| Ellip. Hgt:          | 858.9410 m          | 842.6400 m          |

#### Cycle Slip Statistics

Total number of cycle slips: 0

#### Final Coordinates

|                | Reference:BEAT                            | Rover:CEAT                               |                   |
|----------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------|
| Coordinates:   |                                           |                                          |                   |
| Latitude:      | 22° 02' 15.66353" S                       | 22° 04' 34.98476" S                      |                   |
| Longitude:     | 47° 54' 28.97895" W                       | 47° 52' 53.37854" W                      |                   |
| Ellip. Hgt:    | 858.9410 m                                | 843.2305 m                               |                   |
| Solution type: | Phase: all fix                            |                                          |                   |
| GNSS type:     | GPS                                       |                                          |                   |
| Frequency:     | L1 and L2                                 |                                          |                   |
| Ambiguity:     | Yes                                       |                                          |                   |
| Quality:       | Sd. Lat: 0.0002 m<br>Posn. Qlty: 0.0004 m | Sd. Lon: 0.0004 m<br>Sd. Slope: 0.0002 m | Sd. Hgt: 0.0005 m |

## PROCESSAMENTO 13:



## Results - Baseline

### ITAL - CEAT

#### Project Information

|                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| Project name:           | REDE GPS SAO CARLOS 2007 |
| Date created:           | 18/11/2007 00:28:50      |
| Time zone:              | -2h 00'                  |
| Coordinate system name: | SIRGAS_UTM-SAD69-F23     |
| Application software:   | LEICA Geo Office 5.0     |
| Processing kernel:      | PSI-Pro 2.0              |
| Processed:              | 08/02/2008 01:26:46      |

#### Point Information

|                      | Reference: ITAL     | Rover: CEAT         |
|----------------------|---------------------|---------------------|
| Receiver type / S/N: | GX1230 / 450708     | GX1230 / 450742     |
| Antenna type / S/N:  | AX1202 Tripé / -    | AX1202 Tripé / -    |
| Antenna height:      | 1.1170 m            | 1.5995 m            |
| Initial coordinates: |                     |                     |
| Latitude:            | 22° 01' 56.26536" S | 22° 04' 34.97226" S |
| Longitude:           | 47° 53' 25.00554" W | 47° 52' 53.37502" W |
| Ellip. Hgt:          | 827.6999 m          | 842.6400 m          |

#### Cycle Slip Statistics

Total number of cycle slips: 0

#### Final Coordinates

|                | Reference:ITAL                            | Rover:CEAT                               |                   |
|----------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------|
| Coordinates:   |                                           |                                          |                   |
| Latitude:      | 22° 01' 56.26536" S                       | 22° 04' 34.98463" S                      |                   |
| Longitude:     | 47° 53' 25.00554" W                       | 47° 52' 53.37806" W                      |                   |
| Ellip. Hgt:    | 827.6999 m                                | 843.2137 m                               |                   |
| Solution type: | Phase: all fix                            |                                          |                   |
| GNSS type:     | GPS                                       |                                          |                   |
| Frequency:     | L1 and L2                                 |                                          |                   |
| Ambiguity:     | Yes                                       |                                          |                   |
| Quality:       | Sd. Lat: 0.0002 m<br>Posn. Qlty: 0.0003 m | Sd. Lon: 0.0001 m<br>Sd. Slope: 0.0002 m | Sd. Hgt: 0.0005 m |

## PROCESSAMENTO 14:



## Results - Baseline

### ITAL - TREV

#### Project Information

Project name: REDE GPS SAO CARLOS 2007  
 Date created: 18/11/2007 00:28:50  
 Time zone: -2h 00'  
 Coordinate system name: SIRGAS\_UTM-SAD69-F23  
 Application software: LEICA Geo Office 5.0  
 Processing kernel: PSI-Pro 2.0  
 Processed: 08/02/2008 01:36:54

#### Point Information

|                      | Reference: ITAL    | Rover: TREV        |
|----------------------|--------------------|--------------------|
| Receiver type / S/N: | GX1230 / 450708    | GX1230 / 450742    |
| Antenna type / S/N:  | AX1202 Tripé / -   | AX1202 Tripé / -   |
| Antenna height:      | 1.1800 m           | 1.0520 m           |
| Initial coordinates: |                    |                    |
| Latitude:            | 22°01' 56.26536" S | 22°02' 11.28210" S |
| Longitude:           | 47°53' 25.00554" W | 47°51' 38.79989" W |
| Ellip. Hgt:          | 827.6999 m         | 870.8875 m         |

#### Cycle Slip Statistics

Total number of cycle slips: 0

#### Final Coordinates

|                | Reference:ITAL                            | Rover:TREV                               |                   |
|----------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------|
| Coordinates:   |                                           |                                          |                   |
| Latitude:      | 22°01' 56.26536" S                        | 22°02' 11.25279" S                       |                   |
| Longitude:     | 47°53' 25.00554" W                        | 47°51' 38.81684" W                       |                   |
| Ellip. Hgt:    | 827.6999 m                                | 870.4164 m                               |                   |
| Solution type: | Phase: all fix                            |                                          |                   |
| GNSS type:     | GPS                                       |                                          |                   |
| Frequency:     | L1 and L2                                 |                                          |                   |
| Ambiguity:     | Yes                                       |                                          |                   |
| Quality:       | Sd. Lat: 0.0002 m<br>Posn. Qlty: 0.0003 m | Sd. Lon: 0.0002 m<br>Sd. Slope: 0.0002 m | Sd. Hgt: 0.0007 m |

## PROCESSAMENTO 15:



## Results - Baseline

### CEAT - TREV

#### Project Information

|                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| Project name:           | REDE GPS SAO CARLOS 2007 |
| Date created:           | 18/11/2007 00:28:50      |
| Time zone:              | -2h 00'                  |
| Coordinate system name: | SIRGAS_UTM-SAD69-F23     |
| Application software:   | LEICA Geo Office 5.0     |
| Processing kernel:      | PSI-Pro 2.0              |
| Processed:              | 08/02/2008 01:36:53      |

#### Point Information

|                      | Reference: CEAT    | Rover: TREV        |
|----------------------|--------------------|--------------------|
| Receiver type / S/N: | GX1230 / 450742    | GX1230 / 450708    |
| Antenna type / S/N:  | AX1202 Tripé / -   | AX1202 Tripé / -   |
| Antenna height:      | 1.5995 m           | 1.0415 m           |
| Initial coordinates: |                    |                    |
| Latitude:            | 22°04' 34.98471" S | 22°02' 11.28210" S |
| Longitude:           | 47°52' 53.37813" W | 47°51' 38.79989" W |
| Ellip. Hgt:          | 843.2218 m         | 870.8875 m         |

#### Cycle Slip Statistics

Total number of cycle slips: 0

#### Final Coordinates

|                | Reference:CEAT                            | Rover:TREV                               |                   |
|----------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------|
| Coordinates:   |                                           |                                          |                   |
| Latitude:      | 22°04' 34.98471" S                        | 22°02' 11.25327" S                       |                   |
| Longitude:     | 47°52' 53.37813" W                        | 47°51' 38.81683" W                       |                   |
| Ellip. Hgt:    | 843.2218 m                                | 870.4350 m                               |                   |
| Solution type: | Phase: all fix                            |                                          |                   |
| GNSS type:     | GPS                                       |                                          |                   |
| Frequency:     | L1 and L2                                 |                                          |                   |
| Ambiguity:     | Yes                                       |                                          |                   |
| Quality:       | Sd. Lat: 0.0002 m<br>Posn. Qlty: 0.0003 m | Sd. Lon: 0.0002 m<br>Sd. Slope: 0.0002 m | Sd. Hgt: 0.0006 m |

## PROCESSAMENTO 16:



## Results - Baseline

### ITAL - FAZE

#### Project Information

Project name: REDE GPS SAO CARLOS 2007  
 Date created: 18/11/2007 00:28:50  
 Time zone: -2h 00'  
 Coordinate system name: SIRGAS\_UTM-SAD69-F23  
 Application software: LEICA Geo Office 5.0  
 Processing kernel: PSI-Pro 2.0  
 Processed: 08/02/2008 01:44:37

#### Point Information

|                      | Reference: ITAL    | Rover: FAZE        |
|----------------------|--------------------|--------------------|
| Receiver type / S/N: | GX1230 / 450742    | GX1230 / 450708    |
| Antenna type / S/N:  | AX1202 Tripé / -   | AX1202 Pillar / -  |
| Antenna height:      | 1.1855 m           | 0.1890 m           |
| Initial coordinates: |                    |                    |
| Latitude:            | 22°01' 56.26536" S | 22°00' 46.16453" S |
| Longitude:           | 47°53' 25.00554" W | 47°51' 26.85893" W |
| Ellip. Hgt:          | 827.6999 m         | 900.9904 m         |

#### Cycle Slip Statistics

Total number of cycle slips: 0

#### Final Coordinates

|                | Reference:ITAL                            | Rover:FAZE                               |                   |
|----------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------|
| Coordinates:   |                                           |                                          |                   |
| Latitude:      | 22°01' 56.26536" S                        | 22°00' 46.17276" S                       |                   |
| Longitude:     | 47°53' 25.00554" W                        | 47°51' 26.82104" W                       |                   |
| Ellip. Hgt:    | 827.6999 m                                | 896.3256 m                               |                   |
| Solution type: | Phase: all fix                            |                                          |                   |
| GNSS type:     | GPS                                       |                                          |                   |
| Frequency:     | L1 and L2                                 |                                          |                   |
| Ambiguity:     | Yes                                       |                                          |                   |
| Quality:       | Sd. Lat: 0.0003 m<br>Posn. Qlty: 0.0003 m | Sd. Lon: 0.0002 m<br>Sd. Slope: 0.0002 m | Sd. Hgt: 0.0006 m |



## PROCESSAMENTO 17:



## Results - Baseline

### TREV - FAZE

#### Project Information

|                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| Project name:           | REDE GPS SAO CARLOS 2007 |
| Date created:           | 18/11/2007 00:28:50      |
| Time zone:              | -2h 00'                  |
| Coordinate system name: | SIRGAS_UTM-SAD69-F23     |
| Application software:   | LEICA Geo Office 5.0     |
| Processing kernel:      | PSI-Pro 2.0              |
| Processed:              | 08/02/2008 01:44:37      |

#### Point Information

|                      | Reference: TREV     | Rover: FAZE         |
|----------------------|---------------------|---------------------|
| Receiver type / S/N: | GX1230 / 450742     | GX1230 / 450708     |
| Antenna type / S/N:  | AX1202 Tripé / -    | AX1202 Pillar / -   |
| Antenna height:      | 1.0520 m            | 0.1860 m            |
| Initial coordinates: |                     |                     |
| Latitude:            | 22° 02' 11.25307" S | 22° 00' 46.16453" S |
| Longitude:           | 47° 51' 38.81683" W | 47° 51' 26.85893" W |
| Ellip. Hgt:          | 870.4272 m          | 900.9904 m          |

#### Cycle Slip Statistics

Total number of cycle slips: 0

#### Final Coordinates

|                | Reference:TREV                            | Rover:FAZE                               |                   |
|----------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------|
| Coordinates:   |                                           |                                          |                   |
| Latitude:      | 22° 02' 11.25307" S                       | 22° 00' 46.17302" S                      |                   |
| Longitude:     | 47° 51' 38.81683" W                       | 47° 51' 26.82182" W                      |                   |
| Ellip. Hgt:    | 870.4272 m                                | 896.3331 m                               |                   |
| Solution type: | Phase: all fix                            |                                          |                   |
| GNSS type:     | GPS                                       |                                          |                   |
| Frequency:     | L1 and L2                                 |                                          |                   |
| Ambiguity:     | Yes                                       |                                          |                   |
| Quality:       | Sd. Lat: 0.0007 m<br>Posn. Qlty: 0.0008 m | Sd. Lon: 0.0004 m<br>Sd. Slope: 0.0007 m | Sd. Hgt: 0.0017 m |

## PROCESSAMENTO 18:



## Results - Baseline

### FAZE - FED1 (SAT 93670)

#### Project Information

|                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| Project name:           | REDE GPS SAO CARLOS 2007 |
| Date created:           | 18/11/2007 00:28:50      |
| Time zone:              | -2h 00'                  |
| Coordinate system name: | SIRGAS_UTM-SAD69-F23     |
| Application software:   | LEICA Geo Office 5.0     |
| Processing kernel:      | PSI-Pro 2.0              |
| Processed:              | 08/02/2008 01:52:35      |

#### Point Information

|                      | Reference: FAZE    | Rover: FED1 (SAT 93670) |
|----------------------|--------------------|-------------------------|
| Receiver type / S/N: | GX1230 / 450708    | GX1230 / 450742         |
| Antenna type / S/N:  | AX1202 Pillar / -  | AX1202 Pillar / -       |
| Antenna height:      | 0.1890 m           | 0.1890 m                |
| Initial coordinates: |                    |                         |
| Latitude:            | 22°00' 46.17279" S | 21°58' 54.13176" S      |
| Longitude:           | 47°51' 26.82113" W | 47°52' 44.31902" W      |
| Ellip. Hgt:          | 896.3266 m         | 848.9362 m              |

#### Cycle Slip Statistics

Total number of cycle slips: 0

#### Final Coordinates

|                | Reference:FAZE                            | Rover:FED1 (SAT 93670)                   |                   |
|----------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------|
| Coordinates:   |                                           |                                          |                   |
| Latitude:      | 22°00' 46.17279" S                        | 21°58' 54.13067" S                       |                   |
| Longitude:     | 47°51' 26.82113" W                        | 47°52' 44.31861" W                       |                   |
| Ellip. Hgt:    | 896.3266 m                                | 848.9051 m                               |                   |
| Solution type: | Phase: all fix                            |                                          |                   |
| GNSS type:     | GPS                                       |                                          |                   |
| Frequency:     | L1 and L2                                 |                                          |                   |
| Ambiguity:     | Yes                                       |                                          |                   |
| Quality:       | Sd. Lat: 0.0003 m<br>Posn. Qlty: 0.0005 m | Sd. Lon: 0.0004 m<br>Sd. Slope: 0.0003 m | Sd. Hgt: 0.0008 m |

## PROCESSAMENTO 19:



## Results - Baseline

### FAZE - STTU

#### Project Information

Project name: REDE GPS SAO CARLOS 2007  
 Date created: 18/11/2007 00:28:50  
 Time zone: -2h 00'  
 Coordinate system name: SIRGAS\_UTM-SAD69-F23  
 Application software: LEICA Geo Office 5.0  
 Processing kernel: PSI-Pro 2.0  
 Processed: 08/02/2008 01:52:34

