

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**

**ALVARO BELOTTO PERINI  
RICARDO EICHENBERG FURASTÉ**

**MAPEAMENTO CADASTRAL E GERAÇÃO DE BANCO DE DADOS  
GEOGRÁFICO DA ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO FÍSICA E  
DENSIFICAÇÃO DA REDE GEODÉSICA DA UFRGS**

Porto Alegre  
2011

**ÁLVARO BELLOTO PERINI  
RICARDO EICHENBERG FURASTÉ**

**MAPEAMENTO CADASTRAL E GERAÇÃO DE BANCO DE DADOS  
GEOGRÁFICO DA ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DENSIFICAÇÃO DA  
REDE GEODÉSICA DA UFRGS**

Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Cartográfica apresentado na forma de monografia ao Departamento de Geodésia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Cartógrafo.

Orientador: Ronaldo dos Santos da Rocha

Co-orientadora: Tatiana Silva da Silva

Porto Alegre  
2011

**ÁLVARO BELLOTO PERINI  
RICARDO EICHENBERG FURASTÉ**

**MAPEAMENTO CADASTRAL E GERAÇÃO DE BANCO DE DADOS  
GEOGRÁFICO DA ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DENSIFICAÇÃO DA  
REDE GEODÉSICA DA UFRGS**

Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Cartográfica apresentado na forma de monografia ao Departamento de Geodésia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Cartógrafo.

Banca Examinadora:

---

Profª. Dra. Flávia Cristiane Farina  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

---

Prof. Dr. Jorge Luiz Barbosa da Silva  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

CONCEITO: \_\_\_\_\_

Porto Alegre, 09 de fevereiro de 2011

## DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho aos nossos familiares, por todo carinho e amor, e as nossas namoradas, **Sibeli** e **Mauren**, além de tudo, pelo apoio e compreensão nos momentos de ausência.

## AGRADECIMENTOS

Merecem um agradecimento especial, por terem prestado grande apoio e auxílio, colaborando sobremaneira para a realização deste trabalho:

- Equipe de manutenção da ESEF, na pessoa do Sr. João Delmar Peres Drozdowski, pelo apoio logístico e ajuda na materialização dos marcos;

- Colega e amigo Gustavo Bledow, pela ajuda na realização dos trabalhos de campo e escritório;

- Colega e amigo Ismael Coelho e à GEOSUL – Sistemas e Serviços Topográficos, pelas orientações, apoio nos trabalhos de campo e escritório e por dispensar-nos muito de seu tempo de trabalho;

- *Projeto Mapeamento de Porto Alegre*, do Instituto de Geociências da UFRGS, por ceder-nos o equipamento utilizado no levantamento GPS;

- Prefeito do Campus do Vale, Prof. Flávio Luis Cesar de Lima, e ao Prefeito do Campus Saúde/Olímpico, Prof. Carlos Fernando da Rosa, pela doação dos moirões de concreto utilizados na materialização dos vértices da rede geodésica e demais auxílio oferecido;

- Professora Andréa Lopes Iescheck, pelo auxílio na confecção dos ofícios necessários no decorrer deste trabalho e demais apoio oferecido;

- Engenheiro Cartógrafo Daniel Mottin Soares, pelas orientações técnicas e colaboração;

- Acadêmica de Engenharia Civil Sibeli Bassani Rösner, pela importante ajuda nos trabalhos de campo;

- Engenheiros Cartógrafos Christiane Silva Salomoni, Tiago Rutsatz Salomoni e Alberto Schneider, pela atenção, colaboração e disposição;

- Professores Ronaldo dos Santos da Rocha e Tatiana Silva da Silva, pelas fundamentais orientações e ensinamentos dispensados durante a realização deste trabalho.

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo fornecer subsídios técnicos para a gestão e planejamento do Campus da Escola de Educação Física da UFRGS – ESEF/UFRGS, através da aplicação integrada dos conhecimentos adquiridos no decorrer do curso de Engenharia Cartográfica. Para tal, foram realizados o levantamento topográfico/cadastral em três dimensões e o cadastro da ESEF. As informações resultantes foram organizadas em um banco de dados geográfico. Como produtos finais, um mapa cadastral atualizado foi gerado, a rede geodésica da UFRGS foi expandida (com a implantação de dois marcos geodésicos que servirão de apoio a trabalhos e pesquisas futuras) e um banco de dados geográficos foi construído com base no levantamento topográfico e cadastral. Estes produtos devem servir de auxílio à administração e gestão do Campus da ESEF/UFRGS como uma ferramenta de suporte à tomada de decisão em um Sistema de Informação Geográfica (SIG).

**Palavras-chave:** Levantamento Topográfico, Mapa Digital, Cadastro, Sistema de Informações Geográficas.

## **ABSTRACT**

The present work aims to support the Physical Education School of Federal University of Rio Grande do Sul - ESEF/UFRGS administration with technical subsidies for the management and planning of its campus area, through the integrated application of the knowledge acquired along the Cartographic Engineering course. For such, a topographical survey in a three-dimensional basis of the ESEF and cadastral activities were carried out. The resulting information was organized in a geographic database. As final products, an up to date cadastral map was generated, the UFRGS geodesic net was expanded (with the implantation of two geodesic landmarks for use in future local surveys and works), and a geographical database was built upon the topographic and cadastral work. These products are intended to aid the ESEF/UFRGS administration and management as a Geographic Information System (GIS) decision-making support tool.

**Keywords:** Topographical survey, Digital Map, Cadastre, Geographic Information System.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Quadro Comparativo entre os Métodos de Ajustamento .....	35
Tabela 02 - Códigos de Feições .....	63
Tabela 03 - Identificação dos Pontos Coletados .....	84
Tabela 04 - Coordenadas e precisões do ponto GPS1 .....	85
Tabela 05 - Coordenadas e Precisões do Ponto GPS2 .....	86
Tabela 06 - Informações dos Pontos GPS3 e GPS4 .....	86
Tabela 07 - Coordenadas e Precisões dos Pontos GPS3 e GPS4 .....	86
Tabela 08 - Coordenadas GPS e Altitudes Corrigidas .....	86
Tabela 09 - Extrato da Caderneta de Dados Gerada no Levantamento Topográfico ....	87
Tabela 10 - Extrato do Resultado do Processamento dos Dados do Levantamento Topográfico .....	88
Tabela 11 - Coordenadas do Vértice E4 Geradas a partir da Linha Base .....	88
Tabela 12 - Dados Resultantes do Fechamento da Poligonal Principal .....	89
Tabela 13 - Estimativa de Exatidão e Precisão Conforme Feição e Escala de Trabalho .....	89
Tabela 14 - Informações do Rastreio dos Pontos P25 e P26 .....	90
Tabela 15 - Coordenadas da Rede Implantada e Altitudes Elipsoidais .....	90
Tabela 16 - Coordenadas da Rede Implantada e Altitudes Ortométricas .....	90
Tabela 17 - Informações das Edificações da ESEF – UFRGS .....	91
Tabela 18 - Estimativa de Custos .....	95
Tabela 19 - Gastos Envolvidos .....	96

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Levantamento de uma poligonal.....	19
Figura 02: Poligonal fechada.....	20
Figura 03: Poligonal enquadrada .....	20
Figura 04: Poligonal aberta .....	20
Figura 05: Precisão e acurácia .....	23
Figura 06: Latitudes e longitudes .....	24
Figura 07: Estrutura básica dos sinais GPS .....	38
Figura 08: Tecnologias integradas em um SIG .....	46
Figura 09: Estrutura vetorial e raster .....	52
Figura 10: Comissão social do diretório acadêmico de Educação Física/1941.....	54
Figura 11: Aula de ginástica geral da professora Quintina Paccini.....	55
Figura 12: Vista aérea da ESEF – década de 70.....	56
Figura 13: Centro natatório – 2010 .....	57
Figura 14: Receptor utilizado no levantamento GPS .....	60
Figura 15: Piqueteamento.....	62
Figura 16: Rastreio do ponto GPS4/E5 .....	65
Figura 17: Relação entre superfícies geoidal e elipsoidal .....	66
Figura 18: Funcionário da UFRGS auxiliando na materialização do vértice.....	69
Figura 19: Amostra de pontos coletados .....	72
Figura 20: Vértice P25 sendo rastreado.....	70
Figura 21: Perfil do marco implantado.....	70
Figura 22: Vista superior dos marcos implantados .....	71
Figura 23: Levantamento Topográfico .....	83
Figura 24: Ponto E4 da poligonal principal.....	84
Figura 25: Amostra de pontos coletados .....	85
Figura 26: Galpão crioulo .....	92
Figura 27: Prédio manutenção .....	92
Figura 28: Tabela de atributos atrelados à informação espacial .....	93
Figura 29: Atributos da shape “polígonos” .....	94

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAF - *American Air Force*

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACM - Associação Cristã de Moços

ARP - *Antenna Reference Point*

AS – *Anti-Spoofing*

BIC - Boletim de Informações Cadastrais

BIH - *Bureau International de l'Heure*

BL - Boletim de Logradouros

C/A – *Coarse Acquisition*

CAD - *Computer Aided Design*

CCR - Centro de Ciências Rurais

CD – Cartografia Digital

CS – *Control Segment*

CEME - Centro de Memória do Esporte

CIATA - Convênio de Incentivo ao Aperfeiçoamento Técnico

CIM – Carta Internacional do Mundo

CIOs - Centro Integrador de Órbitas

CPU – *Central Processing Unit*

DEGED - Departamento de Geodésia

DGFI - *Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut*

DGPS - *Differential GPS*

DoD – *Department of Defense*

EPUSP - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

ESEF – Escola Superior de Educação Física

ESRI – *Environmental Systems Research Institute*

FIG - *International Federation of Surveyors*

FNMA - Fundo Nacional do Meio Ambiente

GA - *Ground Antenas*

GHz – Giga Hertz

GLONASS – *Global Navigation Satellite Systems*

GNSS - *Global Navigation Satellite Systems*

GPS - *Global Positioning System*  
GRS 80 - *Geodetic Reference System 1980*  
h - Altitude Elipsoidal ou Geométrica  
H - Altitude Ortométrica  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IGS – *International GNSS Service*  
IPH - Instituto de Pesquisas Hidráulicas  
ITRF - *International Terrestrial Reference Frame*  
ITRS - *International Terrestrial Reference System*  
LAPEX- Laboratório de Pesquisa do Exercício  
LB - Linha Base  
MC – Meridiano Central  
MCS - *Master Control Station*  
MDT – Modelo Digital de Terreno  
MHz – Mega Hertz  
MMQ – Método dos Mínimos Quadrados  
MS - *Monitoring Stations*  
N - Ondulação Geoidal ou Altura Geoidal  
NAVSTAR – *Navigation System with Time And Ranging*  
NBR – Normas Brasileiras de Redação  
NGS – *National Geodetic Survey*  
NIMA - *National Imagery and Mapping Agency*  
NNSS – *Navy Navigation Satellite System*  
OTF – *On The Fly*  
P25 – Ponto 25 da Rede Geodésica da UFRGS  
P26 – Ponto 26 da Rede Geodésica da UFRGS  
PEC – Padrão de Exatidão Cartográfica  
PET - Programa de Educação Tutorial  
PMRG - Projeto Mudança do Referencial Geodésico  
POAL – Estação Porto Alegre da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo  
PRN - *Pseudorandom Noise Codes*  
RAM - *Random Access Memory*  
RBMC – Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo  
RF - Radiofrequência

RINEX - *Receiver Independent Exchange format*

RTK - *Real Time Kinematic*

SA – *Selective Availability*

SAD69 – *South American Datum 1969*

SBAS – *Space Based Augmentation Systems*

SCA - *Sistemas de Controle Ativos*

SGB – *Sistema Geodésico Brasileiro*

SGBD - *Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados*

SGR – *Sistema Geodésico de Referência*

SIG – *Sistema de Informações Geográficas*

SIRGAS -*Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul, Central e Caribe*

SMAR – *Estação Santa Maria da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo*

SOGIPA – *Sociedade Ginástica Porto Alegre*

SQL - *Linguagem de Consulta*

TEC - *Total Electron Contents*

UFRGS – *Universidade Federal do Rio Grande do Sul*

UFSM - *Universidade Federal de Santa Maria*

UTM – *Universal Transversa de Mercator*

VLBI - *Very Long Baseline Interferometry*

WGS – *World Geodetic System*

## ÍNDICE

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>1 OBJETIVOS</b> .....	15
1.1 OBJETIVO GERAL .....	15
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
1.3 JUSTIFICATIVA .....	15
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	16
2.1 TOPOGRAFIA .....	16
2.1.1 Definição .....	16
2.1.2 Tipos de Levantamentos .....	17
2.2 CARTOGRAFIA .....	21
2.2.1 Padrão de Exatidão Cartográfica .....	21
2.2.2 Classes de Cartas .....	21
2.2.3 Precisão e Acurácia .....	22
2.2.4 Elementos Obrigatórios de uma Carta .....	23
2.2.5 Localização na Superfície da Terra .....	23
2.2.5.1 Coordenadas Geográficas .....	23
2.2.5.2 Latitude e Longitude.....	23
2.2.5.3 Coordenadas UTM .....	24
2.2.6 Projeções Cartográficas .....	25
2.2.7 Técnicas de Interpolação.....	26
2.3 GEODÉSIA .....	27
2.3.1 Sistema Geodésico de Referência .....	27
2.3.2 Sistema Geodésico Brasileiro .....	29
2.3.3 Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul, Central e Caribe (SIRGAS) .....	30
2.3.4 Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC).....	31
2.3.5 Rede Estadual GPS .....	31
2.3.6 Redes Locais .....	32
2.4 AJUSTAMENTO DE OBSERVAÇÕES .....	33
2.5 SISTEMA GPS .....	36
2.5.1 Segmentos do Sistema GPS.....	37
2.5.2 Técnicas de Posicionamento por GPS.....	41
2.6 CADASTRO .....	43
2.6.1 Definição .....	43
2.6.2 Pesquisa Cadastral .....	44
2.7 SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS .....	45
2.7.1 Definição e Histórico .....	45
2.7.2 Componentes de um SIG .....	47
2.7.3 Estrutura de Dados .....	50
2.7.3.1 Comparação entre Estrutura de Dados .....	51
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	53
3.1 FLUXOGRAMA .....	53
3.2 ÁREA DE ESTUDO .....	54
3.3 RECONHECIMENTO E PLANEJAMENTO .....	57
3.4 IMPLANTAÇÃO DA REDE GEODÉSICA .....	58

<b>3.4.1 Receptor Utilizado no Levantamento GPS</b> .....	59
<b>3.4.2 Software de Processamento de Dados GNSS</b> .....	60
<b>3.5 LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO</b> .....	61
<b>3.5.1 Processamento dos Dados</b> .....	63
<b>3.5.2 Equipamento Utilizado no Levantamento Topográfico</b> .....	63
<b>3.5.3 Software Utilizado no Processamento dos Dados do Levantamento Topográfico</b> .....	68
<b>3.6 DENSIFICAÇÃO DA REDE GEODÉSICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS</b> .....	68
<b>3.6.1 Materialização dos Vértices</b> .....	69
<b>3.6.2 Levantamento da Rede</b> .....	71
<b>3.6.3 Descrição dos Vértices de Amarração</b> .....	72
<b>3.7 LEVANTAMENTO CADASTRAL E GERAÇÃO DO BANCO DE DADOS</b> .....	75
<b>3.7.1 Software Utilizado na Geração do Banco de Dados e Produção do Mapa Cadastral</b> .....	75
<b>3.7.2 Geração do Banco de Dados</b> .....	75
<b>3.8 GERAÇÃO DO MAPA CADASTRAL</b> .....	77
<b>3.8.1 Qualidade Geométrica do Mapa Cadastral Gerado</b> .....	80
<b>3.9 EQUIPE TÉCNICA</b> .....	81
<b>3.10 RESUMO DOS EQUIPAMENTOS E SOFTWARES UTILIZADOS</b> .....	81
<b>4 RESULTADOS</b> .....	83
<b>4.1 LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO</b> .....	83
<b>4.2 DENSIFICAÇÃO DA REDE GEODÉSICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS</b> .....	90
<b>4.3 BANCO DE DADOS GEOGRÁFICO</b> .....	91
<b>4.4 MAPA CADASTRAL</b> .....	94
<b>4.4.1 Qualidade Geométrica do Mapa Cadastral Gerado</b> .....	95
<b>4.5 CUSTOS ENVOLVIDOS NO PROJETO</b> .....	95
<b>4.6 EQUIPE TÉCNICA</b> .....	96
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	97
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	99
<b>ANEXOS</b> .....	102

## INTRODUÇÃO

Este trabalho visa realizar o levantamento topográfico/cadastral e o cadastro do Campus da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – ESEF/UFRGS e a ampliação da rede geodésica da UFRGS, gerando como produtos finais um mapa atualizado da área de estudo, um banco de dados vinculado às informações espacialmente referenciadas extraídas do trabalho de campo e a implantação de dois marcos geodésicos no mesmo local.

O projeto está dividido em cinco partes, quais sejam:

- *Parte inicial*: apresentada a introdução, objetivos, justificativa e estrutura do trabalho;
- *Segunda parte*: composta de revisão bibliográfica, onde são apresentados os principais conceitos teóricos, indispensáveis ao entendimento do trabalho;
- *Terceira parte*: procedimentos metodológicos utilizados no desenvolvimento da atividade;
- *Quarta parte*: resultados obtidos;
- *Quinta parte*: conclusão e referências bibliográficas.

## 1 OBJETIVOS

### 1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é, através de um levantamento topográfico/cadastral, gerar um mapa cadastral de uma área específica, densificar a rede geodésica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS e gerar um banco de dados geográficos a partir dos dados levantados.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Pretende-se, ao término deste trabalho, atingir os seguintes objetivos:

- Gerar um mapa cadastral atualizado do campus da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – ESEF/UFRGS;
- Densificar a rede geodésica da UFRGS, através da implantação de dois marcos geodésicos de concreto no campus da ESEF/UFRGS, que servirão para ampliação da rede geodésica da UFRGS e apoio a levantamentos futuros;
- Gerar um banco de dados geográficos vinculado às informações vetoriais espacialmente referenciadas extraídas do trabalho de campo.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

As atividades realizadas ao longo do presente trabalho trazem um suporte importante e necessário para os futuros projetos de infraestrutura do Campus, contemplando não somente informações base, mas apresentando ferramentas técnicas inovadoras e aceleradoras do processo de tomada de decisão, com alta aplicabilidade para o seu planejamento e gestão.

Dessa forma, este trabalho apresenta-se como um instrumento de auxílio à administração, planejamento e gestão do campus da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – ESEF/UFRGS. Pretendemos que o produto gerado após a conclusão deste trabalho possa colaborar, por exemplo, na construção de novas edificações, na localização dos prédios existentes, no planejamento de expansão do Campi e no gerenciamento de redes de água, esgoto e energia elétrica.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Para que o desenvolvimento do trabalho possa ser compreendido com clareza, apresentamos neste capítulo uma revisão dos conceitos empregados no decorrer deste projeto. Tópicos de topografia, cartografia, geodésia, ajustamento de observações e cadastro serão abordados de forma resumida. Discorreremos, assim, sobre boa parte das matérias vistas no curso de Engenharia Cartográfica, o que vem ao encontro de um dos objetivos do projeto final de curso.

### **2.1 TOPOGRAFIA**

#### **2.1.1 Definição**

Segundo ESPARTEL (1977), a Topografia tem por finalidade determinar o contorno, dimensão e posição relativa de uma porção limitada da superfície terrestre, sem levar em conta a curvatura resultante da esfericidade terrestre. Isso equivale a projetar sobre um plano, que se supõe horizontal, não só os limites da superfície a representar como todas as particularidades notáveis, naturais ou artificiais do terreno. Esta determinação se dá a partir do levantamento de pontos planimétricos e altimétricos, através de medidas angulares e lineares, com o uso de equipamentos apropriados.

O conjunto de pontos devidamente calculados e corrigidos dá origem, via de regra, ao desenho topográfico, que se denomina Planta Topográfica, sendo a própria representação da porção da superfície terrestre, que fora objeto de levantamento.

De acordo com a NBR 13133, Norma Brasileira para Execução de Levantamento Topográfico, o levantamento topográfico é definido por “conjunto de métodos e processos que, através de medições de ângulos horizontais e verticais, de distâncias horizontais, verticais e inclinadas, com instrumental adequado à exatidão pretendida, primordialmente, implanta e materializa pontos de apoio no terreno, determinando suas coordenadas topográficas. A estes pontos se relacionam os pontos de detalhe visando a sua exata representação planimétrica numa escala pré-determinada e à sua representação altimétrica por intermédio de curvas de nível, com equidistância também pré-determinada e/ou pontos cotados.

Tradicionalmente, o levantamento topográfico pode ser dividido em duas partes: o levantamento planimétrico, onde se procura determinar a posição planimétrica dos

pontos (coordenada X e Y) e o levantamento altimétrico, onde o objetivo é determinar a cota ou a altitude de um ponto (coordenada Z). A realização simultânea dos dois levantamentos dá origem ao chamado levantamento planialtimétrico.

### **2.1.2 Tipos de Levantamentos**

Durante um levantamento topográfico, normalmente são determinados pontos de apoio ao levantamento (pontos planimétricos, altimétricos ou planialtimétricos), e a partir destes, são levantados os demais pontos que permitem representar a área levantada. A primeira etapa pode ser chamada de estabelecimento do apoio topográfico e a segunda de levantamento de detalhes.

De acordo com a NBR 13133, os pontos de apoio são definidos por: “pontos, convenientemente distribuídos, que amarram ao terreno o levantamento topográfico e, por isso, devem ser materializados por estacas, piquetes, marcos de concreto, pinos de metal, tinta, dependendo da sua importância e permanência.”

Para os pontos de apoio ou pontos que serão utilizados em trabalhos futuros é comum elaborar-se a chamada “monografia do ponto”, a qual apresenta diversas informações, como coordenadas, croqui de localização, data de levantamento, foto do ponto, etc.

O levantamento de detalhes é definido na NBR 13133 como: “conjunto de operações topográficas clássicas (poligonais, irradiações, interseções ou por ordenadas sobre uma linha-base), destinado à determinação das posições planimétricas e/ou altimétricas dos pontos, que vão permitir a representação do terreno a ser levantado topograficamente a partir do apoio topográfico. Estas operações podem conduzir, simultaneamente, à obtenção da planimetria e da altimetria, ou então, separadamente, se as condições especiais do terreno ou exigências do levantamento obrigarem à separação.”

A representação topográfica estará baseada em pontos levantados no terreno, para os quais são determinadas as coordenadas.

- Levantamento topográfico:

O levantamento topográfico consiste em um conjunto de métodos e processos que, através de medições de ângulos horizontais e verticais, de distâncias horizontais, verticais e inclinadas, com instrumental adequado à exatidão pretendida, implanta e

materializa pontos de apoio no terreno, determinando suas coordenadas topográficas. A estes pontos se relacionam os pontos de detalhes visando à sua exata representação planimétrica.

- Levantamento topográfico planimétrico:

Levantamento dos limites e confrontações de uma propriedade, pela determinação do seu perímetro, incluindo, quando houver, o alinhamento da via ou logradouro com o qual faça frente, bem como a sua orientação e a sua amarração a pontos materializados no terreno de uma rede de referência cadastral, ou, no caso de sua inexistência, a pontos notáveis e estáveis nas suas imediações. Quando este levantamento se destinar à identificação dominial do imóvel, são necessários outros elementos complementares, tais como: perícia técnico-judicial, memorial descritivo, etc.

- Levantamento topográfico planimétrico cadastral:

Levantamento planimétrico acrescido da determinação planimétrica da posição de certos detalhes visíveis ao nível e acima do solo e de interesse à sua finalidade, tais como: limites de vegetação ou de culturas, cercas internas, edificações, benfeitorias, posteamentos, barrancos, árvores isoladas, valos, drenagem natural e artificial, etc.

- Método das direções:

Consiste nas medições angulares horizontais com visadas das direções determinantes nas duas posições de medição permitidas pelo teodolito (direta e inversa), a partir de uma direção tomada como origem, que ocupa diferentes posições no limbo horizontal do teodolito.

- Poligonação:

A poligonação é um dos métodos mais empregados para a determinação de coordenadas de pontos em Topografia, principalmente para a definição de pontos de apoio planimétricos. Uma poligonal consiste em uma série de linhas consecutivas onde são conhecidos os comprimentos e direções, obtidos através de medições em campo.

O levantamento de uma poligonal é realizado através do método de caminhamento, percorrendo-se o contorno de um itinerário definido por uma série de pontos, medindo-se todos os ângulos, lados e uma orientação inicial, conforme ilustra a

figura 01. A partir destes dados e de uma coordenada de partida, é possível calcular as coordenadas de todos os pontos que formam esta poligonal.

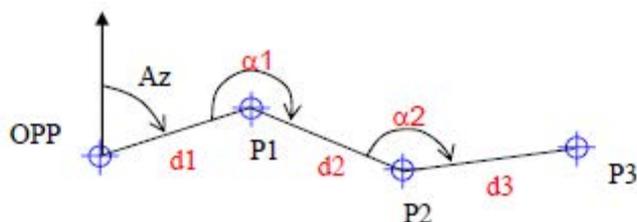


Figura 01: Levantamento de uma poligonal  
Fonte: VEIGA (2007)

Utilizando-se uma poligonal é possível definir uma série de pontos de apoio ao levantamento topográfico, a partir dos quais serão determinadas coordenadas de outros pontos, utilizando, por exemplo, o método de irradiação a ser visto posteriormente.

