

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**  
**SETOR DE ENGENHARIA DE AGRIMENSURA**



**CURSO DE POSICIONAMENTO POR SATÉLITES UTILIZANDO RECEPTOR**  
**GPS DE DUPLA FREQUÊNCIA – L1/L2**

**MINISTRANTES:**

DALTO DOMINGOS RODRIGUES *PROF. D.Sc. UFV*

[dalto@ufv.br](mailto:dalto@ufv.br)

GIULIANO SANT'ANNA MAROTTA *M.Sc. UFV*

[giumarotta@yahoo.com.br](mailto:giumarotta@yahoo.com.br)

RÔMULO PARMA GONÇALVES *PROF. M.Sc. UFV*

[romuloparma@yahoo.com.br](mailto:romuloparma@yahoo.com.br)

RAFAEL JOSÉ DE O. ANDRADE *M.Sc. UFV*

[rafaeljoaufv@yahoo.com.br](mailto:rafaeljoaufv@yahoo.com.br)

LEONARDO CAMPOS DE ASSIS *M.Sc. UFV*

[assis\\_leonardo@yahoo.com.br](mailto:assis_leonardo@yahoo.com.br)



## SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	ii
LISTA DE FIGURAS .....	iii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. CONSTRUÇÃO DO MARCO.....	2
2.1. Tipos de Marcos .....	2
2.2. Escolha do local para construção .....	4
2.3. Levantamento das obstruções no marco.....	5
3. PLANEJAMENTO DE RASTREIO.....	8
3.1 Planejamento de observações GPS utilizando o TGOoffice .....	8
4. RASTREIO.....	11
5. ROTEIRO PRÁTICO PARA PROCESSAMENTO DE OBSERVAÇÕES GPS, MÉTODO ESTÁTICO, UTILIZANDO O SOFTWARE TRIMBLE GEOMATICS OFFICE (TGO) .....	12
3.1. Criar um Novo Projeto .....	12
3.2. Configurar Sistema de Coordenadas .....	12
3.3. Para Importar Arquivos RINEX.....	16
3.4. Inserir as coordenadas oficiais das estações RBMC e configurá-las como qualidade de controle.....	18
3.5. Processar os dados (Gerar os vetores ou linhas base): .....	19
6. ROTEIRO PRÁTICO PARA AJUSTAMENTO DE VETORES GPS UTILIZANDO O SOFTWARE TRIMBLE GEOMATICS OFFICE (TGO) .....	24
6.1 Ajustamento com Injunções Mínimas .....	24
6.2 Ajustamento Injuncionado.....	26
7. CONVERSÃO ENTRE SISTEMAS DE REFERÊNCIA UTILIZANDO O SOFTWARE TCGeo .....	28
8. OBTENÇÃO DA ALTITUDE ORTOMÉTRICA COM O SOFTWARE MAPGEO2004 .....	33
9. ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO TÉCNICO E DESCRITIVO DO MARCO .....	36
ANEXO I.....	31
APÊNDICE A .....	34
10. REFERÊNCIAS .....	36



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo de marco de concreto.....	3
Figura 2 - Modelo de marco de aço (vértice).....	3
Figura 3 – Esquema de estabelecimento de marco.....	3
Figura 4 - Marco padrão IBGE com identificação em baixo relevo. ....	3
Figura 5 – Pilar com chapa de identificação fixada no sue corpo.....	4
Figura 6 - Ilustração de um Gráfico de Obstruções.....	5
Figura 7 - Esquema das observações de campo ao construir o Gráfico de Obstruções. ....	6
Figura 8 - Esquema demonstrativo de Norte Magnético e Norte Verdadeiro.....	6
Figura 9 – página do observatório nacional (a); página do software da UFSC (b).....	7
Figura 10 - Edição da Estação de Trabalho.....	8
Figura 11 - Exemplo de arquivo para construção de Gráfico de Obstrução.....	9
Figura 12 - Edição do Gráfico de Obstrução no <i>TGOffice</i> .....	10
Figura 13 - Janela <i>New Project</i> . ....	12
Figura 14 – Janela <i>Project Properties</i> . ....	13
Figura 15 – Janela <i>Select Coordinate System</i> .....	13
Figura 16 - Janela <i>Select Coordinate System Type</i> .....	14
Figura 17 - O Brasil dividido em Fusos de 6° .....	14
Figura 18 – Janela <i>Select Coordinate System Zone</i> . ....	15
Figura 19 – Janela <i>Select Datum Tranformation</i> .....	15
Figura 20 – Janela <i>Select Geoid Model</i> . ....	16
Figura 21 – Janela <i>Import</i> . ....	17
Figura 22 – Janela <i>Dat Checkin</i> .....	18
Figura 23 – Janela <i>Point Labels</i> .....	18
Figura 24 – Janela <i>Properties</i> .....	19
Figura 25 – Janela <i>GPS Processing Styles</i> . ....	19
Figura 26 – Janela “Nome do Estilo de Processamento”.....	20
Figura 27 – Janela “Nome do Estilo de Processamento”, guia <i>Static</i> . ....	20
Figura 28 – Janela “Nome do Estilo de Processamento”, guia <i>Global</i> . ....	21
Figura 29 – Janela <i>GPS Processing</i> .....	22
Figura 30 – Exemplo de resido de observações para o satélite SV2. ....	22
Figura 31 – Exemplo de uma <i>Time Line</i> editada referente da estação RIOD no dia 29 de abril de 2005. ....	23
Figura 32 – Janela <i>Network Adjustment Styles</i> . ....	24
Figura 33 – Janela <i>Points</i> . ....	25
Figura 34 – Janela <i>Observations</i> . ....	25
Figura 35 – Janela <i>Weighting Strategies</i> . ....	27
Figura 36 - Tela do programa TCGeo com as coordenadas geodésicas e altitude geométrica da estação Vico.....	29
Figura 37 - Tela do programa TCGeo, com os demais campos preenchidos (latitude e longitude no formato decimal, Meridiano Central – MC, coordenadas UTM, E e N, e, coordenadas cartesianas X, Y e Z em metros), após clique no Botão Processar.....	30
Figura 38 - Tela do programa TCGeo com a opção de Processar por Arquivo.....	31
Figura 39 – Formato de um Arquivo de Entrada. Em cada linha têm-se informados os itens: Identificação (da estação), Latitude, Longitude e Altitude geométrica, todos separados por espaço.....	31



Figura 40 – Formato de um Arquivo de Saída. Em cada linha têm-se informados os itens:  
Identificação (da estação), Latitude, Longitude, Norte, Este, Meridiano Central e  
Altitude geométrica. .... 32

Figura 41 - Tela do MAPGEO2004 com exemplo de dados da estação VICO. .... 33

Figura 42 – Esquema representativo da ondulação geoidal para obtenção da latitude  
ortométrica..... 34

Figura 43 - Modelo Geoidal SAD69. .... 35

Figura 44 - Modelo Geoidal SIRGAS2000. .... 35



## **1. INTRODUÇÃO**

O objetivo do curso é fornecer uma abordagem prática do Posicionamento por Satélites do Sistema GPS com receptor de dupla frequência L1/L2 na tentativa de atualizar e/ou instruir profissionais de Engenharia de Agrimensura, Engenharia Cartográfica e áreas afins que necessitam desta tarefa em suas atividades.

Uma abordagem focada na prática de campo, no uso de softwares e na contextualização da atividade de posicionamento quanto à legislação vigente (IBGE e INCRA – Lei 10.267).



## 2. CONSTRUÇÃO DO MARCO

### 2.1. Tipos de Marcos

De acordo com a norma do INCRA, os vértices que necessitarem de materialização deverão atender as seguintes prescrições:

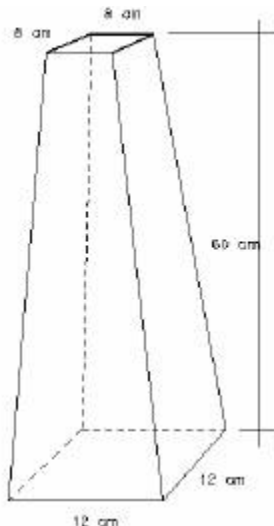
a) Marco de concreto (Figura 1): traço 1:3:4, alma de ferro diâmetro 4,2 mm, forma tronco piramidal e dimensões 8 x 12 x 60 cm, conforme modelo do Anexo VII; o topo do marco deverá conter uma chapa de metal: aço inoxidável, latão, cobre ou bronze contendo identificação do vértice, conforme modelo do Anexo II. Inciso Único - deverão aflorar cerca de 10 cm do solo natural. Na Figura 3 tem um esquema de implantação desse marco;

b) Marco de granito: forma tronco piramidal e dimensões 8 x 12 x 60 cm, conforme modelo do Anexo IX; o topo do marco deverá conter uma chapa de metal, cobre ou bronze contendo identificação do vértice, conforme modelo do Anexo II. Inciso Único - deverão aflorar cerca de 10 cm do solo natural;

c) Marco de aço (Figura 2): tubo de ferro galvanizado com diâmetro 49,5 mm, 900 mm de comprimento, base pontiaguda com dispositivos que dificultem a sua retirada (espinha de peixe) conforme modelo do Anexo VIII; topo revestido por chapa de ferro contendo identificação do vértice, conforme modelo do Anexo II. Inciso Único - deverão aflorar cerca de 10 cm do solo natural;

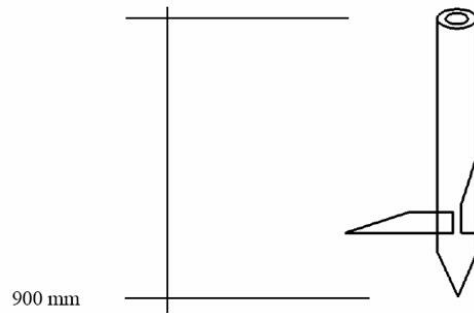
d) Marco de material sintético: alma de ferro diâmetro 4,2 mm, forma tronco piramidal e dimensões 8 x 12 x 60 cm; o topo do marco deverá conter uma chapa de metal: aço inoxidável; latão, cobre ou bronze contendo identificação do vértice, conforme modelo do Anexo II. Inciso Único - deverão aflorar cerca de 10 cm do solo natural;

A Figura 4 apresenta foto de um marco padrão IBGE com identificação em baixo relevo e a Figura 5 apresenta foto de um marco pilar com chapa de identificação fixada no seu corpo.

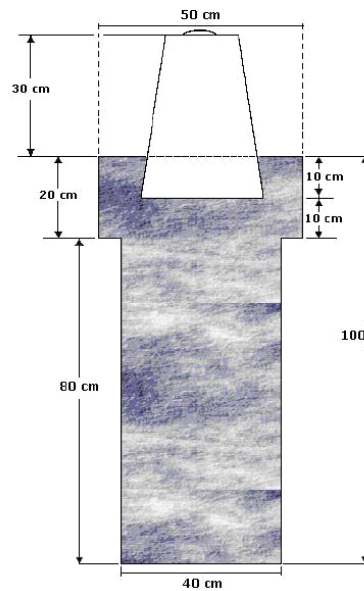




**Figura 1 - Modelo de marco de concreto.**



**Figura 2 - Modelo de marco de aço (vértice).**



**Figura 3 – Esquema de estabelecimento de marco.**

De acordo com o IBGE (consultar o arquivo *Padronizacao\_marcos\_geodesicos.pdf*):



**Figura 4 - Marco padrão IBGE com identificação em baixo relevo.**



**Figura 5 – Pilar com chapa de identificação fixada no sue corpo.**

## **2.2. Escolha do local para construção**

Definir um local apropriado para se ocupar com o receptor GPS, é de vital importância para uma otimização tanto do trabalho de campo quanto para os cálculos de escritório. Pontos com maior obstrução exigem maior tempo de rastreamento, limitam o posicionamento em termos de método e requerem maior tempo de planejamento de missões, processamento dos dados e ajustamento das observações.

De acordo com o IBGE :

A seleção do local para materialização da estação, seja através de marco, pilar ou chapa cravada, deve atender, sempre que possível, os seguintes critérios:•

- o horizonte deve estar desobstruído acima de 15°; em relação ao ponto de referência que materializa a estação;
- evitar locais próximos a estações de transmissão de microondas, radares, antenas de rádio, repetidoras e linhas de transmissão de alta voltagem, por representarem fontes de interferência para os sinais GPS;
- a área situada a 100 m da estação deve estar livre de estruturas artificiais, particularmente paredes metálicas, de alvenaria ou superfícies naturais, como paredões rochosos;
- o local de implantação deve ser estável, sem qualquer influência de vibrações ou trepidações;
- evitar localidades próximas a espelhos d'água, como rios, lagos, etc.; e
- evitar localidades próximas a árvores e vegetação densa.

Os marcos de concreto construídos à margem das estradas devem ficar, sempre que possível, fora da faixa de domínio estabelecida pelo órgão responsável pela rodovia, alternados de um lado e do outro. Tal providência visa minimizar a possibilidade de destruição, em caso de posteriores alargamentos ou edificações no traçado das estradas. Para tentar evitar este problema, recomenda-se, sempre que possível, escolher locais

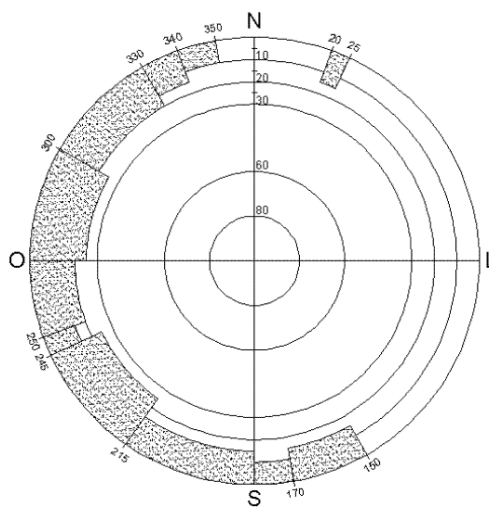


afastados da estrada, tais como sede de fazendas, mantendo-se, porém, a alternância de lados.

