



UNICAMP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO**

**IMPLANTAÇÃO, CÁLCULO E AJUSTAMENTO DE REDES  
GEODÉSICAS, VISANDO A ELABORAÇÃO DE CARTA  
GEOIDAL PARA A CIDADE DE CAMPINAS**

**ÉRICO FRANCISCO INNOCENTE**

**Campinas  
2007**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO**

**IMPLANTAÇÃO, CÁLCULO E AJUSTAMENTO DE REDES  
GEODÉSICAS VISANDO A ELABORAÇÃO DE CARTA  
GEOIDAL PARA A CIDADE DE CAMPINAS**

**Érico Francisco Innocente  
Orientador: Prof. Dr. Jorge Luiz Alves Trabanco**

Dissertação de Mestrado apresentada à Comissão de pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Transportes.

**Campinas  
2007**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

In6i Innocente, Érico Francisco  
Implantação, cálculo e ajustamento de redes  
geodésicas visando a elaboração de carta geoidal para a  
cidade de Campinas / Érico Francisco Innocente.--  
Campinas, SP: [s.n.], 2007.

Orientador: Jorge Luiz Alves Trabanco  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de  
Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e  
Urbanismo.

1. Pesquisa geodésica. 2. Ajustamento (Geodesia). 3.  
Redes (Geodesia). 4. Gravidade (Física – medição). 5.  
Sistema de Posicionamento Global. I. Trabanco, Jorge  
Luiz Alves. II. Universidade Estadual de Campinas.  
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e  
Urbanismo. III. Título.

Titulo em Inglês: Implantation, calculation and adjustment of geodetic network seeking geoid  
map elaboration for Campinas city

Palavras-chave em Inglês: Implantation, Calculation, Adjustment, Geodetic  
network, Geoid map, Geoidal height, Gravity, GPS

Área de concentração: Transportes

Titulação: Mestre em Engenharia Civil

Banca examinadora: Diógenes Cortijo Costa, Edvaldo Simões da seca Junior,  
Segundo Carlos Lopes

Data da defesa: 31/08/2007

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Civil

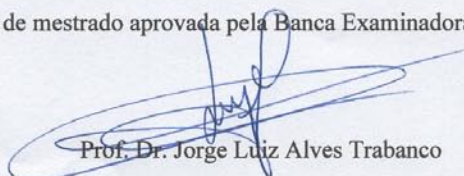


**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO**

**IMPLANTAÇÃO, CÁLCULO E AJUSTAMENTO DE REDES  
GEODÉSICAS VISANDO A ELABORAÇÃO DE CARTA  
GEOIDAL PARA A CIDADE DE CAMPINAS**

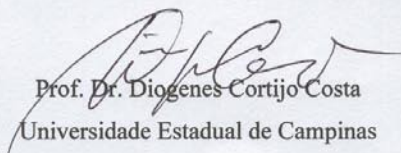
**Érico Francisco Innocente**

Dissertação de mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



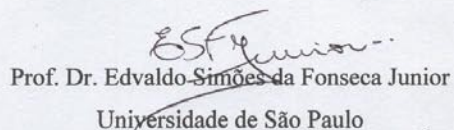
Prof. Dr. Jorge Luiz Alves Trabanco

Presidente e Orientador / Universidade Estadual de Campinas



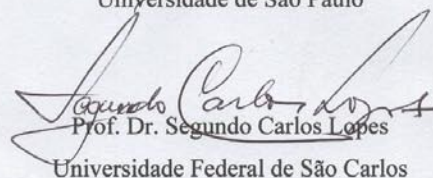
Prof. Dr. Diogenes Cortijo Costa

Universidade Estadual de Campinas



Prof. Dr. Edvaldo Simões da Fonseca Junior

Universidade de São Paulo



Prof. Dr. Segundo Carlos Lopes

Universidade Federal de São Carlos

Campinas, 31 de agosto de 2007

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por Seu amor, por minha família, por meus amigos e a minha vida;

À minha esposa, Cristiane; as minhas filhas Nicole e Fernanda, que estão sempre incentivando, compreendendo e dando o amor e a força que são vitais na minha vida;

Aos meus pais, Waldemar e Izabel (em memória), pela simplicidade, sabedoria nos ensinamentos e amor;

Ao Prof. Dr. Jorge Luiz Alves Trabanco, pela amizade, orientação, ensinamentos, convívio gratificante e apoio em todas as fases do trabalho;

Aos Professores Dr. Edvaldo Simões da Fonseca Junior, Dr. Diógenes Cortijo Costa e Dra. Maria Teresa Françoso, pelas manifestações de apoio e ajuda;

À UNICAMP - FEC/DGT, pela oportunidade de realização deste trabalho;

Aos meus colegas do DIDC e SANASA, Alexandre, Antonio, Mônica, Shiguer, Osvaldo, Kleber, Orlando, Plínio, Ronaldo, André, Nelson, Wilson, Cícero, Marcos e Rodilson, pelo apoio e grande trabalho que fazem;

Aos colegas Renan Moraes Sampaio e Jefferson Rocco que viabilizaram junto às respectivas diretorias, SANASA e DIDC, o apoio ao trabalho;

Ao Amauri Antonio, pela amizade, presteza, convívio rico e questionador;

À Ana Cristina Oliveira Cancoro de Matos, pelo carinho, conhecimento, apoio, e estímulo para seguir em frente;

À Cleide pelo prazer da convivência e por sua sempre boa vontade em colaborar;

À colega Thaize, pelo apoio e convivência frutífera;

Ao Prof. Dr. Nelsi Côgo de Sá, pela cessão dos dados da estação gravimétrica Vinhedo;

À EMBRATOP, pela colaboração, presteza e cessão de equipamentos;

Ao amigo Rogério Rodrigues Amarante, pelo convívio edificante e apoio sempre manifestado;

Ao corpo administrativo da pós-graduação, pelo apoio, amizade, e trabalho glorioso perante aos Alunos;

Ao corpo docente da FEC e aos meus colegas da pós-graduação, pelo convívio de luta, aperfeiçoamento, dificuldades e alegrias.

## **RESUMO**

INNOCENTE, Érico Francisco. **IMPLANTAÇÃO, CÁLCULO E AJUSTAMENTO DE REDES GEODÉSICAS VISANDO A ELABORAÇÃO DE CARTA GEOIDAL PARA A CIDADE DE CAMPINAS.** Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, 2007. 157 p. Dissertação de Mestrado.

A procura por soluções de problemas referentes à aquisição de dados cadastrais, dentro da malha urbana de uma cidade, com posicionamento GPS relativo, tem se intensificado nos últimos anos. Quando uma nova tecnologia é introduzida em determinada atividade de uma organização, seja ela pública ou privada, percebe-se que sua utilização fica aquém das reais possibilidades de aproveitamento das funções disponibilizadas pelo fabricante. Essa subutilização da tecnologia/equipamento é, na maioria dos casos, devido à falta de infra-estrutura básica existente no local de atuação e a falta de preparo dos usuários. Está constatado que as determinações altimétricas, utilizando tecnologia GPS, não tem todas as suas funções exploradas devido, primordialmente, a falta de uma carta geoidal que possibilite a correção da ondulação geoidal, diferença entre as altitudes geométricas e as correspondentes ortométricas, sendo esta última a altitude utilizada em obras de engenharia. A comunidade científica, empresas de engenharia e órgãos públicos sabem da necessidade desta carta geoidal, onde é possível contribuir com a melhoria da acurácia das altitudes e aplicação direta nos levantamentos planialtimétricos cadastrais dentro do perímetro urbano da cidade. Portanto a motivação deste trabalho é obter um modelo geoidal para a Cidade de Campinas, melhorando a acurácia da ondulação do geóide e proporcionando o emprego do GPS na determinação de altitude ortométrica que, é fator primordial aos projetos e obras inerentes ao dia a dia da Administração Pública, do saneamento básico e das empresas de engenharia.

**PALAVRAS CHAVE:** Implantação, Cálculo, Ajustamento, Redes Geodésicas, Carta geoidal, Ondulação geoidal, Gravimetria e GPS.

## **ABSTRACT**

INNOCENTE, Érico Francisco. IMPLANTATION, CALCULATION AND ADJUSTMENT OF GEODETIC NETWORK SEEKING GEOID MAP ELABORATION FOR CAMPINAS CITY. Campinas, School of Civil Engineering, Architecture and Urban Design, State University of Campinas, 2007. 157 p. Master Thesis.

The search for solutions of problems concerning the acquisition of cadastral data, in the urban mesh of a city, with GPS relative positioning, has intensified in the last years. When a new technology is introduced in certain activity of an organization, public or private, one notice its utilization is below the real possibilities of use of the functions available by the manufacturer. This sub technology/equipment use is, in most of the cases, due to the lack of basic infrastructure existing in the actuating place and the lack of the users preparation. It has been verified that the altimetric determinations, using GPS technology, don't have all the possible functions explored due to the lack of a geoid map that makes the geoidal height correction possible, difference between the geometric height and the correspondent orthometrics, being this last one the altitude used in engineering works. The scientific community, engineering companies and public organs know the need of this geoid map, where it is possible to contribute with the accuracy improvement of the height and direct application in the cadastral surveying inside the urban perimeter. Therefore the motivation of this work is to obtain a geoid model for Campinas City, improving the accuracy of the geoidal height and providing the GPS use in the determination of orthometric height that is fundamental factor for the projects and inherent to the daily works to the of the Public Administration, basic sanitation and engineering companies.

**KEYWORDS:** Implantation, Calculation, Adjustment, Geodetic Network, Geoid map, Geoidal height, Gravity and GPS.

## LISTA DE FIGURAS

	p.
Figura 1.1: Marco de concreto SAN01.....	4
Figura 1.2: Marco de concreto RN 2871A - IBGE.....	4
Figura 2.1: Satélite do Bloco II e IIA. ....	8
Figura 2.2: Satélite do Bloco II e IIA. ....	9
Figura 2.3: Satélite do Bloco IIR M. ....	9
Figura 2.4: Satélite do Bloco IIF. ....	10
Figura 2.5: Desenho do satélite GPS III. ....	10
Figura 2.6: Planos orbitais e locação dos satélites em abril de 2006.....	11
Figura 2.7: Ondas portadoras e respectivos códigos antes e depois da modernização GPS .....	13
Figura 2.8: Segmento de Controle Terrestre. ....	14
Figura 2.9: Exemplos de métodos de medição.....	15
Figura 2.10: Componentes vetoriais de uma linha base. ....	17
Figura 2.11: Altura da antena .....	18
Figura 2.12: Variação do centro de fase .....	19
Figura 2.13: Precisão após o advento da portadora L5.....	19
Figura 2.14: Geometria dos satélites .....	21
Figura 2.15: Método Estático .....	23
Figura 2.16: Precisão das coordenadas e ambigüidades em função do tempo. ....	24
Figura 2.17: Método Rápido Estático.....	24
Figura 2.18: Posicionamento relativo semicinemático.....	25
Figura 2.19: Posicionamento relativo rápido com troca de antena.....	26

Figura 2.20: Método Cinemático.....	27
Figura 2.21: Acurácia do método RTK após o advento da portadora L5.....	28
Figura 2.22: Áreas de abrangência do WAAS e LAAS .....	30
Figura 3.1: Componentes das forças atuantes sobre P.....	32
Figura 3.2: Sistema Terra - Lua.....	33
Figura 3.3: Representação gráfica do potencial de maré.....	34
Figura 3.4: Camada Bouguer - representação gráfica. ....	37
Figura 3.5: Modelo isostático de Pratt-Hayford. ....	39
Figura 3.6: Modelo isostático de Airy-Heiskanen.....	40
Figura 3.7: Modelo isostático de Vening Meinesz. ....	41
Figura 3.8: Altitudes H, h e ondulação geoidal N. ....	43
Figura 3.9: Altitudes Niveladas – não paralelismo das superfícies.....	45
Figura 3.10: Gravímetro LaCoste & Romberg modelo G. ....	47
Figura 3.11: Gravímetro digital Scintrex CG-3.....	47
Figura 3.12: Estações gravimétricas absolutas JILAG-3 na América do Sul.....	50
Figura 3.13: Gravímetro absoluto JILAG-3. ....	51
Figura 3.14: Linha poligonal fechada.....	52
Figura 3.15: Linha poligonal aberta. ....	53
Figura 3.16: Gravímetro LaCoste & Romberg – equipamentos e acessórios. ....	54
Figura 3.17: Gravímetros em período de aquecimento no Labtopo UNICAMP.....	55
Figura 3.18: Mecanismo interno do gravímetro. ....	55
Figura 3.19: Vista superior - mecanismos de comando.....	56
Figura 3.20: Faixa luminosa na linha de leitura. ....	57
Figura 3.21: Contador e botão micrométrico.....	58

Figura 4.1: Vértice UNIC da rede de referência cadastral básica de Campinas.....	59
Figura 4.2: Receptor GPS Topcon Hiper Lite.....	65
Figura 4.3: Receptor GPS Topcon Hiper GD.....	65
Figura 4.4: Receptor GPS Topcon Legacy –H GD.....	66
Figura 4.5: Receptor GPS Trimble 5700.....	66
Figura 4.6: Vértices da Rede de Ref. Cadastral de Campinas – unidade: grau e décimos.....	69
Figura 4.7: Receptor GPS Trimble 4600LS.....	72
Figura 4.8: Nível Leica Wild NA 20.....	80
Figura 4.9: Nível Carl Zeiss Ni 005A Jena.....	80
Figura 4.10: Modelo Geoidal da cidade de Campinas - Córrego Alegre.....	85
Figura 4.11: Modelo Geoidal da cidade de Campinas – SAD69.....	86
Figura 4.12: Modelo Geoidal da cidade de Campinas – WGS84.....	87
Figura 4.13: Pontos de teste do Modelo Geoidal da cidade de Campinas – SAD69.....	89
Figura 4.14: Estação gravimétrica absoluta Vinhedo.....	90
Figura 4.15: Chapa de materialização da estação gravimétrica absoluta Vinhedo.....	91
Figura 4.16: Vértice Valinhos.....	92
Figura 4.17: Chapa Terrafoto na base do pilar Valinhos.....	92
Figura 4.18: Gravímetro LaCoste & Romberg.....	93
Figura 4.19: Carta de Anomalia Free-air – SAD69 – Cidade de Campinas.....	96
Figura 4.20: Carta de Anomalia Bouguer – SAD69 - Cidade de Campinas.....	97



## LISTA DE TABELAS

	P.
Tabela 2.1: Contribuições dos erros GPS na pseudodistância.....	21
Tabela 3.1: Densidade de alguns materiais geológicos. ....	35
Tabela 3.2: Valores de g nas estações da RENEGA. ....	49
Tabela 4.1: Denominações dos pontos geodésicos.....	63
Tabela 4.2: Jornadas grafite, vermelha e amarela com especificação dos modelos dos receptores GPS utilizados. ....	68
Tabela 4.3: Cálculo e ajustamento dos vértices MERC e UNIC – SAD69.....	69
Tabela 4.4: Cálculo e ajustamento dos vértices ANEL, ATAL, CEMI, CHAP, IPAU, MIRT, PALM, PREF, TELE e TREV – SAD69.....	70
Tabela 4.5: Rastreios simultâneos dos vértices das micro regiões. ....	74
Tabela 4.6: Discriminações de micros regiões e respectivos vértices.....	75
Tabela 4.7: Coordenadas dos vértices das micro regiões – SAD69. ....	77
Tabela 4.8: Verificação de RRNN Terrafoto – Origem em RRNN IBGE.....	79
Tabela 4.9: Transporte de altitudes com origem em RRNN IBGE.....	81
Tabela 4.10: Transporte de altitudes com origem em RRNN Terrafoto.....	82
Tabela 4.11: Altitudes elipsoidais, Altitudes Ortométricas e Ondulações Geoidais.....	84
Tabela 4.12: Estações Base e Pontos de Teste .....	88
Tabela 4.13: Teste da carta geoidal – SAD69.....	88
Tabela 4.14: Valores de g, anomalias Free-air e Bouguer da Rede Gravimétrica Municipal.....	95

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

- ARP** – *Antenna Reference Point*
- AS** – *Anti-Spoofing*
- CAD** – *Computer Aided Design*
- CDMA** – *Múltiplo Acesso por Divisão em Códigos*
- C/A-code** – *Coarse Acquisition code (1,023 MHz)*
- DEGED** – *Departamento de Geodésia*
- DGPS** – *Differential Global Positioning System*
- DGT** – *Departamento de Geotecnia e Transportes*
- DIDC** – *Diretoria de Informações de Dados Cadastrais*
- DMA** – *Defense Mapping Agency*
- DoD** – *Department of Defense*
- DOP** – *Dilution of Precision*
- DOS** – *Disk Operating System*
- EGNOS** – *European Geostationary Navigation Overlay System*
- EPUSP** – *Escola Politécnica da Universidade de São Paulo*
- EUA** – *Estados Unidos da América*
- FAA** – *Federal Aviation Administration*
- FAS** – *Federation of American Scientists*
- FEC** – *Faculdade de Engenharia Civil e Arquitetura*
- GDOP** – *Geometric Dilution of Precision*
- GLONASS** – *Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema*
- GMT** – *Generic Mapping Tools*
- GNSS** – *Global Navigation Satellite System*
- GPS** – *Global Positioning System*
- IAG** – *Internacional Association of Geodesy*
- IAGBN** – *Internacional Absolute Gravity Basestation Network*
- IFE** – *Institut Fur Erdmessung*
- IGEB** – *Interagency GPS Executive Board*

**IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
**IGS** – *International GNNS Service*  
**IGSN** – *International Gravity Standardization Net*  
**JPALS** – *Joint Precision Approach and Landing System*  
**L1** – *L1 carrier (1575,42 MHz)*  
**L2** – *L2 carrier (1227,60 MHz)*  
**L5** – *L1 carrier (1176,45 MHz)*  
**LAAS** – *Local Area Augmentation System*  
**LABTOPO** – Laboratório de Topografia  
**LADGPS** – *Local Area Differential GPS*  
**LTG** – Laboratório de Topografia e Geodésia  
**MSAS** – *Multi-functional Satellite Augmentation System*  
**MCS** – *Master Control Station*  
**NAVSTAR** – *NAVigation Satellite with Time And Ranging*  
**NASA** – *National Aeronautics and Space Administration*  
**NIMA** – *National Imagery and Mapping Agency*  
**ON** – Observatório Nacional  
**P-code** – *Precision code (10,23 MHz)*  
**PDGPS** – *Precise Differential GPS*  
**PDOP** – *Position Dilution of Precision*  
**PMC** – Prefeitura Municipal de Campinas  
**PPS** – *Precise Positioning Service*  
**PRC** – Plantas de Referência Cadastral  
**PRN** – *Pseudo Random Noise*  
**PTR** – Departamento de Engenharia de Transportes  
**RADAR** – *Radio Detection And Ranging*  
**REDGRAV** – Módulo de processamento de dados do programa GRAVI96  
**RENEGA** – Rede Nacional de Estações Gravimétricas Absolutas  
**RGFB** – Rede Gravimétrica Fundamental Brasileira  
**RN** – Referência de nível  
**RRNN** – Referências de nível

**RTK** – *Real Time Kinematic*

**SA** – *Selective Availability*

**SANASA** – Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S.A.

**SAD69** – *South American Datum of 1969*

**SEDGRAV** – Módulo de entrada de dados de caderneta de campo do programa GRAVI96

**SEPLAMA** – Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente

**SIG** – *Sistema de Informações Geográficas*

**SPS** – *Standard Positioning Service*

**SVID** – *Space Vehicle Identification*

**SVN** – *Space Vehicle Number*

**USERE** – *User Equivalent Range Error*

**UFPR** – Universidade Federal do Paraná

**UGGI** – União Geodésica e Geofísica Internacional

**USCG** – *United States Coast Guard*

**USDC** – *United States Department Commerce*

**UTM** – Universal Transversa Mercator

**WAAS** – *Wide Area Augmentation System*

**WADGPS** – *Wide Area Differential GPS*

**WGS84** – *World Geodetic System of 1984*

**WWW** – *World Wide Web*

**Y-code** – *Encrypted P-code*

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\varphi$	Latitude do ponto
$\lambda$	Longitude do ponto
$a$	Semi-eixo maior do elipsóide
$b$	Semi-eixo menor do elipsóide
$f$	Achatamento
$h$	Altitude geométrica ou elipsoidal
$H$	Altitude ortométrica
$N$	Ondulação geoidal
$m$	Metros
$km$	Quilômetros
$R$	Raio da Terra
$\omega$	Velocidade angular da Terra
$\vec{r}$	Vetor que une os dois corpos
$G$	Constante de gravitação universal
$\vec{g}_N$	Campo gravitacional
$\vec{F}$	Peso
$M$	Massa do campo
$J_2$	Fator dinâmico de forma
$W$	Potencial gravitacional
$C_{AL}$	Correção ar-livre
$H_p$	Altitude do ponto em metros
$\Delta g$	Anomalia de gravidade
$g_{obs}$	Gravidade observada
$C_g$	correção gravimétrica
$\gamma$	Gravidade teórica ou normal
$\Delta g_{AL}$	Anomalia ar-livre
$\Delta g_H$	Anomalia Helmert
$C_T$	Correções de terreno

$C_{BS}$	Correção simples ou incompleta de Bouguer
$C_{BC}$	Correção de Bouguer completa
$C_{BR}$	Correção de Bouguer refinada
$\Delta g_{BC}$	Anomalia de Bouguer completa
$\Delta g_{BR}$	Anomalia de Bouguer refinada
D	Camada de espessura constante
$\rho$	Densidade
$\rho_m$	Densidade uniforme
$\Delta g_{IS}$	Anomalia isostática
$\Delta H$	Diferenças de altitudes
N	ondulação geoidal
g	Aceleração da gravidade
$\sigma_H$	Desvio padrão para posicionamento horizontal
$\sigma_V$	Desvio padrão para posicionamento vertical
$\sigma_P$	Desvio padrão para posicionamento tridimensional
$\sigma_T$	Desvio padrão para determinação de tempo

# SUMÁRIO

	p.
<b>1. Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1. Histórico .....	1
1.2. Justificativa.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.4. Estrutura do Trabalho .....	4
<b>2. Sistema NAVSTAR/GPS – Breves considerações.....</b>	<b>7</b>
2.1. Introdução.....	7
2.2. Segmento espacial .....	7
2.3. Planos orbitais.....	11
2.4. Sinais GPS .....	12
2.5. Segmento de controle .....	13
2.6. Segmento de usuários .....	14
2.7. Métodos de posicionamento GPS.....	15
2.7.1. Posicionamento por ponto .....	19
2.7.2. Posicionamento relativo .....	22
2.7.3. GPS diferencial (DGPS).....	28
<b>3. Geodésia física – conceitos básicos .....</b>	<b>31</b>
3.1. Variação temporal da gravidade .....	33
3.2. Anomalias gravimétricas .....	35
3.2.1. Anomalia ar-livre.....	36
3.2.2. Anomalia Helmert .....	36
3.2.3. Anomalia de Bouguer.....	37

3.2.4. Anomalia Isostática .....	38
3.3. O Geóide.....	41
3.4. Operações gravimétricas.....	45
3.4.1. Gravímetros – sua constituição.....	46
3.4.2. Deriva instrumental .....	48
3.4.3. Calibração.....	48
3.5. Redes gravimétricas.....	49
3.5.1. Rede gravimétrica absoluta .....	49
3.5.2. International Gravity Standardization Net – IGSN 71 .....	50
3.5.3. Redes gravimétricas nacionais.....	51
3.5.4. Redes gravimétricas de densificação.....	52
3.5.5. Circuitos gravimétricos.....	52
3.6. Especificações técnicas para levantamento gravimétrico – estações básicas.....	53
3.7. O gravímetro LaCoste & Romberg – Modelo G.....	53
3.7.1. Funcionamento .....	54
3.7.2. Operação.....	56
<b>4. Operações geodésicas para elaboração da carta geoidal de Campinas e resultados obtidos.....</b>	<b>59</b>
4.1. Rede de referência cadastral básica de Campinas .....	59
4.2. Operações geodésicas com GPS na reocupação da rede de referência cadastral básica de Campinas <sup>63</sup>	
4.3. Operações geodésicas com GPS nas 40 micro regiões.....	70
4.4. Operações geodésicas com emprego de nivelamento geométrico para determinar as altitudes ortométricas dos vértices das micro regiões .....	78
4.5. Modelo geoidal da cidade de Campinas.....	83



4.5.1. Teste do modelo geoidal.....	88
4.6. Levantamento gravimétrico das micro regiões.....	90
<b>5. Conclusões e Recomendações .....</b>	<b>99</b>
5.1. Conclusões.....	99
5.2. Recomendações .....	100
<b>Referências .....</b>	<b>102</b>
<b>APÊNDICE A – MAPA DAS MICRO REGIÕES .....</b>	<b>105</b>
<b>APÊNDICE B – CARTAS DE ANOMALIAS.....</b>	<b>107</b>
B.1 Carta de Anomalia Free-air – Córrego Alegre.....	107
B.2 Carta de Anomalia Bouguer – Córrego Alegre.....	108
B.3 Carta de Anomalia Free-air – WGS 84.....	109
B.4 Carta de Anomalia Bouguer – WGS 84.....	110
<b>APÊNDICE C – RELATÓRIOS DE AJUSTAMENTOS .....</b>	<b>111</b>
C.1 Relatório de Ajustamento – Vértices UNIC e MERC – Córrego Alegre .....	111
C.2 Relatório de Ajustamento – Vértices UNIC e MERC – SAD 69 .....	113
C.3 Relatório de Ajustamento – Vértices UNIC e MERC – WGS 84 .....	115
C.4 Relatório de Ajustamento – Rede Prefeitura e Micro Regiões – Córrego Alegre .....	117
C.5 Relatório de Ajustamento – Rede Prefeitura e Micro Regiões – SAD 69 .....	131
C.6 Relatório de Ajustamento – Rede Prefeitura e Micro Regiões – WGS 84 .....	133
<b>APÊNDICE D – RELATÓRIOS DE CÁLCULOS DO PROGRAMA GRAVI96.....</b>	<b>135</b>
D.1 Anomalia Free-air.....	135
D.2 Anomalia Bouguer.....	136
D.3 Valores de g .....	137

# 1. Introdução

## 1.1. Histórico

Em 1994 firmou-se Convênio entre a Secretaria de Planejamento da Prefeitura do Município de Campinas e a Universidade de São Paulo – Escola Politécnica – Departamento de Engenharia de Transportes – Laboratório de Topografia e Geodésia (EPUSP/PTR/LTG), visando apoio e orientação técnica para o estabelecimento da Rede de Referência Cadastral Básica do referido Município.

Constituiu-se assim a primeira Rede de Referência Cadastral dentro do Estado de São Paulo, sendo implantados 12 (doze) pares de pontos fiduciais, materializados através de pilares com sistema de centragem forçada e rastreados pelo sistema NAVSTAR/GPS.

Essa rede visava o estabelecimento de infra-estrutura de apoio para todas as operações de campo, proporcionando possibilidades de sistematização de todos os levantamentos topográficos, qualquer que sejam os seus métodos.

A Secretaria de Planejamento do Município de Campinas, através da sua Diretoria de Informações de Dados Cadastrais (DIDC) e a Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento (SANASA), são os principais utilizadores dessa rede, assim como, empresas do setor privado.

Hoje, esses agentes públicos, estão equipados com moderna tecnologia de posicionamento global, possuindo receptores, dos mais variados modelos, das marcas *Trimble*, *Topcon*, *Thales Navigation*, *Leica*, etc.

As utilizações desses equipamentos vieram simplificar de maneira significativa a operacionalização das equipes de campo e equacionar o apoio logístico necessário às obras

concernentes ao Cadastro Técnico Multifinalitário, ao saneamento básico e aos projetos de engenharia.

Apesar dessa adequação tecnológica, passa-se o tempo e constata-se que, as dificuldades continuam de grande monta, conforme itens abaixo descritos:

- falta de difusão do conhecimento na comunidade usuária;
- manutenção e densificação da Rede;
- efetiva implantação da Planta de Referência Cadastral Municipal;
- informações precisas e confiáveis;
- controle e atualização cadastral;
- implementação de um Sistema de Informações Geográficas;
- falta de referências altimétricas.

## **1.2. Justificativa**

- Tendo em vista que a comunidade usuária, os agentes públicos e privados investem, cada vez mais, em receptores GPS;
- Objetivando colaborar para a eficiência almejada pela Administração Pública Municipal quanto à modernização administrativa e fiscal, implicando na elaboração da Planta de Referência Cadastral Municipal confiável, que permitirá atividades de planejamento urbano, mapa de valores, integração com a região metropolitana, controle de obras de engenharia, aumento de arrecadação, justa cobrança de impostos e melhor qualidade de vida dos munícipes.
- Analisando a necessidade da Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S.A. – SANASA, quanto a efetuar transportes de altitudes ortométricas utilizando receptores GPS.

- Detectando a carência de uma rede de adensamento altimétrico na cidade de Campinas, que possibilite fácil acesso e utilização, fica caracterizada a necessidade do preenchimento dessa lacuna.
- Visando completa utilização dos recursos do sistema GPS, evidenciando as determinações altimétricas e a implantação de infra-estrutura básica local que constitua uma rede de apoio para as operações de campo na malha urbana.

São estes os tópicos norteadores dos estudos desta dissertação.

### **1.3. Objetivos**

O objetivo deste trabalho é a implantação, cálculo e ajustamento de redes geodésicas, tais como: rede de referência cadastral, rede gravimétrica e rede altimétrica, visando a elaboração de carta geoidal para a cidade de Campinas, propondo uma metodologia para o equacionamento de problemas relativos à transformação, imediata, da altitude geométrica fornecida pelo GPS em altitude ortométrica, colaborando para viabilizar rapidez de solução para casos comuns aos agentes que lidam com Cadastro Técnico Multifinalitário, atualização de bases cartográficas, serviços correntes de levantamento topográfico de apoio à implantação de projetos de engenharia civil a cargo da Administração Pública Municipal e empresas de engenharia, desmembramento, anexação, definições de alinhamentos, aberturas de ruas, elaboração de diretrizes viárias e ambientais, sistemas de águas pluviais, planta de quadras e obras de saneamento.

O modelo geoidal desenvolvido permitirá melhor capacidade de mensurar a posição altimétrica com precisão, possibilitando um melhor conhecimento das ondulações do geóide, viabilizando a adequação da altitude geométrica com altitude ortométrica.

A malha urbana da cidade de Campinas é o cenário para efetivar esse modelo geoidal, com o objeto de facilitar a utilização de receptor GPS, quanto às determinações altimétricas. Pretende-se, também, que os pontos que formarão o modelo geoidal sejam pontos de densificação da rede de referência cadastral do município e referências de nível oficiais (RRNN). Para tanto

foram implantados 21 marcos de concreto com as designações SAN 01 até SAN 21 (Figura 1.1), além de ocupações de marcos já existentes (Figura 1.2), totalizando 40 referências de nível.



Figura 1.1: Marco de concreto SAN01.

Fonte: Foto do autor.



Figura 1.2: Marco de concreto RN 2871A - IBGE.

Fonte: Foto do autor.

#### 1.4. Estrutura do Trabalho

Este trabalho está composto de cinco capítulos: Introdução, Sistema NAVSTAR/GPS – Breves considerações, Geodésia Física – conceitos básicos, Operações Geodésicas para Elaboração da Carta Geoidal de Campinas e resultados obtidos, Conclusões e recomendações.

A Introdução apresenta um breve histórico sobre a implantação da rede de referência cadastral básica de Campinas apontando as dificuldades dos organismos públicos e privados em utilizar de forma plena a tecnologia GPS, a justificativa, os objetivos, e a estrutura do trabalho.

No segundo capítulo são feitas considerações sobre o sistema NAVSTAR/GPS, incluindo a modernização prevista para todos os seus segmentos.

O terceiro capítulo expõem os conceitos básicos de geodésia física, do geóide, de altitudes ortométricas e geométricas. Neste são ainda contidas a descrição do datum vertical oficial do Brasil, operações gravimétricas, redes gravimétricas, especificações técnicas para o levantamento gravimétrico e a descrição do gravímetro LaCoste & Romberg - modelo G.

O quarto capítulo versa sobre o processo das operações geodésicas para elaboração da carta geoidal da cidade de Campinas, passando por todas suas etapas de campo, gabinete e apresenta os resultados obtidos.

O quinto capítulo trata das conclusões e recomendações.

## **2. Sistema NAVSTAR/GPS – Breves considerações**

### **2.1. Introdução**

A evolução da era espacial e de seus métodos de posicionamento permitiu o atual sistema *Navigation System Time And Ranging (NAVSTAR) & Global Positioning System (GPS)*. Sua manutenção e desenvolvimento vêm sendo mantidos pelo Departamento de Defesa dos EUA (DoD).

Nesta década a implementação dos recursos do Sistema de Posicionamento Global (GPS) e a melhoria gradual da tecnologia, tem proporcionado serviços de geolocalização muito mais acurados e também garantindo maior confiabilidade e segurança em relação ao que antes era conseguido.

De geração para geração ocorreram melhorias no sistema aumentando a cobertura de dados de geolocalização, melhorando a performance da navegação marítima, em centros de cidades e lugares que atualmente sofrem com fraca recepção.

O sistema NAVSTAR/GPS está fundamentado em três segmentos que são:

- Segmento espacial – satélites;
- Segmento de controle – estações terrestres de rastreamento;
- Segmento de usuários.

### **2.2. Segmento espacial**

Normalmente os satélites são identificados quanto ao número seqüencial do lançamento, isto é, *Space Vehicle Numer (SVN)*, quanto ao *Pseudo-Random-Noise (PRN)*, quanto ao *Space*

*Vehicle Identification* (SVID) e quanto ao número da posição orbital (MONICO, 2000). No desenvolvimento dos projetos dos satélites, criou-se uma classificação por blocos conforme a seguir:

Bloco I – satélites de desenvolvimento e pesquisa, verdadeiros protótipos. Foram construídos e lançados 11 satélites (SVN1 a SVN11) e respectiva desativação ocorreu no fim de 1995 (MONICO, 2000);

Bloco II – satélites operacionais, com objetivo de constituir a configuração mínima de 24 satélites. Foram construídos e lançados 09 satélites (SVN13 a SVN21) e (MONICO, 2000). Todos já estão desativados;

Bloco IIA (*Advanced*) – satélites operacionais, com objetivo de constituir a configuração mínima de 24 satélites (Figura 2.1). Foram construídos e lançados 19 satélites (SVN22 a SVN40). Essa geração de satélites tem a capacidade de comunicação recíproca e podem armazenar até 180 dias de dados de navegação (MONICO, 2000). Quinze desses satélites estão ativos;



Figura 2.1: Satélite do Bloco II e IIA.

Fonte: (PERZ, 2004).

Bloco IIR (*Replenishment*) – satélites operacionais e para reposição do bloco II-A (Figura 2.2). Foram construídos e lançados 13 satélites (SVN42 a SVN61). O primeiro satélite deste bloco não entrou em operação devido à falha no lançamento. Essa geração de satélites foi equipada para mensurar as distâncias entre eles, calcular suas efemérides, transmiti-las entre eles e para os controles de Terra (MONICO, 2000). Doze desses satélites estão ativos;



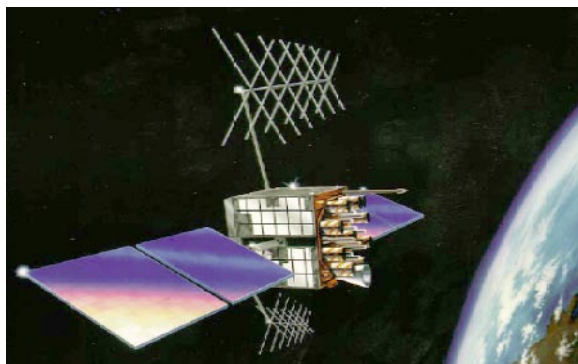


Figura 2.2: Satélite do Bloco II e IIA.

Fonte: (PERZ, 2004).

Bloco IIR M (*Modified*) – satélite operacional modernizado e para reposição dos blocos IIA e IIR. O primeiro satélite dessa geração foi lançado em 26 de setembro de 2005 e há a previsão para construção de mais 07 satélites deste tipo (Figura 2.3). Projetados para ter uma vida útil, aproximada, de 10 anos, adiciona na frequência L2, um novo código civil (L2C) e nas portadoras L1 e L2. Três desses satélites estão ativos;



Figura 2.3: Satélite do Bloco IIR M.

Fonte: (PERZ, 2004).

Bloco IIF (Follow-on) – satélites operacionais e para reposição dos blocos IIR e IIR M (Figura 2.4). Quando lançados acrescentarão um novo sinal civil, nomeado L5 e as portadoras L1 e L2. Terão a previsão de vida útil de 12 anos;



Figura 2.4: Satélite do Bloco IIF.

Fonte: (PERZ, 2004).

Bloco III e GPS III – satélites com nova tecnologia para melhorar a acurácia e confiabilidade no posicionamento (Figura 2.5), maior capacidade de potência dos sinais transmitidos e código militar com degradação ocasionada por interferências intencionais nas ondas rádio;

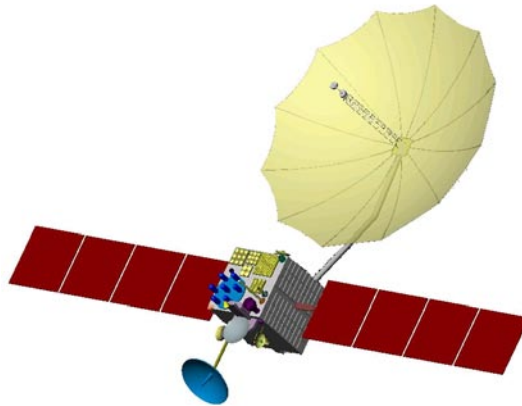


Figura 2.5: Desenho do satélite GPS III.

Fonte: (CLARK, 2004).

O Governo Americano desenvolve o futuro do sistema GPS com a geração conhecida como GPS III que visa possibilitar maior resistência a interferências, a danos, maior confiabilidade e precisão, desejando incrementar serviços de geolocalização e sistemas inteligentes para rodovias e segurança de tráfego. A previsão de funcionamento é após 2012.

### 2.3. Planos orbitais

O segmento espacial foi definido para garantir a maior cobertura terrestre possível e para isso constituíram-se seis planos orbitais denominados pelas letras A, B, C, D, E e F, podendo conter, em cada um, de 05 a 12 satélites devidamente posicionados.

A separação longitudinal entre os planos orbitais é de  $60^\circ$  e são inclinados  $55^\circ$  em relação ao equador (Figura 2.6).

O período orbital dos satélites é de aproximadamente 12 horas siderais, implicando na repetição de posição, a cada dia, 4 minutos antes que o do dia anterior (MONICO, 2000).