A NBR 13133 classifica as poligonais em principal, secundária e auxiliar:

a) Poligonal principal: poligonal que determina os pontos de apoio topográfico de primeira ordem;

b) Poligonal secundária: aquela que, apoiada nos vértices da poligonal principal determina os pontos de apoio topográfico de segunda ordem;

c) Poligonal auxiliar: poligonal que, baseada nos pontos de apoio topográfico planimétrico, tem seus vértices distribuídos na área ou faixa a ser levantada, de tal forma que seja possível coletar, direta ou indiretamente, por irradiação, interseção ou ordenadas sobre uma linha de base, os pontos de detalhes julgados importantes, que devem ser estabelecidos pela escala ou nível de detalhamento do levantamento.

As poligonais levantadas em campo poderão ser fechadas, enquadradas ou abertas.

a) Poligonal fechada: parte de um ponto com coordenadas conhecidas e retorna ao mesmo ponto, conforme mostra a figura 02. Sua principal vantagem é permitir a verificação de erro de fechamento angular e linear.

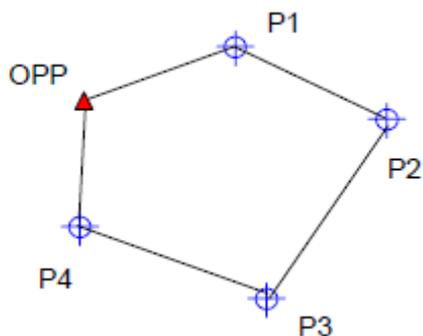


Figura 02: Poligonal fechada  
Fonte: VEIGA (2007)

b) Poligonal enquadrada: parte de dois pontos com coordenadas conhecidas e acaba em outros dois pontos com coordenadas conhecidas, de acordo com a figura 03. Permite a verificação do erro de fechamento angular e linear.

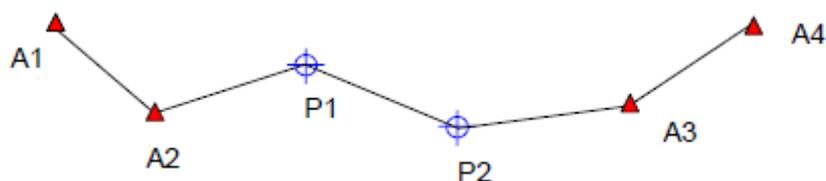


Figura 03: Poligonal enquadrada  
Fonte: VEIGA (2007)

c) Poligonal aberta: parte de um ponto com coordenadas conhecidas e acaba em um ponto cujas coordenadas deseja-se determinar, conforme a figura 04. Não é possível determinar erros de fechamento, portanto devem-se tomar todos os cuidados necessários durante o levantamento de campo para evitá-los.

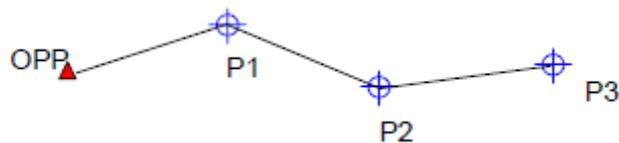


Figura 04: Poligonal aberta  
Fonte: VEIGA (2007)

## 2.2 CARTOGRAFIA

### 2.2.1 Padrão de Exatidão Cartográfica

O Decreto Nº 89.817, de 20 de junho de 1984, estabelece as normas a serem observadas por todas as entidades públicas e privadas produtoras e usuárias de serviços cartográficos, sob a denominação de Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional. Tal decreto destina-se a estabelecer procedimentos e padrões a serem obedecidos na elaboração e apresentação de normas da Cartografia Nacional, bem como padrões mínimos a serem adotados no desenvolvimento das atividades cartográficas.

O referido decreto apresenta uma avaliação da qualidade do mapa, no que diz respeito à exatidão das informações cartográficas, criando o PEC – Padrão de Exatidão Cartográfica, e uma classificação das cartas em classes A, B e C.

Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) é um indicador estatístico de dispersão, relativo a 90% de probabilidade, que define a exatidão de trabalhos cartográficos. A probabilidade de 90% corresponde a 1,6449 vezes o Erro Padrão ( $PEC = 1,6449EP$ ). O Erro Padrão isolado num trabalho cartográfico não ultrapassará 60,8% do PEC.

As cartas, quanto à sua exatidão, devem obedecer ao PEC, segundo o critério abaixo indicado:

a) noventa por cento dos pontos bem definidos numa carta, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao PEC-Planimétrico estabelecido;

b) noventa por cento dos pontos isolados de altitude, obtidos por interpolação de curvas de nível, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao PEC-Altimétrico estabelecido.

### 2.2.2 Classes de Cartas

As cartas, segundo sua exatidão, são classificadas nas Classes A, B e C, segundo os critérios seguintes:

a) Classe A:

- PEC Planimétrico: 0,5 mm, na escala da carta, sendo de 0,3 mm na escala da carta o EP correspondente.

- PEC Altimétrico: metade da equidistância entre as curvas de nível, sendo de um terço desta equidistância o EP correspondente.

b) Classe B:

- PEC Planimétrico: 0,8 mm, na escala da carta, sendo de 0,5 mm na escala da carta o EP correspondente.

- PEC Altimétrico: três quintos da equidistância entre as curvas de nível, sendo de dois quintos EP correspondente.

c) Classe C:

- PEC Planimétrico: 1,0 mm, na escala da carta, sendo de 0,6 mm na escala da carta o EP correspondente.

- PEC Altimétrico: três quartos da equidistância entre as curvas de nível, sendo de metade desta equidistância o EP correspondente.

É obrigatória a indicação da Classe no rodapé da folha, ficando o produtor responsável pela fidelidade da classificação. Os documentos cartográficos, não enquadrados nas classes especificadas no artigo anterior, devem conter no rodapé da folha a indicação obrigatória do EP verificado no processo de elaboração. Nenhuma folha de carta será produzida a partir da ampliação de qualquer documento cartográfico.

Segundo ROCHA (2002), não existe no Brasil, ainda, uma norma de Padrão de Exatidão Cartográfica para verificação da qualidade posicional das cartas digitais. Não se dispõe de padrões para verificar a atualidade das cartas digitais, inexistem padrões para avaliar a completitude das informações superficiais e que necessitam ser apresentadas na carta. Assim, há necessidade de desenvolver padrões para avaliar a qualidade das cartas digitais.

### **2.2.3 Precisão e Acurácia**

A precisão está ligada a repetibilidade de medidas sucessivas feitas em condições semelhantes, estando vinculada somente a efeitos aleatórios.

A acurácia expressa o grau de aderência das observações em relação ao seu valor verdadeiro, estando vinculada a efeitos aleatórios e sistemáticos. A figura 05 ilustra estes conceitos.

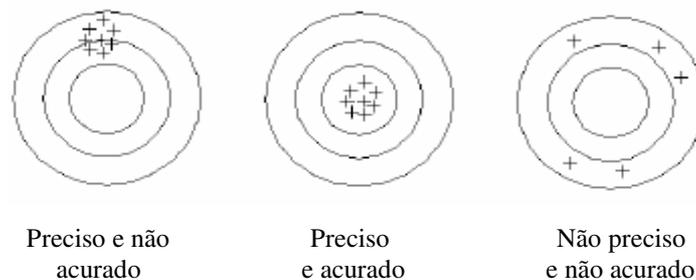


Figura 05: Precisão e acurácia

## 2.2.4 Elementos Obrigatórios de uma Carta

A folha de uma carta deve ser identificada pelo índice de nomenclatura e número do mapa-índice da série respectiva, bem como por um título correspondente ao topônimo representativo do acidente geográfico mais importante de cada área.

Cada carta deve apresentar, no rodapé ou campos marginais, uma legenda com símbolos e convenções cartográficas, de acordo com a norma respectiva.

## 2.2.5 Localização na Superfície da Terra

### 2.2.5.1 Coordenadas Geográficas

Cada ponto da superfície terrestre está situado no ponto de intercessão entre um meridiano e um paralelo. A localização de cada ponto é dada em termos de sua latitude e de sua longitude. Este sistema está baseado em duas linhas: o Equador e o Meridiano Principal e o sistema de medida utilizado é o grau.

### 2.2.5.2 Latitude e Longitude

Latitude é a distância em graus, minutos e segundos de arco Norte ou Sul do Equador, medidos ao longo do meridiano do ponto e vai de 0 a 90°. Também definida como o ângulo entre o fio de prumo e o plano do equador celeste, ou o ângulo entre o plano do horizonte e o eixo de rotação da Terra.

Longitude é a distância em graus, minutos e segundo de arco Leste ou Oeste do Meridiano de Greenwich, medidos ao longo do paralelo do ponto e vai de 0 a 180°.

Também definida como o ângulo entre o plano do meridiano celeste e o plano do meridiano de origem, escolhido arbitrariamente.

O ângulo da longitude é determinado pelas linhas que vão do meridiano principal e do meridiano no qual está o ponto a ser localizado, até o ponto onde elas se encontram, que é o centro da Terra.

O ângulo da latitude é determinado pelas linhas que vão do Equador e do paralelo no qual está o ponto a ser localizado, até o ponto onde elas se encontram, que é o centro da Terra.

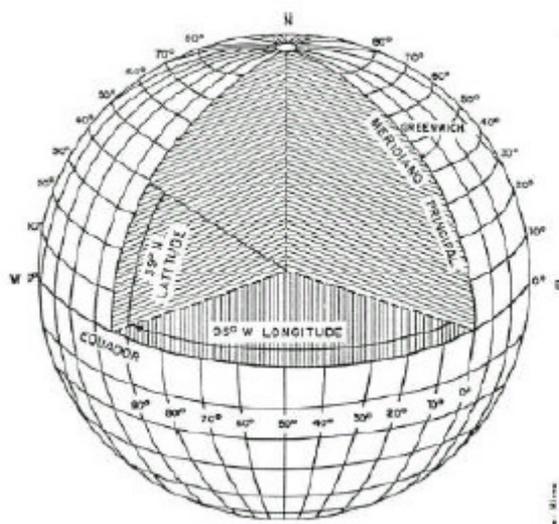


Figura 06: Latitudes e longitudes

### 2.2.5.3 Coordenadas UTM

Além das coordenadas geográficas, a maioria das cartas de grande e média escala, em nosso País, também são construídas com coordenadas plano-retangulares. Estas coordenadas formam um quadriculado relacionado à Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM).

O espaço entre as linhas do quadriculado UTM é conhecido como equidistância do quadriculado e será maior ou menor de acordo com a escala da carta. O sistema de medida usado é o linear em metros, cujos valores são sempre números inteiros, sendo registrados nas margens da carta.

Assim, o quadriculado UTM está estreitamente relacionado à projeção com o mesmo nome, a qual divide a Terra em 60 fusos de 6° de longitude cada um.

O quadriculado, se considerado como parte integrante de cada fuso, tem sua linha vertical central coincidente com o Meridiano Central (MC) de cada fuso.

Os meridianos do fuso ou zona da projeção formam um ângulo com as linhas verticais da quadrícula. Esse ângulo é nulo para o MC, mas vai aumentando com a diferença de longitude e também com a latitude. Este ângulo foi chamado de Convergência Meridiana, a qual é variável em relação à situação a cada ponto dentro da zona e representa, para cada ponto, o ângulo formado entre as linhas que indicam o Norte Geográfico e o Norte da Quadrícula.

A origem das medidas do quadriculado é o cruzamento do Meridiano Central com o Equador, ao qual foram atribuídos arbitrariamente os seguintes valores: para o Meridiano Central, 500.000 m E, determinando as distâncias em sentido Leste/Oeste, e para o Equador, 10.000.000 m para o Hemisfério Sul, e 0 m, para o Hemisfério Norte.

De acordo com a legislação Cartográfica Brasileira, a projeção UTM é obrigatória para mapas e cartas da Cartografia Sistemática Brasileira, com escalas variando de 1/500.000 até 1/25.000. Contudo, seu uso transcende estas escalas e inúmeras representações cartográficas/cadastrais são elaboradas com a projeção UTM.

### **2.2.6 Projeções Cartográficas**

Descrevemos a seguir a projeção UTM, utilizada no desenvolvimento deste projeto:

#### **- Projeção Universal Transversa de Mercator**

Existem variações e adaptações da Projeção de Mercator. Assim, por exemplo, pode tornar-se transversa, fazendo-se girar o eixo do cilindro transversalmente ao eixo polar do globo terrestre. É o caso da Projeção Universal Transversa de Mercator, na qual o cilindro envolvente se move dentro de uma posição secante. Isto faz com que o raio do cilindro se torne menor que o raio da esfera. A condição secante tem vantagem sobre a condição tangente, pois na primeira, duas linhas norte-sul aproximadamente se convertem em linhas de distância exata.

A projeção UTM, proposta pelos Estados Unidos em 1950, abrange a totalidade das longitudes. Para que seja possível, é feito um fracionamento em fusos ou zonas, de longitude determinada de maneira a não ultrapassar certos limites aceitáveis de deformação.

Este fracionamento já havia sido calculado em módulos de 6° de longitude cada um. Todos são idênticos, de tal modo que os cálculos efetuados para um deles (fuso padrão) têm seus resultados válidos para a totalidade da Terra, isto é, para todos os fusos.

A numeração das zonas, começando com a Zona 1, têm sua origem no meridiano de 180°W (ou seja, no antimeridiano de Greenwich) e vai caminhando progressivamente para Leste até chegar à zona 60, que está compreendida entre 174°E e 180°E.

Em Latitude, os fusos são limitados aos paralelos de 80°S e 84°N, porque as deformações seriam muito grandes para latitudes superiores. A diferença de 4° entre latitudes N e S é devida à diferença de achatamento entre o Hemisfério Norte e Hemisfério Sul.

### **2.2.7 Técnicas de Interpolação**

Na realização deste trabalho utilizamos o método denominado *Vizinho Natural*, descrito a seguir:

Este algoritmo de interpolação utiliza uma média ponderada das observações vizinhas. É um dos métodos de interpolação mais gerais e robustos, com a produção de médias ponderadas em cada ponto de interpolação como uma função dos valores originais. A interpolação pelo método do vizinho natural dá pesos a cada um dos pontos com base no que se assume seja sua área de influência, áreas estas determinadas pela geração de Polígonos de Voronoi ao redor de cada ponto.

Em princípio, cada intersecção do grid implantado estaria em um destes polígonos e teria associado a si o valor do ponto ao redor do qual o polígono foi criado. Inicialmente é feita uma triangulação de Delaunay sobre os dados originais antes da criação dos Polígonos de Voronoi, depois é gerado um conjunto destes polígonos para a área de trabalho (esta interpolação é baseada na rede de polígonos de Thiessen, criadas sobre os pontos disponíveis).

Em outras palavras, uma região de vizinho natural é gerada, inicialmente, para cada ponto; a seguir, em cada nó da nova malha, uma nova região de vizinho natural é gerada, superpondo várias porções das regiões de vizinho natural ao redor, que foram definidas para cada ponto, e o novo valor do ponto é calculado por uma média dos valores pontuais circundantes, proporcionalmente ponderados.

## 2.3 GEODÉSIA

### 2.3.1 Sistema Geodésico de Referência

Um Sistema Geodésico de Referência, do ponto de vista prático, permite que se faça a localização espacial de qualquer feição sobre a superfície da Terra. O SGR é definido a partir da adoção de um elipsóide de referência, posicionado, e orientado em relação à superfície terrestre.

Para a implantação de um Sistema Geodésico de Referência (SGR), são necessárias quatro etapas: conceito, definição, materialização e densificação.

Do ponto de vista conceitual do Sistema Geodésico de Referência é visualizada a origem do sistema e fixação dos eixos. Com a origem no centro de massa da Terra ou trasladado para o centro de outro sistema. Quanto à fixação dos eixos de coordenadas, estes devem ser fixos no espaço com relação à origem.

A definição estabelece princípios que fixam a origem, a orientação e eventual escala de sistemas de coordenadas, como por exemplo, o elipsóide de revolução.

A materialização é o conjunto de pontos fixados no terreno por meio de marcos de concreto, entre outros, aos quais é estabelecido um conjunto de coordenadas de referência para os mesmos.

A densificação implica na materialização de pontos auxiliares na superfície terrestre, com um espaçamento menor entre os pontos do que os pontos principais da rede.

A terra pode ser aproximada por um elipsóide de revolução, o qual foi gerado pela rotação de uma elipse em torno do eixo polar. Esta superfície é considerada como a mais próxima da forma real da terra e que tenha tratamento matemático, em substituição ao geóide. Esta aproximação do geóide pelo elipsóide só é possível mediante as seguintes condições:

- a) coincidência do centro do elipsóide com o centro de gravidade da Terra;
- b) coincidência do plano equatorial do elipsóide com o plano do equador terrestre;
- c) minimização dos desvios em relação ao geóide.

Para atender a última condição efetuam-se ligações entre geóide e elipsóide em pontos conhecidos como datum geodésico, ou seja, lugar onde o elipsóide tangencia a superfície terrestre.

Os Sistemas Geodésicos de Referência são classificados, quanto ao método de determinação e orientação, em Clássicos e Modernos.

O método Clássico implica na determinação de posições precisas sobre a superfície terrestre através de métodos clássicos que resultaram na necessidade de adoção de dois SGRs, um horizontal e outro vertical. O SGR vertical fornece a referência para a determinação precisa da componente altimétrica do SGB (Sistema Geodésico Brasileiro), enquanto o SGR horizontal fornece a referência para a determinação precisa das componentes planimétricas (latitude e longitude).

Um SGR horizontal é tradicionalmente definido por um elipsóide e seu posicionamento no espaço. Este elipsóide é escolhido de forma a garantir uma boa adaptação ao geóide da região. Os parâmetros definidores do sistema normalmente estão vinculados a um ponto da superfície terrestre denominado de ponto origem, ou datum. O centro desse elipsóide não coincide com o centro de massa da Terra, o geocentro, devido ao requisito de boa adaptação na região de interesse.

As metodologias de levantamentos utilizadas na materialização de um SGR clássico horizontal foram a triangulação e a poligonação. Os sistemas Córrego Alegre, e o SAD69 são exemplos de SGR de concepção clássica.

Um referencial geodésico moderno apresenta as seguintes características: sua definição pressupõe a adoção de um elipsóide de revolução cuja origem coincide com o centro de massa da Terra e com o eixo de revolução coincidente com o eixo de rotação da Terra. A sua materialização dá mediante o estabelecimento de uma rede de estações geodésicas com coordenadas tridimensionais. Estas coordenadas são estabelecidas através de técnicas de posicionamento espacial de alta precisão, como VLBI (Very Long Baseline Interferometry) e GPS (Global Positioning System), entre outras.

O International Terrestrial Reference System (ITRS) é um exemplo de referencial moderno, sendo que suas realizações tem a denominação de ITRF<sub>yy</sub> (International Terrestrial Reference Frame), sendo yy para acompanhamento temporal das coordenadas.

O Projeto Mudança do Referencial Geodésico (PMRG) visa promover a adoção no país de um novo sistema de referência, mais moderno, de concepção geocêntrica, e compatível com as modernas tecnologias de posicionamento. Sendo assim, o Sistema Geodésico Brasileiro adotado atualmente é o SIRGAS2000, sistema geocêntrico que estabelece o eixo de rotação paralelo ao eixo de rotação da Terra, onde a origem está

localizada no centro de massa da terra. É um sistema topocêntrico no qual o centro do elipsóide, ou origem dos eixos, não está localizado no centro de massa da Terra, mas sim no ponto de origem escolhido.

Para concluir: define-se um Sistema Geodésico de Referência, baseado num conjunto de parâmetros e convenções, junto a um elipsóide ajustado às dimensões terrestres, e devidamente orientado, e constituindo assim um referencial adequado para atribuição de coordenadas de pontos da superfície física (MONICO, 2000). Atualmente, os sistemas geodésicos de referência são constituídos por redes de referência, idealizadas através de pontos materializados no terreno, cujas coordenadas são obtidas por técnicas espaciais. Estas redes podem ser: globais (IGS), continentais (SIRGAS), nacionais (RBMC), regionais (redes GPS estaduais).

### **2.3.2 Sistema Geodésico Brasileiro**

O estabelecimento do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) foi iniciado na década de 40 e caracteriza-se pelo conjunto de estações que representam o controle horizontal e vertical necessários à localização e representação cartográfica no território brasileiro. Seu estabelecimento e manutenção são atribuições do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) através de seu Departamento de Geodésia. A materialização do Sistema Geodésico Brasileiro dá-se através das Redes Geodésicas Brasileiras (RGB): Rede Horizontal, Rede Vertical e Rede Tridimensional (Rede Nacional GPS, Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo - RBMC), que é formada pelo conjunto de estações e coordenada geodésicas.

O Sistema Geodésico Brasileiro é definido a partir do conjunto de pontos geodésicos implantados na porção da superfície terrestre delimitada pelas fronteiras do país, pontos estes que são determinados por procedimentos operacionais e coordenadas calculadas, segundo modelos geodésicos de precisão compatível com as finalidades a que se destinam.

O decreto-lei n.º 243, de 28 de fevereiro de 1967, que fixa "Diretrizes e Bases para a Cartografia Brasileira", preceitua o estabelecimento de um sistema planialtimétrico único de pontos geodésicos de controle materializados no terreno. Estes pontos deverão servir de base ao desenvolvimento de trabalhos de natureza cartográfica,

constituindo-se no referencial único para a determinação de coordenadas e altitudes em território brasileiro.

### **2.3.3 Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul, Central e Caribe (SIRGAS)**

O SIRGAS, Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul, Central e Caribe, foi criado em outubro de 1993, contando com a participação dos países da América do Sul, Central, Norte e Caribe entre outros, representados por suas agências nacionais, tendo como principal objetivo estabelecer um sistema de referência geocêntrico para a América do Sul, Central e Caribe.

Este modelo adotou a concepção de um Sistema de Referência Moderno, no qual a componente “tempo” é acrescentada e as coordenadas e vetor velocidade dos vértices são referidos a uma determinada época. Sua definição corresponde com o Sistema Internacional de Referência Terrestre - ITRS (International Terrestrial Reference System), sendo a realização do SIRGAS uma densificação regional da Rede Internacional de Referência Terrestre – ITRF ( International Terrestrial Reference Frame).

Atualmente, a rede SIRGAS é composta por aproximadamente 200 estações localizadas na América Latina, ilhas do Caribe e Antártica e 6 Centros Locais de Processamento realizam as atividades de processamento da Rede. Além dos 6 Centros de processamento, o DGFI (Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut) realiza o processamento de um conjunto de estações "núcleo" da Rede SIRGAS.

O SIRGAS 2000 utiliza o elipsóide GRS 80 (Geodetic Reference System 1980) como elipsóide de referência, enquanto que o sistema WGS 84, utiliza o elipsóide denominado WGS 84.

Foi oficialmente adotado como Referencial Geodésico Brasileiro em 2005, através da Resolução do Presidente do IBGE N<sup>o</sup> 1/2005, na qual é alterada a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro. Atualmente está em período de transição de dez anos, no qual o SAD69 ainda poderá ser utilizado pelos profissionais, com a recomendação de que novos trabalhos sejam feitos já no novo sistema (IBGE).

### **2.3.4 Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC)**

Seguindo a tendência mundial do estabelecimento de redes GPS permanentes, o IBGE, por intermédio de seu Departamento de Geodésia (DEGED), e em colaboração com o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA) e com a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), iniciou em 1996, o estabelecimento da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo do Sistema GPS (RBMC), que abrange todo o território brasileiro. No final de 2002, a RBMC encontrava-se constituída por um total de 15 (quinze) estações estabelecidas ao longo do território brasileiro.

A RBMC tem por objetivo construir uma infra-estrutura geodésica de referência para posicionamentos utilizando-se as modernas técnicas apoiadas no GPS, facilitando assim o emprego do sistema pelo usuário e, ao mesmo tempo, garantindo a qualidade dos resultados obtidos. Cabe destacar que a RBMC é também a principal ligação com os sistemas de referência globais.

Devido ao crescente avanço e popularização do GPS, cada vez mais usuários utilizam esta tecnologia, e as redes ativas desempenham importante papel nas diferentes aplicações. Neste contexto, é de extrema importância não só o controle da qualidade dos dados, mas também a estabilidade de funcionamento das estações.

Nas aplicações geodésicas e topográficas do GPS, está implícita a utilização do método relativo, isto é, ao menos uma estação de coordenadas conhecidas é também ocupada simultaneamente à ocupação dos pontos desejados. Antes da RBMC, o usuário interessado em obter com GPS as coordenadas geodésicas de um ponto qualquer em território nacional era obrigado a trabalhar com dois receptores, ocupando o ponto de seu interesse e um marco do Sistema Geodésico Brasileiro próximo.

As estações RBMC desempenham justamente o papel do ponto de coordenadas conhecidas, eliminando a necessidade de que o usuário imobilize um receptor em um ponto que, muitas vezes, oferece grandes dificuldades de acesso. Além disso, os receptores que equipam as estações da RBMC são de alto desempenho, proporcionando observações de grande qualidade e confiabilidade.