O local de estabelecimento deverá ser público, como escolas, campus de universidades, etc; ter horizonte livre, solo firme, fácil acesso, segurança e, preferencialmente, próximo de fonte de energia elétrica.

### 2.3. Levantamento das obstruções no marco

Uma informação importante para se fazer esse planejamento é o Gráfico de Obstruções, ilustrado na Figura 6.



**Figura 6 - Ilustração de um Gráfico de Obstruções.**

Quando se resolve construir o gráfico, é indispensável que seja feita uma visita *in loco* para verificar se há mesmo a necessidade de fazê-lo, pois caso as obstruções estejam abaixo de um ângulo de elevação de 15°, o procedimento se torna desnecessário.

Para levantar os dados de campo na construção do mapa de obstruções, é necessário observar apenas azimutes e ângulos de inclinação. O levantamento poderá ser realizado de forma expedita, com uma bússola de mão e um clinômetro, ou de forma mais precisa, com um teodolito devidamente instalado no ponto a ocupar. A Figura 7 apresenta esquema para se construir um gráfico de obstruções.

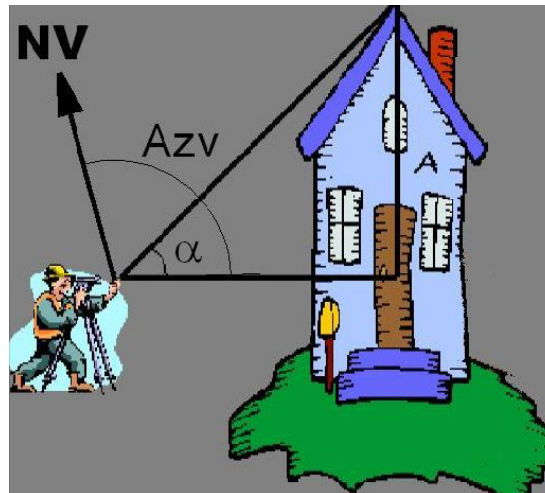


Figura 7 - Esquema das observações de campo ao construir o Gráfico de Obstruções.

Deve-se lembrar que no caso do uso de bússola (de mão ou agregada ao teodolito), será obtido o azimuth magnético e deve-se então transformá-lo para azimuth verdadeiro (Figura 8), de acordo com a declinação magnética atual da região onde está localizado o ponto a ocupar.

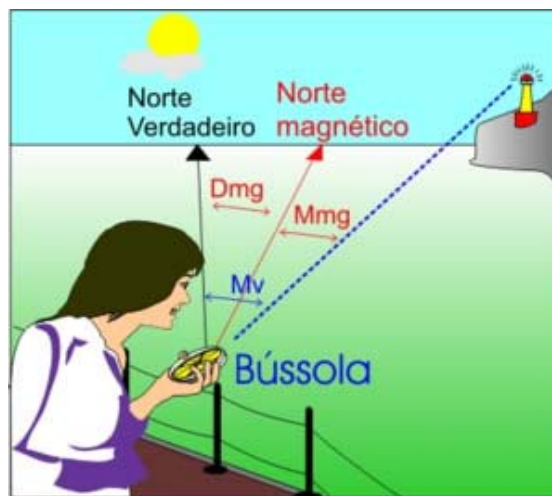


Figura 8 - Esquema demonstrativo de Norte Magnético e Norte Verdadeiro.

Esta declinação pode ser calculada diretamente através de uma página do Observatório Nacional (<http://staff.on.br/~jlk/magdec/>) ou pode-se também fazer o download de um software e seu algoritmo no link (<http://www.labee.ufsc.br/software/declinacao.html>) (Figura 9). Também se encontra no site do IBGE o mapa magnético disponível, ou então com um simples receptor GPS de Navegação com bússola, essa declinação pode ser obtida.



## Declinação Magnética - ON

(IGRF)

Responsáveis

[Dr. Cosme Ponte Neto](#)  
[Dr. João Luiz Kohl Moreira](#)

Ano

Localidade

Latitude  Longitude  Elevação

(a) <http://staff.on.br/~jlk/magdec/>

**Declinação Magnética**  
Ângulo: -22°12'17" Variação: -4'19"/ano

LabEEE **Universidade Federal de Santa Catarina**  
Departamento de Engenharia Civil  
Laboratório de Eficiência Energética em Edificações

(b) <http://www.labeee.ufsc.br/software/declinacao.html>

Figura 9 – página do observatório nacional (a); página do software da UFSC (b).



### 3. PLANEJAMENTO DE RASTREIO

Para se obter sucesso nas observações com receptores GPS de uma e duas frequências, sugere-se que antes de ir a campo ocupar o ponto propriamente dito, se faça um planejamento das observações de campo.

A disposição dos satélites em suas órbitas e a disponibilidade de interação deste com o receptor é importante, onde uma pré-análise destes elementos pode evitar ou prever perdas de ciclo, ou seja, a interrupção momentânea na aquisição dos sinais e que conduz à re-determinação de ambigüidades durante o cálculo de uma solução, ou mesmo até a inviabiliza, conforme a intensidade das perdas.

#### 3.1 Planejamento de observações GPS utilizando o TGOoffice

Abrir o software *Trimble Geomatics Office* v1.6.

Menu *Utilidades* >> *Planning* para iniciar o Planejamento.

Em *Planning*,

menu *Ficheiro* >> *Estação...*

Inserir informações sobre o local para planejamento (exemplo Viçosa, Brasil) como apresentado na Figura 10, abaixo:

**Editor Estação**

Estação Nome: Viçosa,Brasil

Posição:

Latitude: S 20 45

Longitude: W 42 52

Altitude: 670 [m]

Elevação mínima: 15

Tempo:

Data de Início: 11/4/2007

Tempo Início: 08:00

Duração: 48 [h]

Intervalo: 30 [min]

Zona Horária: (GMT-03:00) Brasília

DST Diferença TMG: -2.0 [h]

OK

Cancelar

Aplicar

Apagar

Obstáculos...

Mapa...

Cidade...

Hoje

Tempo Zona...

Figura 10 - Edição da Estação de Trabalho.



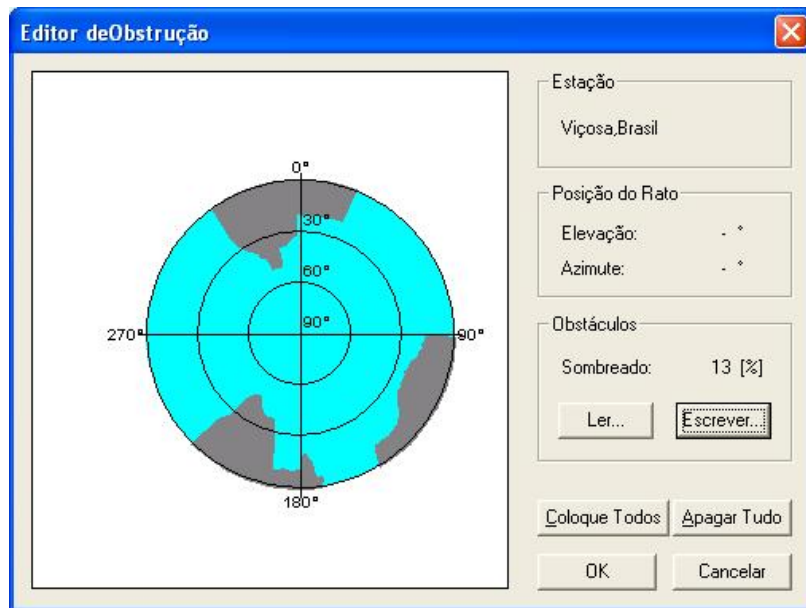
Em *Obstáculos* >> *Ler...* o arquivo “**Obstruções\_exemplo.txt**” onde estão inseridas todas as informações de obstrução sobre o ponto a ocupar, apresentado no exemplo das Figura 11. A Figura 12 apresenta a ilustração do gráfico de obstruções obtido com os elementos do arquivo texto de exemplo.

```
; Planning Obstacle File
; Generated by Trimble Total Control Planning Module

; File Layout:
; azimuth zenith
; azimuth azimuth zenith
; azimuth zenith azimuth zenith
; Special Options:
; i = invert zenith angles
; p = interpolate values between the azimuths
; all x = set all azimuths to x

0 20.00
1 20.00
2 20.00
3 20.00
4 20.00
.
.
.
169 0.00
170 0.00
171 5.88
172 6.15
173 6.28
174 8.34
.
.
.
354 34.47
355 33.63
356 32.79
357 32.85
358 20.37
359 19.93
```

**Figura 11 - Exemplo de arquivo para construção de Gráfico de Obstrução.**



**Figura 12 - Edição do Gráfico de Obstrução no TGOoffice.**

Caso não possua as informações sobre a estação a se ocupar, pode-se inseri-las com o próprio *mouse* e salvar as informações em *Escrever...*

No menu *Almanaque >> Importar >> Trimble...*, importar o arquivo almanaque, geralmente os GPS da marca Trimble descarregam na extensão \*.EPH.

No menu *Almanaque >> Gravar*, salve como *Nome\_da\_Estação.alm*.

Nos menus *Gráficos* e *Listas* pode-se fazer o devido planejamento das observações de campo, onde os menores valores de PDOP são os que irão proporcionar melhores observações.



#### 4. RASTREIO

Durante a etapa do rastreo deve se atentar para alguns cuidados no intuito de tornar a ida a campo mais produtiva e sem inconvenientes. Para o caso de sessões de longo período de observações, em locais com pouca infra-estrutura por perto, recomenda-se levar itens de primeira necessidade.

Em épocas de verão com sol intenso, é recomendado levar água suficiente para evitar a desidratação, frutas leves e/ou barras de cereais, chapéu ou algo semelhante para cobrir a cabeça e protetor solar para evitar queimaduras na pele.

**Importante:** Não esquecer o manual ou figura esquemática do fabricante da antena bem como os instrumentos necessários para efetuar a medida da antena no marco.

Caso não tenha o esquema para medir a posição do centro de fase da antena em mãos, basta conhecer a descrição e o tipo da antena e visitar a página do NGS (National Geodetic Survey) na Internet, no endereço: <<http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/>>.



## 5. ROTEIRO PRÁTICO PARA PROCESSAMENTO DE OBSERVAÇÕES GPS, MÉTODO ESTÁTICO, UTILIZANDO O SOFTWARE TRIMBLE GEOMATICS OFFICE (TGO)

Executar o software TGO.

### 3.1. Criar um Novo Projeto

*File >> New Project.* A janela *New Project*, Figura 13, se abrirá.

No campo *Name*

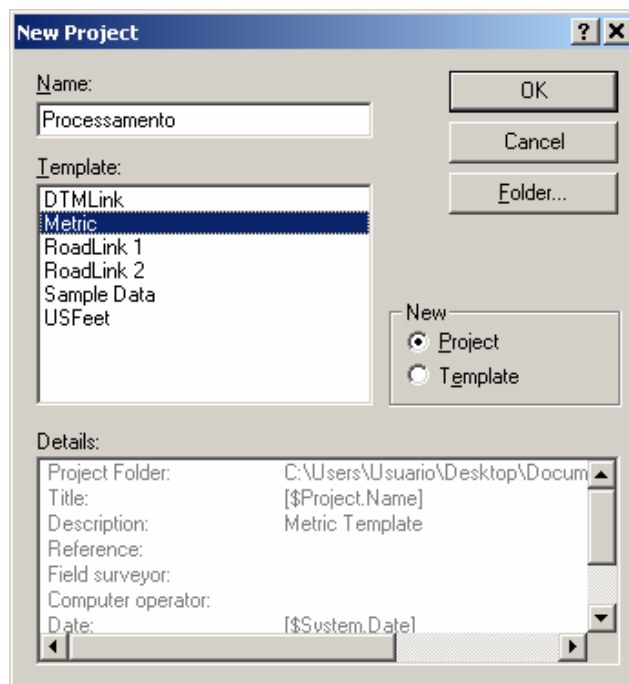
Insira o nome do novo Projeto. **Processamento**, por exemplo.

No campo *Template*

Escolha o modelo **Metric**.

No botão *Folder*:

Selecione o diretório onde irá salvar o projeto.



**Figura 13 - Janela *New Project*.**

Após entrar com as informações devidas, clique no botão **OK** e a Janela **Project Properties**, Figura 14, se abrirá.

### 3.2. Configurar Sistema de Coordenadas

No quadro *Coordinate System*



Clique no botão **Change**. A janela *Select coordinate System*, Figura 15, se abrirá.

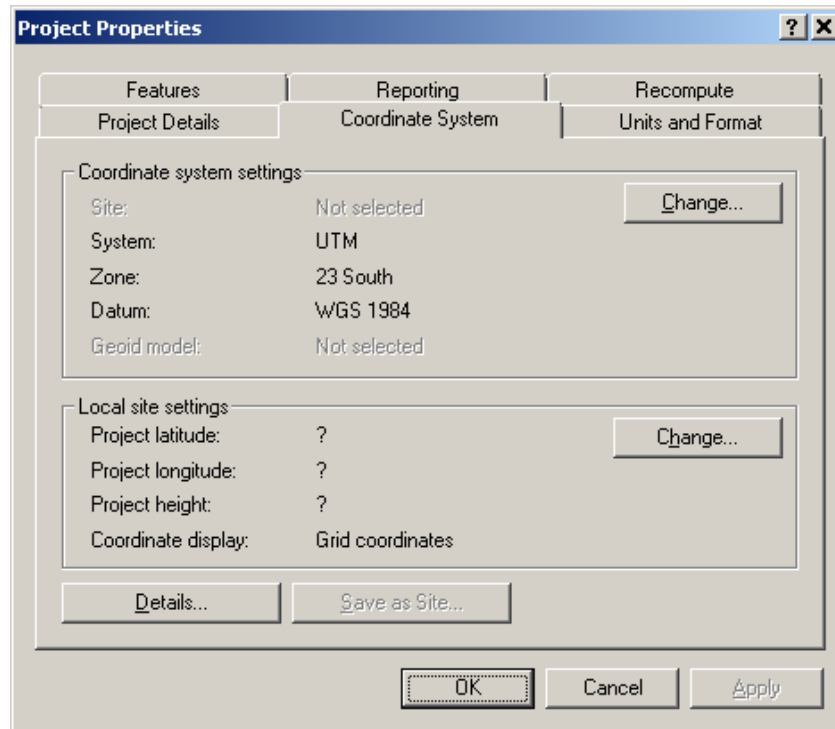


Figura 14 – Janela *Project Properties*.