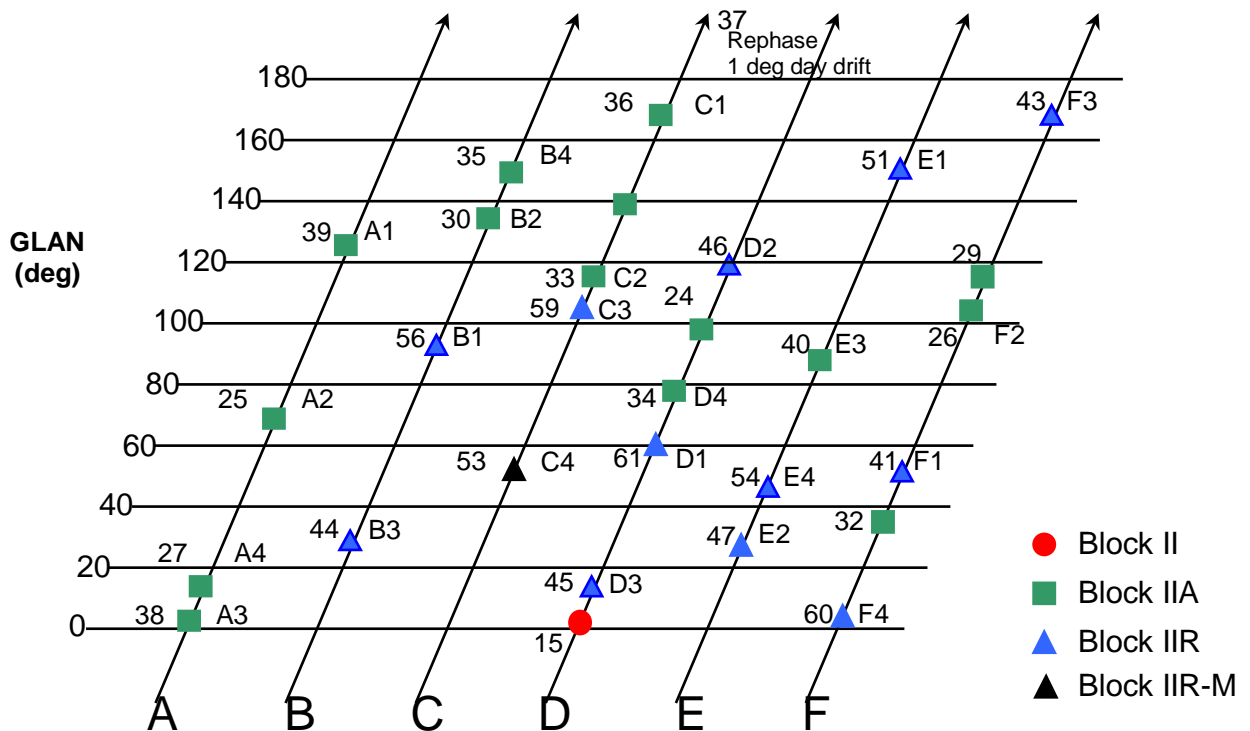


Figura 2.6: Planos orbitais e localização dos satélites em abril de 2006.

Fonte: (LOUDEN, 2006).

## 2.4. Sinais GPS

Os sinais GPS compõem um conjunto de informações transportadas por duas ondas portadoras. Essas portadoras, denominadas de L1 e L2, são geradas a partir da frequência de 10,23 MHz, produzida pelos relógios atômicos instalados nos satélites e, através da técnica de separação Múltiplo Acesso por Divisão em Códigos (CDMA), geram-se as frequências de 1575,42 MHz para L1 e 1227,60 MHz para L2, correspondendo, respectivamente aos comprimentos de onda de 19,05 cm e 24,45 cm (GEMAEL et al.,2004).

A portadora L1, é modulada por dois tipos de códigos falsamente aleatórios (*pseudorandom noise code*), sendo um com 1,023 MHz chamado de código C/A (*Coarse Acquisition* – fácil aquisição) ou como *Standard Positioning Service* (SPS), e outro com 10,23 MHz chamado de código P – *Precise* (GEMAEL et al., 2004).

A portadora L2, só possui o código P, também chamado de código Y ou *Precise Positioning Service* (PPS), sendo usado exclusivamente pelas forças armadas norte-americanas e por usuários autorizados (GEMAEL et al., 2004).

Nessas portadoras também são transportadas as mensagens de navegação na razão de 50 bits por segundo (bps), tendo duração de 30 segundos.

Com a modernização do sistema GPS, nos satélites do Bloco IIR M temos o acréscimo do novo sinal L2C e o código militar M (Figura 2.7). Nos satélites do Bloco IIF será implementado uma nova portadora denominada L5, quando proporcionará melhor amparo à navegação.

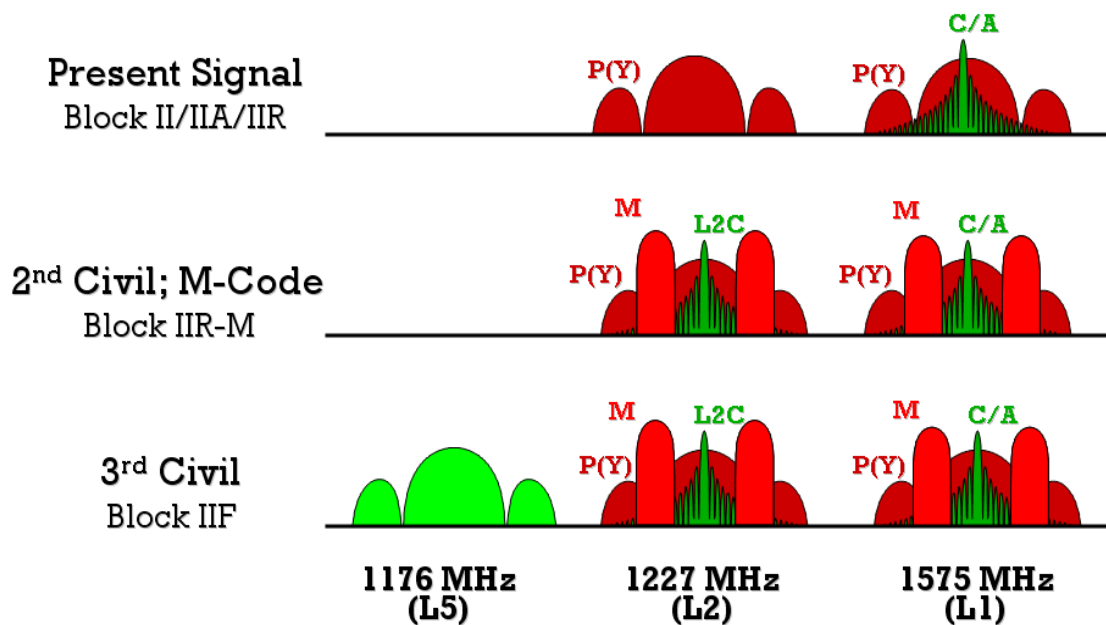


Figura 2.7: Ondas portadoras e respectivos códigos antes e depois da modernização GPS

Fonte: (KIM, 2002).

## 2.5. Segmento de controle

Com o objetivo de operacionalizar todo o sistema GPS foi criada uma rede de estações terrestres espalhadas por diversos países (Figura 2.8). Sua função principal é monitorar e controlar os satélites, o sistema de tempo GPS, as efemérides e as mensagens de navegação.

Para realização dessas tarefas foram implementada 5 estações de monitoramento sendo que a *Master Control Station* (MCS) está localizada em Falcon Air Force Base, Colorado Springs, Colorado, EUA. As estações de monitoramento são equipadas com receptores de dupla frequência com múltiplos-canais, com relógios atômicos e aparelhos para coleta de dados meteorológicos do local, objetivando o rastreamento contínuo dos satélites GPS e posterior envio para a Estação Principal de Controle (SEGANTINE, 2005).

Essas estações estão localizadas no Hawaí, Colorado Springs, Ilha Ascensão, Diego Garcia e Kwajalein, sendo estas três últimas munidas de antenas parabólicas visando transmissão de mensagens de navegação e comandos aos satélites.

A Estação Principal de Controle cria as mensagens de navegação visando adequar o Serviço de Posicionamento Padrão e Serviço de Posicionamento Preciso, calculando as efemérides precisas através dos rastreios efetuados nas estações da Argentina, Austrália, Bahrain, Equador e Inglaterra, que são administradas pela *Defense Mapping Agency (DMA)* (GEMAEL et al., 2004).

Também fazem parte do controle terrestre as estações de monitoramento de Washington DC, Cabo Canaveral e Vandenberg, sendo esta última uma alternatina de *Master Control Station*.

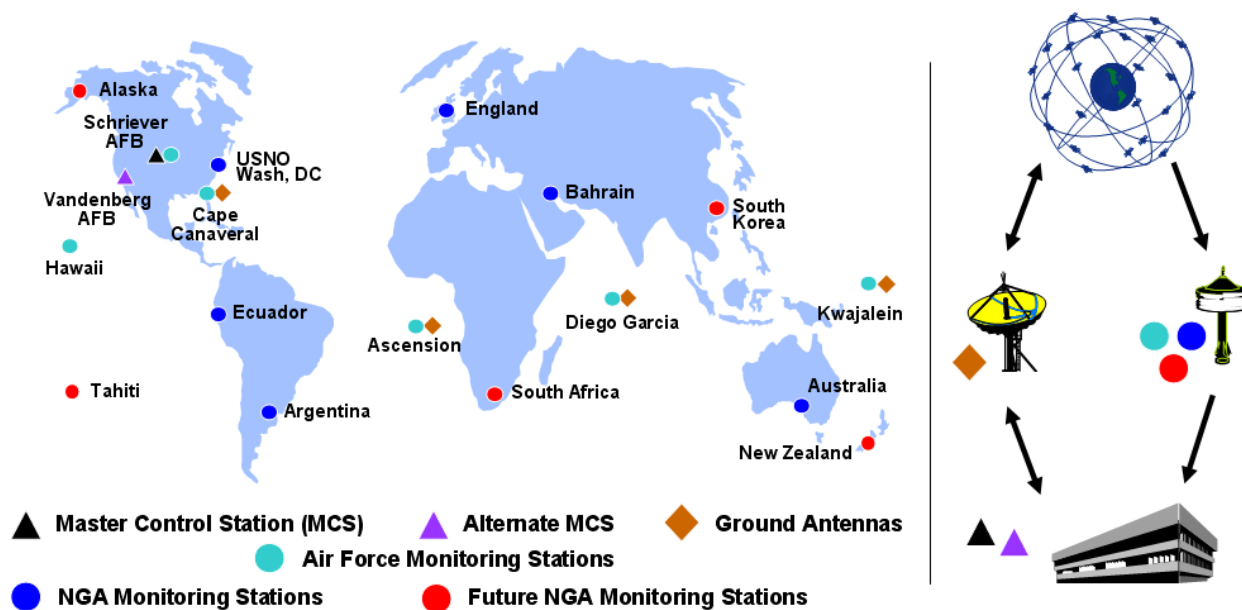


Figura 2.8: Segmento de Controle.  
Fonte: (KIM, 2006)

## 2.6. Segmento de usuários

Todos os receptores operados por civis ou militares, situados na superfície terrestre, no ar, nos navios e em satélites integram o segmento de usuários. Os receptores a serem utilizados

devem ser apropriados para os objetivos dos trabalhos tanto em navegação, como em geodésia ou outra atividade qualquer (MONICO, 2000).

“O futuro do GPS é limitada à imaginação dos usuários. Novas aplicações continuarão a serem criadas a medida que a tecnologia do sistema for sendo aprimorada. Pode-se imaginar que os satélites GPS podem ser comparados a estrelas do céu que continuarão a guiar os usuários do próximo século (SEGANTINE, 2005 p. 73)”.

## 2.7. Métodos de posicionamento GPS

Quando se trabalha com a determinação da posição de pontos na superfície terrestre utiliza-se um referencial específico. A determinação desse posicionamento pode ser classificado em absoluto e relativo.

Essa classificação (Figura 2.9) pode ser complementada levando-se em conta se o objeto a ser posicionado estiver parado ou em movimento. Quando está parado (repouso), o posicionamento é estático. Quando está em movimento, o posicionamento é cinemático.

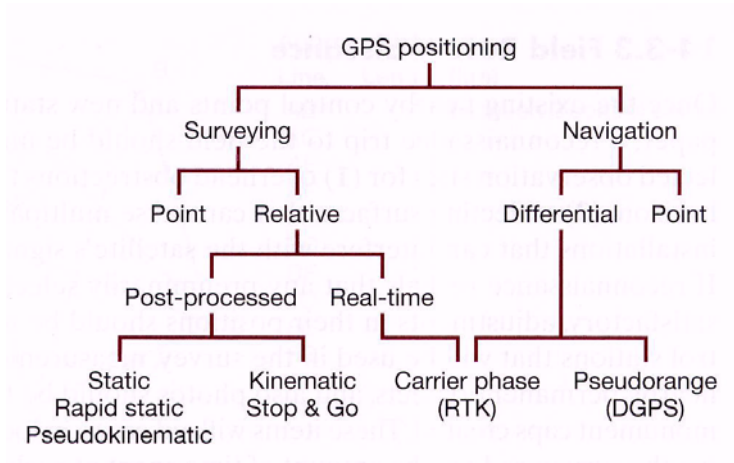


Figura 2.9: Exemplos de métodos de medição

Fonte: (Wolf e Ghilani, 2002).

O posicionamento é absoluto quando as coordenadas estão associadas diretamente ao geocentro. Também é chamado de posicionamento por ponto. Quando, nesse processo, se utilizam efemérides transmitidas, a posição do ponto é determinada no sistema de referência do GPS, isto é, o WGS 84. O posicionamento é relativo (Figura 2.10) quando as coordenadas são determinadas com relação a um referencial materializado por um ou mais vértices com coordenadas conhecidas (MONICO, 2000).

A denominação posicionamento em tempo real é quando a estimativa da posição da estação de interesse ocorre praticamente no mesmo instante em que as observações são coletadas.

A denominação posicionamento pós-processado é quando as posições dos pontos em que dados foram coletados são estimadas num processamento posterior à coleta (Mônico, 2000).

Surgiram várias denominações e métodos intermediários entre o posicionamento relativo estático e cinemático.

Conforme Seeber (1993) a subdivisão dos métodos rápidos de posicionamento relativo via GPS são:

- método estático rápido;
- método semicinemático; e
- método cinemático.

O método estático rápido tem essa denominação devido ao fato de desligar o receptor durante o deslocamento de uma estação para outra.

O método semicinemático tem essa denominação devido ao fato de se manter o receptor em sintonia com os satélites durante o deslocamento, mesmo sem estar armazenando as observações. Quando o receptor é deslocado coletando os dados permitindo o cálculo estimado das coordenadas da rota, tem-se o que se denomina de método cinemático.

Sabe-se que as observáveis mais utilizadas em GPS são as fases dos códigos e as fases das portadoras.



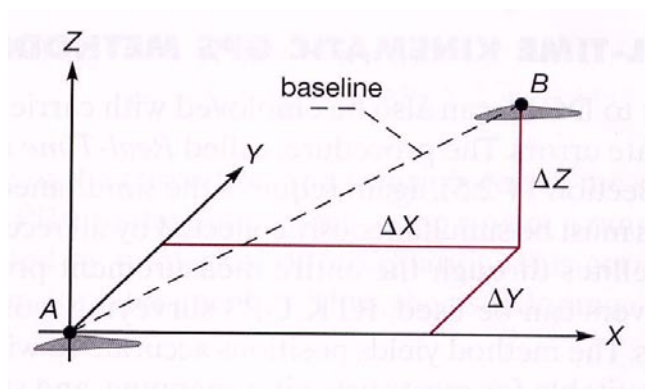


Figura 2.10: Componentes vetoriais de uma linha base.  
 Fonte: (Wolf e Ghilani, 2002).

As observáveis envolvem erros e os mesmos devem ser tratados adequadamente.

Conforme MONICO (2000) as fontes e erros inerentes ao GPS são:

- Erros relacionados com os satélites
  - Erros orbitais
  - Erros nos relógios
  - Relatividade
  - Atraso entre as duas portadoras no *hardware* do satélite
  
- Erros relacionados com a propagação do sinal
  - Refração troposférica
  - Refração ionosférica
  - Multicaminhamento ou sinais refletidos (*Multipath*)
  - Perdas de ciclos
  - Rotação da Terra
  
- Erros relacionados com o receptor e a antena
  - Erro do relógio
  - Erros entre os canais (*interchannel biases*)
  - Centro de fase da antena

- Erros relacionados com a estação
  - Erro nas coordenadas
  - Multicaminhamentos
  - Maré terrestres
  - Movimento do Pólo
  - Carga dos oceanos
  - Pressão da atmosfera

O centro de fase de uma antena é o ponto que corresponde à medição da fase. Este ponto, em geral, não coincide com o centro geométrico da antena (Figura 2.11).

A diferença entre o centro de fase e o centro geométrico da antena varia conforme a intensidade e direção dos sinais e tem comportamento diferente para cada portadora.

Esse problema é contornado por alguns fabricantes, colocando uma bússola no refletor da antena, visando que os operadores orientem todas as antenas numa mesma posição, procurando eliminar o erro devido à falta de centragem dos centros de fase.

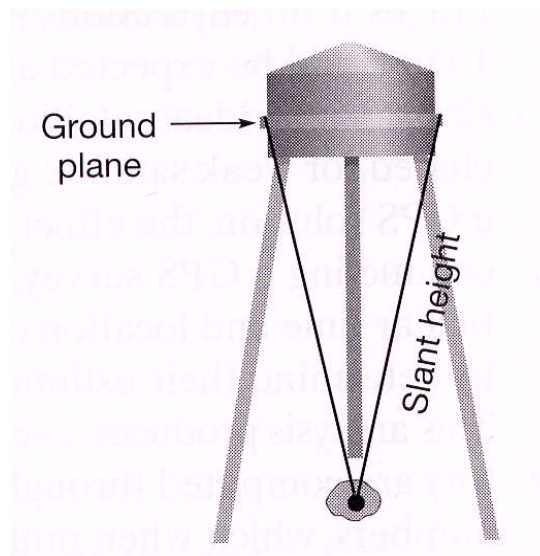


Figura 2.11: Altura da antena  
Fonte: (Wolf e Ghilani, 2002).

Na figura 2.12 tem-se a variação do centro de fase da antena Trimble Geodetic L1 / L2 em função do ângulo de elevação.

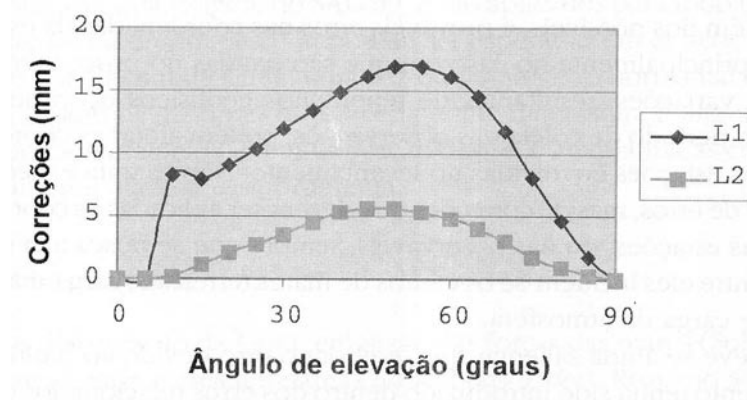


Figura 2.12: Variação do centro de fase  
Fonte: (Mônico, 2000).

### 2.7.1. Posicionamento por ponto

Neste método utiliza-se apenas um receptor e é muito empregado em navegação de baixa precisão e em levantamentos expeditos (Figura 2.13). Houve melhora significativa na qualidade da coordenada do ponto determinado a partir de 2 de maio de 2000, quando aconteceu a desativação da disponibilidade seletiva (*Selective Availability* – SA).

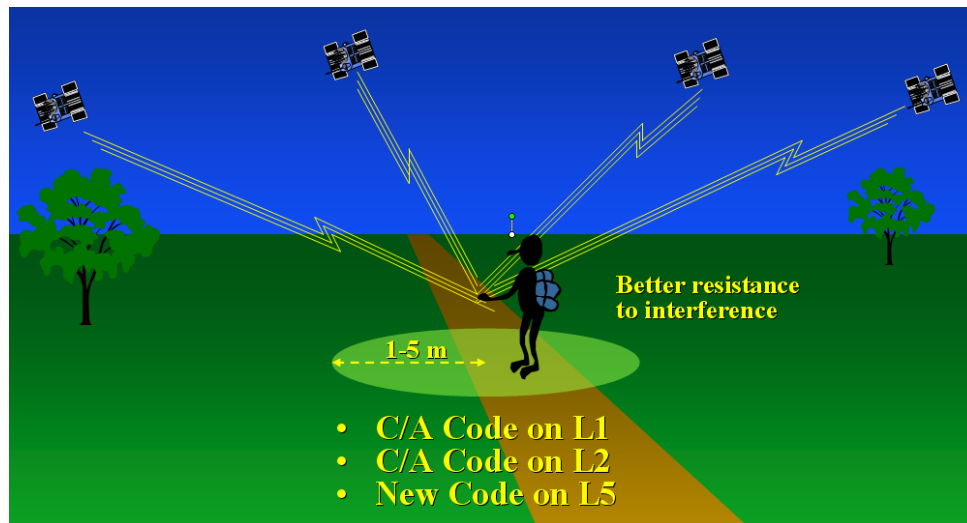


Figura 2.13: Precisão após o advento da portadora L5.  
Fonte: (USDC, 2000).

Esse método não atende aos requisitos de precisão inerentes ao posicionamento geodésico.

O posicionamento instantâneo de um ponto (tempo real) é realizado usando a pseudodistância originada do código C/A presente na portadora L1. O método de posicionamento por ponto é dividido em três segmentos apresentados a seguir:

### **2.7.1.1 Posicionamento por ponto convencional**

Nessa técnica de posicionamento, as coordenadas da estação serão influenciadas pelos erros nas coordenadas e correções dos relógios dos satélites, e dos atrasos causados pela ionosfera e troposfera (Tabela 2.1).

Do posicionamento por ponto leva-se para a diluição da precisão (*Dilution of Precision*) – DOP, já que essa diluição é obtida a partir do conceito deste método (MONICO, 2000).

O DOP é utilizado em navegação e no planejamento de observações GPS, ajudando na indicação da precisão dos resultados que serão obtidos.

O fator DOP é um escalar que descreve o efeito da distribuição geométrica dos satélites no espaço sobre a precisão obtida na solução de navegação (SEGANTINE, 2005).

Conforme MONICO (2000) depende de dois fatores básicos a seguir:

- precisão da observação de pseudodistância, expressa pelo erro equivalente do usuário (UERE: *User Equivalent Range Error*), que é associado ao desvio padrão da observação ( $\sigma_r$ ); e
- configuração geométrica dos satélites, obtida pelos DOPs.

A seguir apresenta-se os tipos de definições para o fator DOP:

- $\sigma_H = \text{HDOP } \sigma_r$  para posicionamento horizontal;
- $\sigma_V = \text{VDOP } \sigma_r$  para posicionamento vertical;

- $\sigma_P = PDOP \sigma_r$  para posicionamento tridimensional; e
- $\sigma_T = TDOP \sigma_r$  para determinação de tempo.

Tabela 2.1: Contribuições dos erros GPS na pseudodistância.

Fontes de erros	Erros típicos (m, $1\sigma$ )	
	SPS com satélites II/IIA	PPS com satélites II/IIA
AS	24,0	0,0
Propagação do sinal		
Ionosfera	7,0	0,01
Troposfera	0,7	0,7
Relógio e efemérides	3,6	3,6
Receptor	1,5	0,6
Multicaminho	1,2	1,8
Total UERE	25,3	4,1

O fator DOP quando combinado em relação ao posicionamento tridimensional e o tempo passa a ser denominado de *Geometric Dilution of Precision* (GDOP) e é dado pela seguinte expressão:

$$GDOP = \sqrt{(PDOP)^2 + (TDOP)^2} \quad (2.1)$$

O PDOP ideal é o que tende ao mínimo, isto é, quando o volume de um tetraedro, configurado pelas localizações da antena e dos satélites, é máximo (Figura 2.14).

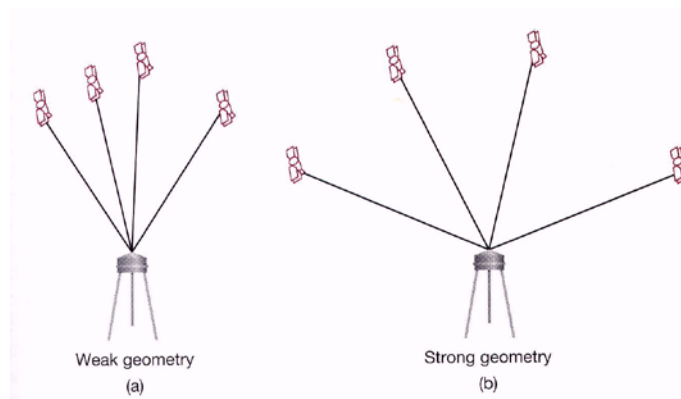


Figura 2.14: Geometria dos satélites

Fonte: (Wolf e Ghilani, 2002).

Quanto maior o número de satélites sendo rastreados, melhores serão os diversos fatores DOP.

#### **2.7.1.2 Posicionamento por ponto preciso**

Trata-se do mesmo método de posicionamento por ponto convencional porém não utilizando as efemérides e correções dos relógios dos satélites enviados nas mensagens de navegação.

Os usuários deverão usar as efemérides e as correções dos relógios dos satélites calculadas pela Estação Principal de Controle (MCS) ou de outra entidade (GSD – *Geodetic Survey Division*).

#### **2.7.1.3 Posicionamento por ponto de alta precisão**

Neste método é usado somente receptores de dupla frequência utilizando-se pseudodistância e fase da onda portadora nas duas portadoras. No processamento aplicam-se as efemérides precisas e as correções para os relógios dos satélites (MONICO, 2000).

#### **2.7.2. Posicionamento relativo**

Atualmente, com as estações de monitoramento contínuo que são compostas de receptores rastreando continuamente os satélites visíveis e tendo os seus dados disponibilizados

para os usuários, é possível a realização de operações de campo com um ou mais receptores para determinar as coordenadas dos pontos desejáveis. A utilização de dois ou mais receptores favorece a produtividade e o planejamento das ocupações, proporcionando melhores soluções.

No posicionamento relativo é fundamental que os receptores envolvidos rastreiem simultaneamente todos os satélites visíveis, podendo ser dividido nos seguintes métodos de posicionamento: estático, estático rápido, semicinemático e cinemático (MONICO, 2000).

### 2.7.2.1. Posicionamento relativo estático

É um método tradicional e mais usado em posicionamento geodésico, em que o receptor da estação base e os outros receptores ficam estacionados durante o período de rastreamento (Figura 2.15).

O tempo de rastreamento é determinado em função do tipo de receptor, da precisão almejada e o espaçamento entre os pontos a serem determinados.

Conhecendo-se as coordenadas da estação base e efetuada a combinação de todos os dados rastreados teremos a melhor determinação das coordenadas dos pontos medidos.

As coordenadas dos pontos medidos são calculadas a partir da estação base e as direções criadas, unindo essa estação e os pontos, são denominadas de vetores ou, linhas bases ou ainda, bases (SEGANTINE, 2005).

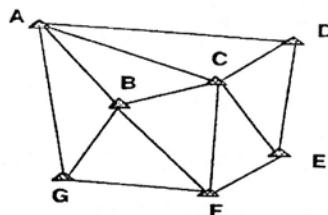


Figura 2.15: Método Estático  
Fonte: (Rocha, 2000).

A qualidade das coordenadas estão intrinsecamente relacionadas ao tempo de medição sendo que, após a coleta de dados de 20 a 25 épocas, passamos a ter estabilidade na precisão e além dessas épocas teremos maior confiabilidade na solução encontrada no pós-processamento (Figura 2.16).

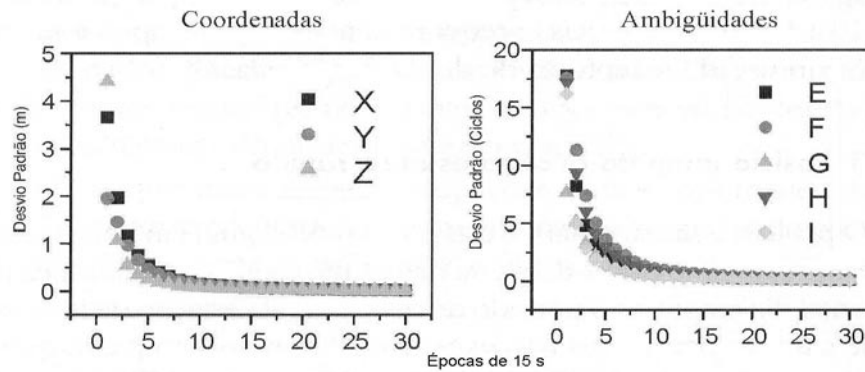


Figura 2.16: Precisão das coordenadas e ambigüidades em função do tempo.  
 Fonte: (Mônico, 2000).

### 2.7.2.2. Posicionamento relativo estático rápido

O posicionamento relativo estático rápido é uma variação do método estático podendo ser usado receptores de simples (L1) ou dupla frequência (L1 e L2). Trata-se da ocupação dos pontos de interesse por curtos períodos, não ultrapassando 20 minutos, permitindo o aumento da produtividade (Figura 2.17).

Nas operações de campo fixa-se um receptor num ponto a ser adotado como referência e outro receptor (rover) desloca-se para os pontos a serem medidos, ficando de 5 a 20 minutos coletando dados e o fato de termos observações simultâneas, nos proporcionará várias linhas bases. Nos deslocamentos é permitido desligar o receptor móvel.

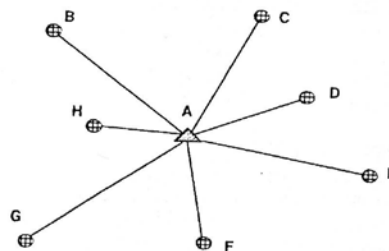


Figura 2.17: Método Rápido Estático  
 Fonte: (Rocha, 2000).



### 2.7.2.3. Posicionamento relativo semicinemático

É um método que requer a alteração da geometria do satélite. Coleta-se dados numa mesma estação por períodos curtos e separados por um intervalo de tempo suficiente para mudar a geometria dos satélites.

Deve-se efetuar planejamento detalhado quanto aos pontos que se quer determinar, escolhendo o trajeto a ser percorrido e a identificação de obstáculos que possam propiciar a perda de sintonia com satélites, já que, esse método requer o rastreamento contínuo dos mesmos satélites (Figura 2.18).

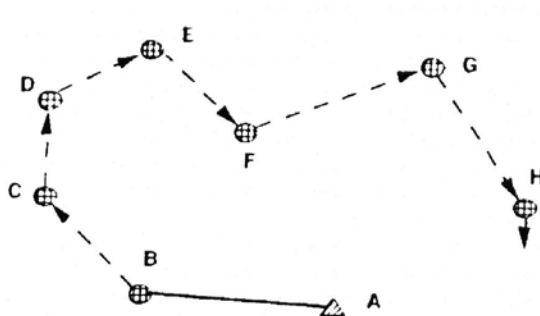


Figura 2.18: Posicionamento relativo semicinemático  
Fonte: (Rocha, 2000).

O método stop and go está inserido no posicionamento semicinemático e parte do princípio de que, resolvida a ambigüidade, podemos realizar o caminhamento para os pontos que queremos determinar, tendo o cuidado para não haver perdas de ciclo.

A solução da ambigüidade pode ser feita através da técnica de determinação de uma base com longo período de ocupação ou, por curto período de ocupação em uma base conhecida ou ainda, por troca de antenas.

As duas primeira técnicas referem-se, respectivamente, ao posicionamento relativo estático e a determinação instantânea da ambigüidade, já que conhecemos as coordenadas dos pontos da base.

A troca de antenas é um método confiável e rápido não exigindo a existência de uma

base no local do trabalho.

Conforme MONICO (2000) as operações de campo na técnica de troca de antenas (swap antennas) é a seguinte (Figura 2.19):

- 1) Instala-se um dos receptores numa estação da região do levantamento, a qual possui coordenadas conhecidas, e o outro, numa estação auxiliar próxima (2 a 5 metros). Coletam-se dados por um período de 1 a 2 minutos;
- 2) Trocam-se as duas antenas, sem perder a sintonia com os satélites, e coletam-se novamente dados pelo período de 1 a 2 minutos;
- 3) Não havendo perda de ciclos, as ambigüidades antes e depois da troca de antenas são as mesmas;
- 4) Com as ambigüidades solucionadas, deslocar-se para os pontos de interesse e coletam-se dados por um breve intervalo de tempo;
- 5) Quando há perdas de ciclos durante o deslocamento, o levantamento deve ser reiniciado partindo do último ponto levantado, o qual funcionaria como estação base.

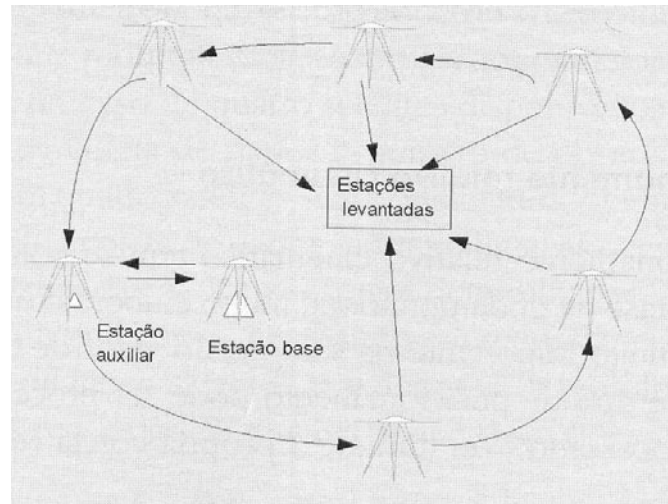


Figura 2.19: Posicionamento relativo rápido com troca de antena.

Fonte: (Mônico, 2000).

#### 2.7.2.4. Posicionamento relativo cinemático

Do mesmo modo que o método semicinemático, toma-se um ponto como estação de referência, desde que suas coordenadas sejam conhecidas, e com a utilização de outros receptores percorremos continuamente as feições dos detalhes e pontos a serem levantados (Figura 2.20).

Neste método deve-se tomar precauções quanto ao planejamento do trabalho, dando prioridade para áreas livre de obstáculos que possam causar perda de sintonia com os satélites.

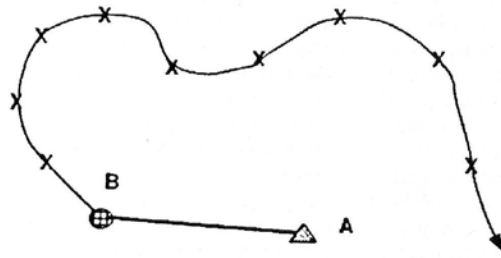


Figura 2.20: Método Cinemático

Fonte: (Rocha, 2000).

Os dados coletados podem ser processados após o término das operações de campo ou serem processados em tempo real. No caso do processamento em tempo real, este método, é denominado de *Real Time Kinematic* (RTK), onde os receptores dispõem de um enlace de rádio, possibilitando a transmissão e recepção de observações e correções da estação base (Figura 2.21).

As correções são baseadas no conhecimento da posição da estação de referência, na posição dos satélites e no comportamento do relógio dos satélites e corrigidas do erro do relógio da estação base (Mônico, 2000).

O enlace de rádio, o atraso no processamento dos dados e a perda de ciclos são fatores que limitam e prejudicam a precisão do posicionamento e, para minimizar esses fatores os programas estão sendo, constantemente implementados, visando que o receptor móvel detecte e corrija essas ocorrências em tempo real.

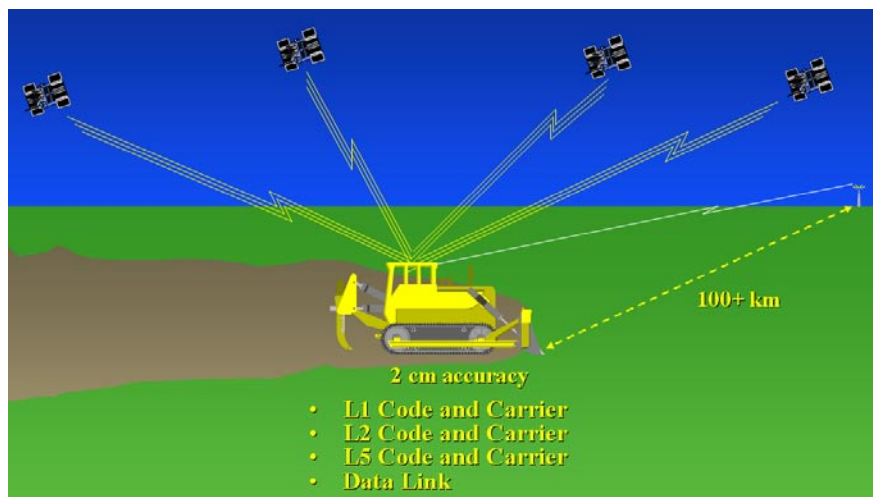


Figura 2.21: Acurácia do método RTK após o advento da portadora L5.  
Fonte: (FINLEY, 2000).

### 2.7.3. GPS diferencial (DGPS)

O método DGPS foi desenvolvido devido a necessidade de melhorar a segurança da navegação da marinha mercante e militar na costa Americana e, por conseqüência, minimizar os erros de posicionamento oriundos do efeito SA – *Selective Availability* que era um fator degradativo proposital do sinal, limitando a obtenção de resultados precisos.

Sua forma operacional é caracterizada por um receptor em uma estação com coordenadas conhecidas (estação de referência) e de outros receptores remotos, rastreando simultaneamente os mesmos satélites.

Os receptores remotos estão munidos de dispositivo que possibilitam, através de enlace de rádio, receber correções que são calculadas na estação de referência.

As coordenadas conhecidas da estação de referência são fundamentais para o processo de comparação com as coordenadas de navegação, originando o cálculo das correções.

Segundo Segantine (2005) as principais classificações do DGPS são denominadas de DGPS clássico, DGPS por suavização da fase portadora, PDGPS, Local Área DGPS e Wide Área DGPS.

O DGPS clássico utiliza as correções do código, proporcionando a precisão de 1 a 3 m, conforme a distância entre a estação de referência e o receptor remoto.

O DGPS por suavização da fase portadora faz com que nos receptores remotos as observações da fase sejam usadas para suavizar as observações do código sem resolver as ambigüidades (SEGANTINE, 2005).

O PDGPS é o DGPS preciso. A estação de referência transmite suas observações da fase ou correções da fase para os receptores remotos que são usados para resolver a ambigüidade.

O Local Area DGPS (LADGPS) é a junção do DGPS clássico e o DGPS suavizado pela fase. Cobre áreas com raio de até 1000 km. As correções são sintetizadas num único valor para transmissão aos receptores remotos e caso haja mais de uma estação de referência, são efetuadas ponderações das correções para posteriormente transmiti-las.

O *Wide Area* DGPS (WADGPS) é um método que utiliza vetores de correção calculados para cada satélite e são transmitidos para as antenas remotas (SEGANTINE, 2005).

Sua composição mínima é uma estação de monitoramento, estações de referência e sistema de comunicação. As transmissões das correções são feitas por satélites de comunicação geoestacionário e redes FM (MONICO, 2000).

A *Federal Aviation Association* (FAA), preocupada com as possibilidades de ocorrerem falhas no sistema GPS, passou a estudar o WADGPS e desenvolveu um sistema ampliado e denominado de *Wide Area Augmentation System* – WAAS (Figura 2.22).

Sua função adicional concebida é a observação de uma distância através de um sinal transmitido pelo mesmo satélite geoestacionário que transmite as correções do WADGPS.

O transporte aéreo ganhou maior segurança e o Japão e a Europa criaram sistemas compatíveis denominados, respectivamente, *Japanese Service – Multi-functional Satellite Augmentation System* (MSAS) e *European Geostationary Navigation Overlay System* (EGNOS).

A FAA elaborou ainda o *Local Area Augmentation System* (LAAS), propiciando, quando implantado, aterrissagens totalmente automáticas com visibilidade nula.

Sua estrutura está fundamentada na densificação da rede de estações de referência e assim garantir a permanência da correlação com os receptores remotos, isto é, a bordo das aeronaves. O sistema LAAS orientará as aeronaves nas proximidades dos aeroportos e se fundamentará num sistema de rádio de curto alcance para enviar suas correções e limites de erro. Esse sistema está relacionado ao *Joint Precision Approach and Landing System* (JPALS), que está em desenvolvimento visando orientar o pouso de aeronaves no convés dos porta-aviões em movimento.

No JPALS o receptor de referência do DGPS ficará a bordo dos porta-aviões proporcionando aos aviadores da Marinha Americana, durante a aproximação final, controle da aeronave com até um metro de altitude em relação ao convés que com certeza estará balançando no ritmo das ondas (STANFORD UNIVERTY, 2004).