### **2.3.5 Rede Estadual GPS**

As redes estaduais GPS foram concebidas para utilização na topografia clássica e também por GPS, e procuram suprir as demandas atuais emanadas do domínio cada

vez mais ampliado das técnicas de observação de satélites do Sistema GPS. Filosoficamente pretende-se, ao estabelecê-las, que o território das Unidades da Federação possua redes altamente precisas, podendo ser facilmente mantidas, e que sirvam de estrutura geodésica básica para quaisquer projetos de uso do território que necessitem de dados de posicionamento. (IBGE).

Diante da necessidade do mapeamento regional em grandes escalas, e também devido à precariedade dos pontos existentes no SGB, alguns estados brasileiros desenvolveram redes de âmbito estadual conectada à rede nacional, como exemplos têm as redes de: São Paulo, Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Santa Catarina, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Acre e a rede Nordeste.

No Rio Grande do Sul a rede é composta por 50 estações, sendo 48 passivas e 2 ativas (SMAR e POAL).

Em quinze de dezembro de 2002 o IBGE apresentou as coordenadas da rede estadual do Rio Grande do Sul, com qualidade posicional média de 4 mm para latitude e 10 mm para a longitude.

A abrangência máxima de cada ponto é de 50 Km. Próximo a Porto Alegre temos as estações de: Mostardas, Osório, Taquara, Pantano Grande e Camaquã, entre outras (CELESTINO, SILVA E OLIVEIRA, 2005).

### **2.3.6 Redes Locais**

São redes geodésicas desenvolvidas para servirem de apoio a levantamentos específicos de regiões restritas, como por exemplo: campus universitário, distritos industriais, reservas ambientais, dentre outras.

As redes locais podem ser desenvolvidas com base nas estruturas hierárquicas, ou seja: os vértices originais poderão ser amarrados a redes de nível nacional, estadual ou municipal.

De acordo com CELESTINO, SILVA E OLIVEIRA (2005), no caso de redes geodésicas para campus universitário, após a propagação de erros, chegou-se em um valor de precisão relativa às redes estadual GPS. Para o sistema SAD-69, os valores são os seguintes:

-  $\sigma_1$  referente a precisão da Rede de Referência Estadual  $\pm 3$  cm para a latitude e  $\pm 2$  cm para a longitude;

-  $\sigma_2$  referente ao erro do equipamento  $\pm 2$  cm;

Apresentando uma simplificação da propagação de co-variâncias tomando-as como independentes, tem-se:

$$\sigma = \sqrt{\sum \sigma^2}$$

$$\sigma = \sqrt{3^2 + 2^2} = \sqrt{13} \pm 3,6 \text{ cm.}$$

Devendo ser melhor que 3,5 cm a precisão relativa dos pontos de redes de campus universitários.

## 2.4 AJUSTAMENTO DE OBSERVAÇÕES

O ajustamento de observações é uma poderosa ferramenta em qualquer área da engenharia, permitindo a solução de problemas amparados em análises estatísticas e de qualidade. O ajustamento relaciona observações e parâmetros através de equações que conectem ambas as informações e, através de álgebra, determina a melhor solução possível para este sistema. Embora existam diversos modos de realizar o ajustamento, neste trabalho serão apresentados os mais utilizados que são os seguintes métodos: paramétrico com injeção e combinado.

O método combinado é o mais abrangente dentre os métodos de ajustamento que utilizam o método dos mínimos quadrados (MMQ), permitindo que parâmetros e observações estejam misturados e relacionados dentro das equações. A principal desvantagem deste método é o alto custo computacional, pois requer a criação de mais matrizes e um número maior de cálculos. O modelo matemático do método combinado é apresentado abaixo (GEMAEL, 1994):

$$X_a = X_0 + \{-[A^t \cdot (B \cdot P^{-1} \cdot B^t)^{-1} \cdot A]^{-1} \cdot A^t \cdot (B \cdot P^{-1} \cdot B^t)^{-1} \cdot W\}$$

Onde:

$X_a$  representa o vetor dos parâmetros ajustados;

$X_0$  representa o vetor dos parâmetros iniciais;

$A$  representa a matriz das derivadas parciais das equações em relação às observações;

$B$  representa a matriz das derivadas parciais das equações em relação aos parâmetros;

$P$  representa a matriz peso das observações;

$W$  representa o vetor de resíduos das equações quando aplicados os parâmetros iniciais.

O outro método comentado é o paramétrico com injunções. Este método é um caso particular do combinado onde os parâmetros podem ser separados para um lado da equação e as observações para o outro lado. Quando isto é possível a equação apresentada acima é simplificada, permitindo a obtenção do resultado com um número menor de operações. O uso de injunções relativas permite que alguns parâmetros tenham seus resultados restringidos, aumentando ainda mais a eficiência do método.

O ajustamento de observações é uma das mais importantes ferramentas matemáticas utilizadas na Engenharia Cartográfica. Em linguagem simplificada, o ajustamento de observações é um método de estimar parâmetros através de observações que possuam relação aos mesmos através de funções. O ajustamento também permite que seja controlada a qualidade e confiabilidade dos dados. Os métodos de ajustamento descritos neste trabalho utilizam o princípio dos mínimos quadrados para obter a melhor solução possível. O método dos mínimos quadrados busca o melhor ajuste para um resultado, de forma que o resíduo total dos parâmetros seja mínimo.

Há três principais modelos de ajustamento (GEMAL, 1994):

- a) Paramétrico;
- b) Correlatos;
- c) Combinado.

Cada um destes três métodos possui suas vantagens e desvantagens. A tabela 01 ilustra quais as principais características dos métodos:

Tabela 01: Quadro Comparativo entre os Métodos de Ajustamento

Método	Vantagens	Desvantagens
Paramétrico	- Fácil de aplicar; - Baixo custo computacional; - Resultado igual ao combinado, quando aplicável.	- Há restrições na forma de utilização; - É mais trabalhoso do que o método correlatos.
Correlatos	- Simples e fácil de aplicar; - Baixo custo computacional; - Resultado igual ao paramétrico ou ao combinado, quando aplicável.	- Não fornece os parâmetros finais de forma direta; - Ajusta somente as observações, sem considerar os parâmetros.
Combinado	- Resolve qualquer problema de ajustamento.	- Alto custo computacional; - Exige derivadas parciais para cada observação e parâmetro utilizado.

Os dois métodos abordados aqui serão o paramétrico e o combinado, por se tratarem dos métodos mais indicados nas situações que serão encontradas no projeto. O método combinado utiliza o princípio dos mínimos quadrados para estimar um grupo de parâmetros, ligados a outro grupo de observações através das equações de condição.

Para este método, não há muitas restrições, desde que seja dada a correta geometria e graus de liberdade para resolução do mesmo. Já o modelo paramétrico é na verdade uma simplificação do modelo combinado, quando a derivada parcial das equações de condição em relação às observações fornece um número inteiro (GEMAEL, 1994).

O ajustamento de observações é uma ferramenta realmente versátil, mas também requer muito conhecimento para que sejam tomados alguns cuidados necessários para o correto funcionamento desta. A premissa básica do ajustamento prevê que existam graus de liberdade, ou seja, superabundância de observações.

Também é necessário que o problema tenha uma geometria adequada, como, por exemplo, ao formar um plano, dispor de três pontos que não sejam colineares, pois se forem, há inúmeros planos que podem ser formados. Por fim, é necessário considerar que as matrizes do ajustamento deverão ser invertidas, portanto, é necessário conhecer a capacidade do programa utilizado e as dimensões da matriz.

Durante a realização de um ajustamento, é possível que alguns dados observados precisem ser inseridos no mesmo, efetuando a adição de observações, seja porque foram coletados posteriormente, ou outro motivo qualquer. O princípio do ajustamento de

observações permite que sejam utilizados os dados já processados de um ajustamento para inserir estes novos dados, sem a necessidade de se realizar novamente o ajustamento inteiro.

No processamento de dados GNSS, esta é uma ferramenta muito útil, devido à possibilidade de inserir os dados na medida necessária para obter a qualidade desejada, sem a necessidade de processar dados não necessários, o que demanda tempo para o processamento. A adição de observações pode ser realizada em qualquer um dos dois métodos, seja o combinado, seja o paramétrico (GEMAEL, 1994).

## 2.5 SISTEMA GPS

O sistema de posicionamento global NAVSTAR-GPS foi desenvolvido para substituir o sistema NNSS / TRANSIT que se tornou operacional em janeiro de 1964 e disponível para uso comercial no ano de 1967, sendo constituído de seis satélites, movendo-se em órbitas polares a 1075 km de altitude circulando a Terra a cada 107 minutos (TIMBÓ, 2000). O GPS (Global Positioning System) é um sistema de radio navegação desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América – DoD (Department of Defense), com o objetivo de tornar-se o principal sistema de navegação das forças armadas americanas (MONICO, 2000).

O GPS é um sistema de abrangência global, situado no sistema denominado de GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*) e foi projetado para que em qualquer lugar da superfície terrestre, ou próximo à mesma, a qualquer momento, estejam disponíveis acima do horizonte do observador, no mínimo, quatro satélites GPS para serem rastreados. O princípio básico de navegação pelo GPS consiste na medida de distâncias entre o usuário e quatro satélites.

Conhecendo as coordenadas dos satélites num sistema de referência apropriado é possível calcular as coordenadas da antena do usuário no mesmo sistema de referência dos satélites. Esta situação garante a condição geométrica necessária à navegação em tempo real, permitindo a determinação das coordenadas do local, através da recepção dos sinais por meio de receptores GPS. O rastreio do quinto satélite é desejável para manter a posição fixa tradicionalmente, caso um dos satélites rastreados saia do campo de abrangência do usuário.

O funcionamento do GPS baseia-se no princípio da triangulação, segundo o qual o observador conhece a posição de um conjunto de satélites em relação a um referencial

inercial e a sua posição em relação a este conjunto, e obtém sua própria posição no sistema de referência. O sistema de referência utilizado pelo GPS é o WGS 84 (WGS-72 até 1986 e WGS-84 a partir de 1987).

Em 1996, a NASA e The Ohio State University desenvolveram um modelo global para o campo gravítico da Terra, designado Modelo Gravitacional da Terra 1996 (EGM 96). Foi então determinado um geóide WGS 84 mais apurado, a partir do novo modelo gravitacional que apresenta a precisão de 1 metro, ou melhor, em qualquer superfície da Terra: é o WGS 84 (EGM 96).

Os satélites são monitorados pelo Departamento de Defesa norte-americano, constantemente, sempre no momento em que passam sobre as estações de monitoramento. Nesta circunstância é medida a altitude, posição e velocidade de cada satélite. As variações de órbita dos satélites são corrigidas neste momento e enviadas para os satélites, sendo que estas informações são denominadas de efemérides e divididas em três grupos, as preditas, transmitidas e precisas.

O desenvolvimento do sistema NAVSTAR-GPS trouxe benefícios para várias áreas, dentre as quais se destaca a Geodésia, que passou a utilizar tal sistema em substituição a outras técnicas convencionais de posicionamento, incorporando aos seus serviços maior agilidade, rapidez, confiabilidade e economia. Este sistema tem sido o mais utilizado pela sua confiabilidade e disponibilidade, recebendo constante manutenção, garantindo pelo menos cinco satélites ao longo do dia. O sistema GPS é composto por três segmentos: Espacial, Controle e Usuário.

### **2.5.1 Segmentos do Sistema GPS**

O sistema GPS pode ser dividido em três segmentos distintos: o espacial, de controle e usuários, os quais apresentam características diferentes e específicas, que são abordadas a seguir:

#### **a) Segmento Espacial**

O segmento espacial é composto por uma constelação de 31 satélites, orbitando a uma altitude aproximada de 20200 km da superfície terrestre (El-RABBANY, 2002), distribuídos em seis planos orbitais, igualmente espaçados em 60° em longitude. Cada órbita tem inclinação de 55° em relação ao plano do Equador e o período orbital é de aproximadamente 12 horas siderais (~11 horas e 58 minutos).

Dessa forma, a posição dos satélites se repete, a cada dia, 4 minutos antes que a do dia anterior. Essa configuração garante que, no mínimo, quatro satélites GPS sejam visíveis em qualquer local da superfície terrestre, a qualquer hora. A função do segmento espacial é gerar e transmitir os sinais GPS (códigos, portadoras e mensagens de navegação).

Cada satélite GPS transmite duas ondas portadoras na banda L do espectro, que permitem operações em quaisquer condições de tempo, denominadas de  $L_1$  e  $L_2$ . Elas são geradas através da multiplicação eletrônica da frequência fundamental ( $f_0$ ) de 10,23 MHz que é produzida por osciladores altamente estáveis (relógios atômicos de césio e rubídio), com estabilidade entre  $10^{-12}$  e  $10^{-13}$  segundos.

Os sinais de rádio transmitidos pelos satélites GPS são extremamente complexos. Esta complexidade foi projetada no sistema para proporcionar versatilidade no GPS. Os sinais GPS devem fornecer meios para determinar não somente posições acuradas em tempo real, mas também de velocidades. Isto é possível modulando a portadora com códigos pseudo-aleatórios (PRN - *pseudorandom noise codes*) (TEUNISSEN; KLEUSBERG, 1998).

A figura 07 mostra, de forma simplificada, como são obtidos os sinais emitidos pelos satélites GPS e os códigos modulados (C/A e P) nas portadoras  $L_1$  e  $L_2$ .

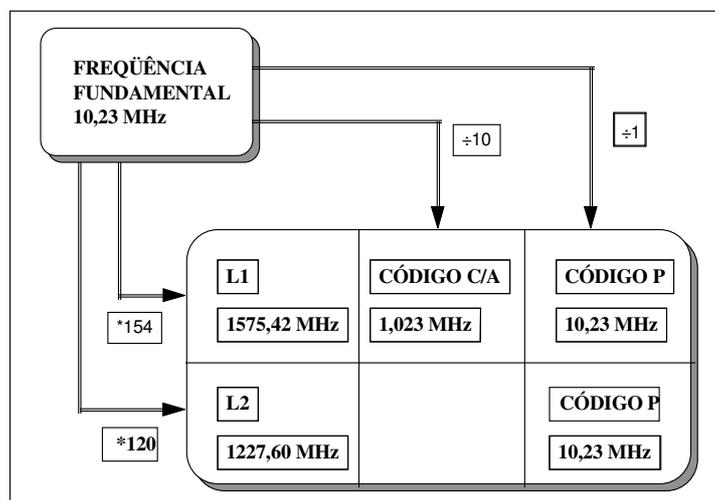


Figura 07: Estrutura básica dos sinais GPS  
Fonte: Adaptada de MONICO (2000)

As portadoras  $L_1$  e  $L_2$  têm suas frequências derivadas pela multiplicação da frequência fundamental por 154 e 120 respectivamente, ou seja:

$$f_1 = 154 \times f_0 = 1575,4 \text{ MHz},$$

e

$$f_2 = 120 \times f_0 = 1227,60 \text{ MHz,}$$

Cujos comprimentos de onda são, respectivamente:

$$\lambda_1 \cong 19,03 \text{ cm e } \lambda_2 \cong 24,42 \text{ cm.}$$

A portadora  $L_1$  é modulada em fase com os dois códigos (C/A e P) e com as mensagens de navegação. Já a portadora  $L_2$  é modulada apenas pelo código P, juntamente com as mensagens de navegação.

A taxa do chip (*chipping rate*) do código C/A ( $f_{C/A} = 1,023 \text{ MHz}$ ) corresponde a 10% da frequência fundamental, e a do código P ( $f_P = 10,23 \text{ MHz}$ ) é coincidente com o valor da frequência fundamental. Logo, para os códigos C/A e P, se obtém, respectivamente, os comprimentos do chip (*chipping length*) da ordem de 293,1m e 29,31m.

Os dados de navegação GPS são denominados de almanaque, o qual proporciona as informações necessárias para calcular as posições aproximadas dos satélites, mesmo aqueles que não estão sendo rastreados. Essas informações são acessadas via sinais dos satélites GPS, contidos nas efemérides transmitidas (Broadcast Ephemerides).

Para aumentar a precisão das coordenadas é necessário utilizar as efemérides precisas, realizando tal consulta através da internet, sendo que as mesmas são produzidas por diversos centros de análises que compõe o IGS (International GNSS Service). Existem ainda as efemérides preditas que fornecem a provável trajetória dos satélites durante um período de tempo.

Atualmente a estrutura do sinal transmitido pelos satélites GPS está sendo modernizada com a inclusão dos sinais L2C e L5. O sinal L2C é um sinal de uso civil que será transmitido com a portadora L2 e tem a função de reduzir os erros devido à ionosfera, melhorando a precisão, entre outras vantagens. Este sinal está sendo implantado nos satélites do bloco IIR-M. A L5 é a nova portadora, a qual permitirá adquirir os sinais GPS com maior facilidade, pois aumentará a potência de transmissão do sinal.

#### b) Segmento de Controle

O segmento de controle é responsável pela operação do Sistema GPS. Suas funções são monitorar e controlar continuamente o sistema de satélites, determinar o

sistema de tempo GPS, prever as efemérides dos satélites, calcular as correções dos relógios dos satélites e atualizar periodicamente as mensagens de navegação de cada satélite.

Este segmento é constituído por cinco estações de monitoramento que pertencem à AAF (American Air Force), estrategicamente posicionadas pelo mundo, localizadas em Ascencion Island, Colorado Springs, Diego Garcia, Kwajalei e Hawaii, que rastreiam ininterruptamente todos os satélites visíveis pelo campo da antena da estação. Completam o sistema mais sete estações do NIMA (National Imagery and Mapping Agency).

Os dados rastreados pelas Monitoring Stations (MS) são transmitidos para a Master Control Station (MCS) em Colorado Springs, nos Estados Unidos para serem processados, com o objetivo de calcular os dados relativos às órbitas (efemérides) e a correção dos relógios dos satélites para atualizar a mensagem de navegação.

A nova mensagem de navegação é transmitida para os satélites pelas Ground Antenas (GA), quando os satélites passam no seu campo de visada. Devido à posição geográfica das GA, a mensagem de cada satélite é atualizada pelo menos três vezes ao dia.

### c) Segmento de Usuários

O segmento de usuários refere-se a tudo que se relaciona com a comunidade usuária para determinação de posição, velocidade e tempo através dos receptores de sinal GPS.

Os receptores GPS são constituídos, principalmente, de uma antena com pré-amplificador, seção de RF (radiofrequência) para identificação e processamento do sinal, microprocessador para controle do receptor, amostragem e processamento dos dados, oscilador, interface para o usuário, painel de exibição e comandos, provisão de energia e memória para armazenar os dados. A comunidade de usuários pode ser dividida em civil e militar.

Os militares utilizam esta tecnologia para estimar suas posições e deslocamentos quando realizam manobras de combate e de treinamento, como também para navegação de mísseis e monitoramento da frota de veículos terrestres, aéreos e marítimos de combate e apoio, entre outras aplicações.

No segmento civil, os receptores GPS são utilizados na navegação marítima, terrestre, aérea, espacial, no estabelecimento de redes nacionais e regionais de apoio geodésico, aplicações em geodinâmica para detecção de movimentos da crosta terrestre.

Ainda, na fotogrametria sem necessidade de pontos de controle de terreno, levantamentos topográficos para aplicações diversas, gerenciamento de rotas de transporte, estações geodésicas ativas e coleta de dados para o Sistema de Informações Geográficas (SIG) entre outras atividades.

### **2.5.2 Técnicas de Posicionamento por GPS**

O posicionamento geodésico pode ser realizado no modo pontual (absoluto) ou relativo. No primeiro caso, a posição do ponto é determinada num sistema de referência bem definido e as coordenadas estão associadas diretamente ao geocentro.

No posicionamento relativo, a posição de um ponto é determinada com relação a do outro, cujas coordenadas devem ser conhecidas. As coordenadas do ponto conhecido devem estar referenciadas ao WGS-84, ou num sistema compatível, caso se efetue o posicionamento usando o GPS. Neste caso, os elementos que compõem a linha base, ou seja, DX, DY e DZ, são determinados e, ao serem acrescentadas as coordenadas do ponto base, proporcionam as coordenadas do ponto desejado.

Pode-se ainda acrescentar que tanto na técnica por ponto, quanto no relativo, o objeto a ser posicionado pode estar em repouso ou em movimento, dando origem as denominações de posicionamento estático e cinemático. Podemos classificar também o posicionamento como sendo em tempo real (as coordenadas são obtidas no momento do posicionamento em campo) ou pós-processado (os dados coletados são processados em escritório).

#### **a) Posicionamento por Ponto (Método Absoluto)**

No posicionamento por ponto necessita-se apenas de um receptor. Este método de posicionamento é o mais utilizado em navegação de reduzida precisão. O posicionamento instantâneo de um ponto (tempo real), usando a pseudodistância derivada do código C/A (SPS), apresenta precisão planimétrica da ordem de 100 m (95%). Mesmo se a coleta de dados sobre um ponto estacionário for de longa duração, a qualidade dos resultados não melhora significativamente, em razão dos erros sistemáticos envolvidos na observável.

É possível incluir no processamento, além da pseudodistância, a fase da onda portadora no processamento, caso esta seja disponível. No entanto, tal combinação não é uma prática muito utilizada no posicionamento por ponto, haja vista não proporcionar

refinamento da solução. Portanto, o posicionamento por ponto não se trata de um método utilizado para fins geodésicos e cadastrais.

#### b) Posicionamento Relativo

Para realizar posicionamento relativo é normal dizer que o usuário deve dispor de dois ou mais receptores. No entanto, com o advento dos chamados Sistemas de Controle Ativos (SCA), um usuário com apenas um receptor poderá efetuar posicionamento relativo referido ao sistema de referência do SCA. Deverá, para tal, acessar os dados de uma ou mais estações pertencentes ao SCA, via algum sistema de comunicação.

O posicionamento relativo pode ser realizado usando uma das seguintes observáveis:

- pseudodistâncias;
- pseudodistâncias suavizadas pela portadora e;
- fase da onda da portadora em conjunto com as pseudodistâncias.

Em navegação, normalmente, faz-se uso das pseudodistâncias ou pseudodistâncias suavizadas pela portadora, mas as pseudodistâncias são mais freqüentemente usadas. A técnica mais popular em navegação é conhecida como DGPS (Diferencial GPS), a qual pode proporcionar precisão da ordem de 2 a 5m, quando se faz uso das pseudodistâncias.

O DGPS tem a capacidade de proporcionar posicionamento em tempo real, muito embora possa também ser pós-processado. O posicionamento cinemático relativo, sob a denominação de OTF (On-The-Fly) ou RTK (Real Time Kinematic), tem a portadora como observável fundamental, apresentando alta precisão. Ele será apresentado dentro do conceito de métodos de posicionamento relativo em tempo real, juntamente com a técnica DGPS.

Nos métodos estáticos, que utilizam como observável básica a portadora, pode-se alcançar precisão centimétrica, ou mesmo milimétrica. Embora se trate de um método estático, pode-se aplicar a técnica OTF no processamento, reduzindo sobremaneira o tempo de ocupação das estações a levantar. Pode-se também utilizar como observável a pseudodistância pura ou suavizada pela portadora, casos em que reduz a acuracidade para a ordem do decímetro.

Encontra-se ainda na literatura GPS os métodos denominados estático rápido, *stop&go* (pare e continue), semi ou pseudo-cinemático, além de cinemático puro, entre outros.

Estes métodos são fundamentalmente usados para fins de levantamentos, onde se objetiva rapidez, e não há interesse nas coordenadas da trajetória.

Neste trabalho utilizamos a técnica do Posicionamento Relativo Estático, descrito a seguir:

#### - Posicionamento Relativo Estático

A observável normalmente usada no posicionamento relativo estático é a dupla diferença da fase da portadora, muito embora possa também utilizar a dupla diferença da pseudo-distância, ou mesmo uma combinação de ambas.

Os casos em que se tem a fase da portadora com observável fundamental são os que apresentam melhores resultados em termos de acuraria. Trata-se da técnica mais utilizada em posicionamento geodésico. Neste tipo de posicionamento, dois ou mais receptores rastreiam os satélites visíveis por um período de tempo que pode variar de dezenas de minutos, até algumas horas. O caso envolvendo curtos períodos de ocupação (até dez minutos) será tratado como método rápido.

Como no posicionamento relativo estático o período de ocupação das estações é relativamente longo, somente as duplas diferenças da fase da portadora serão incluídas como observáveis.

Como a precisão da fase da portadora é muito superior que a da pseudodistância, esta última não melhora os resultados significativamente quando o período de coleta de dados for longo. Mesmo assim, as pseudo-distâncias devem estar disponíveis, pois elas são utilizadas no pré-processamento para estimação do erro do relógio do receptor.

## 2.6 CADASTRO

### 2.6.1 Definição

Cadastro é um inventário público de dados metodicamente organizados concernentes a parcelas territoriais, dentro de uma determinada região administrativa (país, estado, província, município, distrito, comarca), baseado no levantamento dos seus limites. Esse conceito representa um consenso em nível internacional do

significado do termo cadastro, sendo adotado por diversos autores (WILLIAMSON, 1983; DALE, 1990; MOLEN, 1998).

A definição de cadastro da FIG - International Federation of Surveyors (FIG, 1995) sistematizou esse entendimento: “Um Cadastro consiste num sistema de informação territorial atualizado, baseado em parcelas, contendo um registro de interesses relacionados ao território (por exemplo, direitos, restrições e responsabilidades). Normalmente inclui uma descrição geométrica das parcelas em conjunto com outros registros que descrevem a natureza dos interesses, a propriedade ou controle desses interesses, e freqüentemente o valor da parcela e suas benfeitorias.