Na janela *Select Coordinate System*

Marque a opção **New System** e clique no botão **Next**.

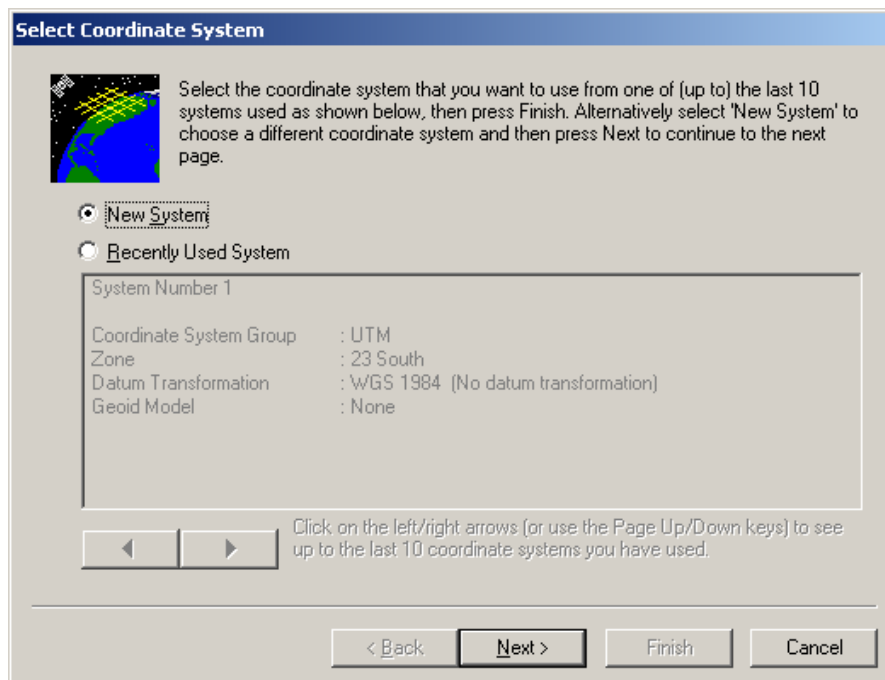


Figura 15 – Janela *Select Coordinate System*.



Na janela *Select Coordinate System Type*, Figura 16 ,  
Marque a opção **Coordinate System And Zone** e clique no botão **Next**.

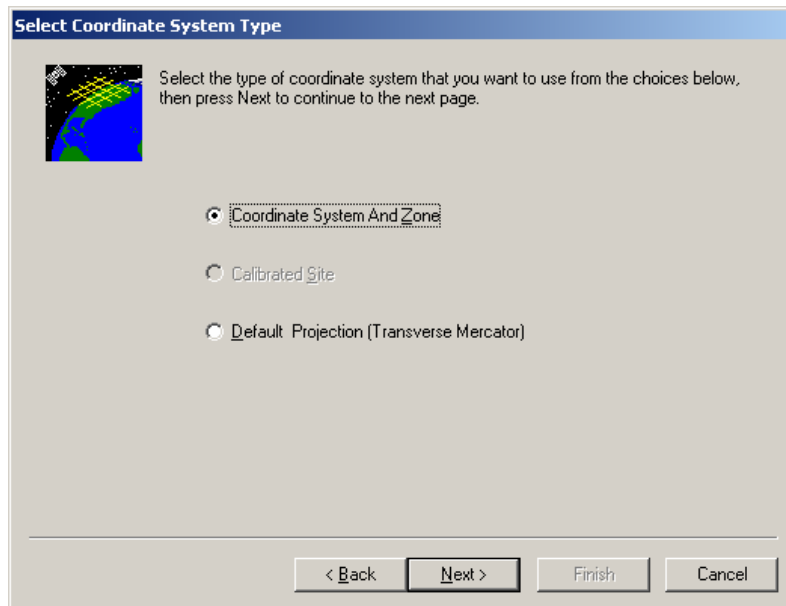


Figura 16 - Janela *Select Coordinate System Type*.

Na janela **Select Coordinate System Zone**, Figura 18  
Configure o sistema de Coordenadas a ser utilizado (ex: **UTM**), expresso na  
lista **Coordinate System Group** (esquerda) e posteriormente  
Configure a zona em que o trabalho se encontra (ex: **23 South**) na lista  
**Zone** (direita). Figura 17 mostra os Fusos que dividem o Território  
Nacional a cada 6°. A seguir  
Clique no botão **Next**.



Figura 17 - O Brasil dividido em Fusos de 6°

Fonte: [http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual\\_nocoas/representacao.html](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual_nocoas/representacao.html)

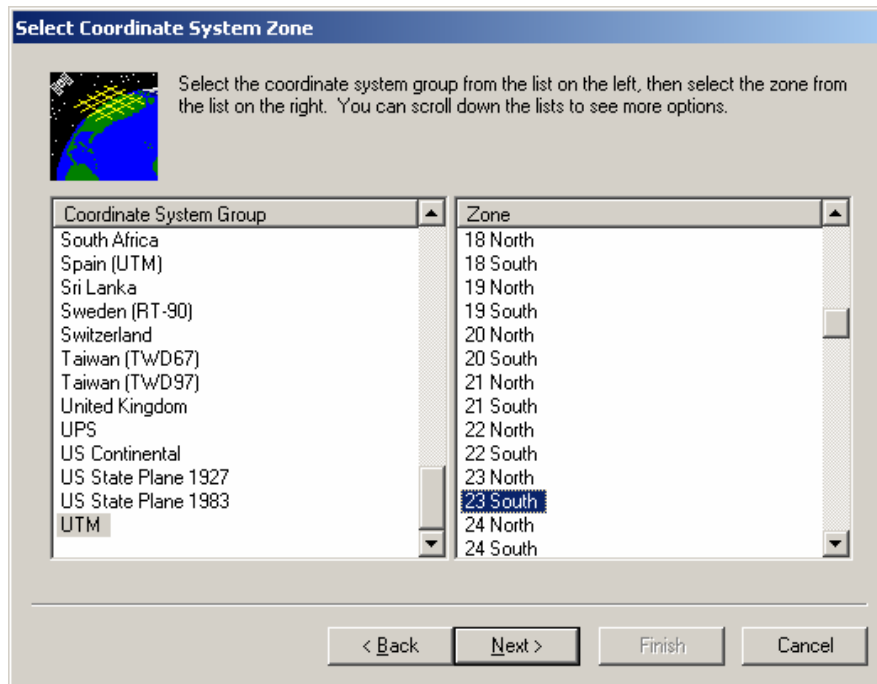


Figura 18 – Janela Select Coordinate System Zone.

Na janela **Select Datum Transformation**, Figura 19

Procure o Datum de interesse referente ao trabalho (ex: **WGS 1984** – equivalente ao **SIRGAS2000**) na lista. Clique no botão **Next**.

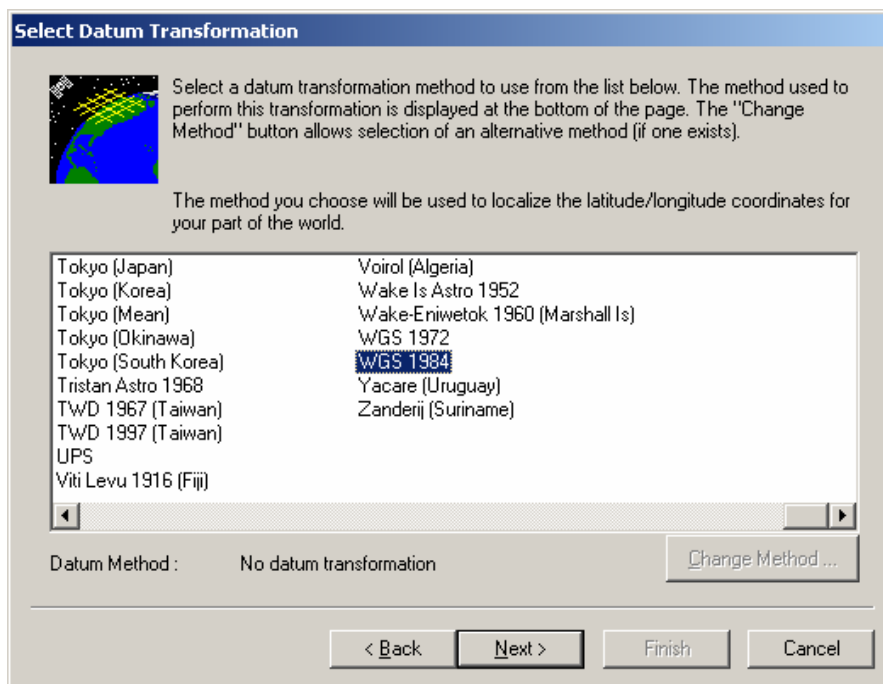


Figura 19 – Janela *Select Datum Transformation*..

Na janela **Select Geoid Model**, Figura 20



Marque a opção **No geoid model** para não estabelecer um modelo geoidal pré-existente ou marque a opção **Predefined Geoid model** para estabelecer um modelo geoidal com a finalidade de se estimar a altitude ortométrica do ponto rastreado. Clique no botão **Finish**.

**Importante:** Os modelos geoidais existentes possibilitam estimar as altitudes ortométricas através da interpolação de dados previamente calculados, porém, estes modelos não expressam a precisão associada a estas altitudes. Para Brasil não há modelos de geóide específico (de boa precisão). Veja também o programa MAPGEO.

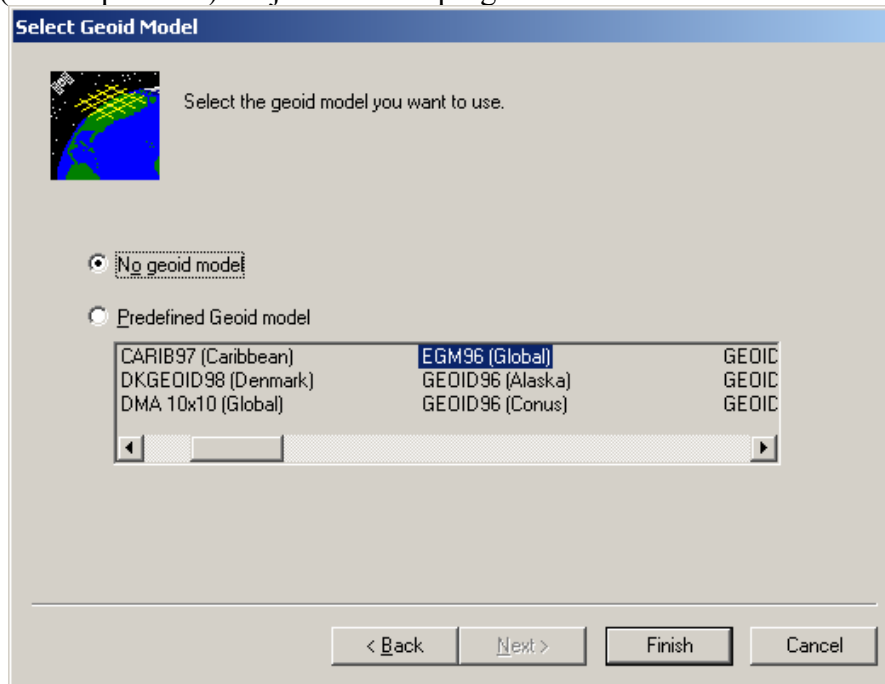


Figura 20 – Janela *Select Geoid Model*.

De volta à janela **Project Properties**  
Clique nos botões **Apply** e **OK**.

Uma outra forma de abrir a janela *Project Properties*, Figura 14, é no menu *File >> Project Properties*.

### 3.3. Para Importar Arquivos RINEX

*File >> Import*. A janela *Import*, Figura 21, se abrirá.

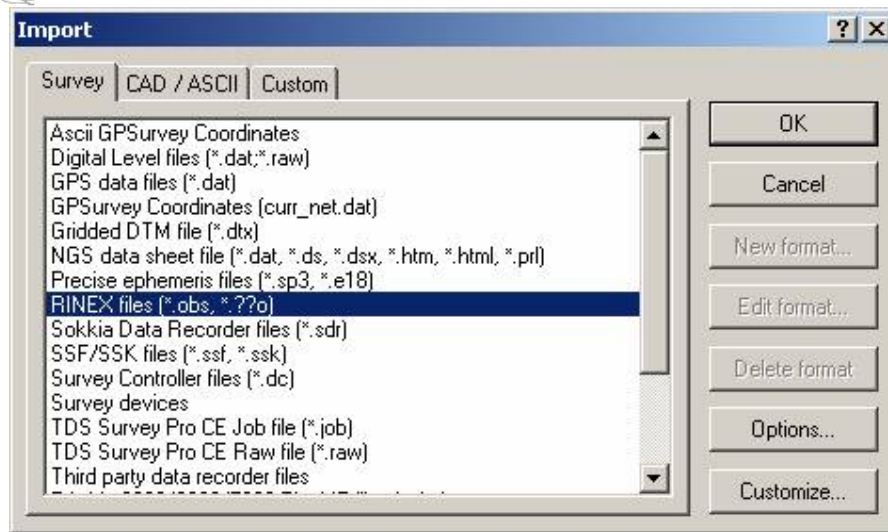


Figura 21 – Janela *Import*.