#### Point Information

|                      | Reference: FAZE    | Rover: STTU        |
|----------------------|--------------------|--------------------|
| Receiver type / S/N: | GX1230 / 450742    | GX1230 / 450708    |
| Antenna type / S/N:  | AX1202 Pillar / -  | AX1202 Pillar / -  |
| Antenna height:      | 0.1880 m           | 0.0000 m           |
| Initial coordinates: |                    |                    |
| Latitude:            | 22°00' 46.17279" S | 22°00' 17.79101" S |
| Longitude:           | 47°51' 26.82113" W | 47°53' 57.01973" W |
| Ellip. Hgt:          | 896.3266 m         | 824.4926 m         |

#### Cycle Slip Statistics

Total number of cycle slips: 0

#### Final Coordinates

|                | Reference:FAZE                            | Rover:STTU                               |                   |
|----------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------|
| Coordinates:   |                                           |                                          |                   |
| Latitude:      | 22°00' 46.17279" S                        | 22°00' 17.79118" S                       |                   |
| Longitude:     | 47°51' 26.82113" W                        | 47°53' 57.01914" W                       |                   |
| Ellip. Hgt:    | 896.3266 m                                | 824.4750 m                               |                   |
| Solution type: | Phase: all fix                            |                                          |                   |
| GNSS type:     | GPS                                       |                                          |                   |
| Frequency:     | L1 and L2                                 |                                          |                   |
| Ambiguity:     | Yes                                       |                                          |                   |
| Quality:       | Sd. Lat: 0.0006 m<br>Posn. Qlty: 0.0007 m | Sd. Lon: 0.0005 m<br>Sd. Slope: 0.0005 m | Sd. Hgt: 0.0015 m |

## PROCESSAMENTO 20:



## Results - Baseline FED1 (SAT 93670) - MART (SAT 93668)

### Project Information

|                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| Project name:           | REDE GPS SAO CARLOS 2007 |
| Date created:           | 18/11/2007 00:28:50      |
| Time zone:              | -2h 00'                  |
| Coordinate system name: | SIRGAS_UTM-SAD69-F23     |
| Application software:   | LEICA Geo Office 5.0     |
| Processing kernel:      | PSI-Pro 2.0              |
| Processed:              | 08/02/2008 02:10:33      |

### Point Information

|                      | Reference: FED1 (SAT 93670) | Rover: MART (SAT 93668) |
|----------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Receiver type / S/N: | GX1230 / 450708             | GX1230 / 450742         |
| Antenna type / S/N:  | AX1202 Pillar / -           | AT503 Pillar / -        |
| Antenna height:      | 0.1870 m                    | 0.0000 m                |
| Initial coordinates: |                             |                         |
| Latitude:            | 21°58' 54.13176" S          | 21°59' 43.24969" S      |
| Longitude:           | 47°52' 44.31902" W          | 47°54' 27.11021" W      |
| Ellip. Hgt:          | 848.9362 m                  | 842.3707 m              |

### Cycle Slip Statistics

Total number of cycle slips: 0

### Final Coordinates

|                | Reference:FED1 (SAT 93670)                | Rover:MART (SAT 93668)                   |                   |
|----------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------|
| Coordinates:   |                                           |                                          |                   |
| Latitude:      | 21°58' 54.13176" S                        | 21°59' 43.25147" S                       |                   |
| Longitude:     | 47°52' 44.31902" W                        | 47°54' 27.11031" W                       |                   |
| Ellip. Hgt:    | 848.9362 m                                | 842.3775 m                               |                   |
| Solution type: | Phase: all fix                            |                                          |                   |
| GNSS type:     | GPS                                       |                                          |                   |
| Frequency:     | L1 and L2                                 |                                          |                   |
| Ambiguity:     | Yes                                       |                                          |                   |
| Quality:       | Sd. Lat: 0.0001 m<br>Posn. Qlty: 0.0002 m | Sd. Lon: 0.0001 m<br>Sd. Slope: 0.0001 m | Sd. Hgt: 0.0004 m |

## PROCESSAMENTO 21:



## Results - Baseline

### TREV - AZ-TREV

#### Project Information

|                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| Project name:           | REDE GPS SAO CARLOS 2007 |
| Date created:           | 18/11/2007 00:28:50      |
| Time zone:              | -2h 00'                  |
| Coordinate system name: | SIRGAS_UTM-SAD69-F23     |
| Application software:   | LEICA Geo Office 5.0     |
| Processing kernel:      | PSI-Pro 2.0              |
| Processed:              | 10/02/2008 23:52:01      |

#### Point Information

|                      | Reference: TREV    | Rover: AZ-TREV     |
|----------------------|--------------------|--------------------|
| Receiver type / S/N: | GX1230 / 461185    | GX1230 / 454434    |
| Antenna type / S/N:  | AX1202 Pole / -    | AX1202 Tripod / -  |
| Antenna height:      | 2.0000 m           | 1.1810 m           |
| Initial coordinates: |                    |                    |
| Latitude:            | 22°02' 11.25307" S | 22°01' 55.84507" S |
| Longitude:           | 47°51' 38.81683" W | 47°51' 37.71715" W |
| Ellip. Hgt:          | 870.4272 m         | 854.6305 m         |

#### Cycle Slip Statistics

Total number of cycle slips: 0

#### Final Coordinates

|                | Reference:TREV                            | Rover:AZ-TREV                            |                   |
|----------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------|
| Coordinates:   |                                           |                                          |                   |
| Latitude:      | 22°02' 11.25307" S                        | 22°01' 55.83862" S                       |                   |
| Longitude:     | 47°51' 38.81683" W                        | 47°51' 37.69987" W                       |                   |
| Ellip. Hgt:    | 870.4272 m                                | 855.6379 m                               |                   |
| Solution type: | Phase: all fix                            |                                          |                   |
| GNSS type:     | GPS                                       |                                          |                   |
| Frequency:     | L1 and L2                                 |                                          |                   |
| Ambiguity:     | Yes                                       |                                          |                   |
| Quality:       | Sd. Lat: 0.0001 m<br>Posn. Qlty: 0.0002 m | Sd. Lon: 0.0002 m<br>Sd. Slope: 0.0001 m | Sd. Hgt: 0.0004 m |

## PROCESSAMENTO 22:



## Results - Baseline FEHR - AZ-FEHR

### Project Information

|                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| Project name:           | REDE GPS SAO CARLOS 2007 |
| Date created:           | 18/11/2007 00:28:50      |
| Time zone:              | -2h 00'                  |
| Coordinate system name: | SIRGAS_UTM-SAD69-F23     |
| Application software:   | LEICA Geo Office 5.0     |
| Processing kernel:      | PSI-Pro 2.0              |
| Processed:              | 10/02/2008 23:52:00      |

### Point Information

|                      | Reference: FEHR    | Rover: AZ-FEHR     |
|----------------------|--------------------|--------------------|
| Receiver type / S/N: | GX1230 / 450742    | GX1230 / 450708    |
| Antenna type / S/N:  | AX1202 Tripé / -   | AX1202 Tripé / -   |
| Antenna height:      | 1.3105 m           | 1.2085 m           |
| Initial coordinates: |                    |                    |
| Latitude:            | 21°58' 41.62600" S | 21°58' 35.05897" S |
| Longitude:           | 47°55' 55.74413" W | 47°55' 58.49215" W |
| Ellip. Hgt:          | 876.4846 m         | 855.9409 m         |

### Cycle Slip Statistics

Total number of cycle slips: 0

### Final Coordinates

|                | Reference:FEHR                            | Rover:AZ-FEHR                            |                   |
|----------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------|
| Coordinates:   |                                           |                                          |                   |
| Latitude:      | 21°58' 41.62600" S                        | 21°58' 35.06793" S                       |                   |
| Longitude:     | 47°55' 55.74413" W                        | 47°55' 58.42439" W                       |                   |
| Ellip. Hgt:    | 876.4846 m                                | 857.1455 m                               |                   |
| Solution type: | Phase: all fix                            |                                          |                   |
| GNSS type:     | GPS                                       |                                          |                   |
| Frequency:     | L1 and L2                                 |                                          |                   |
| Ambiguity:     | Yes                                       |                                          |                   |
| Quality:       | Sd. Lat: 0.0002 m<br>Posn. Qlty: 0.0003 m | Sd. Lon: 0.0002 m<br>Sd. Slope: 0.0002 m | Sd. Hgt: 0.0005 m |

## PROCESSAMENTO 23:



## Results - Baseline

### FAZE - AZ-FAZE

#### Project Information

Project name: REDE GPS SAO CARLOS 2007  
 Date created: 18/11/2007 00:28:50  
 Time zone: -2h 00'  
 Coordinate system name: SIRGAS\_UTM-SAD69-F23  
 Application software: LEICA Geo Office 5.0  
 Processing kernel: PSI-Pro 2.0  
 Processed: 10/02/2008 23:52:00

#### Project Information

|                      | Reference: FAZE    | Rover: AZ-FAZE     |
|----------------------|--------------------|--------------------|
| Receiver type / S/N: | GX1230 / 454434    | GX1230 / 461185    |
| Antenna type / S/N:  | AX1202 Pilar / -   | AX1202 Pole / -    |
| Antenna height:      | 0.1880 m           | 2.0000 m           |
| Initial coordinates: |                    |                    |
| Latitude:            | 22°00' 46.17279" S | 22°00' 54.31463" S |
| Longitude:           | 47°51' 26.82113" W | 47°51' 25.52882" W |
| Ellip. Hgt:          | 896.3266 m         | 901.5635 m         |

#### Cycle Slip Statistics

Total number of cycle slips: 0

#### Final Coordinates

|                | Reference:FAZE                            | Rover:AZ-FAZE                            |                   |
|----------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------|
| Coordinates:   |                                           |                                          |                   |
| Latitude:      | 22°00' 46.17279" S                        | 22°00' 54.29026" S                       |                   |
| Longitude:     | 47°51' 26.82113" W                        | 47°51' 25.54409" W                       |                   |
| Ellip. Hgt:    | 896.3266 m                                | 905.0945 m                               |                   |
| Solution type: | Phase: all fix                            |                                          |                   |
| GNSS type:     | GPS                                       |                                          |                   |
| Frequency:     | L1 and L2                                 |                                          |                   |
| Ambiguity:     | Yes                                       |                                          |                   |
| Quality:       | Sd. Lat: 0.0002 m<br>Posn. Qlty: 0.0005 m | Sd. Lon: 0.0004 m<br>Sd. Slope: 0.0003 m | Sd. Hgt: 0.0007 m |

## PROCESSAMENTO 24:



## Results - Baseline BEAT - AZ-BEAT

### Project Information

|                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| Project name:           | REDE GPS SAO CARLOS 2007 |
| Date created:           | 18/11/2007 00:28:50      |
| Time zone:              | -2h 00'                  |
| Coordinate system name: | SIRGAS_UTM-SAD69-F23     |
| Application software:   | LEICA Geo Office 5.0     |
| Processing kernel:      | PSI-Pro 2.0              |
| Processed:              | 10/02/2008 23:51:59      |

### Point Information

|                      | Reference: BEAT     | Rover: AZ-BEAT      |
|----------------------|---------------------|---------------------|
| Receiver type / S/N: | GX1230 / 450742     | GX1230 / 450708     |
| Antenna type / S/N:  | AX1202 Tripé / -    | AX1202 Tripé / -    |
| Antenna height:      | 1.3310 m            | 1.1760 m            |
| Initial coordinates: |                     |                     |
| Latitude:            | 22° 02' 15.66353" S | 22° 02' 03.55647" S |
| Longitude:           | 47° 54' 28.97895" W | 47° 54' 06.51507" W |
| Ellip. Hgt:          | 858.9410 m          | 831.1890 m          |

### Cycle Slip Statistics

Total number of cycle slips: 0

### Final Coordinates

|                | Reference: BEAT                           | Rover: AZ-BEAT                           |                   |
|----------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------|
| Coordinates:   |                                           |                                          |                   |
| Latitude:      | 22° 02' 15.66353" S                       | 22° 02' 03.56091" S                      |                   |
| Longitude:     | 47° 54' 28.97895" W                       | 47° 54' 06.47165" W                      |                   |
| Ellip. Hgt:    | 858.9410 m                                | 832.8184 m                               |                   |
| Solution type: | Phase: all fix                            |                                          |                   |
| GNSS type:     | GPS                                       |                                          |                   |
| Frequency:     | L1 and L2                                 |                                          |                   |
| Ambiguity:     | Yes                                       |                                          |                   |
| Quality:       | Sd. Lat: 0.0002 m<br>Posn. Qlty: 0.0003 m | Sd. Lon: 0.0002 m<br>Sd. Slope: 0.0002 m | Sd. Hgt: 0.0005 m |



## PROCESSAMENTO 25:



## Results - Baseline CENT - AZ-CENT

### Project Information

|                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| Project name:           | REDE GPS SAO CARLOS 2007 |
| Date created:           | 18/11/2007 00:28:50      |
| Time zone:              | -2h 00'                  |
| Coordinate system name: | SIRGAS_UTM-SAD69-F23     |
| Application software:   | LEICA Geo Office 5.0     |
| Processing kernel:      | PSI-Pro 2.0              |
| Processed:              | 10/02/2008 23:51:59      |

### Point Information

|                      | Reference: CENT    | Rover: AZ-CENT     |
|----------------------|--------------------|--------------------|
| Receiver type / S/N: | GX1230 / 450708    | GX1230 / 450742    |
| Antenna type / S/N:  | AX1202 Tripé / -   | AX1202 Tripé / -   |
| Antenna height:      | 1.2950 m           | 1.1090 m           |
| Initial coordinates: |                    |                    |
| Latitude:            | 22°01' 03.89784" S | 22°00' 55.12605" S |
| Longitude:           | 47°55' 07.50787" W | 47°54' 54.16498" W |
| Ellip. Hgt:          | 855.8631 m         | 791.0789 m         |

### Cycle Slip Statistics

Total number of cycle slips: 0

### Final Coordinates

|                | Reference:CENT                            | Rover:AZ-CENT                            |                   |
|----------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------|
| Coordinates:   |                                           |                                          |                   |
| Latitude:      | 22°01' 03.89784" S                        | 22°00' 55.12399" S                       |                   |
| Longitude:     | 47°55' 07.50787" W                        | 47°54' 54.14940" W                       |                   |
| Ellip. Hgt:    | 855.8631 m                                | 788.9218 m                               |                   |
| Solution type: | Phase: all fix                            |                                          |                   |
| GNSS type:     | GPS                                       |                                          |                   |
| Frequency:     | L1 and L2                                 |                                          |                   |
| Ambiguity:     | Yes                                       |                                          |                   |
| Quality:       | Sd. Lat: 0.0002 m<br>Posn. Qlty: 0.0002 m | Sd. Lon: 0.0002 m<br>Sd. Slope: 0.0002 m | Sd. Hgt: 0.0005 m |