Pode ser estabelecido para propósitos fiscais (por exemplo, avaliação e taxaçaõ eqüitativa), para propósitos legais (transferência), para auxiliar na administração do uso da terra (por exemplo, no planejamento e outros propósitos administrativos), e permite o desenvolvimento sustentável e a proteção ambiental”.

No Brasil, tradicionalmente, não se considera o entendimento da FIG, e o termo “cadastro”, de forma isolada, tem outra conotaçaõ, sendo usado para caracterizar os registros de clientes ou de usuários realizados por organizaçaõs contendo informaçaõs diversas referentes a pessoas físicas ou jurídicas. Para se referir ao conceito de cadastro segundo o entendimento da FIG, no Brasil usam-se principalmente os termos “cadastro técnico” e “cadastro imobiliário”, e, mesmo assim, na maioria dos casos, esses “cadastros” referem-se a uma listagem dos imóveis de uma cidade, com função única de taxaçaõ sobre o uso do solo.

### **2.6.2 Pesquisa Cadastral**

Segundo CELESTINO, OLIVEIRA, SILVA (2005), a pesquisa cadastral é uma atividade de campo que envolve a geraçaõ e preenchimento de documentos descritivos, os quais devem conter informaçaõs que qualifiquem a propriedade e identifiquem o proprietário, pois estes, não aparecem no levantamento topográfico dos lotes.

A pesquisa geralmente é realizada através de entrevista domiciliar, utilizando documentos descritivos que foram previamente modelados e construídos conforme a demanda do local. Estes documentos constituem a base para os bancos de dados cadastrais, os quais são utilizados para registrar informaçaõs diversificadas, identificadas previamente pelos usuários e definidas na etapa de modelagem dos dados.

Segundo o modelo proposto pelo projeto Convênio de Incentivo ao Aperfeiçoamento Técnico (CIATA) e adotado em todo o país, estas informações são coletadas por meio de dois documentos: o Boletim de Logradouros (BL) e o Boletim de Informações Cadastrais (BIC).

## 2.7 SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

### 2.7.1 Definição e Histórico

O uso de computadores para o manuseio de uma grande quantidade e variedade de dados tem levado ao desenvolvimento dos chamados "Sistemas de Informação", dedicados ao armazenamento e análise integrada de dados.

Os sistemas de informação fazem parte de um campo relativamente novo de estudo, cujos primeiros desenvolvimentos apareceram nos anos 50, dedicados especialmente a trabalhos administrativos. Na década de 60 esses sistemas começaram a ser melhorados, servindo de apoio à tomada de decisões, transformando-se em um poderoso instrumento para os planejadores.

O Sistema de Informação Geográfica (SIG) é um caso específico do Sistema de Informação. Seu desenvolvimento começou em meados da década de 60. O primeiro sistema a reunir as características de um SIG foi implementado no Canadá, em 1964, sendo chamado de "Canadian Geographic Information System". Em seguida foram desenvolvidos outros sistemas. Dentre eles podemos destacar os sistemas de New York Landuse and Natural Resources Information Systems (1967) e Minnesota Land Management Information System (1969).

Nas décadas posteriores ocorreram consideráveis avanços em equipamentos e software, permitindo o desenvolvimento de sistemas mais potentes e novas aplicações, popularizando principalmente os CAD's (Computer Aided Design), cujos objetivos são diferentes dos SIG's. No começo da década de 80, a evolução da tecnologia foi afetada pelos avanços em hardware e software, com o uso mais efetivo na manipulação das informações geográficas, bem como a ligação entre a base de dados gráfica e alfanumérica.

Um SIG pode ser definido como um sistema destinado à aquisição, armazenamento, manipulação, análise e apresentação de dados referidos espacialmente

na superfície terrestre, integrando diversas tecnologias (Figura 08). Portanto, o sistema de informação geográfica é uma particularidade do sistema de informação no sentido amplo. Essa tecnologia automatiza tarefas até então realizadas manualmente e facilita a realização de análises complexas, através da integração de dados de diversas fontes.

O manejo de dados espaciais requer instrumentos especializados e complexos para obter, armazenar, recuperar e apresentar as informações. Além do mais, dados oriundos de distintas fontes fazem com que exista a necessidade de integrá-los, para o efetivo uso dos mesmos, assim como para se obter novas informações.

O objetivo geral de um sistema de informação geográfica é, portanto, servir de instrumento eficiente para todas as áreas do conhecimento que fazem uso de mapas, possibilitando: integrar em uma única base de dados informações representando vários aspectos do estudo de uma região; permitir a entrada de dados de diversas formas; combinar dados de diferentes fontes, gerando novos tipos de informações; gerar relatórios e documentos gráficos de diversos tipos, etc.

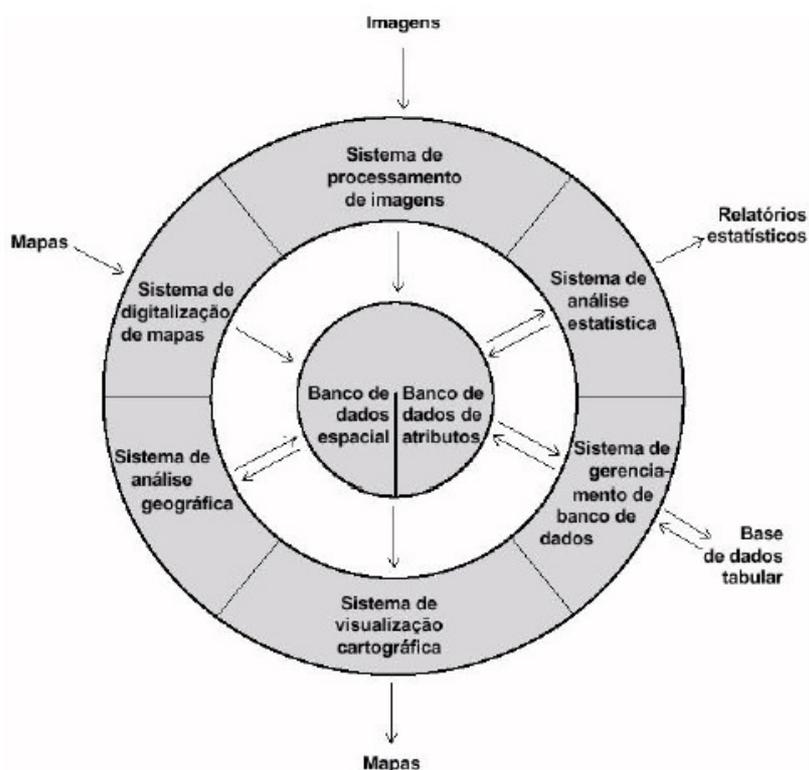


Figura 08: Tecnologias integradas em um SIG  
Fonte: HASENACK E WEBER (1998)

A diferença entre um SIG (Sistema de Informação Geográfica) e um CAD (Desenho Auxiliado por Computador) consiste basicamente no fato de que o último é

um instrumento de desenho digital e não um sistema de processamento de informação espacial.

Um CAD possui funções que permitem a representação precisa de linhas e formas, podendo ser utilizado na digitalização de mapas e cartas. No entanto, apresenta restrições no que diz respeito à atribuição de outras informações às entidades espaciais. Apesar disto, os CAD's podem ser utilizados em conjunto com os SIG's.

Os Sistemas de Informações Geográficas têm desempenhado um papel importante como integrador de tecnologia. Ao invés de ser de natureza completamente nova, os SIGs têm unido várias tecnologias discretas em um todo, que é maior do que a soma das partes. Com SIG é possível elaborar mapas, modelar, fazer buscas e analisar uma grande quantidade de dados, todos mantidos em um único banco de dados geográficos.

O desenvolvimento do SIG tem se baseado em inovações que ocorreram em disciplinas distintas: Geografia, Cartografia, Fotogrametria, Sensoriamento Remoto, Topografia, Geodésia, Estatística, Computação, Inteligência Artificial, e muitos outros ramos das Ciências Sociais, Ciências Naturais e Engenharias, com a contribuição de todas as citadas disciplinas.

O SIG é uma base de dados digital de propósito especial no qual um sistema de coordenadas espaciais comum é o meio primário de referência. Um SIG requer recursos de:

- a) entrada dos dados a partir de mapas, fotografias aéreas, imagens de satélites, levantamentos de campo, e outras fontes;
- b) armazenamento, recuperação e busca de dados;
- c) transformação de dados, análise e modelagem, incluindo estatística espacial;
- d) comunicação dos dados, através de mapas, relatórios e planos.

### **2.7.2 Componentes de um SIG**

Um sistema de informação geográfica tem três importantes componentes: hardware e sistema operacional, software de aplicação (SIG) e aspectos institucionais do SIG. Esses três componentes necessitam ser balanceados para o funcionamento satisfatório do sistema.

- a) Hardware e sistema operacional: O hardware é o componente físico do sistema envolvendo o computador e seus periféricos, ou equipamentos auxiliares.

Podemos citar, por exemplo: a CPU (central processing unit), memória RAM (random access memory), hard drive, floppy drive, teclado, mouse, scanner, mesa digitalizadora, plotter, câmera digital, monitor, fax- modem, GPS, CDROM, fita DAT, coletor de dados, etc.

b) Software de aplicação: Um sistema de informação geográfica é composto de forma simplificada por cinco componentes (subsistemas): de entrada de dados, de armazenamento de dados, de gerenciamento de dados, de análise e manipulação de dados e de saída e apresentação dos dados (relatórios, gráficos, mapas, etc.).

- Entrada de dados, atualização e conversão: Antes dos dados geográficos poderem ser utilizados num SIG, os mesmos deverão ser convertidos para um formato vetorial adequado. Está relacionado com a conversão de informações analógicas em digitais, tarefa que consome muito tempo e de custo elevado. O processo de conversão de dados a partir de mapas em papel para arquivos em computador designa-se por digitalização. A tecnologia SIG mais moderna permite automatizar este processo de forma completa para grandes projetos, utilizando tecnologia de "scanning"; projetos de menor dimensão poderão requerer digitalização manual (em tela ou utilizando uma mesa digitalizadora). As informações são provenientes de diversas fontes, como por exemplo, fotografias aéreas, imagens de satélite, folhas topográficas, mapas, relatórios estatísticos e outras fontes de informação.

- Armazenamento de dados: Está relacionado com os dispositivos de hardware destinados a guardar (armazenar) as informações inseridas na fase anterior. Estes dispositivos podem ser: discos rígidos, discos flexíveis, fitas magnéticas, CD's RW, etc.

- Gerenciamento de dados: Consiste na inserção, remoção e/ou modificação/atualização nos dados, efetuados através de um sistema de gerenciamento de banco de dados. Um banco de dados geográficos armazena e recupera dados geográficos em suas diferentes geometrias, bem como as informações descritivas.

Tradicionalmente os SIG's armazenavam os dados geográficos e seus atributos em arquivos internos. Esse tipo de solução vem sendo substituído pelo Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD), para satisfazer à demanda do tratamento eficiente de dados espaciais e não-espaciais (tabelas) cada vez maiores. O uso do SGBD permite com maior facilidade a interligação de banco de dados já existentes com o SIG.

A dificuldade do armazenamento e gerenciamento de dados geográficos advém não só do grande volume de dados, mais principalmente, da sua grande variação ao

longo de uma região. Os SGBDs relacionais atuais têm ainda muita dificuldade de armazenar eficientemente dados tão irregulares.

A linguagem de consulta (SQL) deverá ser expandida para incorporar operadores espaciais, e uma estrutura de índices espaciais que permita encontrar rapidamente a localização de entidades a partir de uma consulta definida sobre valores de atributos, e também retornar atributos de entidades existentes em uma localização definida por uma consulta.

- Análise e manipulação de dados: As análises oferecidas pelo SIG exigem que os dados sejam manipulados de diversas formas. Um SIG deve possibilitar, por exemplo, a seleção, classificação, agregação, identificação e derivação de novos dados geográficos, seja através de expressões lógicas de uma linguagem de consulta, ou através da manipulação direta e interativa da interface gráfica.

Os procedimentos operacionais e tarefas analíticas que são particularmente úteis para a análise espacial incluem operações espaciais sobre um único mapa temático, ou sobre múltiplos mapas temáticos, e servem para fazer o modelamento espacial, análise de distribuição espacial de pontos, análise de rede, análise de superfície, dentre outras análises.

- Saída e apresentação dos dados: Este subsistema é responsável pela saída de dados nos dispositivos periféricos do sistema. É através dele que são feitos os relatórios, os layouts, mapas, tabelas, etc. A apresentação final resultante do processamento pode ser exibida no monitor, impressa em uma impressora ou plotter, ou pode gerar um arquivo para ser utilizado em uma apresentação multimídia.

c) Banco de dados: Um banco de dados pode ser comparado a um arquivo de aço onde são armazenadas fichas com múltiplas informações. Nesta comparação, as gavetas seriam as tabelas, onde você irá concentrar as informações comuns. Dentro das gavetas você tem as fichas. As gavetas são chamadas de registros e o conjunto desses registros é chamado de tabela. O registro é composto por várias informações. Cada espaço alocado para digitação dessas informações é chamado de campo.

### 2.7.3 Estrutura de Dados

Ainda que existam várias maneiras de representar os dados espaciais, quase todas as variações produzidas são sobre dois tipos básicos de representação. Uma é a estrutura conhecida como raster e a outra, vetorial. A principal diferença entre estes dois tipos de estruturas está no modelo de espaço que cada uma pressupõe.

As estruturas raster se baseiam em um espaço contínuo que se comporta segundo postulados da geometria euclidiana enquanto que, as estruturas vetoriais dividem o espaço geográfico em elementos discretos, requerendo a adoção de uma geometria própria que poderíamos chamar de geometria digital.

#### a) Estrutura de Dados Raster

Trata-se do primeiro e mais antigo dos formatos de dados. Esta estrutura se consegue mediante o uso de uma malha quadriculada regular sobre a qual se constrói célula a célula o elemento que está sendo representado. Cada célula corresponde a um elemento ao qual é atribuído um código, de tal forma que o computador sabe a que elemento pertence determinada célula.

Na representação raster cada célula é individualmente integrada ao sistema por suas coordenadas. Torna-se fácil entender, se imaginarmos o espaço assim representado como uma matriz  $p(i, j)$ , composta de  $i$  linhas e  $j$  colunas, onde cada célula tem um número de linha, um número de coluna e um valor correspondente ao atributo estudado.

Um ponto é representado por uma única célula. Uma linha é um conjunto de células vizinhas arranjadas numa determinada direção e uma área é um aglomerado de células.

A superfície bi-dimensional sobre a qual os dados estão sendo representados não é uma superfície verdadeiramente contínua, mas sim discreta. Esse aspecto interfere na avaliação de áreas e distâncias, principalmente quando o tamanho da célula é grande com relação ao tamanho do fenômeno representado.

A estrutura raster assume que o espaço pode ser tratado como uma superfície cartesiana plana, onde cada célula está associada a uma porção do terreno. A resolução do sistema é dada pela relação entre o tamanho da célula no mapa e a área por ela coberta no terreno. Dados raster são armazenados numa grade, que é referenciada a um sistema de coordenadas (exemplo, latitude e longitude). O tamanho da grade pode variar, contudo, a resolução espacial dos dados é determinada pela dimensão da grade.

Pelo fato da estrutura raster usar um plano bidimensional, apenas um atributo pode ser representado por vez. Assim, para a representação do mundo real, um conjunto de planos superpostos deve ser usado.

Dados raster são facilmente manipuláveis computacionalmente. No entanto, requerem grande quantidade de espaço (em disco) para o seu armazenamento. Dados digitais de sensoriamento remoto (imagens de satélite) são um bom exemplo de dados no formato raster.

#### b) Estrutura de Dados Vetorial

Os dados geográficos também podem ser representados pelo formato vetorial. Neste caso, é usada uma série de pontos (coordenadas  $x$ ,  $y$ ) para definir o limite do objeto ou feição de interesse. Os métodos vetoriais assumem que as coordenadas dos pontos são matematicamente exatas. Além disto, usam relações implícitas, permitindo que dados complexos sejam armazenados em menos espaço no computador. No entanto, alguns cálculos são dificultados e consomem um maior tempo para sua resolução.

#### 2.7.3.1 Comparação entre Estrutura de Dados

A estrutura de armazenamento de dados pode ou não incorporar informações topológicas, descrevendo não somente a posição de um objeto, mas também as relações espaciais entre o objeto e os objetos vizinhos. Informações topológicas são importantes em muitos tipos de análises, incluindo detecção automática de erros, janelamento para análises, apresentação gráfica, aplicações em rede, operações de proximidade, sobreposição de polígonos e outros procedimentos de inserção.

No entanto, se sua aplicação não necessita de informações detalhadas sobre as relações entre os objetos espaciais, a criação de uma topologia para tal fim pode dificultar a criação e atualização da base de dados. Por exemplo, uma estrutura vetorial pode ser perfeitamente adequada para tarefas de visualização dos dados.

A tradicional vantagem e desvantagem da estrutura de dados raster versus estrutura de dados vetorial foi bastante documentada por diversos autores. Basicamente isto inclui volume de dados (ou eficiência de armazenamento), eficiência de recuperação, robustez para perturbação, eficiência na manipulação dos dados (ou processamento), acurácia e precisão dos dados e visualização dos dados. Algumas

dessas diferenças, no entanto, são menos importantes nas implementações modernas de SIG.

A principal vantagem das estruturas raster está em sua simplicidade, não exigindo programas muito complexos para a manipulação dos dados, facilitando a elaboração de aplicações específicas e a combinação matemática e lógica de diferentes planos de informação. O problema no uso desta estrutura refere-se à precisão dos mapas digitais obtidos, uma vez que esta depende diretamente da resolução da quadrícula, acarretando sérias dificuldades na representação de manchas pequenas ou padrões lineares como rios e estradas. A solução nestes casos é o refinamento da malha, porém exige meios de armazenamento mais potentes.

Outra limitação da estrutura raster, quando comparada com a vetorial, refere-se à qualidade visual de apresentação dos produtos finais (mapas), produzidos em impressoras e/ou plotters, assim como a precisão obtida. A estrutura vetorial permite uma apresentação mais adequada de dados do tipo entidade, com bordas bem definidas, não só do ponto de vista estético, mas também pelo fato de que o produto final assemelha-se muito mais à forma analógica (convencional) de elaboração de mapas.

Os modernos SIG's possibilitam acessar, armazenar, manejar, recuperar e visualizar dados de ambas as estruturas (raster e vetorial), assim como a possibilidade de converter dados de uma estrutura para outra. Normalmente, para o processo de entrada de dados (transformação de mapas analógicos para digitais) utiliza-se a estrutura vetorial, e para o processo de análise e cruzamento de mapas (temas), a estrutura raster.

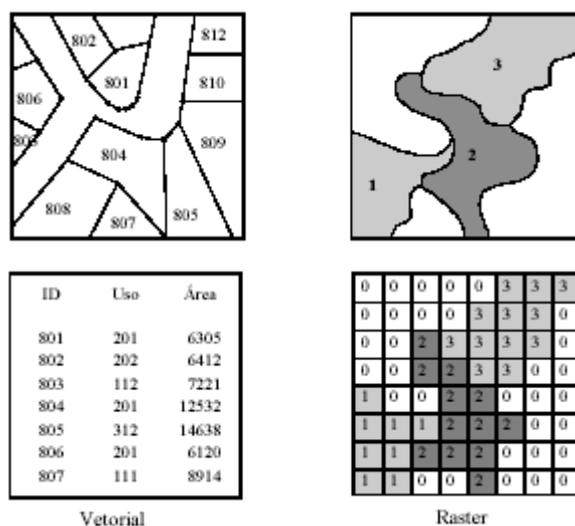
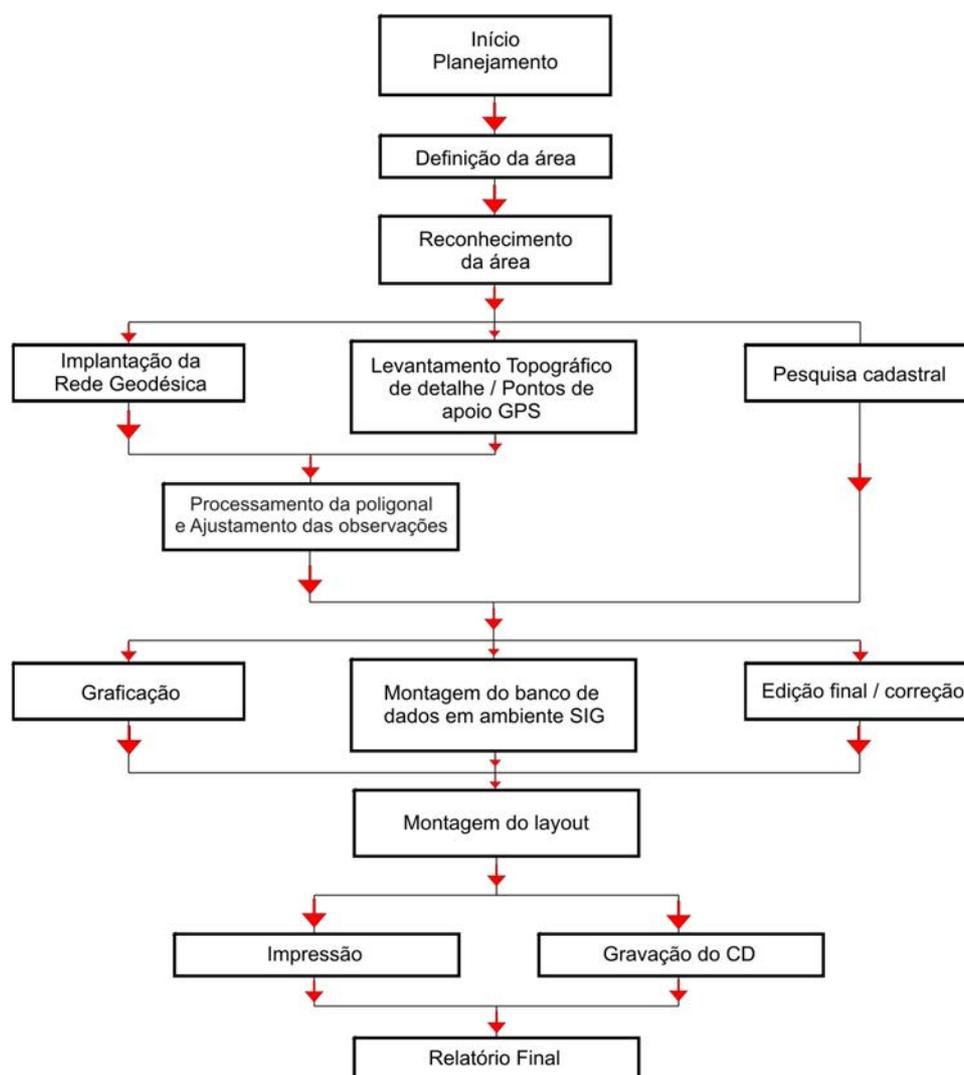


Figura 09: Estrutura vetorial e raster  
Fonte: WEBER, 2001

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

#### 3.1 FLUXOGRAMA

Os procedimentos metodológicos planejados para a execução deste projeto estão descritos conforme o fluxograma abaixo:



### 3.2 ÁREA DE ESTUDO

Para dar prosseguimento à densificação da rede geodésica da UFRGS, escolheu-se o campus da Escola de Educação Física, onde ainda não havia um trabalho neste sentido, como sendo a área de estudo deste projeto.

A ESEF localiza-se no coração do bairro Jardim Botânico, na rua Felizardo, em Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

A Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – ESEF/UFRGS iniciou suas atividades no dia 6 de maio de 1940, e sua criação decorre da instauração do Decreto Lei Nº 1.212 de 1939, que exigia a formação específica para o exercício das profissões de professor de Educação Física, Técnico Desportivo e Médico Especializado em Educação Física e Desportos.



Figura 10: Comissão social do diretório acadêmico de Educação Física/1941

Quando a ESEF iniciou suas atividades, não possuía instalações apropriadas para o funcionamento da Escola. Por esse motivo, diversas instituições cederam suas dependências para que as atividades fossem realizadas, entre elas: Colégio Bom Conselho, Grêmio Náutico Gaúcho, Grêmio Náutico União, SOGIPA, Esporte Clube Cruzeiro e ACM.

A atual sede foi construída em 1963, após a doação pelo governo do Estado, do terreno localizado no Bairro Jardim Botânico. Em 1969, a ESEF deu um importante passo rumo à sua consolidação, quando por meio do Decreto Lei Nº 997, foi oficializado o processo de federalização. A partir deste momento, quando a ESEF passa a fazer parte da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, ocorrem diversas mudanças estruturais em âmbito curricular, administrativo e físico.



Figura 11: Aula de ginástica geral da professora Quintina Paccini

A década de 70 foi marcada por importantes conquistas na estrutura física da Escola, entre elas: centro natatório, campo de futebol e pista de atletismo. Ainda nesse período, foram criados importantes núcleos como o Centro Olímpico e o Laboratório de Pesquisa do Exercício – LAPEX.

A construção das salas de aula, sala de musculação e a ampliação da Biblioteca são exemplos de melhorias realizadas pela Escola. Destaca-se ainda neste período, a implementação do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano.