Na lista da guia *Survey*

Procure e clique em **RINEX files (\*.obs, \*.??o)**.

A seguir clique no botão **OK** e procure os arquivos RINEX de observação (\*.o). Após selecionar os arquivos de observação e clicar em **OK**, a janela *Navigation File Matching* se abrirá mostrando os nomes dos arquivos de observação (\*.o) e de navegação que serão processados. Se os arquivos mostrados são os desejados, clique no botão **OK** e, após alguns instantes a janela *DAT Checkin* se abrirá.

Na janela **DAT Checkin**, Figura 22:

Cheque e configure, com muito cuidado, principalmente:

- Os nomes das estações na guia **Name** (ex: BUK-M0001),
- A altura da antena na guia **Antenna Height** (ex: 0.205m – altura vertical (TGO) do ponto que está sendo determinado até a marca de referência da antena. Esta marca pode ser: o *Hook*, o *ARP*, o *bottom of antenna mount* ou o *Antenna phase center*. Verifique se todas estas opções estão na guia **Measured To**, nesta mesma janela. Estas opções variam de software para software e com o tipo de antena.)
- Selecione o tipo antena utilizado no rastreo em **Antenna Type** (ex: RASCAL AOA L1/L2 – o tipo da antena utilizado na recepção dos dados deve ser configurado, pois, a posição do centro de fase, em relação à marca de referência, varia com o tipo de antena. O Arquivo '**antenna.ini**', copiado no momento de instalação do software, contém os tipos de antena, listados em *Antenna type*, bem como a posição, e a variação dessa posição com a elevação do satélite rastreado, para cada antena) e
- Selecione a marca de referência da antena, utilizada na leitura da altura da antena, em **Mesured To** (ex: *Bottom of antenna mount*)

Após certificar-se que as informações estão corretas, clique botão **OK** e os dados serão carregados e organizados em arquivos a serem lidos pelo software. Um



croqui contendo as estações de rastreio e os vetores entre elas serão mostrados em tela. Tanto os pontos quanto os vetores podem ser selecionados clicando sobre eles.

	Use	Name	Filename	Start Time	Stop Time	Receiver Typ	Receiver S/N	Antenna Heig	Antenna Type	Measured To
1	<input checked="" type="checkbox"/>	BUK-M0001	Matulu1181.05o	13:08:07 28 Apr 2005	19:52:42 28 Apr 2005	Unknown	Unknown	0.205m	RASCAL AQA	Bottom of antenna mc...
2	<input checked="" type="checkbox"/>	BUK-M0001	Matulu1191.05o	11:04:47 29 Apr 2005	19:05:47 29 Apr 2005	Unknown	Unknown	0.205m	RASCAL AQA	Bottom of antenna mount
3	<input checked="" type="checkbox"/>	BUK-M0001	Matulu1201.05o	09:30:17 30 Apr 2005	17:07:47 30 Apr 2005	Unknown	Unknown	0.205m	RASCAL AQA	Bottom of antenna mount
4	<input checked="" type="checkbox"/>	RIOD - RBMC Rio	riod1181.05o	21:00:02 27 Apr 2005	20:59:32 28 Apr 2005	4000SSi	27335	0.008m	Dorne Margoli	Bottom of antenna mount
5	<input checked="" type="checkbox"/>	RIOD - RBMC Rio	riod1191.05o	21:00:02 28 Apr 2005	20:59:32 29 Apr 2005	4000SSi	27335	0.008m	Dorne Margoli	Bottom of antenna mount
6	<input checked="" type="checkbox"/>	RIOD - RBMC Rio	riod1201.05o	21:00:02 29 Apr 2005	20:59:32 30 Apr 2005	4000SSi	27335	0.008m	Dorne Margoli	Bottom of antenna mount
7	<input checked="" type="checkbox"/>	VARG - RBMC Varg	varg1181.05o	20:59:47 27 Apr 2005	20:58:32 28 Apr 2005	Unknown	95013	0.065m	Ashtech Marir	Bottom of antenna mount
8	<input checked="" type="checkbox"/>	VARG - RBMC Varg	varg1191.05o	20:59:47 28 Apr 2005	20:58:32 29 Apr 2005	Unknown	95013	0.065m	Ashtech Marir	Bottom of antenna mount
9	<input checked="" type="checkbox"/>	VARG - RBMC Varg	varg1201.05o	20:59:47 29 Apr 2005	20:58:32 30 Apr 2005	Unknown	95013	0.065m	Ashtech Marir	Bottom of antenna mount
10	<input checked="" type="checkbox"/>	VICO - RBMC Vico	vico1181.05o	21:00:02 27 Apr 2005	20:59:32 28 Apr 2005	4000SSi	16789	0.016m	Dorne Margoli	Bottom of antenna mount
11	<input checked="" type="checkbox"/>	VICO - RBMC Vico	vico1191.05o	21:00:02 28 Apr 2005	20:59:32 29 Apr 2005	4000SSi	16789	0.016m	Dorne Margoli	Bottom of antenna mount
12	<input checked="" type="checkbox"/>	VICO - RBMC Vico	vico1201.05o	21:00:02 29 Apr 2005	20:59:32 30 Apr 2005	4000SSi	16789	0.016m	Dorne Margoli	Bottom of antenna mount

Figura 22 – Janela *Dat Checkin*.

Para mostrar em tela os nomes das estações, selecione no menu suspenso a opção *View* e depois *Point labels....*. Na janela *Point Labels*, Figura 10, marque a opção *name* e clique no botão **OK**.

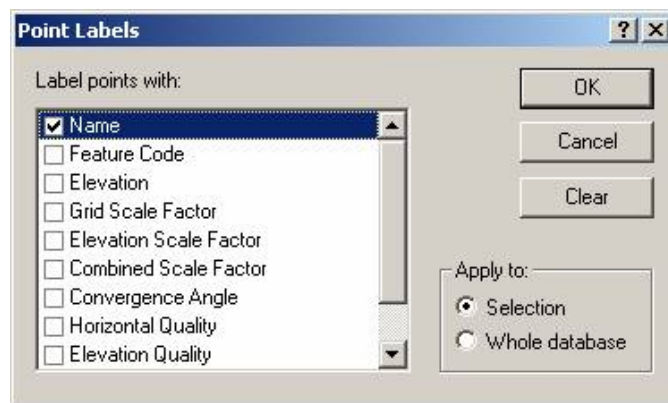


Figura 23 – Janela *Point Labels*.

### 3.4. Inserir as coordenadas oficiais das estações RBMC e configurá-las como qualidade de controle

Selecione a estação a ser configurada com um clique duplo. A janela *Properties*, Figura 24, se abrirá.

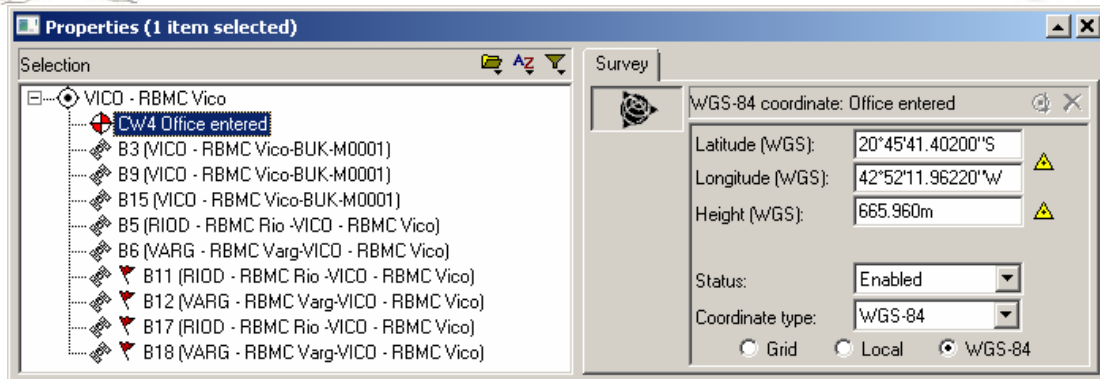


Figura 24 – Janela Properties.

No item **Selection** à esquerda, clique sobre o sinal + (VICO – RBMC Vico) para expandir opções e selecione a opção **Office entered**.

Na guia **Survey** à direita, entre com as coordenadas oficiais disponíveis no Relatório de Informação de Estação RBMC (arquivo PDF) do sistema SIRGAS2000 (Época 2000,4), clique na seta ao lado da interrogação (?▼) e selecione a opção **Control Quality**.

Repita esse passo para as demais estações RBMC utilizadas (**ex:** RIOD e VARG) de forma que para cada uma, sejam inseridas as coordenadas oficiais e sejam considerada como **Control Quality**.

### 3.5.Processar os dados (Gerar os vetores ou linhas base):

Após acessar o menu *Survey >> GPS Processing Styles...*, Figura 25, a janela *GPS Processing Styles* se abrirá.

Clique no botão **New**. Informe o nome do novo estilo de processamento a ser utilizado no item **Name** (Ex.: Processamento) e clique no botão **OK**.

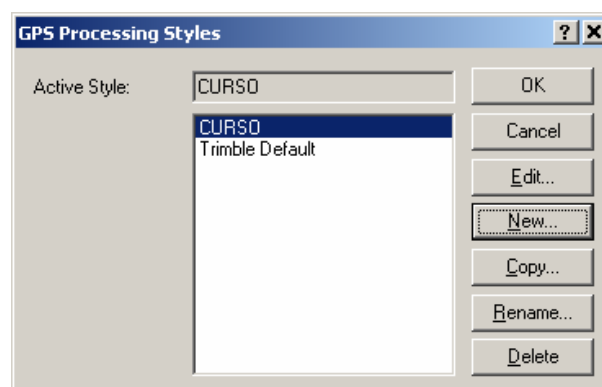


Figura 25 – Janela GPS Processing Styles.

Abrirá em seguida uma nova janela, Figura 26, cuja Barra de Títulos trará o nome dado ao novo Estilo de Processamento (Ex.: neste caso, 'Processamento').

Agora, defina os parâmetros:



- **Elevation Mask (deg):** este parâmetro refere-se ao ângulo de elevação mínima. Dados de satélites abaixo desta elevação serão desconsiderados. (**ex.:** informe 15 ).
- **Ephemerids:** este parâmetro faz referência às Efemérides que serão utilizadas no processamento: Transmitidas (*Broadcast*) ou Precisas (*Precise*). As Efemérides transmitidas correspondem ao arquivo de navegação gravado pelos receptores durante o rastreamento. As Efemérides Precisas precisam ser obtidas junto aos órgãos oficiais (NGS) responsáveis pela sua divulgação, como será visto mais tarde. (**ex.:** por hora, selecione Broadcast).
- **Solution type:** este parâmetro refere-se ao tipo de solução esperada para o processamento. Esta opção pode variar entre solução Fixada (*Fixed*), Flutuante (*Float*) ou Código (*Code*) conforme a especificação constante na norma consultada (**ex.:** normas brasileiras permitem o Tipo de Solução **Float** para bases acima de 100 km).



Figura 26 – Janela “Nome do Estilo de Processamento”.

Para continuar a configuração do Estilo de Processamento, clique no botão **Advanced**, a janela “Nome do Estilo de Processamento”, Figura 27, se expande para permitir o detalhamento de outros parâmetros.

- Na guia **Static**, ajuste o comprimento máximo da linha-base para o tipo de solução esperada: no campo **using broadcast ephemeris (Km)** para o **valor normatizado** (**ex.:** distância máxima de 100 km de linha-base para uma solução fixa conforme a norma do INCRA).

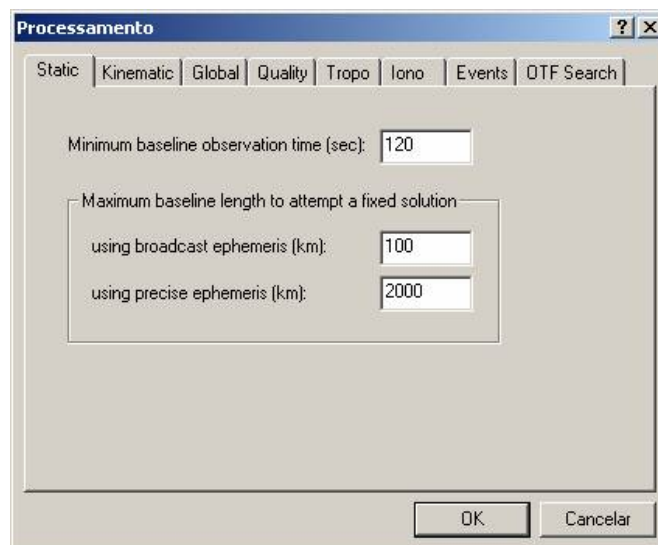


Figura 27 – Janela “Nome do Estilo de Processamento”, guia *Static*.



Nesse momento deve-se ajustar o tipo de frequência que será processada conforme o receptor utilizado no rastreamento, L1 se o receptor for de uma frequência e L2 se for de duas frequências.

- Ainda na janela “Processamento”, clique na guia **Global**, Figura 28, depois, altere o campo **Frequency type** para L2 e então clique no botão **OK**.
- Clique novamente no botão **OK** para confirmar as configurações definidas no Estilo de Processamento.