**APÊNDICE C – RELATÓRIOS DO AJUSTAMENTO DA REDE GPS**



## Adjustment Pre-Analysis

[www.MOVE3.com](http://www.MOVE3.com)

(c) 1993-2006 Grontmij

Licensed to Leica Geosystems AG

Created: 20-02-2008 09:44:40

### ***Project Information***

Project name: REDE GPS SAO CARLOS 2007  
 Processing kernel: MOVE3 3.3

### ***General Information***

Type: 3D weighted constrained network on User defined ellipsoid

#### **Stations**

Number of (partly) known stations: 2  
 Number of unknown stations: 8  
 Total: 10

#### **Observations**

GPS coordinate differences: 60 (20 baselines)  
 Known coordinates: 6  
 GPS transformation parameters: 4  
 Total: 70

#### **Unknowns**

Coordinates: 30  
 GPS transformation parameters: 4  
 Total: 34

Degrees of freedom: 36



## Network Adjustment

[www.MOVE3.com](http://www.MOVE3.com)

(c) 1993-2006 Grontmij

Licensed to Leica Geosystems AG

Created: 20/02/2008 09:57:36

### Project Information

|                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| Project name:           | REDE GPS SAO CARLOS 2007 |
| Date created:           | 18/11/2007 00:28:50      |
| Time zone:              | -2h 00'                  |
| Coordinate system name: | SIRGAS_UTM-SAD69-F23     |
| Application software:   | LEICA Geo Office 5.0     |
| Processing kernel:      | MOVE3 3.4                |

### General Information

#### Adjustment

|                                             |                      |                    |
|---------------------------------------------|----------------------|--------------------|
| Type:                                       | Weighted constrained |                    |
| Dimension:                                  | 3D                   |                    |
| Coordinate system:                          | Local geodetic       |                    |
| Height mode:                                | Ellipsoidal          |                    |
| Number of iterations:                       | 1                    |                    |
| Maximum coord correction in last iteration: | 0.0000 m             | (tolerance is met) |

#### Stations

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| Number of (partly) known stations: | 2  |
| Number of unknown stations:        | 8  |
| Total:                             | 10 |

#### Observations

|                             |                   |
|-----------------------------|-------------------|
| GPS coordinate differences: | 60 (20 baselines) |
| Known coordinates:          | 6                 |
| Total:                      | 70                |

#### Unknowns

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| Coordinates:                   | 30 |
| GPS transformation parameters: | 4  |
| Total:                         | 34 |

|                     |    |
|---------------------|----|
| Degrees of freedom: | 36 |
|---------------------|----|

#### Testing

|                                        |        |            |
|----------------------------------------|--------|------------|
| Alfa (multi dimensional):              | 0.5096 |            |
| Alfa 0 (one dimensional):              | 5.0 %  |            |
| Beta:                                  | 80.0 % |            |
| Sigma a-priori (GPS):                  | 27.0   |            |
| Critical value W-test:                 | 1.96   |            |
| Critical value T-test (2-dimensional): | 2.42   |            |
| Critical value T-test (3-dimensional): | 1.89   |            |
| Critical value F-test:                 | 0.98   |            |
| F-test:                                | 0.74   | (accepted) |

Results based on a-posteriori variance factor

## Adjustment Results

### Coordinates

| Station          | Coordinate | Corr                | Sd        |          |       |
|------------------|------------|---------------------|-----------|----------|-------|
| BEAT             | Latitude   | 22° 02' 13.93958" S | 0.0000 m  | 0.0080 m |       |
|                  | Longitude  | 47° 54' 27.32712" W | 0.0004 m  | 0.0142 m |       |
|                  | Height     | 866.2059 m          | 0.0000 m  | 0.0148 m |       |
| CEAT             | Latitude   | 22° 04' 33.25981" S | 0.0000 m  | 0.0082 m |       |
|                  | Longitude  | 47° 52' 51.72668" W | 0.0004 m  | 0.0143 m |       |
|                  | Height     | 850.4729 m          | 0.0000 m  | 0.0155 m |       |
| CENT             | Latitude   | 22° 01' 02.17439" S | 0.0000 m  | 0.0075 m |       |
|                  | Longitude  | 47° 55' 05.85599" W | 0.0004 m  | 0.0140 m |       |
|                  | Height     | 863.1407 m          | 0.0000 m  | 0.0135 m |       |
| FAZE             | Latitude   | 22° 00' 44.44890" S | 0.0000 m  | 0.0078 m |       |
|                  | Longitude  | 47° 51' 25.17122" W | 0.0004 m  | 0.0142 m |       |
|                  | Height     | 903.6664 m          | 0.0000 m  | 0.0133 m |       |
| FED1 (SAT 93670) | Latitude   | 21° 58' 52.40754" S | 0.0264 m  | 0.0062 m | fixed |
|                  | Longitude  | 47° 52' 42.66856" W | 0.0011 m  | 0.0134 m | fixed |
|                  | Height     | 856.2700 m          | 0.0000 m  | -        | fixed |
| FEHR             | Latitude   | 21° 58' 39.90332" S | 0.0000 m  | 0.0067 m |       |
|                  | Longitude  | 47° 55' 54.09224" W | 0.0005 m  | 0.0136 m |       |
|                  | Height     | 883.7851 m          | 0.0000 m  | 0.0082 m |       |
| ITAL             | Latitude   | 22° 01' 54.54137" S | 0.0000 m  | 0.0077 m |       |
|                  | Longitude  | 47° 53' 23.35439" W | 0.0004 m  | 0.0141 m |       |
|                  | Height     | 834.9908 m          | 0.0000 m  | 0.0141 m |       |
| MART (SAT 93668) | Latitude   | 21° 59' 41.52726" S | -0.0264 m | 0.0062 m | fixed |
|                  | Longitude  | 47° 54' 25.45884" W | -0.0011 m | 0.0134 m | fixed |
|                  | Height     | 849.6700 m          | 0.0000 m  | -        | fixed |
| STTU             | Latitude   | 22° 00' 16.06759" S | 0.0000 m  | 0.0075 m |       |
|                  | Longitude  | 47° 53' 55.36844" W | 0.0004 m  | 0.0139 m |       |
|                  | Height     | 831.7861 m          | 0.0000 m  | 0.0127 m |       |
| TREV             | Latitude   | 22° 02' 09.52869" S | 0.0000 m  | 0.0085 m |       |
|                  | Longitude  | 47° 51' 37.16637" W | 0.0004 m  | 0.0145 m |       |
|                  | Height     | 877.7392 m          | 0.0000 m  | 0.0167 m |       |

### GPS Baseline Vector Residuals

| Station             | Target           | Adj vector [m] | Resid [m] | Resid [ppm] |
|---------------------|------------------|----------------|-----------|-------------|
| DV FAZE             | FED1 (SAT 93670) | 4101.8333      | 0.0135    | 3.3         |
| DV FED1 (SAT 93670) | MART (SAT 93668) | 3313.6680      | 0.0071    | 2.1         |
| DV TREV             | FAZE             | 2639.9479      | 0.0153    | 5.8         |
| DV FEHR             | STTU             | 4511.7499      | 0.0513    | 11.4        |
| DV FEHR             | CENT             | 4590.2553      | 0.0163    | 3.6         |
| DV ITAL             | TREV             | 3080.5819      | 0.0159    | 5.2         |
| DV ITAL             | FAZE             | 4018.1538      | 0.0087    | 2.2         |
| DV ITAL             | CEAT             | 4966.1740      | 0.0024    | 0.5         |
| DV ITAL             | BEAT             | 1929.6510      | 0.0101    | 5.2         |
| DV FAZE             | STTU             | 4396.7521      | 0.0130    | 2.9         |
| DV CEAT             | TREV             | 4911.4995      | 0.0049    | 1.0         |
| DV BEAT             | CEAT             | 5087.7178      | 0.0127    | 2.5         |
| DV CENT             | ITAL             | 3352.5833      | 0.0071    | 2.1         |
| DV CENT             | BEAT             | 2468.8445      | 0.0018    | 0.7         |
| DV STTU             | ITAL             | 3165.4395      | 0.0102    | 3.2         |
| DV STTU             | CENT             | 2470.0531      | 0.0022    | 0.9         |
| DV FED1 (SAT 93670) | STTU             | 3312.7300      | 0.0525    | 15.9        |
| DV FED1 (SAT 93670) | FEHR             | 5505.8635      | 0.0061    | 1.1         |
| DV MART (SAT 93668) | STTU             | 1369.1231      | 0.0053    | 3.9         |
| DV MART (SAT 93668) | FEHR             | 3171.9889      | 0.0037    | 1.2         |





**External Reliability**

| Station          |           | Ext Rel [m] |           | Station          | Target           |
|------------------|-----------|-------------|-----------|------------------|------------------|
| BEAT             | Latitude  | 0.0175      | Latitude  | FED1 (SAT 93670) | -                |
|                  | Longitude | 0.0375      | Longitude | FED1 (SAT 93670) | -                |
|                  | Height    | -0.0153     | DY        | CENT             | BEAT             |
| CEAT             | Latitude  | 0.0176      | Latitude  | FED1 (SAT 93670) | -                |
|                  | Longitude | 0.0375      | Longitude | FED1 (SAT 93670) | -                |
|                  | Height    | -0.0129     | DX        | FAZE             | FED1 (SAT 93670) |
| CENT             | Latitude  | 0.0175      | Latitude  | FED1 (SAT 93670) | -                |
|                  | Longitude | 0.0375      | Longitude | FED1 (SAT 93670) | -                |
|                  | Height    | 0.0108      | DX        | FEHR             | CENT             |
| FAZE             | Latitude  | 0.0178      | Latitude  | FED1 (SAT 93670) | -                |
|                  | Longitude | 0.0376      | Longitude | FED1 (SAT 93670) | -                |
|                  | Height    | -0.0174     | DX        | FAZE             | FED1 (SAT 93670) |
| FED1 (SAT 93670) | Latitude  | 0.0182      | Latitude  | FED1 (SAT 93670) | -                |
|                  | Longitude | 0.0379      | Longitude | FED1 (SAT 93670) | -                |
|                  | Height    | 0.0000      | DY        | FED1 (SAT 93670) | MART (SAT 93668) |
| FEHR             | Latitude  | 0.0174      | Latitude  | MART (SAT 93668) | -                |
|                  | Longitude | 0.0376      | Longitude | FED1 (SAT 93670) | -                |
|                  | Height    | -0.0099     | DY        | MART (SAT 93668) | FEHR             |
| ITAL             | Latitude  | 0.0176      | Latitude  | FED1 (SAT 93670) | -                |
|                  | Longitude | 0.0375      | Longitude | FED1 (SAT 93670) | -                |
|                  | Height    | -0.0129     | DX        | FAZE             | FED1 (SAT 93670) |
| MART (SAT 93668) | Latitude  | 0.0182      | Latitude  | MART (SAT 93668) | -                |
|                  | Longitude | 0.0379      | Longitude | MART (SAT 93668) | -                |
|                  | Height    | 0.0000      | DY        | FED1 (SAT 93670) | MART (SAT 93668) |
| STTU             | Latitude  | 0.0174      | Latitude  | FED1 (SAT 93670) | -                |
|                  | Longitude | 0.0376      | Longitude | MART (SAT 93668) | -                |
|                  | Height    | -0.0136     | DY        | MART (SAT 93668) | STTU             |
| TREV             | Latitude  | 0.0176      | Latitude  | FED1 (SAT 93670) | -                |
|                  | Longitude | 0.0376      | Longitude | FED1 (SAT 93670) | -                |
|                  | Height    | -0.0165     | DY        | ITAL             | TREV             |

**Absolute Error Ellipses (2D - 39.4% 1D - 68.3%)**

| Station          | A [m]  | B [m]  | A/B | Phi  | Sd Hgt [m] |
|------------------|--------|--------|-----|------|------------|
| BEAT             | 0.0142 | 0.0080 | 1.8 | 87°  | 0.0148     |
| CEAT             | 0.0143 | 0.0082 | 1.7 | 87°  | 0.0155     |
| CENT             | 0.0140 | 0.0075 | 1.9 | 88°  | 0.0135     |
| FAZE             | 0.0142 | 0.0077 | 1.8 | 88°  | 0.0133     |
| FED1 (SAT 93670) | 0.0134 | 0.0062 | 2.2 | -90° | 0.0000     |
| FEHR             | 0.0136 | 0.0067 | 2.0 | 90°  | 0.0082     |
| ITAL             | 0.0141 | 0.0077 | 1.8 | 88°  | 0.0141     |
| MART (SAT 93668) | 0.0134 | 0.0062 | 2.2 | -90° | 0.0000     |
| STTU             | 0.0139 | 0.0075 | 1.9 | 88°  | 0.0127     |
| TREV             | 0.0145 | 0.0085 | 1.7 | 88°  | 0.0167     |

**Testing and Estimated Errors****Coordinate Tests**

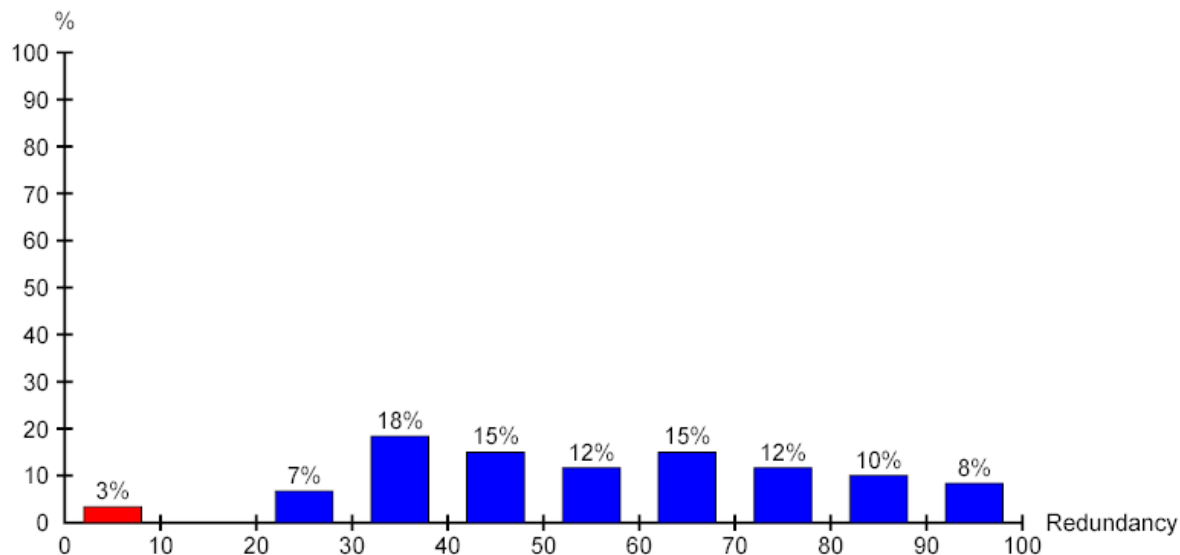
| Station          |           | MDB      | BNR   | W-Test | T-Test                                                                                |      |                                                                                       |
|------------------|-----------|----------|-------|--------|---------------------------------------------------------------------------------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| FED1 (SAT 93670) | Latitude  | 0.0347 m | 2.9   | -4.45  |  | 6.72 |  |
|                  | Longitude | 0.0750 m | 2.8   | -0.08  |                                                                                       |      |                                                                                       |
|                  | Height    | 0.0216 m | 999.9 | 0.00   |                                                                                       |      |                                                                                       |
| MART (SAT 93668) | Latitude  | 0.0347 m | 2.9   | 4.45   |  | 6.72 |  |
|                  | Longitude | 0.0750 m | 2.8   | 0.08   |                                                                                       |      |                                                                                       |
|                  | Height    | 0.0216 m | 999.9 | 0.00   |                                                                                       |      |                                                                                       |