Figura 12: Vista aérea da ESEF – década de 70

Na década de 90, alguns acontecimentos marcaram a trajetória da ESEF, como: execução do Programa Especial de Treinamento, atual Programa de Educação Tutorial (PET), publicação do primeiro número da Revista Movimento, criação do Centro de Memória do Esporte (CEME), construção do Ginásio de Lutas e Ginásticas e do prédio atual do LAPEX.

Atualmente, além do curso de Licenciatura em Educação Física, foram implementados os cursos de bacharelado em Educação Física, Fisioterapia e Licenciatura em Danças, e em seu Campus, uma exuberante área verde de aproximadamente 120.000 m<sup>2</sup>, encontra-se entre outras benfeitorias: um galpão crioulo, campo de rugby, quadras de diversas modalidades esportivas, biblioteca, salas de aula, piscina, pista de atletismo, campos de futebol, ginásio poliesportivo, ginásio de lutas e dança, academia e um moderno restaurante universitário.

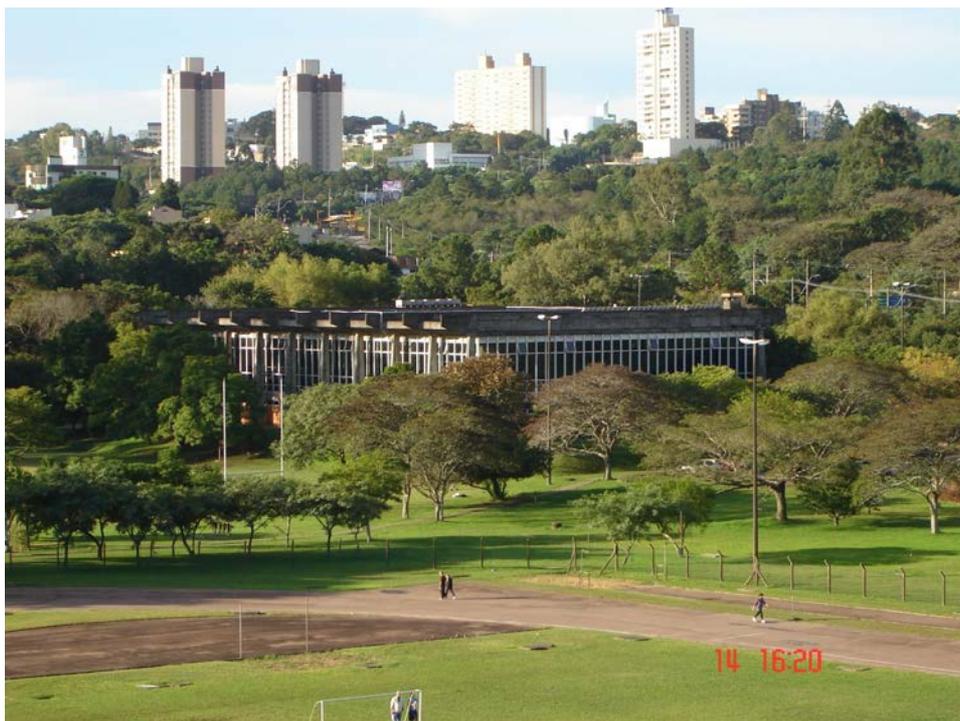


Figura 13: Centro natatório – 2010

### 3.3 RECONHECIMENTO E PLANEJAMENTO

No primeiro reconhecimento de campo, realizado no início do mês de novembro, percorreu-se todo o perímetro da escola, sendo observadas as edificações existentes e discutido previamente prováveis locais de pontos GPS, localização dos futuros marcos e dos vértices da poligonal principal e auxiliar.

Um segundo reconhecimento foi realizado para a construção um croqui preliminar com as informações básicas existentes, como edificações, área verde, posteamentos e acessos, para que já fosse estudada a localização da poligonal e da futura rede geodésica a ser implantada.

Ainda na etapa de reconhecimento, buscou-se por produtos cartográficos existentes relativos à ESEF, para servir de apoio ao trabalho. Após contato com a prefeitura do Campus do Vale, prefeitura do Campus Saúde (mesma prefeitura do campus ESEF) e Secretaria da Escola de Educação Física da UFRGS, constatou-se que não havia produtos cartográficos gerados para aquela região, ou, pelo menos, não estavam disponíveis ou não foram encontrados.

Planejou-se, para a execução do trabalho, seguir a seqüência de passos:

- a) Definição da área de implantação da rede geodésica;

- b) Definição da localização e quantidade de vértices;
- c) Definição do tipo de marco e pino utilizados;
- d) Materialização;
- e) Levantamento;
- f) Processamento e ajustamento;
- g) Elaboração de memorial descritivo;
- h) Definição da poligonal principal;
- i) Piqueteamento dos vértices;
- j) Levantamento topográfico da poligonal principal;
- k) Definição dos pontos auxiliares;
- l) Levantamento dos pontos auxiliares;
- m) Processamento e ajustamento;
- n) Levantamento e pesquisa cadastral;
- o) Geração de banco de dados;
- p) Graficação;
- q) Edição;
- r) Impressão;
- s) Confeção do relatório.

### 3.4 IMPLANTAÇÃO DA REDE GEODÉSICA

A Universidade Federal do Rio Grande do Sul conta, desde 2005, com 22 vértices materializados, espalhados em alguns dos seus campi, formando a Rede Geodésica da UFRGS. Neste trabalho, foi realizada a ampliação desta rede, agora no campus da Escola Superior de Educação Física – ESEF.

Inicialmente, planejou-se implantar quatro marcos no interior da Escola: dois próximos à entrada principal e dois no fundo da área, próximos ao Centro Natatório, intervisíveis dois a dois.

Com o objetivo de proporcionar maior durabilidade possível à rede implantada, foi adotada a materialização através de marcos de concreto, com dimensões de 1,70m enterrados e com 0,20m acima do solo. Na superfície do marco, fixada, uma chapa circular, com um parafuso em seu ponto central.

A técnica de posicionamento utilizada foi o Posicionamento Relativo Estático, com as coordenadas obtidas por meio de ajustamento de dois vetores independentes,

oriundos do SGB, partindo um dos vetores da RBMC de Porto Alegre (POAL) e outro de Santa Maria (SMAR).

Os processamentos e ajustamentos utilizaram as coordenadas referidas ao Sistema Geodésico SAD 69, e o método adotado para o ajustamento foi o método paramétrico.

Ao final, para cada ponto implantado, rastreado, processado e ajustado, gerou-se um memorial descritivo contendo as seguintes informações: número identificador do ponto e sua definição, croqui de localização, coordenadas geodésicas, valor da exatidão de cada coordenada, fotografia panorâmica do ponto implantado, data do rastreamento e processamento das coordenadas geodésicas.

Os materiais necessários para implantação e materialização dos marcos geodésicos foram:

- a) cimento;
- b) areia;
- c) brita;
- d) ferro para armação;
- e) chapa de aço galvanizado;
- f) parafuso de aço galvanizado;
- g) picareta;
- h) enxada;
- i) pá;
- j) cavador;
- k) carrinho de mão;

### **3.4.1 Receptor Utilizado no Levantamento GPS**

Para o levantamento da rede geodésica, foi utilizado o receptor L1/L2 Spectra Precision EPOCH 25, cedido pelo Projeto *Mapeamento de Porto Alegre*, do Instituto de Geociências da UFRGS.

Algumas características do receptor empregado:

- a) Corpo a prova de água e pó, vibrações, temperaturas extremas e quedas acidentais;
- b) 24 (vinte e quatro) canais L1 e código C/A, portadora L1/L2 de ciclo completo e WAAS/EGNOS;

- c) Bateria interna recarregável com autonomia de até 10 (dez) horas de operação contínua e conector DB9 para uso de bateria externa com proteção de sobrevoltagem;
- d) Comunicação: controlador Recon;
- e) Programa de pós-processamento Spectra Precision Survey Office;
- f) Possui também cabo de comunicação serial, software de configuração e descarga de dados, software de processamento, cabo de comunicação USB, tripé para bastão, tripé de alumínio, bastão desmontável de 2 (dois) metros com nível e mala de transporte.



Figura 14: Receptor utilizado no levantamento GPS

### 3.4.2 Software de Processamento de Dados GNSS

Para o processamento dos dados GNSS foi utilizado o *software* Topcon Tools.

Este *software* é utilizado para pós-processamento de dados, bem como ajustamento e análise de redes GNSS. Sua estrutura de organização divide-se em módulos, permitindo ao usuário desenvolver diferentes tarefas. Os módulos são: Estação Total, Pós-processamento, RTK e Desenho além de um módulo de opções avançadas e de gráficos. Há diversos recursos que têm suporte no Topcon Tools, como os descritos a seguir:

- a) Configuração da obra: define configurações para visualização de dados e processamento.
- b) Importação de dados de dispositivos: permite que sejam importados dados de receptores GNSS, controladoras, Estações Totais e Níveis da marca Topcon.
- c) Importação de arquivos de diversos formatos, entre eles RINEX, ASCII, DXF e XML.

d) Pós-processamento de dados: pode-se trabalhar com dados obtidos nas diversas formas de posicionamento, bem como com correções das efemérides precisas.

e) Ajustamento: pode-se realizar o ajustamento pelo Método dos Mínimos Quadrados dos dados GNSS e de Estação Total juntos ou separados.

f) Controle de qualidade: esta opção permite que sejam configuradas a precisão horizontal e vertical para os dados de posicionamento pós-processado e RTK.

g) Conversão entre sistemas de referência e sistemas de coordenadas.

h) Projeto: criação de um Modelo Digital do Terreno e visualização desse modelo no CAD, e em 3D. Criação e edição de estradas.

i) Relatórios: é permitido gerar um relatório padrão para os pontos, ajustamento, controle de qualidade, observações GNSS e observações de Estação Total.

### 3.5 LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO

A partir do reconhecimento, planejou-se o desenho da poligonal. Foi pensado num traçado que englobasse o máximo do perímetro, mas que ao mesmo tempo fosse enxuto, com um mínimo de pontos possíveis, a fim de minimizar a propagação de possíveis de erros.

A técnica de levantamento utilizada foi *Poligonação com Irradiação*, sendo a poligonal do tipo fechada e apoiada, ou seja, partiu de um ponto com coordenadas conhecidas e retornou ao mesmo ponto, e apoiada, porque contou com pontos GPS para controle e reamostragem de coordenadas.

Além da poligonal principal, foi necessária a realização de poligonais de apoio, para extração de detalhes não possíveis de serem tomadas com a primeira poligonal.

Foi fixada uma Linha Base (LB), formada por um vértice da poligonal principal (onde foi estacionado um GPS) e outro ponto GPS, tornando conhecidas, desta forma, as coordenadas destes pontos. Geraram-se azimutes e tornou-se possível determinar as coordenadas do próximo vértice da poligonal principal, e da mesma forma sucessivamente para os demais vértices.

Iniciou-se o levantamento topográfico com o reconhecimento do perímetro da Escola, a fim de se verificar a melhor localização para a implantação da poligonal principal. De início, verificou-se a necessidade de, em alguns locais, posicionar alguns

pontos extras numa poligonal auxiliar, para extrair detalhes que não seriam possíveis serem tomados partindo da poligonal principal.

O tipo de levantamento realizado foi uma poligonação com irradiamentos, sendo a poligonal fechada, com os pontos de saída coincidindo com os pontos de chegada, e apoiada, contando com pontos GPS para controle e amarração. Neste trabalho, o ponto de saída e chegada é o ponto com coordenadas conhecidas E5.

Realizou-se o trabalho de piqueteamento, procurando sempre por locais de pouco trânsito de pedestres, e com uma boa possibilidade de visada.

No trabalho de realização da poligonal principal, procurou-se por deixá-la mais enxuta possível, para evitar assim, uma propagação e um acúmulo de possíveis erros. Restou então 10 (dez) pontos na poligonal principal, descrito conforme mostra a tabela 03, onde também constam as descrições dos demais pontos utilizados no levantamento. Ressalta-se que o vértice E5 também foi rastreado como um ponto GPS, recebendo a denominação de GPS4, compondo a linha base com outro ponto GPS, denominado GPS3.



Figura 15: Piqueteamento

Na etapa de planejamento, decidiu-se por levantar apenas as feições mais importantes da Escola, como por exemplo, as edificações, as quadras esportivas, os acessos e estacionamentos. Porém, por tratar-se de um produto que servirá de ferramenta para a gestão e planejamento da administração da ESEF, decidiu-se pela realização de um trabalho completo e metucioso.

Assim, foram levantadas todas as feições visíveis na área da escola, num trabalho de campo de duração de mais de uma semana. Detalhes que não seriam levantados, como árvores e bueiros foram praticamente todos coletados, perfazendo assim aproximadamente 2700 (dois mil e setecentos) pontos extraídos, restando um levantamento absolutamente detalhado e minucioso.

Para otimizar o levantamento, utilizou-se uma tabela com um código numérico para cada tipo de feição, que segue:

Tabela 02: Códigos de Feições

PLANILHAS DE CÓDIGOS DE LIGAÇÃO AUTOMÁTICA								
CÓD	TIPO	DESCRIÇÃO	CÓD	TIPO	DESCRIÇÃO	CÓD	TIPO	DESCRIÇÃO
1	P		35	P		99	P	
2	PF	CERCA INTERNA	36	PF	ARROIO	100	PF	TAIPA
3	IP		37	IP		101	IP	
4	FP		38	FP		102	FP	
			40	PF	PN			
5	P					104	PF	MOEIRÃO PEDRA
6	PF	CERCA	41	P		106	PF	MOEIRÃO MADEIRA
7	IP	DIVISA	42	PF		108	PF	MARCO CONCRETO
8	FP		43	IP	CRISTA BARRANCO	110	PF	VERTENTE
			44	FP		112	PF	POÇO ARTES.
129	P					114	PF	POÇO CONV.
130	PF	CERCA MADEIRA	45	P		116	PF	COBERTURA TELH.
131	IP		46	PF	PE BARRANCO	120	PF	MURO CONCR.
132	FP		47	IP		122	PF	ROCHA ISOL.
			48	FP		124	PF	CONT. ROCHA
9	P	MURO				126	PF	ESCADA
10	PF	ALVENARIA	50		B. ASFALTO	127	PF	ARV. GEN
11	IP		52			128	PF	PAINEIRAS
12	FP					129	P	
			53	P		130	PF	CERCA MAD.
13	P		54	PF		131	IP	
14	PF	CONST.	55	IP	MF	132	FP	
15	IP	ALVENARIA	56	FP		151	P	
16	FP					152	PF	COLUNA
			65	P		153	IP	
17	P		66	PF	BANHADO	154	FP	
18	PF	CONST.	67	IP		155	P	
19	IP	MADEIRA	68	FP		156	PF	VIGA
20	FP					157	IP	
			70	PF	REDE ALTA	158	FP	
22	PF	POSTE MAD.			TENSÃO	137	P	
24	PF	POSTE CONC.				138	PF	ACESSO INTERNO

			74	PF	BL	139	IP	
26	PF	FIGUEIRA	76	PF	PV PLUV	140	FP	
28	PF	CORTICEIRA	78	PF	PV CLOA	141	P	
30	PF	ARV. GENÉRICA	82	PF	ADUTORA	142	PF	CANALETA
128	PF	PAINEIRA	84	PF	ESTR. FERRO	143	IP	
58	PF	TIMBAÚVA	86	PF	GASODUTO	144	FP	
60	PF	BUTIÁ	88	PF	BTS			
62	PF	SALSEIRO	90	PF	BC			
64	PF	JERIVÁ	92	PF	ALA BTS/BC			
			94	PF	L. ÁGUA			
31	P							
32	PF	CONT. LVG	95	P				
33	IP		96	PF	AÇUDE			
34	FP		97	IP				
			98	FP				
P = Ponto isolado, PF = Ponto fora da polilinha, IP = Início de polilina, FP = Final de polilinha								

Fonte: Geosul Sistemas e Serviços Topográficos Ltda

Para a amarração da poligonal principal, utilizou-se uma linha-base com dois pontos GPS (denominados de GPS3 e GPS4) e contou-se com mais dois pontos GPS (denominados GPS1 e GPS2) para conferência e reamostragem de coordenadas.

Finalizado o levantamento da poligonal principal, alguns pontos da área da ESEF não puderam ser observados. Como a proposta foi por um trabalho completo e minucioso, nenhum detalhe da Escola poderia deixar de ser levantado. Com isso, foram fixados alguns pontos auxiliares (num total de nove), para o traçado de poligonais de apoio.

Os pontos auxiliares foram fixados da seguinte forma:

- a) Estacionou-se o equipamento num ponto da poligonal principal com visada ao ponto auxiliar pretendido;
- b) Partindo deste ponto, visou-se ré com o ponto anterior da poligonal principal e vante com o ponto auxiliar que queríamos fixar;
- c) Estacionou-se o equipamento no ponto auxiliar pretendido;
- d) Visou-se ré para o ponto da poligonal principal e vante para o próximo ponto auxiliar.

Dessa forma, os pontos auxiliares ficaram amarrados à poligonal principal.

### 3.5.1 Processamento dos Dados

Após o levantamento topográfico, foi realizado o processamento dos dados da Estação Total e dos pontos GPS utilizados na amarração da poligonal.

Os dados da Estação Total foram processados através do software Topograph, e os dados GPS foram processados através do software Topcon Tools.

Os pontos GPS foram coletados utilizando o método de posicionamento relativo estático e foram utilizados como vértices de amarração os pontos da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS (RBMC) de POAL (Porto Alegre) e SMAR (Santa Maria).

No dia 07 de dezembro de 2010, foi rastreado o ponto GPS1, que serviu como ponto para controle e reamostragem de coordenadas. No anexo A encontra-se a planilha completa gerada no processamento deste ponto, e na tabela 04, as coordenadas UTM, altitude elipsoidal e suas precisões horizontal e vertical em relação a cada linha ajustada.



Figura 16: Rastreo do ponto GPS4/E5

Procedimento idêntico foi realizado no dia 23 de dezembro de 2010 para o ponto GPS2, que também serviu como ponto de controle e reamostragem de coordenadas. No anexo A encontra-se a planilha completa do processamento deste ponto, como as coordenadas UTM, altitude elipsoidal e precisões horizontal e vertical em relação a cada linha ajustada.

Para a determinação da Linha Base, foi realizado o levantamento de dois pontos GPS, denominados aqui de GPS4 (que coincide com o vértice E5 da poligonal

principal), levantado no dia 03 de janeiro de 2011, e GPS3, levantado no dia 30 de dezembro de 2010. No anexo B e C, encontram-se as planilhas com o relatório dos processamentos destes pontos.

A altitude determinada está referida à superfície do elipsóide, denominada de altitude elipsoidal ou geométrica ( $h$ ). Entretanto, a superfície de referência altimétrica adotada no Brasil é o geóide, que em uma primeira aproximação, é a superfície equipotencial que coincide com o nível médio dos mares não perturbados. A altitude referida ao geóide é denominada de altitude ortométrica ( $H$ ). As altitudes ortométricas e geométricas estão relacionadas através da ondulação geoidal ou altura geoidal ( $N$ ).

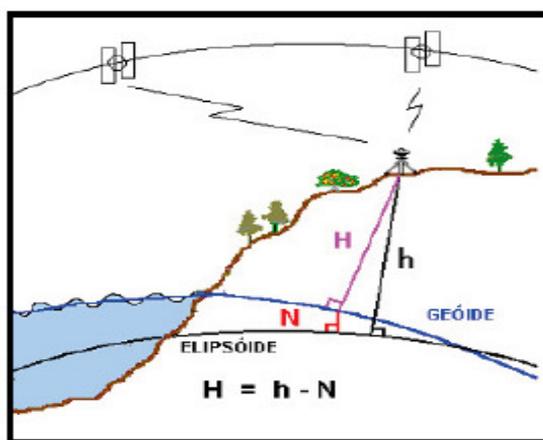


Figura 17: Relação entre superfícies geoidal e elipsoidal  
Fonte: IBGE

Portanto, para converter a altitude elipsoidal em altitude ortométrica utiliza-se a equação:

$$H = h - N$$

onde:

$H$  representa a altitude ortométrica

$N$  representa a ondulação geoidal e

$h$  representa a altitude elipsoidal

A correção da ondulação geoidal foi efetuada no software MapGeo2010, utilizando o modelo de ondulações geoidais referidas ao SIRGAS2000 e SAD69.

Os dados do levantamento topográfico foram sendo armazenadas no próprio instrumento, eliminando a necessidade de prancheta e lápis para anotação, por exemplo, dos ângulos horizontais e verticais, altura do instrumento e do prisma. Estas

informações de campo armazenadas deram origem a uma caderneta de dados, onde constam todas as informações do levantamento de campo.

Como foram coletados mais de 2700 (dois mil e setecentos pontos), a caderneta gerada resultou em 61 folhas, que não foram anexadas neste relatório. A referida planilha encontra-se à disposição no CD que acompanha o trabalho. Após o processamento destes dados, gerou-se uma segunda planilha, com os dados resultantes. A planilha gerada também é extensa, e por este motivo igualmente não foi anexada neste relatório, somente no CD que o acompanha.

A partir da determinação da linha base, formada pelos pontos GPS3 e GPS4 (que é o vértice E5 de saída e chegada da poligonal principal), pode ser determinada as coordenadas do próximo vértice da poligonal, o ponto E4, e assim sucessivamente para os demais vértices da poligonal.

### 3.5.2 Equipamento Utilizado no Levantamento Topográfico

Para a realização do levantamento topográfico, utilizou-se a Estação Total Topcon GPT 7500. Este equipamento possui sistema de medição sem prisma para distâncias de até 2000 m. É equipada com prumo óptico e duplo compensador, possuindo precisão na medição com prisma de  $2\text{mm} \pm 2\text{ppm}$ .



Figura 18: Estação Total utilizada no levantamento topográfico

### 3.5.3 Software Utilizado no Processamento dos Dados do Levantamento Topográfico

Os dados do levantamento topográfico foram processados através do software Topograph. Trata-se de um software para processamento de dados topográficos, cálculos de volumes de terraplenagem e projetos viários. É destinado às diversas áreas da engenharia e da construção que se utilizam de uma base topográfica no desenvolvimento de seus trabalhos, como edificações, loteamento, regularização fundiária, estradas e barragens.

É composto de três pacotes que podem ser adquiridos separadamente:

- a) Pacote Topografia, com os módulos cálculos, fundiário e desenhos;
- b) Pacote Volumes, com os módulos MDT/3D e perfis e
- c) Pacote Projeto, com os módulos seções-tipo e vias.

### 3.6 DENSIFICAÇÃO DA REDE GEODÉSICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS

Atualmente, a rede geodésica da UFRGS conta com 22 (vinte e dois) vértices materializados, assim distribuídos:

- a) 01 (um) no Instituto de Física;
- b) 02 (dois) no Instituto de Pesquisas Hidráulicas;
- c) 02 (dois) no Campus Agronomia;
- d) 02 (dois) no Campus Veterinária;
- e) 07 (sete) no anel viário do Campus do Vale;
- f) 02 (dois) no Instituto de Informática;
- g) 02 (dois) no Instituto de Geociências;
- h) 04 (quatro) na Estação Agronômica Experimental da UFRGS.

Para a expansão desta rede, agora no Campus da ESEF-UFRGS, iniciou-se com o planejamento dos locais a serem implantados os novos vértices.

Os locais de implantação foram definidos a fim de maximizar o número de satélites observáveis e evitar, durante o rastreamento, sinais refletidos e sinais com baixa relação sinal/ruído. Procurou-se também por uma região com boa visibilidade horizontal (acima de 15°) em qualquer direção, afastada de linhas de transmissão de energia elétrica, de faces de edificações, de fácil acesso, protegidas, seguras e que os pontos

fossem intervisíveis, e em locais que pudessem servir de apoio a futuras obras ou serviços a serem realizados naquela região.

Seguindo a padronização e a sequência dos vértices da rede geodésica da UFRGS já implantados, os marcos do Campus ESEF foram identificados como P25 e P26.

### 3.6.1 Materialização dos Vértices

Para a materialização dos vértices, definiu-se por seguir o modelo adotado nos demais pontos da rede geodésica da UFRGS, onde os marcos são definidos por mourões de concreto enterrados no solo.

Após a aquisição dos marcos de concreto, foi realizada a escavação dos locais escolhidos para a implantação dos mesmos, atividade que foi realizada no dia 23 de dezembro de 2010 e que contou com o apoio do pessoal da manutenção da ESEF.



Figura 19: Funcionário da UFRGS auxiliando na materialização do vértice



Figura 20: Vértice P25 sendo rastreado

Os marcos são de concreto armado, e ficaram com 1,50 m (um metro e cinquenta centímetros) enterrados sob o solo, e 20 cm (vinte centímetros) sobre a superfície. Para aumentar a rigidez e a fixação do vértice, foi construída ao redor do marco uma caixa de concreto. Na figura 21 encontra-se o modelo dos marcos implantados.