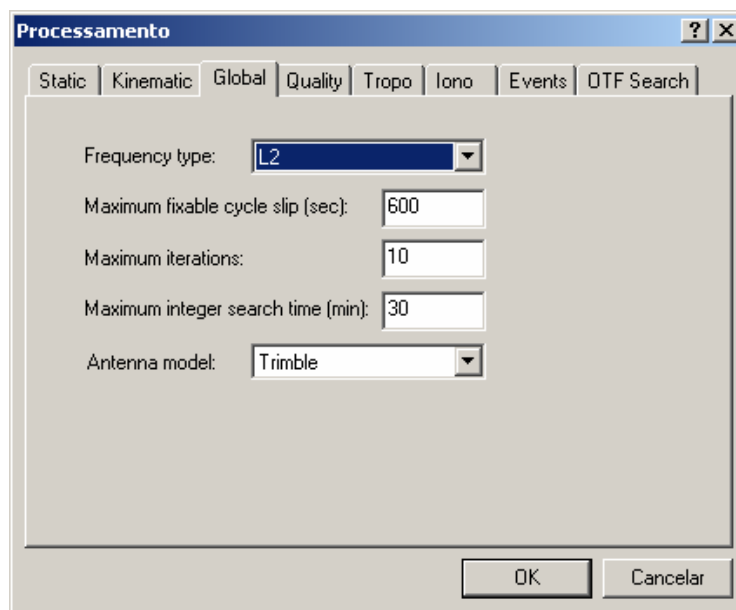


Figura 28 – Janela “Nome do Estilo de Processamento”, guia *Global*.

Após configurar o estilo de processamento, de volta ao ambiente do projeto, selecione todos os vetores para efetuar o processamento. Se necessário mantenha apertada a tecla **ctrl** do teclado para auxiliar.

Agora, acesse o menu *Survey >> Process GPS Baselines...* (ou tecla **F9**). (e aguarde... )

Na janela **GPS Processing**, Figura 29, selecione todos os vetores, mesmo os que não atenderam aos parâmetros de aceitação do processamento e:

- Clique no botão **Report**, caso queira verificar o Relatório dos Vetores (recomendável).
- Desmarque a opção *Overwrite duplicate baseline solutions*.
- Clique no botão **Save**, para salvar o processamento.



ID	From station	To station	Baseline length	Solution type	Ratio	Refvar	RMS
<input checked="" type="checkbox"/>	B13	RIOD - RBMC Rio	VICO - RBMC Vi...	232120.619m	Iono free float	2.935	0.020m
<input checked="" type="checkbox"/>	B12	RIOD - RBMC Rio	VARG - RBMC ...	261011.689m	Iono free float	3.617	0.023m
<input checked="" type="checkbox"/>	B4	RIOD - RBMC Rio	BUK-M0001	160891.428m	Iono free float	2.514	0.020m
<input checked="" type="checkbox"/>	B6	VICO - RBMC Vi...	BUK-M0001	235549.170m	Iono free float	2.178	0.018m
<input checked="" type="checkbox"/>	B17	VICO - RBMC Vi...	VARG - RBMC ...	280097.772m	Iono free float	3.843	0.022m
<input checked="" type="checkbox"/>	B5	VARG - RBMC ...	BUK-M0001	100433.460m	Iono free float	32.847	0.061m
<input checked="" type="checkbox"/>	B15	RIOD - RBMC Rio	VICO - RBMC Vi...	232120.612m	Iono free float	4.017	0.024m
<input checked="" type="checkbox"/>	B14	RIOD - RBMC Rio	VARG - RBMC ...	261011.670m	Iono free float	3.845	0.022m
<input checked="" type="checkbox"/>	B7	RIOD - RBMC Rio	BUK-M0001	160891.392m	Iono free float	3.213	0.021m
<input checked="" type="checkbox"/>	B9	VICO - RBMC Vi...	BUK-M0001	235549.146m	Iono free float	3.258	0.021m
<input checked="" type="checkbox"/>	B18	VICO - RBMC Vi...	VARG - RBMC ...	280097.769m	Iono free float	3.427	0.020m
<input checked="" type="checkbox"/>	B8	VARG - RBMC ...	BUK-M0001	100433.466m	Iono free float	3.378	0.022m

Overwrite duplicate baseline solutions

Pending 17 Acc. 1 Rej

Figura 29 – Janela *GPS Processing*.

Outra maneira de verificar o Relatório dos Vetores é, após selecionar os de interesse (ex.: todos), acessar o menu suspenso *Reports >> GPS Baseline Processing Report*.

Uma forma de melhorar a qualidade do processamento é remover observações com grandes resíduos através da manipulação da *Time Line*.

Para isso, de posse do Relatório dos Vetores, deve-se proceder como segue:

- Procure no relatório gerado o item **Residuals** para verificar os gráficos dos resíduos das observações, Figura 30. Nele pode-se observar uma certa tendência de agrupamento ou dispersão das observações durante o rastreamento. O eixo Y representa os resíduos nas observações (geralmente, em metros), o eixo X representa os instantes das observações (geralmente expressos em horas).
- Deve-se procurar pelos grandes resíduos, principalmente aqueles acima da linha pontilhada, e então tomar nota do período em que eles ocorrem e da identificação do satélite (SV),.

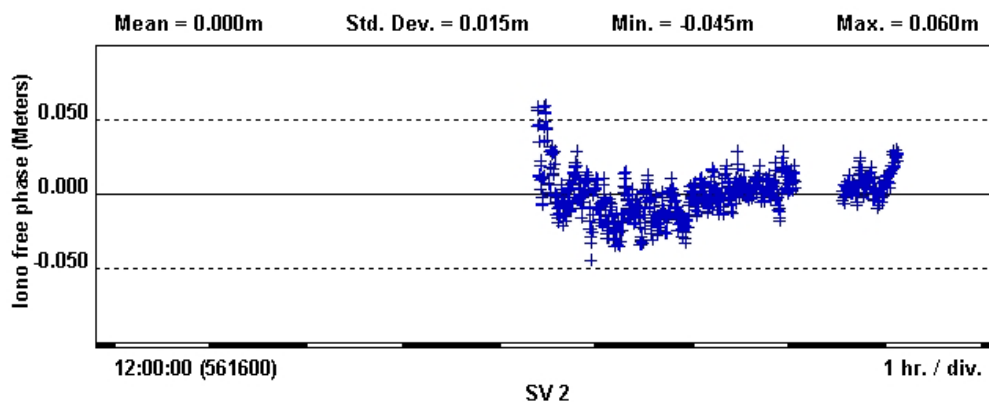



Figura 30 – Exemplo de resíduo de observações para o satélite SV2.



- Clique no ícone  (ou acesse o menu suspenso *View >> Time Line*) para exibir a *Time Line* na tela, Figura 26. Inicia-se o procedimento de retirada dos maiores resíduos das observações, selecionado-se com o botão esquerdo do mouse o intervalo de tempo onde foram verificados os maiores resíduos para um dado satélite (observado no Relatório dos Vetores) e em seguida, com o botão direito, clicando e **Delete/Disable**.
- A hora que consta no gráfico gerado pelo relatório **GPS Baseline Processing Report** é diferente da hora apresentada no *Time Line*, geralmente com uma diferença negativa de aproximadamente **três horas** para o tempo da *Time Line*. Deve-se, portanto ter cautela ao realizar a conversão para evitar de desabilitar observações equivocadamente.
- Uma vez concluído o procedimento de edição das observações ruins, deve-se selecionar novamente, na tela, os vetores e refazer o processamento (tecla **F9**).

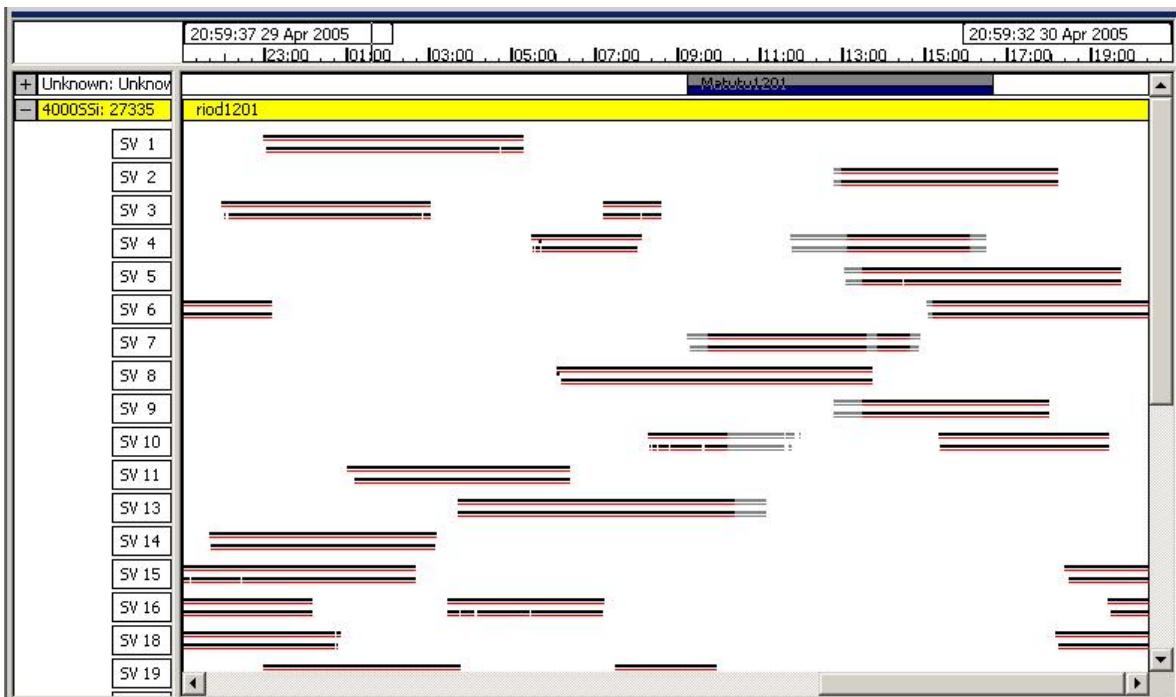


Figura 31 – Exemplo de uma *Time Line* editada referente da estação RIOD no dia 29 de abril de 2005.



## 6. ROTEIRO PRÁTICO PARA AJUSTAMENTO DE VETORES GPS UTILIZANDO O SOFTWARE TRIMBLE GEOMATICS OFFICE (TGO)

Após processar os vetores, caso haja vetores redundantes, faz-se necessário ajustá-los.

### 6.1 Ajustamento com Injunções Mínimas

Tem como objetivo avaliar a qualidade dos vetores processados.

Para configurar os parâmetros do ajustamento deve-se acessar o menu

*Adjustment >> Datum.*

Marque a opção **WGS84**.

*Adjustment >> Adjustment Styles...*, Figura 32, a janela *Network Adjustment Styles* se abrirá.

Selecione a opção **One Sigma** e clique no botão **OK**.

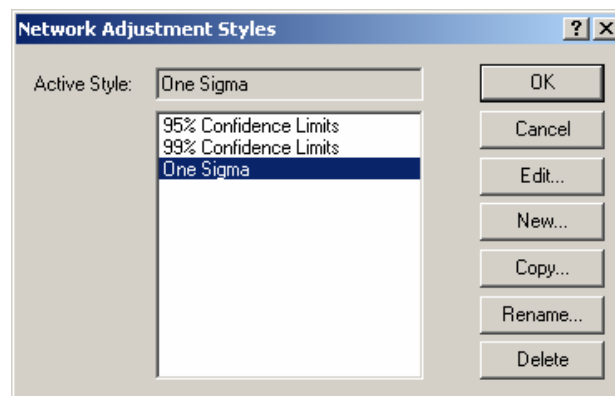


Figura 32 – Janela *Network Adjustment Styles*.

### FIXANDO UM PONTO:

Ainda no menu suspenso,

*Adjustment >> Points...*

Na janela **Points** selecione a linha referente à estação RBMC (RIOD, VARG ou VICO) e marque as opções **2D** e **Height** no quadro **Fix**, para considera-las fixas no ajustamento, e clique no botão **OK**.

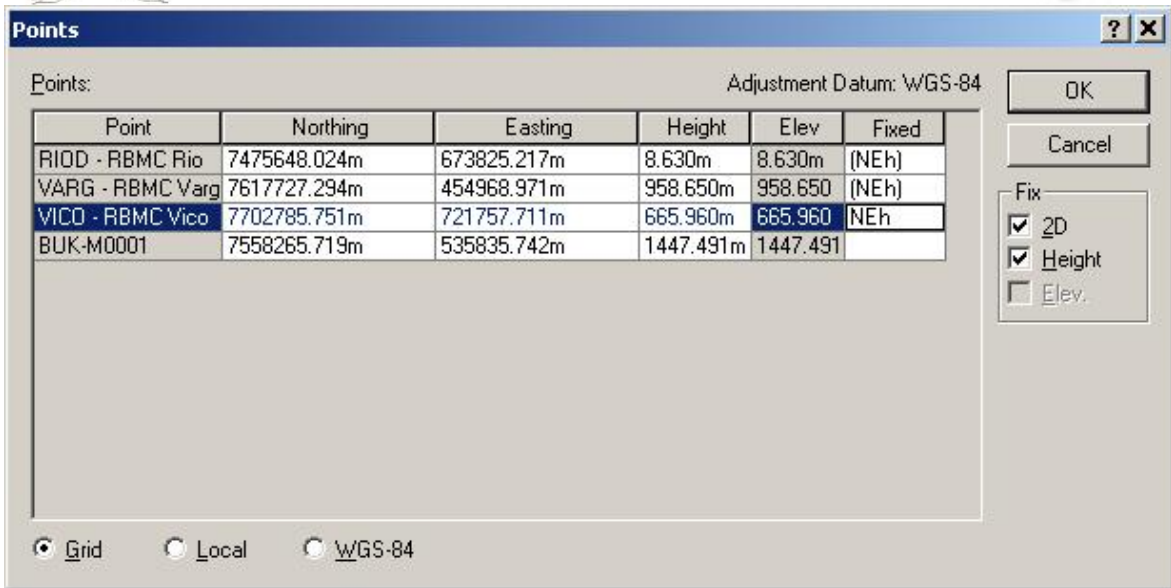


Figura 33 – Janela *Points*.