## Observation Tests

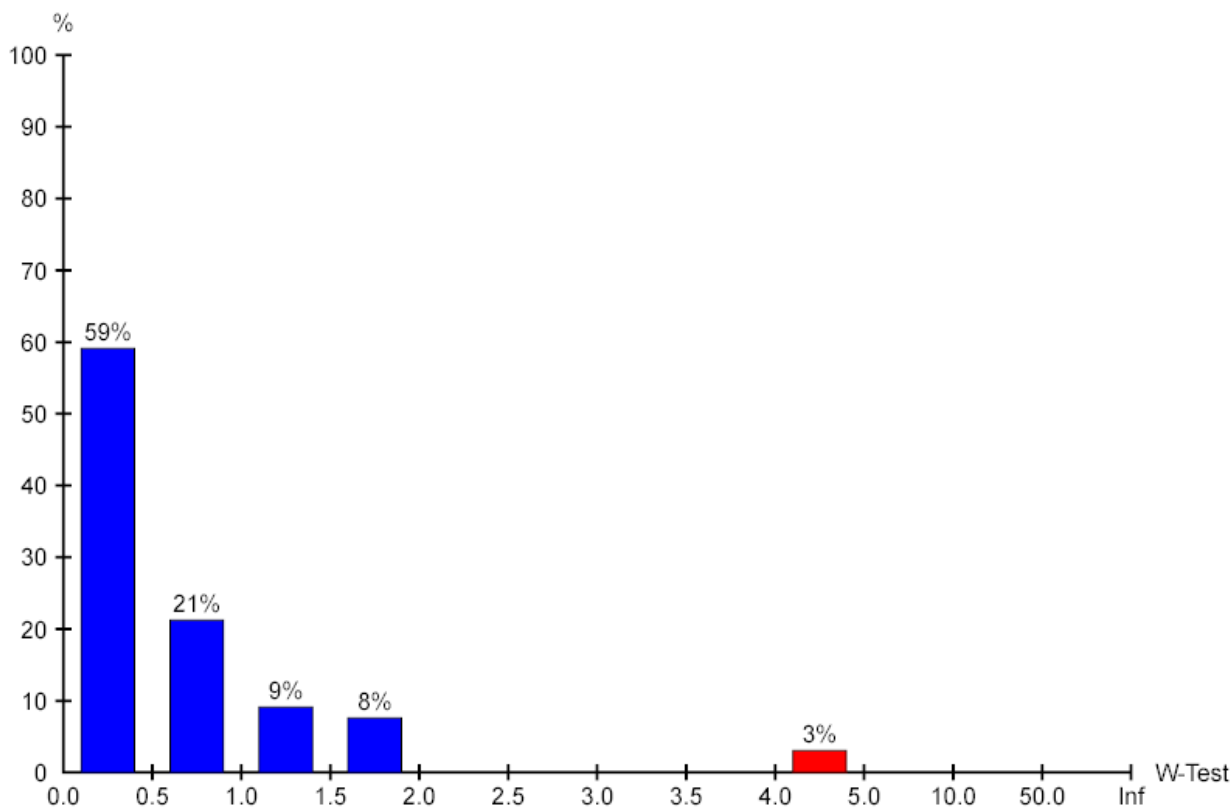
|                    | Station          | Target           | MDB      | Red | BNR | W-Test | T-Test |
|--------------------|------------------|------------------|----------|-----|-----|--------|--------|
| <a href="#">DX</a> | FAZE             | FED1 (SAT 93670) | 0.0352 m | 49  | 2.4 | 0.02   | 0.39   |
| <a href="#">DY</a> |                  |                  | 0.0361 m | 72  | 2.3 | 0.38   |        |
| <a href="#">DZ</a> |                  |                  | 0.0291 m | 34  | 3.4 | 0.40   |        |
| <a href="#">DX</a> | FED1 (SAT 93670) | MART (SAT 93668) | 0.0186 m | 52  | 4.5 | -0.31  | 0.79   |
| <a href="#">DY</a> |                  |                  | 0.0191 m | 64  | 3.7 | -0.27  |        |
| <a href="#">DZ</a> |                  |                  | 0.0166 m | 38  | 4.3 | -1.40  |        |
| <a href="#">DX</a> | TREV             | FAZE             | 0.0361 m | 73  | 1.6 | -1.78  | 1.09   |
| <a href="#">DY</a> |                  |                  | 0.0411 m | 95  | 1.5 | -1.67  |        |
| <a href="#">DZ</a> |                  |                  | 0.0470 m | 76  | 1.5 | 0.36   |        |
| <a href="#">DX</a> | FEHR             | STTU             | 0.0601 m | 98  | 0.9 | -0.05  | 0.33   |
| <a href="#">DY</a> |                  |                  | 0.0577 m | 93  | 0.8 | -0.44  |        |
| <a href="#">DZ</a> |                  |                  | 0.0453 m | 83  | 1.1 | 0.90   |        |
| <a href="#">DX</a> | FEHR             | CENT             | 0.0289 m | 36  | 3.6 | 0.46   | 0.52   |
| <a href="#">DY</a> |                  |                  | 0.0295 m | 48  | 3.5 | 0.77   |        |
| <a href="#">DZ</a> |                  |                  | 0.0256 m | 45  | 3.5 | 0.23   |        |
| <a href="#">DX</a> | ITAL             | TREV             | 0.0244 m | 58  | 3.1 | -0.34  | 1.19   |
| <a href="#">DY</a> |                  |                  | 0.0263 m | 30  | 3.2 | -0.98  |        |
| <a href="#">DZ</a> |                  |                  | 0.0242 m | 59  | 3.0 | 1.67   |        |
| <a href="#">DX</a> | ITAL             | FAZE             | 0.0249 m | 30  | 4.8 | 1.74   | 1.63   |
| <a href="#">DY</a> |                  |                  | 0.0262 m | 6   | 6.3 | 1.93   |        |
| <a href="#">DZ</a> |                  |                  | 0.0282 m | 60  | 4.2 | 0.01   |        |
| <a href="#">DX</a> | ITAL             | CEAT             | 0.0206 m | 36  | 4.5 | 0.04   | 0.11   |
| <a href="#">DY</a> |                  |                  | 0.0210 m | 23  | 5.1 | 0.50   |        |
| <a href="#">DZ</a> |                  |                  | 0.0195 m | 66  | 2.9 | -0.32  |        |
| <a href="#">DX</a> | ITAL             | BEAT             | 0.0191 m | 24  | 3.8 | -0.22  | 0.36   |
| <a href="#">DY</a> |                  |                  | 0.0216 m | 83  | 3.0 | -0.09  |        |
| <a href="#">DZ</a> |                  |                  | 0.0173 m | 46  | 3.0 | -0.70  |        |
| <a href="#">DX</a> | FAZE             | STTU             | 0.0372 m | 69  | 2.0 | 0.75   | 0.39   |
| <a href="#">DY</a> |                  |                  | 0.0451 m | 76  | 1.4 | 1.00   |        |
| <a href="#">DZ</a> |                  |                  | 0.0424 m | 85  | 1.7 | -0.24  |        |
| <a href="#">DX</a> | CEAT             | TREV             | 0.0248 m | 39  | 3.1 | -0.88  | 0.86   |
| <a href="#">DY</a> |                  |                  | 0.0267 m | 59  | 2.9 | -0.10  |        |
| <a href="#">DZ</a> |                  |                  | 0.0237 m | 24  | 4.3 | -1.46  |        |
| <a href="#">DX</a> | BEAT             | CEAT             | 0.0281 m | 64  | 1.9 | -1.05  | 1.13   |
| <a href="#">DY</a> |                  |                  | 0.0291 m | 70  | 2.0 | -0.79  |        |
| <a href="#">DZ</a> |                  |                  | 0.0199 m | 29  | 3.7 | -0.90  |        |
| <a href="#">DX</a> | CENT             | ITAL             | 0.0214 m | 75  | 2.9 | 1.04   | 0.69   |
| <a href="#">DY</a> |                  |                  | 0.0210 m | 49  | 2.6 | 1.31   |        |
| <a href="#">DZ</a> |                  |                  | 0.0186 m | 35  | 3.3 | -0.06  |        |
| <a href="#">DX</a> | CENT             | BEAT             | 0.0216 m | 34  | 4.9 | -0.55  | 0.14   |
| <a href="#">DY</a> |                  |                  | 0.0214 m | 0   | 6.9 | -0.50  |        |
| <a href="#">DZ</a> |                  |                  | 0.0206 m | 64  | 4.1 | -0.10  |        |
| <a href="#">DX</a> | STTU             | ITAL             | 0.0434 m | 93  | 1.4 | -0.08  | 0.11   |
| <a href="#">DY</a> |                  |                  | 0.0431 m | 87  | 1.3 | -0.27  |        |
| <a href="#">DZ</a> |                  |                  | 0.0342 m | 67  | 1.8 | 0.55   |        |
| <a href="#">DX</a> | STTU             | CENT             | 0.0306 m | 51  | 2.4 | 0.21   | 0.09   |
| <a href="#">DY</a> |                  |                  | 0.0310 m | 65  | 2.3 | 0.40   |        |
| <a href="#">DZ</a> |                  |                  | 0.0258 m | 49  | 2.6 | -0.43  |        |
| <a href="#">DX</a> | FED1 (SAT 93670) | STTU             |          |     |     |        |        |
| <a href="#">DY</a> |                  |                  | 0.0458 m | 81  | 1.2 | 0.84   |        |
| <a href="#">DZ</a> |                  |                  | 0.0327 m | 74  | 1.5 | -0.82  |        |
| <a href="#">DX</a> | FED1 (SAT 93670) | FEHR             | 0.0195 m | 36  | 4.0 | 0.11   | 0.12   |
| <a href="#">DY</a> |                  |                  | 0.0236 m | 63  | 3.4 | 0.49   |        |
| <a href="#">DZ</a> |                  |                  | 0.0183 m | 43  | 3.0 | -0.12  |        |
| <a href="#">DX</a> | MART (SAT 93668) | STTU             | 0.0305 m | 48  | 3.3 | -0.34  | 0.19   |

|                    |                  |      |          |    |     |       |      |
|--------------------|------------------|------|----------|----|-----|-------|------|
| <a href="#">DY</a> |                  |      | 0.0269 m | 30 | 3.9 | -0.71 |      |
| <a href="#">DZ</a> |                  |      | 0.0304 m | 80 | 2.5 | 0.31  |      |
| <a href="#">DX</a> | MART (SAT 93668) | FEHR | 0.0209 m | 59 | 2.2 | 0.19  | 0.17 |
| <a href="#">DY</a> |                  |      | 0.0236 m | 46 | 2.8 | -0.05 |      |
| <a href="#">DZ</a> |                  |      | 0.0185 m | 51 | 3.1 | 0.65  |      |

**Redundancy:**



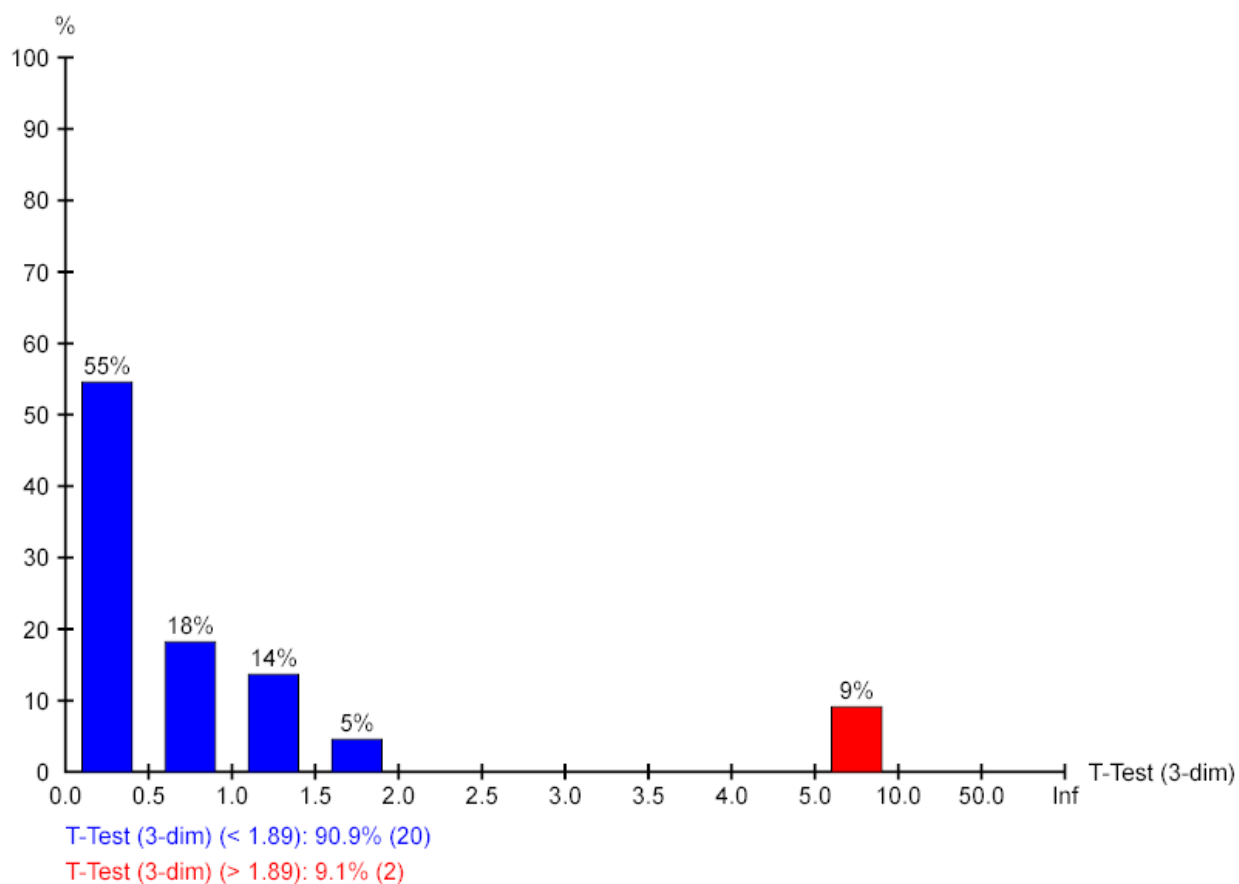
**W-Test**



W-Test (< 1.96): 97.0% (64)