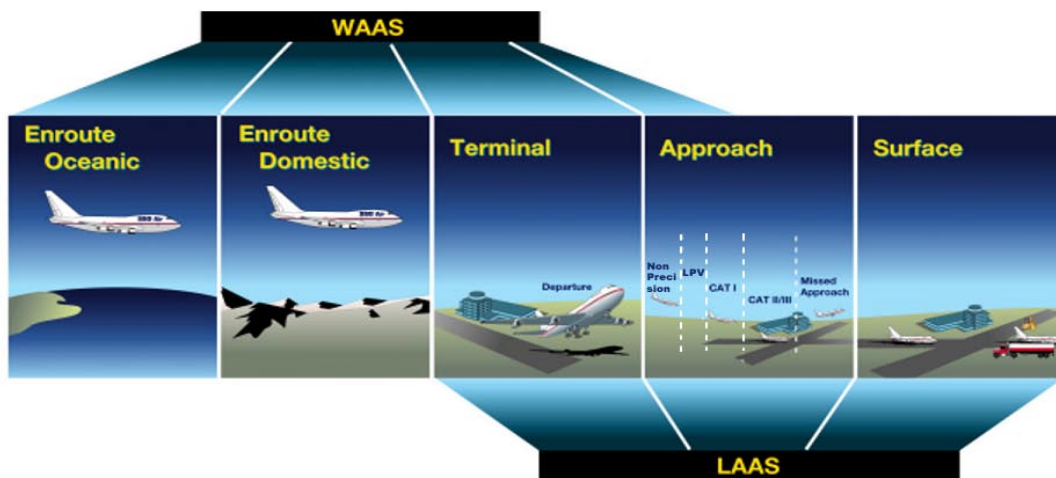


Figura 2.22: Áreas de abrangência do WAAS e LAAS  
Fonte: (KIM, 2002).

### 3. Geodésia física – conceitos básicos

Em 1687 Isaac Newton<sup>1</sup> publica Princípios Matemáticos da Filosofia Natural onde explica a lei da gravitação universal em que, uma dada massa atrai outra massa com uma força cuja magnitude é proporcional ao produto das duas massas e é inversamente proporcional ao quadrado das distâncias entre elas (GEMAEL, 1999).

Newton, com base nas leis de Kepler<sup>2</sup>, demonstrou geometricamente que um planeta em sua translação em torno do Sol está sob efeito de uma força que varia inversamente ao quadrado da distância que os separa, explicando também a queda dos corpos atraídos pela Terra (GEMAEL, 2004).

A expressão que representa esse enunciado é:

$$\vec{F} = -G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r} \quad (3.1)$$

onde,

M e m são as massas de dois corpos

$\vec{r}$  = vetor que une os dois corpos

G<sup>3</sup> = constante de gravitação universal

A Terra gera no espaço que a rodeia um campo gravitacional expresso por:

$$\vec{g}_N = -G \cdot \frac{M_T}{r^2} \cdot \vec{e}_r \quad (3.2)$$

onde,

M<sub>T</sub> = 6,10<sup>24</sup> kg

$\vec{g}_N$  = campo gravitacional em N.kg<sup>-1</sup>

A ação do campo gravitacional sobre um corpo de massa m é expressa por:

$$\vec{p} = m \cdot \vec{g}_N \quad (3.3)$$

---

<sup>1</sup> Isaac Newton (1642 – 1727)

<sup>2</sup> Johannes Kepler (1571 – 1630)

<sup>3</sup> G = 6,67 x 10<sup>-11</sup> Nm<sup>2</sup>kg<sup>-2</sup> ou 6672 x 10<sup>-14</sup> m<sup>3</sup>s<sup>-2</sup>kg<sup>-1</sup>

onde,

$\vec{P}$  = peso

$m$  = massa do corpo

$\vec{g}_N$  = campo gravitacional em  $N \cdot kg^{-1}$

Por conseqüência o corpo de massa  $m$  sob a ação do peso move-se com a aceleração

$$\vec{p} = m \cdot \vec{a} \quad (3.4)$$

Então se pode atribuir à gravidade as dimensões de uma aceleração e interpretá-la como sendo o valor da aceleração adquirida por um corpo de massa unitária sob a ação de seu peso.

Pelo movimento de rotação da Terra considera-se a existência de uma força centrífuga cuja magnitude é dependente da distância ao eixo da Terra (Figura 4.1)

$$|\vec{f}_c| = \omega^2 \cdot R \cdot \cos \phi \quad (3.5)$$

onde,

$\phi$  = latitude

$R$  = raio da Terra

$\omega$  = velocidade angular da Terra

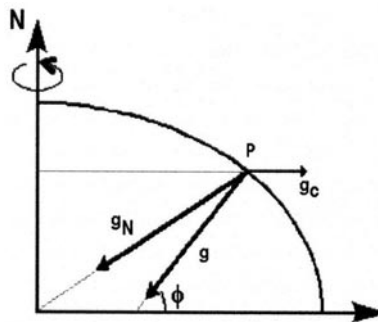


Figura 3.1: Componentes das forças atuantes sobre P.

Fonte: (MIRANDA, COSTA e SANTOS, 2004).

Pela ação combinada da atração gravitacional e força centrífuga (campo gravitacional) tem-se:



$$\vec{g} = \left[ G \cdot \frac{M_T}{R^2} - \omega^2 \cdot R \cdot \cos^2 \phi \right] \cdot \vec{e}_r \quad (3.6)$$

A definição de um potencial gravitacional que leva em consideração o campo gravitacional e a força centrífuga é expressa por:

$$\vec{g} = \text{grad}W \quad (3.7)$$

$$W = G \cdot \frac{M_T}{R} - \frac{\omega^2 \cdot R^2 \cdot \cos^2 \phi}{2} \quad (3.8)$$

A expressão rigorosa para esse potencial gravitacional é:

$$W = G \cdot \frac{M_T}{R} - \frac{\omega^2 \cdot R^2 \cdot \cos^2 \phi}{2} + \frac{G \cdot M_T \cdot R^2 \cdot J_2}{2 \cdot R^3} \cdot (3 \cdot \text{sen}^2 \phi - 1) \quad (3.9)$$

onde  $J_2$  tem o valor  $1,08270 \cdot 10^{-3}$

### 3.1. Variação temporal da gravidade

A ação combinada da Lua, do Sol e de outros astros faz com que a força da gravidade sofra variações temporais, em magnitude e em direção, de forma direta ou indireta (Figura 3.2).

O efeito direto é oriundo da atração que cada astro exerce e o efeito indireto é consequência da deformação elástica induzida na Terra (MIRANDA; LUIS; COSTA; SANTOS, 2004), sendo esses efeitos a geratriz do que se denomina maré terrestre.

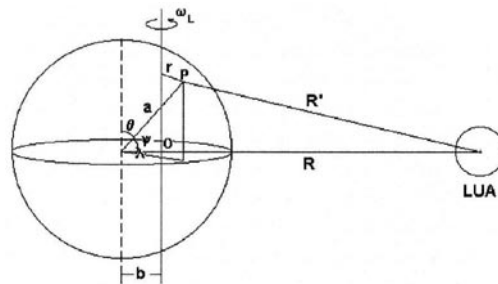


Figura 3.2: Sistema Terra - Lua.

Fonte: (MIRANDA, COSTA e SANTOS, 2004).

Em um cenário Terra / Lua o potencial gravitacional total exercido em P, devido à ação da Lua, é dado por:

$$W_p = -G \cdot \frac{M_L}{R} \cdot \left( 1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{M_L}{M_T + M_L} \right) - G \cdot \frac{M_L \cdot a^2}{R^3} \cdot \left( \frac{3}{2} \cdot \cos^2 \psi - \frac{1}{2} \right) - \frac{1}{2} \cdot \omega_L^2 \cdot a^2 \cdot \sin^2 \theta \quad (3.10)$$

O primeiro termo da expressão refere-se ao potencial no centro da Terra devido à Lua. O segundo termo refere-se ao potencial de maré (Figura 3.3). A atração gerada pelo potencial de maré pode ser calculado por:

$$\delta_g^{Lua} = -G \cdot \frac{M_L \cdot a}{R^3} (3 \cdot \cos^2 \psi - 1) \quad (3.11)$$

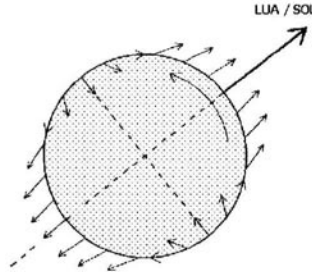


Figura 3.3: Representação gráfica do potencial de maré.

Fonte: (MIRANDA, COSTA e SANTOS, 2004).

O terceiro termo refere-se ao potencial oriundo da rotação da Terra em torno do seu centro com velocidade angular  $\omega_L$ .

A fórmula internacional de gravidade 1980 (IAG 1980), recomendada pela Assembléia Geral da Internacional Association of Geodesy (IAG) em Genebra em 1979 (MORITZ, 1988 apud LOBIANCO, 2005) é:

$$\gamma_{80} = 978.032,67715(1 + 0,0052790414 \sin^2 \varphi + 0,0000232718 \sin^4 \varphi + 0,0000001262 \sin^6 \varphi + 0,0000000007 \sin^8 \varphi) \quad (3.12)$$

### 3.2. Anomalias gravimétricas

É sabido que contrastes de densidade são inerentes aos processos de gênese e de dinâmica interna e externa da Terra produzindo formação alterada de sítios petrológicos e litológicos (Tabela 3.1).

O campo gravitacional da Terra descrito por expressões matemáticas pressupõem a falsa homogeneidade de sua formação, isto é, partem do princípio de que é homogênea ou verticalmente estratificada.

Tabela 3.1: Densidade de alguns materiais geológicos.

Fonte: (TELFORD, 1990).

Tipo		Densidade (SI·10 <sup>-3</sup> )	Valor Médio (SI·10 <sup>-3</sup> )
Rochas Sedimentares	Aluviões	1,96 – 2,00	1,98
	Argilas	1,63 – 2,60	2,21
	Arenitos	1,61 – 2,76	235
	Calcário	1,93 – 2,90	2,55
	Dolomite	2,28 – 2,90	2,70
Rochas Ígneas	Riolito	2,35 – 2,70	2,52
	Granito	2,50 – 2,81	2,64
	Andesito	2,40 – 2,80	2,61
	Sienito	2,60 – 2,95	2,77
	Basalto	2,70 – 3,30	2,99
	Gabro	2,70 – 3,50	3,03
Rochas Metamórficas	Xistos	2,39 – 2,90	2,64
	Gneisse	2,59 – 3,00	2,80
	Filitos	2,68 – 2,80	2,74
	Granulito	2,52 – 2,73	2,65
	Anfibolite	2,90 – 3,04	2,96
	Eclogite	3,20 – 3,54	3,37

Conforme LOBIANCO (2005), a anomalia de gravidade ( $\Delta g$ ) é a diferença entre a gravidade observada ( $g_{obs}$ ), com correção gravimétrica ( $C_g$ ) para reduzi-la ao geóide, e a gravidade teórica ou normal ( $\gamma$ ), obtida conforme fórmula padrão a seguir:

$$\Delta g = g_{obs} + C_g - \gamma \quad (3.13)$$

Essas anomalias produzem variações locais do campo gravitacional da Terra e podem ser obtidas através de observações gravimétricas. Para melhor interpretar as variações de densidades, apontadas pelas medições do campo gravitacional, é necessário aplicar correções nos valores mensurados quanto à influência da altitude, da latitude e da morfologia do terreno.

Conforme o tipo de correção aplicada ao valor observado, obtém-se o tipo de anomalia de gravidade.

### 3.2.1. Anomalia ar-livre

A correção ar-livre considera a variação da gravidade entre a superfície de observação e a superfície do geóide, utilizando a altitude do ponto ( $H_p$ ) e desconsiderando a massa entre elas. É positiva acima do geóide e negativa abaixo (LOBIANCO, 2005).

$$C_{AL} \cong 0,3086 \cdot H_p \quad (3.14)$$

onde,

$C_{AL}$  = correção ar-livre

$H_p$  = altitude do ponto em metros

$$\text{Anomalia ar-livre } (\Delta g_{AL}): \Delta g_{AL} = g_{obs} + C_{AL} - \gamma \quad (3.15)$$

### 3.2.2. Anomalia Helmert

Para obter-se a anomalia Helmert<sup>4</sup> ( $\Delta g_H$ ), aplica-se, ao valor observado, as correções ar-livre ( $C_{AL}$ ) e de terreno ( $C_T$ ). É uma redução onde as massas topográficas são consideradas sobre o geóide (HEISKANEN; MORITZ, 1967 apud LOBIANCO, 2005).

---

<sup>4</sup> Friedeich Robert Hermert (1841 – 1917)

$$\Delta g_H = g_{obs} + C_{AL} + C_T - \gamma \quad (3.16)$$

### 3.2.3. Anomalia de Bouguer

A correção de Bouguer<sup>5</sup> remove as massas entre a estação e o geóide. Bouguer realizou experimento no Equador, onde calculou o efeito das massas topográficas nos valores observados em Guayaquil, ao nível do mar, e em Quito na altitude de 2850 m.

Considerou o efeito das massas topográficas idênticas a de um platô de raio infinito (plataforma de Bouguer), cuja densidade representasse a formação geológica local.

Sua hipótese é que a área em torno do ponto de cálculo é uma placa infinita, plana e horizontal, com densidade  $\rho$  constante e espessura equivalente à altitude do ponto  $H_P$  (Figura 3.4).

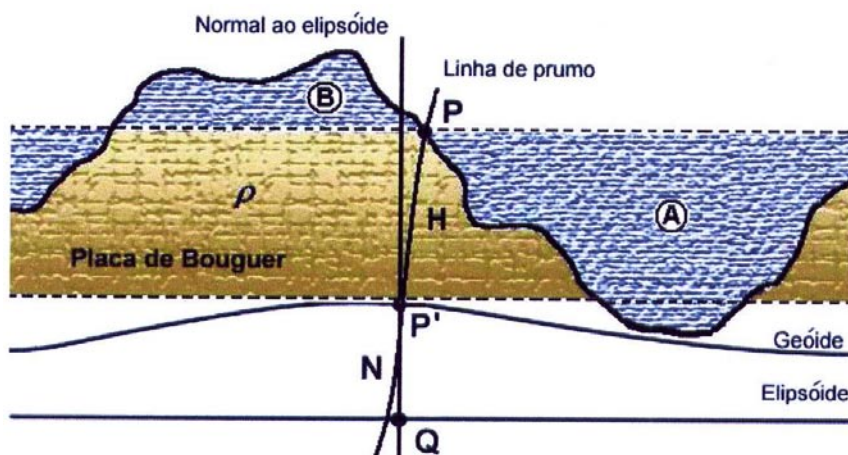


Figura 3.4: Camada Bouguer - representação gráfica.

Fonte: (LOBIANCO, 2005).

A correção simples ou incompleta de Bouguer é expressa por:

$$C_{BS} = 2 \cdot \pi \cdot G \cdot \rho \cdot H_p \quad (3.17)$$

<sup>5</sup> Pierre Bouguer (1698 – 1758)

A correção de Bouguer completa é expressa por:

$$C_{BC} = C_{BS} + C_{AL} \quad (3.18)$$

A correção de Bouguer refinada é expressa por:

$$C_{BR} = C_{BS} + C_T \quad (3.19)$$

A anomalia de Bouguer completa é expressa por:

$$\Delta g_{BC} = g_{obs} - C_{BC} - \gamma \quad (3.20)$$

A anomalia de Bouguer refinada é expressa por:

$$\Delta g_{BR} = \Delta g_{BC} + C_T - \gamma \quad (3.21)$$

#### 3.2.4. Anomalia Isostática

O postulado da isostasia é formado pela teoria da existência de um estado de equilíbrio na litosfera sob o efeito das ações decorrentes da gravidade, isto é, as montanhas e os oceanos representam, respectivamente, em relação ao geóide, excessos e deficiências de massa, que por sua vez, corresponde a massas internas de compensação (GEMAEL, 1999).

A correspondência existente pode-se chamar de equilíbrio isostático e conforme GEMAEL (1999) classificam-se em:

- Equilíbrio isostático compensado: em regiões onde foi plenamente atingido o equilíbrio entre as massas topográficas e as de compensações;
- Equilíbrio isostático subcompensado: ocorre em regiões onde a litosfera está em fase de processamento, isto é, o equilíbrio está em andamento;

- Equilíbrio isostático supercompensado: ocorre em regiões onde o equilíbrio foi ultrapassado, isto é, a litosfera acha-se num processamento em sentido inverso das subcompensadas, isto é, está havendo um desequilíbrio.

Portanto, uma anomalia isostática quase nula aponta para um equilíbrio isostático. As anomalias fortemente negativas apontam para regiões supercompensadas e para as positivas, regiões subcompensadas.

A compensação das massas é explicada por modelos propostos por Pratt e Airy. O modelo de Pratt<sup>6</sup> foi desenvolvido por Hayford<sup>7</sup> que definiu os seguintes elementos:

- Camada de espessura constante ( $D$ ), medida a partir do nível do mar até o nível de compensação;
- Colunas de massas sendo que, cada uma possui sua densidade ( $\rho$ ) constante;
- Densidade uniforme ( $\rho_m$ ), situada abaixo do nível de compensação (Figura 3.5).

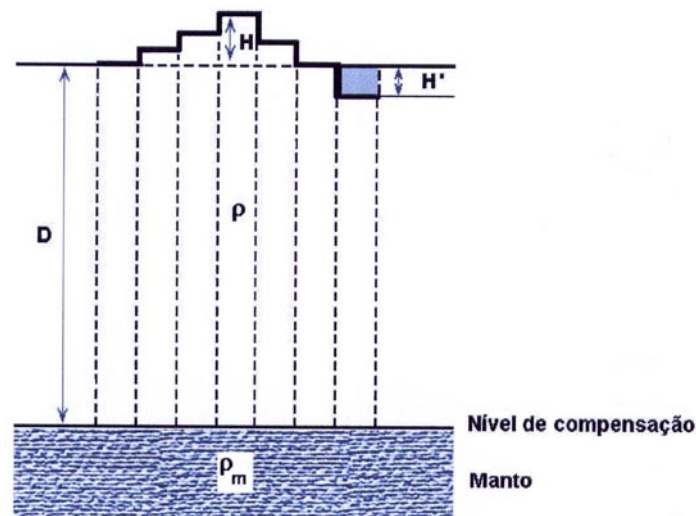


Figura 3.5: Modelo isostático de Pratt-Hayford.

Fonte: (LOBIANCO, 2005).

<sup>6</sup> John Henry Pratt (1809 – 1871)

<sup>7</sup> John Fillmore Hayford (1868 – 1925)

O modelo de Airy<sup>8</sup> foi desenvolvido por Hieskanen onde propõem uma crosta com espessura variável e densidade constante (Figura 3.6). As regiões muito elevadas são compensadas por um aumento da crosta e as regiões baixas e oceânicas por uma diminuição da crosta (LOBIANCO, 2005).

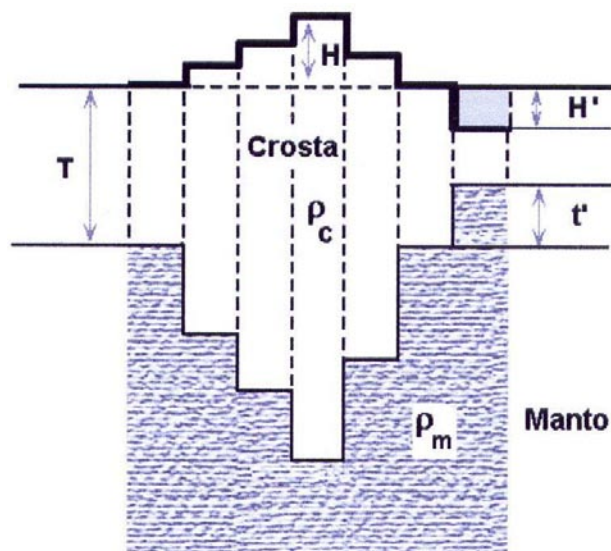


Figura 3.6: Modelo isostático de Airy-Heiskanen.

Fonte: (LOBIANCO, 2005).

Vening Meinesz ao observar que os modelos de Pratt e Airy supõem que a compensação das massas sejam feitas por colunas verticais, construindo um cenário de movimentos de massas irreal, propôs modificação da teoria de Airy.

A modificação elaborada foi trocar a compensação local por uma regional, que considera uma crosta contínua, elasticamente deformável (Figura 3.7), sofrendo carga da topografia regional.

<sup>8</sup> George Biddell Airy (1801 – 1892)



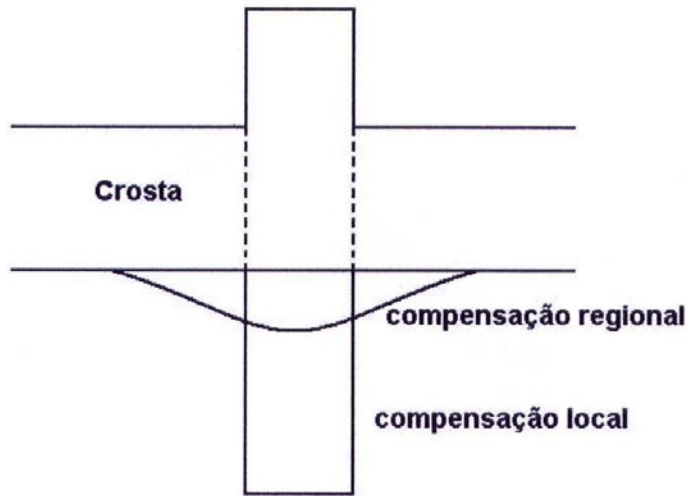


Figura 3.7: Modelo isostático de Vening Meinesz.

Fonte: (LOBIANCO, 2005).

A anomalia isostática é expressa por:

$$\Delta g_{IS} = g_{obs} + C_{AL} + C_{BS} + C_T + C_{IS} - \gamma \quad (3.22)$$

### 3.3. O Geóide

O homem busca de forma incessante a concepção ideal para a forma da Terra e quando se trata desse assunto tem-se que referir a dois conceitos abrangendo primeiramente, a descrição geométrica da superfície física e depois da forma das superfícies equipotenciais do campo gravitacional real.

A superfície geoidal é definida como a superfície equipotencial do campo de gravidade que mais se aproxima do nível médio não perturbado dos mares, prolongada através dos continentes (SILVA, 2002).

O nível médio do mar é uma materialização da superfície equipotencial do campo de gravidade real da Terra sendo o vetor gravidade perpendicular em todos os seus pontos.

A rotação da Terra gera a força centrífuga e que, por sua vez, é a causa do alongamento equatorial, produzindo um sólido achatado nos pólos, ficando muito próximo da forma de uma elipse que, se denomina elipsóide de revolução (MIRANDA, COSTA e SANTOS, 2004).

As estruturas dos continentes, regiões montanhosas, profundezas oceânicas e heterogeneidades do manto influenciam a forma do geóide.

A forma do geóide passou a ser mais bem conhecida com o desenvolvimento da era espacial. Os satélites Topex-Poseidon, ERS-2, JASON-1 e ENVISAT, com respectivas missões de altimetria por satélite, proporcionam dados para a determinação do geóide nos oceanos (CAMPOS, 2004).

O emprego de sistemas de posicionamento por satélites impulsionou a busca da determinação da ondulação geoidal e tem sido de grande valia para a elaboração de carta geoidal local, regional e global.

A separação entre o geóide e o elipsóide de revolução define a ondulação geoidal e representa-se por  $N$ . A esta definição deve-se correlacionar as altitudes geométricas, que na sua determinação não envolvem considerações físicas, com as altitudes ortométricas (Figura 3.8).

O processo do nivelamento geométrico determina as altitudes niveladas ou altitudes ortométricas ( $H$ ), onde são medidas as diferenças de altitudes, ( $\Delta H$ ), entre dois pontos na superfície da Terra (CAMPOS, 2004).

As altitudes elipsoidais são obtidas através de observações espaciais, principalmente de sistemas de posicionamento por satélites e definidas como a distância de um ponto, na superfície da Terra, até o elipsóide, ao longo da normal (CAMPOS, 2004).

As altitudes ortométricas são referidas ao geóide e medida ao longo da vertical.

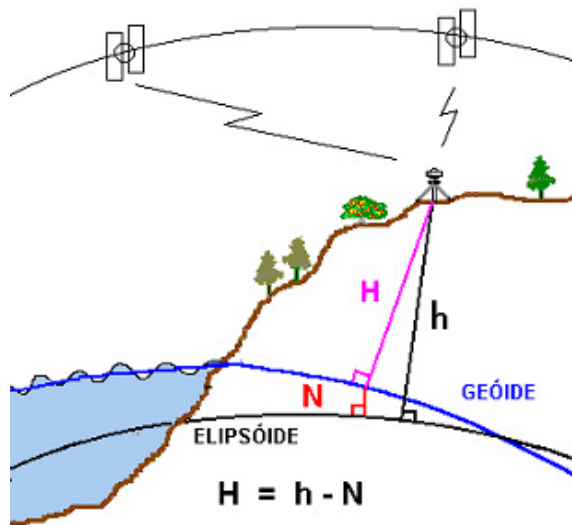


Figura 3.8: Altitudes  $H$ ,  $h$  e ondulação geoidal  $N$ .

Fonte: <http://www.ibge.gov.br>.

Conforme LOBIANCO (2005), obtem-se a ondulação geoidal, subtraindo a altitude ortométrica da geométrica, desconsiderando a não colinearidade da vertical e da normal.

$$N_{GPS} \approx h - H \quad (3.23)$$

Tem-se ainda a possibilidade de calcular a altitude ortométrica de um ponto determinado por rastreamento GPS, com o acréscimo da ondulação geoidal, originada de um modelo geoidal gerado a partir de dados de gravidade ( $N_{grav}$ ).

$$H \approx h - N_{grav} \quad (3.24)$$

As análises das ondulações geoidais  $N_{GPS}$  e  $N_{grav}$  são utilizadas para avaliar os modelos geoidais calculados.

Outro conceito importante é o da altitude científica que se caracteriza por ter o seu valor associado a uma quantidade física, isto é, efetuar a combinação da diferença de altitudes dos pontos nivelados com valores da aceleração da gravidade (CAMPOS, 2004).

A altitude ortométrica está intimamente ligada ao campo da gravidade da Terra, já que o seu referencial vertical é o geóide. O datum vertical oficial do Brasil é a referência de nível (RN

4X) instalada junto ao marégrafo de Imbituba em Santa Catarina que esta ligado com a rede de nivelamento de 1ª ordem Brasileira, sendo considerada a mais extensa do mundo no sentido norte-sul.

A determinação da altitude ortométrica da referência de nível do datum Imbituba, limitou-se a correlacionar a posição do nível médio do mar, observado no marégrafo, com a RN e, é sabido quanto essa operação é complexa, devendo levar em consideração os fenômenos físicos do efeito dinâmico dos mares, as correntes marítimas, variação dos ventos, mudança de temperatura, derretimento glacial, descarga de sedimentos fluviais, mudança da configuração do fundo oceânico, marés de longo período e movimentos dos pólos.

Conforme CAMPOS (2004), para dezenas de quilômetros de linhas de nivelamento, não se pode simplesmente realizar a diferença de altitudes entre os pontos extremos e compará-la com a soma das diferenças de nível entre os pontos intermediários. Este fato deve-se ao não paralelismo das superfícies equipotenciais e por conseqüência, o caminhamento da linha de nivelamento passa a interferir no resultado das altitudes (Figura 3.9).

Para construção do geóide, aplicando técnicas de nivelamento geométrico, altitudes obtidas com GPS e gravimetria, leva-se em consideração as componentes global, regional e local (ARANA, 2000).

A primeira componente é determinada por coeficientes que representam o elipsóide de revolução (TORGE, 2001).

A segunda componente é determinada por dados do campo de gravidade oriundos do rastreamento de satélites, gravimetria terrestre e oceânica (ARANA, 2000).

A última é a componente local, gerada de modelos digitais das superfícies objeto de estudo ou da densidade da crosta (ARANA, 2000).

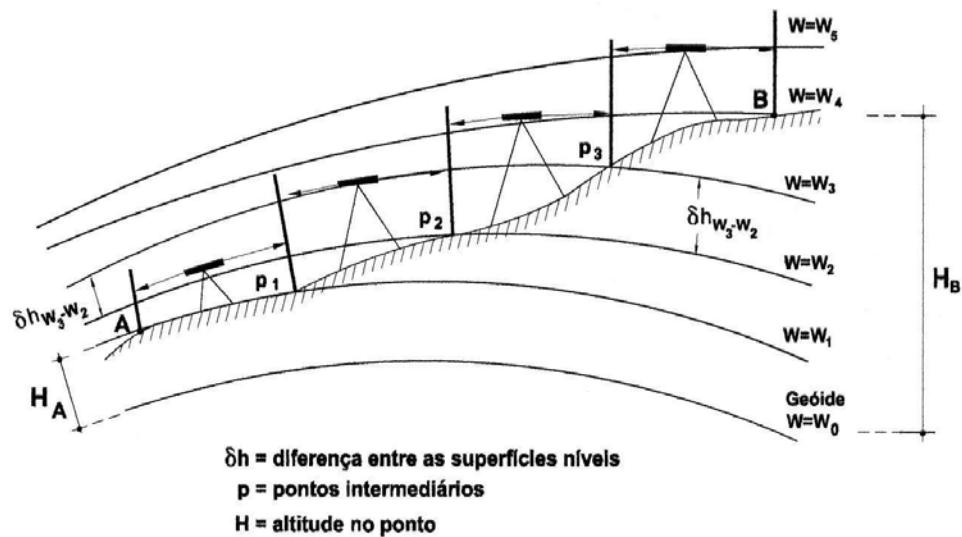


Figura 3.9: Altitudes Niveladas – não paralelismo das superfícies.

Fonte: (CAMPOS, 2004).

Neste trabalho foi utilizada a componente local determinada pelo emprego do GPS, nivelamento geométrico e gravimetria.

### 3.4. Operações gravimétricas

Para o conhecimento do campo gravitacional terrestre, utiliza-se técnicas de medição dos valores da aceleração da gravidade em diversos pontos sobre a superfície, bem como da observação do movimento dos satélites artificiais (TRABANCO, 1995).

A prospecção gravimétrica consiste no fato de que uma distribuição anômala de densidades, na crosta terrestre, altera o valor local da aceleração da gravidade ( $g$ ). Essa variação pode ser medida com o emprego de um gravímetro (FERNANDES, 1984).

O emprego, em larga escala, dos gravímetros de mola deu-se a partir da terceira década do século XX. Estes se caracterizam por serem leves, de simples manejo e alta sensibilidade (TRABANCO, 1995).

Nos gravímetros são feitas leituras de unidades instrumentais que permitem a dedução da aceleração da gravidade. Esta obtenção pode ser enquadrada como observações indiretas, já que, são mensuradas grandezas correlacionadas (CASTRO JUNIOR, 2005).

Outro fator preponderante é a deriva instrumental originada da variação contínua das leituras, decorrentes de deformações irreversíveis do material que constitui o sistema elástico do gravímetro (TRABANCO, 1995).

As leituras das graduações da escala do gravímetro varia de aparelho para aparelho e a conversão para unidades de aceleração (miligals) é efetivada por coeficientes denominados fatores de escala, advindos da calibração periódica dos equipamentos (TRABANCO, 1995).

#### **3.4.1. Gravímetros – sua constituição**

Os gravímetros funcionam através do peso de um corpo equilibrado por uma força antagônica e elástica. A mudança da posição de equilíbrio do sistema, em função da variação da força da gravidade, proporciona mensurar a aceleração da gravidade (TRABANCO, 1995).

Os gravímetros mecânicos são classificados em estáveis e instáveis. Nos gravímetros estáveis as variações são medidas diretamente por mecanismo ótico, ou mecânico, ou ainda, elétrico. Os gravímetros instáveis tem a introdução de forças suplementares no deslocamento do sistema e a variação da gravidade é mensurada pela força necessária para retornar o sistema à sua posição de equilíbrio original (TRABANCO, 1995).

O gravímetro LaCoste & Romberg modelo G (Figura 3.10), de origem norte americana, é muito utilizado no Brasil porém, o emprego do gravímetro digital Scintrex CG-3 (Figura 3.11) tem crescido consideravelmente (GEMAEL, 1999).

As variações ambientais da temperatura, pressão e campo magnético, assim como, a inclinação do gravímetro, influenciam nas mensurações efetuadas, mascarando o resultado final. Portanto, é de suma importância que a equação do gravímetro tenha em conta as influências desses fatores.

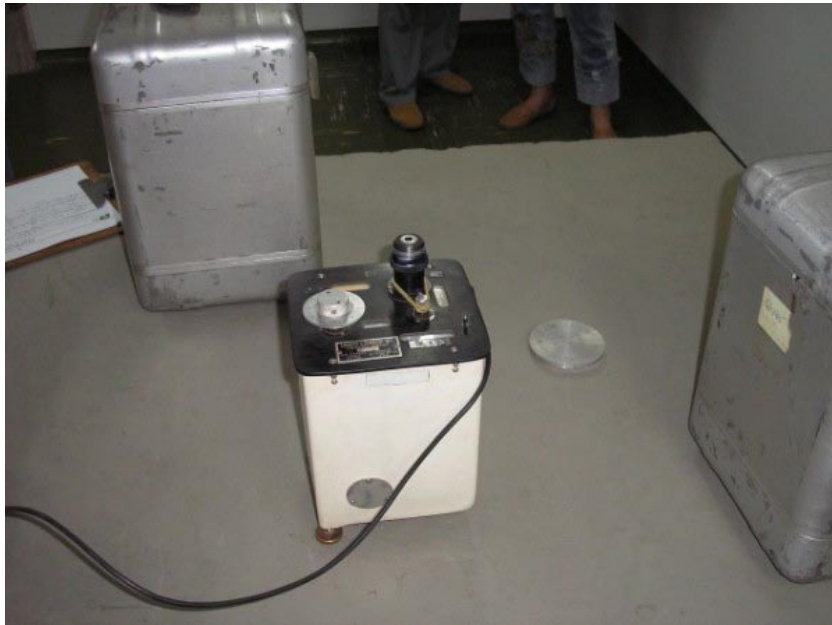


Figura 3.10: Gravímetro LaCoste & Romberg modelo G.  
Fonte: Foto do autor.



Figura 3.11: Gravímetro digital Scintrex CG-3.  
Fonte: (SATO, 2004).

### **3.4.2. Deriva instrumental**

Deriva é a variação com o tempo, lenta e contínua da posição do indicador do gravímetro, sem que a gravidade tenha mudado (TRABANCO, 1995).

Os elementos elásticos do gravímetro estão sob estado de tensão permanente e por conseqüência, sofrem alterações com o tempo. O manuseio do aparelho, assim como, sua exposição a variações de temperatura, também agem na deriva. Tem-se dois tipos de deriva: estática e dinâmica.

#### **3.4.2.1. Deriva estática**

É a deriva observada quando o aparelho está em repouso. Sua determinação é feita através de leituras com períodos pré-determinados. (TRABANCO, 1995).

#### **3.4.2.2. Deriva dinâmica**

É a deriva ocasionada pelo manuseio do aparelho, seu transporte, sua exposição ao calor, ventos e trepidações. É considerada a deriva mais importante já que, as precisões a serem alcançadas no levantamento gravimétrico, em grande parte, dependem dos cuidados durante o transporte do equipamento (TRABANCO, 1995).

### **3.4.3. Calibração**

Calibração é a determinação de um fator de escala que converte a diferença de leituras expressa em graduações do gravímetro, em unidades convenientes da aceleração da gravidade e essa unidade, normalmente, é o miligal (GEMAEL, 1999).

Os métodos para efetuar a calibração são denominados como calibração entre estações com diferença de gravidade conhecida, calibração por inclinação do gravímetro e calibração por suspensão de carga adicional. Com qualquer um dos métodos obtém-se resultados satisfatórios (TRABANCO, 1995).



### 3.5. Redes gravimétricas

Tem função de facilitar o desenvolvimento dos levantamentos gravimétricos regionais e locais, suprindo as necessidades de referências básicas aos trabalhos geodésicos, geológicos e geofísicos.

#### 3.5.1. Rede gravimétrica absoluta

Referencial maior para a gravimetria com função de servir de referência para novas redes relativas, atender à calibração de gravímetros relativos, e auxiliar pesquisas que necessitem de alta precisão, tais como: marés terrestres, variações seculares da gravidade e modelos geoidais (CASTRO JUNIOR, 2005).

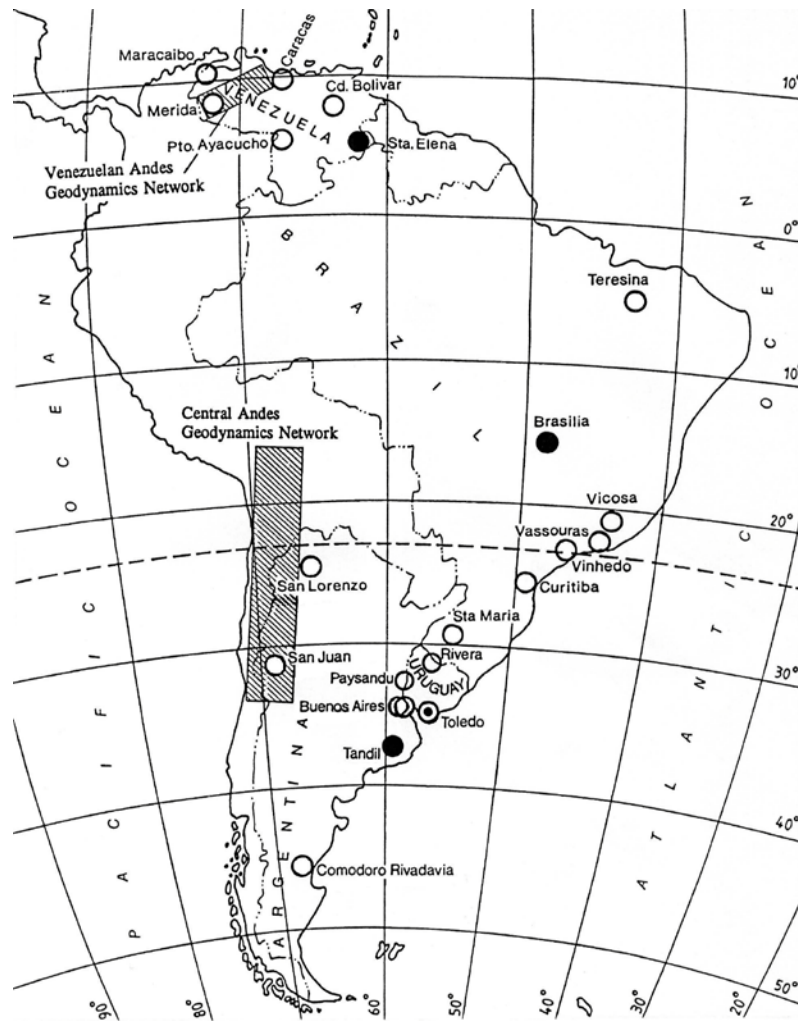
O Brasil possui a Rede Nacional de Estações Gravimétricas Absolutas – RENEGA (Figuras 3.12 e 3.13), que foi implantada em nosso país, através de trabalho efetuado pela Universidade Federal do Paraná - UFPR, em 1989, com a colaboração da Universidade de Hannover – Institut für Erdmessung (GEMAEL, 1999).

A tabela 3.2 mostra as sete estações da RENEGA e os respectivos valores de  $g$ .

Tabela 3.2: Valores de  $g$  nas estações da RENEGA.

Fonte: (GEMAEL, 1999).