### SELECIONANDO OS VETORES INDEPENDENTES: (Importante)

No menu suspenso:

*Adjustment >> Observations...*

Na janela **Observations**, marque todos os vetores que se ligam à estação rastreada (ex.: BUK-M0001) e desmarque todos os demais vetores. Clique no botão **OK**.

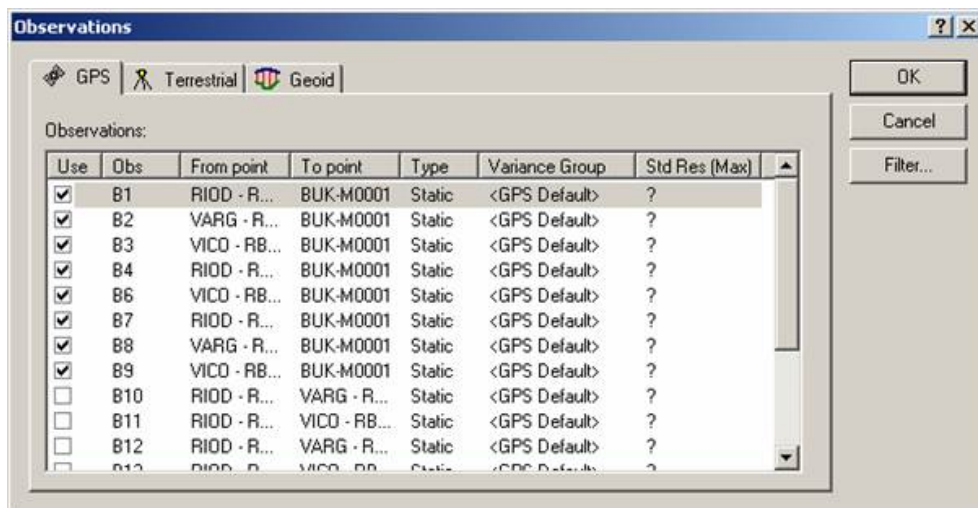


Figura 34 – Janela *Observations*.

AJUSTANDO:

No menu

*Adjustment >> Adjust* (ou tecla **F10**). (e aguarde...)



Em seguida, deve-se verificar a qualidade dos vetores ajustados através do relatório do Relatório de Ajustamento da Rede, para isso, acesse o menu.

*Reports >> Network Adjustment Report* (ou tecla **F11**).

Com o relatório em mãos, deve-se procurar pelo item **Ajusted Observations**

- Verificar se há *outliers* (Observações com erros grosseiros) através do teste **Tau**. A observação com erro grosseiro estará assinalada em vermelho. Se houver erro grosseiro, deve-se **remove** o ajustamento atual através do menu *Adjustment >> Remove Adjustment*, então fixar novamente a estação da RBMC através do menu *Adjustment >> Points*, em seguida eliminar a observação com *outlier* através do menu *Adjustment >> Observations* e, por fim, refazer o ajustamento *Adjustment >> Adjust* (ou tecla **F10**). Verificar novamente se há *outliers*.

Caso não haja observações com erros grosseiros, parte-se para o ajustamento injuncionado.

## 6.2 Ajustamento Injuncionado

Antes de alterar a estratégia de ponderação (*Weighting Strategies*) avaliar a qualidade das injunções.

No menu *Adjustment >> Remove Adjustment*,

Em *Adjustment >> Points*, fixar todas as estações conhecidas (estações da RBMC).

Em *Adjustment >> Adjust* (ou tecla **F10**), ajustar.

Acessar o relatório através do comando *Reports >> Network Adjustment Report* (ou tecla **F11**).

Verificar se apareceu algum outlier. Se houver, eliminar a observação com erro grosseiro.

Verificar o “**Network Reference Factor**” (refere-se ao sigma zero *a posteriori*). Se o valor não passou no teste **Qui-quadrado**, deve-se copiar o valor apresentado e colar em:

*Adjustment >> Weightings Strategies...*

Na janela **Weighting Strategies**, Figura 35, localize a guia **GPS**, e então o quadro **Scalar Type**. Selecione a opção **User-defined** e cole o valor do **Network Reference Factor** anotado ou copiado no campo **Scalar Value**. Clique no botão **Apply** em seguida no botão **OK**.

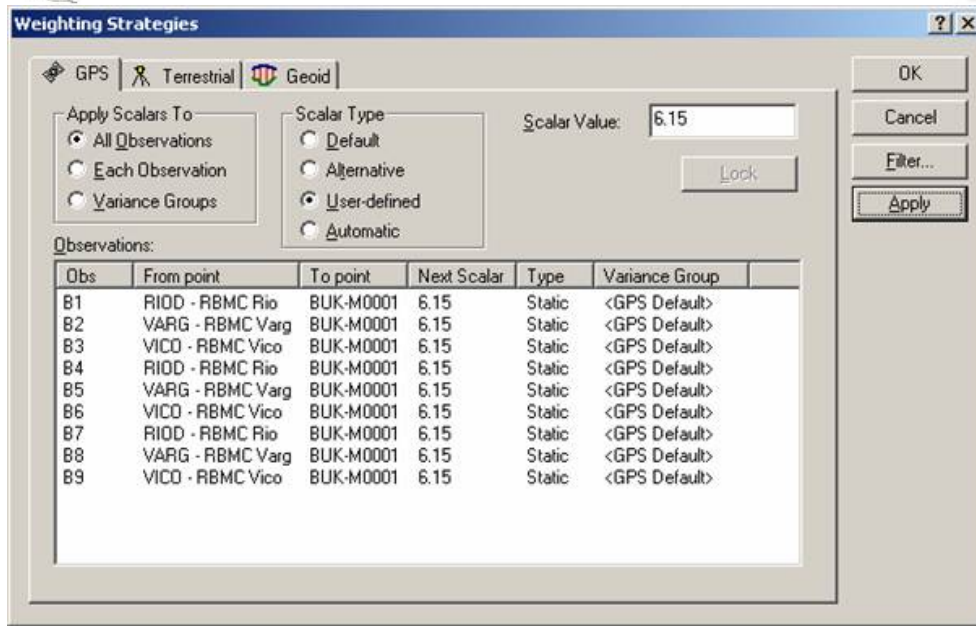


Figura 35 – Janela *Weighting Strategies*.

Uma vez configurado o valor do peso utilizado no ajustamento, procede-se com novo ajustamento da rede.

Para tanto, deve-se acessar o menu suspenso:

*Adjustment* >> *Adjust* (ou tecla **F10**). (e aguarde...)

Em seguida, deve-se verificar novamente a qualidade final do ajustamento através do relatório do Relatório de Ajustamento da Rede, para isso, acesse o menu:

*Reports* >> *Network Adjustment Report* (ou tecla **F11**). (e aguarde...).

**Importante:** Após a reiteração com o valor de *Network Reference Factor* o procedimento do ajustamento é finalizado. Tem-se, portanto as coordenadas calculadas para o ponto juntamente com os respectivos desvios padrões.

Ex.:

**Errors are reported using 1.00 sigma.**

Point Name	Latitude	N error	Longitude	E error	Height	h error	Fix
RIOD - RBMC Rio	22°49'04.23990"S	0.000m	43°18'22.59580"W	0.000m	8.630m	0.000m	Lat Long h
BUK-M0001	22°04'48.37612"S	0.002m	44°39'09.47040"W	0.008m	1447.483m	0.018m	
VARG - RBMC Varg	21°32'33.66450"S	0.000m	45°26'05.55180"W	0.000m	958.650m	0.000m	Lat Long h
VICO - RBMC Vico	20°45'41.40200"S	0.000m	42°52'11.96220"W	0.000m	665.960m	0.000m	Lat Long h



## 7 CONVERSÃO ENTRE SISTEMAS DE REFERÊNCIA UTILIZANDO O SOFTWARE TCGEO

O TCGeo é um programa elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, desenvolvido com o objetivo de colaborar com os usuários que fazem uso das informações espaciais no Brasil e que rotineiramente precisam compatibilizar seus dados a um único sistema de referência.

O TCGeo opera com três formas de apresentação de coordenadas, sendo elas: cartesianas, geodésicas (sexagesimais e graus decimais) e planas (projeção UTM). O programa processa a Transformação de Coordenadas entradas pelo teclado ou por arquivo. Para acessar a opção de transformação o usuário deve clicar no Menu Processar, em seguida, escolher a opção desejada. Para ambas alternativas de entrada dos dados, existem diferentes configurações admissíveis.

Pode-se optar, por exemplo:

- - informar ou não a altitude geométrica;
- - informar apenas as coordenadas geodésicas no formato decimal;
- - informar apenas as coordenadas geodésicas no formato sexagesimal;
- - informar apenas as coordenadas E e N (UTM) e o meridiano central (MC);
- - informar apenas as coordenadas cartesianas X, Y e Z.

A Figura 36 exemplifica a entrada de Coordenadas Geodésicas e Altitude geométrica via teclado. Vale lembrar que esta opção (**Processar>>Manual**) permite a entrada de somente um ponto.



The screenshot shows the 'TCGeo: Sistema de Transformação de Coordenadas' window. The 'Identificação da Estação' field contains 'vico'. The interface is split into 'Entrada' (Input) and 'Saída' (Output) sections. Both sections have 'Sistema de Coordenadas' set to 'SIRGAS2000 (WGS84)'. The 'Entrada' section has 'Coordenadas Geodésicas' with Latitude '-20° 45' 39,6537 "' and Longitude '-42° 52' 10,4763 "'; 'Alt geométrica (m)' is '678,08'; 'UTM' has 'MC' as '- \*'; and 'Coordenadas Cartesianas' are empty. The 'Saída' section has empty fields for all these categories. At the bottom, 'Resíduo da Transformação' is set to 'm'. Buttons for 'Processar', 'Limpar', 'Salvar...', and 'Imprimir...' are visible.

**Figura 36 - Tela do programa TCGeo com as coordenadas geodésicas e altitude geométrica da estação Vico.**

Fica, portanto, a critério do usuário configurar a entrada das coordenadas conforme as tenha disponíveis, ou mesmo, sejam de sua preferência.

Ao clicar no **Botão Processar** os demais campos são preenchidos conforme aparece na Figura 37.



The screenshot shows the TCGeo software interface with the following data:

Entrada		Saída	
Sistema de Coordenadas: <input checked="" type="radio"/> SAD - 69 <input type="radio"/> SIRGAS2000 (WGS84)		Sistema de Coordenadas: <input type="radio"/> SAD - 69 <input checked="" type="radio"/> SIRGAS2000 (WGS84)	
Coordenadas Geodésicas		Coordenadas Geodésicas	
Latitude	-20° 45' 39,65370"	Latitude	-20° 45' 41,40216"
Longitude	-42° 52' 10,47630"	Longitude	-42° 52' 11,96188"
Lat. decimal	-20,76101492	Lat. decimal	-20,76150060
Lon. decimal	-42,86957675	Lon. decimal	-42,86998941
Alt geométrica (m)	678,08	Alt geométrica (m)	665,929
UTM		UTM	
MC	-45°	MC	-45°
E (m)	721802,209	E (m)	721757,720
N (m)	7702831,024	N (m)	7702785,746
Coordenadas Cartesianas		Coordenadas Cartesianas	
X (m)	4373350,649	X (m)	4373283,299
Y (m)	-4059642,905	Y (m)	-4059639,025
Z (m)	-2246921,504	Z (m)	-2246959,724

Resíduo da Transformação  
Rede/mapeamento de referência: [dropdown] m

Buttons: Processar, Limpar, Salvar..., Imprimir...

**Figura 37 - Tela do programa TCGeo, com os demais campos preenchidos (latitude e longitude no formato decimal, Meridiano Central – MC, coordenadas UTM, E e N, e, coordenadas cartesianas X, Y e Z em metros), após clique no Botão Processar.**

Há também outras opções como limpar a tela do formulário, através do **Botão Limpar**, ou mesmo salvar seu conteúdo num arquivo texto (\*.txt), clicando no **Botão Salvar**. Se o usuário preferir, pode também imprimir o resultado do processamento através do **Botão Imprimir**, desde que haja uma impressora disponível instalada.

Caso prefira optar por processar mais de um ponto (disponível apenas para processamento tipo arquivo), o usuário deverá acessar a opção do menu **Processar >> Arquivo**.

Assim como na opção de processamento **Manual**, na opção de processamento por **Arquivo** existem diferentes configurações de entrada e saída admissíveis (as mesmas opções para os dois tipos de processamento), ficando, portanto, a critério do usuário escolher. Na **Figura 3** há um exemplo de entrada por **Arquivo**.

Após configurar as opções de processamento, o usuário deve informar a localização e o nome do arquivo contendo as coordenadas de entrada e também a localização e o nome do arquivo que deverá conter as coordenadas de saída (transformadas), e então, clicar no **Botão Processar**.