W-Test (> 1.96): 3.0% (2)



**T-Test****Estimated Errors (Coordinates)****Estimated Errors For Coordinates With Rejected W-Tests (max 10)**

| Station          |          | W-Test | Fact | Est err   |
|------------------|----------|--------|------|-----------|
| FED1 (SAT 93670) | Latitude | -4.45  | 2.3  | -0.0552 m |
| MART (SAT 93668) | Latitude | 4.45   | 2.3  | 0.0552 m  |

**Estimated Errors For Stations With Rejected T-Tests (max 10)**

| Station          |           | T-Test | Fact | Est err   |
|------------------|-----------|--------|------|-----------|
| FED1 (SAT 93670) | Latitude  | 6.72   | 1.9  | -0.0551 m |
|                  | Longitude |        |      | -0.0023 m |
|                  | Height    |        |      | 0.0045 m  |
| MART (SAT 93668) | Latitude  | 6.72   | 1.9  | 0.0551 m  |
|                  | Longitude |        |      | 0.0023 m  |
|                  | Height    |        |      | -0.0045 m |



## Loops and Misclosures

[www.MOVE3.com](http://www.MOVE3.com)

(c) 1993-2006 Grontmij

Licensed to Leica Geosystems AG

Created: 01/12/2007 21:17:52

### Project Information

Project name: REDE GPS SAO CARLOS 2007  
 Date created: 18/11/2007 00:28:50  
 Time zone: -2h 00'  
 Coordinate system name: WGS 1984  
 Application software: LEICA Geo Office 5.0  
 Processing kernel: MOVE3 3.4  
 Critical value W-test is: 1.96  
 Dimension: 3D

### GPS Baseline Loops

#### Loop 1

| From           | To           | dX[m]      | dY[m]            | dZ[m]      |
|----------------|--------------|------------|------------------|------------|
| STTU           | FAZE         | 3020.9993  | 3083.0730        | -836.3932  |
| FAZE           | ITAL         | -3099.2047 | -1626.9936       | -1973.1761 |
| ITAL           | STTU         | 78.1919    | -1456.0835       | 2809.5679  |
| X:             | -0.0135 m    | W-Test:    | -0.21            |            |
| Y:             | -0.0041 m    |            | -0.06            |            |
| Z:             | -0.0014 m    |            | -0.04            |            |
| Easting:       | -0.0128 m    | W-Test:    | -0.19            |            |
| Northing:      | -0.0035 m    |            | -0.09            |            |
| Height:        | -0.0050 m    |            | -0.08            |            |
| Closing error: | 0.0142 m     | (1.2 ppm)  | Ratio:(1:817216) |            |
| Length:        | 11580.3325 m |            |                  |            |

#### Loop 2

| From           | To          | dX[m]      | dY[m]            | dZ[m]      |
|----------------|-------------|------------|------------------|------------|
| STTU           | ITAL        | -78.1919   | 1456.0835        | -2809.5679 |
| ITAL           | CENT        | -1759.1047 | -2438.5654       | 1482.8310  |
| CENT           | STTU        | 1837.3031  | 982.4660         | 1326.7403  |
| X:             | 0.0065 m    | W-Test:    | 0.10             |            |
| Y:             | -0.0159 m   |            | -0.25            |            |
| Z:             | 0.0034 m    |            | 0.15             |            |
| Easting:       | -0.0059 m   | W-Test:    | -0.09            |            |
| Northing:      | 0.0092 m    |            | 0.29             |            |
| Height:        | 0.0137 m    |            | 0.23             |            |
| Closing error: | 0.0175 m    | (1.9 ppm)  | Ratio:(1:513351) |            |
| Length:        | 8988.0726 m |            |                  |            |

**Loop 3**

| From             | To               | dX[m]      | dY[m]            | dZ[m]      |
|------------------|------------------|------------|------------------|------------|
| STTU             | FAZE             | 3020.9993  | 3083.0730        | -836.3932  |
| FAZE             | FED1 (SAT 93670) | -812.2310  | -2416.2688       | 3213.5581  |
| FED1 (SAT 93670) | STTU             | -2208.8263 | -666.7740        | -2377.1417 |
| X:               | -0.0580 m        | W-Test:    | -0.52            |            |
| Y:               | 0.0302 m         |            | 0.55             |            |
| Z:               | 0.0233 m         |            | 0.51             |            |
| Easting:         | -0.0228 m        | W-Test:    | -0.25            |            |
| Northing:        | -0.0014 m        |            | -0.03            |            |
| Height:          | -0.0656 m        |            | -0.81            |            |
| Closing error:   | 0.0695 m         | (5.9 ppm)  | Ratio:(1:170017) |            |
| Length:          | 11811.3219 m     |            |                  |            |

**Loop 4**

| From           | To           | dX[m]      | dY[m]            | dZ[m]      |
|----------------|--------------|------------|------------------|------------|
| STTU           | CENT         | -1837.3031 | -982.4660        | -1326.7403 |
| CENT           | FEHR         | 84.1951    | -2158.3587       | 4050.2886  |
| FEHR           | STTU         | 1753.1496  | 3140.7751        | -2723.5544 |
| X:             | 0.0416 m     | W-Test:    | 0.35             |            |
| Y:             | -0.0496 m    |            | -0.44            |            |
| Z:             | -0.0060 m    |            | -0.16            |            |
| Easting:       | -0.0024 m    | W-Test:    | -0.02            |            |
| Northing:      | 0.0187 m     |            | 0.34             |            |
| Height:        | 0.0623 m     |            | 0.58             |            |
| Closing error: | 0.0651 m     | (5.6 ppm)  | Ratio:(1:177848) |            |
| Length:        | 11572.0425 m |            |                  |            |

**Loop 5**

| From           | To           | dX[m]      | dY[m]            | dZ[m]      |
|----------------|--------------|------------|------------------|------------|
| ITAL           | BEAT         | -1492.0415 | -1085.4954       | -564.8721  |
| BEAT           | CEAT         | 945.0197   | 3043.0371        | -3966.3212 |
| CEAT           | ITAL         | 547.0219   | -1957.5622       | 4531.1818  |
| X:             | 0.0001 m     | W-Test:    | 0.01             |            |
| Y:             | -0.0205 m    |            | -0.96            |            |
| Z:             | -0.0115 m    |            | -0.83            |            |
| Easting:       | -0.0136 m    | W-Test:    | -0.75            |            |
| Northing:      | -0.0049 m    |            | -0.34            |            |
| Height:        | 0.0185 m     |            | 1.02             |            |
| Closing error: | 0.0235 m     | (2.0 ppm)  | Ratio:(1:510483) |            |
| Length:        | 11983.5444 m |            |                  |            |

**Loop 6**

| From             | To               | dX[m]      | dY[m]            | dZ[m]      |
|------------------|------------------|------------|------------------|------------|
| STTU             | FEHR             | -1753.1496 | -3140.7751       | 2723.5544  |
| FEHR             | MART (SAT 93668) | 1390.5439  | 2254.4634        | -1745.0783 |
| MART (SAT 93668) | STTU             | 362.5744   | 886.3433         | -978.4840  |
| X:               | -0.0313 m        | W-Test:    | -0.27            |            |
| Y:               | 0.0316 m         |            | 0.28             |            |
| Z:               | -0.0079 m        |            | -0.21            |            |
| Easting:         | -0.0021 m        | W-Test:    | -0.02            |            |
| Northing:        | -0.0240 m        |            | -0.43            |            |
| Height:          | -0.0382 m        |            | -0.35            |            |
| Closing error:   | 0.0451 m         | (5.0 ppm)  | Ratio:(1:200530) |            |
| Length:          | 9052.8461 m      |            |                  |            |

**Loop 7**

| From           | To          | dX[m]      | dY[m]            | dZ[m]      |
|----------------|-------------|------------|------------------|------------|
| ITAL           | FAZE        | 3099.2047  | 1626.9936        | 1973.1761  |
| FAZE           | TREV        | -929.7710  | 514.7438         | -2416.5806 |
| TREV           | ITAL        | -2169.4149 | -2141.7244       | 443.4029   |
| X:             | 0.0188 m    | W-Test:    | 0.58             |            |
| Y:             | 0.0130 m    |            | 0.33             |            |
| Z:             | -0.0016 m   |            | -0.06            |            |
| Easting:       | 0.0227 m    | W-Test:    | 0.64             |            |
| Northing:      | -0.0004 m   |            | -0.01            |            |
| Height:        | 0.0034 m    |            | 0.10             |            |
| Closing error: | 0.0229 m    | (2.4 ppm)  | Ratio:(1:424464) |            |
| Length:        | 9738.6779 m |            |                  |            |

**Loop 8**

| From             | To               | dX[m]      | dY[m]            | dZ[m]      |
|------------------|------------------|------------|------------------|------------|
| FED1 (SAT 93670) | STTU             | -2208.8263 | -666.7740        | -2377.1417 |
| STTU             | FEHR             | -1753.1496 | -3140.7751       | 2723.5544  |
| FEHR             | FED1 (SAT 93670) | 3961.8994  | 3807.6071        | -346.4081  |
| X:               | -0.0766 m        | W-Test:    | -0.48            |            |
| Y:               | 0.0580 m         |            | 0.48             |            |
| Z:               | 0.0046 m         |            | 0.09             |            |
| Easting:         | -0.0179 m        | W-Test:    | -0.13            |            |
| Northing:        | -0.0310 m        |            | -0.44            |            |
| Height:          | -0.0892 m        |            | -0.68            |            |
| Closing error:   | 0.0961 m         | (7.2 ppm)  | Ratio:(1:138646) |            |
| Length:          | 13330.3454 m     |            |                  |            |

**Loop 9**

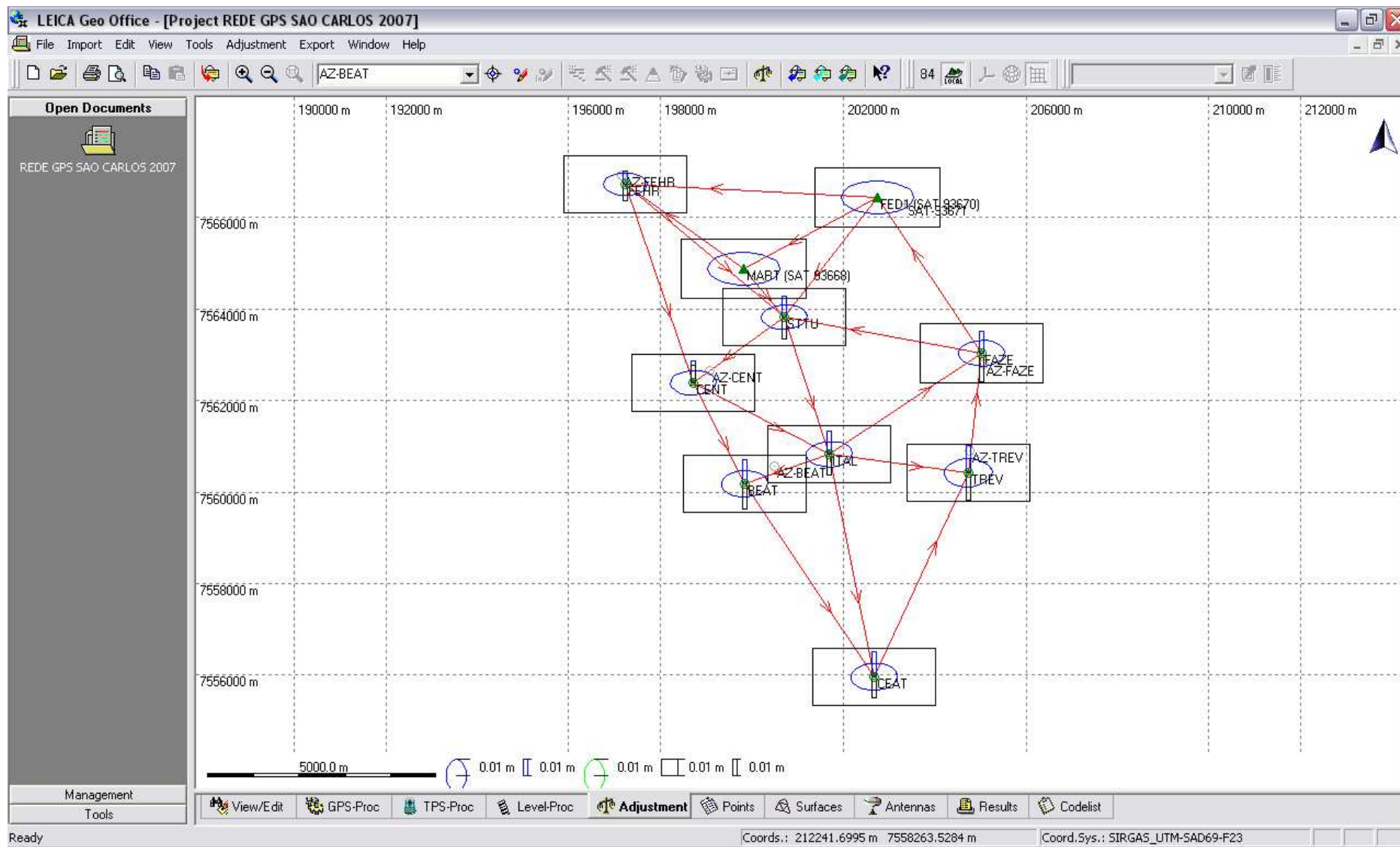
| From             | To               | dX[m]      | dY[m]            | dZ[m]      |
|------------------|------------------|------------|------------------|------------|
| FED1 (SAT 93670) | STTU             | -2208.8263 | -666.7740        | -2377.1417 |
| STTU             | MART (SAT 93668) | -362.5744  | -886.3433        | 978.4840   |
| MART (SAT 93668) | FED1 (SAT 93670) | 2571.3498  | 1553.1513        | 1398.6728  |
| X:               | -0.0509 m        | W-Test:    | -0.47            |            |
| Y:               | 0.0340 m         |            | 0.72             |            |
| Z:               | 0.0152 m         |            | 0.38             |            |
| Easting:         | -0.0150 m        | W-Test:    | -0.17            |            |
| Northing:        | -0.0082 m        |            | -0.17            |            |
| Height:          | -0.0607 m        |            | -0.79            |            |
| Closing error:   | 0.0631 m         | (7.9 ppm)  | Ratio:(1:126721) |            |
| Length:          | 7995.5401 m      |            |                  |            |