<b>Estação</b>	<b><math>g</math> (microgal)</b>
Teresina	978 016 341
Brasília	978 048 790
Viçosa	978 469 224
Vassouras	978 637 575
Vinhedo	978 563 770
Curitiba	978 760 377
Santa Maria	979 261 624



- Estação absoluta IAGBN
- Estação absoluta
- Duas estações absolutas adjacentes
- ⊙ Estação absoluta com duas determinações independentes

Figura 3.12: Estações gravimétricas absolutas JILAG-3 na América do Sul.

Fonte: (TIMMEN et al., 1991).

### 3.5.2. International Gravity Standardization Net – IGSN 71

É o referencial global recomendado pela Assembléia Geral da União Geodésica e Geofísica Internacional (UGGI), acontecida em Moscou, no ano de 1971. É composta por 1864 estações de 1ª ordem, cujos valores de  $g$ , constituem o atual datum gravimétrico mundial. O Brasil possui vinte estações fundamentais da IGSN 71 (GEMAEL, 1999).



Figura 3.13: Gravimetro absoluto JILAG-3.  
Fonte: (FAGGION, 2006).

### 3.5.3. Redes gravimétricas nacionais

São estações de 1ª ordem, devidamente distribuídas, e ligadas à IGSN-71. O Observatório Nacional – ON, com a participação de várias Universidades, tem a função de estabelecer essas redes (GEMAEL, 1999).

Em 1986, o ON tornou público o trabalho da implantação da Rede Gravimétrica Fundamental Brasileira – RGFB (TRABANCO, 1995).

Posterior a RENEGA, a EPUSP firmou convênio com NOAA e realizaram a implantação de novas estações (TRABANCO, 1995).

Em continuação a esse trabalho a EPUSP - PTR em conjunto com o IBGE, estabeleceram 85 estações da Rede Gravimétrica Básica Regional nos estados de Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, sendo elas integradas à Rede Nacional do Observatório Nacional.

### 3.5.4. Redes gravimétricas de densificação

São redes que atendem aos geodestas, geólogos e geofísicos conforme as necessidades particularizadas de atuação. A metodologia para o estabelecimento dessas redes, normalmente, são comuns aos profissionais das áreas retro referidas, porém os objetivos são divergentes (GEAMEL, 1999).

Portanto, é de bom alvitre a adoção de normas e especificações convergentes, visando maiores benefícios à gravimetria nacional, aproveitando de melhor forma os resultados a serem obtidos.

### 3.5.5. Circuitos gravimétricos

São polígonos abertos ou fechados que podem constituir as redes de densificação. A figura 3.12 mostra um polígono fechado onde a estação de partida é conhecida e, no final do levantamento, é novamente reocupada. Na figura 3.15 tem-se um polígono aberto onde as estações de partida e de chegada são conhecidas e de ordem superior.

O procedimento de retornar a estação inicial ou o fechamento (chegada) em uma estação de ordem superior, deve-se a necessidade de se calcular a deriva instrumental (GEAMEL, 1999).

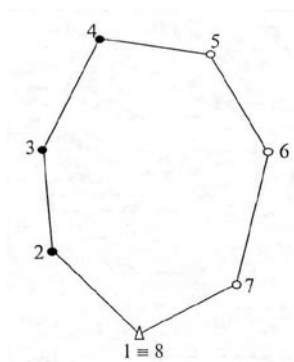


Figura 3.14: Linha poligonal fechada.

Fonte: (GEMAEL, 1999).



Figura 3.15: Linha poligonal aberta.  
Fonte: (GEMAEL, 1999).

### 3.6. Especificações técnicas para levantamento gravimétrico – estações básicas

Conforme Trabanco (1995) as especificações técnicas a serem adotadas para o estabelecimento de estações gravimétricas básicas empregando gravímetros LaCoste & Romberg modelo G, devem ser as seguintes:

- Cada estação deve ser ocupada por três gravímetros com a realização de três leituras em cada aparelho;
- As leituras não devem discrepar em mais de 03 unidades de graduação do dial;
- Todas as leituras devem ser cronometradas com cronômetros ajustados com a hora legal de Brasília;
- A duração da leitura não deve ultrapassar três minutos;
- O levantamento de um circuito não deve ultrapassar 30 horas;
- Evitar paradas superiores a uma hora e quando tal fato ocorrer, efetuar duas leituras em um determinado ponto, visando posterior cálculo da deriva estática.

### 3.7. O gravímetro LaCoste & Romberg – Modelo G

É um gravímetro estático-mecânico, facilmente transportável (Figura 3.14), fabricado pela empresa americana LaCoste & Romberg INC.

Sua função básica é efetuar medidas relativas de g, com diferenças de até sete mil miligals. A precisão nominal de leitura é de 0,01 mGal e com uma deriva estática de apenas 1 mGal por mês (GEMAEL, 1999).

Seu manuseio em operações de campo requer proteção contra condições extremas de temperatura, chuva e fortes ventos.

### 3.7.1. Funcionamento

Em seu funcionamento normal o gravímetro LaCoste & Romberg mantém seus circuitos e mecanismos aquecidos mediante um sistema de controle de temperatura interna. É termostaticado e com isso, mantido eletricamente a uma temperatura constante. A estabilidade térmica é determinada pelo fabricante e varia para cada instrumento. Seu valor gira em torno de 52°C.

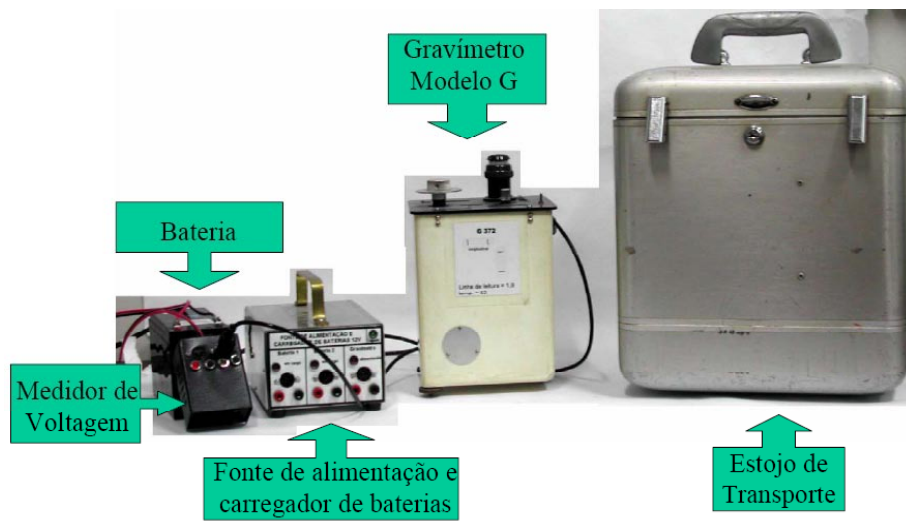


Figura 3.16: Gravímetro LaCoste & Romberg – equipamentos e acessórios.  
Fonte: (FAGGION, 2006).

Para alcançar a temperatura operacional são necessárias 4 horas de conexão à rede elétrica (Figura 3.17). Essa operação é denominada de período de aquecimento e ao ser finalizada o gravímetro deverá estar sempre ligado a uma fonte de energia externa – bateria, mantendo assim a temperatura interna operacional.



Figura 3.17: Gravímetros em período de aquecimento no Labtopo UNICAMP.  
Fonte: Foto do autor.

Em um gravímetro o peso de um corpo é equilibrado por uma força antagônica, geralmente elástica (FIGURA 3.18). A variação da posição de equilíbrio do sistema em função da variação da gravidade permite a avaliação desta última (GEMAEL, 1999).

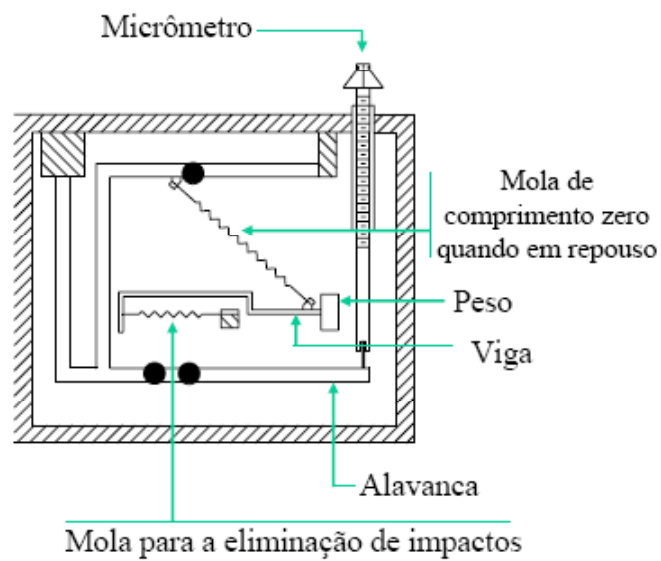


Figura 3.18: Mecanismo interno do gravímetro.  
Fonte: (FAGGION, 2006).

### 3.7.2. Operação

O gravímetro LaCoste & Romberg modelo G (Figura 3.19) é um instrumento sensível e que requer cuidados em sua operação. Impactos severos devem ser evitados, efetuando manuseio delicado e seguro de seus comandos (CASTRO JUNIOR, 2005).

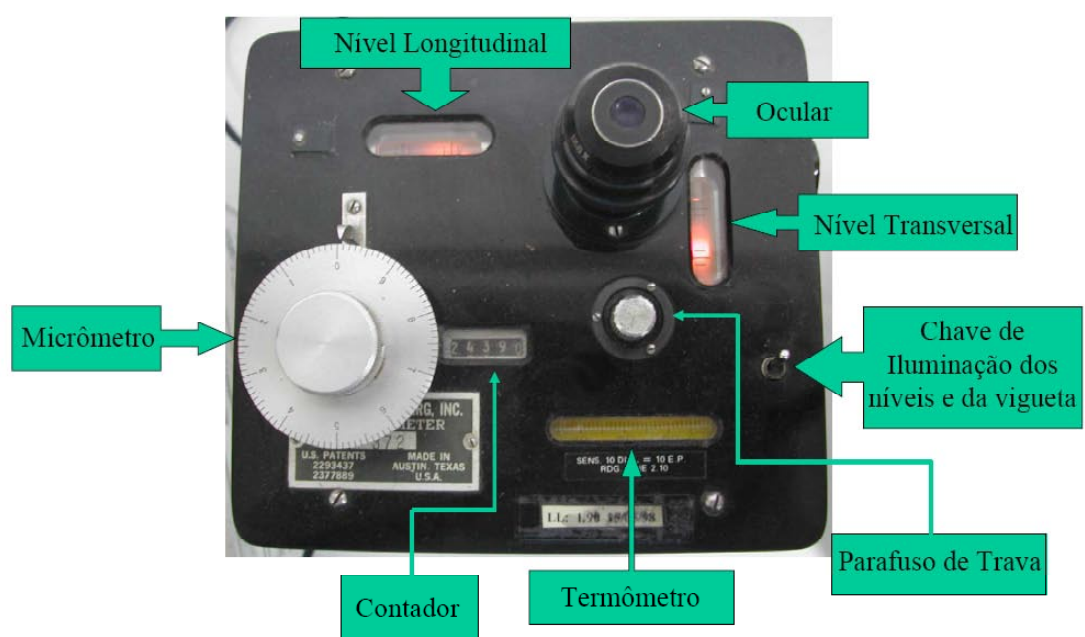


Figura 3.19: Vista superior - mecanismos de comando.  
Fonte: (FAGGION, 2006).

Através da ocular é possível visualizar um retículo chamado de fiel ou cursor e o seu movimento é realizado pelo micrômetro. Com o cursor na posição exata de leitura, o gravímetro está em equilíbrio e na denominada posição zero, isto é, linha de leitura. O manual do equipamento tem o registro da posição zero, a temperatura operacional e a tabela de calibração (GEMAEL, 1999).

As leituras devem ser efetuadas na posição zero e para isso acontecer deve-se agir no micrômetro levando a faixa luminosa à graduação fornecida pelo fabricante e essa operação deve ser sempre executada no mesmo sentido visando evitar o erro decorrente da irregularidade do passo do parafuso micrométrico (GEMAEL, 1999).



Marcha seqüencial de operação do gravímetro (CASTRO JUNIOR, 2005):

- Estacionar sobre a estação;
- Realizar o nivelamento atuando nos parafusos calantes e centralizando as bolhas de nível;
- Destruar o mecanismo interno;
- Acender as luzes e zerar o equipamento, colocando a faixa na linha de leitura (FIGURA 3.18);
- Efetuar 3 leituras anotando o horário de cada uma. Entre as leituras dar um giro de  $\frac{1}{4}$  de volta no micrômetro no sentido anti-horário (FIGURA 3.19);
- Apagar as luzes;
- Travar o mecanismo interno;
- Guardar o gravímetro em seu estojo de transporte.

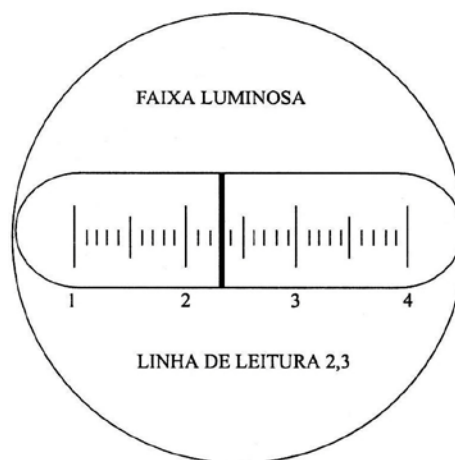


Figura 3.20: Faixa luminosa na linha de leitura.  
Fonte: (GEMAEL, 1999).

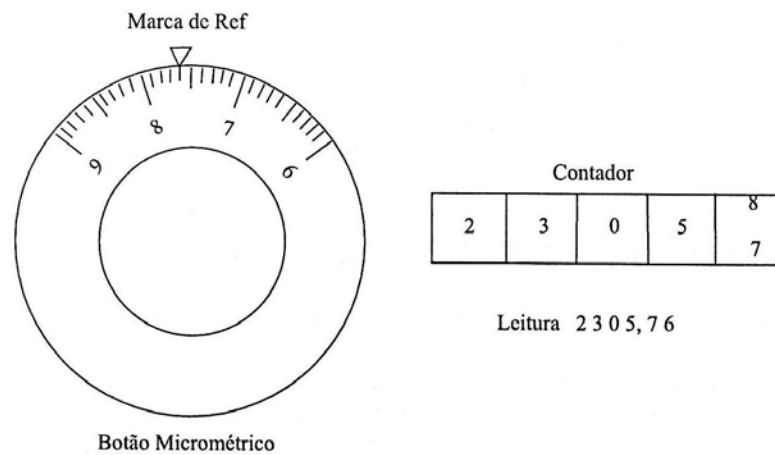


Figura 3.21: Contador e botão micrométrico  
 Fonte: (GEMAEL, 1999).

O intervalo de tempo decorrente entre duas jornadas consecutivas que, normalmente, acontece durante a noite, deve servir para conectar o instrumento à rede elétrica local, juntamente com a bateria e o recarregador do conjunto, objetivando manter a temperatura operacional e a bateria recarregada para, na próxima jornada de trabalho, o gravímetro ter alimentação elétrica suficiente ao seu termostato, luzes dos níveis e luz da ocular (GEAMEL, 1999).

## 4. Operações geodésicas para elaboração da carta geoidal de Campinas e resultados obtidos

### 4.1. Rede de referência cadastral básica de Campinas

Em 1994 foi firmado um convênio de apoio e orientação técnica entre a Prefeitura de Campinas – Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente – SEPLAMA e a Universidade de São Paulo – Escola Politécnica – Departamento de Engenharia e Transporte – Laboratório de Topografia e Geodésia – EPUSP/PTR – LTG, tendo como objetivo a implantação de uma rede de referência cadastral básica, composta de 12 (doze) pares de pontos fiduciais materializados através de pilares com dispositivos para centragem forçada e rastreados pelo sistema NAVSTAR/GPS.

Os pares são constituídos de estação principal e seu respectivo ponto de azimute (Figura 4.1).



Figura 4.1: Vértice UNIC da rede de referência cadastral básica de Campinas.

Fonte: Foto do autor.

O ponto principal, denominado “PREFEITURA”, está situado no topo do edifício da Prefeitura e o seu respectivo azimute, está posicionado no topo do Edifício Campi Tower, materializados por chapas metálicas.

O ponto “Prefeitura” foi escolhido como a origem da rede de referência cadastral e o nível de referência altimétrica é 700,000 m.

Em 1995 foi realizado um adensamento dessa rede, implantando-se 120 novos pontos rastreados pelo sistema GPS, que teve como origem das medições planimétricas o vértice Valinhos (USP/IBGE) – código do ponto: 91609.

Em relatório emitido pela contratada para a densificação da rede, notou-se que os valores utilizados para a coordenadas geodésica referidas ao WGS 84, estão discrepantes dos valores publicados pelo IBGE.

Coordenadas geodésica referidas ao WGS 84 do vértice Valinhos utilizada pela contratada:

$$\varphi = - 23^{\circ} 00' 06,1671'' \text{ S}$$

$$\lambda = - 46^{\circ} 57' 57,9481'' \text{ W}$$

Coordenadas geodésica referidas ao WGS 84 do vértice Valinhos publicadas pela EPUSP – PTR – LTG, ajustadas em maio de 1996 pelo IBGE/DEGED:

$$\varphi = - 23^{\circ} 00' 06,16757'' \text{ S}$$

$$\lambda = - 46^{\circ} 57' 57,94358'' \text{ W}$$

$$\text{Alt. Geométrica (h)} = 856,9339 \text{ m}$$

e SAD 69

$$\varphi = - 23^{\circ} 00' 04,40883'' \text{ S}$$

$$\sigma = \pm 0,0114 \text{ m}$$

$$\lambda = - 46^{\circ} 57' 56,33217'' \text{ W}$$

$$\sigma = \pm 0,0419 \text{ m}$$

$$\text{Alt. Geométrica (h)} = 863,9191 \text{ m}$$

$$\sigma = \pm 0,0244 \text{ m}$$

Hoje o IBGE publica dados diferentes para o vértice Valinhos, baseando-se em um novo Ajustamento Planimétrico Global SAD-69 realizado em 15/09/1996.

Os dados são:

$\varphi = - 23^{\circ} 00' 04,4089''$  S  $\sigma = \pm 0,011$  m

$\lambda = - 46^{\circ} 57' 56,3329''$  W  $\sigma = \pm 0,042$  m

Alt. Ortométrica = 860,94 m

Alt. Geométrica = 863,92 m

Em levantamento do acontecido, tudo leva a crer que, devido a prazos de contrato, a empresa contratada para a densificação não pode esperar pelos valores finais, após o ajustamento realizado pelo IBGE, e utilizou dados considerados naquele momento, “preliminares”.

Outro acontecimento que se deve ser colocado é a realização recente de obras de impermeabilização na cobertura do Edifício da Prefeitura que, por descuido, efetuaram a mudança de local da origem da rede de referência cadastral – vértice Prefeitura, deslocando-se a localização da chapa metálica.

Diante destes fatos, torna-se de grande importância o reprocessamento da rede de referência cadastral e da densificação efetuada, visando a real adequação de valores ao ponto origem utilizado.

Toda a base cartográfica utilizada atualmente pela Prefeitura Municipal de Campinas e SANASA foi realizada em 1982 gerando produtos nas escalas 1:10.000, 1:5.000 e 1:2.000, denominadas plantas de referência cadastral - PRC.

Também foram implantadas redes planimétrica e altimétrica em toda a malha urbana da cidade.

A rede planimétrica é constituída por 200 marcos e a rede altimétrica, por 106 referências de nível, sendo todos monumentos, na forma tronco piramidal, com chapas metálicas cravadas em seu topo.

Outro fator preponderante para a Cidade é a existência de aproximadamente 30 (trinta) referências de nível de alta precisão, implantadas pelo IBGE que estão sendo paulatinamente destruídas por vandalismo.

Apesar da malha urbana da cidade possuir uma rede de referência cadastral consolidada, sua densificação, neste momento, tem que ser usada com muito critério, já que urge a necessidade de recálculo devido à discrepância existente para o ponto origem utilizado.

Da convivência com o Corpo Técnico da Diretoria de Informações e Dados Cadastrais da Secretaria de Planejamento da P M de Campinas e do corpo técnico da SANASA – Gerencia de Controle de Perdas e Sistemas (Coordenadoria de Cadastro Técnico e Geoprocessamento) e Gerencia de Planejamento e Projeto, veio à tona problemas do dia-a-dia quanto as operações de campo e gabinete em relação às solicitações que chegam a todo instante aos retro referidos corpos técnicos, evidenciando necessidades originadas nas Secretarias de Obras, Finanças, Educação e Saúde da Prefeitura Municipal e SANASA.

Tais necessidades refletem a falta de informações cadastrais relacionadas a lotes, áreas institucionais, escolas, redes de águas pluviais, áreas construídas, postes, trânsito, telecomunicações, logradouros públicos, plantas quadras e outros.

Portanto para colaborar com o equacionamento dessas necessidades seguiu-se as seguintes diretrizes:

- Reocupação dos 12 vértices, com receptores GPS, da rede de referência cadastral de Campinas;
- Estabelecimento de 40 micro regiões com a função de estabelecer novo adensamento de pontos de apoios aos trabalhos da Prefeitura Municipal de

Campinas - PMC, SANASA e comunidade usuária, além de constituir em elementos fiduciais para a geração da carta geoidal de Campinas (Anexo I).

Os vértices das micro regiões, tiveram suas determinações, horizontais e verticais baseadas no rastreamento de satélites do sistema GPS, nivelamento geométrico e levantamento gravimétrico.

#### **4.2. Operações geodésicas com GPS na reocupação da rede de referência cadastral básica de Campinas**

Os 12 pontos fiduciais materializados através de pilares com dispositivo para centragem forçada que constituem a rede do município de Campinas tem a seguinte denominação (Tabela 4.1):

Tabela 4.1: Denominações dos pontos geodésicos.

N.º	Ponto geodésico	Denominação
1	Mercedes	MERC
2	Cemitério dos Alemães	CEMI
3	Ipaussurama	IPAU
4	UNICAMP/Observatório	UNIC
5	Trevo Barão Geraldo	TREV
6	Prefeitura	PREF
7	Mirante Faz. Monte D'Oeste	MIRT
8	Bairro das Palmeiras	PALM
9	Fazenda Atalaia	ATAL <sub>AZ</sub>
10	Telebrás	TELE
11	Viaduto do Anel Viário	ANEL
12	Chapadão	CHAP

As coordenadas desses pontos fiduciais foram vinculadas à Rede Geodésica GPS do Estado de São Paulo através da estação Valinhos – 91609 (IBGE – Estação Planimétrica – SAT).

Nas observações de campo tomou-se especiais cuidados quanto aos seguintes procedimentos:

- Devido a problema no acabamento entre o concreto e o dispositivo de centragem forçada dos pontos geodésicos, foram fabricados, na oficina mecânica da SANASA, discos metálicos com espessura variável, que proporcionasse perfeito assentamento das bases nivelantes das antenas sobre os topos dos pilares;
- As antenas dos receptores GPS foram instaladas nos pilares de concreto valendo-se do dispositivo de centragem forçada;
- As antenas dos receptores GPS sempre foram orientadas em relação ao norte, visando minimizar o erro de deslocamento do centro de fase;
- As alturas das antenas foram medidas com precisão de  $\pm 1$  mm;
- Durante o rastreamento sempre foram registrados pelos receptores de 06 a mais satélites.

Nas operações de campo foram utilizados 07 receptores GPS dotados de duas frequências das marcas Topcon e Trimble, sendo os seguintes modelos:

- 02 receptores Topcon Hiper Lite com antenas integradas nos corpos dos aparelhos (Figura 4.2);
- 02 receptores Topcon Hiper GD com antenas integradas no corpo dos aparelhos (Figura 4.3);
- 02 receptores Topcon Legacy –H GD com antenas RegAnt – DD (Figura 4.4);
- 01 receptor Trimble 5700 com antena Zephyr Geodetic (Figura 4.5).





Figura 4.2: Receptor GPS Topcon Hiper Lite.

Fonte: Foto do autor.



Figura 4.3: Receptor GPS Topcon Hiper GD.

Fonte: Foto do autor.



Figura 4.4: Receptor GPS Topcon Legacy –H GD.

Fonte: Foto do autor.



Figura 4.5: Receptor GPS Trimble 5700.

Fonte: Foto do autor.

As equipes eram formadas por, no mínimo, duas pessoas para cada receptor e contou-se com 05 viaturas para os deslocamentos entre os vértices da rede de referência cadastral básica de Campinas.

O planejamento do rastreamento foi efetuado dividindo-se em três jornadas denominadas de grafite, vermelha e amarela.

A técnica de posicionamento GPS utilizada foi o posicionamento relativo estático, com simultaneidade das observações tendo no mínimo, 3 horas de duração.

No vértice Valinhos foi mantido um receptor durante todas as operações de campo e utilizado como estação de referência nesse posicionamento relativo.

A jornada grafite foi realizada, conforme planejamento, nos dias 20/02/2006 nos períodos da manhã e da tarde e, no dia 21/02/2006 no período da manhã, sendo rastreados simultaneamente os vértices VALI, MERC, CEMI, IPAU, CHAP e PREF (Figura 4.6).

A jornada vermelha foi realizada na parte da tarde do dia 21/02/2006 e nos períodos da manhã e da tarde do dia 22/02/2006, sendo rastreados simultaneamente os vértices VALI, PREF, ANEL, TREV, UNIC e PALM (Figura 4.6).

A jornada amarela foi realizada nos dois períodos (manhã e tarde) do dia 23/02/2006 e no período da manhã do dia 24/02/2006, rastreando-se simultaneamente os vértices VALI, PREF, UNIC, MIRT, ATAL<sub>AZ</sub> e TELE (Figura 4.6).

As três jornadas são mostradas na tabela 4.2 especificando os modelos dos receptores GPS.

Tabela 4.2: Jornadas grafite, vermelha e amarela com especificação dos modelos dos receptores GPS utilizados.

Pontos	Período	Datas				
		20 02 2006	21 02 2006	22 02 2006	23 02 2006	24 02 2006
VALI	manhã	Topcon Hiper Lite	Topcon Hiper Lite	Topcon Hiper Lite	Topcon Hiper Lite	Topcon Hiper Lite
	tarde	Topcon Hiper Lite	Topcon Hiper Lite	Topcon Hiper Lite	Topcon Hiper Lite	
MERC	manhã	Topcon Hiper	Topcon Hiper			
	tarde	Topcon Hiper				
CEMI	manhã	Topcon Hiper	Topcon Hiper			
	tarde	Topcon Hiper				
IPAU	manhã	Topcon Legacy -H GD	Topcon Legacy -H GD			
	tarde	Topcon Legacy -H GD				
CHAP	manhã	Topcon Legacy -H GD	Topcon Legacy -H GD			
	tarde	Topcon Legacy -H GD				
PREF	manhã	Trimble 5700	Topcon Hiper Lite	Topcon Hiper Lite	Topcon Hiper Lite	Topcon Hiper Lite
	tarde	Trimble 5700	Topcon Hiper Lite	Topcon Hiper Lite	Topcon Hiper Lite	
ANEL	manhã			Topcon Hiper		
	tarde		Topcon Hiper	Topcon Hiper		
TREV	manhã			Topcon Hiper		
	tarde		Topcon Hiper	Topcon Hiper		
UNIC	manhã			Topcon Legacy -H GD	Topcon Legacy -H GD	Topcon Legacy -H GD
	tarde		Topcon Legacy -H GD	Topcon Legacy -H GD	Topcon Legacy -H GD	
PALM	manhã			Topcon Legacy -H GD		
	tarde		Topcon Legacy -H GD	Topcon Legacy -H GD		
MIRT	manhã				Topcon Hiper	Topcon Hiper
	tarde				Topcon Hiper	
ATAL <sub>AZ</sub>	manhã				Topcon Legacy -H GD	Topcon Legacy -H GD
	tarde				Topcon Legacy -H GD	
TELE	manhã				Topcon Hiper	Topcon Hiper
	tarde				Topcon Hiper	

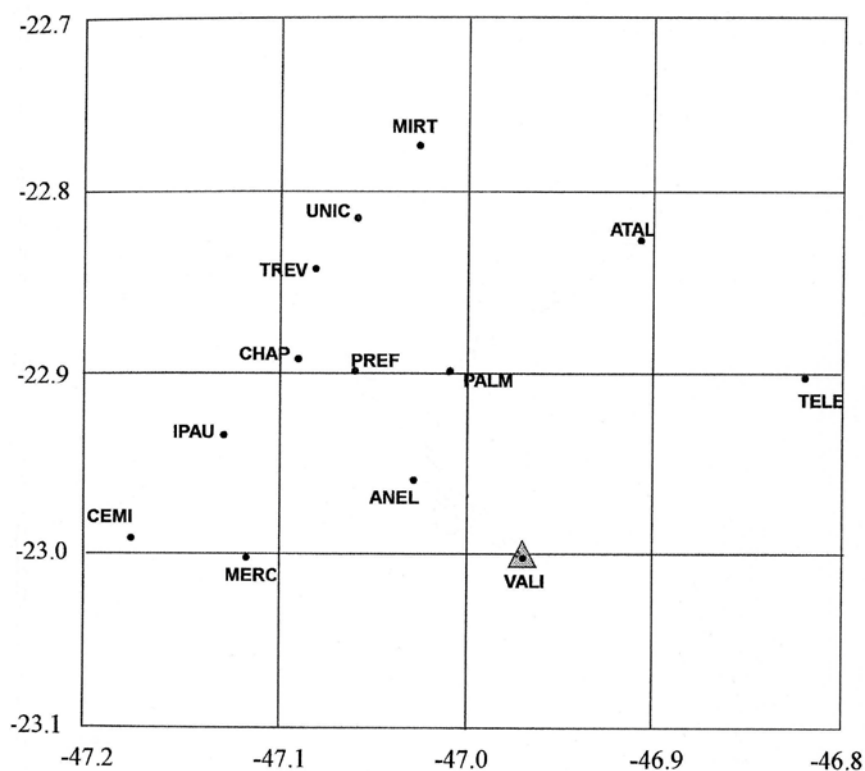


Figura 4.6: Vértices da Rede de Ref. Cadastral de Campinas – unidade: grau e décimos.

Fonte: (SEPLAMA/EPUSP, 1996).

O processamento e ajustamento das observações foram efetuadas através do programa Topcom Tools versão 6.11, utilizando-se dados referidos ao SAD 69. Inicialmente calculou-se os vértices UNIC e MERC, através do vértice fundamental Valinhos e a tabela 4.3 apresenta as coordenadas resultantes destes cálculos.

Tabela 4.3: Cálculo e ajustamento dos vértices MERC e UNIC – SAD69.

Vértice de controle					
Nome	Latitude ° \ ' \ ''	Longitude ° \ ' \ ''	N (m)	E (m)	Altitude Geométrica (m)
VALI	23°00'04,40890S	47°57'56,33290W	7.454.985,114	298.530,835	863,9200
Vértices Ajustados					
MERC	23°00'04,44915S	47°06'46,38265W	7.454.773,843	283.435,271	668,9640
UNIC	22°48'52,39269S	47°03'26,04285W	7.475.529,879	288.851,890	664,0427

Tendo os vértices VALI, MERC e UNIC como pontos de injeção efetuou-se o cálculo e ajustamento dos vértices ANEL, ATAL, CEMI, CHAP, IPAU, MIRT, PALM, PREF, TELE e TREV com resultados apresentados na tabela 4.4.

Tabela 4.4: Cálculo e ajustamento dos vértices ANEL, ATAL, CEMI, CHAP, IPAU, MIRT, PALM, PREF, TELE e TREV – SAD69.

Vértice de controle					
Nome	Latitude ° \ ' \ "	Longitude ° \ ' \ "	N (m)	E (m)	Altitude Geométrica (m)
VALI	23°00'04,40890S	47°57'56,33290W	7.454.985,114	298.530,835	863,9200
MERC	23°00'04,44915S	47°06'46,38265W	7.454.773,843	283.435,271	668,9640
UNIC	22°48'52,39269S	47°03'26,04285W	7.475.529,879	288.851,890	664,0427
Vértices Ajustados					
ANEL	22°57'36,17721S	47°01'27,06053W	7459463,541	292466,597	785,2552
ATAL <sub>AZ</sub>	22°49'33,50578S	46°54'41,28521W	7474466,232	303833,288	807,4516
CEMI	22°59'26,38107S	47°10'31,41436W	7455851,264	277008,789	618,9004
CHAP	22°53'29,60938S	47°05'21,43099W	7466955,437	285681,956	685,2313
IPAU	22°55'52,84583S	47°07'37,99447W	7462493,091	281853,151	653,7148
MIRT	22°46'17,80668S	47°01'26,30026W	7480332,549	292201,682	698,1320
PALM	22°53'46,59657S	47°00'29,63866W	7466548,594	294005,948	719,8575
PREF	22°54'00,26456S	47°03'25,24749W	7466059,006	289006,711	732,9352
TELE	22°52'52,41842S	46°49'08,58997W	7468467,458	313395,294	1037,6358
TREV	22°50'37,79434S	47°04'40,43395W	7472257,646	286775,975	648,8650

### 4.3. Operações geodésicas com GPS nas 40 micro regiões

Para implantação da 40 micros regiões realizou-se estudo que levou em consideração a existência de pontos implantados pela empresa Terrafoto em 1982, pontos da Rede de Referência Cadastral Básica de Campinas, pontos do adensamento realizado pela empresa Base Aerofotogrametria e as referências de nível implantadas pelo IBGE.

A escolha recaiu sobre lugares onde se poderia manter a homogeneidade de, aproximadamente, 4 km de micro região para micro região, cobrindo de forma uniforme a malha urbana da cidade de Campinas.

Em dezenove micros regiões aproveitou-se os pontos já existentes e em outras vinte e uma, implantou-se marcos de concreto, tronco piramidal, estabelecendo vértices necessários para uma nova densificação. As localizações das micro regiões estão dispostas em mapa do Apêndice I.

Nas observações de campo tomou-se os mesmos cuidados quando do rastreamento da rede de referência cadastral básica de Campinas, ressaltando as particularidades de cada micro região, tais como: tempo de rastreamento, localização na malha urbana e obstáculos da vizinhança.

Nas operações de campo foram utilizados 11 receptores GPS das marcas Topcon e Trimble, sendo sete dotados de duas frequências e quatro de uma frequência.

Os modelos e quantidades dos receptores GPS Topcon e Trimble empregados nas operações de campo foram:

- 02 receptores Topcon Hiper Lite com antenas integradas nos corpos dos aparelhos (Figura 4.2);
- 02 receptores Topcon Hiper GD com antenas integradas no corpo dos aparelhos (Figura 4.3);
- 02 receptores Topcon Legacy –H GD com antenas RegAnt – DD (Figura 4.4);
- 01 receptor Trimble 5700 com antena Zephyr Geodetic (Figura 4.5);
- 04 receptores Trimble 4600LS com antenas integradas nos corpos dos aparelhos (Figura 4.7).

Manteve-se a composição das equipes e viaturas utilizadas nas operações de campo da reocupação da rede de referência cadastral básica de Campinas.

O planejamento do rastreamento foi efetuado para quatro dias, dividindo-se cada dia em dois rastreios e numerados de 1 a 8. A técnica de posicionamento GPS utilizada foi o posicionamento relativo estático, com simultaneidade das observações tendo no mínimo, 2 horas de duração.



Figura 4.7: Receptor GPS Trimble 4600LS.

Fonte: Foto do autor.

Nos vértices Valinhos (VALI), Mercedes (MERC) e UNICAMP (UNIC) foram mantidos receptores, dotados de duas frequências, durante todas as operações de campo e utilizados como estações de referência nesse posicionamento relativo.

As operações de campo foram realizadas nos dias 02/03/2006, 03/03/2006, 06/03/2006 e 07/03/2006 e os rastreios simultâneos dos vértices foram os seguintes:



- 1º Dia: 02/03/06 – 1º rastreio (Dia Juliano - 061 / Semana GPS - 1364 4): VALI, MERC, UNIC, VCP08, SAN21, SAN19, SAN20, VT40, SAN18 e ITATINGA;
- 1º Dia: 02/03/06 – 2º rastreio (Dia Juliano - 061 / Semana GPS - 1364 4): VALI, MERC, UNIC, ITATINGA, PMC2055, SAN19, SAN17, SAN14, IPAU e SAN16;
- 2º Dia: 03/03/06 – 3º rastreio (Dia Juliano – 062 / Semana GPS - 1364 5): VALI, MERC, UNIC, SAN06, RN IBGE 2871A, SAN07, SAN18, SAN08, IPAU, SAN14 e VT01;
- 2º Dia: 03/03/06 – 4º rastreio (Dia Juliano – 062 / Semana GPS - 1364 5): VALI, MERC, UNIC, VT01, SAN14, PMC2007, SAN10, SAN09, SAN15, PMC2020;
- 3º Dia: 06/03/06 – 5º rastreio (Dia Juliano – 065 / Semana GPS - 1365 1): VALI, MERC, UNIC, PMC1008, PMC2036, SAN11, PMC2020, SAN12, SAN13 e SAN10;
- 3º Dia: 06/03/06 – 6º rastreio (Dia Juliano – 065 / Semana GPS - 1365 1): VALI, MERC, UNIC, SAN10, PMC2045, PMC2014, PMC2003, PMC1011, PMC2002 e VT01;
- 4º Dia: 07/03/06 – 7º rastreio (Dia Juliano – 066 / Semana GPS - 1365 2): VALI, MERC, UNIC, PMC2005, PMC2003, PMC2045, SAN01, SAN05, SAN04 e RN01;
- 4º Dia: 07/03/06 – 8º rastreio (Dia Juliano – 066 / Semana GPS - 1365 2): VALI, MERC, UNIC, SAN01, RN01, PMC1013, SAN02 e SAN03.

A tabela 4.5 apresenta os rastreios simultâneos nos vértices das micro regiões e na tabela 4.6 visualiza-se a situação quanto a denominação, vértices implantados e existentes.

Tabela 4.5: Rastreios simultâneos dos vértices das micro regiões.

Vértices	1º Dia – 02/03/2006		2º Dia – 03/03/2006		3º Dia – 06/03/2006		4º Dia – 07/03/2006	
	1º Rastreio	2º Rastreio	3º Rastreio	4º Rastreio	5º Rastreio	6º Rastreio	7º Rastreio	8º Rastreio
VALI								
MERC								
UNIC								
VCP 08								
SAN 21								
SAN 19								
SAN 20								
VT 40								
ITATINGA								
PMC 2055								
SAN 17								
SAN 14								
IPAU								
SAN 16								
SAN 06								
RN2871A								
SAN 07								
SAN 18								
SAN 08								
VT 01								
PMC 2020								
SAN 15								
SAN 09								
SAN 10								
PMC 2007								
PMC 1008								
PMC 2036								
SAN 11								
SAN 12								
SAN 13								
PMC 2045								
PMC 2014								
PMC 2003								
PMC 1011								
PMC 2002								
PMC 2005								
SAN 01								
SAN 05								
SAN 04								
RN 01								
PMC 1013								
SAN 02								
SAN 03								

Tabela 4.6: Discriminações de micros regiões e respectivos vértices.