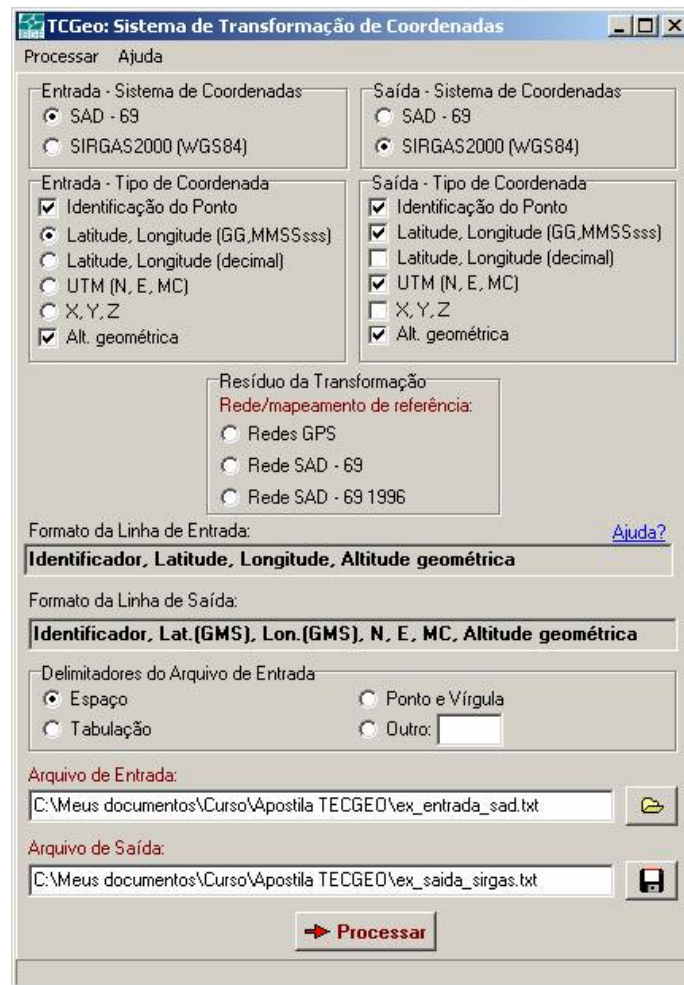


Figura 38 - Tela do programa TCGeo com a opção de Processar por Arquivo.

Vale ressaltar que para processar a transformação das coordenadas utilizando a opção de entrada por Arquivo, o usuário deverá respeitar a ordem dos dados que configurou conforme os itens apresentados na linha: **Formato da Linha de Entrada**. Bem como deverá configurar as opções de saída que preferir verificando como está formatada a saída através da linha: **Formato da Linha de Saída**.

Na Figura 39 segue exemplo de formatação do arquivo utilizado para transformação de coordenadas (de SAD69 para SIRGAS 2000) conforme Figura 38, obedecendo à ordem de itens da linha **Formato da Linha de Entrada**.

```
vico -20 45 39,6537 -42 52 10,4763 678,080
varg -21 32 31,9256 -45 26 03,9821 968,390
riod -22 49 02,4574 -43 18 21,0747 18,510
uber -18 53 20,6638 -48 18 59,4699 801,690
```

Figura 39 – Formato de um Arquivo de Entrada. Em cada linha têm-se informados os itens: Identificação (da estação), Latitude, Longitude e Altitude geométrica, todos separados por espaço.

As estações do exemplo são estações da RBMC cujos valores das coordenadas são os oficiais disponíveis no Relatório de Informação da Estação.



A Figura 40 apresenta o resultado da Transformação das Coordenadas das estações RBMC Vico, Varg, Riód e Uber de SAD - 69 para SIRGAS2000. Nota-se que as coordenadas UTM de Uber já aparecem referenciadas ao Meridiano Central 51.

vico	-20	45	41,40216	-42	52	11,96188	7702785,746	721757,720	-45	665,93
varg	-21	32	33,66523	-45	26	05,55478	7617727,271	454968,885	-45	958,81
riod	-22	49	04,24023	-43	18	22,59562	7475648,013	673825,223	-45	8,61
uber	-18	53	22,32994	-48	19	01,10016	7909251,390	782656,407	-51	791,88

**Figura 40 – Formato de um Arquivo de Saída. Em cada linha têm-se informados os itens: Identificação (da estação), Latitude, Longitude, Norte, Este, Meridiano Central e Altitude geométrica.**

A formatação da saída obedece à ordem configurada no item: **Saída - Tipo de Coordenada**, que pode ser melhor visualizado na linha: **Formato da Linha de Saída**.



## 8 OBTENÇÃO DA ALTITUDE ORTOMÉTRICA COM O SOFTWARE MAPGEO2004

O MAPGEO2004 é um Sistema de Interpolação de Ondulação Geoidal desenvolvido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE, através da Coordenação de Geodésia- CGED, e a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo- EPUSP.

Esse sistema fornece a ondulação geoidal (N) em um ponto, e/ou conjunto de pontos, nos sistemas SIRGAS2000 e SAD69. Os dados de entrada são: nome, latitude e longitude do ponto. A entrada pode ser via teclado ou via arquivo, podendo ser de duas formas: em graus sexagesimais ou em graus decimais. A Figura 41 ilustra a tela de entrada de dados do programa MAPGEO2004.

Após a entrada dos dados clique na seta em vermelho para determinar a ondulação geoidal.

The screenshot shows the 'IBGE - MAPGEO2004' window. The title bar includes 'Ilustrações', 'Utilitários', 'Ajuda', and 'Sair'. The main title is 'SISTEMA DE INTERPOLAÇÃO DE ONDULAÇÃO GEOIDAL'. Below this, it says 'Coordenadas Geodésicas' and 'Formato de entrada em graus, minutos e segundos'. There are radio buttons for 'SAD-69' and 'SIRGAS', with 'SIRGAS' selected. The 'ENTRADA VIA TECLADO' section is checked and contains: 'Identificação da Estação' (VICO), 'Lat' (- 20 45 41.4020), 'Lon' (- 42 52 11.9622), and 'Ondulação Geoidal' (-6.76). The 'ENTRADA VIA ARQUIVO' section is unchecked and has fields for 'Arquivo de entrada', 'Arquivo de saída', 'Nº de Linhas', and 'Tempo'. A red arrow icon is visible at the bottom right of the interface.

Figura 41 - Tela do MAPGEO2004 com exemplo de dados da estação VICO.

As atividades de engenharia e mapeamento necessitam conhecer a **altitude ortométrica (H)**, que é uma altitude com significado físico, referidas ao geóide ou ao nível médio dos mares.

Os levantamentos GPS nos fornecem uma outra altitude, essa com referência no elipsóide, a **altitude geométrica** ou **elipsoidal (h)**.

A **altura** ou **ondulação geoidal** é a diferença entre as duas superfícies em questão: o elipsóide e o geóide.



$$H = h - N$$

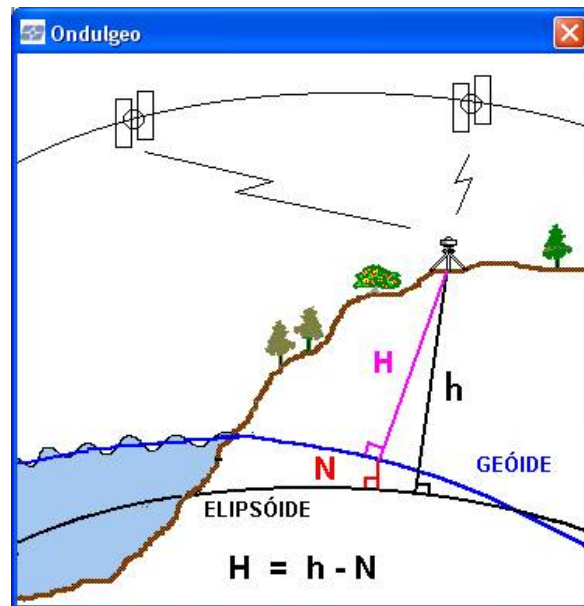


Figura 42 – Esquema representativo da ondulação geoidal para obtenção da latitude ortométrica.

Desta forma o MAPGEO permite obter a **altitude ortométrica (H)** a partir da **altitude geométrica (h)**.

Segundo o IBGE, “O erro médio padrão associado ao modelo MAPGEO2004 foi de +/- 0,5 metro, determinado a partir das comparações de altitudes GPS com altitudes de referências de nível (altitudes obtidas através de nivelamento geométrico) do IBGE. Isso significa que no Brasil, poderão ocorrer erros maiores que 0,5 metro, em regiões onde existe carência de informações para subsidiar a elaboração do modelo, como por exemplo, a Região Amazônica.”

---

### Exemplo:

Para a estação VICO da RBMC (Viçosa – MG):

Nome:	VICO
Latitude:	-20° 45' 41,4020" SIRGAS2000
Longitude:	-42° 52' 11,9622" SIRGAS2000
Altitude geométrica (h):	665,96 m

O MAPGEO forneceu uma ondulação geoidal de **-6.76** metros. Logo a altitude ortométrica de VICO é:

$$H = h - N = 665,96 - (-6,76) = 672,72 \text{ m}$$

---

**Nota-se** que nesse ponto o geóide está abaixo do elipsóide.

A Figura 43 apresenta o Modelo Geoidal com referência ao sistema SAD69 e a Figura 44 apresenta o modelo Geoidal com referência ao sistema WGS84

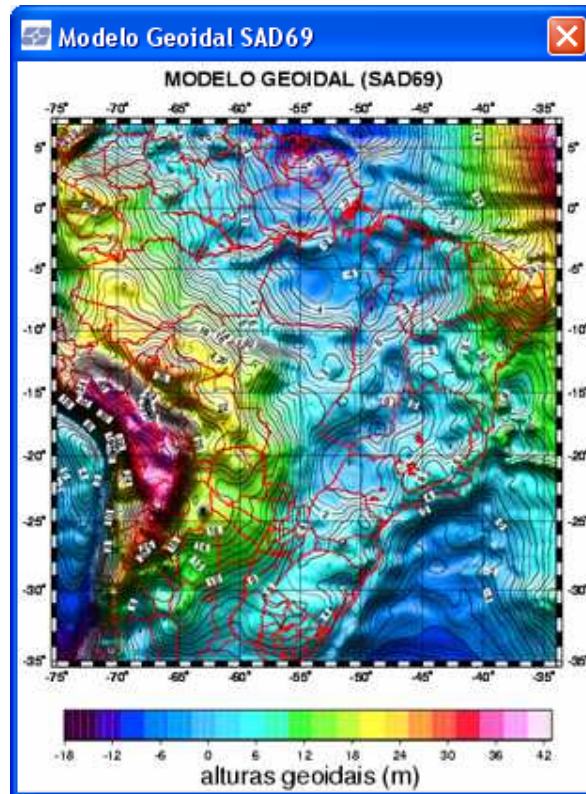


Figura 43 - Modelo Geoidal SAD69.

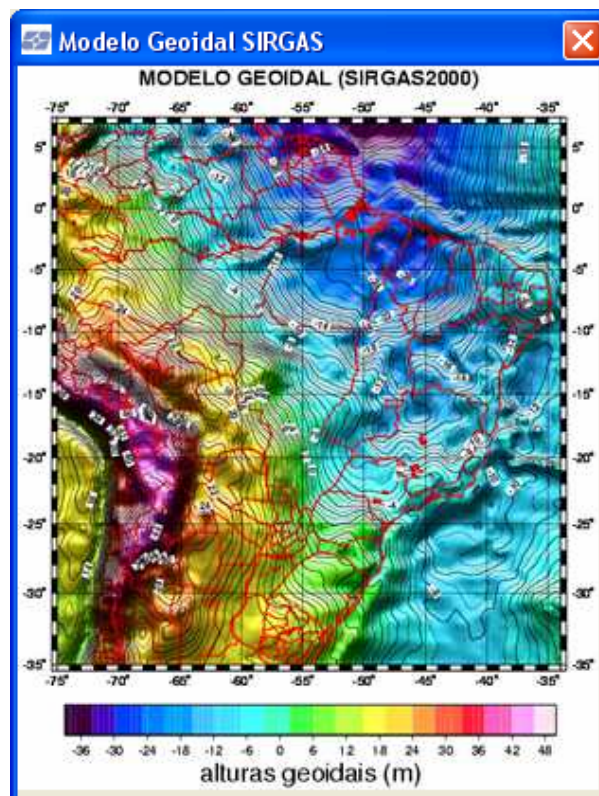


Figura 44 - Modelo Geoidal SIRGAS2000.