**Loop 10**

| From           | To          | dX[m]      | dY[m]             | dZ[m]      |
|----------------|-------------|------------|-------------------|------------|
| CENT           | ITAL        | 1759.1047  | 2438.5654         | -1482.8310 |
| ITAL           | BEAT        | -1492.0415 | -1085.4954        | -564.8721  |
| BEAT           | CENT        | -267.0619  | -1353.0698        | 2047.7001  |
| X:             | 0.0013 m    | W-Test:    | 0.07              |            |
| Y:             | 0.0002 m    |            | 0.01              |            |
| Z:             | -0.0029 m   |            | -0.19             |            |
| Easting:       | 0.0011 m    | W-Test:    | 0.06              |            |
| Northing:      | -0.0025 m   |            | -0.15             |            |
| Height:        | 0.0018 m    |            | 0.09              |            |
| Closing error: | 0.0032 m    | (0.4 ppm)  | Ratio:(1:2396742) |            |
| Length:        | 7751.0869 m |            |                   |            |

**Loop 11**

| From           | To           | dX[m]      | dY[m]            | dZ[m]     |
|----------------|--------------|------------|------------------|-----------|
| CEAT           | ITAL         | 547.0219   | -1957.5622       | 4531.1818 |
| ITAL           | TREV         | 2169.4149  | 2141.7244        | -443.4029 |
| TREV           | CEAT         | -2716.4417 | -184.1597        | 4087.7634 |
| X:             | -0.0049 m    | W-Test:    | -0.27            |           |
| Y:             | 0.0025 m     |            | 0.13             |           |
| Z:             | 0.0155 m     |            | 1.03             |           |
| Easting:       | -0.0020 m    | W-Test:    | -0.11            |           |
| Northing:      | 0.0125 m     |            | 0.80             |           |
| Height:        | -0.0106 m    |            | -0.58            |           |
| Closing error: | 0.0165 m     | (1.3 ppm)  | Ratio:(1:786521) |           |
| Length:        | 12958.2456 m |            |                  |           |



REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA CONFIABILIDADE DA REDE GPS SÃO CARLOS 2007

**APÊNDICE D – MONOGRAFIA DOS VÉRTICES PRINCIPAIS DA REDE  
GPS DE SÃO CARLOS**

---

Ponto: **PT-01**Nome: **PARK FEHR (VRN-013 – SAAE)**Cód: **FEHR**IBGE: **-**

#### DADOS PLANIMÉTRICOS E ALTIMÉTRICOS - AJUSTAMENTO 2007

|                            | SAD 69            | SIRGAS2000 (WGS-84)                      |
|----------------------------|-------------------|------------------------------------------|
| Latitude ( $\phi$ ):       | - 21°58' 39,9033" | - 21°58' 41,6261"                        |
| Longitude ( $\lambda$ ):   | - 47°55' 54,0922" | - 47°55' 55,7442"                        |
| $\sigma(\phi)$ (m):        | 0,007             | 0,007                                    |
| $\sigma(\lambda)$ (m):     | 0,014             | 0,014                                    |
| UTM (N):                   | 7.566.726,775     | 7.566.681,255                            |
| UTM (E):                   | 197.244,212       | 197.198,907                              |
| MC:                        | -45               | -45                                      |
| Alt. Geométrica (h) (m):   | 883,79            | 876,49                                   |
| Ondulação Geoidal (N) (m): | 0,49              | -6,72                                    |
| Alt. Ortométrica (H) (m):  | 883,30            | 883,21                                   |
| $\sigma$ (h) (m):          | 0,008             | 0,008                                    |
| Modelo Geoidal:            | MAPGEO 2004       | MAPGEO 2004                              |
| Fator de Escala Combinado: | 1,0005937560      | Convergência Meridiana: 1° 05' 52,85076" |

#### LOCALIZAÇÃO

O VÉRTICE GEODÉSICO ESTÁ LOCALIZADO SOBRE A LAJE SUPERIOR DA CAIXA D'ÁGUA DO S.A.A.E. (SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO), NA RUA MIGUEL PETRONI, PRÓXIMO À ENTRADA DO CONDOMÍNIO PARK FEHR E DO ENTRONCAMENTO COM A RODOVIA WASHINGTON LUÍS.

#### DESCRIÇÃO

CHAPA DE LATÃO PADRÃO S.A.A.E. ENCRAVADA NA LAJE SUPERIOR DA CAIXA D'ÁGUA, COM A DENOMINAÇÃO: SAAE, VRN Nº. 013, DTA ENG.

#### FOTOS DO VÉRTICE



#### CROQUI OU IMAGEM DE LOCALIZAÇÃO







**UFSCar – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA  
MONOGRAFIA DE VÉRTICE GEODÉSICO DA REDE GPS DE SÃO CARLOS – SP



Ponto: **PT-02 (\*)**

Nome: **UFSCar**

Cód: **FED1**

IBGE: **SAT-93670**

#### DADOS PLANIMÉTRICOS E ALTIMÉTRICOS - AJUSTAMENTO 2004

|                           | SAD 69             | SIRGAS2000 (WGS-84) |
|---------------------------|--------------------|---------------------|
| Latitude ( $\varphi$ ):   | - 21° 58' 52,4084" | - 21° 58' 54,1320"  |
| Longitude ( $\lambda$ ):  | - 47° 52' 42,6686" | - 47° 52' 44,3188"  |
| $\sigma(\varphi)$ (m):    | 0,010              | 0,002               |
| $\sigma(\lambda)$ (m):    | 0,022              | 0,002               |
| UTM (N):                  | 7.566.446,295      | 7.566.400,769       |
| UTM (E):                  | 202.746,034        | 202.700,743         |
| MC:                       | -45                | -45                 |
| Alt. Geométrica (h) (m):  | 856,27             | 848,91              |
| Ondulação Geoidal(N) (m): | 0,56               | -6,69               |
| Alt. Ortométrica (H) (m): | 855,71             | 855,60              |
| $\sigma$ (h) (m):         | 0,000              | 0,019               |
| Modelo Geoidal:           | MAPGEO 2004        | MAPGEO 2004         |

Fator de Escala Combinado: 1,0005572842

Convergência Meridiana: 1° 04' 41,63264"

#### LOCALIZAÇÃO

CAMPUS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS (UFSCar), AO LADO DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL (DECiv). SEGUE-SE PELA RODOVIA WASHINGTON LUÍS ATÉ A SAÍDA 235 A NO KM 234, COM 600M ACESSO A PORTARIA PRINCIPAL DA UNIVERSIDADE.

**OBS: SOLICITAR AUTORIZAÇÃO NO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL – TEL.: (16) 3351-8262.**

#### DESCRIÇÃO

PILAR DE CONCRETO DE FORMA CILÍNDRICA, MEDINDO 1,16M DE ALTURA POR 0,31M DE DIÂMETRO, ONDE EM SEU TOPO ENCONTRA-SE UMA CHAPA METÁLICA E NO CENTRO HÁ UM DISPOSITIVO DE CENTRAGEM FORÇADA PADRÃO USP.

#### FOTOS DO VÉRTICE



#### CROQUI OU IMAGEM DE LOCALIZAÇÃO



(\*) adaptado da monografia oficial do IBGE.

**Ponto: PT-03****Nome: STT-USP****Cód: STTU****IBGE: -****DADOS PLANIMÉTRICOS E ALTIMÉTRICOS - AJUSTAMENTO 2007**

|                           | SAD 69             | SIRGAS2000 (WGS-84) |
|---------------------------|--------------------|---------------------|
| Latitude ( $\phi$ ):      | - 22° 00' 16,0676" | - 22° 00' 17,7911"  |
| Longitude ( $\lambda$ ):  | - 47° 53' 55,3684" | - 47° 53' 57,0197"  |
| $\sigma(\phi)$ (m):       | 0,008              | 0,008               |
| $\sigma(\lambda)$ (m):    | 0,014              | 0,014               |
| UTM (N):                  | 7.563.832,297      | 7.563.786,773       |
| UTM (E):                  | 200.708,169        | 200.662,869         |
| MC:                       | -45                | -45                 |
| Alt. Geométrica (h) (m):  | 831,79             | 824,49              |
| Ondulação Geoidal(N) (m): | 0,53               | -6,68               |
| Alt. Ortométrica (H) (m): | 831,26             | 831,17              |
| $\sigma$ (h) (m):         | 0,013              | 0,013               |
| Modelo Geoidal:           | MAPGEO 2004        | MAPGEO 2004         |

**Fator de Escala Combinado:** 1,0005761525**Convergência Meridiana:** 1° 05' 12,83144**LOCALIZAÇÃO**

CAMPUS I DA EESC-USP INSTALADO SOBRE A LAJE SUPERIOR DO PRÉDIO DO DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES E TOPOGRAFIA (STT).

**DESCRIÇÃO**

O VÉRTICE GEODÉSICO É UMA TORRE METÁLICA COM DISPOSITIVO DE CENTRAGEM FORÇADA FIXADA NA LAJE.

**FOTOS DO VÉRTICE****CROQUI OU IMAGEM DE LOCALIZAÇÃO**

Ponto: **PT-04**Nome: **FAZENDA HOTEL**Cód: **FAZE**IBGE: **-**

#### DADOS PLANIMÉTRICOS E ALTIMÉTRICOS - AJUSTAMENTO 2007

|                            | SAD 69             | SIRGAS2000 (WGS-84)                      |
|----------------------------|--------------------|------------------------------------------|
| Latitude ( $\phi$ ):       | - 22° 00' 44,4489" | - 22° 00' 46,1730"                       |
| Longitude ( $\lambda$ ):   | - 47° 51' 25,1712" | - 47° 51' 26,8214"                       |
| $\sigma(\phi)$ (m):        | 0,008              | 0,008                                    |
| $\sigma(\lambda)$ (m):     | 0,014              | 0,014                                    |
| UTM (N):                   | 7.563.040,079      | 7.562.994,556                            |
| UTM (E):                   | 205.034,843        | 204.989,551                              |
| MC:                        | -45                | -45                                      |
| Alt. Geométrica (h) (m):   | 903,67             | 896,34                                   |
| Ondulação Geoidal (N) (m): | 0,59               | -6,64                                    |
| Alt. Ortométrica (H) (m):  | 903,08             | 902,98                                   |
| $\sigma$ (h) (m):          | 0,013              | 0,013                                    |
| Modelo Geoidal:            | MAPGEO 2004        | MAPGEO 2004                              |
| Fator de Escala Combinado: | 1,0005330779       | Convergência Meridiana: 1° 04' 17,74425" |

#### LOCALIZAÇÃO

O VÉRTICE GEODÉSICO ESTÁ LOCALIZADO À MARGEM DA RODOVIA WASHINGTON LUÍS, PRÓXIMO AO TREVO DE ACESSO AO BAIRRO JARDIM TANGARÁ, PRÓXIMO À CAIXA D'ÁGUA DO S.A.A.E..

#### DESCRIÇÃO

PILAR DE CONCRETO DE FORMA CILÍNDRICA, MEDINDO 1,16M DE ALTURA POR 0,31M DE DIÂMETRO, ONDE EM SEU TOPO ENCONTRA-SE UMA CHAPA METÁLICA E NO CENTRO HÁ UM DISPOSITIVO DE CENTRAGEM FORÇADA PADRÃO USP.

#### FOTOS DO VÉRTICE



#### CROQUI OU IMAGEM DE LOCALIZAÇÃO



Ponto: **PT-05**Nome: **CENTRAL PARK**Cód: **CENT**

IBGE: -

#### DADOS PLANIMÉTRICOS E ALTIMÉTRICOS - AJUSTAMENTO 2007

|                            | SAD 69             | SIRGAS2000 (WGS-84)                      |
|----------------------------|--------------------|------------------------------------------|
| Latitude ( $\varphi$ ):    | - 22° 01' 02,1744" | - 22° 01' 03,8979"                       |
| Longitude ( $\lambda$ ):   | - 47° 55' 05,8560" | - 47° 55' 07,5080"                       |
| $\sigma(\varphi)$ (m):     | 0,008              | 0,008                                    |
| $\sigma(\lambda)$ (m):     | 0,014              | 0,014                                    |
| UTM (N):                   | 7.562.374,844      | 7.562.329,317                            |
| UTM (E):                   | 198.712,397        | 198.667,096                              |
| MC:                        | -45                | -45                                      |
| Alt. Geométrica (h) (m):   | 863,14             | 855,87                                   |
| Ondulação Geoidal (N) (m): | 0,51               | -6,68                                    |
| Alt. Ortométrica (H) (m):  | 862,63             | 862,55                                   |
| $\sigma$ (h) (m):          | 0,014              | 0,014                                    |
| Modelo Geoidal:            | MAPGEO 2004        | MAPGEO 2004                              |
| Fator de Escala Combinado: | 1,0005860345       | Convergência Meridiana: 1° 05' 41,47956" |

#### LOCALIZAÇÃO

O VÉRTICE GEODÉSICO ESTÁ IMPLANTADO NA LAJE SUPERIOR DA TORRE ESQUERDA DO EDIFÍCIO CENTRAL PARK, NA RUA PASSEIO DAS PALMEIRAS, ESQUINA COM A RUA PASSEIO DOS IPÊS, PRÓXIMO AO SHOPPING CENTER IGUATEMI.

#### DESCRIÇÃO

PLACA METÁLICA CILÍNDRICA ENCRAVADA NA LAJE SUPERIOR DO PRÉDIO.