<b>Micro Região</b>	<b>Bairro</b>	<b>Status</b>	<b>Denominação do vértice</b>
1	Rio Atibaia / SP 340	Existente - Terrafoto	RN 01
2	Pedágio Jaguariúna	Implantado	SAN 01
3	Recanto dos Dourados	Implantado	SAN 03
4	Jardim Mirian	Existente – Base Aero	PMC 2045
5	Cidade Universitária	Existente – Base Aero	PMC 2005
6	Santa Izabel	Existente – Base Aero	PMC 2003
7	Santa Cândida	Existente – Base Aero	PMC 1011
8	Carrefour	Existente – Base Aero	PMC 2014
9	Santa Genebra	Existente – Base Aero	PMC 2002
10	Chácara dos Amarais	Existente - Engefoto	VT 01 COHAB
11	Quartel	Implantado	SAN 07
12	Res. Elevado CIATEC	Implantado	SAN 06
13	ITAL	Existente – Base Aero	PMC 2007
14	V. Esmeraldina	Implantado	SAN 10
15	Jardim Conceição	Implantado	SAN 11
16	Jardim América	Implantado	SAN 09
17	JD Interlagos / Aurélia	Implantado	SAN 08
18	Santa Bárbara	Existente - IBGE	RN 2871 A
19	Ipaussurama	Existente - PMC	IPAU
20	Passarela São Bernardo	Implantado	SAN 14
21	Carlos Lourenço	Existente – Base Aero	PMC 2020
22	Heitor Penteadado	Implantado	SAN 13
23	Sousas	Implantado	SAN 12
24	San Conrado	Existente – Base Aero	PMC 1008
25	Joaquim Egídio	Existente – Base Aero	PMC 2036
26	Residencial Cosmos	Implantado	SAN 17
27	Parque Valença	Implantado	SAN 16
28	Passarela Bandeiras	Existente - Engefoto	VT 40 COHAB
29	Parque São Martinho	Implantado	SAN 15
30	Itatinga	Existente - PMC	Itatinga
31	Avenida Rui Rodrigues	Implantado	SAN 18
32	São Cristovão	Implantado	SAN 19
33	Viracopos	Existente	VCP 08
34	Jardim São Domingos	Implantado	SAN 21
35	Parque Fernanda	Implantado	SAN 20
36	Jd Marajó / Res S José	Existente – Base Aero	PMC 2055
37	Chácaras Marujo	Implantado	SAN 05
38	Village Campinas	Implantado	SAN 04
39	Jardim Monte Belo	Implantado	SAN 02
40	Chácara Gargantilha	Existente – Base Aero	PMC1013

Tendo os vértices VALI, MERC e UNIC como pontos de controle efetuou-se o processamento e ajustamento das observações relativas aos vértices das micro regiões através do programa Topcom Tools versão 6.11, utilizando-se dados referidos ao SAD 69. A tabela 4.7 apresenta as coordenadas resultantes destes cálculos.

Tabela 4.7: Coordenadas dos vértices das micro regiões – SAD69.

Nome	Latitude ° \ ' \ \"	Longitude ° \ ' \ \"	N (m)	E (m)	Altitude Geométrica (m)
Ipau	22°55'52,84583S	47°07'37,99447W	7462493,091	281853,151	653,7148
Itatinga	22°59'17,25103S	47°06'25,41260W	7456234,470	284011,637	674,2510
PMC 1008	22°51'33,46283S	46°58'26,68227W	7470691,506	297455,445	781,9678
PMC 1011	22°50'01,98960S	47°03'09,78902W	7473395,301	289345,198	696,0174
PMC 1013	22°46'13,09472S	46°56'59,73094W	7480579,610	299804,184	766,7087
PMC 2002	22°50'14,55355S	47°04'47,86114W	7472969,633	286554,123	635,4687
PMC 2003	22°49'08,60455S	47°05'27,31577W	7474982,574	285400,358	618,0076
PMC 2005	22°48'14,91907S	47°04'21,05357W	7476660,764	287266,868	599,8908
PMC 2007	22°52'30,40538S	47°04'42,65589W	7468792,420	286761,464	690,7318
PMC 2014	22°51'14,13036S	47°01'42,32554W	7471210,520	291869,701	631,0641
PMC 2020	22°55'42,74479S	47°01'56,12111W	7462941,668	291590,445	744,4829
PMC 2036	22°53'08,68784S	46°56'50,04980W	7467798,828	300248,988	692,0211
PMC 2045	22°48'59,05543S	47°01'35,48858W	7475368,500	292007,564	671,5489
PMC 2055	22°58'03,14318S	47°09'47,29600W	7458430,693	278227,669	596,3005
RN 01	22°44'14,08133S	47°01'01,25527W	7484148,409	292864,304	571,8608
RN 2871A	22°53'16,94944S	47°08'39,57935W	7467263,711	280028,354	637,2013
San 01	22°46'16,73262S	47°01'20,20972W	7480367,965	292374,978	669,6219
San 02	22°45'39,84313S	46°58'50,67362W	7481560,465	296625,636	693,0218
San 03	22°47'27,97326S	46°59'42,87460W	7478214,133	295181,248	606,5521
San 04	22°45'14,82533S	47°03'08,65012W	7482229,826	289255,022	617,0552
San 05	22°46'45,88967S	47°05'13,42193W	7479378,606	285734,587	592,1713
San 06	22°51'21,88988S	47°08'22,53172W	7470810,542	280462,889	626,2534
San 07	22°52'18,54552S	47°07'30,13174W	7469089,173	281982,002	653,7156
San 08	22°53'57,76787S	47°05'42,19606W	7466080,757	285102,414	695,5630
San 09	22°53'38,62189S	47°03'37,68480W	7466719,854	288642,915	649,4032
San 10	22°52'30,16194S	47°02'45,24580W	7468846,757	290108,285	651,5188
San 11	22°52'36,02700S	47°01'18,75408W	7468700,366	292576,290	705,6834
San 12	22°53'09,20243S	46°58'28,20230W	7467745,749	297451,577	679,0429
San 13	22°54'02,92788S	47°01'24,94083W	7466024,607	292436,672	686,9852
San 14	22°55'42,14792S	47°04'36,19558W	7462896,282	287028,863	712,3389
San 15	22°57'12,83276S	47°03'32,59945W	7460131,971	288880,144	693,5008
San 16	22°56'22,05159S	47°11'02,49796W	7461509,098	276039,033	638,0790
San 17	22°56'49,67682S	47°09'26,10129W	7460699,783	278798,259	628,4425
San 18	22°57'32,74114S	47°07'30,41589W	7459422,971	282113,564	571,1854
San 19	22°59'18,11426S	47°08'55,84009W	7456145,736	279727,336	632,4289
San 20	23°02'20,26596S	47°07'53,74550W	7450567,660	281577,555	669,3326
San 21	23°02'27,60607S	47°05'56,28845W	7450390,187	284925,097	695,8663
VCP 08	23°00'36,79768S	47°08'38,94338W	7453732,079	280244,027	646,9348
VT 01	22°51'48,78499S	47°06'06,39284W	7470038,967	284356,143	615,7984
VT 40	22°57'25,11236S	47°05'41,29081W	7459702,344	285219,112	646,0061

#### **4.4. Operações geodésicas com emprego de nivelamento geométrico para determinar as altitudes ortométricas dos vértices das micro regiões**

Neste estudo é de vital importância a determinação das altitudes ortométricas dos vértices das micro regiões visando a determinação direta da ondulação geoidal pela simples diferença entre as altitudes geométricas e ortométricas.

Em pesquisa aos RRNN disponíveis para utilização nos transportes de altitudes visando a determinação das altitudes dos vértices das micro regiões, constatou-se a viabilidade de utilização das RRNN implantadas pela Terrafoto em 1982 e das RRNN pertencentes a rede altimétrica do IBGE.

Em consulta ao banco de dados geodésicos do IBGE verifica-se a disponibilidade de dados relativos a 30 (trinta) referências de nível de alta precisão, com data de cálculo de ajustamento em 01/12/1992. Na exploração parcial de campo aos locais indicados pelos relatórios do IBGE constata-se grande número de monumentos destruídos.

Constatou-se que as RRNN implantadas pela Terrafoto SA, apesar do tempo, foram encontradas em ótimo estado de conservação.

Em nivelamentos geométricos realizados, constatou-se a existência de diferença entre a rede altimétrica do IBGE e a rede altimétrica implantada pela Terrafoto.

Devido a este fato, foi realizada pesquisa nos arquivos da Prefeitura Municipal de Campinas, visando o resgate do processo que originou a contratação da Terrafoto em 1982. Nos autos do processo não consta relatórios técnicos que registrem as operações de nivelamento da rede altimétrica e sua respectiva origem.

Outro fato agravante, foi que várias peças técnicas desse trabalho, perderam-se em transportes inadequados quando da mudança de endereço do arquivo morto da Prefeitura Municipal de Campinas.

Por informações obtidas na própria Secretaria de Planejamento da Prefeitura, foi apontado o Engenheiro José Luiz Alves como coordenador de todo o trabalho da Terrafoto e hoje, Diretor Comercial da Aerocarta S.A. – Engenharia de Aerolevantamentos que, por sua vez, confirmou a utilização de referência de nível do IBGE para partida da implantação da rede altimétrica. Em consulta ao IBGE – Departamento de Geodésia – Altimetria, veio a informação de um novo ajustamento da rede e que os novos valores se diferenciariam dos antigos. Foi solicitada a relação dos valores das RRNN antes do novo ajustamento, visando análise comparativa e até o presente momento não se dispõem desses dados.

Para verificação dessa discrepância realizou-se nivelamentos geométricos empregando-se os seguintes equipamentos: Nível Leica Wild NA 20 (Figura 4.8), Nível Carl Zeiss Ni 005A Jena (Figura 4.9) e Nível Nikon Automatic Level AZ-2S. A tabela 4.8 apresenta os resultados encontrados.

Tabela 4.8: Verificação de RRNN Terrafoto – Origem em RRNN IBGE.

<b>Micro Região</b>	<b>RN Terrafoto</b>	<b>Origem do Transporte - IBGE</b>	<b>Altitude do RN Terrafoto (m)</b>	<b>Altitude do RN Transportada (m)</b>	<b>Diferença (m)</b>
<b>16</b>	RN 64	RN 2852 S – 649,4002	646,292	646,425	0,133
<b>14</b>	RN 15	RN 2884 G – 648,9026	648,498	648,644	0,146
<b>18</b>	RN 38	RN 2871 A – 634,5295	637,657	637,792	0,135
<b>13</b>	RN 29	RN 2852 U – 714,4511	688,182	688,381	0,199
<b>16</b>	RN 36	RN 2854 A – 622,5346	595,941	596,084	0,143
<b>16</b>	RN 64	RN 2852 S – 649,4002	646,292	646,429	0,137
<b>16</b>	RN 64	RN 2852 S – 649,4002	646,292	646,424	0,132
<b>14</b>	RN 15	RN 2884 G – 648,9026	648,498	648,643	0,145
<b>01</b>	RN 01	RN 2884 A – 568,8782	568,879	569,082	0,203

Sem os dados anteriores ao novo ajustamento do IBGE e visando prosseguir na pesquisa, tomou-se a decisão de efetuar a média das diferenças encontradas, excluindo as micro regiões 01, 13 e 14, devido as condições do piso onde estão fixadas as chapas das RN 29 e RN 15, assim como a RN 01, fixada no tabuleiro da ponte sobre o Rio Atibaia que passa por manutenção de grande monta. Portanto a correção efetuada nos transportes de altitude com origem em referências de nível implantadas pela Terrafoto foi de 0,136 m.



Figura 4.8: Nível Leica Wild NA 20.

Fonte: Foto do autor.



Figura 4.9: Nível Carl Zeiss Ni 005A Jena.

Fonte: Foto do autor.



As micro regiões 01, 04, 10, 12, 13, 14, 16, 18, 22 e 29, tiveram as altitudes ortométricas dos seus vértices determinadas através de transporte por nivelamento geométrico com origem em RRNN IBGE. A tabela 4.9 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 4.9: Transporte de altitudes com origem em RRNN IBGE.

<b>Micro Região</b>	<b>Ponto</b>	<b>Origem do Transporte (m)</b>	<b>Altitude do Ponto (m)</b>
<b>01</b>	RN 01	RN 2884 A – 568,8782	569,082
<b>04</b>	PMC 2045	RN 2884 D – 614,1309	668,710
<b>10</b>	VT 01	RN 2852 X – 612,9381	613,030
<b>12</b>	SAN 06	RN 2854 A – 622,5346	623,585
<b>13</b>	PMC 2007	RN 2852 U – 714,4511	696,868
<b>14</b>	SAN 10	RN 2884 G – 648,9026	648,573
<b>16</b>	SAN 09	RN 2852 S – 649,4002	646,446
<b>18</b>	PMC 2022	RN 2871 A – 634,5295	630,141
<b>22</b>	SAN 13	RN 2852 J – 686,3365	683,934
<b>29</b>	SAN 15	RN 2861 D – 692,9303	690,486

As micro regiões 02, 03, 05, 06, 07, 08, 09, 11, 15, 17, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, e 40 tiveram as altitudes ortométricas dos seus vértices determinadas através de transporte por nivelamento geométrico com origem em RRNN implantadas pela Terrafoto e aplicou-se de correção positiva de 0,136 m. A tabela 4.10 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 4.10: Transporte de altitudes com origem em RRNN Terrafoto.

<b>Micro Região</b>	<b>Ponto</b>	<b>Origem do Transporte (m)</b>	<b>Altitude do Ponto (m)</b>	<b>Correção + (m)</b>	<b>Altitude do Ponto Corrigida (m)</b>
02	SAN 01	RN 03 – 663,426	666,600	0,136	666,736
03	SAN 03	RN 03 – 663,426	603,408	0,136	603,544
05	PMC 2005	RN 91A – 597,513	597,024	0,136	597,160
06	PMC 2003	RN 93A – 610,087	615,175	0,136	615,311
07	PMC 1011	RN 12 – 643,201	692,997	0,136	693,133
08	PMC 2014	RN 11 – 672,153	627,930	0,136	628,066
09	PMC 2002	RN 19 – 613,614	632,563	0,136	632,699
11	SAN 07	RN 26 – 651,836	650,888	0,136	651,024
15	SAN 11	RN 16 – 680,793	702,543	0,136	702,679
17	SAN 08	RN 50 – 696,062	692,574	0,136	692,710
19	IPAU	RN 88 – 641,434	650,817	0,136	650,953
20	SAN 14	RN 77 – 702,339	709,255	0,136	709,391
21	PMC 2020	RN 71 – 755,870	741,250	0,136	741,386
23	SAN 12	RN 95A – 681,105	675,759	0,136	675,895
24	PMC 1008	RN 96A – 638,551	778,612	0,136	778,748
25	PMC 2036	RN 96A – 638,551	688,619	0,136	688,755
26	SAN 17	RN 96 – 575,734	625,593	0,136	625,729
27	SAN 16	RN 91 – 643,295	635,335	0,136	635,471
28	VT 40	RN 79 – 635,855	642,966	0,136	643,102
30	ITATINGA	RN 112 – 649,981	671,204	0,136	671,340
31	SAN 18	RN 104 – 573,579	568,032	0,136	568,168
32	SAN 19	RN 99 – 593,207	629,507	0,136	629,643
33	VCP 08	RN 112 – 649,981	643,933	0,136	644,069
34	SAN 21	RN 112 – 649,981	692,731	0,136	692,867
35	SAN 20	RN 112 – 649,981	666,274	0,136	666,410
36	PMC 2055	RN 96 – 575,734	593,466	0,136	593,602
37	SAN 05	RN 91A – 597,513	589,336	0,136	589,472
38	SAN 04	RN 91A – 597,513	614,247	0,136	614,383
39	SAN 02	RN 03 – 663,426	689,870	0,136	690,006
40	PMC 1013	RN 03 – 663,426	763,459	0,136	763,595

#### 4.5. Modelo geoidal da cidade de Campinas

O modelo geoidal da cidade de Campinas foi elaborado como uma solução regional visando facilitar a determinação das altitudes ortométricas com receptores GPS.

Os vértices das quarenta micro regiões formam na malha urbana, uma rede básica de densificação e apoio aos trabalhos inerentes às atividades da SANASA, DIDC e comunidade usuária.

Através dos resultados obtidos para as coordenadas, altitude geométrica e ortométrica das estações levantadas montou-se a Tabela 4.11, onde se encontram os valores nas altitudes em Córrego Alegre, SAD69 e WGS84.

Nas últimas colunas mostram-se as diferenças entre as altitudes geométricas e ortométricas ( $h - H$ ) que refletem as ondulações geoidais da cidade de Campinas.

Para gerar o modelo digital do geóide da cidade de Campinas utilizou-se o programa *Generic Mapping Tools* (GMT). No mesmo, o separador decimal é representado por ponto e não por vírgula (padrão brasileiro), razão pela qual o padrão GMT precisou ser mantido. Com as rotinas de interpolação desse programa foi possível construir as figuras relativas à análise dos modelos (MATOS, 2005).

As Figuras 4.10, 4.11 e 4.12 apresentam os modelos geoidais da cidade de Campinas em Córrego Alegre, SAD69 e WGS84, onde a equidistância entre as isolinhas é de dois centímetros.

Essas figuras foram geradas com o auxílio de Professores e Alunos de Pós-graduação da EPUSP – PTR – LTG.

Tabela 4.11: Altitudes elipsoidais, Altitudes Ortométricas e Ondulações Geoidais.

Nome	Altitude Elipsoidal C. Alegre (m)	Altitude Elipsoidal SAD69 (m)	Altitude Elipsoidal WGS84 (m)	Altitude Ortométrica (m)	Ondulação Geoidal C. Alegre h – H (m)	Ondulação Geoidal SAD69 h – H (m)	Ondulação Geoidal WGS84 h – H (m)
Ipau	650,7309	653,7148	646,7830	650,953	- 0,222	+ 2,762	- 4,170
Itatinga	671,2766	674,2510	667,3579	671,340	- 0,063	+ 2,911	- 3,982
PMC 1008	778,9417	781,9678	774,8548	778,748	+ 0,194	+ 3,220	- 3,893
PMC 1011	692,9989	696,0174	688,9386	693,133	- 0,134	+ 2,884	- 4,194
PMC 1013	763,6580	766,7087	759,4941	763,595	+ 0,063	+ 3,114	- 4,101
PMC 2002	632,4556	635,4687	628,4133	632,699	- 0,243	+ 2,770	- 4,286
PMC 2003	614,9922	618,0076	610,9431	615,311	- 0,319	+ 2,697	- 4,368
PMC 2005	596,8689	599,8908	592,7987	597,160	- 0,291	+ 2,731	- 4,361
PMC 2007	687,7271	690,7318	683,7110	687,921	- 0,194	+ 2,811	- 4,210
PMC 2014	628,0461	631,0641	623,9863	628,066	- 0,020	+ 2,998	- 4,080
PMC 2020	741,4825	744,4829	737,4783	741,386	+ 0,097	+ 3,097	- 3,908
PMC 2036	688,9963	692,0211	684,9133	688,755	+ 0,241	+ 3,266	- 3,842
PMC 2045	668,5219	671,5489	664,4342	668,710	- 0,188	+ 2,839	- 4,276
PMC 2055	593,3306	596,3005	589,4294	593,602	- 0,271	+ 2,699	- 4,173
RN 01	568,8140	571,8608	564,6645	569,082	- 0,268	+ 2,779	- 4,418
RN 2871A	634,2103	637,2013	630,2413	634,5295	- 0,319	+ 2,672	- 4,288
San 01	666,5839	669,6219	662,4617	666,736	- 0,152	+ 2,886	- 4,274
San 02	689,9743	693,0218	685,8212	690,006	- 0,032	+ 3,016	- 4,185
San 03	603,5140	606,5521	599,3905	603,544	- 0,030	+ 3,008	- 4,154
San 04	614,0183	617,0552	609,9010	614,383	- 0,365	+ 2,672	- 4,482
San 05	589,1461	592,1713	585,0666	589,472	- 0,326	+ 2,699	- 4,405
San 06	623,2544	626,2534	619,2598	623,585	- 0,331	+ 2,668	- 4,325
San 07	650,7178	653,7156	646,7261	651,024	- 0,306	+ 2,692	- 4,298
San 08	692,5666	695,5630	688,5773	692,710	- 0,143	+ 2,853	- 4,133
San 09	646,3998	649,4032	642,3869	646,446	- 0,046	+ 2,957	- 4,059
San 10	648,5085	651,5188	644,4737	648,573	- 0,065	+ 2,946	- 4,099
San 11	702,6694	705,6834	698,6221	702,679	- 0,010	+ 3,004	- 4,057
San 12	676,0230	679,0429	671,9554	675,895	+ 0,128	+ 3,148	- 3,940
San 13	683,9771	686,9852	679,9480	683,934	+ 0,043	+ 3,051	- 3,986
San 14	709,3459	712,3389	705,3669	709,391	- 0,045	+ 2,948	- 4,024
San 15	690,5106	693,5008	686,5395	690,486	+ 0,025	+ 3,015	- 3,947
San 16	635,1062	638,0790	631,1969	635,471	- 0,365	+ 2,608	- 4,274
San 17	625,4671	628,4425	621,5478	625,729	- 0,262	+ 2,714	- 4,181
San 18	568,2075	571,1854	564,2783	568,168	+ 0,040	+ 3,017	- 3,890
San 19	629,4614	632,4289	625,5669	629,643	- 0,182	+ 2,786	- 4,076
San 20	666,3736	669,3326	662,5056	666,410	- 0,036	+ 2,923	- 3,904
San 21	692,9024	695,8663	689,0170	692,867	+ 0,035	+ 2,999	- 3,850
VCP 08	643,9714	646,9348	640,0899	644,069	- 0,098	+ 2,866	- 3,979
VT 01	612,7949	615,7984	608,7838	613,030	- 0,235	+ 2,768	- 4,246
VT 40	643,0226	646,0061	639,0745	643,102	- 0,079	+ 2,904	- 4,028

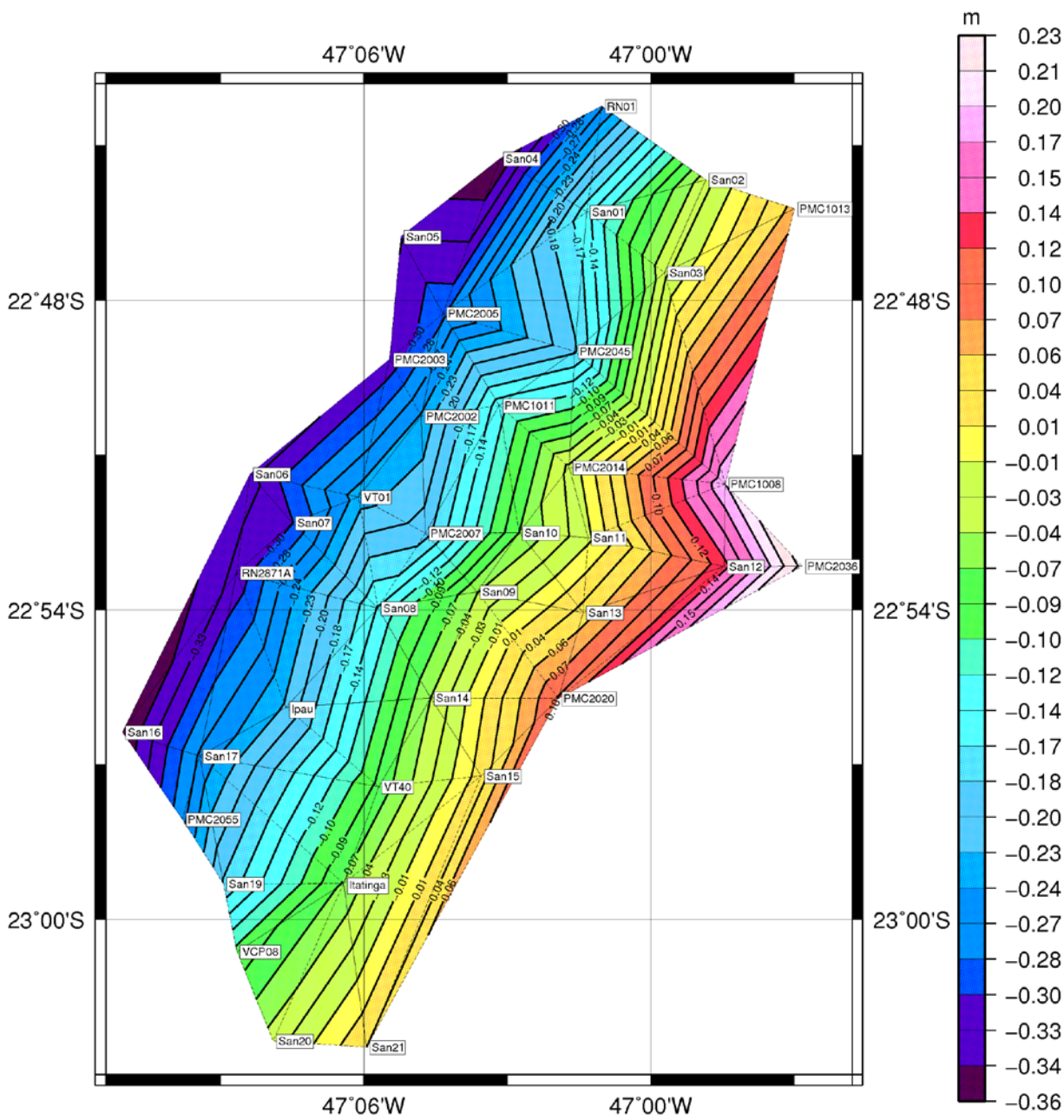


Figura 4.10: Modelo Geoidal da cidade de Campinas - Córrego Alegre.

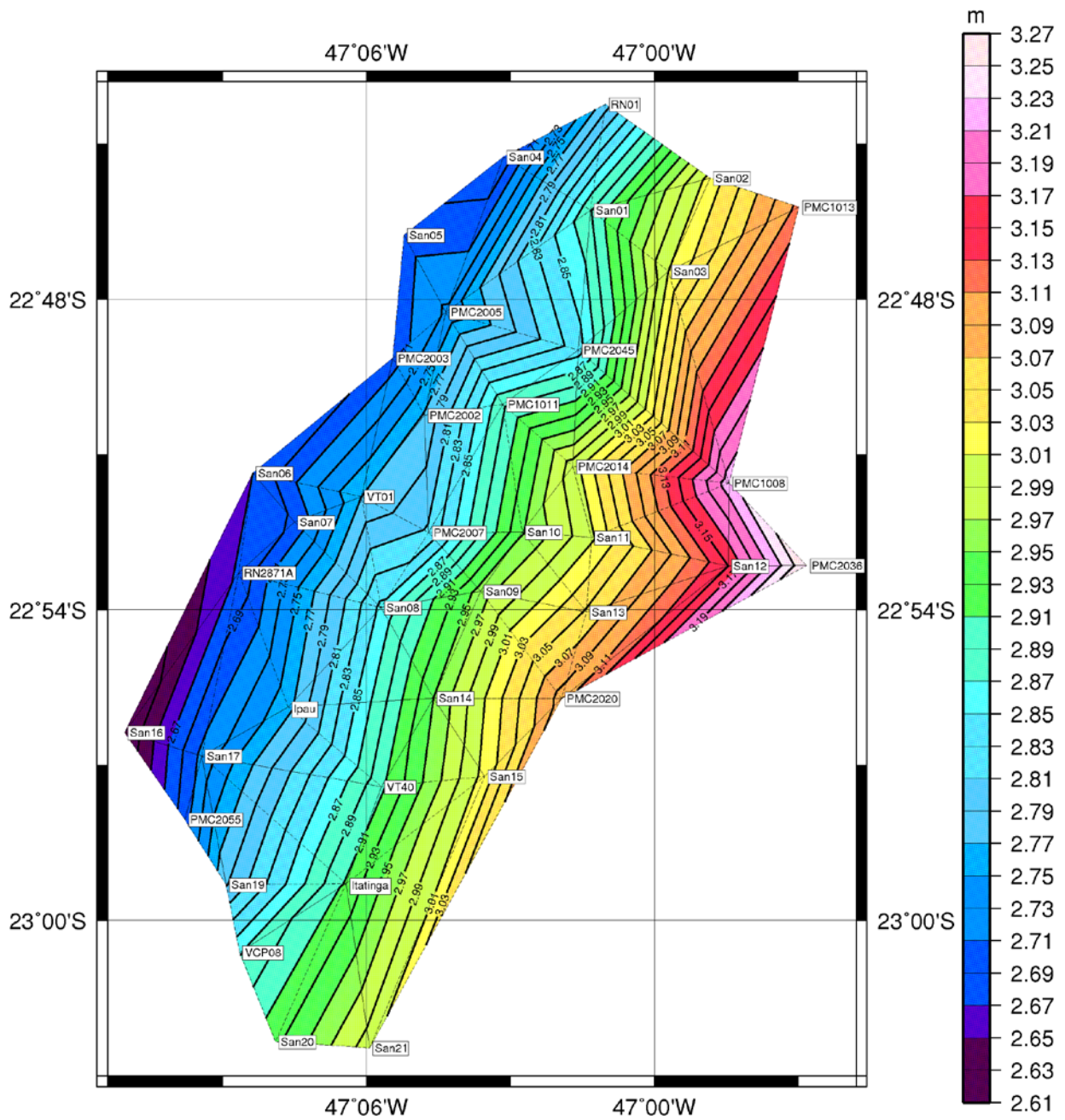


Figura 4.11: Modelo Geoidal da cidade de Campinas – SAD69.

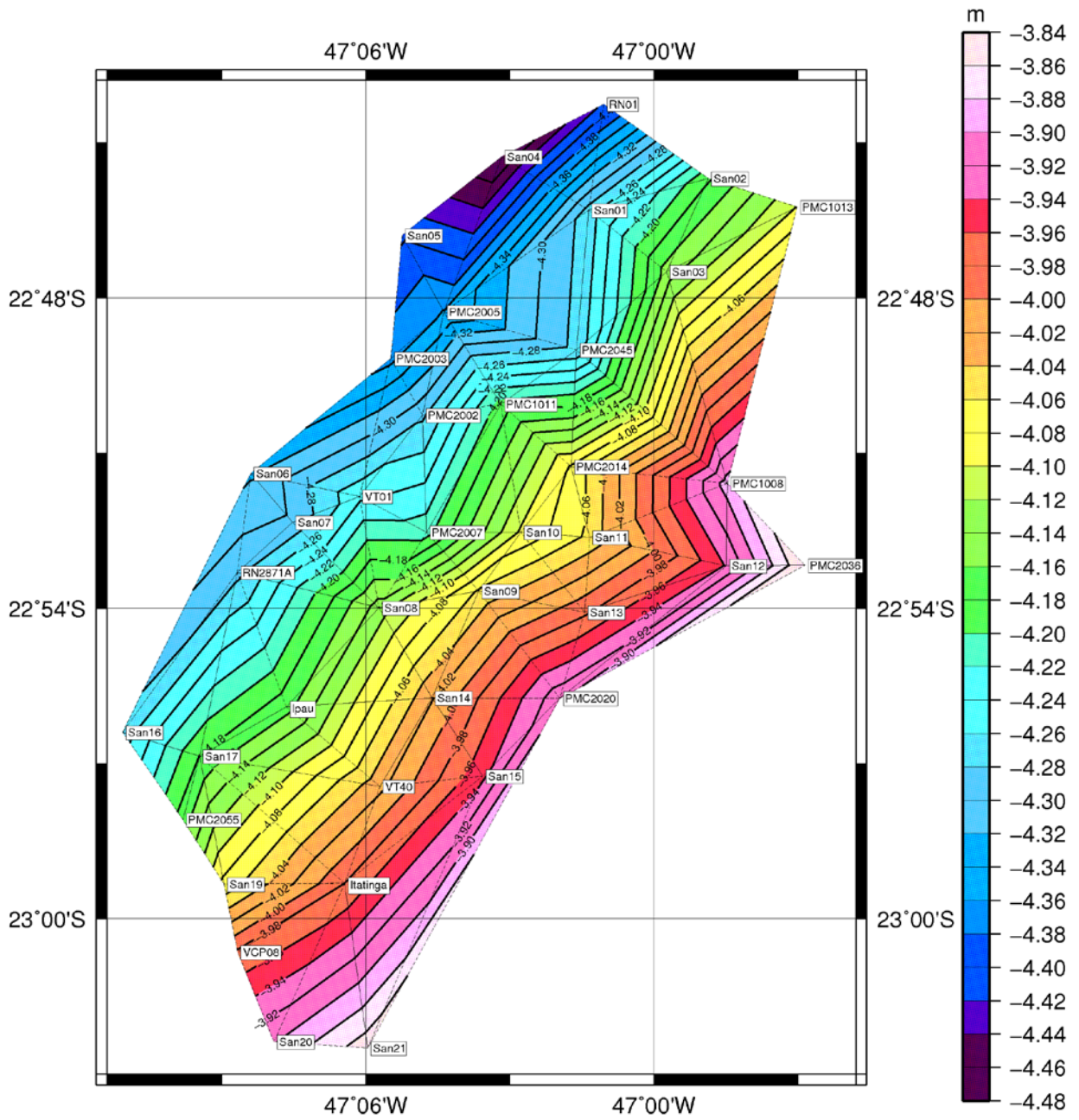


Figura 4.12: Modelo Geoidal da cidade de Campinas – WGS84.



#### 4.5.1. Teste do modelo geoidal

Para testar a acuracidade do modelo geoidal realizou-se novas operações de campo abrangendo rastreamento e nivelamento geométrico de nove pontos.

As altitudes geométricas dos pontos de teste foram determinadas através de observações GPS pelo método de posicionamento relativo estático, utilizando receptores Trimble 4600LS, com tempo de rastreio mínimo de uma hora.

Utilizou-se o programa Toptec para gerar as curvas de isovalores das ondulações geoidais e realizar as interpolações dos pontos de teste (Figura 4.13). Verificou-se que 80% dos pontos testados apresentaram erro médio em torno de 22 milímetros.

Na Tabela 4.12 estão indicadas as estações base utilizadas na determinação dos pontos de teste.

Tabela 4.12: Estações Base e Pontos de Teste

<b>Estação Base</b>	<b>Ponto de Teste</b>	<b>Micro Região</b>
SAN 19	PS Trevo e PS A	32
PMC 2045	PS C	04
SAN 03	PS D	03
VALI	MERC	30
VALI	UNIC	05
SAN 13	RN 2852 L e PS 2852 J	22
VT 01	PMC 2001	10

Tabela 4.13: Teste da carta geoidal – SAD69.

<b>Ponto de Teste</b>	<b>Altitude Elipsoidal (m)</b>	<b>Altitude Ortométrica (m)</b>	<b>Ondulação Geoidal (m)</b>	<b>Interpolação da Ondulação Geoidal Toptec (m)</b>	<b>Diferenças (m)</b>
PS Trevo	675,8590	672,890	2,9690	2,9245	0,0445
PS A	622,7896	620,007	2,7826	2,7867	0,0041
PS C	613,6702	610,803	2,8672	2,9089	0,0417
PS D	594,4745	591,479	2,9955	2,9784	0,0171
Merc	668,9640	666,028	2,9360	2,9158	0,0202
Unic	664,0427	661,277	2,7657	2,7945	0,0288
PMC 2001	619,0171	616,248	2,7691	2,7444	0,0247
RN 2852 L	708,4549	705,4104	3,0445	3,0273	0,0172
PS 2852 J	687,9764	684,9075	3,0689	3,0642	0,0047



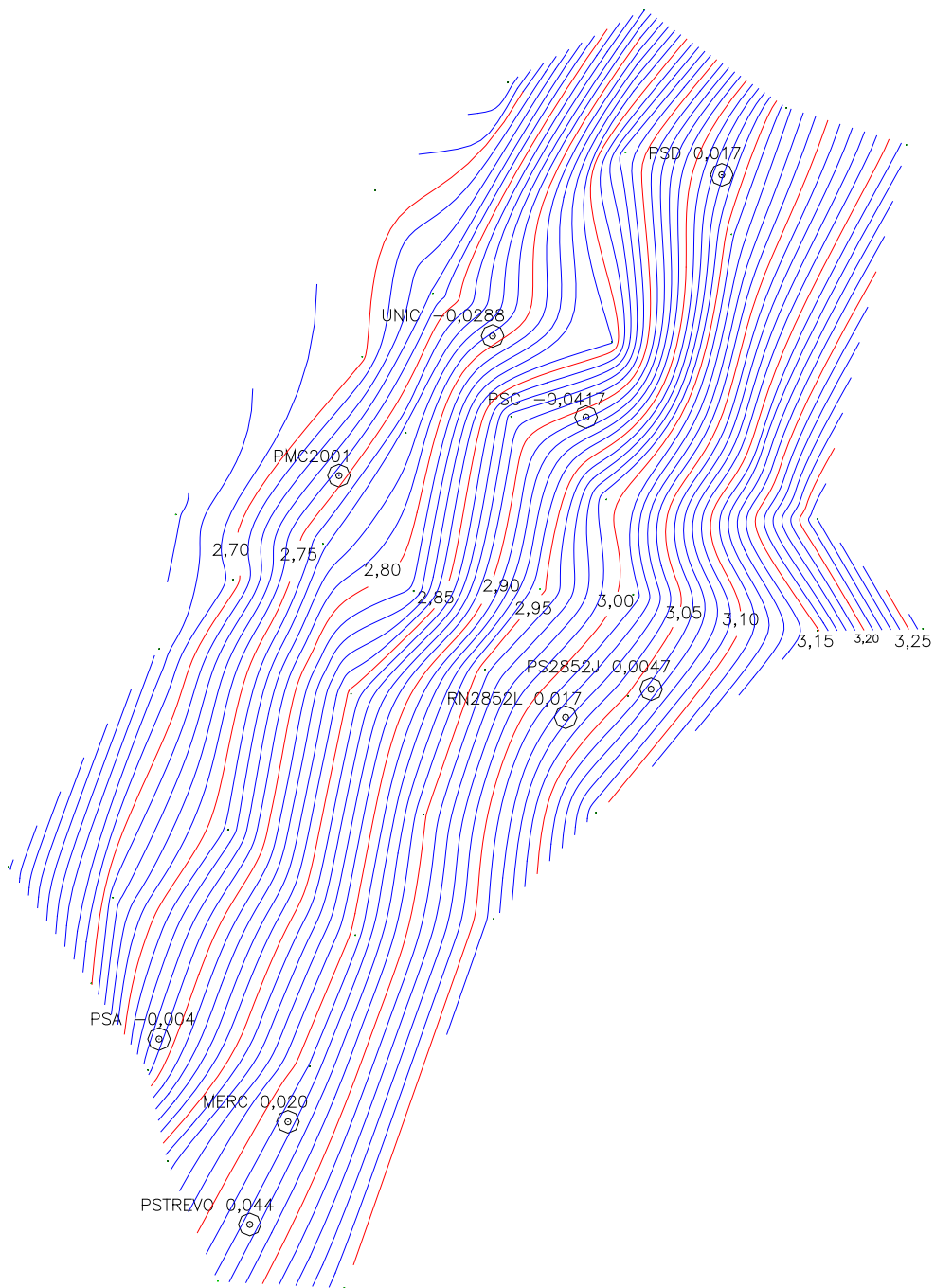


Figura 4.13: Pontos de teste do Modelo Geoidal da cidade de Campinas – SAD69.

#### 4.6. Levantamento gravimétrico das micro regiões

O emprego de gravímetros LaCoste & Romberg modelo G na determinação da aceleração da gravidade nos vértices das micro regiões tem como fundamento básico a utilização desses dados na elaboração das cartas de anomalias Free-air e Bouguer da cidade de Campinas. Porém com os critérios adotados para efetuar as operações de campo desse levantamento, almeja-se também que seja estabelecida uma Rede Gravimétrica Municipal.

A configuração da Rede Gravimétrica Municipal tem a mesma abrangência espacial que a malha urbana da cidade de Campinas. Foi respaldada na estação gravimétrica absoluta Vinhedo, instalada no Observatório Abraão de Moraes do Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo, localizado na cidade de Vinhedo (Figura 4.14).



Figura 4.14: Estação gravimétrica absoluta Vinhedo.  
Fonte: Foto do autor.

Essa estação faz parte da Rede Nacional de Estações Gravimétricas Absolutas – RENEGA e seus dados são:

Gravidade (g): 978563,778 mGal

Erro padrão: 0,010 mGal

Latitude: - 23,0004

Longitude: - 46,9645

Altitude: 863 m

Por informação fornecida pelo Professor Nelsi Côgo de Sá, através de e-mail ao autor em 10 de agosto de 2006, foi esclarecido que a altitude da estação gravimétrica absoluta Vinhedo foi extraída, graficamente, de um mapa topográfico da região.