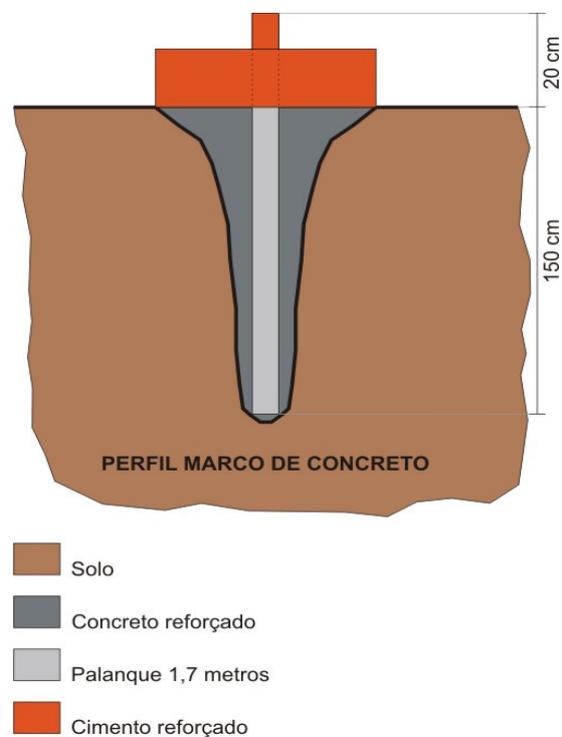


Figura 21: Perfil do marco implantado

Na superfície do marco, foi fixada uma chapa circular metálica com um parafuso em sua região central, conforme ilustra a figura 22.

A identificação do vértice, com a sua nomenclatura, coordenadas, e outras informações foram gravadas em uma chapa metálica e fixada na face superior da caixa de concreto construída ao redor do marco.



Figura 22: Vista superior dos marcos implantados

### 3.6.2 Levantamento da Rede

O levantamento foi realizado através do método de posicionamento relativo estático com pós-processamento, para proporcionar maior qualidade e rigidez à rede. O receptor de sinais GPS ficou posicionado sobre o marco, materializado num lugar sem obstruções, por um período mínimo para que a solução seja fixa, ou seja, o vetor das ambigüidades envolvidos em cada linha de base seja solucionado. O equipamento ficou aproximadamente 4 (quatro) horas posicionado no local, coletando os sinais GPS.

Após a ocupação do marco, as coordenadas foram obtidas por meio do ajustamento de no mínimo dois vetores independentes, oriundos do SGB, partindo um dos vetores da RBMC de Porto Alegre (POAL) e outro de Santa Maria (SMAR). Os dados da RBMC foram obtidos através do site do IBGE, na internet, e são descritos no capítulo 4.

O arquivo gerado no levantamento GPS foi transformado para um arquivo tipo RINEX, através do programa *Convert to Rinex*. De acordo com o IBGE, em suas

*Recomendações para Levantamentos Relativos Estáticos – GPS*, de 2008, diferentes marcas e modelos de receptores GPS fornecem arquivos de observação e navegação em diferentes formatos, dificultando o processamento das observações e integração de dados. Houve, então, a necessidade de se desenvolver um formato de arquivo padrão, no qual todos os dados possam ser disponibilizados e utilizados.

O formato mais utilizado para integrar dados de receptores de diferentes fabricantes é o RINEX (*Receiver Independent Exchange format*). A versão mais recente deste formato é a 3.0, que contempla cinco tipos de arquivos: observação, navegação GPS, meteorológico, navegação GLONASS e navegação SBAS.

Logo, um arquivo com esta extensão pode ser processado em qualquer software de processamento GPS. Neste trabalho, utilizamos o programa Topcon Tools, como descrito anteriormente.

### 3.6.3 Descrição dos Vértices de Amarração

Os vértices utilizados na amarração para o ajustamento dos pontos da rede geodésica implantada foram os seguintes:

#### - **RBMC Porto Alegre**

##### a) Identificação da estação

- Nome da estação: Porto Alegre

- Identificação da estação: POAL

- Inscrição no monumento: Chapa cravada na face sul onde consta o código internacional da estação

- Código internacional: 91850

##### b) Informações sobre a localização

- Cidade: Porto Alegre

- Estado: Rio Grande do Sul

##### c) Coordenadas oficiais (SIRGAS 2000, época 2000.4)

Coordenadas Geodésicas:

- Latitude: 30° 04' 26,5527" S

- Longitude: 51° 07' 11,1532" W

Altitude elipsoidal: 76,75 m

Altitude ortométrica: 71,85 m

Coordenadas Cartesianas:

- X: 3.467.519, 406 m

- Y: -4.300.378,538 m

- Z: -3.177.517,731 m

Coordenadas Planas UTM:

- N: 6.673.004,056 m

- E: 488.457,545 m

- MC: -51

d) Informações do equipamento GPS

- Tipo do receptor: Trimble NetRS

- Tipo de antena: Dorne Margolin T (TRM 29659.00)

- Altura da antena (m): 0,0075 (distância vertical do topo do dispositivo de centragem forçada à base da antena)

e) Informações adicionais: A estação pertence à Rede de Referência do SIRGAS e à Rede de Densificação do IGS, e consiste em uma estrutura de aço vazado, dotada de um dispositivo de centragem forçada, localizada no prédio 43136 do Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS.

**- RBMC Santa Maria**

a) Identificação da estação

- Nome da estação: Santa Maria

- Identificação da estação: SMAR

- Inscrição no monumento: Chapa cravada na face sul onde consta o código internacional da estação

- Código internacional: 92013

b) Informações sobre a localização

- Cidade: Santa Maria
- Estado: Rio Grande do Sul

c) Coordenadas oficiais (SIRGAS 2000, época 2000.4)

Coordenadas Geodésicas:

- Latitude: 29° 43' 08,1260" S
- Longitude: 53° 42' 59,7353" W

Altitude elipsoidal: 113,11 m

Altitude ortométrica: 103,70 m

Coordenadas Cartesianas:

- X: 3.280.748,410 m
- Y: -4.468.909,741 m
- Z: -3.143.408,684 m

Coordenadas Planas UTM:

- N: 6.709.269,527 m
- E: 237.205,247 m
- MC: -51

d) Informações do equipamento GPS

- Tipo do receptor: Trimble NetRS
- Tipo de antena: Zephyr Geodetic (TRM 41249.00)
- Altura da antena (m): 0,0080 (distância vertical do topo do dispositivo de centragem forçada à base da antena)

e) Informações adicionais: A estação pertence à Rede de Densificação do IGS, e consiste em um pilar de concreto dotado de um dispositivo de centragem forçada, localizada na laje do prédio do Centro de Ciências Rurais – CCR, da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM.

### 3.7 LEVANTAMENTO CADASTRAL E GERAÇÃO DO BANCO DE DADOS

Concomitante ao levantamento topográfico, realizou-se o levantamento cadastral para possibilitar a geração de um banco de dados com as informações coletadas.

Para a pesquisa cadastral, decidiu-se por tomar as informações de todas as edificações existentes na escola, como: estado de conservação, finalidade e tipo de construção, com o preenchimento de um sucinto Boletim de Informações Cadastrais (BIC).

O banco de dados, além das informações extraídas da pesquisa cadastral, contou também com informações oriundas do levantamento topográfico, como por exemplo: árvores, postes, estações GPS, calçadas, acessos, estacionamentos, bueiros, quadras esportivas e construções.

#### **3.7.1 Software Utilizado na Geração do Banco de Dados e Produção do Mapa Cadastral**

Tanto na produção da carta digital quanto na geração do banco de dados, utilizamos o mesmo software. Os dois processos ocorreram atrelados, simultâneos, dependentes entre si.

Nesta etapa, utilizamos o software ArcGIS, desenvolvido pela ESRI para desenvolvimento e implementação de Sistema de Informações Geográficas. No ArcGIS é possível criar e editar mapas, processar imagens, criar banco de dados espaciais, realizar cálculo de áreas e volumes, efetuar a modelagem numérica do terreno, gerar ortofotos, entre outras aplicações de geoprocessamento.

#### **3.7.2 Geração do Banco de Dados**

O levantamento topográfico forneceu a base das informações componentes do banco de dados gerado. Como visto anteriormente, cada feição recebeu um código de identificação, a fim de facilitar o trabalho de levantamento, de processamento e da

própria criação do banco de dados. As demais informações foram oriundas da pesquisa cadastral realizada na área de estudo para levantar detalhes das edificações existentes na ESEF.

Nesta pesquisa, foi efetuado o preenchimento de um Boletim de Informações Cadastrais (BIC), conforme o anexo F, com os seguintes dados:

- Identificação do prédio;
- Estado de conservação da edificação e
- Material utilizado na construção.

Juntamente à pesquisa cadastral, cada edificação foi fotografada, e as imagens encontram-se no CD disponível em anexo. Associada à informação espacial, no mapa digital, encontra-se o banco de dados da feição de interesse.

O banco de dados está dividido em três partes principais, que são os tipos de representação (pontual, linear e poligonal), subdivididos em *shapes* que descrevem a feição.

No tipo de feição pontual, foi criada a shape “Apoio”, que contém os pontos que descrevem a poligonal do levantamento topográfico, os pontos GPS e os vértices da rede geodésica implantada. As informações existentes no banco de dados são: tipo (ponto GPS, vértice da poligonal principal ou auxiliar e marco de concreto), coordenadas UTM e altitude ortométrica, o código do ponto, e o nome do ponto.

Ainda na feição pontual, há a shape “Irradiação”, com as seguintes informações existentes no banco de dados: tipo (árvore, luminária, poste de madeira, poste de aço, poste de concreto e pontos cotados), coordenadas UTM e altitude ortométrica, código do ponto e nome do ponto.

Da mesma forma, no tipo de feição linear, foi criada a shape “Polilinhas”, com as seguintes informações: tipo (acesso interno, bueiro pista, caixa de areia, cerca interna, escada, meio fio, muro externo, pista de atletismo, pista de salto em distância e portão de entrada) e comprimento. Na feição linear, também foi criada uma shape somente para curva de nível, contendo somente um tipo de informação, que é a altitude ortométrica correspondente.

No tipo de feição poligonal, foi criada a shape “Polígonos” com as seguintes informações: tipo (área total ESEF, bueiro, caixa cloacal, caixa pluvial, construção civil, estacionamento, jardim, mancha verde, quadra esportiva e área cedida), descrição,

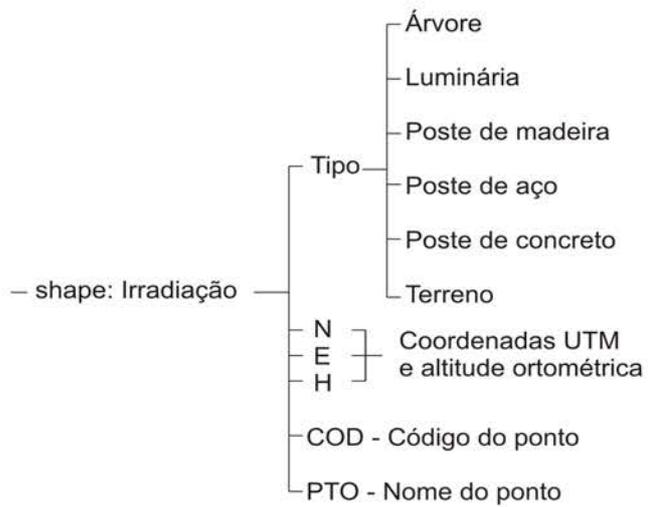
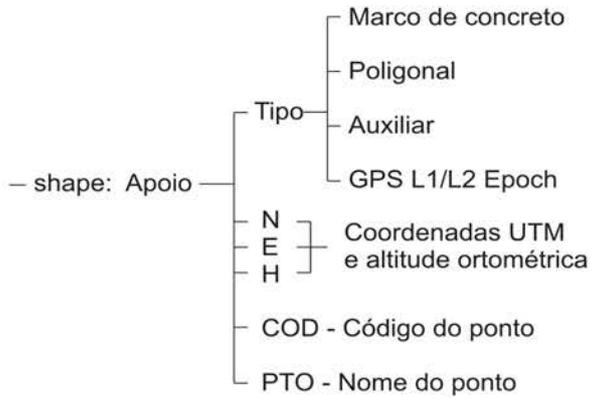
construção (tipo de material utilizado na construção), estado de conservação (bom, regular ou ruim), perímetro e área. Por exemplo, se for selecionado o ponto de número 30, aparecerá como seus atributos: o código de número 01, que corresponde ao tipo cerca interna, com suas respectivas coordenadas e altitude ortométrica. O mapa digital em formato PDF, juntamente com os arquivos vetoriais do levantamento, encontram-se no CD disponibilizado em anexo.

### 3.8 GERAÇÃO DO MAPA CADASTRAL

A partir das informações advindas do levantamento topográfico e da pesquisa cadastral, foi confeccionado um mapa digital, na qual os seguintes layers de informações são apresentados:

## Organograma do banco de dados

## Tipo de Feição:

*- Pontual**- Linear*

– shape: Curvas de Nível — Contour – Altitude ortométrica da curva

- Poligonal



Para auxílio na identificação dos pontos levantados, foi recortada uma imagem do Google Earth datada de 2010 e georreferenciada, sendo o resultado deste processo bastante satisfatório.

A geração das curvas de nível foi realizada a partir da interpolação dos pontos coletados no levantamento topográfico com o método do *Vizinho Natural*, descrito no capítulo 2.2.7. Este método foi escolhido por tratar-se a área de estudo de uma região praticamente plana, com pequena variação altimétrica, sendo o método do vizinho natural o mais adequado às superfícies com pequenas inclinações, e ainda, por tratar-se de um método simples e robusto.

As curvas de nível foram geradas com equidistância de meio em meio metro (50 cm), de 18 (dezoito) até 29 (vinte e nove) metros. O valor da equidistância deve ser, no mínimo, o dobro do valor da precisão altimétrica.

A impressão em papel do mapa foi efetuada sobre uma folha com dimensões de 125 x 84 centímetros, resultando em uma escala de 1:500 para toda a região mapeada.

Foi escolhida a projeção UTM para a impressão do mapa pois, segundo LIMA, THOMAZ E SEVERO (2010), trata-se de uma projeção com sistema de coordenadas métrico e de grade regular, facilitando os cálculos de área e distâncias sobre o papel. Outra vantagem que se pode citar no uso deste sistema é a facilidade de se encontrar *softwares* de transformação entre coordenadas UTM, geodésicas e cartesianas globais, os quais se baseiam em fórmulas disseminadas no contexto da cartografia.

Salienta-se que a área mapeada se apresenta próxima ao meridiano central (-51°) do Fuso 22, ocasionando redução da escala da carta. Diversas projeções poderiam ser usadas a fim de minimizar este efeito, porém a vasta utilização da projeção UTM no Brasil torna outros sistemas incompatíveis com grande parte da base cartográfica já existente. Dessa forma, a projeção UTM torna-se a mais atrativa para o uso na carta confeccionada.

### 3.8.1 Qualidade Geométrica do Mapa Cadastral Gerado

Definiu-se a qualidade do mapa cadastral através da determinação da exatidão posicional planimétrica estimada, que leva em consideração a qualidade dos pontos GPS rastreados, o erro linear distribuído dos pontos da poligonal principal e a média estimada dos erros de irradiação, neste caso, 2 cm.

Exatidão Posicional Planimétrica Estimada:

$$\sqrt{(0,0028^2 + 0,0378^2 + 0,02^2)} \text{ m} =$$

$$\sqrt{(0,00183684)} \text{ m} =$$

$$0,042858371 \text{ m}$$

A qualidade do mapa cadastral gerado é de 4,28 cm, uma precisão aceitável para o propósito deste trabalho, que é um mapeamento cadastral.

### 3.9 EQUIPE TÉCNICA

Consultando empresas do ramo, prestadoras do serviço realizado neste trabalho, a equipe necessária para o desenvolvimento e conclusão do projeto seriam:

- Um engenheiro cartógrafo;
- Dois topógrafos;
- Um ajudante de topografia.

Efetivamente, a equipe que realizou o trabalho foi composta de:

- Dois acadêmicos de engenharia cartográfica (autores do projeto);
- Uma acadêmica de engenharia civil, Sibeli Rösner, em dois dias de trabalho de campo, para auxílio no levantamento topográfico;

- Um acadêmico de engenharia cartográfica, Gustavo Bledow, em um dia de trabalho de campo e em um dia de trabalho de escritório, para auxílio no levantamento topográfico e processamento dos pontos GPS;

- Um acadêmico de engenharia cartográfica, Ismael Coelho, em um dia de trabalho de campo e dois dias de trabalho de escritório, para auxílio no processamento da poligonal e consultas técnicas diversas.

### 3.10 RESUMO DOS EQUIPAMENTOS E SOFTWARES UTILIZADOS

Durante a realização deste trabalho, utilizamos os seguintes equipamentos, materiais de apoio e softwares:

- Estação Total Topcon GPT 7500;
- Par GPS L1/L2 Spectra Precision 25 EPOCH;
- Dois Rádios Talkabout T5025, Motorola;
- Dois tripés Manfra;
- Uma baliza Santiago & Cintra de 2m;
- Um prisma simples;
- Trena de 5m;
- Marreta de 5 Kg;

- Piquetes;
- Pranchetas;
- Pá de corte;
- Pá tipo “tatu”;
- Um facão;
- Dois moirões de concreto 1,7m x 10cm x 10cm;
- Câmera fotográfica Sony DSC-P32;
- Tinta acrílica auto-brilho laranja;
- Pincel;
- Dois computadores tipo Notebook;
- Um veículo GM Fiesta;
- Software Microsoft Word;
- Software Microsoft Excel;
- Software ArcGIS;
- Software Topograph;
- Software Topcon Tools;
- Software CorelDraw.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO

Os 10 (dez) pontos na poligonal principal estão descritos conforme mostra a tabela 03, onde também constam as descrições dos demais pontos utilizados no levantamento. O vértice E5 também foi rastreado como um ponto GPS, recebendo a denominação de GPS4, compondo a linha base com outro ponto GPS, denominado GPS3.

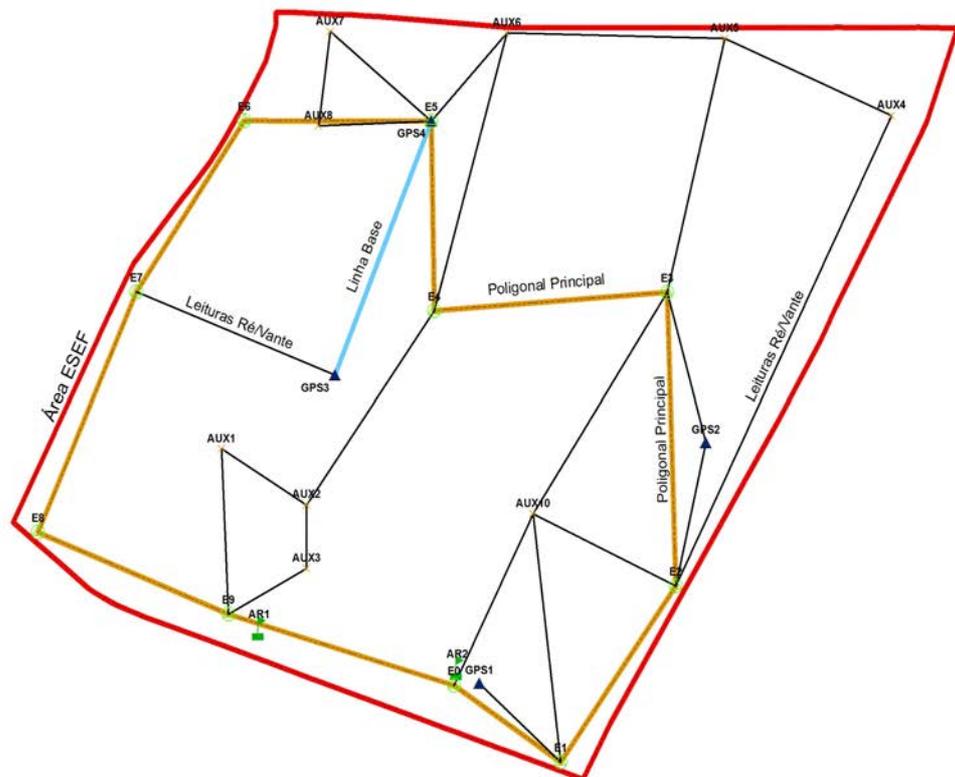


Figura 23: Levantamento Topográfico

Tabela 03: Identificação dos Pontos Coletados

DESCRIÇÃO	CÓD	DESCRIÇÃO	CÓD	DESCRIÇÃO	CÓD
Vértice poligonal principal	<b>E0</b>	Vértice poligonal principal	<b>E9</b>	Vértice poligonal auxiliar	<b>AUX10</b>
Vértice poligonal principal	<b>E1</b>	Vértice poligonal auxiliar	<b>AUX1</b>	Ponto GPS de controle	<b>GPS1</b>
Vértice poligonal principal	<b>E2</b>	Vértice poligonal auxiliar	<b>AUX2</b>	Ponto GPS de controle	<b>GPS2</b>
Vértice poligonal principal	<b>E3</b>	Vértice poligonal auxiliar	<b>AUX3</b>	Ponto GPS linha base	<b>GPS3</b>
Vértice poligonal principal	<b>E4</b>	Vértice poligonal auxiliar	<b>AUX4</b>	Ponto GPS linha base	<b>GPS4</b>
Vértice poligonal principal	<b>E5</b>	Vértice poligonal auxiliar	<b>AUX5</b>	Marco rede geodésica	<b>P25</b>
Vértice poligonal principal	<b>E6</b>	Vértice poligonal auxiliar	<b>AUX6</b>	Marco rede geodésica	<b>P26</b>
Vértice poligonal principal	<b>E7</b>	Vértice poligonal auxiliar	<b>AUX7</b>		
Vértice poligonal principal	<b>E8</b>	Vértice poligonal auxiliar	<b>AUX8</b>		



Figura 24: Ponto E4 da poligonal principal

Na etapa de planejamento, e contando com o pouco tempo para a realização dos trabalhos, decidiu-se por levantar apenas as feições mais importantes da Escola, como por exemplo, as edificações, as quadras esportivas, os acessos e estacionamentos. Porém, após conversas com os professores orientadores, e por tratar-se de um trabalho de conclusão de curso, e mais do que isso, por tratar-se de um produto que servirá de ferramenta para a gestão e planejamento da administração da ESEF, decidiu-se pela realização de um trabalho completo e metucioso.

Todas as feições levantadas na área da escola, incluindo árvores e bueiros, perfizeram aproximadamente 2700 (dois mil e setecentos) pontos extraídos, constituindo um levantamento absolutamente detalhado e minucioso, conforme ilustra parcialmente a figura 25.

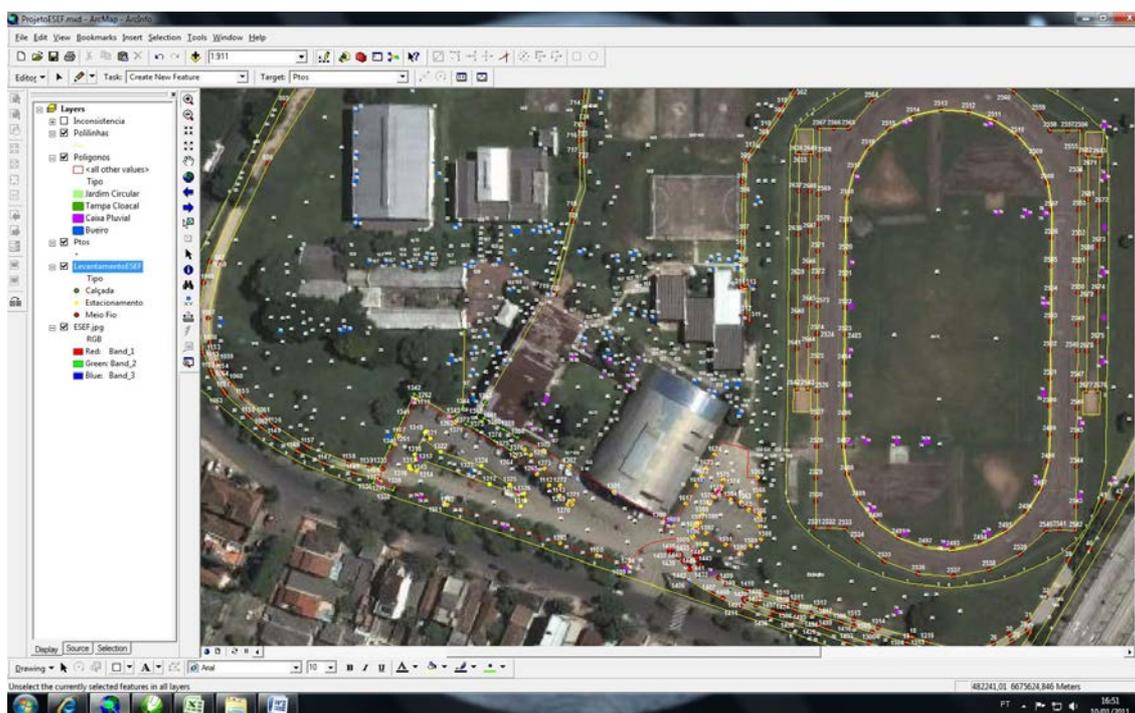


Figura 25: Amostra de pontos coletados

Com relação aos dados de GPS, no anexo A, B e C encontram-se a planilha completa gerada no processamento dos pontos, e na tabela 04, 05, 06 e 07 as coordenadas UTM, altitude elipsoidal e suas precisões horizontal e vertical em relação a cada linha ajustada.