#### FOTOS DO VÉRTICE



#### CROQUI OU IMAGEM DE LOCALIZAÇÃO



Ponto: **PT-06**Nome: **PRAÇA ITÁLIA**Cód: **ITAL**IBGE: **-**

#### DADOS PLANIMÉTRICOS E ALTIMÉTRICOS - AJUSTAMENTO 2007

|                            | SAD 69            | SIRGAS2000 (WGS-84)                      |
|----------------------------|-------------------|------------------------------------------|
| Latitude ( $\phi$ ):       | - 22°01' 54,5414" | - 22°01' 56,2654"                        |
| Longitude ( $\lambda$ ):   | - 47°53' 23,3542" | - 47°53' 25,0057"                        |
| $\sigma(\phi)$ (m):        | 0,008             | 0,008                                    |
| $\sigma(\lambda)$ (m):     | 0,014             | 0,014                                    |
| UTM (N):                   | 7.560.819,209     | 7.560.773,681                            |
| UTM (E):                   | 201.684,266       | 201.638,968                              |
| MC:                        | -45               | -45                                      |
| Alt. Geométrica (h) (m):   | 834,99            | 827,71                                   |
| Ondulação Geoidal (N) (m): | 0,55              | -6,65                                    |
| Alt. Ortométrica (H) (m):  | 834,44            | 834,36                                   |
| $\sigma$ (h) (m):          | 0,014             | 0,014                                    |
| Modelo Geoidal:            | MAPGEO 2004       | MAPGEO 2004                              |
| Fator de Escala Combinado: | 1,0005684353      | Convergência Meridiana: 1° 05' 05,41639" |

#### LOCALIZAÇÃO

O VÉRTICE GEODÉSICO ESTÁ IMPLANTADO NO CANTEIRO CENTRAL DA ROTATÓRIA DA PRAÇA ITÁLIA, LOCALIZADA NO INÍCIO DAS AVENIDAS SÃO CARLOS E GETÚLIO VARGAS.

#### DESCRIÇÃO

MARCO DE CONCRETO EM FORMA DE TRONCO DE PIRÂMIDE, ENTERRADO, COM O TOPO AFLORANDO APROXIMADAMENTE 10CM NA SUPERFÍCIE.

#### FOTOS DO VÉRTICE



#### CROQUI OU IMAGEM DE LOCALIZAÇÃO



Ponto: **PT-07**Nome: **TREVO GETÚLIO VARGAS**Cód: **TREV**IBGE: **-**

#### DADOS PLANIMÉTRICOS E ALTIMÉTRICOS - AJUSTAMENTO 2007

|                           | SAD 69             | SIRGAS2000 (WGS-84) |
|---------------------------|--------------------|---------------------|
| Latitude ( $\phi$ ):      | - 22° 02' 09,5287" | - 22° 02' 11,2531"  |
| Longitude ( $\lambda$ ):  | - 47° 51' 37,1664" | - 47° 51' 38,8169"  |
| $\sigma(\phi)$ (m):       | 0,008              | 0,008               |
| $\sigma(\lambda)$ (m):    | 0,014              | 0,014               |
| UTM (N):                  | 7.560.415,387      | 7.560.369,861       |
| UTM (E):                  | 204.739,688        | 204.694,396         |
| MC:                       | -45                | -45                 |
| Alt. Geométrica (h) (m):  | 877,74             | 870,44              |
| Ondulação Geoidal(N) (m): | 0,59               | -6,62               |
| Alt. Ortométrica (H) (m): | 877,15             | 877,06              |
| $\sigma$ (h) (m):         | 0,017              | 0,017               |
| Modelo Geoidal:           | MAPGEO 2004        | MAPGEO 2004         |

Fator de Escala Combinado: 1,0005393022

Convergência Meridiana: 1° 04' 26,18904"

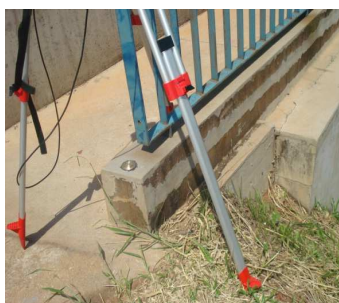
#### LOCALIZAÇÃO

O VÉRTICE GEODÉSICO ESTÁ LOCALIZADO NA ESTRUTURA DA PONTE DO TREVO DA AVENIDA SÃO CARLOS COM A RODOVIA WASHINGTON LUÍS.

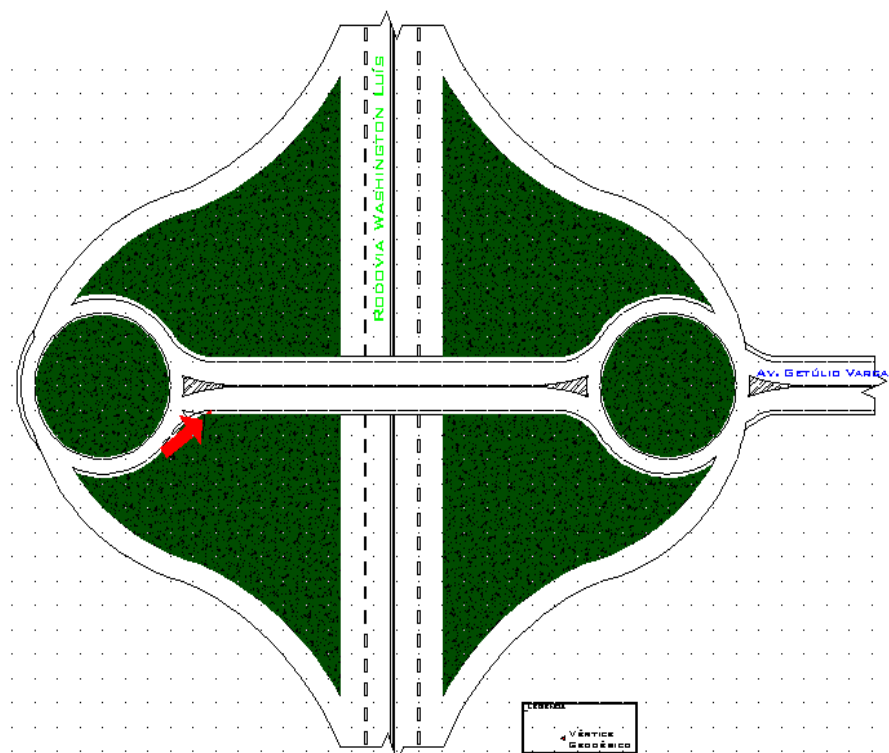
#### DESCRIÇÃO

CHAPA DE LATÃO CILÍNDRICA PADRÃO IBGE CRAVADA NA ESTRUTURA DA PONTE, COM OS DIZERES PT-07 – TREVO GV 2007.

#### FOTOS DO VÉRTICE



#### CROQUI OU IMAGEM DE LOCALIZAÇÃO



Ponto: **PT-08**Nome: **JARDIM BEATRIZ**Cód: **BEAT**IBGE: **-**

#### DADOS PLANIMÉTRICOS E ALTIMÉTRICOS - AJUSTAMENTO 2007

|                            | SAD 69             | SIRGAS2000 (WGS-84)                      |
|----------------------------|--------------------|------------------------------------------|
| Latitude ( $\phi$ ):       | - 22° 02' 13,9396" | - 22° 02' 15,6636"                       |
| Longitude ( $\lambda$ ):   | - 47° 54' 27,3271" | - 47° 54' 28,9790"                       |
| $\sigma(\phi)$ (m):        | 0,008              | 0,008                                    |
| $\sigma(\lambda)$ (m):     | 0,014              | 0,014                                    |
| UTM (N):                   | 7.560.187,364      | 7.560.141,834                            |
| UTM (E):                   | 199.860,090        | 199.814,791                              |
| MC:                        | -45                | -45                                      |
| Alt. Geométrica (h) (m):   | 866,21             | 858,95                                   |
| Ondulação Geoidal (N) (m): | 0,52               | -6,66                                    |
| Alt. Ortométrica (H) (m):  | 865,69             | 865,61                                   |
| $\sigma$ (h) (m):          | 0,015              | 0,015                                    |
| Modelo Geoidal:            | MAPGEO 2004        | MAPGEO 2004                              |
| Fator de Escala Combinado: | 1.0005770189       | Convergência Meridiana: 1° 05' 30,38066" |

#### LOCALIZAÇÃO

O VÉRTICE GEODÉSICO ESTÁ LOCALIZADO NA LAJE SUPERIOR DA CAIXA D'ÁGUA DO S.A.A.E., SITUADA NO CRUZAMENTO DA RUA DR. JOAQUIM RODRIGUES DE SIQUEIRA COM A RUA MAJOR JOÃO M. DE C. PENTEADO, NO BAIRRO JARDIM BEATRIZ.

#### DESCRIÇÃO

CHAPA METÁLICA CILÍNDRICA CRAVADA NA LAJE SUPERIOR DA CAIXA D'ÁGUA, COM OS DIZERES PT-08 – JD. BEATRIZ.

#### FOTOS DO VÉRTICE



#### CROQUI OU IMAGEM DE LOCALIZAÇÃO



Ponto: **PT-09**Nome: **CEAT (VRN-022 – S.A.A.E.)**Cód: **CEAT**IBGE: **-****DADOS PLANIMÉTRICOS E ALTIMÉTRICOS - AJUSTAMENTO 2007**

|                            | SAD 69             | SIRGAS2000 (WGS-84)                      |
|----------------------------|--------------------|------------------------------------------|
| Latitude ( $\phi$ ):       | - 22° 04' 33,2598" | - 22° 04' 34,9847"                       |
| Longitude ( $\lambda$ ):   | - 47° 52' 51,7267" | - 47° 52' 53,3783"                       |
| $\sigma(\phi)$ (m):        | 0,008              | 0,008                                    |
| $\sigma(\lambda)$ (m):     | 0,014              | 0,014                                    |
| UTM (N):                   | 7.555.951,881      | 7.555.906,344                            |
| UTM (E):                   | 202.684,043        | 202.638,753                              |
| MC:                        | -45                | -45                                      |
| Alt. Geométrica (h) (m):   | 850,47             | 843,23                                   |
| Ondulação Geoidal (N) (m): | 0,56               | -6,60                                    |
| Alt. Ortométrica (H) (m):  | 849,91             | 849,83                                   |
| $\sigma$ (h) (m):          | 0,016              | 0,016                                    |
| Modelo Geoidal:            | MAPGEO 2004        | MAPGEO 2004                              |
| Fator de Escala Combinado: | 1,0005586351       | Convergência Meridiana: 1° 05' 00,92642" |

**LOCALIZAÇÃO**

O VÉRTICE GEODÉSICO ESTÁ LOCALIZADO JUNTO À CERCA LATERAL DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO S.A.A.E. NO CEAT NA AVENIDA ANTONIO MAROTI À APROXIMADAMENTE 10M DO PORTÃO PRINCIPAL.

**DESCRIÇÃO**

O VÉRTICE GEODÉSICO É UM MARCO DE CONCRETO DE TOPO QUADRADO COM UMA PLACA DE IDENTIFICAÇÃO PADRÃO S.A.A.E., COM OS DIZERES VRN-022, ENTERRADO EM UMA CAIXA DE PROTEÇÃO CILÍNDRICA COM TAMPA DE AÇO.

**FOTOS DO VÉRTICE****CROQUI OU IMAGEM DE LOCALIZAÇÃO**





**Ponto: PT-10 (\*) Nome: PARQUE SANTA MARTA Cód: MART IBGE: SAT-93668**

#### DADOS PLANIMÉTRICOS E ALTIMÉTRICOS - AJUSTAMENTO 2004

|                            | SAD 69            | SIRGAS2000 (WGS-84)                      |
|----------------------------|-------------------|------------------------------------------|
| Latitude ( $\phi$ ):       | - 21°59' 41,5264" | - 21°59' 43,2500"                        |
| Longitude ( $\lambda$ ):   | - 47°54' 25,4588" | - 47°54' 27,1100"                        |
| $\sigma(\phi)$ (m):        | 0,010             | 0,001                                    |
| $\sigma(\lambda)$ (m):     | 0,022             | 0,001                                    |
| UTM (N):                   | 7.564.878,891     | 7.564.833,359                            |
| UTM (E):                   | 199.824,404       | 199.779,110                              |
| MC:                        | -45               | -45                                      |
| Alt. Geométrica (h) (m):   | 849,15            | 842,35                                   |
| Ondulação Geoidal (N) (m): | 0,52              | -6,69                                    |
| Alt. Ortométrica (H) (m):  | 849,67            | 849,04                                   |
| $\sigma$ (h) (m):          | 0,000             | 0,017                                    |
| Modelo Geoidal:            | MAPGEO 2004       | MAPGEO 2004                              |
| Fator de Escala Combinado: | 1,0005798902      | Convergência Meridiana: 1° 05' 22,50525" |

#### LOCALIZAÇÃO

PRÉDIO LOCALIZADO NA AV. CAETANO MIRABELLI, No. 410, BAIRRO PARQUE SANTA MARTA, MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS - SP.

#### DESCRIÇÃO

A ESTAÇÃO ESTÁ MATERIALIZADA NO TELHADO DO PRÉDIO POR UMA BARRA CILÍNDRICA DE 0,60M DE DIÂMETRO, ONDE EM SUA PARTE SUPERIOR, É FIXADA POR MECANISMO DE CENTRAGEM FORÇADA.

#### FOTOS DO VÉRTICE



#### CROQUI OU IMAGEM DE LOCALIZAÇÃO



(\*) adaptado de monografia oficial do IBGE).

**APÊNDICE E – MONOGRAFIA DOS VÉRTICES AZIMUTES DA REDE  
GPS DE SÃO CARLOS**

---



**UFSCar – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA  
**MONOGRAFIA DE VÉRTICE GEODÉSICO DA REDE GPS DE SÃO CARLOS – SP**

Ponto: **AZ-PT-01**Nome: **AZIMUTE PARK FEHR**Cód: **AZ-FEHR**IBGE: **-**

#### DADOS PLANIMÉTRICOS E ALTIMÉTRICOS - AJUSTAMENTO 2007

|                            | SAD 69             | SIRGAS2000 (WGS-84)                      |
|----------------------------|--------------------|------------------------------------------|
| Latitude ( $\phi$ ):       | - 21° 58' 33,3452" | - 21° 58' 35,0679"                       |
| Longitude ( $\lambda$ ):   | - 47° 55' 56,7725" | - 47° 55' 58,4244"                       |
| $\sigma(\phi)$ (m):        | 0,000              | 0,000                                    |
| $\sigma(\lambda)$ (m):     | 0,000              | 0,000                                    |
| UTM (N):                   | 7.566.927,129      | 7.566.881,609                            |
| UTM (E):                   | 197.163,410        | 197.118,103                              |
| MC:                        | -45                | -45                                      |
| Alt. Geométrica (h) (m):   | 864,44             | 857,15                                   |
| Ondulação Geoidal (N) (m): | 0,49               | -6,72                                    |
| Alt. Ortométrica (H) (m):  | 863,95             | 863,87                                   |
| $\sigma$ (h) (m):          | 0,000              | 0,000                                    |
| Modelo Geoidal:            | MAPGEO 2004        | MAPGEO 2004                              |
| Fator de Escala Combinado: | 1,0005974015       | Convergência Meridiana: 1° 05' 53,54471" |

#### LOCALIZAÇÃO

O VÉRTICE GEODÉSICO ESTÁ LOCALIZADO SOBRE A ESTRUTURA LATERAL DA PONTE DO TREVO DO FINAL DA RUA MIGUEL PETRONI COM A RODOVIA WASHINGTON LUÍS.