Figura 4.15: Chapa de materialização da estação gravimétrica absoluta Vinhedo.

Fonte: Foto do autor.

Diante dessa informação e devido a pretensão deste trabalho relativa a precisão almejada para a carta geoidal, providenciou-se o transporte, por nivelamento geométrico, da altitude ortométrica da RN 2863V IBGE (732,8779 m) para a estação gravimétrica absoluta Vinhedo, estabelecendo-se seu valor em 860,514 m (Figura 4.15). Por questão estratégica, determinou-se também as altitudes do vértice Valinhos (91609) e da chapa Terrafoto cravada na base desse pilar obtendo-se, respectivamente, os valores 860,639 m e 859,445 m (Figuras 4.16 e 4.17).

No prosseguimento das operações de campo para as ocupação dos vértices das micro regiões obedeceu-se as especificações técnicas de levantamento gravimétrico para o estabelecimento de estações gravimétricas básicas, conforme descrito no item 3.6.



Figura 4.16: Vértice Valinhos.  
Fonte: Foto do autor.



Figura 4.17: Chapa Terrafoto na base do pilar Valinhos.  
Fonte: Foto do autor.

Os três gravímetros empregados foram do tipo LaCoste & Romberg modelo G a saber: G114, G145 e G146, devidamente calibrados, com respectivos fatores de escala atualizados e concomitantemente utilizados nas mensurações (Figura 4.18).

As configurações dos circuitos tiveram as seguintes estações:

- Vinhedo, PMC2020, SAN 13, SAN 12, PMC2036, PMC1008, SAN 11, PMC2014, SAN 10, SAN 09, PMC2007, RN2852X, PMC2005, UNICAMP, PMC2045, SAN 03, SAN 02, PMC1013, SAN 01, RN 01, SAN 04, SAN 05, PMC2003, SAN 06, RN2871A, SAN 07, SAN 08, SAN 14 e Vinhedo.
- Vinhedo, UNICAMP, IPAU, SAN 16, SAN 17, PMC2055, SAN 19, VCP 08, SAN 20, SAN 21, ITATINGA, VT 40, SAN 15 e Vinhedo.



Figura 4.18: Gravímetro LaCoste & Romberg.  
Fonte: Foto do autor.

As denominações para linhas do levantamento efetuado e respectivos gravímetros LaCoste & Romberg utilizados foram:

- Linhas SP0001 e SP0006 – gravímetro G114;
- Linhas SP0002 e SP0003 – gravímetro G145;
- Linhas SP0004 e SP0005 – gravímetro G146.

A visualização das estações gravimétricas pode ser feita através do mapa contido no Apêndice I.

O programa utilizado para tratamento dos dados foi o GRAVI96, com módulos para entrada de dados e processamento. Foi elaborado em ambiente DOS conjuntamente pela EPUSP e IBGE (CASTRO JUNIOR, 2005).

A entrada de dados das cadernetas de campo é efetuada pelo módulo SEDGRAV e o processamento pelo REDGRAV.

Neste último o programa produz as reduções das observações gravimétricas levando em consideração a atração luni-solar, deriva estática e dinâmica calculando as anomalias Free-air e Bouguer, assim como a gravidade normal através da fórmula internacional. A Tabela 4.14 apresenta os resultados obtidos para a Rede Gravimétrica Municipal de Campinas.

Para gerar os modelos digitais das cartas de anomalias Free-air (Figura 4.19) e Bouguer (Figura 4.20) utilizou-se o programa *Generic Mapping Tools* (GMT).

Tabela 4.14: Valores de g, anomalias Free-air e Bouguer da Rede Gravimétrica Municipal.

Estação	g médio (mGal)	Anomalia Free air Média (mGal)	Anomalia Bouguer Média (mGal)
PMC 2020	978590,410	3,21	-79,75
SAN13	978598,653	-4,48	-81,01
SAN12	978591,947	-12,71	-88,35
PMC2036	978583,750	-16,89	-93,97
PMC1008	978568,770	-2,42	-89,56
SAN11	978591,190	-4,61	-83,24
PMC2014	978605,607	-11,75	-82,03
SAN10	978604,593	-7,87	-80,44
SAN09	978608,200	-6,07	-78,41
PMC2007	978597,490	0,00	-77,98
RN2852X IBGE	978608,170	-14,50	-83,09
PMC2005	978606,320	-17,35	-84,17
GRAVLABTOPO	978603,037	-12,72	-82,66
GRAVLABTOPO	978603,037	-12,72	-82,66
PMC2045	978592,877	-9,52	-84,34
SAN03	978603,813	-17,04	-84,58
SAN02	978582,137	-10,11	-87,32
PMC1013	978566,623	-3,51	-88,96
SAN01	978589,433	-10,66	-85,27
RN01	978604,320	-23,72	-87,40
SAN04	978597,327	-17,80	-86,55
SAN05	978369,603	-15,27	-81,23
PMC2003	978605,217	-13,81	-82,67
SAN06	978610,973	-7,89	-77,67
RN2871A IBGE	978609,210	-8,37	-79,37
SAN07	978605,505	-5,92	-78,77
SAN08	978600,485	0,15	-77,37
SAN14	978599,970	2,90	-76,48
IPAU	978611,027	-4,26	-77,10
SAN16	978616,410	-4,20	-75,31
SAN17	978618,153	-5,95	-75,97
PMC2055	978627,873	-7,47	-73,89
SAN19	978625,630	0,06	-70,40
VCP08	978626,917	4,39	-67,68
SAN20	978626,510	9,00	-65,57
SAN21	978618,027	8,56	-68,97
ITATINGA	978619,293	6,60	-68,52
VT40	978619,437	0,05	-71,91
SAN15	978606,857	2,33	-74,94
SAN18	978634,050	-8,58	-72,16



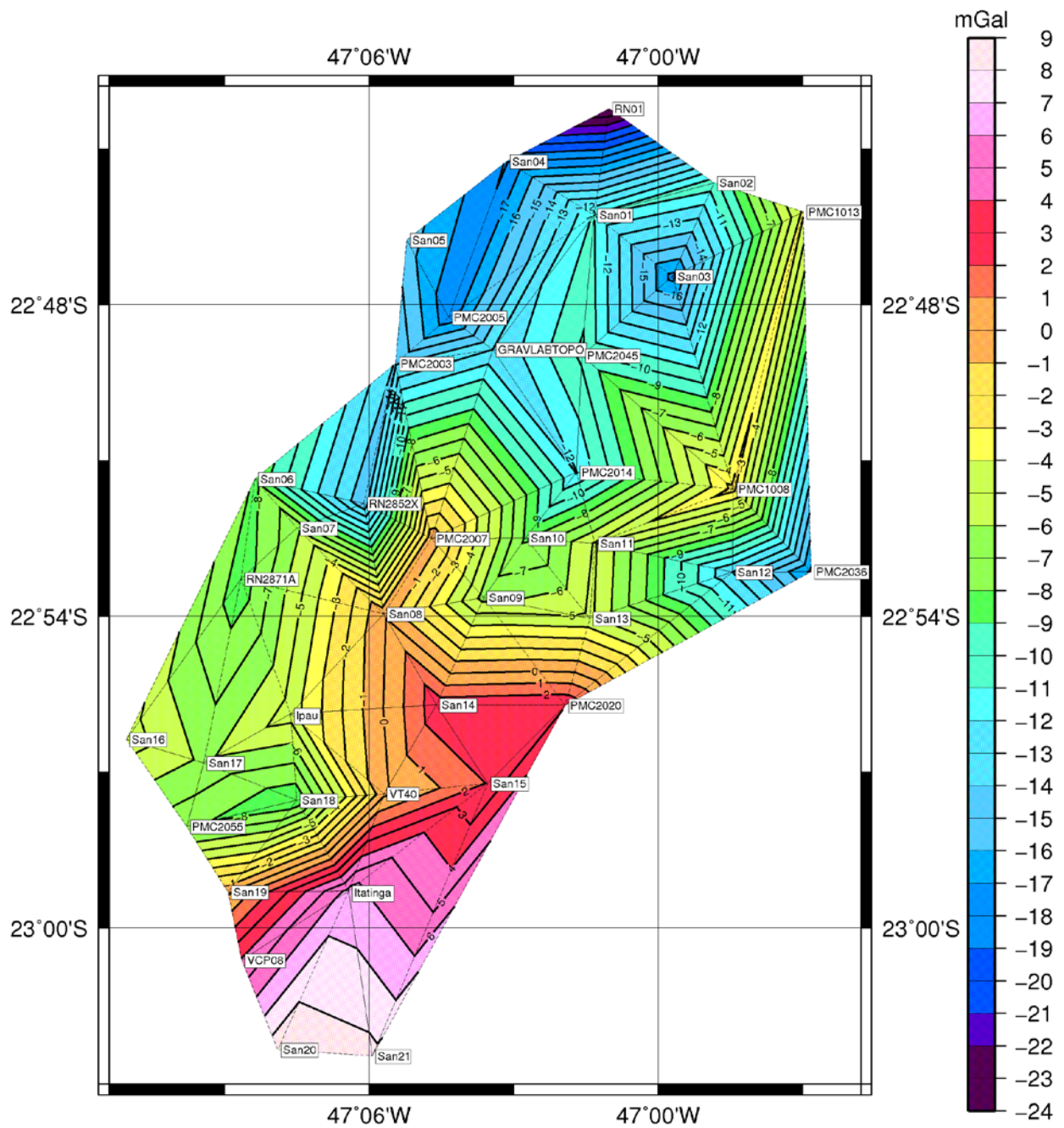


Figura 4.19: Carta de Anomalia Free-air – SAD69 – Cidade de Campinas



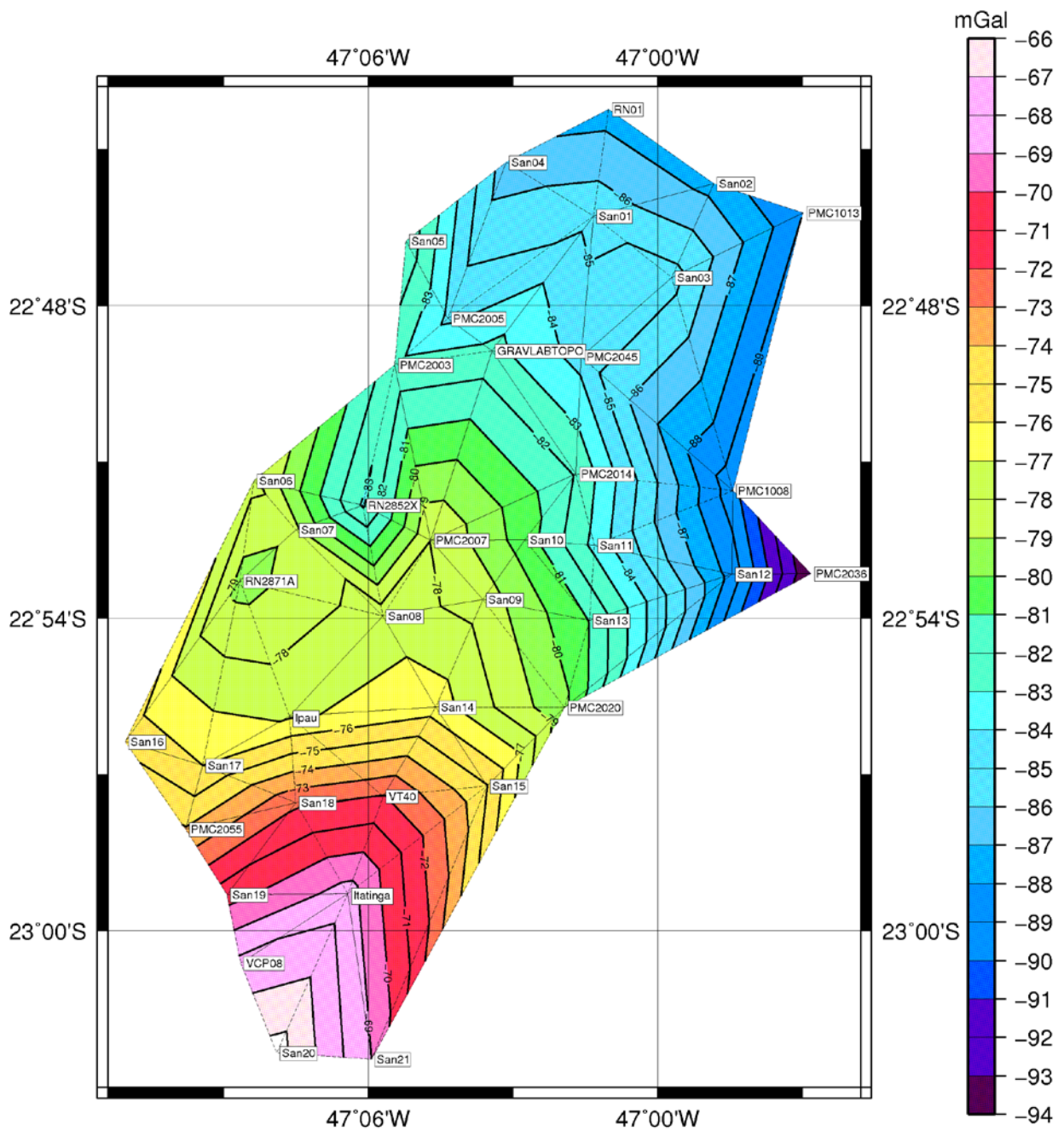


Figura 4.20: Carta de Anomalia Bouguer – SAD69 - Cidade de Campinas.

Os resultados desse tratamento estão em planilhas do Apêndice D.

## 5. Conclusões e Recomendações

### 5.1. Conclusões

Com base nos estudos executados e nos resultados obtidos, podem ser tiradas as seguintes conclusões:

- A ocupação com receptores GPS e o respectivo cálculo/ajustamento dos 12 vértices da rede de referência cadastral básica de Campinas propiciou a adequação dos valores das coordenadas aos valores oficiais, divulgados pelo IBGE, do vértice Valinhos. Ressalta-se também a determinação das novas coordenadas do vértice Prefeitura (Pref), origem do plano topográfico local que, devido a obras de impermeabilização na cobertura do edifício, teve seu local mudado;
- A determinação do modelo geoidal tem como aspecto chave a qualidade e distribuição dos pontos/dados utilizados. Nas quarenta micro regiões implantadas buscou-se uma distribuição que atendesse os empreendimentos atuais e futuros da SANASA e DIDC, visando harmonia nos interesses públicos e privados. Nessa tarefa foram utilizados 19 marcos existentes e implantados 21 novos marcos, cumprindo assim a meta de densificar a rede de referência cadastral do município;
- A logística para execução das operações de campo e a escolha do posicionamento GPS relativo estático mostrou-se adequado aos propósitos dos trabalhos, produzindo uma rede rígida e confiável. O tempo de rastreamento foi fator preponderante para os resultados atingidos;
- O modelo geoidal gerado com seu traçado de isolinhas em equidistâncias de 2 centímetros permite a transformação de altitudes geométricas em ortométricas

com acurácia na ordem de 22 milímetros, sendo adequado para obras de saneamento básico, cadastro técnico multifinalitário e outra aplicação;

- A carência de informações gravimétricas para a cidade de Campinas foi equacionada com a efetiva implantação da Rede Gravimétrica Municipal possibilitando o cálculo das anomalias da gravidade, resultando nas cartas de anomalias Free-air e Bouguer. Deve-se ressaltar que tal rede viabilizará a determinação do número geopotencial para a aplicação nos nivelamentos geométricos. Outras possibilidades são estudos e modelagem em geofísica da região;
- Na utilização da estação gravimétrica absoluta Vinhedo, constatou-se que sua altitude ortométrica, até então, era proveniente da leitura gráfica de mapa topográfico local. Para colaborar para melhoria dos resultados foi realizado, através de nivelamento geométrico, o transporte de altitude para a estação gravimétrica absoluta Vinhedo e vértice Valinhos.

## **5.2. Recomendações**

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

- Continuar o refinamento do modelo geoidal objetivando o uso satisfatório da tecnologia de posicionamento por satélite na obtenção de altitudes com sentido físico na região de Campinas;
- Executar levantamentos para preencher os vazios com informações gravimétricas e observações GPS/nivelamento e para tanto é de vital importância esforços conjuntos das entidades públicas e privadas;

- Que a SANASA e DIDC efetuem nivelamentos geométricos dos vértices da rede de referência cadastral básica de Campinas, assim como providenciem melhor acabamento para o topo desses vértices;
- Efetuar novo processamento com as observações GPS utilizando programa científico;
- Elaborar página na internet visando disponibilizar a consulta e utilização via web dos modelos geoidais, carta de anomalia Free-air, carta de anomalia Bouguer e monografias dos vértices da rede de referencia cadastral e micro regiões.

Varias dessas recomendações já estão em andamento. A FEC/DGT – LABTOPO trabalha no sentido de viabilizar na web os produtos deste trabalho, assim como o novo processamento das redes em programa científico.

Essas iniciativas levam a obter-se novos produtos de relevância científica para a comunidade usuária, seja ela de entidades públicas ou privadas, revertendo sua utilização em projetos de engenharia.

## Referências

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

CAMPOS, I. de O. **Referencial Altimétrico para a Bacia do Rio Amazonas**. Tese (Doutorado) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

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

CLARK, J. E. **GPS III Program: Goals and Status**. 2004. Disponível em: <<http://pnt.gov/outreach/>>. Acesso em: 14 Abr. 2006.

FAGGION, L. P. **Altimetria, Gravimetria e Poligonação**. Curitiba: Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná, 2006. 101 f. Notas de aula de Levantamentos Geodésicos I.

FERNANDES, C. E. de M. **Fundamentos de Prospecção Geofísica**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 1984.

FINLEY, G. **The Global Positioning System: Briefing to Congressional Staff**. 2000. Disponível em: <<ftp://ftp-fc.sc.egov.usda.gov/NCGC/products/gps/generalinfo/doc-briefing.ppt>>. Acesso em: 14 Abr. 2006.

GEMAEL, C. **Introdução à Geodésia Física**. Curitiba: Editora UFPR, 1999.

GEMAEL, C.; ANDRADE, J. B. de **Geodésia Celeste**. Curitiba: Editora UFPR, 2004.

GRAVI96. **Programa**. EPUSP/PTR – IBGE. 1996.

KANESHIRO, B. **Global Positioning System (GPS)**. 2000. Disponível em: <<http://navcen.uscg.gov/CGSIC/35thmeeting/Presentations/Kaneshiro.ppt>>. Acesso em: 06 Ago. 2007.

KIM, J.Y. **The Global Positioning System: A Worldwide Information Utility**. 2002. Disponível em: <<http://www.nesdis.noaa.gov/space/about/kim.html>>. Acesso em: 08 Ago. 2007.

KIM, J.Y. **The Global Positioning System: Serving the World**. 2006. Disponível em: <<http://www.nesdis.noaa.gov/space/about/kim.html>>. Acesso em: 08 Ago. 2007.

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

LOUDEN, D. **Navstar GPS Constellation Status**. 2006. Disponível em: <[http://www.navcen.uscg.gov/cgsic/meetings/USMLS/May\\_2006\\_Meeting/03Const%20stat06%5B1%5D.ppt](http://www.navcen.uscg.gov/cgsic/meetings/USMLS/May_2006_Meeting/03Const%20stat06%5B1%5D.ppt)>. Acesso em: 12 Jul. 2006.

MATOS, A. C. O. C. de. **Implementação de Modelos Digitais de Terreno para Aplicações na Área de Geodésia e Geofísica na América do Sul**. Tese (Doutorado) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

MIRANDA, J. M.; LUIS, J. F.; COSTA, P. T.; SANTOS, F. M. **Fundamentos de Geofísica**. Lisboa: Instituto Geofísico do Infante D. Luiz. Disponível em: <<http://www.cgul.ul.pt/docs>>. Acesso em: 8 mar. 2006.

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

PERZ, M. **GPS Modernization Update**. 2004. Disponível em: <<http://pnt.gov/outreach/>>. Acesso em: 14 Abr. 2006.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: Tecnologia Transdisciplinar**. Minas Gerais: Edição do Autor, 2000.

SATO, H. K. **Método Gravitacional**. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2004. 37 f. Notas de aula de Geofísica.

SEEBER, G. **Satellite Geodesy: Foundations, Methods, and Applications**. Berlin: Walter de Gruyter, 1993.

SEGANTINE, P. C. L. **Sistema de Posicionamento Global**. São Carlos: EESC/USP, 2005.

SEPLAMA/EPUSP. **Coordenadas ajustadas dos 12 (doze) pares de pontos geodésicos da rede do município de Campinas**. Prefeitura Municipal Campinas, 1996. Relatório Final.

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

STANFORD UNIVERSITY – GPSLAB. **Joint Precision Approach and Landing System: JPALS**. 2004. Disponível em: <<http://waas.stanford.edu/research/jpals.htm>>. Acesso em: 08 Ago. 2007.

TELFORD, W. M.; GELDART, L. P.; SHERIFF, R. E. **Applied geophysics**. Cambridge University Press, 1990.

TIMMEN, L.; RODER, R. H.; SCHNULL, M.; TORGE, W. **Large Scale Absolute Gravity Control in South America – The JILAG-3 Campaigns 1988 to 1991**. Institut Fur Erdmessung - University of Hannover, 1991.

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

TOPCON. **Topcon Tools – Post-processing Software: Reference Manual**, rev G. 2006.

TOPTEC. **Toptec SLT 3.0 – Sistema de Cálculos Topográficos.** 2002.

TORGE, W. **Geodesy.** 3<sup>rd</sup> Edition. Berlin: Walter de Gruyter, 2001.

UNITED STATES DEPARTMENT COMMERCE - USDC. **Civil User Benefits of the Modernized Global Positioning System.** 2000. Disponível em: <<http://www.ncgc.nrcs.usda.gov/products/gps/modernization-benefits.ppt>>. Acesso em: 14 Abr. 2006.

WOLF, P. R.; GUILANI, C. D. **Elementary Surveying: An Introduction to Geomatics.** New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 2002.

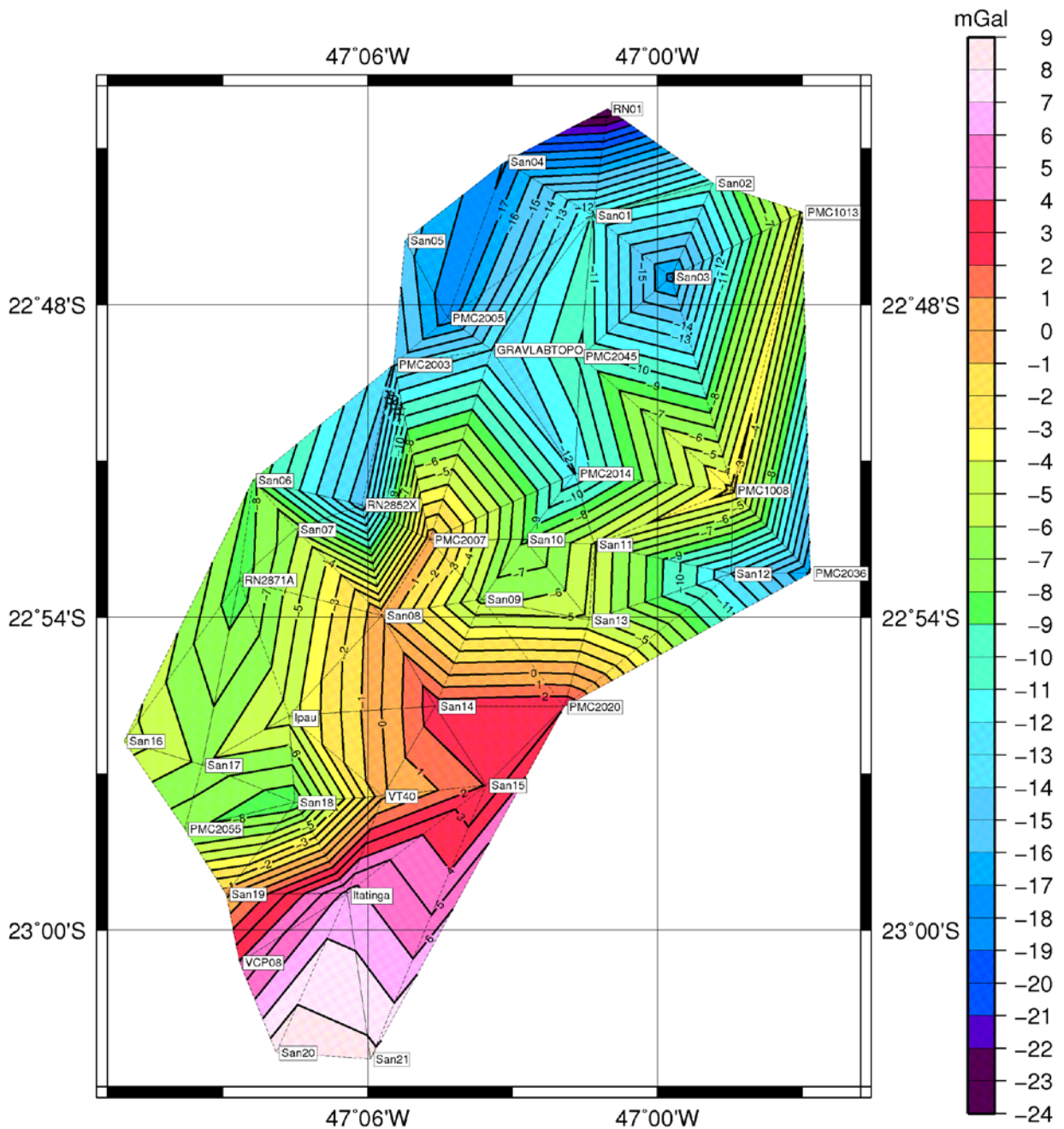
## **APÊNDICE A – MAPA DAS MICRO REGIÕES**



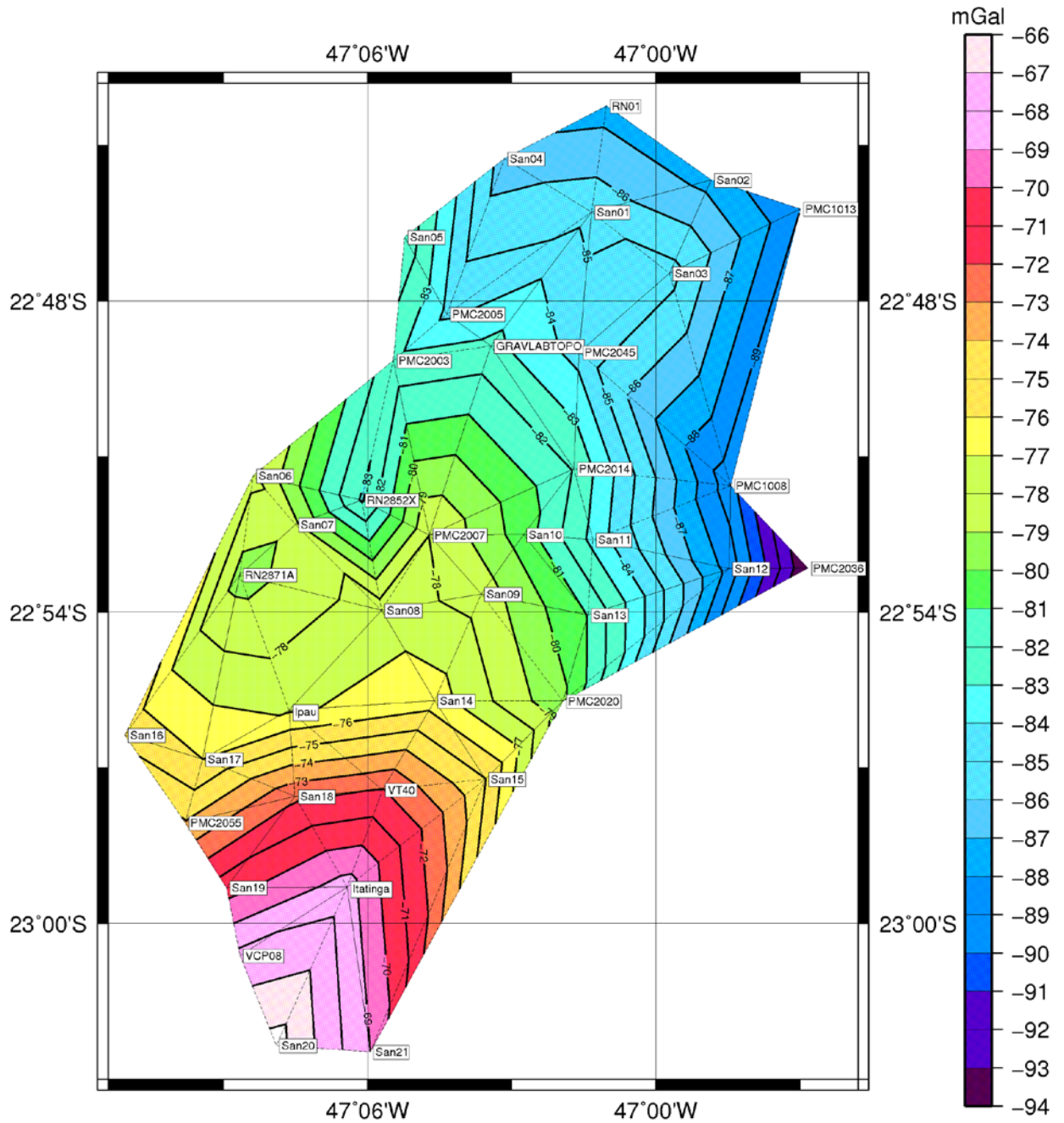
## **APÊNDICE A – MAPA DAS MICRO REGIÕES**

# APÊNDICE B – CARTAS DE ANOMALIAS

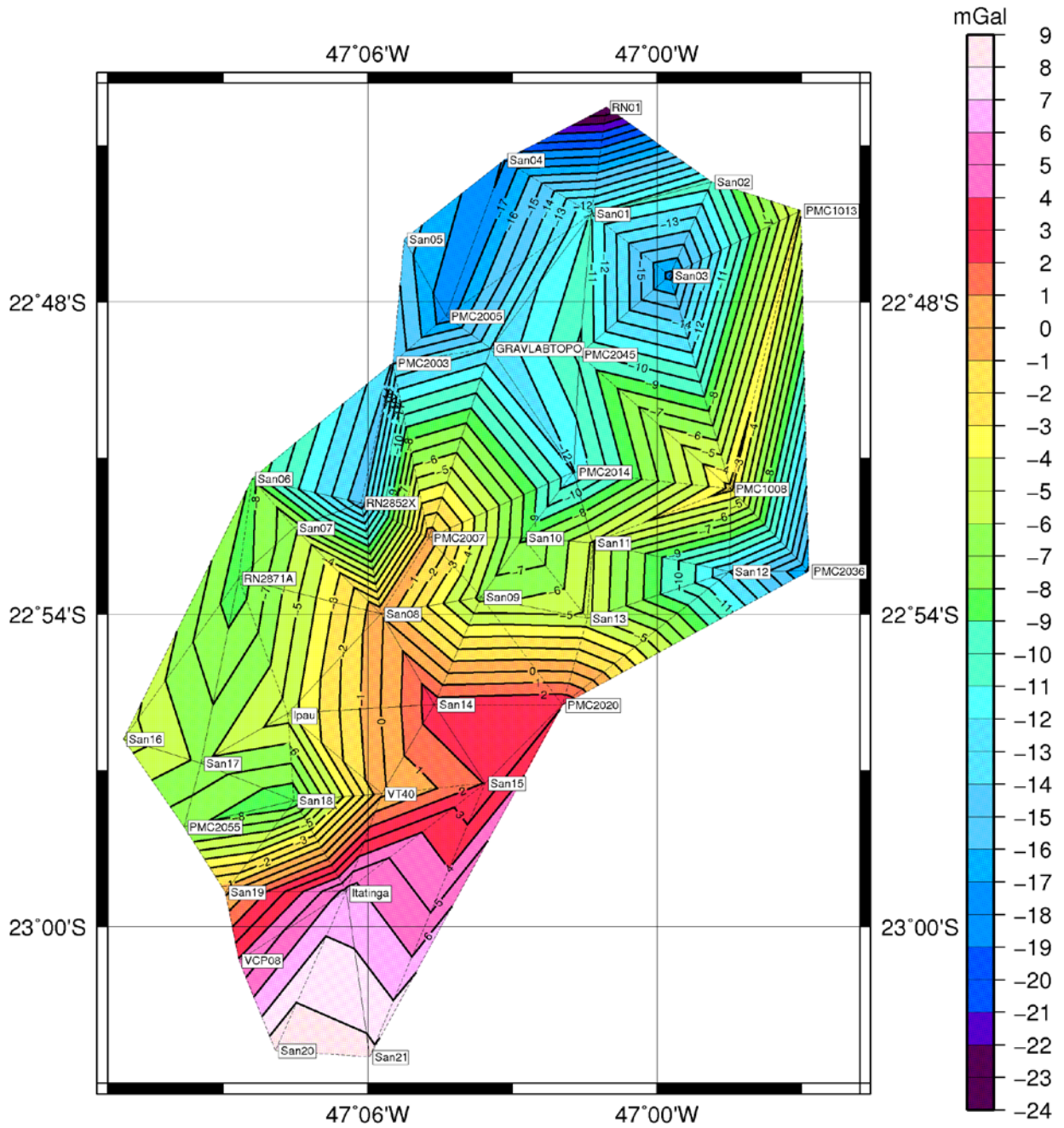
## B.1 Carta de Anomalia Free-air – Córrego Alegre



## B.2 Carta de Anomalia Bouguer – Córrego Alegre

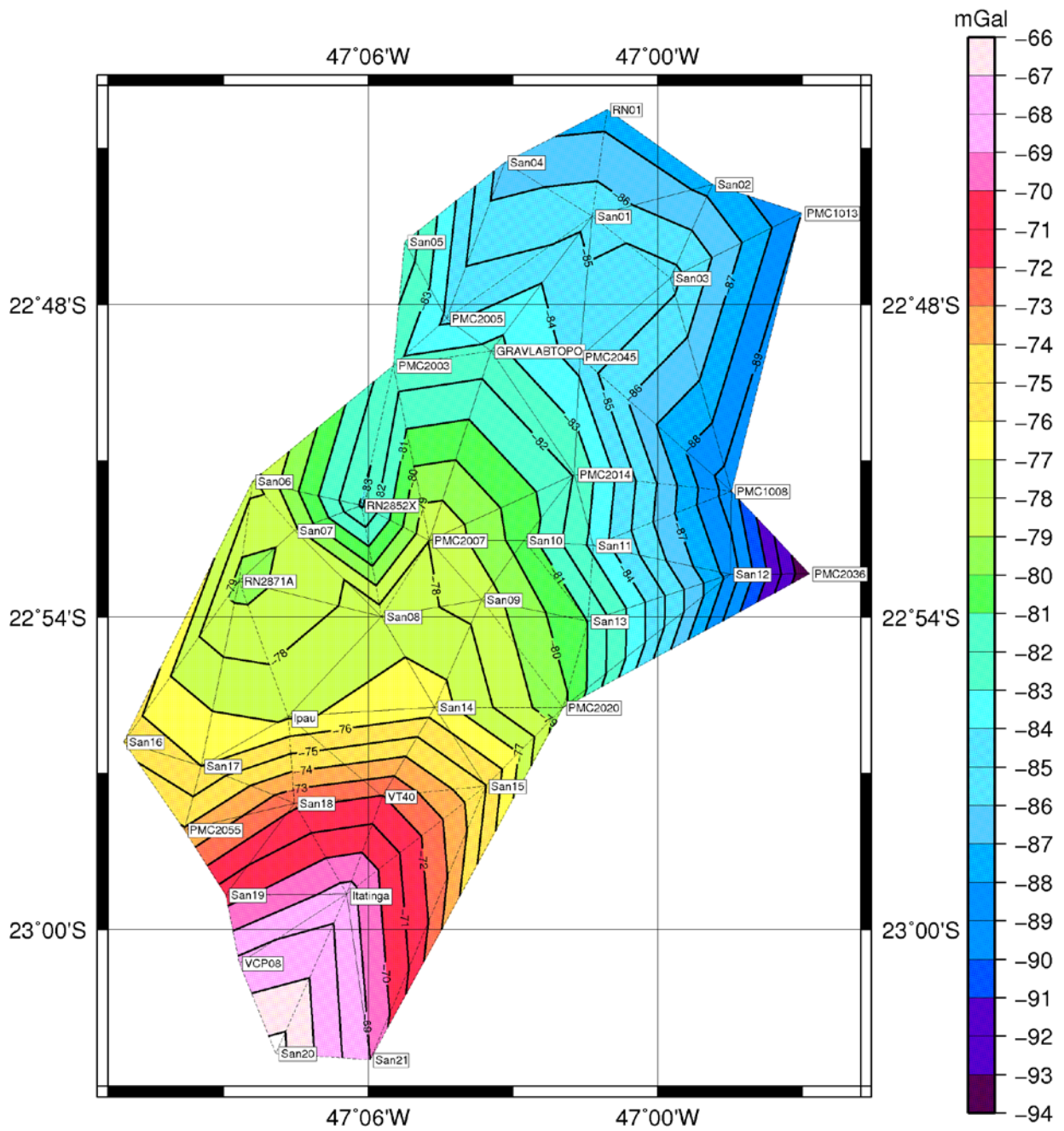


### B.3 Carta de Anomalia Free-air – WGS 84





### B.4 Carta de Anomalia Bouguer – WGS 84



## APÊNDICE C – RELATÓRIOS DE AJUSTAMENTOS

### C.1 Relatório de Ajustamento – Vértices UNIC e MERC – Córrego Alegre

#### Project Summary

Project name: ValiUnicMerc3B.ttp – Topcon Tools 6.11 Córrego Alegre

Surveyor: **Erico Francisco Innocente**

Comment: Cálculo dos vértices Unic e Merc através do vértice Vali.