Tabela 04: Coordenadas e precisões do ponto GPS1

Pto GPS	N (m)	E (m)	h (m)	Exatidão Posicional Planimétrica(m)
GPS1	6675509,356	482472,994	27,562	0,002236067

Tabela 05: Coordenadas e Precisões do Ponto GPS2

Pto GPS	N (m)	E (m)	h (m)	Exatidão Posicional Planimétrica(m)
<b>GPS2</b>	6675629,371	482594,508	27,729	0,002236067

Tabela 06: Informações dos Pontos GPS3 e GPS4

NOME DO PONTO	DIA DO RASTREIO	HORA DE INÍCIO	HORA DO TÉRMINO	ALTURA DO INSTRUMENTO
<b>GPS3</b>	30 dez 2010	11h 05 min	15h 20 min	1,945 m
<b>GPS4</b>	03 jan 2011	14h 45 min	19h 00 min	1,973 m

Tabela 07: Coordenadas e Precisões dos Pontos GPS3 e GPS4

Pto GPS	N (m)	E (m)	h (m)	Exatidão Posicional Planimétrica(m)
<b>GPS3</b>	6675662,726	482395,746	25,561	0,002828427
<b>GPS4</b>	6675789,203	482447,290	25,275	0,002828427

A correção da ondulação geoidal, com as coordenadas e as altitudes corrigidas encontram-se na tabela abaixo:

Tabela 08: Coordenadas GPS e Altitudes Corrigidas

NOME	N (m)	E (m)	H (m)
<b>GPS1</b>	6675509,356	482472,994	22,612
<b>GPS2</b>	6675629,371	482594,508	22,779
<b>GPS3</b>	6675662,726	482395,746	20,611
<b>GPS4</b>	6675789,203	482447,290	20,325

O extrato da caderneta de dados gerada no levantamento topográfico encontra-se nas tabelas a seguir.

Tabela 09: Extrato da Caderneta de Dados Gerada no Levantamento Topográfico

TCC\_ALVARO E FURASTE  
Caderneta: 01-02\_DADOSData: 07/01/11 Hora: 19:29 Página: 32  
Projeto: ALVARO Local: P

Estação	Descrição	HI	Norte	Este	Cota	Azimute
E8	V	1,643				

Tipo	Nome	Descrição	AHD	AHI	AVD	AVI	HS	DI	DH	EC	DHxC
Irradiado	1172	30	27°37'00,0"		88°16'20,0"		1,500	45,9950	45,9740		
Irradiado	1173	30	29°38'40,0"		88°18'30,0"		1,500	51,6420	51,6190		
Irradiado	1174	30	31°47'50,0"		88°25'05,0"		1,500	57,2990	57,2770		
Irradiado	1175	76	34°00'35,0"		88°55'05,0"		1,500	59,0650	59,0540		
Irradiado	1176	76	33°45'25,0"		88°56'10,0"		1,500	58,1210	58,1110		
Irradiado	1177	76	34°40'00,0"		89°05'00,0"		1,500	57,9000	57,8930		
Irradiado	1178	76	34°04'45,0"		89°05'00,0"		1,500	56,7340	56,7270		
Irradiado	1179	76	33°47'30,0"		89°03'10,0"		1,500	55,1310	55,1230		
Irradiado	1180	76	34°33'05,0"		89°15'50,0"		1,500	55,0040	54,9990		
Irradiado	1181	40	34°12'40,0"		89°30'25,0"		1,500	50,8940	50,8920		
Irradiado	1182	40	31°05'30,0"		89°03'10,0"		1,500	49,2510	49,2440		
Irradiado	1183	40	32°29'50,0"		89°27'05,0"		1,500	45,5280	45,5260		
Irradiado	1184	40	27°59'35,0"		88°48'15,0"		1,500	43,2560	43,2470		
Irradiado	1185	40	28°45'35,0"		89°27'25,0"		1,500	38,4310	38,4290		
Irradiado	1186	40	34°29'45,0"		90°00'20,0"		1,500	34,3070	34,3070		
Irradiado	1187	15	0°48'25,0"		88°59'20,0"		1,500	58,8360	58,8270		
Irradiado	1188	13	11°33'35,0"		88°16'50,0"		1,500	49,9420	49,9200		
Irradiado	1189	13	23°08'45,0"		88°06'10,0"		1,500	44,4620	44,4380		
Irradiado	1190	13	31°26'50,0"		88°41'40,0"		1,500	66,4440	66,4270		
Irradiado	1191	13	36°01'45,0"		88°48'30,0"		1,500	65,6600	65,6460		
Irradiado	1192	30	46°07'25,0"		89°26'55,0"		1,500	96,4940	96,4900		
Irradiado	1193	76	45°48'45,0"		89°31'20,0"		1,500	94,1400	94,1370		

Após o processamento dos dados acima, gerou-se uma segunda planilha, com os dados resultantes. A planilha gerada também é extensa, e por este motivo igualmente não foi anexada neste relatório, somente no CD que o acompanha. Abaixo, um extrato do resultado gerado no processamento dos dados do levantamento topográfico:

Tabela 10: Extrato do Resultado do Processamento dos Dados do Levantamento Topográfico

TCC\_ALVARO E FURASTE Data: 07/01/11 Hora: 19:33 Página: 22  
Irradiações: DADOS TOTAIS Projeto: ALVARO Local: P

Meridiano	Datum	Hemisf.
-51°00'00"	SIRGAS2000	Sul

Nome	Descrição	Norte	Este	Cota
E4	V	6.675.694,7708	482.448,8883	22,347

Nome	Descrição	Norte	Este	Altitude	Azim Plano	AH Plano	DH Plana	Desnivel	K	Conv Merid
709	55	6.675.715,0374	482.339,3600	19,251	280°28'59,4"	194°38'32,5"	111,3875	-3,0962	0,999604	0°05'30,2577"
710	53	6.675.709,0040	482.353,9648	19,612	278°31'39,4"	192°41'12,5"	95,9846	-2,7346	0,999604	0°05'29,9853"
711	53	6.675.705,2255	482.362,9646	19,432	276°56'14,4"	191°05'47,5"	86,5574	-2,9147	0,999604	0°05'29,8175"
712	53	6.675.700,7963	482.364,0460	19,199	274°03'44,4"	188°13'17,5"	85,0560	-3,1479	0,999604	0°05'29,7978"
713	53	6.675.700,4593	482.379,4478	19,410	274°40'59,4"	188°50'32,5"	69,6732	-2,9374	0,999604	0°05'29,5098"
714	53	6.675.680,4139	482.376,9584	19,217	258°42'44,4"	172°52'17,5"	73,3487	-3,1302	0,999604	0°05'29,5587"
715	53	6.675.668,3298	482.375,4016	19,360	250°12'39,4"	164°22'12,5"	78,0988	-2,9867	0,999604	0°05'29,5893"
716	53	6.675.664,2851	482.375,2848	19,709	247°30'04,4"	161°39'37,5"	79,6672	-2,6381	0,999604	0°05'29,5920"
717	53	6.675.659,1510	482.375,5327	20,570	244°05'59,4"	158°15'32,5"	81,5464	-1,7774	0,999604	0°05'29,5879"
718	53	6.675.639,7637	482.372,8023	20,567	234°08'04,4"	148°17'37,5"	93,8875	-1,7802	0,999604	0°05'29,6413"
719	53	6.675.610,4335	482.365,3653	20,538	224°43'19,4"	138°52'52,5"	118,6966	-1,8091	0,999604	0°05'29,7839"
720	54	6.675.609,6358	482.366,8024	20,602	223°57'19,4"	138°06'52,5"	118,2627	-1,7453	0,999604	0°05'29,7571"
721	54	6.675.635,5800	482.373,3169	20,530	231°55'49,4"	146°05'22,5"	95,9926	-1,8172	0,999604	0°05'29,6322"
722	54	6.675.657,2671	482.376,9768	20,601	242°27'24,4"	156°36'57,5"	81,1036	-1,7461	0,999604	0°05'29,5612"
723	54	6.675.664,9651	482.376,7386	19,616	247°33'14,4"	161°42'47,5"	78,0638	-2,7313	0,999604	0°05'29,5647"

A partir da determinação da linha base, formada pelos pontos GPS3 e GPS4 (que é o vértice E5 de saída e chegada da poligonal principal), foram determinadas as coordenadas do próximo vértice da poligonal, o ponto E4, conforme tabela a seguir.

Tabela 11: Coordenadas do Vértice E4 Geradas a partir da Linha Base

TCC\_ALVARO E FURASTE Data: 07/01/11 Hora: 19:31 Página: 1  
Poligonal: E5\_E4 Projeto: ALVARO Local: P

	Estação de Partida	Referência de Partida
Nome	E5	GPS3
Norte	6.675.789,2030	6.675.662,7260
Este	482.447,2900	482.395,7460
Cota	20,325	20,611
Azimute	202°10'21,7"	
Distância	136,5768 m	

	Estação de Chegada	Referência de Chegada
Nome	E4	
Norte	6.675.694,7708	
Este	482.448,8883	
Cota	22,347	
Azimute		
Distância		

	Observados	Compensados
Perímetro	94,4835 m	
Área		

Os dados resultantes do fechamento da poligonal seguem conforme a tabela abaixo.

Tabela 12: Dados Resultantes do Fechamento da Poligonal Principal

	Estação de Partida	Referência de Partida
Nome	E5	E4
Norte	6.675.789,2030	6.675.694,7708
Este	482.447,2900	482.448,8883
Cota	20,325	22,347
Azimute	179°01'49,2"	
Distância	94,4457 m	

	Estação de Chegada	Referência de Chegada
Nome	E5	E4
Norte	6.675.789,2030	6.675.694,7708
Este	482.447,2900	482.448,8883
Cota	20,325	22,347
Azimute	179°01'49,2"	
Distância	94,4457 m	

	Observados	Compensados
Perímetro	1.111,3924 m	1.110,9489 m
Área	66.728,6898 m <sup>2</sup>	66.737,5497 m <sup>2</sup>

	Erros	Tolerâncias	Fora
Angular	0°00'15,0"	0°00'15,8" (= 0°00'05,0" × N <sup>1/2</sup> )	
Relativo	1:29403	1:40000	X
Linear	0,0378 m		
Eixo Norte	-0,0359 m		
Eixo Este	0,0118 m		
Altimétrico	0,001 m	0,011 m (= 10 mm × K <sup>1/2</sup> )	

Segundo a tabela 13, apresentada por OLIVEIRA, SILVA, CELESTINO (2005), o erro angular da poligonal (quinze segundos) e o erro linear (3,78 cm) encontram-se em um nível aceitável para o propósito deste trabalho e ainda, segundo ROCHA (2002), existe uma tendência a eleger o valor de 1,00 m (um metro) como erro máximo aceitável para as atividades de gerenciamento urbano.

Tabela 13: Estimativa de Exatidão e Precisão Conforme Feição e Escala de Trabalho

Escala de Trabalho e Erro Máximo Tolerável					
Escala	Exat.Alt.	Exat.Plan.	Prec.Alt.	Prec.Plan.	Informações
1/500	0,1 m	0,25 m	0,05 m	0,1 m	edificações, limites
1/1000	0,2 m	0,5 m	0,1 m	0,25m	vias de acesso, bueiros, postes
1/2000	0,4 m	1,0 m	0,2 m	0,5 m	árvores, hidrografia, altimetria
1/5000	1,0 m	2,5 m	0,5 m	1,25 m	vegetação

Adaptado de OLIVEIRA, SILVA, CELESTINO (2005)

#### 4.2 DENSIFICAÇÃO DA REDE GEODÉSICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS

Seguindo a padronização e a seqüência dos vértices da rede geodésica da UFRGS já implantados, os marcos do Campus ESEF foram identificados como P25 e P26. Quanto ao levantamento da rede, algumas informações a respeito do rastreamento dos pontos são descritas na tabela abaixo.

Tabela 14: Informações do Rastreamento dos Pontos P25 e P26

NOME DO PONTO	DIA DO RASTREIO	HORA DE INÍCIO	HORA DO TÉRMINO	ALTURA DO INSTRUMENTO
<b>P25</b>	28 dez 2010	09h 20 min	13h 35 min	1,560 m
<b>P26</b>	29 dez 2010	09h 10 min	13h 30 min	1,745 m

As coordenadas obtidas após o processamento seguem na tabela abaixo:

Tabela 15: Coordenadas da Rede Implantada e Altitudes Elipsoidais

Pto GPS	N (m)	E (m)	h (m)	Exatidão Posicional Planimétrica(m)
<b>P25</b>	6675536,704	482355,284	24,988	0,002236067
<b>P26</b>	6675516,983	482461,425	27,749	0,002828427

As coordenadas e as altitudes ortométricas, após a correção da ondulação geoidal (N), são as seguintes:

Tabela 16: Coordenadas da Rede Implantada e Altitudes Ortométricas

NOME	N (m)	E (m)	H (m)
<b>P25</b>	6675536,704	482355,284	20,038
<b>P26</b>	6675516,983	482461,425	22,799

Nos anexos D e E encontram-se as planilhas geradas no processamento destes pontos.

### 4.3 BANCO DE DADOS GEOGRÁFICO

Na tabela abaixo, encontram-se todas as edificações existentes e suas características, segundo o Boletim de Informações Cadastrais efetuado.

Tabela 17: Informações das Edificações da ESEF – UFRGS

<b>PRÉDIO</b>	<b>ESTADO CONSERVAÇÃO</b>	<b>MATERIAL CONSTRUÍDO</b>
<b>CENTRO NATATÓRIO</b>	BOM	ALVENARIA, TIJOLO À VISTA, VIDRO
<b>DEPÓSITO GÁS</b>	BOM	ALVENARIA
<b>GARAGEM/DEPÓSITO MATERIAL</b>	BOM	ALVENARIA
<b>DEPÓSITO MATERIAL</b>	REGULAR	ALVENARIA
<b>GALPÃO CRIOULO</b>	RUIM	MADEIRA, TIJOLO À VISTA
<b>BANHEIRO</b>	BOM	ALVENARIA
<b>ESTAÇÃO MONITORAMENTO AR</b>	BOM	CONTAINER AÇO
<b>SEDE PROJETO QUERO-QUERO</b>	BOM	ALVENARIA
<b>DIVISÃO DE OBRAS</b>	BOM	ALVENARIA
<b>GINÁSIO ESPORTES OLÍMPICOS</b>	BOM	ALVENARIA
<b>LAPEX</b>	BOM	ALVENARIA
<b>SALAS DE AULA</b>	BOM	ALVENARIA
<b>CASA DE FORÇA</b>	BOM	ALVENARIA
<b>ADMINISTRAÇÃO</b>	BOM	ALVENARIA
<b>GUARITA PRINCIPAL</b>	BOM	TIJOLO À VISTA
<b>GINÁSIO</b>	BOM	ALVENARIA
<b>LANCHERIA</b>	BOM	ALVENARIA
<b>CAIXA D'ÁGUA</b>	REGULAR	ALVENARIA
<b>DEPÓSITO DE GÁS - RU</b>	BOM	ALVENARIA
<b>RU/ACADEMIA</b>	BOM	ALVENARIA



Figura 26: Galpão crioulo



Figura 27: Prédio manutenção

Associada à informação espacial, no mapa digital, encontra-se o banco de dados da feição de interesse, como exemplifica a figura a seguir:

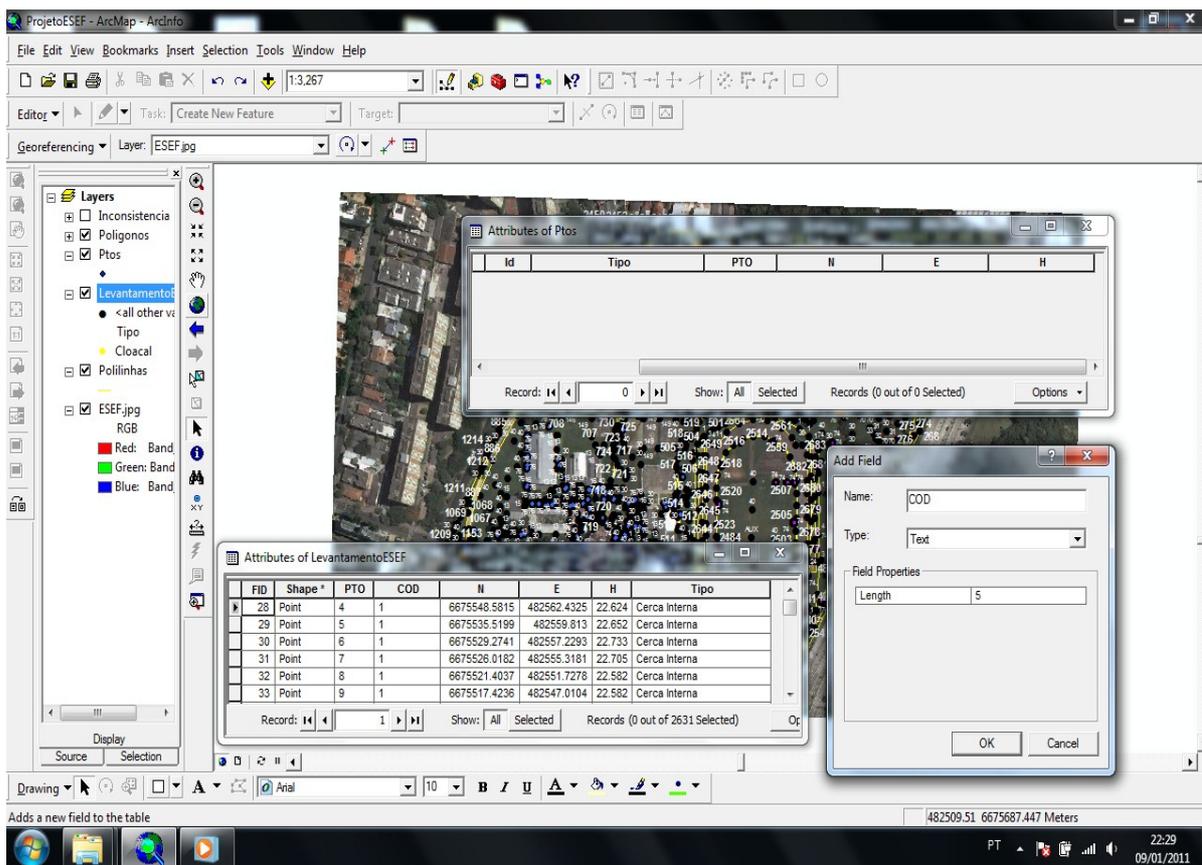


Figura 28: Tabela de atributos atrelados à informação espacial

No exemplo da figura 28, se for selecionado o ponto de número 30, aparecerá como seus atributos: o código de número 01, que corresponde ao tipo cerca interna, com suas respectivas coordenadas e altitude ortométrica.

FID	Shape *	Id	Tipo	Descrição	Construção	Conservação	Área	Perímetro
237	Polygon	0	Construção Civil	Centro Natatório	Alven.tij vista vidr	Bom	2164.6977	188.6032
211	Polygon	0	Estacionamento	Calçamento Bloquete	Alvenaria	Bom	447.5763	88.3271
216	Polygon	0	Quadra de Esportes	Quadra Basquete	Alvenaria	Regular	233.1305	61.149
218	Polygon	0	Quadra de Esportes	Quadra Vôlei	Alvenaria	Regular	393.7903	81.4117
219	Polygon	0	Quadra de Esportes	Quadra Vôlei	Alvenaria	Regular	393.7903	81.4117
220	Polygon	0	Quadra de Esportes	Quadra Futebol 7	Alvenaria	Regular	762.9063	111.6409
221	Polygon	0	Quadra de Esportes	Quadra Futebol 7	Alvenaria	Regular	539.843	95.9621
222	Polygon	0	Quadra de Esportes	Quadra Futebol 7	Alvenaria	Regular	539.843	95.9621
223	Polygon	0	Quadra de Esportes	Quadra Futebol 7	Alvenaria	Regular	539.843	95.9621
224	Polygon	0	Quadra de Esportes	Quadra Tênis	Alvenaria	Regular	640.7761	107.364
225	Polygon	0	Quadra de Esportes	Quadra Tênis	Alvenaria	Regular	658.6083	108.3611
226	Polygon	0	Quadra de Esportes	Quadra Tênis	Alvenaria	Regular	707.659	111.104
227	Polygon	0	Quadra de Esportes	Quadra Tênis	Alvenaria	Regular	640.7761	107.364
228	Polygon	0	Quadra de Esportes	Quadra Tênis Treino	Alvenaria	Regular	398.2671	87.6946
229	Polygon	0	Construção Civil	Lapex	Alvenaria	Bom	774.5132	111.6795
230	Polygon	0	Construção Civil	Ginásio 2	Alvenaria	Bom	1073.9298	135.2644
231	Polygon	0	Construção Civil	Lapex	Alvenaria	Bom	45.2269	32.5908
232	Polygon	0	Construção Civil	Casa de Força	Alvenaria	Bom	35.7345	24.4824
233	Polygon	0	Construção Civil	Salas de Aula	Alvenaria	Bom	758.7516	113.0006
235	Polygon	0	Construção Civil	Ginásio 1	Alvenaria	Bom	1465.1704	155.3631
236	Polygon	0	Construção Civil	Banheiros	Alvenaria	Bom	21.0823	18.3662
239	Polygon	0	Construção Civil	Manutenção	Alvenaria	Bom	936.0229	121.0722
240	Polygon	0	Construção Civil	Administração	Alvenaria	Bom	357.8088	78.7247
241	Polygon	0	Construção Civil	Restaurante Universitário	Alvenaria	Bom	363.8163	97.416
242	Polygon	0	Construção Civil	Vestiário	Alvenaria	Bom	187.2812	57.0188
243	Polygon	0	Construção Civil	Sala Musculação	Alvenaria	Bom	198.0821	59.7668
244	Polygon	0	Construção Civil	Lavatório	Alvenaria	Bom	1.7026	7.1954
245	Polygon	0	Construção Civil	Creche - Quero Quero	Alvenaria	Bom	58.0189	36.2021
246	Polygon	0	Construção Civil	Biblioteca	Alvenaria	Bom	521.5421	94.9536
247	Polygon	0	Construção Civil	Ritmica	Alvenaria	Bom	286.6741	68.6852
248	Polygon	0	Construção Civil	Lancheria	Alvenaria	Bom	72.3474	34.4701
249	Polygon	0	Construção Civil	Dep. Material Garagem	Alvenaria	Regular	32.4479	23.1094
251	Polygon	0	Construção Civil	Caixa d'água	Alvenaria	Regular	17.0025	14.6357
253	Polygon	0	Construção Civil	Depósito de Gás	Alvenaria	Bom	30.7662	25.4233
258	Polygon	0	Construção Civil	Depósito Material	Alvenaria	Regular	15.6915	16.1571
275	Polygon	0	Construção Civil	Brigada Militar 4º Bat. 1ºComp.	Alvenaria	Bom	876.4643	125.8878
217	Polygon	0	Quadra de Esportes	Quadra Vôlei Praia	Areia	Regular	393.7903	81.4117
210	Polygon	0	Estacionamento	Calçamento Bloquete	Blocos de concreto	Bom	2228.9524	406.4687
260	Polygon	0	Estacionamento	Calçamento Bloquete	Blocos de concreto	Bom	606.0854	175.4572

Figura 29: Atributos da shape “Polígonos”

O mapa digital em formato PDF, juntamente com os arquivos vetoriais do levantamento, encontram-se no CD disponibilizado em anexo.

#### 4.4 MAPA CADASTRAL

A partir das informações advindas do levantamento topográfico e da pesquisa cadastral, foi confeccionado um mapa digital. A imagem do Google Earth, georreferenciada pelo mesmo, teve um resultado bastante satisfatório. Com relação às curvas de nível, geradas para uma equidistância de 0,5m, requer uma precisão altimétrica de 0,25m. O presente trabalho resultou em uma precisão altimétrica de 0,01m, ou seja, poderiam ser geradas curvas de nível com menor equidistância, ou ainda, a equidistância adotada, de 0,5m, é aceitável. O mapa cadastral gerado encontra-se no anexo G (impresso) e no CD em formato PDF.

#### 4.4.1 Qualidade Geométrica do Mapa Cadastral Gerado

Definiu-se a qualidade do mapa cadastral através da determinação da exatidão posicional planimétrica estimada, que leva em consideração a qualidade dos pontos GPS rastreados, o erro linear distribuído dos pontos da poligonal principal e a média estimada dos erros de irradiação, neste caso, 2 cm.

Exatidão Posicional Planimétrica Estimada:

$$\sqrt{(0,0028^2 + 0,0378^2 + 0,02^2)} \text{ m} =$$

$$\sqrt{(0,00183684)} \text{ m} =$$

$$0,042858371 \text{ m}$$

A qualidade do mapa cadastral gerado é de 4,28 cm, uma precisão aceitável para o propósito deste trabalho, que é um mapeamento cadastral.