#### DESCRIÇÃO

CHAPA DE LATÃO CILÍNDRICA PADRÃO IBGE CRAVADA NA ESTRUTURA DA PONTE, COM OS DIZERES REDE SÃO CARLOS – UFSCAR 2007 - PARK FEHR AZIMUTE.

#### FOTOS DO VÉRTICE



#### CROQUI OU IMAGEM DE LOCALIZAÇÃO





**Ponto: AZ-PT-02 (\*) Nome: AZ-UFSCar**

**Cód: AZ-FED1**

**IBGE: SAT-93671**

**DADOS PLANIMÉTRICOS E ALTIMÉTRICOS - AJUSTAMENTO 2004**

|                           | SAD 69             | SIRGAS2000 (WGS-84) |
|---------------------------|--------------------|---------------------|
| Latitude ( $\phi$ ):      | - 21° 58' 57,6510" | - 21° 58' 59,3747"  |
| Longitude ( $\lambda$ ):  | - 47° 52' 21,7124" | - 47° 52' 23,3624"  |
| $\sigma(\phi)$ (m):       | 0,010              | 0,002               |
| $\sigma(\lambda)$ (m):    | 0,022              | 0,002               |
| UTM (N):                  | 7.566.296,267      | 7.566.250,741       |
| UTM (E):                  | 203.350,560        | 203.305,271         |
| MC:                       | -45                | -45                 |
| Alt. Geométrica (h) (m):  | 843,22             | 835,86              |
| Ondulação Geoidal(N) (m): | 0,57               | -6,68               |
| Alt. Ortométrica (H) (m): | 842,65             | 842,54              |
| $\sigma$ (h) (m):         | 0,000              | 0,017               |
| Modelo Geoidal:           | MAPGEO 2004        | MAPGEO 2004         |

**Fator de Escala Combinado:** 1,0005548983

**Convergência Meridiana:** 1° 04' 34,01523"

**LOCALIZAÇÃO**

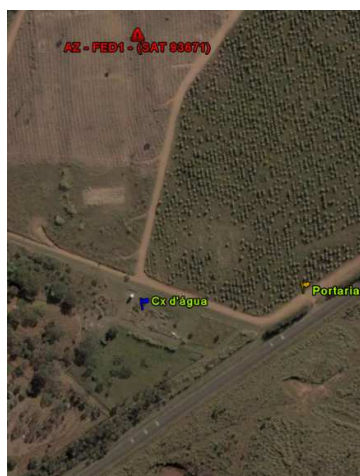
CAMPUS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, SEGUE-SE PELA ROD. WASHINGTON LUIZ, ATÉ A SAÍDA 235 A NO KM 234, COM 600M ONDE DÁ ACESSO À AV. GUILHERME SCATENA (ESTRADA DE ACESSO À REPRESA DO 29 EMBRAPA), POR ONDE SEGUE CERCA DE 1500M PASSANDO PELA 2ª. ENTRADA DA UFSCAR E TAMBÉM PELO PQ. ECOLÓGICO MUNICIPAL ATÉ A PORTEIRA DE ACESSO DO ANTIGO GRUPO DE ESCOTEIRO À ESQ. DA VIA. SEGUE PELA ESQ. CONTORNANDO O TALHÃO ATÉ A 1ª. BIFURCAÇÃO, ONDE, SEGUINDO PELA DIR. CERCA DE 200M, AVISTA-SE O MARCO ABAIXO CERCA DE 60M.

OBS: SOLICITAR AUTORIZAÇÃO NO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL – TEL.: (16) 3351-8262.

**DESCRIÇÃO**

PILAR DE CONCRETO DE FORMA CILÍNDRICA E REVESTIDA DE PVC, MEDINDO 1,28M DE ALTURA POR 0,20M DE DIÂMETRO, ONDE EM SEU TOPO ENCONTRA-SE UMA CHAPA METÁLICA E NO CENTRO POSSUI UM DISPOSITIVO DE CENTRAGEM FORÇADA PADRÃO USP.

**FOTOS DO VÉRTICE**



**CROQUI OU IMAGEM DE LOCALIZAÇÃO**



(\*) adaptado da monografia oficial do IBGE.

Ponto: **AZ-PT-04**Nome: **AZIMUTE FAZENDA HOTEL**Cód: **AZ-FAZE**IBGE: **-**

#### DADOS PLANIMÉTRICOS E ALTIMÉTRICOS - AJUSTAMENTO 2007

|                            | SAD 69             | SIRGAS2000 (WGS-84)                     |
|----------------------------|--------------------|-----------------------------------------|
| Latitude ( $\phi$ ):       | - 22° 00' 52,5662" | - 22° 00' 54,2903"                      |
| Longitude ( $\lambda$ ):   | - 47° 51' 23,8939" | - 47° 51' 25,5441"                      |
| $\sigma(\phi)$ (m):        | 0,000              | 0,000                                   |
| $\sigma(\lambda)$ (m):     | 0,000              | 0,000                                   |
| UTM (N):                   | 7.562.790,965      | 7.562.745,441                           |
| UTM (E):                   | 205.076,168        | 205.030,876                             |
| MC:                        | -45                | -45                                     |
| Alt. Geométrica (h) (m):   | 912,41             | 905,09                                  |
| Ondulação Geoidal (N) (m): | 0,59               | -6,64                                   |
| Alt. Ortométrica (H) (m):  | 911,82             | 911,73                                  |
| $\sigma$ (h) (m):          | 0,001              | 0,001                                   |
| Modelo Geoidal:            | MAPGEO 2004        | MAPGEO 2004                             |
| Fator de Escala Combinado: | 1,0005314013       | Convergência Meridiana: 1°04' 17,63970" |

#### LOCALIZAÇÃO

O VÉRTICE GEODÉSICO ESTÁ LOCALIZADO À MARGEM DA RODOVIA WASHINGTON LUÍS, PRÓXIMO AO TREVO DE ACESSO AO BAIRRO JARDIM TANGARÁ, PRÓXIMO À USINA DE EVENTOS.

#### DESCRIÇÃO

MARCO DE CONCRETO EM FORMA DE TRONCO DE PIRÂMIDE, ENTERRADO, COM O TOPO AFLORANDO APROXIMADAMENTE 10 CM NA SUPERFÍCIE.

#### FOTOS DO VÉRTICE



#### CROQUI OU IMAGEM DE LOCALIZAÇÃO



Ponto: **AZ-PT-05**Nome: **AZIMUTE CENTRAL PARK**Cód: **AZ-CENT**IBGE: **-**

#### DADOS PLANIMÉTRICOS E ALTIMÉTRICOS - AJUSTAMENTO 2007

|                            | SAD 69             | SIRGAS2000 (WGS-84)                      |
|----------------------------|--------------------|------------------------------------------|
| Latitude ( $\phi$ ):       | - 22° 00' 53,4004" | - 22° 00' 55,1240"                       |
| Longitude ( $\lambda$ ):   | - 47° 54' 52,4975" | - 47° 54' 54,1494"                       |
| $\sigma(\phi)$ (m):        | 0,000              | 0,000                                    |
| $\sigma(\lambda)$ (m):     | 0,000              | 0,000                                    |
| UTM (N):                   | 7.562.652,185      | 7.562.606,659                            |
| UTM (E):                   | 199.090,578        | 199.045,277                              |
| MC:                        | -45                | -45                                      |
| Alt. Geométrica (h) (m):   | 796,20             | 788,92                                   |
| Ondulação Geoidal (N) (m): | 0,51               | -6,68                                    |
| Alt. Ortométrica (H) (m):  | 795,69             | 795,60                                   |
| $\sigma$ (h) (m):          | 0,000              | 0,000                                    |
| Modelo Geoidal:            | MAPGEO 2004        | MAPGEO 2004                              |
| Fator de Escala Combinado: | 1,0005937437       | Convergência Meridiana: 1° 05' 36,04631" |

#### LOCALIZAÇÃO

O VÉRTICE GEODÉSICO ESTÁ SITUADO NO CANTEIRO CENTRAL DA AVENIDA PARK FABER, PRÓXIMO À ROTATÓRIA DE ACESSO AO SHOPPING CENTER IGUATEMI E À RUA BRUNO RUGGIERO.

#### DESCRIÇÃO

MARCO DE CONCRETO EM FORMA DE TRONCO DE PIRÂMIDE, ENTERRADO, COM O TOPO AFLORANDO APROXIMADAMENTE 10CM NA SUPERFÍCIE.

#### FOTOS DO VÉRTICE



#### CROQUI OU IMAGEM DE LOCALIZAÇÃO





**Ponto: AZ-PT-07 Nome: AZIMUTE TREVO GETÚLIO VARGAS Cód: AZ-TREV IBGE: -**

**DADOS PLANIMÉTRICOS E ALTIMÉTRICOS - AJUSTAMENTO 2007**

|                            | SAD 69             | SIRGAS2000 (WGS-84)                     |
|----------------------------|--------------------|-----------------------------------------|
| Latitude ( $\phi$ ):       | - 22° 01' 54,1142" | - 22° 01' 55,8386"                      |
| Longitude ( $\lambda$ ):   | - 47° 51' 36,0494" | - 47° 51' 37,6999"                      |
| $\sigma(\phi)$ (m):        | 0,000              | 0,000                                   |
| $\sigma(\lambda)$ (m):     | 0,000              | 0,000                                   |
| UTM (N):                   | 7.560.890,353      | 7.560.844,823                           |
| UTM (E):                   | 204.762,844        | 204.717,553                             |
| MC:                        | -45                | -45                                     |
| Alt. Geométrica (h) (m):   | 862,94             | 855,64                                  |
| Ondulação Geoidal (N) (m): | 0,59               | -6,63                                   |
| Alt. Ortométrica (H) (m):  | 862,35             | 862,27                                  |
| $\sigma$ (h) (m):          | 0,000              | 0,000                                   |
| Modelo Geoidal:            | MAPGEO 2004        | MAPGEO 2004                             |
| Fator de Escala Combinado: | 1,0005414603       | Convergência Meridiana: 1°04' 25,05550" |

**LOCALIZAÇÃO**

O VÉRTICE GEODÉSICO ESTÁ LOCALIZADO NA ESTRUTURA DA PONTE DO TREVO DA AVENIDA SÃO CARLOS COM A RODOVIA WASHINGTON LUÍS.

**DESCRIÇÃO**

MARCO DE CONCRETO EM FORMA DE TRONCO DE PIRÂMIDE, ENTERRADO, COM O TOPO AFLORANDO APROXIMADAMENTE 10 CM NA SUPERFÍCIE.

**FOTOS DO VÉRTICE**



**CROQUI OU IMAGEM DE LOCALIZAÇÃO**



Ponto: **AZ-PT-08**Nome: **AZIMUTE JARDIM BEATRIZ**Cód: **AZ-BEAT**IBGE: **-****DADOS PLANIMÉTRICOS E ALTIMÉTRICOS - AJUSTAMENTO 2007**

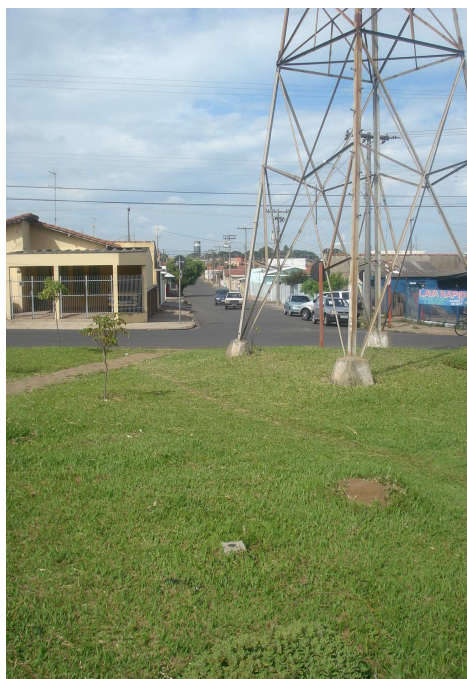
|                                   | <b>SAD 69</b>      | <b>SIRGAS2000 (WGS-84)</b>                     |
|-----------------------------------|--------------------|------------------------------------------------|
| Latitude ( $\phi$ ):              | - 22° 02' 01,8369" | - 22° 02' 03,5609"                             |
| Longitude ( $\lambda$ ):          | - 47° 54' 04,8200" | - 47° 54' 06,4717"                             |
| $\sigma(\phi)$ (m):               | 0,000              | 0,000                                          |
| $\sigma(\lambda)$ (m):            | 0,000              | 0,000                                          |
| UTM (N):                          | 7.560.572,115      | 7.560.526,587                                  |
| UTM (E):                          | 200.498,777        | 200.453,479                                    |
| MC:                               | -45                | -45                                            |
| Alt. Geométrica (h) (m):          | 840,09             | 832,82                                         |
| Ondulação Geoidal (N) (m):        | 0,53               | -6,66                                          |
| Alt. Ortométrica (H) (m):         | 839,56             | 839,48                                         |
| $\sigma$ (h) (m):                 | 0,001              | 0,001                                          |
| Modelo Geoidal:                   | MAPGEO 2004        | MAPGEO 2004                                    |
| <b>Fator de Escala Combinado:</b> | 1,0005763924       | <b>Convergência Meridiana:</b> 1°05' 21,34841" |

**LOCALIZAÇÃO**

O VÉRTICE GEODÉSICO ESTÁ LOCALIZADO NO CANTEIRO CENTRAL DA ROTATÓRIA SITUADA NA INTERSECÇÃO DA AV. HENRIQUE GRÉGORI (RUA DAS TORRES), COM A AV. THEODURETO DE CAMARGO E COM A AV. GRÉCIA, NAS PROXIMIDADES DO BAIRRO JARDIM BEATRIZ.

**DESCRIÇÃO**

MARCO DE CONCRETO EM FORMA DE TRONCO DE PIRÂMIDE, ENTERRADO, COM O TOPO AFLORANDO APROXIMADAMENTE 10 CM NA SUPERFÍCIE.

**FOTOS DO VÉRTICE****CROQUI OU IMAGEM DE LOCALIZAÇÃO**