Linear unit: Meters

Projection: UTMSouthCorrAlegre-Zone\_23 : 48W to 42W

Geoid:

#### Adjustment Summary

Adjustment type: Plane + Height, Minimal constraint

Confidence level: 95 %

Number of adjusted points: 3

Number of plane control points: 1

Number of used GPS vectors: 21

A posteriori plane UWE: 0,839348 , Bounds: ( 0,7757465 , 1,223658 )

Number of height control points: 1

A posteriori height UWE: 1,281292 , Bounds: ( 0,6847973 , 1,314894 )

Used GPS Observations					
Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horizontal Precision (m)	Vertical Precision (m)
Merc-Unic	20756,053	5416,618	-4,9931	0,006	0,0137
Merc-Unic	20756,049	5416,623	-4,9377	0,007	0,0141
Merc-Unic	20756,046	5416,621	-4,9464	0,008	0,0159
Merc-Unic	20756,047	5416,618	-4,9807	0,006	0,0135
Merc-Vali	211,271	15095,575	194,9287	0,004	0,0098
Merc-Vali	211,272	15095,574	194,9469	0,005	0,0097
Merc-Vali	211,267	15095,576	194,9282	0,004	0,0096
Merc-Vali	211,277	15095,571	194,9065	0,004	0,0096
Merc-Vali	211,275	15095,573	194,9415	0,004	0,0098
Merc-Vali	211,270	15095,565	194,9449	0,005	0,0116
Merc-Vali	211,274	15095,571	194,9142	0,005	0,0095
Unic-Vali	-20544,767	9678,953	199,9285	0,008	0,0143
Unic-Vali	-20544,774	9678,951	199,9050	0,007	0,0143
Unic-Vali	-20544,769	9678,958	199,9101	0,008	0,0153
Unic-Vali	-20544,773	9678,953	199,9026	0,007	0,0145
Unic-Vali	-20544,781	9678,953	199,9038	0,007	0,0146
Unic-Vali	-20544,776	9678,953	199,8968	0,007	0,0143
Unic-Vali	-20544,777	9678,951	199,9079	0,007	0,0141
Unic-Vali	-20544,775	9678,949	199,8955	0,007	0,0142
Unic-Vali	-20544,767	9678,944	199,9249	0,008	0,0170
Unic-Vali	-20544,773	9678,950	199,8984	0,007	0,0140

GPS Observation Residuals					
Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horizontal Precision (m)	Vertical Precision (m)
Merc-Unic	20756,053	5416,618	-4,9931	0,006	0,0137
Merc-Unic	20756,049	5416,623	-4,9377	0,007	0,0141
Merc-Unic	20756,046	5416,621	-4,9464	0,008	0,0159
Merc-Unic	20756,047	5416,618	-4,9807	0,006	0,0135
Merc-Vali	211,271	15095,575	194,9287	0,004	0,0098
Merc-Vali	211,272	15095,574	194,9469	0,005	0,0097
Merc-Vali	211,267	15095,576	194,9282	0,004	0,0096
Merc-Vali	211,277	15095,571	194,9065	0,004	0,0096
Merc-Vali	211,275	15095,573	194,9415	0,004	0,0098
Merc-Vali	211,270	15095,565	194,9449	0,005	0,0116
Merc-Vali	211,274	15095,571	194,9142	0,005	0,0095
Unic-Vali	-20544,767	9678,953	199,9285	0,008	0,0143
Unic-Vali	-20544,774	9678,951	199,9050	0,007	0,0143
Unic-Vali	-20544,769	9678,958	199,9101	0,008	0,0153
Unic-Vali	-20544,773	9678,953	199,9026	0,007	0,0145
Unic-Vali	-20544,781	9678,953	199,9038	0,007	0,0146
Unic-Vali	-20544,776	9678,953	199,8968	0,007	0,0143
Unic-Vali	-20544,777	9678,951	199,9079	0,007	0,0141
Unic-Vali	-20544,775	9678,949	199,8955	0,007	0,0142
Unic-Vali	-20544,767	9678,944	199,9249	0,008	0,0170
Unic-Vali	-20544,773	9678,950	199,8984	0,007	0,0140

Control Points				
Name	Latitude	Longitude	Ell.Height (m)	Code
Vali	23°00'04,82723S	46°57'56,71244W	860,9246	Base

Adjusted Points					
Name	Latitude	Longitude	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Ell.Height (m)
Merc	23°00'04,86715S	47°06'46,74282W	7454736,293	283416,990	665,9934
Unic	22°48'52,81980S	47°03'26,40984W	7475492,340	288833,610	661,0205

## C.2 Relatório de Ajustamento – Vértices UNIC e MERC – SAD 69

### Project Summary

Project name: ValiUnicMerc3B.ttp – Topcon Tools 6.11 SAD69

Surveyor: **Erico Francisco Innocente**

Comment: Cálculo dos vértices Unic e Merc através do vértice Vali.

Linear unit: Meters

Projection: UTMSouthSAD69-Zone\_23 : 48W to 42W

Geoid:

### Adjustment Summary

Adjustment type: Plane + Height, Minimal constraint

Confidence level: 95 %

Number of adjusted points: 3

Number of plane control points: 1

Number of used GPS vectors: 21

A posteriori plane UWE: 0,839348 , Bounds: ( 0,7757465 , 1,223658 )

Number of height control points: 1

A posteriori height UWE: 1,281292 , Bounds: ( 0,6847973 , 1,314894 )

Used GPS Observations					
Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horizontal Precision (m)	Vertical Precision (m)
Merc-Unic	20756,042	5416,616	-4,9415	0,006	0,0137
Merc-Unic	20756,038	5416,621	-4,8861	0,007	0,0141
Merc-Unic	20756,034	5416,619	-4,8948	0,008	0,0159
Merc-Unic	20756,036	5416,616	-4,9291	0,006	0,0135
Merc-Vali	211,269	15095,567	194,9536	0,004	0,0098
Merc-Vali	211,271	15095,565	194,9718	0,005	0,0097
Merc-Vali	211,265	15095,568	194,9531	0,004	0,0096
Merc-Vali	211,276	15095,562	194,9314	0,004	0,0096
Merc-Vali	211,273	15095,564	194,9664	0,004	0,0098
Merc-Vali	211,268	15095,556	194,9698	0,005	0,0116
Merc-Vali	211,273	15095,563	194,9391	0,005	0,0095
Unic-Vali	-20544,757	9678,946	199,9018	0,008	0,0143
Unic-Vali	-20544,764	9678,944	199,8783	0,007	0,0143
Unic-Vali	-20544,759	9678,951	199,8834	0,008	0,0153
Unic-Vali	-20544,763	9678,946	199,8759	0,007	0,0145
Unic-Vali	-20544,771	9678,946	199,8771	0,007	0,0146
Unic-Vali	-20544,766	9678,947	199,8701	0,007	0,0143
Unic-Vali	-20544,767	9678,944	199,8812	0,007	0,0141
Unic-Vali	-20544,765	9678,942	199,8687	0,007	0,0142
Unic-Vali	-20544,757	9678,937	199,8982	0,008	0,0170
Unic-Vali	-20544,763	9678,943	199,8717	0,007	0,0140



GPS Observation Residuals					
Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horizontal Precision (m)	Vertical Precision (m)
Merc-Unic	20756,042	5416,616	-4,9415	0,006	0,0137
Merc-Unic	20756,038	5416,621	-4,8861	0,007	0,0141
Merc-Unic	20756,034	5416,619	-4,8948	0,008	0,0159
Merc-Unic	20756,036	5416,616	-4,9291	0,006	0,0135
Merc-Vali	211,269	15095,567	194,9536	0,004	0,0098
Merc-Vali	211,271	15095,565	194,9718	0,005	0,0097
Merc-Vali	211,265	15095,568	194,9531	0,004	0,0096
Merc-Vali	211,276	15095,562	194,9314	0,004	0,0096
Merc-Vali	211,273	15095,564	194,9664	0,004	0,0098
Merc-Vali	211,268	15095,556	194,9698	0,005	0,0116
Merc-Vali	211,273	15095,563	194,9391	0,005	0,0095
Unic-Vali	-20544,757	9678,946	199,9018	0,008	0,0143
Unic-Vali	-20544,764	9678,944	199,8783	0,007	0,0143
Unic-Vali	-20544,759	9678,951	199,8834	0,008	0,0153
Unic-Vali	-20544,763	9678,946	199,8759	0,007	0,0145
Unic-Vali	-20544,771	9678,946	199,8771	0,007	0,0146
Unic-Vali	-20544,766	9678,947	199,8701	0,007	0,0143
Unic-Vali	-20544,767	9678,944	199,8812	0,007	0,0141
Unic-Vali	-20544,765	9678,942	199,8687	0,007	0,0142
Unic-Vali	-20544,757	9678,937	199,8982	0,008	0,0170
Unic-Vali	-20544,763	9678,943	199,8717	0,007	0,0140

Control Points				
Name	Latitude	Longitude	Ell.Height (m)	Code
Vali	23°00'04,40890S	46°57'56,33289W	863,9200	Base

Adjusted Points					
Name	Latitude	Longitude	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Ell.Height (m)
Merc	23°00'04,44915S	47°06'46,38265W	7454773,843	283435,271	668,9640
Unic	22°48'52,39269S	47°03'26,04285W	7475529,879	288851,890	664,0427

### C.3 Relatório de Ajustamento – Vértices UNIC e MERC – WGS 84

#### Project Summary

Project name: ValiUnicMerc3B.ttp – Topcon Tools 6.11 – GEO e UTM - WGS84

Surveyor: **Erico Francisco Innocente**

Comment: Cálculo dos vértices Unic e Merc através do vértice Vali.

Linear unit: Meters

Projection: UTMSouth-Zone\_23 : 48W to 42W

Geoid:

#### Adjustment Summary

Adjustment type: Plane + Height, Minimal constraint

Confidence level: 95 %

Number of adjusted points: 3

Number of plane control points: 1

Number of used GPS vectors: 21

A posteriori plane UWE: 0,839348 , Bounds: ( 0,7757465 , 1,223658 )

Number of height control points: 1

A posteriori height UWE: 1,281292 , Bounds: ( 0,6847973 , 1,314894 )

Used GPS Observations					
Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horizontal Precision (m)	Vertical Precision (m)
Merc-Unic	20756,071	5416,617	-5,1586	0,006	0,0137
Merc-Unic	20756,067	5416,622	-5,1033	0,007	0,0141
Merc-Unic	20756,063	5416,621	-5,1120	0,008	0,0159
Merc-Unic	20756,065	5416,617	-5,1463	0,006	0,0135
Merc-Vali	211,275	15095,588	194,8449	0,004	0,0098
Merc-Vali	211,277	15095,586	194,8631	0,005	0,0097
Merc-Vali	211,272	15095,589	194,8444	0,004	0,0096
Merc-Vali	211,282	15095,584	194,8226	0,004	0,0096
Merc-Vali	211,279	15095,586	194,8577	0,004	0,0098
Merc-Vali	211,274	15095,577	194,8611	0,005	0,0116
Merc-Vali	211,279	15095,584	194,8304	0,005	0,0095
Unic-Vali	-20544,780	9678,966	200,0103	0,008	0,0143
Unic-Vali	-20544,787	9678,964	199,9868	0,007	0,0143
Unic-Vali	-20544,782	9678,971	199,9918	0,008	0,0153
Unic-Vali	-20544,786	9678,966	199,9844	0,007	0,0145
Unic-Vali	-20544,794	9678,966	199,9855	0,007	0,0146
Unic-Vali	-20544,789	9678,967	199,9786	0,007	0,0143
Unic-Vali	-20544,790	9678,964	199,9896	0,007	0,0141
Unic-Vali	-20544,788	9678,962	199,9772	0,007	0,0142
Unic-Vali	-20544,780	9678,957	200,0067	0,008	0,0170
Unic-Vali	-20544,786	9678,963	199,9802	0,007	0,0140

GPS Observation Residuals					
Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horizontal Precision (m)	Vertical Precision (m)
Merc-Unic	20756,071	5416,617	-5,1586	0,006	0,0137
Merc-Unic	20756,067	5416,622	-5,1033	0,007	0,0141
Merc-Unic	20756,063	5416,621	-5,1120	0,008	0,0159
Merc-Unic	20756,065	5416,617	-5,1463	0,006	0,0135
Merc-Vali	211,275	15095,588	194,8449	0,004	0,0098
Merc-Vali	211,277	15095,586	194,8631	0,005	0,0097
Merc-Vali	211,272	15095,589	194,8444	0,004	0,0096
Merc-Vali	211,282	15095,584	194,8226	0,004	0,0096
Merc-Vali	211,279	15095,586	194,8577	0,004	0,0098
Merc-Vali	211,274	15095,577	194,8611	0,005	0,0116
Merc-Vali	211,279	15095,584	194,8304	0,005	0,0095
Unic-Vali	-20544,780	9678,966	200,0103	0,008	0,0143
Unic-Vali	-20544,787	9678,964	199,9868	0,007	0,0143
Unic-Vali	-20544,782	9678,971	199,9918	0,008	0,0153
Unic-Vali	-20544,786	9678,966	199,9844	0,007	0,0145
Unic-Vali	-20544,794	9678,966	199,9855	0,007	0,0146
Unic-Vali	-20544,789	9678,967	199,9786	0,007	0,0143
Unic-Vali	-20544,790	9678,964	199,9896	0,007	0,0141
Unic-Vali	-20544,788	9678,962	199,9772	0,007	0,0142
Unic-Vali	-20544,780	9678,957	200,0067	0,008	0,0170
Unic-Vali	-20544,786	9678,963	199,9802	0,007	0,0140

Control Points				
Name	WGS84 Latitude	WGS84 Longitude	WGS84 Ell.Height (m)	Code
Vali	23°00'06,16764S	46°57'57,94430W	856,9348	Base

Adjusted Points					
Name	WGS84 Latitude	WGS84 Longitude	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	WGS84 Ell.Height (m)
Merc	23°00'06,20645S	47°06'47,99850W	7454727,913	283390,814	662,0875
Unic	22°48'54,14752S	47°03'27,65483W	7475483,978	288807,434	656,9490

## C.4 Relatório de Ajustamento – Rede Prefeitura e Micro Regiões – Córrego Alegre

### Project Summary

Project name: Rede PrefMicroRegioesB.ttp – Topcon Tools 6.11 – Córrego Alegre.

Surveyor: **Erico Francisco Innocente**

Comment: Rede de vértices da Prefeitura/USP e Micro Regiões. Vértices bases: Vali, Merc e Unic. Vértices ajustados: Cemi, Ipau, Anel, Chap, Pref, Trev, Palm, Mirt, Atal, Tele e Micro Regiões.

Linear unit: Meters

Projection: UTMSouthCorrAlegre-Zone\_23 : 48W to 42W

Geoid:

### Adjustment Summary

Adjustment type: Plane + Height, Constraint

Confidence level: 95 %

Number of adjusted points: 52

Number of plane control points: 3

Number of used GPS vectors: 471

Number of rejected GPS vectors by plane: 13

A posteriori plane UWE: 1,780563 , Bounds: ( 0,9515347 , 1,048433 )

Number of height control points: 1

Number of rejected GPS vectors by height: 4

A posteriori height UWE: 1,530778 , Bounds: ( 0,9320419 , 1,067896 )

GPS Observation Residuals					
Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horizontal Precision (m)	Vertical Precision (m)
Anel-Palm	7085,049	1539,352	-65,4026	0,004	0,0074
Anel-Palm	7085,041	1539,353	-65,3945	0,004	0,0075
Anel-Palm	7085,055	1539,353	-65,4217	0,002	0,0050
Anel-Pref	6595,457	-3459,881	-52,3191	0,004	0,0072
Anel-Pref	6595,451	-3459,880	-52,3261	0,005	0,0096
Anel-Pref	6595,468	-3459,884	-52,3251	0,003	0,0057
Anel-Trev	12794,116	-5690,620	-136,3988	0,006	0,0127
Anel-Trev	12794,115	-5690,625	-136,3811	0,005	0,0099
Anel-Trev	12794,109	-5690,623	-136,4117	0,004	0,0091
Anel-Unic	16066,337	-3614,701	-121,2865	0,006	0,0125
Anel-Unic	16066,350	-3614,711	-121,2611	0,005	0,0112
Anel-Unic	16066,351	-3614,702	-121,2530	0,005	0,0107
Anel-Vali	-4478,411	6064,228	78,6627	0,004	0,0071
Anel-Vali	-4478,417	6064,232	78,6600	0,003	0,0063
Anel-Vali	-4478,420	6064,239	78,6669	0,002	0,0051
Atal-Mirt	5866,321	-11631,613	-109,3169	0,004	0,0091
Atal-Mirt	5866,318	-11631,612	-109,2894	0,004	0,0093
Atal-Mirt	5866,324	-11631,612	-109,2895	0,004	0,0083
Atal-Pref	-8407,236	-14826,592	-74,4975	0,006	0,0116
Atal-Pref	-8407,231	-14826,585	-74,4905	0,005	0,0112
Atal-Pref	-8407,231	-14826,586	-74,4507	0,005	0,0111
Atal-Tele	-5998,778	9562,012	230,1962	0,004	0,0083

Atal-Tele	-5998,775	9562,016	230,1788	0,004	0,0088
Atal-Tele	-5998,777	9562,015	230,1673	0,004	0,0085
Atal-Unic	1063,648	-14981,411	-143,4098	0,005	0,0103
Atal-Unic	1063,645	-14981,402	-143,3976	0,005	0,0104
Atal-Unic	1063,647	-14981,405	-143,3643	0,005	0,0101
Atal-Vali	-19481,133	-5302,458	56,5059	0,006	0,0127
Atal-Vali	-19481,131	-5302,453	56,5124	0,006	0,0127
Atal-Vali	-19481,132	-5302,453	56,5325	0,006	0,0126
Cemi-Chap	11104,187	8673,172	66,2781	0,005	0,0088
Cemi-Chap	11104,189	8673,174	66,2869	0,004	0,0090
Cemi-Chap	11104,178	8673,170	66,2824	0,004	0,0091
Cemi-Ipau	6641,822	4844,360	34,7901	0,004	0,0067
Cemi-Ipau	6641,829	4844,362	34,8037	0,003	0,0055
Cemi-Ipau	6641,822	4844,359	34,8042	0,003	0,0066
Cemi-Merc	-1077,419	6426,483	50,0566	0,002	0,0047
Cemi-Merc	-1077,419	6426,487	50,0650	0,002	0,0046
Cemi-Merc	-1077,420	6426,486	50,0554	0,002	0,0048
Cemi-Pref	10207,756	11997,931	114,0006	0,005	0,0097
Cemi-Pref	10207,755	11997,933	113,9916	0,004	0,0101
Cemi-Pref	10207,747	11997,929	114,0104	0,005	0,0106
Cemi-Vali	-866,144	21522,058	245,0005	0,007	0,0131
Cemi-Vali	-866,144	21522,061	244,9826	0,006	0,0135
Cemi-Vali	-866,153	21522,062	244,9913	0,006	0,0136
Chap-Ipau	-4462,340	-3828,801	-31,5106	0,002	0,0042
Chap-Ipau	-4462,347	-3828,805	-31,4961	0,002	0,0041
Chap-Ipau	-4462,346	-3828,804	-31,4995	0,002	0,0044
Chap-Merc	-12181,602	-2246,688	-16,2354	0,004	0,0081
Chap-Merc	-12181,602	-2246,688	-16,2088	0,004	0,0084
Chap-Merc	-12181,598	-2246,684	-16,2141	0,004	0,0082
Chap-Pref	-896,430	3324,754	47,6937	0,002	0,0030
Chap-Pref	-896,434	3324,755	47,6937	0,001	0,0028
Chap-Pref	-896,436	3324,752	47,6967	0,002	0,0035
Chap-Vali	-11970,331	12848,887	178,7189	0,006	0,0108
Chap-Vali	-11970,333	12848,887	178,7086	0,005	0,0112
Chap-Vali	-11970,330	12848,892	178,7070	0,005	0,0111
Ipau-Itatinga	-6258,611	2158,486	20,5374	0,010	0,0190
Ipau-Merc	-7719,240	1582,123	15,2605	0,004	0,0069
Ipau-Merc	-7719,246	1582,124	15,2734	0,003	0,0054
Ipau-Merc	-7719,241	1582,125	15,2629	0,003	0,0069
Ipau-Merc	-7719,238	1582,120	15,2619	0,010	0,0180
Ipau-Merc	-7719,242	1582,123	15,2693	0,004	0,0102

Ipau-Merc	-7719,248	1582,128	15,2673	0,003	0,0059
Ipau-PMC 2055	-4062,392	-3625,486	-57,4113	0,005	0,0090
Ipau-Pref	3565,913	7153,555	79,2049	0,003	0,0055
Ipau-Pref	3565,912	7153,562	79,2063	0,003	0,0056
Ipau-Pref	3565,914	7153,559	79,2154	0,003	0,0060
Ipau-RN IBGE 2871A	4770,623	-1824,797	-16,5186	0,002	0,0035
Ipau-RN IBGE 2871A	4770,620	-1824,800	-16,5259	0,003	0,0085
Ipau-San 06	8317,456	-1390,261	-27,4710	0,003	0,0057
Ipau-San 06	8317,445	-1390,264	-27,4961	0,005	0,0139
Ipau-San 07	6596,087	128,854	-0,0111	0,002	0,0044
Ipau-San 07	6596,078	128,848	-0,0250	0,003	0,0074
Ipau-San 08	3587,667	3249,268	41,8364	0,002	0,0037
Ipau-San 08	3587,656	3249,262	41,8078	0,002	0,0061
Ipau-San 14	403,200	5175,702	58,5763	0,006	0,0111
Ipau-San 14	403,193	5175,721	58,6226	0,002	0,0043
Ipau-San 14	403,190	5175,712	58,6104	0,004	0,0119
Ipau-San 16	-983,991	-5814,118	-15,6163	0,003	0,0063
Ipau-San 17	-1793,302	-3054,895	-25,2723	0,004	0,0067
Ipau-San 18	-3070,113	260,412	-82,5143	0,003	0,0085
Ipau-San 18	-3070,124	260,416	-82,5239	0,001	0,0025
Ipau-San 19	-6347,348	-2125,814	-21,2633	0,008	0,0143
Ipau-Unic	13036,785	6998,744	10,2780	0,007	0,0128
Ipau-Unic	13036,810	6998,735	10,3660	0,005	0,0141
Ipau-Unic	13036,805	6998,756	10,3132	0,006	0,0109
Ipau-Vali	-7507,981	16677,694	210,2281	0,006	0,0113
Ipau-Vali	-7507,981	16677,697	210,2188	0,005	0,0115
Ipau-Vali	-7507,982	16677,700	210,2175	0,005	0,0116
Ipau-Vali	-7507,976	16677,689	210,1824	0,010	0,0099
Ipau-Vali	-7507,976	16677,694	210,1989	0,006	0,0141
Ipau-Vali	-7507,976	16677,697	210,1994	0,006	0,0115
Ipau-VT 01	7545,878	2502,995	-37,9365	0,003	0,0057
Ipau-VT 01	7545,868	2502,986	-37,9504	0,004	0,0088
Itatinga-Merc	-1460,625	-576,367	-5,2744	0,002	0,0045
Itatinga-Merc	-1460,626	-576,365	-5,2651	0,001	0,0025
Itatinga-PMC 2055	2196,217	-5783,969	-77,9374	0,006	0,0107
Itatinga-San 14	6661,806	3017,220	38,0421	0,005	0,0105
Itatinga-San 16	5274,622	-7972,604	-36,1582	0,016	0,0301
Itatinga-San 17	4465,305	-5213,378	-45,8036	0,008	0,0148
Itatinga-San 19	-88,738	-4284,297	-41,7925	0,004	0,0080
Itatinga-San 19	-88,736	-4284,305	-41,8255	0,002	0,0046
Itatinga-San 20	-5666,813	-2434,084	-4,9026	0,002	0,0052

Itatinga–San 21	-5844,286	913,460	21,6224	0,002	0,0050
Itatinga–Unic	19295,420	4840,249	-10,2895	0,008	0,0140
Itatinga–Unic	19295,427	4840,253	-10,2550	0,006	0,0136
Itatinga–Vali	-1249,354	14519,202	189,6212	0,005	0,0098
Itatinga–Vali	-1249,355	14519,207	189,6311	0,004	0,0102
Itatinga–VCP 08	-2502,393	-3767,613	-27,3068	0,003	0,0058
Itatinga–VT 40	3467,876	1207,475	-28,2582	0,001	0,0037
Merc–PMC 1008	15917,648	14020,173	112,9769	0,027	0,0577
Merc–PMC 1011	18621,479	5909,933	27,0211	0,007	0,0135
Merc–PMC 1013	25805,732	16368,922	97,6409	0,017	0,0309
Merc–PMC 2002	18195,814	3118,852	-33,5289	0,007	0,0129
Merc–PMC 2003	20208,757	1965,081	-50,9980	0,007	0,0143
Merc–PMC 2003	20208,710	1965,070	-50,9823	0,008	0,0164
Merc–PMC 2005	21886,907	3831,580	-69,0890	0,009	0,0219
Merc–PMC 2007	14018,589	3326,188	21,7475	0,006	0,0110
Merc–PMC 2014	16436,675	8434,438	-37,9284	0,009	0,0160
Merc–PMC 2020	8167,809	8155,168	75,4799	0,007	0,0131
Merc–PMC 2020	8167,827	8155,178	75,5052	0,008	0,0169
Merc–PMC 2036	13025,059	16813,729	23,2526	0,060	0,0738
Merc–PMC 2045	20594,657	8572,288	2,5358	0,012	0,0232
Merc–PMC 2045	20594,674	8572,289	2,5568	0,007	0,0162
Merc–PMC 2055	3656,842	-5207,601	-72,6655	0,008	0,0152
Merc–Pref	11285,171	5571,448	63,9429	0,004	0,0088
Merc–Pref	11285,172	5571,446	63,9474	0,004	0,0081
Merc–Pref	11285,168	5571,442	63,9518	0,004	0,0094
Merc–RN 01	29374,544	9429,038	-97,2352	0,024	0,0399
Merc–RN 01	29374,544	9429,012	-97,1811	0,015	0,0310
Merc–RN IBGE 2871A	12489,865	-3406,924	-31,7840	0,004	0,0084
Merc–San 01	25594,149	8939,713	0,5938	0,009	0,0168
Merc–San 02	26786,588	13190,373	23,9546	0,016	0,0295
Merc–San 03	23440,312	11745,993	-62,4740	0,009	0,0162
Merc–San 04	27456,014	5819,747	-51,9650	0,008	0,0176
Merc–San 05	24604,742	2299,297	-76,8392	0,010	0,0204
Merc–San 06	16036,714	-2972,385	-42,7236	0,005	0,0114
Merc–San 07	14315,326	-1453,275	-15,2745	0,004	0,0096
Merc–San 08	11306,927	1667,140	26,5706	0,004	0,0081
Merc–San 09	11945,997	5207,641	-19,5782	0,007	0,0148
Merc–San 10	14072,894	6673,002	-17,4983	0,011	0,0191
Merc–San 10	14072,920	6673,010	-17,4758	0,011	0,0205
Merc–San 10	14072,892	6673,004	-17,4754	0,017	0,0360
Merc–San 11	13926,531	9141,023	36,7038	0,011	0,0237

Merc-San 12	12971,903	14016,313	10,0196	0,019	0,0416
Merc-San 13	11250,750	9001,396	17,9897	0,016	0,0344
Merc-San 14	8122,433	3593,588	43,3204	0,007	0,0133
Merc-San 14	8122,431	3593,580	43,3599	0,005	0,0100
Merc-San 14	8122,436	3593,591	43,3565	0,003	0,0067
Merc-San 15	5358,117	5444,866	24,5155	0,005	0,0086
Merc-San 16	6735,261	-7396,255	-30,9305	0,003	0,0071
Merc-San 17	5925,931	-4637,011	-40,5298	0,010	0,0195
Merc-San 18	4649,125	-1321,712	-97,7878	0,002	0,0037
Merc-San 19	1371,886	-3707,929	-36,5224	0,005	0,0089
Merc-San 19	1371,892	-3707,940	-36,5511	0,002	0,0041
Merc-San 20	-4206,186	-1857,719	0,3724	0,001	0,0037
Merc-San 21	-4383,658	1489,826	26,9018	0,002	0,0035
Merc-Unic	20756,053	5416,617	-4,9959	0,006	0,0137
Merc-Unic	20756,048	5416,623	-4,9454	0,007	0,0140
Merc-Unic	20756,042	5416,621	-4,9589	0,008	0,0156
Merc-Unic	20756,047	5416,617	-4,9820	0,007	0,0135
Merc-Vali	211,272	15095,574	194,9465	0,005	0,0096
Merc-Vali	211,270	15095,575	194,9278	0,004	0,0099
Merc-Vali	211,266	15095,576	194,9260	0,004	0,0097
Merc-Vali	211,277	15095,571	194,9054	0,004	0,0095
Merc-Vali	211,273	15095,573	194,9370	0,004	0,0097
Merc-Vali	211,274	15095,565	194,9546	0,005	0,0116
Merc-Vali	211,274	15095,571	194,9155	0,005	0,0096
Merc-VCP 08	-1041,766	-3191,247	-22,0307	0,002	0,0046
Merc-VT 01	15265,112	920,868	-53,1941	0,008	0,0149
Merc-VT 01	15265,119	920,864	-53,2011	0,005	0,0103
Merc-VT 01	15265,132	920,857	-53,2086	0,008	0,0145
Merc-VT 40	4928,504	1783,841	-22,9751	0,002	0,0053
Mirt-Pref	-14273,556	-3194,980	34,8152	0,005	0,0104
Mirt-Pref	-14273,548	-3194,975	34,8069	0,005	0,0104
Mirt-Pref	-14273,553	-3194,974	34,8382	0,004	0,0098
Mirt-Tele	-11865,100	21193,625	339,5072	0,008	0,0161
Mirt-Tele	-11865,092	21193,622	339,4869	0,007	0,0162
Mirt-Tele	-11865,098	21193,626	339,4637	0,007	0,0169
Mirt-Unic	-4802,669	-3349,794	-34,0523	0,003	0,0058
Mirt-Unic	-4802,669	-3349,789	-34,0446	0,003	0,0069
Mirt-Unic	-4802,672	-3349,791	-34,0294	0,003	0,0068
Mirt-Vali	-25347,453	6329,155	165,8155	0,008	0,0161
Mirt-Vali	-25347,450	6329,160	165,8069	0,008	0,0163
Mirt-Vali	-25347,454	6329,160	165,8228	0,007	0,0162



Palm–Pref	-489,591	-4999,232	13,0887	0,003	0,0050
Palm–Pref	-489,589	-4999,233	13,0737	0,003	0,0060
Palm–Pref	-489,588	-4999,237	13,0940	0,002	0,0039
Palm–Trev	5709,040	-7229,968	-71,0011	0,005	0,0101
Palm–Trev	5709,045	-7229,977	-70,9814	0,004	0,0080
Palm–Trev	5709,051	-7229,978	-70,9996	0,003	0,0062
Palm–Unic	8981,282	-5154,066	-55,8423	0,005	0,0101
Palm–Unic	8981,292	-5154,072	-55,8226	0,004	0,0079
Palm–Unic	8981,294	-5154,063	-55,8016	0,003	0,0073
Palm–Vali	-11563,493	4524,883	144,0909	0,004	0,0087
Palm–Vali	-11563,490	4524,886	144,0801	0,004	0,0085
Palm–Vali	-11563,482	4524,888	144,1005	0,004	0,0079
PMC 1008–PMC 2020	-7749,834	-5865,000	-37,4535	0,014	0,0297
PMC 1008–PMC 2036	-2892,678	2793,542	-89,9468	0,009	0,0185
PMC 1008–San 10	-1844,759	-7347,164	-130,4398	0,015	0,0319
PMC 1008–San 11	-1991,144	-4879,161	-76,2701	0,011	0,0239
PMC 1008–San 12	-2945,757	-3,869	-102,9160	0,008	0,0165
PMC 1008–San 13	-4666,902	-5018,775	-94,9663	0,012	0,0249
PMC 1008–Unic	4838,365	-8603,557	-117,8976	0,014	0,0299
PMC 1008–Vali	-15706,394	1075,372	81,8984	0,070	0,0958
PMC 1011–PMC 2002	-425,669	-2791,075	-60,5457	0,002	0,0047
PMC 1011–PMC 2003	1587,272	-3944,843	-78,0178	0,003	0,0051
PMC 1011–PMC 2014	-2184,779	2524,505	-64,9509	0,005	0,0105
PMC 1011–PMC 2045	1973,199	2662,369	-24,4530	0,005	0,0082
PMC 1011–San 10	-4548,540	763,095	-44,4889	0,006	0,0113
PMC 1011–Unic	2134,572	-493,311	-31,9604	0,003	0,0053
PMC 1011–Vali	-18410,192	9185,632	167,9491	0,008	0,0162
PMC 1011–VT 01	-3356,327	-4989,055	-80,2082	0,004	0,0080
PMC 1013–RN 01	3568,801	-6939,882	-194,8465	0,005	0,0088
PMC 1013–San 01	-211,645	-7429,210	-97,0814	0,005	0,0082
PMC 1013–San 02	980,855	-3178,549	-73,6814	0,003	0,0051
PMC 1013–San 03	-2365,480	-4622,940	-160,1453	0,003	0,0059
PMC 1013–Unic	-5049,733	-10952,302	-102,6206	0,008	0,0134
PMC 1013–Vali	-25594,460	-1273,375	97,2966	0,014	0,0254
PMC 2002–PMC 2003	2012,939	-1153,767	-17,4727	0,002	0,0041
PMC 2002–PMC 2014	-1759,112	5315,583	-4,4131	0,006	0,0117
PMC 2002–PMC 2045	2398,867	5453,445	36,0949	0,006	0,0106
PMC 2002–San 10	-4122,871	3554,168	16,0652	0,006	0,0117
PMC 2002–Unic	2560,241	2297,767	28,5823	0,003	0,0062
PMC 2002–Vali	-17984,533	11976,713	228,4778	0,008	0,0164
PMC 2002–VT 01	-2930,658	-2197,982	-19,6623	0,003	0,0067

PMC 2003–PMC 2005	1678,190	1866,510	-18,1324	0,002	0,0045
PMC 2003–PMC 2014	-3772,051	6469,348	13,0684	0,005	0,0107
PMC 2003–PMC 2045	385,925	6607,212	53,5657	0,006	0,0102
PMC 2003–PMC 2045	385,925	6607,209	53,5236	0,003	0,0059
PMC 2003–RN 01	9165,838	7463,947	-46,1805	0,005	0,0098
PMC 2003–San 01	5385,392	6974,622	51,5896	0,003	0,0074
PMC 2003–San 04	7247,253	3854,664	-0,9910	0,003	0,0072
PMC 2003–San 05	4396,034	334,228	-25,8638	0,002	0,0047
PMC 2003–San 10	-6135,814	4707,937	33,5327	0,006	0,0103
PMC 2003–Unic	547,301	3451,535	46,0561	0,003	0,0061
PMC 2003–Unic	547,299	3451,532	46,0320	0,003	0,0056
PMC 2003–Vali	-19997,467	13130,482	245,9725	0,011	0,0208
PMC 2003–Vali	-19997,437	13130,474	245,8928	0,008	0,0176
PMC 2003–VT 01	-4943,599	-1044,214	-2,1873	0,004	0,0073
PMC 2005–PMC 2045	-1292,265	4740,699	71,6444	0,003	0,0064
PMC 2005–RN 01	7487,649	5597,438	-28,0567	0,004	0,0097
PMC 2005–San 01	3707,202	5108,112	69,7046	0,002	0,0057
PMC 2005–San 04	5569,063	1988,155	17,1554	0,003	0,0069
PMC 2005–San 05	2717,844	-1532,282	-7,7154	0,002	0,0045
PMC 2005–Unic	-1130,890	1585,021	64,1571	0,003	0,0070
PMC 2005–Vali	-21675,626	11263,964	264,0138	0,009	0,0210
PMC 2007–PMC 2020	-5850,754	4828,985	53,7427	0,010	0,0179
PMC 2007–San 09	-2072,563	1881,451	-41,3202	0,004	0,0093
PMC 2007–San 10	54,333	3346,816	-39,2267	0,007	0,0128
PMC 2007–San 14	-5896,128	267,397	21,6222	0,006	0,0103
PMC 2007–San 15	-8660,444	2118,686	2,7879	0,007	0,0127
PMC 2007–Unic	6737,444	2090,427	-26,6826	0,007	0,0135
PMC 2007–Vali	-13807,317	11769,371	173,1769	0,007	0,0130
PMC 2007–VT 01	1246,548	-2405,314	-74,9134	0,006	0,0106
PMC 2014–PMC 2045	4157,978	137,863	40,4918	0,008	0,0145
PMC 2014–San 10	-2363,760	-1761,412	20,4686	0,006	0,0132
PMC 2014–Unic	4319,351	-3017,813	32,9835	0,007	0,0145
PMC 2014–Vali	-16225,408	6661,135	232,9119	0,010	0,0205
PMC 2014–VT 01	-1171,540	-7513,564	-15,2463	0,007	0,0126
PMC 2020–PMC 2036	4857,160	8658,545	-52,5063	0,016	0,0340
PMC 2020–San 09	3778,185	-2947,530	-95,0887	0,005	0,0114
PMC 2020–San 10	5905,084	-1482,165	-92,9764	0,008	0,0142
PMC 2020–San 10	5905,081	-1482,166	-92,9917	0,010	0,0217
PMC 2020–San 11	5758,694	985,840	-38,8277	0,009	0,0190
PMC 2020–San 12	4804,084	5861,129	-65,4757	0,013	0,0279
PMC 2020–San 13	3082,940	846,225	-57,5092	0,006	0,0135

PMC 2020–San 14	-45,376	-4561,586	-32,1272	0,007	0,0129
PMC 2020–San 15	-2809,697	-2710,300	-50,9512	0,007	0,0125
PMC 2020–Unic	12588,196	-2738,551	-80,4331	0,010	0,0204
PMC 2020–Unic	12588,216	-2738,556	-80,4649	0,008	0,0183
PMC 2020–Vali	-7956,548	6940,371	119,4415	0,011	0,0194
PMC 2020–Vali	-7956,556	6940,393	119,4158	0,011	0,0230
PMC 2020–VT 01	7097,302	-7234,299	-128,6627	0,010	0,0170
PMC 2036–San 10	1047,920	-10140,708	-40,4909	0,023	0,0484
PMC 2036–San 11	901,534	-7672,705	13,6725	0,019	0,0415
PMC 2036–San 12	-53,078	-2797,413	-12,9708	0,008	0,0170
PMC 2036–San 13	-1774,223	-7812,319	-5,0171	0,017	0,0364
PMC 2036–Unic	7730,991	-11397,113	-28,0541	0,046	0,0608
PMC 2036–Vali	-12813,725	-1718,173	171,8298	0,096	0,1290
PMC 2045–RN 01	8779,913	856,738	-99,6935	0,003	0,0073
PMC 2045–San 01	4999,467	367,413	-1,9262	0,002	0,0051
PMC 2045–San 04	6861,330	-2752,544	-54,5027	0,003	0,0055
PMC 2045–San 05	4010,108	-6272,982	-79,3736	0,003	0,0062
PMC 2045–San 10	-6521,738	-1899,275	-20,0312	0,009	0,0171
PMC 2045–Unic	161,371	-3155,679	-7,5107	0,006	0,0107
PMC 2045–Unic	161,374	-3155,676	-7,4740	0,003	0,0055
PMC 2045–Vali	-20383,386	6523,273	192,4250	0,010	0,0195
PMC 2045–Vali	-20383,399	6523,278	192,3767	0,006	0,0141
PMC 2045–VT 01	-5329,525	-7651,430	-55,7435	0,008	0,0147
PMC 2055–San 14	4465,590	8801,187	115,9764	0,006	0,0118
PMC 2055–San 16	3078,403	-2188,629	41,7871	0,006	0,0116
PMC 2055–San 17	2269,088	570,591	32,1369	0,004	0,0074
PMC 2055–San 19	-2284,955	1499,671	36,1394	0,004	0,0071
PMC 2055–Unic	17099,160	10624,202	67,6573	0,024	0,0437
PMC 2055–Vali	-3445,528	20303,034	267,3801	0,134	0,1388
Pref–Tele	2408,456	24388,586	304,6599	0,008	0,0167
Pref–Tele	2408,458	24388,599	304,6699	0,007	0,0168
Pref–Tele	2408,453	24388,599	304,6219	0,007	0,0171
Pref–Trev	6198,631	-2230,736	-84,1071	0,005	0,0091
Pref–Trev	6198,634	-2230,741	-84,0674	0,004	0,0077
Pref–Trev	6198,639	-2230,741	-84,0863	0,002	0,0046
Pref–Unic	9470,853	-154,821	-68,9570	0,006	0,0117
Pref–Unic	9470,875	-154,820	-68,8874	0,004	0,0081
Pref–Unic	9470,861	-154,826	-68,9062	0,004	0,0087
Pref–Unic	9470,873	-154,821	-68,8844	0,004	0,0087
Pref–Unic	9470,872	-154,823	-68,9131	0,004	0,0076
Pref–Unic	9470,882	-154,823	-68,8878	0,003	0,0069