#### 4.5 CUSTOS ENVOLVIDOS NO PROJETO

Para uma aproximação fiel à realidade, pesquisou-se junto às empresas prestadoras de serviços cartográficos, e o valor cobrado para a prestação dos serviços realizados neste trabalho resultou nos seguintes valores:

Tabela 18: Estimativa de Custos

SERVIÇO	CUSTO (R\$)
Realização do trabalho de campo	1800,00 /dia
Processamento da poligonal	2000,00
Trabalho de escritório	1000,00 /dia

Ainda, segundo especialistas do ramo, este projeto demandaria 06 (seis) dias de trabalho de campo mais 04 (quatro) dias de trabalho de escritório, resultando num custo total de aproximadamente,

**R\$ 16.800,00 (dezesesseis mil e oitocentos reais)**

Por outro lado, os gastos realmente envolvidos foram:

Tabela 19: Gastos Envolvidos

MOTIVO	CUSTO (R\$)
Combustível veicular	100,00
Alimentação	250,00
Moirões de concreto para materialização do marco	32,00
Tinta para pintura do marco	12,00
Pincel para pintura do marco	7,00
Confecção da placa de metal do marco geodésico	40,00
Impressão do mapa	80,00
Total	521,00

**R\$ 521,00 (quinhentos e vinte e um reais)**

#### 4.6 EQUIPE TÉCNICA

Consultando empresas do ramo, prestadoras do serviço realizado neste trabalho, a equipe necessária para o desenvolvimento e conclusão do projeto seriam:

- Um engenheiro cartógrafo;
- Dois topógrafos;
- Um ajudante de topografia.

Efetivamente, a equipe que realizou o trabalho foi composta de:

- Dois acadêmicos de engenharia cartográfica (autores do projeto);
- Uma acadêmica de engenharia civil, Sibeli Bassani Rösner, em dois dias de trabalho de campo, para auxílio no levantamento topográfico;
- Um acadêmico de engenharia cartográfica, Gustavo Bledow, em um dia de trabalho de campo e em um dia de trabalho de escritório, para auxílio no levantamento topográfico e processamento dos pontos GPS;
- Um acadêmico de engenharia cartográfica, Ismael Coelho, em um dia de trabalho de campo e dois dias de trabalho de escritório, para auxílio no processamento da poligonal e consultas técnicas diversas.

## 5 CONCLUSÃO

Um engenheiro, por sua formação, caracteriza-se por ser um profissional conhecedor de diversos ramos das ciências. Durante o curso de Engenharia Cartográfica, estudamos desde matemática, física, química e estatística, passando por geologia, geografia física e astronomia geodésica, até cadastro, cartografia digital, fotogrametria, sensoriamento remoto, ajustamento de observações e geodésia.

Por outro lado, nosso currículo acadêmico contempla poucas horas de atividades práticas, fundamentais para um conhecimento detalhado de equipamentos do ramo, técnicas utilizadas, e principalmente, para o aluno vivenciar as dificuldades encontradas por um profissional na realização completa de um projeto.

Neste sentido, a realização do presente trabalho atingiu o objetivo inicial proposto de realizar um mapeamento cadastral e densificar a rede geodésica da UFRGS, através do desenvolvimento de um projeto multidisciplinar e bastante prático. Neste projeto, um mapeamento cadastral, com geração de banco de dados geográfico e ainda uma densificação de rede geodésica, integrou-se praticamente todas as matérias componentes do currículo do curso: topografia, ajustamento, geodésia, cadastro, cartografia digital e SIG, além de se ter praticado à exaustão as mais variadas atividades cartográficas.

Preocupou-se em ser realizado um levantamento detalhado, cuidadoso e metucioso, para que o resultado final fosse um produto cartográfico preciso e de qualidade, o que, de fato, ocorreu.

A exatidão posicional planimétrica do mapa cadastral obtida alcançou um valor plenamente aceitável de 4,8 cm, visto que, no Brasil atualmente, não há um padrão de qualidade oficial, porém, a comunidade cartográfica idealiza o valor de 10 cm como sendo a tolerância idealizada do cadastro urbano nacional.

Colaborou, entre outros fatores, para o sucesso do levantamento GPS envolvido nesta prática, e em consequência para um bom produto final, o fato de não ter havido qualquer tipo de problema nas estações RBMC utilizadas (POAL e SMAR) durante o período do levantamento.

Outro fator importante que participou para o bom resultado final foi a disponibilidade de equipamentos adequados necessários para uma medição de qualidade.

Agora, se por um lado não houve maiores dificuldades em encontrar equipamentos disponíveis para a realização dos levantamentos, ainda não pode se dizer o mesmo em relação à bibliografia nacional referente aos assuntos envolvidos, principalmente na área de cartografia digital, SIG, cadastro e tecnologia GPS.

Como sugestão a futuros trabalhos, indica-se aperfeiçoar e incrementar o banco de dados com outras informações não englobadas neste projeto, utilizando ainda outros recursos, como por exemplo, a criação de um banco de dados interativo, associando as informações geográficas e cadastrais à imagem da feição.

Outros exemplos de bancos de dados podem ser gerados, para cooperar na administração da ESEF, como por exemplo, um banco de dados interno das edificações, descrevendo as atividades desenvolvidas naquele local, as condições da rede de água, esgoto e rede elétrica e o padrão construtivo do prédio, auxiliando na manutenção da Escola.

Indica-se ainda, como complemento ao presente projeto, a continuação da densificação da rede geodésica da UFRGS, implantando vértices nos campus Centro, Saúde e Administração.

Por fim, espera-se que os produtos cartográficos gerados neste trabalho possam efetivamente servir de apoio à tomada de decisão, servindo como ferramenta no planejamento e gestão do Campus ESEF-UFRGS.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. NBR 13133. **Execução de Levantamentos Topográficos**. 1994.

BRANDÃO, Artur. **O Princípio da Vizinhança Geodésica no Levantamento Cadastral de Parcelas Territoriais**. 2003. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.

BRASIL. Ministério do Planejamento e Orçamento. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Geociências. **Noções Básicas de Cartografia**. Apostila. Rio de Janeiro, 1998.

CELESTINO, Vivian da Silva; OLIVEIRA, Rafael Fiorott; SILVA, Raquel Radde da. **Geração de Base Cartográfica e Implantação de Rede Geodésica Local para Gerenciamento de Campus Universitário**. 2005. Monografia apresentada como pré-requisito para conclusão do Curso de Engenharia Cartográfica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005.

DALE, Peter; Mc LAUGHLIN, John. *Land Information Management - An Introduction with Special Reference to Cadastral Problems in Third World Countries*. New York. Oxford University. 1990.

DELOU, Alberto. et al. **Sistema de Aquisição Automática de Dados**. In: XVI Congresso Brasileiro de Cartografia, 1993, Rio de Janeiro. Anais.

EL-RABBANY, Ahmed. *GPS: The Global Positioning System*. Artech House Publishers, 2002.

ESPARTEL, Lélis; LUDERITZ, João. **Caderneta de Campo**. 10.ed. Rio de Janeiro: Globo, 1977.

FIG. *Statement on the Cadastre. International Federation of Surveyors*, FIG Bureau, Canberra, Australia. 1995. Disponível em: [http://www.fig.net/commission7/reports/cadastre/statement\\_on\\_cadastre.html](http://www.fig.net/commission7/reports/cadastre/statement_on_cadastre.html)

FURASTÉ, Pedro Augusto. **Normas Técnicas para o Trabalho Científico**. Porto Alegre: 2009.

GEMAEL, Camil. **Introdução ao Ajustamento de Observações: Aplicações Geodésicas**. Curitiba: Ed. da UFPR, 1994.

GEMAEL, Camil. **Introdução à Geodésia Física**. Curitiba: Ed. da UFPR, 1999.

GEMAEL, Camil; ANDRADE, José Bitencourt de. **Geodésia Celeste**. Curitiba: Ed. da UFPR, 2004.

HASENACK, Heinrich; WEBER, Eliseu. **Manual do Usuário do IDRISI: Exercícios Tutoriais**. Porto Alegre: UFRGS, 1998.

INCRA. Portaria n. 69 de 22 de fevereiro de 2010. Aprova a Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais. **Diário Oficial da União**, Brasília, n.42, p.81, 4 mar. 2010.

KOUBA, Jan; HÉROUX, Pierre. **GPS Precise Point Positioning Using IGS Orbit Products**. GPS Solutions, 2000.

LEICK, Alfred. **GPS Satellite Surveying**. New York: John Wiley & Sons, 1995.

LIAO, Xiangqian. **Carrier Phase Based Ionosphere Recovery Over a Regional Área GPS Network**. 2000. Thesis M.Sc, Department of Geomatics Engineering. University of Calgary. Calgary, 2000.

LIMA, Elen Marten de; SEVERO, Tiago Cavagnoli; THOMAZ, Thiago Alexandre Marques. **Mapeamento Aerofotogramétrico Digital Utilizando Fotografias de Médio Formato**. 2010. Monografia apresentada como pré-requisito para conclusão do Curso de Engenharia Cartográfica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010.

MONICO, João Francisco Galera. **Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS: Descrição, Fundamentos e Aplicações**. São Paulo: UNESP, 2000.

MONICO, João Francisco Galera. **Posicionamento pelo GNSS: Descrição, Fundamentos e Aplicações**. São Paulo: UNESP, 2008.

MONICO, João Francisco Galera. **High Precision Inter-Continental GPS Network**. 1995. Thesis PhD, University of Nottingham. Nottingham, 1995.

MONMONIER, Mark. **Computer Assisted Cartography: Principles and Prospects**. New Jersey: Prentice Hall Inc, 1982.

OLIVEIRA, Cêurio de. **Dicionário Cartográfico**. Rio de Janeiro: IBGE, 1993.

ROCHA, Ronaldo dos Santos da. **Exatidão Cartográfica para Cartas Digitais Urbanas**. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002.

ROSA, Roberto. **Sistema de Informação Geográfica**. Apostila. Uberlândia, 2004.

SEEBER, Günter. **Satellite Geodesy: Foundations, methods and applications**. New York: Walter de Gruyter, 1993.

SOARES FILHO, Britaldo Silveira. **Cartografia Assistida por Computador – Conceitos e Métodos**. Apostila. UFMG, 2000.

TAYLOR, Fraser. *Geographical Information Systems: The Microcomputer and Modern Cartography (Computer Methods in the Geosciences)*. Oxford: Pergamon Press, 1991.

TIMBÓ, Marcos Antônio. **Levantamentos através do Sistema GPS**. Belo Horizonte: UFMG, 2000.

TEUNISSEN, Peter; KLEUSBERG, Alfred. *GPS for Geodesy*. Berlin: Springer-Verlag, 1998.

VAN DER MOLEN, Paul. *Trends in Land Registry and Cadastre*. Brighton: FIG, 1998.

VEIGA, Luis Augusto Koenig; ZANETTI, Maria Aparecida; FAGGION, Pedro Luis. **Fundamentos de Topografia**. 2007.

WEBER, Eliseu. **Introdução à Sistemas de Informação Geográfica**. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 20, 2001, Porto Alegre. Anais.

WELLS, David. Et al. *Guide to GPS Positioning*. New Brunswick: Canadian GPS Associates, 1986.

WILLIANSON, Ian. *A Modern Cadastre for New South Wales*. Kensington: University of New South Wales, 1983.

**ANEXOS**

**ANEXO A**

**Relatório do Processamento do Ponto GPS1 e GPS2**

## Project Summary

Project name: alvaro5.ttp

Surveyor:

Comment:

Linear unit: Meters

Projection: UTMSouth-Zone\_22 : 54W to 48W

Geoid:

## Adjustment Summary

Adjustment type: Plane + Height, Constraint

Confidence level: 95 %

Number of adjusted points: 4

Number of plane control points: 2

Number of used GPS vectors: 6

Number of rejected GPS vectors by plane: 1

A posteriori UWE: 0,6926871 , Bounds: ( 0,5477226 , 1,453731 )

Number of height control points: 2

## Used GPS Observations

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horizontal Precision (m)	Vertical Precision (m)
GPS1-GPS2	117,066	133,087	0,443	0,001	0,001
GPS1-POAL	-2505,300	5984,551	49,190	0,002	0,004
GPS1-SMAR	33760,164	-245267,780	85,528	0,036	0,066
GPS2-POAL	-2622,365	5851,465	48,744	0,002	0,004
GPS2-SMAR	33643,108	-245400,881	85,080	0,035	0,066
POAL-SMAR	36265,470	-251252,325	36,390	0,037	0,066

## GPS Observation Residuals

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horizontal Precision (m)	Vertical Precision (m)
GPS1-GPS2	117,066	133,087	0,443	0,001	0,001
GPS1-POAL	-2505,300	5984,551	49,190	0,002	0,004
GPS1-SMAR	33760,164	-245267,780	85,528	0,036	0,066
GPS2-POAL	-2622,365	5851,465	48,744	0,002	0,004
GPS2-SMAR	33643,108	-245400,881	85,080	0,035	0,066
POAL-SMAR	36265,470	-251252,325	36,390	0,037	0,066

## Control Points

Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	Code
POAL	6673004,056	488457,545	76,750	
SMAR	6709269,527	237205,247	113,110	

## Adjusted Points

Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	Code
GPS1	6675509,356	482472,994	27,562	
GPS2	6675626,422	482606,081	28,005	

**ANEXO B**

**Relatório do Processamento do Ponto GPS3**

## Project Summary

Project name: alvaro4.ttp

Surveyor:

Comment:

Linear unit: Meters

Projection: UTMSouth-Zone\_22 : 54W to 48W

Geoid:

## Adjustment Summary

Adjustment type: Plane + Height, Constraint

Confidence level: 95 %

Number of adjusted points: 3

Number of plane control points: 2

Number of used GPS vectors: 3

A posteriori UWE: 0,6802817 , Bounds: ( 0,4546061 , 1,551881 )

Number of height control points: 2

## Used GPS Observations

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horizontal Precision (m)	Vertical Precision (m)
GPS3-POAL	-2658,670	6061,799	51,190	0,003	0,005
GPS3-SMAR	33606,772	245190,518	87,491	0,034	0,067
POAL-SMAR	36265,458	251252,310	36,348	0,037	0,066

## GPS Observation Residuals

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horizontal Precision (m)	Vertical Precision (m)
GPS3-POAL	-2658,670	6061,799	51,190	0,003	0,005
GPS3-SMAR	33606,772	245190,518	87,491	0,034	0,067
POAL-SMAR	36265,458	251252,310	36,348	0,037	0,066

## Control Points

Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	Code
POAL	6673004,056	488457,545	76,750	
SMAR	6709269,527	237205,247	113,110	

## Adjusted Points

Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	Code
GPS3	6675662,726	482395,746	25,561	

**ANEXO C**

**Relatório do Processamento do Ponto GPS4**

## Project Summary

Project name: Alvaro6\_2.ttp

Surveyor:

Comment:

Linear unit: Meters

Projection: UTMSouth-Zone\_22 : 54W to 48W

Geoid:

## Adjustment Summary

Adjustment type: Plane + Height, Constraint

Confidence level: 95 %

Number of adjusted points: 3

Number of plane control points: 2

Number of used GPS vectors: 3

Number of rejected GPS vectors by plane: 1

A posteriori UWE: 0,8095581 , Bounds: ( 0,2683282 , 1,766352 )

Number of height control points: 2

## Used GPS Observations

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horizontal Precision (m)	Vertical Precision (m)
GPS4-POAL	-2785,147	6010,255	51,475	0,003	0,005
GPS4-SMAR	33480,324	245242,298	87,991	0,033	0,069
POAL-SMAR	36265,472	251252,327	36,399	0,032	0,069

## GPS Observation Residuals

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horizontal Precision (m)	Vertical Precision (m)
GPS4-POAL	-2785,147	6010,255	51,475	0,003	0,005
GPS4-SMAR	33480,324	245242,298	87,991	0,033	0,069
POAL-SMAR	36265,472	251252,327	36,399	0,032	0,069

## Control Points

Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	Code
POAL	6673004,056	488457,545	76,750	
SMAR	6709269,527	237205,247	113,110	

## Adjusted Points

Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	Code
GPS4	6675789,203	482447,290	25,275	

**ANEXO D**

**Relatório do Processamento do Ponto P25**

## Project Summary

Project name: alvaro2.ttp

Surveyor:

Comment:

Linear unit: Meters

Projection: UTMSouth-Zone\_22 : 54W to 48W

Geoid:

## Adjustment Summary

Adjustment type: Plane + Height, Constraint

Confidence level: 95 %

Number of adjusted points: 3

Number of plane control points: 2

Number of used GPS vectors: 3

A posteriori UWE: 0,2742118 , Bounds: ( 0,4546061 , 1,551881 )

Number of height control points: 2

## Used GPS Observations

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horizontal Precision (m)	Vertical Precision (m)
AR1-POAL	-2532,648	6102,261	51,762	0,003	0,006
AR1-SMAR	33732,816	245150,035	88,107	0,031	0,068
POAL-SMAR	36265,459	251252,309	36,343	0,037	0,066

## GPS Observation Residuals

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horizontal Precision (m)	Vertical Precision (m)
AR1-POAL	-2532,648	6102,261	51,762	0,003	0,006
AR1-SMAR	33732,816	245150,035	88,107	0,031	0,068
POAL-SMAR	36265,459	251252,309	36,343	0,037	0,066

## Control Points

Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	Code
POAL	6673004,056	488457,545	76,750	
SMAR	6709269,527	237205,247	113,110	

## Adjusted Points

Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	Code
AR1	6675536,704	482355,284	24,988	

**ANEXO E**

**Relatório do Processamento do Ponto P26**

## Project Summary

Project name: alvaro3\_2.ttp

Surveyor:

Comment:

Linear unit: Meters

Projection: UTMSouth-Zone\_22 : 54W to 48W

Geoid:

## Adjustment Summary

Adjustment type: Plane + Height, Constraint

Confidence level: 95 %

Number of adjusted points: 3

Number of plane control points: 2

Number of used GPS vectors: 3

Number of rejected GPS vectors by plane: 1

A posteriori UWE: 0,7637802 , Bounds: ( 0,2683282 , 1,766352 )

Number of height control points: 2

## Used GPS Observations

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horizontal Precision (m)	Vertical Precision (m)
AR2-POAL	-2512,927	5996,120	49,001	0,003	0,006
AR2-SMAR	33752,539	245256,195	85,174	0,032	0,067
POAL-SMAR	36265,472	251252,322	36,296	0,035	0,067

## GPS Observation Residuals

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horizontal Precision (m)	Vertical Precision (m)
AR2-POAL	-2512,927	5996,120	49,001	0,003	0,006
AR2-SMAR	33752,539	245256,195	85,174	0,032	0,067
POAL-SMAR	36265,472	251252,322	36,296	0,035	0,067

## Control Points

Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	Code
POAL	6673004,056	488457,545	76,750	
SMAR	6709269,527	237205,247	113,110	

## Adjusted Points

Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	Code
AR2	6675516,983	482461,425	27,749	

**ANEXO F**

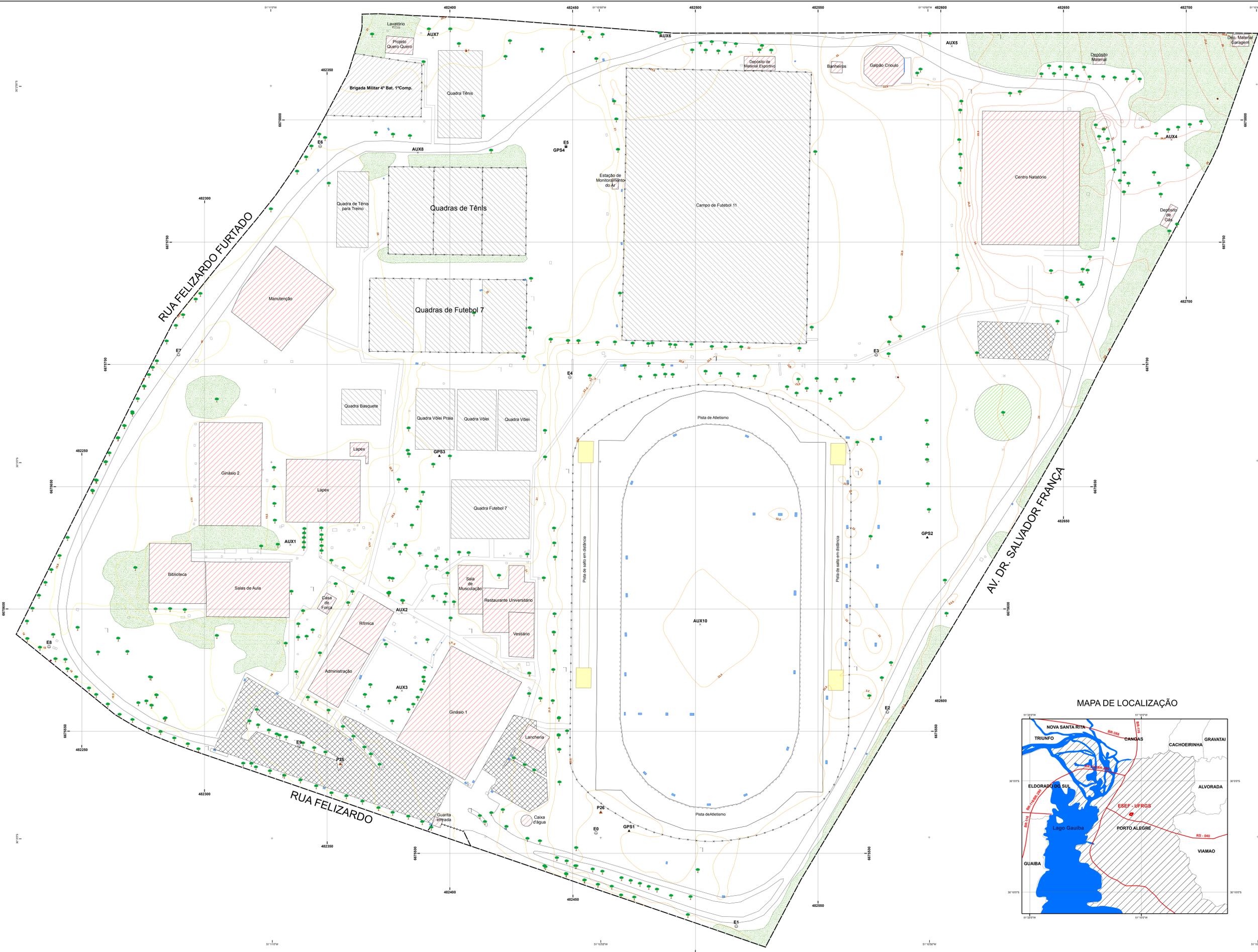
**Boletim de Informações Cadastrais Utilizado**



**ANEXO G**

**Mapa Cadastral ESEF - UFRGS**

# MAPA CADASTRAL - ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO FÍSICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

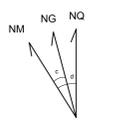


- ### Convenções
- ▲ Marco concreto
  - × Ponto auxiliar
  - Ponto estação
  - ▲ Ponto GPS L1/L2 EPOCH
  - Árvore
  - Luminária
  - Poste de concreto
  - Poste de madeira
  - Poste de aço
  - Caixa de areia
  - Bueiro
  - Caixa de inspeção cloacal
  - Caixa de inspeção pluvial
  - ▨ Construção civil
  - Acesso interno
  - - - - - Bueiro pista de atletismo
  - Cerca interna
  - Escada
  - Meio fio
  - Muro externo ESEF - UFRGS
  - Pista de atletismo
  - Pista de salto distância
  - Portão de entrada
  - Curvas de nível
  - ▨ Estacionamento
  - ▨ Jardim circular
  - ▨ Mancha verde
  - ▨ Quadra de esportes
  - ▨ Área cedida a Brigada Militar

Perímetro da ESEF - UFRGS: 1.416,5435 metros  
 Área total ESEF - UFRGS: 121.084,295 m<sup>2</sup> = 12,10842 hectares  
 Área total de construções civis: 9757,939 m<sup>2</sup>  
 Área total de manchas verdes: 6942,888 m<sup>2</sup>  
 Área total de quadras esportivas: 15193,488 m<sup>2</sup>  
 Área total de estacionamentos: 3282,614 m<sup>2</sup>

Este trabalho foi desenvolvido pelos discentes Álvaro Belotto Perini e Ricardo Eichenberg Furasté com o propósito de trabalho de conclusão de curso da Engenharia Cartográfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

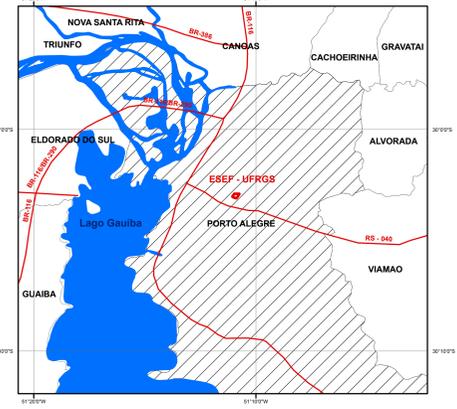
O mapa foi elaborado através de levantamento topográfico / cadastral amarrado a rede geodésica da UFRGS.



Declinação Magnética(d): 15° 51' Oeste  
 Variação anual (minutos/ano) : 8,8 "/ano Oeste  
 Convergência Meridiana (c): 0° 5' 37,84061"

Coordenadas dos marcos geodésicos implantados				
Número	N	E	H	Alt
P25	6,675,536.70	482,355.28	20,038	
P26	6,675,516.98	482,461.43	22,799	

## MAPA DE LOCALIZAÇÃO



EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NÍVEL : 0,5 METROS  
 ESCALA 1:500  
 ESCALA GRÁFICA HORIZONTAL  
 PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR  
 Origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano Central 51°, acrescidas as constantes 10.000km e 500km, respectivamente.  
 Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas SIRGAS.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul Instituto de Geociências Departamento de Geodésia Curso de Engenharia Cartográfica	ESCALA 1:500	DATA 07/02/2011