Pref-Vali	-11073,899	9524,128	131,0052	0,004	0,0095
Pref-Vali	-11073,898	9524,129	130,9910	0,005	0,0091
Pref-Vali	-11073,902	9524,130	130,9782	0,004	0,0094
Pref-Vali	-11073,896	9524,134	130,9959	0,004	0,0094
Pref-Vali	-11073,900	9524,133	131,0086	0,004	0,0094
Pref-Vali	-11073,902	9524,134	130,9930	0,004	0,0094
RN 01-San 01	-3780,449	-489,326	97,7700	0,002	0,0034
RN 01-San 01	-3780,443	-489,327	97,7720	0,002	0,0048
RN 01-San 02	-2587,944	3761,333	121,1670	0,003	0,0052
RN 01-San 03	-5934,278	2316,943	34,6993	0,003	0,0056
RN 01-San 04	-1918,585	-3609,282	45,2010	0,002	0,0034
RN 01-San 05	-4769,805	-7129,718	20,3274	0,004	0,0078
RN 01-Unic	-8618,535	-4012,418	92,2298	0,005	0,0090
RN 01-Unic	-8618,539	-4012,415	92,2201	0,004	0,0084
RN 01-Vali	-29163,263	5666,509	292,1395	0,021	0,0374
RN 01-Vali	-29163,275	5666,525	292,0841	0,012	0,0269
RN IBGE 2871A-San 06	3546,831	434,535	-10,9562	0,002	0,0047
RN IBGE 2871A-San 07	1825,462	1953,649	16,5106	0,001	0,0028
RN IBGE 2871A-San 08	-1182,954	5074,064	58,3560	0,002	0,0041
RN IBGE 2871A-San 14	-4367,430	7000,516	75,1335	0,003	0,0058
RN IBGE 2871A-San 18	-7840,742	2085,211	-66,0045	0,002	0,0056
RN IBGE 2871A-Unic	8266,159	8823,537	26,8358	0,006	0,0120
RN IBGE 2871A-Vali	-12278,593	18502,473	226,6963	0,007	0,0150
RN IBGE 2871A-VT 01	2775,255	4327,789	-21,4162	0,002	0,0043
San 01-San 02	1192,499	4250,660	23,3902	0,003	0,0056
San 01-San 03	-2153,836	2806,270	-63,0746	0,002	0,0043
San 01-San 04	1861,862	-3119,957	-52,5618	0,002	0,0032
San 01-San 05	-989,359	-6640,393	-77,4363	0,003	0,0059
San 01-Unic	-4838,091	-3523,090	-5,5497	0,002	0,0049
San 01-Vali	-25382,873	6155,858	194,3238	0,008	0,0162
San 02-San 03	-3346,335	-1444,390	-86,4569	0,002	0,0042
San 02-Unic	-6030,591	-7773,752	-28,9329	0,006	0,0114
San 02-Vali	-26575,316	1905,173	170,9744	0,013	0,0243
San 03-Unic	-2684,254	-6329,364	57,5194	0,004	0,0064
San 03-Vali	-23229,037	3349,577	257,3927	0,008	0,0145
San 04-San 05	-2851,221	-3520,436	-24,8653	0,002	0,0046
San 04-Unic	-6699,955	-403,133	47,0063	0,003	0,0052
San 04-Vali	-27244,740	9275,822	246,8733	0,008	0,0179
San 05-Unic	-3848,734	3117,305	71,8883	0,003	0,0061
San 05-Vali	-24393,471	12796,246	271,7431	0,010	0,0208
San 06-San 07	-1721,368	1519,114	27,4615	0,002	0,0039

San 06–San 08	-4729,783	4639,528	69,3147	0,002	0,0053
San 06–San 14	-7914,273	6565,989	86,1010	0,004	0,0088
San 06–San 18	-11387,572	1650,675	-55,0492	0,004	0,0088
San 06–Unic	4719,332	8389,004	37,8014	0,005	0,0101
San 06–Vali	-15825,439	18067,950	237,6761	0,007	0,0159
San 06–VT 01	-771,576	3893,254	-10,4628	0,002	0,0048
San 07–San 08	-3008,416	3120,415	41,8478	0,001	0,0033
San 07–San 14	-6192,892	5046,866	58,6290	0,002	0,0057
San 07–San 18	-9666,204	131,562	-82,5118	0,003	0,0070
San 07–Unic	6440,698	6869,886	10,3290	0,005	0,0097
San 07–Vali	-14104,054	16548,823	210,1907	0,007	0,0143
San 07–VT 01	949,793	2374,140	-37,9217	0,001	0,0028
San 08–San 14	-3184,474	1926,450	16,7740	0,002	0,0034
San 08–San 18	-6657,788	-2988,852	-124,3617	0,003	0,0055
San 08–Unic	9449,121	3749,484	-31,5278	0,004	0,0088
San 08–Vali	-11095,655	13428,431	168,3358	0,005	0,0112
San 08–VT 01	3958,209	-746,274	-79,7730	0,002	0,0036
San 09–San 10	2126,899	1465,362	2,1096	0,006	0,0117
San 09–San 14	-3823,566	-1614,057	62,9388	0,005	0,0109
San 09–San 15	-6587,882	237,231	44,1017	0,006	0,0125
San 09–Unic	8810,011	208,976	14,6539	0,006	0,0135
San 09–Vali	-11734,732	9887,901	214,5163	0,012	0,0240
San 09–VT 01	3319,113	-4286,768	-33,5936	0,004	0,0087
San 10–San 11	-146,384	2468,006	54,1710	0,009	0,0199
San 10–San 12	-1100,995	7343,288	27,5359	0,021	0,0461
San 10–San 13	-2822,146	2328,390	35,4725	0,012	0,0257
San 10–San 14	-5950,462	-3079,419	60,8348	0,010	0,0197
San 10–San 15	-8714,781	-1228,133	42,0181	0,010	0,0171
San 10–Unic	6683,107	-1256,389	12,5268	0,008	0,0149
San 10–Unic	6683,111	-1256,400	12,5169	0,008	0,0146
San 10–Unic	6683,122	-1256,396	12,5197	0,012	0,0269
San 10–Vali	-13861,637	8422,537	212,4195	0,013	0,0222
San 10–Vali	-13861,646	8422,548	212,4569	0,011	0,0209
San 10–Vali	-13861,626	8422,547	212,4125	0,014	0,0290
San 10–VT 01	1192,213	-5752,132	-35,6897	0,011	0,0203
San 10–VT 01	1192,214	-5752,151	-35,7225	0,006	0,0110
San 11–San 12	-954,614	4875,287	-26,6478	0,011	0,0228
San 11–San 13	-2675,760	-139,618	-18,6877	0,006	0,0139
San 11–Unic	6829,510	-3724,403	-41,6181	0,008	0,0178
San 11–Vali	-13715,258	5954,544	158,2423	0,009	0,0200
San 12–San 13	-1721,144	-5014,905	7,9634	0,013	0,0289

San 12–Unic	7784,135	-8599,698	-14,9925	0,008	0,0180
San 12–Vali	-12760,636	1079,255	184,8990	0,016	0,0360
San 13–Unic	9505,261	-3584,785	-22,9238	0,010	0,0219
San 13–Vali	-11039,480	6094,157	176,9361	0,013	0,0283
San 14–San 15	-2764,313	1851,287	-18,8459	0,004	0,0079
San 14–San 16	-1387,197	-10989,848	-74,2520	0,005	0,0100
San 14–San 17	-2196,503	-8230,597	-83,8428	0,006	0,0112
San 14–San 18	-3473,313	-4915,304	-141,1424	0,002	0,0048
San 14–San 19	-6750,543	-7301,516	-79,8374	0,006	0,0122
San 14–Unic	12633,589	1823,022	-48,3338	0,007	0,0125
San 14–Unic	12633,600	1823,033	-48,3282	0,007	0,0132
San 14–Unic	12633,606	1823,029	-48,3206	0,005	0,0105
San 14–Vali	-7911,173	11501,971	151,5686	0,012	0,0101
San 14–Vali	-7911,175	11501,985	151,5816	0,006	0,0118
San 14–Vali	-7911,171	11501,974	151,5387	0,004	0,0100
San 14–VT 01	7142,679	-2672,713	-96,5434	0,007	0,0130
San 14–VT 01	7142,685	-2672,726	-96,5521	0,003	0,0056
San 15–Unic	15397,914	-28,254	-29,4888	0,007	0,0132
San 15–Vali	-5146,859	9650,697	170,4197	0,005	0,0104
San 15–VT 01	9906,994	-4524,001	-77,7055	0,008	0,0129
San 16–San 17	-809,312	2759,219	-9,6499	0,005	0,0097
San 16–San 19	-5363,358	3688,301	-5,6482	0,011	0,0200
San 16–Unic	14020,783	12812,829	25,8515	0,007	0,0143
San 16–Vali	-6523,979	22491,829	225,8099	0,015	0,0118
San 17–San 19	-4554,043	929,080	4,0052	0,006	0,0122
San 17–Unic	14830,069	10053,613	35,5265	0,018	0,0340
San 17–Vali	-5714,628	19732,442	235,2286	0,141	0,1405
San 18–Unic	16106,901	6738,326	92,8465	0,007	0,0160
San 18–Vali	-4437,851	16417,261	292,6996	0,006	0,0123
San 18–VT 01	10615,997	2242,578	44,5872	0,004	0,0080
San 19–San 20	-5578,077	1850,221	36,9173	0,002	0,0052
San 19–San 21	-5755,550	5197,766	63,4415	0,003	0,0073
San 19–Unic	19384,158	9124,533	31,5858	0,063	0,0520
San 19–Unic	19384,135	9124,546	31,5925	0,010	0,0246
San 19–Vali	-1160,571	18803,373	231,2651	0,109	0,1156
San 19–Vali	-1160,617	18803,483	231,4492	0,010	0,0235
San 19–VCP 08	-2413,658	516,692	14,5090	0,002	0,0044
San 19–VT 40	3556,610	5491,780	13,5546	0,003	0,0067
San 20–San 21	-177,472	3347,545	26,5336	0,002	0,0043
San 20–Unic	24962,212	7274,326	-5,3300	0,011	0,0254
San 20–Vali	4417,460	16953,262	194,5283	0,009	0,0217

San 20-VCP 08	3164,420	-1333,529	-22,4032	0,002	0,0051
San 20-VT 40	9134,687	3641,559	-23,3571	0,003	0,0079
San 21-Unic	25139,717	3926,787	-31,8805	0,007	0,0169
San 21-Vali	4594,937	13605,741	167,9982	0,004	0,0101
San 21-VCP 08	3341,892	-4681,073	-48,9250	0,003	0,0060
San 21-VT 40	9312,163	294,013	-49,8717	0,003	0,0070
Tele-Unic	7062,426	-24543,424	-373,6096	0,008	0,0164
Tele-Unic	7062,419	-24543,419	-373,5715	0,007	0,0171
Tele-Unic	7062,425	-24543,422	-373,5354	0,007	0,0179
Tele-Vali	-13482,350	-14864,454	-173,6472	0,006	0,0136
Tele-Vali	-13482,356	-14864,466	-173,6730	0,006	0,0133
Tele-Vali	-13482,356	-14864,467	-173,6419	0,006	0,0136
Trev-Unic	3272,224	2075,914	15,1724	0,003	0,0052
Trev-Unic	3272,222	2075,913	15,1711	0,003	0,0052
Trev-Unic	3272,235	2075,922	15,1988	0,002	0,0051
Trev-Vali	-17272,543	11754,865	215,0490	0,008	0,0156
Trev-Vali	-17272,544	11754,872	215,0310	0,007	0,0139
Trev-Vali	-17272,534	11754,872	215,0592	0,006	0,0130
Unic-Vali	-20544,774	9678,950	199,9276	0,008	0,0154
Unic-Vali	-20544,780	9678,958	199,9015	0,007	0,0148
Unic-Vali	-20544,777	9678,951	199,9079	0,007	0,0143
Unic-Vali	-20544,780	9678,954	199,9064	0,007	0,0146
Unic-Vali	-20544,779	9678,954	199,9001	0,007	0,0144
Unic-Vali	-20544,782	9678,954	199,8971	0,007	0,0143
Unic-Vali	-20544,775	9678,952	199,9044	0,007	0,0142
Unic-Vali	-20544,776	9678,949	199,8957	0,007	0,0143
Unic-Vali	-20544,768	9678,945	199,9284	0,008	0,0171
Unic-Vali	-20544,773	9678,951	199,8984	0,007	0,0140
Unic-VCP 08	-21797,792	-8607,855	-17,0759	0,011	0,0274
Unic-VT 01	-5490,898	-4495,744	-48,2421	0,007	0,0143
Unic-VT 01	-5490,904	-4495,747	-48,2556	0,004	0,0089
Unic-VT 01	-5490,899	-4495,747	-48,2346	0,005	0,0093
Unic-VT 40	-15827,544	-3632,780	-17,9972	0,005	0,0122
Vali-VCP 08	-1253,040	-18286,790	-216,9312	0,012	0,0271
Vali-VT 01	15053,850	-14174,670	-248,1127	0,011	0,0208
Vali-VT 01	15053,847	-14174,684	-248,1146	0,006	0,0137
Vali-VT 01	15053,864	-14174,695	-248,1789	0,011	0,0199
Vali-VT 40	4717,239	-13311,733	-217,8766	0,004	0,0097
VCP 08-VT 40	5970,266	4975,088	-0,9535	0,003	0,0080

Control Points				
Name	Latitude	Longitude	Ell.Height (m)	Code
Merc	23°00'04,86715S	47°06'46,74282W	665,9993	Base
Unic	22°48'52,81980S	47°03'26,40984W	661,0205	Base
Vali	23°00'04,82723S	46°57'56,71244W	860,9246	Base

Adjusted Points					
Name	Latitude	Longitude	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Ell.Height (m)
Anel	22°57'36,59740S	47°01'27,43225W	7459425,994	292448,320	782,2606
Atal <sub>AZ</sub>	22°49'33,93268S	46°54'41,67139W	7474428,694	303815,017	804,4069
Cemi	22°59'26,79945S	47°10'31,76627W	7455813,713	276990,505	615,9377
Chap	22°53'30,03273S	47°05'21,79398W	7466917,894	285663,676	682,2321
Ipau	22°55'53,26718S	47°07'38,35257W	7462455,545	281834,869	650,7309
Itatinga	22°59'17,66968S	47°06'25,77350W	7456196,921	283993,357	671,2766
Merc	23°00'04,86715S	47°06'46,74282W	7454736,293	283416,990	665,9993
Mirt	22°46'18,23592S	47°01'26,67151W	7480295,013	292183,404	695,0943
Palm	22°53'47,01987S	47°00'30,01232W	7466511,051	293987,672	716,8457
PMC 1008	22°51'33,88798S	46°58'27,06031W	7470653,966	297437,171	778,9417
PMC 1011	22°50'02,41580S	47°03'10,15666W	7473357,762	289326,919	692,9989
PMC 1013	22°46'13,52420S	46°57'00,11191W	7480542,075	299785,910	763,6580
PMC 2002	22°50'14,97952S	47°04'48,22521W	7472932,093	286535,843	632,4556
PMC 2003	22°49'09,03137S	47°05'27,67835W	7474945,035	285382,076	614,9922
PMC 2005	22°48'15,34665S	47°04'21,41853W	7476623,226	287248,587	596,8689
PMC 2007	22°52'30,82953S	47°04'43,02025W	7468754,878	286743,184	687,7271
PMC 2014	22°51'14,55565S	47°01'42,69643W	7471172,980	291851,424	628,0461
PMC 2020	22°55'43,16648S	47°01'56,49169W	7462904,123	291572,168	741,4825
PMC 2036	22°53'09,11179S	46°56'50,43145W	7467761,287	300230,715	688,9963
PMC 2045	22°48'59,48253S	47°01'35,85962W	7475330,962	291989,287	668,5219
PMC 2055	22°58'03,56270S	47°09'47,64947W	7458393,145	278209,385	593,3306
Pref	22°54'00,68756S	47°03'25,61474W	7466021,462	288988,433	729,9325
RN 01	22°44'14,51224S	47°01'01,62734W	7484110,876	292846,026	568,8140
RN IBGE 2871A	22°53'17,37283S	47°08'39,93509W	7467226,168	280010,071	634,2103
San 01	22°46'17,16189S	47°01'20,58119W	7480330,430	292356,700	666,5839
San 02	22°45'40,27298S	46°58'51,05052W	7481522,930	296607,361	689,9743
San 03	22°47'28,40165S	46°59'43,24969W	7478176,596	295162,971	603,5140
San 04	22°45'15,25535S	47°03'09,01759W	7482192,292	289236,743	614,0183
San 05	22°46'46,31840S	47°05'13,78492W	7479341,069	285716,306	589,1461
San 06	22°51'22,31482S	47°08'22,88800W	7470773,000	280444,605	623,2544
San 07	22°52'18,96974S	47°07'30,48997W	7469051,630	281963,720	650,7178
San 08	22°53'58,19082S	47°05'42,55831W	7466043,213	285084,133	692,5666
San 09	22°53'39,04518S	47°03'38,05158W	7466682,311	288624,636	646,3998



San 10	22°52'30,58618S	47°02'45,61444W	7468809,215	290090,007	648,5085
San 11	22°52'36,45121S	47°01'19,12589W	7468662,824	292558,013	702,6694
San 12	22°53'09,62631S	46°58'28,58037W	7467708,207	297433,303	676,0230
San 13	22°54'03,35093S	47°01'25,31248W	7465987,063	292418,395	683,9771
San 14	22°55'42,56952S	47°04'36,56031W	7462858,737	287010,584	709,3459
San 15	22°57'13,25319S	47°03'32,96657W	7460094,424	288861,866	690,5106
San 16	22°56'22,47242S	47°11'02,84860W	7461471,551	276020,747	635,1062
San 17	22°56'50,09734S	47°09'26,45548W	7460662,236	278779,975	625,4671
San 18	22°57'33,16116S	47°07'30,77434W	7459385,423	282095,282	568,2075
San 19	22°59'18,53281S	47°08'56,19550W	7456108,186	279709,053	629,4614
San 20	23°02'20,68210S	47°07'54,10331W	7450530,108	281559,273	666,3736
San 21	23°02'28,02218S	47°05'56,65056W	7450352,634	284906,818	692,9024
Tele	22°52'52,84288S	46°49'08,98844W	7468429,918	313377,029	1034,5870
Trev	22°50'38,22000S	47°04'40,79831W	7472220,106	286757,694	645,8530
Unic	22°48'52,81980S	47°03'26,40984W	7475492,340	288833,610	661,0205
VCP 08	23°00'37,21517S	47°08'39,29946W	7453694,528	280225,745	643,9714
VT 01	22°51'49,20965S	47°06'06,75411W	7470001,425	284337,861	612,7949
VT 40	22°57'25,53254S	47°05'41,65324W	7459664,797	285200,832	643,0226

## C.5 Relatório de Ajustamento – Rede Prefeitura e Micro Regiões – SAD 69

### Project Summary

Project name: Rede PrefMicroRegioesB.ttp – Topcon Tools 6.11 – SAD69.

Surveyor: **Erico Francisco Innocente**

Comment: Rede de vértices da Prefeitura/USP e Micro Regiões. Vértices bases: Vali, Merc e Unic. Vértices ajustados: Cemi, Ipau, Anel, Chap, Pref, Trev, Palm, Mirt, Atal, Tele e Micro Regiões.

Linear unit: Meters

Projection: UTMSouthSAD69-Zone\_23 : 48W to 42W

Geoid:

### Adjustment Summary

Adjustment type: Plane + Height, Constraint

Confidence level: 95 %

Number of adjusted points: 52

Number of plane control points: 3

Number of used GPS vectors: 471

Number of rejected GPS vectors by plane: 13

A posteriori plane UWE: 1,780563 , Bounds: ( 0,9515347 , 1,048433 )

Number of height control points: 1

Number of height weighted points: 1

Number of rejected GPS vectors by height: 4

A posteriori height UWE: 1,530778 , Bounds: ( 0,9320419 , 1,067896 )

Control Points				
Name	Latitude	Longitude	Ell.Height (m)	Code
Merc	23°00'04,44915S	47°06'46,38265W	668,9698	Base
Unic	22°48'52,39269S	47°03'26,04285W	664,0427	Base
Vali	23°00'04,40890S	46°57'56,33290W	863,9200	Base

Adjusted Points					
Name	Latitude	Longitude	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Ell.Height (m)
Anel	22°57'36,17721S	47°01'27,06053W	7459463,541	292466,597	785,2552
Atal <sub>AZ</sub>	22°49'33,50578S	46°54'41,28521W	7474466,232	303833,288	807,4516
Cemi	22°59'26,38107S	47°10'31,41436W	7455851,264	277008,789	618,9004
Chap	22°53'29,60938S	47°05'21,43099W	7466955,437	285681,956	685,2313
Ipau	22°55'52,84583S	47°07'37,99447W	7462493,091	281853,151	653,7148
Itatinga	22°59'17,25103S	47°06'25,41260W	7456234,470	284011,637	674,2510
Merc	23°00'04,44915S	47°06'46,38265W	7454773,843	283435,271	668,9698
Mirt	22°46'17,80668S	47°01'26,30026W	7480332,549	292201,682	698,1320
Palm	22°53'46,59657S	47°00'29,63866W	7466548,594	294005,948	719,8575
PMC 1008	22°51'33,46283S	46°58'26,68227W	7470691,506	297455,445	781,9678
PMC 1011	22°50'01,98960S	47°03'09,78902W	7473395,301	289345,198	696,0174
PMC 1013	22°46'13,09472S	46°56'59,73094W	7480579,610	299804,184	766,7087
PMC 2002	22°50'14,55355S	47°04'47,86114W	7472969,633	286554,123	635,4687
PMC 2003	22°49'08,60455S	47°05'27,31577W	7474982,574	285400,358	618,0076
PMC 2005	22°48'14,91907S	47°04'21,05357W	7476660,764	287266,868	599,8908

PMC 2007	22°52'30,40538S	47°04'42,65589W	7468792,420	286761,464	690,7318
PMC 2014	22°51'14,13036S	47°01'42,32554W	7471210,520	291869,701	631,0641
PMC 2020	22°55'42,74479S	47°01'56,12111W	7462941,668	291590,445	744,4829
PMC 2036	22°53'08,68784S	46°56'50,04980W	7467798,828	300248,988	692,0211
PMC 2045	22°48'59,05543S	47°01'35,48858W	7475368,500	292007,564	671,5489
PMC 2055	22°58'03,14318S	47°09'47,29600W	7458430,693	278227,669	596,3005
Pref	22°54'00,26456S	47°03'25,24749W	7466059,006	289006,711	732,9352
RN 01	22°44'14,08133S	47°01'01,25527W	7484148,409	292864,304	571,8608
RN IBGE 2871A	22°53'16,94944S	47°08'39,57935W	7467263,711	280028,354	637,2013
San 01	22°46'16,73262S	47°01'20,20972W	7480367,965	292374,978	669,6219
San 02	22°45'39,84313S	46°58'50,67362W	7481560,465	296625,636	693,0218
San 03	22°47'27,97326S	46°59'42,87460W	7478214,133	295181,248	606,5521
San 04	22°45'14,82533S	47°03'08,65012W	7482229,826	289255,022	617,0552
San 05	22°46'45,88967S	47°05'13,42193W	7479378,606	285734,587	592,1713
San 06	22°51'21,88988S	47°08'22,53172W	7470810,542	280462,889	626,2534
San 07	22°52'18,54552S	47°07'30,13174W	7469089,173	281982,002	653,7156
San 08	22°53'57,76787S	47°05'42,19606W	7466080,757	285102,414	695,5630
San 09	22°53'38,62189S	47°03'37,68480W	7466719,854	288642,915	649,4032
San 10	22°52'30,16194S	47°02'45,24580W	7468846,757	290108,285	651,5188
San 11	22°52'36,02700S	47°01'18,75408W	7468700,366	292576,290	705,6834
San 12	22°53'09,20243S	46°58'28,20230W	7467745,749	297451,577	679,0429
San 13	22°54'02,92788S	47°01'24,94083W	7466024,607	292436,672	686,9852
San 14	22°55'42,14792S	47°04'36,19558W	7462896,282	287028,863	712,3389
San 15	22°57'12,83276S	47°03'32,59945W	7460131,971	288880,144	693,5008
San 16	22°56'22,05159S	47°11'02,49796W	7461509,098	276039,033	638,0790
San 17	22°56'49,67682S	47°09'26,10129W	7460699,783	278798,259	628,4425
San 18	22°57'32,74114S	47°07'30,41589W	7459422,971	282113,564	571,1854
San 19	22°59'18,11426S	47°08'55,84009W	7456145,736	279727,336	632,4289
San 20	23°02'20,26596S	47°07'53,74550W	7450567,660	281577,555	669,3326
San 21	23°02'27,60607S	47°05'56,28845W	7450390,187	284925,097	695,8663
Tele	22°52'52,41842S	46°49'08,58997W	7468467,458	313395,294	1037,6358
Trev	22°50'37,79434S	47°04'40,43395W	7472257,646	286775,975	648,8650
Unic	22°48'52,39269S	47°03'26,04285W	7475529,879	288851,890	664,0427
VCP 08	23°00'36,79768S	47°08'38,94338W	7453732,079	280244,027	646,9348
VT 01	22°51'48,78499S	47°06'06,39284W	7470038,967	284356,143	615,7984
VT 40	22°57'25,11236S	47°05'41,29081W	7459702,344	285219,112	646,0061

## C.6 Relatório de Ajustamento – Rede Prefeitura e Micro Regiões – WGS 84

### Project Summary

Project name: Rede PrefMicroRegioesB.ttp – Topcon Tools 6.11 – WGS84.

Surveyor: **Erico Francisco Innocente**

Comment: Rede de vértices da Prefeitura/USP e Micro Regiões. Vértices bases: Vali, Merc e Unic. Vértices ajustados: Cemi, Ipau, Anel, Chap, Pref, Trev, Palm, Mirt, Atal, Tele e Micro Regiões.

Linear unit: Meters

Projection: UTMSouth-Zone\_23 : 48W to 42W

Geoid:

### Adjustment Summary

Adjustment type: Plane + Height, Constraint

Confidence level: 95 %

Number of adjusted points: 52

Number of plane control points: 3

Number of used GPS vectors: 471

Number of rejected GPS vectors by plane: 13

A posteriori plane UWE: 1,780563 , Bounds: ( 0,9515347 , 1,048433 )

Number of height control points: 1

Number of rejected GPS vectors by height: 4

A posteriori height UWE: 1,530778 , Bounds: ( 0,9320419 , 1,067896 )

Control Points				
Name	Latitude	Longitude	Ell.Height (m)	Code
Merc	23°00'06,20645S	47°06'47,99851W	662,0934	Base
Unic	22°48'54,14752S	47°03'27,65484W	656,9490	Base
Vali	23°00'06,16764S	46°57'57,94431W	856,9348	Base

Adjusted Points					
Name	Latitude	Longitude	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Ell.Height (m)
Anel	22°57'37,93471S	47°01'28,67322W	7459417,620	292422,151	778,2743
Atal <sub>AZ</sub>	22°49'35,26223S	46°54'42,89294W	7474420,335	303788,853	800,2610
Cemi	22°59'28,13757S	47°10'33,03197W	7455805,332	276964,323	612,0602
Chap	22°53'31,36514S	47°05'23,04484W	7466909,524	285637,499	678,2339
Ipau	22°55'54,60186S	47°07'39,60993W	7462447,170	281808,689	646,7830
Itatinga	22°59'19,00817S	47°06'27,02813W	7456188,542	283967,181	667,3579
Merc	23°00'06,20645S	47°06'47,99851W	7454727,912	283390,814	662,0934
Mirt	22°46'19,56113S	47°01'27,91074W	7480286,656	292157,230	690,9732
Palm	22°53'48,35321S	47°00'31,25014W	7466502,683	293961,502	712,8047
PMC 1008	22°51'35,21919S	46°58'28,29227W	7470645,602	297411,003	774,8548
PMC 1011	22°50'03,74478S	47°03'11,40110W	7473349,398	289300,743	688,9386
PMC 1013	22°46'14,84988S	46°57'01,33917W	7480533,720	299759,742	759,4941
PMC 2002	22°50'16,30853S	47°04'49,47409W	7472923,728	286509,665	628,4133
PMC 2003	22°49'10,35912S	47°05'28,92883W	7474936,671	285355,897	610,9431
PMC 2005	22°48'16,67359S	47°04'22,66591W	7476614,864	287222,409	592,7987

PMC 2007	22°52'32,16097S	47°04'44,26922W	7468746,510	286717,007	683,7110
PMC 2014	22°51'15,88613S	47°01'43,93714W	7471164,614	291825,251	623,9863
PMC 2020	22°55'44,50171S	47°01'57,73368W	7462895,751	291545,997	737,4783
PMC 2036	22°53'10,44494S	46°56'51,65934W	7467752,921	300204,549	684,9133
PMC 2045	22°49'00,81060S	47°01'37,09967W	7475322,600	291963,113	664,4342
PMC 2055	22°58'04,89944S	47°09'48,91298W	7458384,766	278183,204	589,4294
Pref	22°54'02,02077S	47°03'26,86046W	7466013,093	288962,259	725,9220
RN 01	22°44'15,83532S	47°01'02,86517W	7484102,520	292819,850	564,6645
RN IBGE 2871A	22°53'18,70459S	47°08'41,19481W	7467217,797	279983,889	630,2413
San 01	22°46'18,48710S	47°01'21,82015W	7480322,072	292330,526	662,4617
San 02	22°45'41,59785S	46°58'52,28269W	7481514,575	296581,189	685,8212
San 03	22°47'29,72835S	46°59'44,48448W	7478168,237	295136,799	599,3905
San 04	22°45'16,57923S	47°03'10,26127W	7482183,934	289210,565	609,9010
San 05	22°46'47,64364S	47°05'15,03442W	7479332,709	285690,126	585,0666
San 06	22°51'23,64456S	47°08'24,14666W	7470764,632	280418,423	619,2598
San 07	22°52'20,30060S	47°07'31,74643W	7469043,261	281937,539	646,7261
San 08	22°53'59,52369S	47°05'43,81017W	7466034,843	285057,956	688,5773
San 09	22°53'40,37798S	47°03'39,29782W	7466673,941	288598,461	642,3869
San 10	22°52'31,91787S	47°02'46,85816W	7468800,847	290063,833	644,4737
San 11	22°52'37,78319S	47°01'20,36573W	7468654,457	292531,841	698,6221
San 12	22°53'10,95925S	46°58'29,81265W	7467699,840	297407,135	671,9554
San 13	22°54'04,68445S	47°01'26,55283W	7465978,694	292392,224	679,9480
San 14	22°55'43,90440S	47°04'37,80948W	7462850,364	286984,409	705,3669
San 15	22°57'14,58983S	47°03'34,21312W	7460086,050	288835,693	686,5395
San 16	22°56'23,80717S	47°11'04,11521W	7461463,174	275994,564	631,1969
San 17	22°56'51,43280S	47°09'27,71783W	7460653,859	278753,794	621,5478
San 18	22°57'34,49766S	47°07'32,03163W	7459377,046	282069,103	564,2783
San 19	22°59'19,87100S	47°08'57,45688W	7456099,806	279682,874	625,5669
San 20	23°02'22,02368S	47°07'55,36236W	7450521,724	281533,096	662,5056
San 21	23°02'29,36414S	47°05'57,90436W	7450344,251	284880,644	689,0170
Tele	22°52'54,17664S	46°49'10,19552W	7468421,557	313350,876	1030,4292
Trev	22°50'39,54944S	47°04'42,04691W	7472211,740	286731,517	641,8142
Unic	22°48'54,14752S	47°03'27,65484W	7475483,978	288807,434	656,9490
VCP 08	23°00'38,55481S	47°08'40,56028W	7453686,146	280199,566	640,0899
VT 01	22°51'50,54018S	47°06'08,00674W	7469993,057	284311,682	608,7838
VT 40	22°57'26,86913S	47°05'42,90561W	7459656,421	285174,656	639,0745

## APÊNDICE D – RELATÓRIOS DE CÁLCULOS DO PROGRAMA GRAVI96

### D.1 Anomalia Free-air

Estação	G114 (SP0001) mGal	G145 (SP0002) mGal	G146 (SP0004) mGal	G146 (SP0006) mGal	G145 (SP0003) mGal	G146 (SP0005) mGal	Média mGal
VALINHOS	8,62	8,62	8,62	8,62	8,62	8,62	8,62
PMC 2020	3,21	3,26	3,16				3,21
SAN13	-4,5	-4,41	-4,52				-4,48
SAN12	-12,72	-12,64	-12,78				-12,71
PMC2036	-16,91	-16,87	-208,28				-16,89
PMC1008	-2,37	-2,37	-2,52				-2,42
SAN11	-4,6	-4,51	-4,72				-4,61
PMC2014	-11,74	-11,62	-11,9				-11,75
SAN10	-7,8	-7,91	-7,9				-7,87
SAN09	-6,01	-5,97	-6,23				-6,07
PMC2007	-0,04	0,16	-0,12				0,00
RN2852X	-14,47	-14,39	-14,64				-14,50
PMC2005	-17,36	-17,27	-17,42				-17,35
LABTOPO	-12,75	-12,7	-12,55	-12,8	-12,7	-12,79	-12,72
LABTOPO	-12,75	-12,7	-12,55	-12,8	-12,7	-12,79	-12,72
PMC2045	-9,59	-9,53	-9,44				-9,52
SAN03	-17,13	-17,07	-16,92				-17,04
SAN02	-10,19	-10,17	-9,96				-10,11
PMC1013	-3,58	-3,54	-3,42				-3,51
SAN01	-10,74	-10,67	-10,58				-10,66
RN01	-23,78	-23,72	-23,66				-23,72
SAN04	-17,89	-17,78	-17,74				-17,80
SAN05	-15,38	-734,05	-15,15				-15,27
PMC2003	-13,88	-13,8	-13,76				-13,81
SAN06	-7,98	-7,84	-7,86				-7,89
RN2871A	-8,39	-8,35					-8,37
SAN07	-5,99	-5,84					-5,92
SAN08	0,09	0,21					0,15
SAN14	2,83	2,97					2,90
IPAU				-4,26	-4,24	-4,29	-4,26
SAN16				-4,3	-4,12	-4,18	-4,20
SAN17				-6,01	-5,87	-5,96	-5,95
PMC2055				-7,54	-7,39	-7,48	-7,47
SAN19				-0,04	0,16	0,06	0,06
VCP08				4,34	4,43	4,41	4,39
SAN20				8,92	9,11	8,97	9,00
SAN21				8,46	8,66	8,55	8,56
ITATINGA				6,61	6,68	6,52	6,60
VT40				0,01	0,13	0,02	0,05
SAN15				2,28	2,37	2,33	2,33
SAN18				-8,58			-8,58

## D.2 Anomalia Bouguer

Estação	G114 (SP0001) mGal	G145 (SP0002) mGal	G146 (SP0004) mGal	G146 (SP0006) mGal	G145 (SP0003) mGal	G146 (SP0005) mGal	Média mGal
VALINHOS	-87,67	-87,67	-87,67	-87,67	-87,67	-87,67	-87,67
PMC 2020	-79,75	-79,70	-79,80				-79,75
SAN13	-81,03	-80,94	-81,05				-81,01
SAN12	-88,35	-88,28	-88,41				-88,35
PMC2036	-93,98	-93,95	-215,99				-93,97
PMC1008	-89,51	-89,52	-89,66				-89,56
SAN11	-83,23	-83,14	-83,35				-83,24
PMC2014	-82,02	-81,90	-82,18				-82,03
SAN10	-80,37	-80,49	-80,47				-80,44
SAN09	-78,35	-78,30	-78,57				-78,41
PMC2007	-78,02	-77,82	-78,10				-77,98
RN2852X	-83,06	-82,98	-83,23				-83,09
PMC2005	-84,18	-84,09	-84,24				-84,17
LABTOPO	-82,69	-82,64	-82,49	-82,74	-82,64	-82,73	-82,66
LABTOPO	-82,69	-82,64	-82,49	-82,74	-82,64	-82,73	-82,66
PMC2045	-84,41	-84,35	-84,27				-84,34
SAN03	-84,67	-84,61	-84,45				-84,58
SAN02	-87,40	-87,38	-87,17				-87,32
PMC1013	-89,03	-88,99	-88,87				-88,96
SAN01	-85,35	-85,28	-85,17				-85,27
RN01	-87,46	-87,40	-87,34				-87,40
SAN04	-86,64	-86,53	-86,49				-86,55
SAN05	-81,34	-800,02	-81,11				-81,23
PMC2003	-82,73	-82,65	-82,62				-82,67
SAN06	-77,76	-77,62	-77,64				-77,67
RN2871A	-79,39	-79,35					-79,37
SAN07	-78,84	-78,69					-78,77
SAN08	-77,43	-77,30					-77,37
SAN14	-76,55	-76,41					-76,48
IPAU				-77,10	-77,08	-77,13	-77,10
SAN16				-75,41	-75,23	-75,29	-75,31
SAN17				-76,03	-75,89	-75,98	-75,97
PMC2055				-73,96	-73,81	-73,91	-73,89
SAN19				-70,50	-70,30	-70,40	-70,40
VCP08				-67,74	-67,64	-67,66	-67,68
SAN20				-65,65	-65,46	-65,60	-65,57
SAN21				-69,07	-68,87	-68,98	-68,97
ITATINGA				-68,51	-68,44	-68,60	-68,52
VT40				-71,95	-71,84	-71,95	-71,91
SAN15				-74,99	-74,89	-74,93	-74,94
SAN18				-72,16			-72,16

### D.3 Valores de g

	G114 (SP0001) mGal	G145 (SP0002) mGal	G146 (SP0004) mGal	G146 (SP0006) mGal	G145 (SP0003) mGal	G146 (SP0005) mGal	g médio mGal
VALINHOS	978563,78	978563,78	978563,78	978563,78	978563,78	978563,78	978563,780
PMC 2020	978590,41	978590,46	978590,36				978590,410
SAN13	978598,63	978598,72	978598,61				978598,653
SAN12	978591,94	978592,02	978591,88				978591,947
PMC2036	978583,76	978583,80	978583,69				978583,750
PMC1008	978568,82	978568,82	978568,67				978568,770
SAN11	978591,20	978591,29	978591,08				978591,190
PMC2014	978605,62	978605,74	978605,46				978605,607
SAN10	978604,59	978604,69	978604,50				978604,593
SAN09	978608,26	978608,30	978608,04				978608,200
PMC2007	978597,45	978597,65	978597,37				978597,490
RN2852X	978608,20	978608,28	978608,03				978608,170
PMC2005	978606,31	978606,40	978606,25				978606,320
LABTOPO	978603,00	978603,05	978603,21	978602,95	978603,05	978602,96	978603,037
LABTOPO	978603,00	978603,05	978603,21	978602,95	978603,05	978602,96	978603,037
PMC2045	978592,81	978592,87	978592,95				978592,877
SAN03	978603,72	978603,78	978603,94				978603,813
SAN02	978582,05	978582,08	978582,28				978582,137
PMC1013	978566,56	978566,60	978566,71				978566,623
SAN01	978589,34	978589,41	978589,55				978589,433
RN01	978604,26	978604,32	978604,38				978604,320
SAN04	978597,24	978597,35	978597,39				978597,327
SAN05	978609,06	977890,45	978609,30				978369,603
PMC2003	978605,15	978605,23	978605,27				978605,217
SAN06	978610,89	978611,03	978611,00				978610,973
RN2871A	978609,16	978609,26					978609,210
SAN07	978605,43	978605,58					978605,505
SAN08	978600,42	978600,55					978600,485
SAN14	978599,90	978600,04					978599,970
IPAU				978611,03	978611,05	978611,00	978611,027
SAN16				978616,31	978616,49	978616,43	978616,410
SAN17				978618,09	978618,23	978618,14	978618,153
PMC2055				978627,81	978627,95	978627,86	978627,873
SAN19				978625,53	978625,73	978625,63	978625,630
VCP08				978626,86	978626,96	978626,93	978626,917
SAN20				978626,43	978626,62	978626,48	978626,510
SAN21				978617,93	978618,13	978618,02	978618,027
ITATINGA				978619,30	978619,37	978619,21	978619,293
VT40				978619,40	978619,51	978619,40	978619,437
SAN15				978606,81	978606,90	978606,86	978606,857
SAN18				978634,05			978634,050



# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)