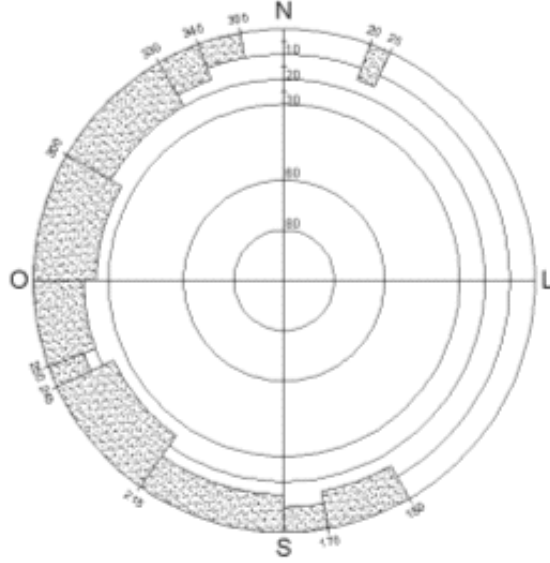


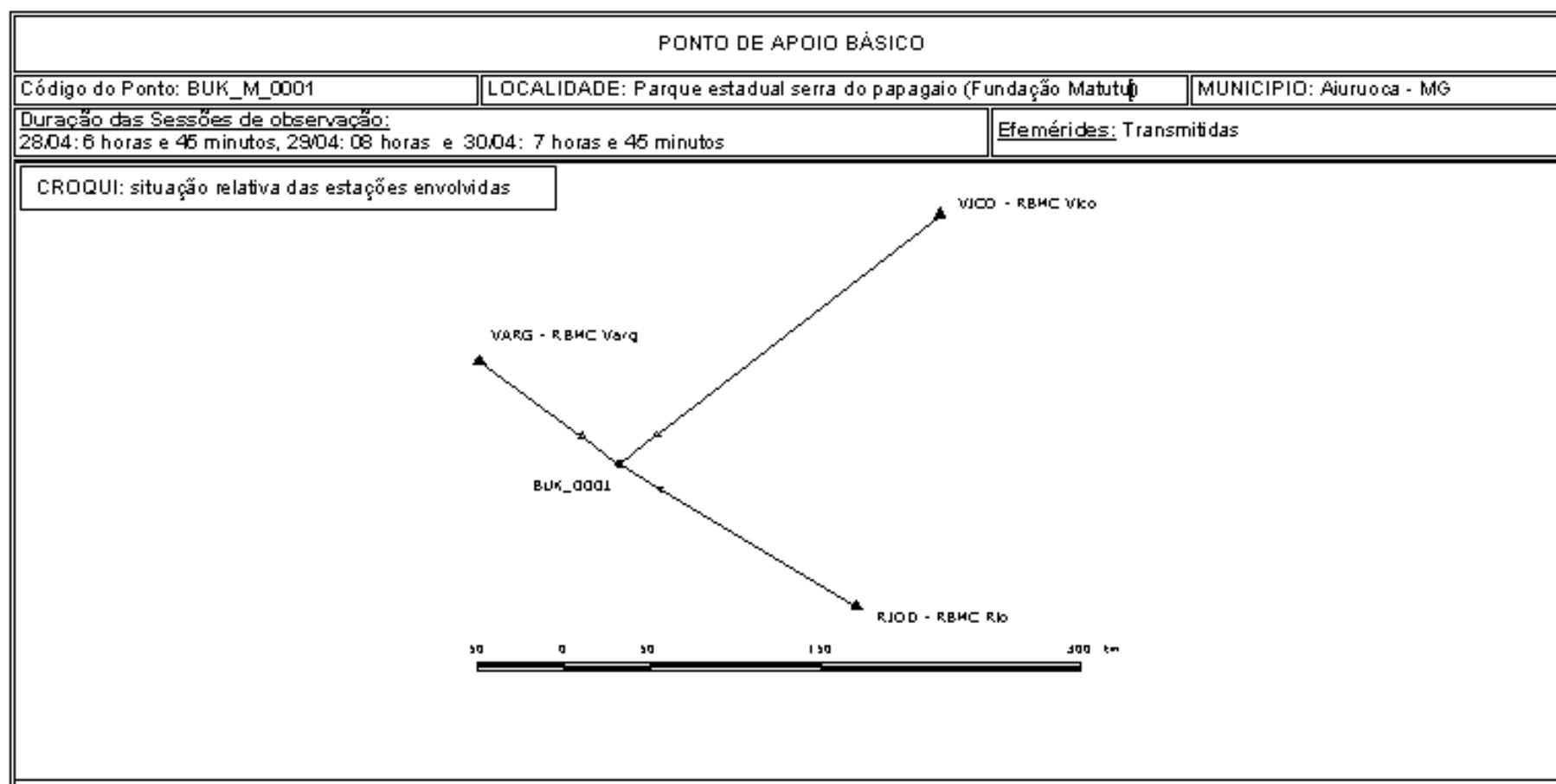
## **9 ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO TÉCNICO E DESCRITIVO DO MARCO**

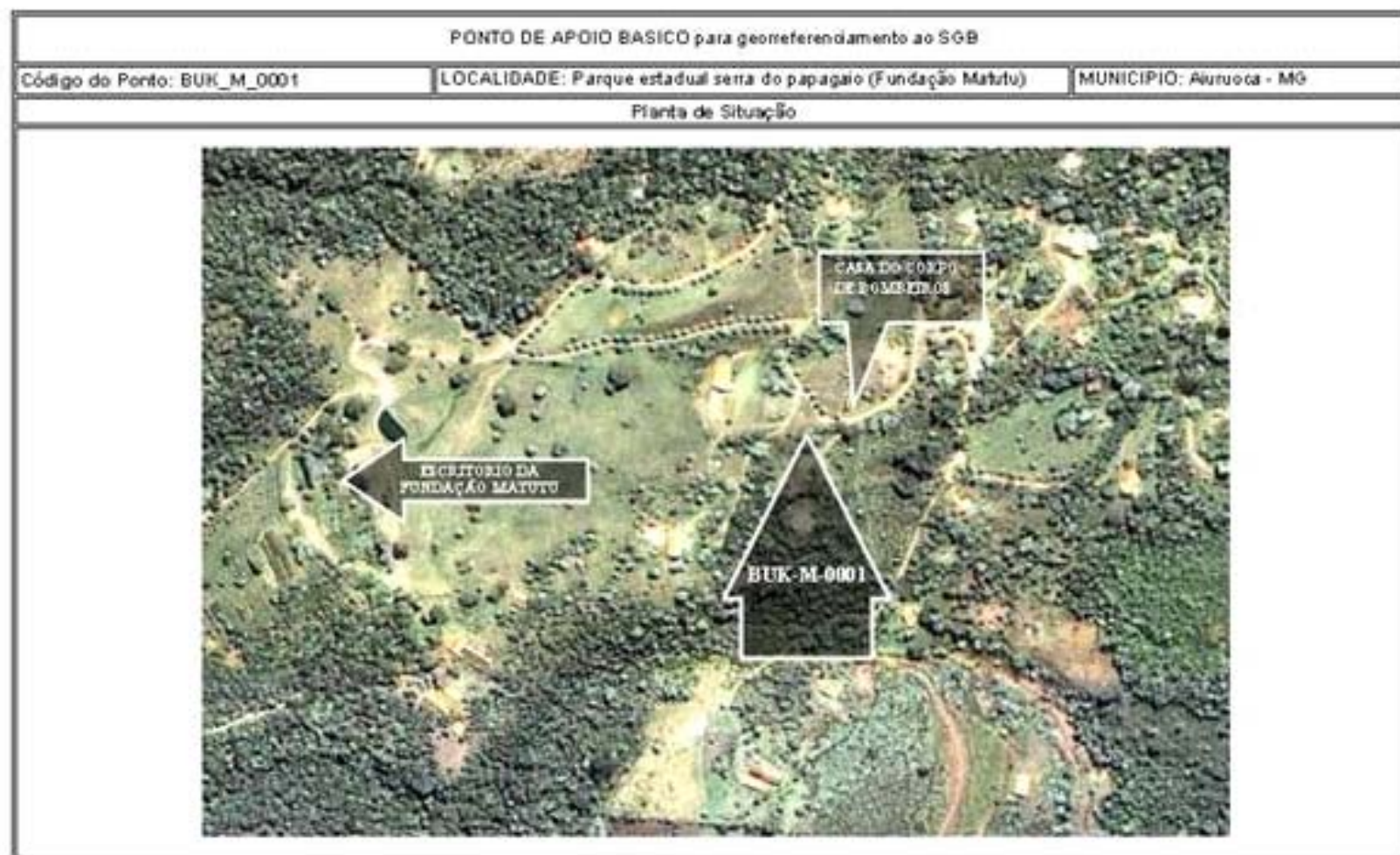
O Relatório Técnico detalhado dos trabalhos executados deve conter informações sobre:

- Metodologia;
- Objeto;
- Finalidade;
- Período de Execução;
- Localização;
- Datum;
- Marcos Geodésicos de referência utilizado (com as respectivas monografias);
- Proprietário;
- Descrição dos Serviços Executados;
- Precisoões Obtidas;
- Quantidades Realizadas;
- Relação de Equipamentos (marca, modelo, tipo);
- Equipe Técnica;
- Relatórios Técnicos emitidos pelos programas de computadores utilizados nos cálculos de correção diferencial ou dos cálculos de poligonais.
- Anotação de Responsabilidade Técnica – ART, (no campo 17 - modelo novo- deverá estar descrito todo trabalho inerente à aquela anotação e as peças técnicas elaboradas;

## ANEXO I

PONTO DE APOIO BASICO para georreferenciamento ao SGB			
Código do Ponto: BUK_M_0001	LOCALIDADE: Parque estadual serra do papagaio (Fundação MATUTU).	MUNICIPIO: Ajuruoca - MG	
Coordenadas Geodésicas			Coordenadas UTM
SIRGAS2000 (WGS84-G1150)	SAD69	SIGMAS ( $1\sigma$ )	SAD69 - M.C.: -45°
Latitude: $\phi = 22^{\circ}04'48,37624''$ S	Latitude: $\phi = 22^{\circ}04'46,81980''$ S	$\sigma(\phi) = 0,002$ m	N = 7558311,185 m
Longitude: $\lambda = 44^{\circ}59'09,47028''$ O	Longitude: $\lambda = 44^{\circ}59'07,91580''$ O	$\sigma(\lambda) = 0,005$ m	E = 535880,545 m
Altura elipsoidal: h = 1447,509 m	Altura elipsoidal: h = 1457,151 m	$\sigma(h) = 0,013$ m	Altura geométrica: h = 1457,151 m
<p><u>Localização do marco:</u> O marco BUK_M_0001 encontra-se situado no Parque Estadual Serra do Papagaio, dentro da Fundação MATUTU, próximo à casa do corpo de bombeiros.</p>	<p><b>I</b></p> <p>Foto: Equipamento instalado no Marco</p> 	<p><u>Diagrama de Obstrução</u></p> 	
<p><u>Descrição:</u> Marco de concreto com parafuso de centragem forçada fixo.</p>			
<p><u>Estações de referência da RBMC utilizadas:</u> 91720 - RIOD: Rio de Janeiro (RJ) 91930 - VARG: Varginha (MG) 91696 - VICO: Viçosa (MG)</p>			
<p><u>Equipamento utilizado:</u> Receptor: RASCAL, Modelo: GPS RASCAL 8 Antena: Rascal RTK.AQA L1/L2</p>			
<p><u>Softwares empregados:</u> TGO V 1.6 – Processamento e ajuste TCGeo – Transf. de coordenadas</p>			
<p><u>Data Levantamento:</u> 28, 29 e 30/04/2005</p>	<p>Data Assinatura: ____/____/____</p>	<p>RT: _____ Engº Agrimensor Dalto Domingos Rodrigues CREA- MG: 58.529/D</p>	





## APÊNDICE A

### FORMATO RINEX – COVERSÃO DE FORMATOS

RINEX – Receiver Independent Exchange Format

O RINEX é um formato de arquivo de armazenamento de dados GPS. O RINEX foi desenvolvido Instituto Astronômico da Universidade de Berne para facilitar o intercâmbio de dados GPS durante uma grande campanha européia EUREF 89, que envolveu mais de 60 receptores GPS de quatro fabricantes diferentes.

Atualmente o formato consiste de seis tipos de arquivo ASCII :

1. Arquivo Dados de Observações
2. Arquivo Mensagem de Navegação – *broadcast*
3. Arquivo Dados Meteorológicos
4. Arquivo Mensagem de Navegação GLONASS
5. Arquivo Mensagem de Navegação GEO
6. Arquivo Dados dos Satélites e Relógio dos Receptores.

Exemplo: Arquivo de Observações Matutu1181.05°

2.10	OBSERVATION DATA				G (GPS)		RINEX VERSION / TYPE
TB-converter	buk				29-Apr-05 10:16		PGM / RUN BY / DATE
TurboRogue Rinex formatter					Win95 rel 1.3		COMMENT
Unknown							MARKER NAME
Unknown	ejeag						OBSERVER / AGENCY
Unknown	Unknown				Unknown		REC # / TYPE / VERS
Unknown	Unknown						ANT # / TYPE
	4207461.8245	-4156751.6065	-2383180.6547				APPROX POSITION XYZ
	0.2050	0.0000	0.0000				ANTENNA: DELTA H/E/N
1	1						WAVELENGTH FACT L1/2
5	C1	L1	L2	P1	P2		# / TYPES OF OBSERV
2005	4	28	16	6	5.0000000	GPS	TIME OF FIRST OBS
2005	4	28	22	52	55.0000000	GPS	TIME OF LAST OBS
							END OF HEADER
5	4	28	16	8	20.0000000	0 7G26G 4G29G 7G24G28G 8	
	21214348.37509	-16241.47709	-12654.96947			0.00000	21214352.18947
	23248629.41707	-36373.40407	-28341.84444			0.00000	23248641.44444
	20826318.75209	11969.96309	9327.88447			0.00000	20826323.27647
	20306201.21709	18645.94709	14530.36448			0.00000	20306206.07248
	23341477.44206	-19139.91206	-14913.46844			0.00000	23341487.47244
	22918787.63707	28162.80607	21945.02243			0.00000	22918792.50943
	22979802.66808	23720.56708	18484.46545			0.00000	22979808.39445
5	4	28	16	8	25.0000000	0 7G26G 4G29G 7G24G28G 8	
	21213325.39209	-21616.41609	-16843.23547			0.00000	21213329.04547
	23246324.05907	-48487.78107	-37781.58644			0.00000	23246336.58844
	20827084.97009	15998.38309	12466.90347			0.00000	20827089.44147
	20307390.19809	24895.12909	19399.85848			0.00000	20307395.09748
	23340268.42106	-25494.10706	-19864.75044			0.00000	23340279.57144
	22920575.47807	37554.31907	29263.08844			0.00000	22920579.42044
	22981311.06508	31648.35108	24661.94345			0.00000	22981316.99845

Fonte: < <http://www.ngs.noaa.gov/CORS/instructions2/> >

Exemplo: Arquivo Mensagem de Navegação Matutu1181.05n

2.10		NAVIGATION DATA		G (GPS)		RINEX VERSION / TYPE	
DAT2RINW	1.50 002	vico		28APR05	21:00:00	PGM / RUN BY / DATE	
						COMMENT	
	.1397D-07	.2235D-07	-.1192D-06	-.1192D-06		ION ALPHA	
	.1044D+06	.9830D+05	-.1966D+06	-.3932D+06		ION BETA	
	-.745058059692D-08	-.284217094304D-13		589824	1320	DELTA-UTC: A0,A1,T,W	
	13					LEAP SECONDS	
						END OF HEADER	
1	05 4 27 10 0 0.0	.400572083890D-03	.181898940355D-11	.000000000000D+00			
	.213000000000D+03	-.120000000000D+03	.367979613542D-08	.169659362673D+01			
	-.618956983089D-05	.590221921448D-02	.859797000885D-05	.515363880348D+04			
	.295200000000D+06	.204890966415D-07	-.299190939340D+01	-.165775418282D-06			
	.983936509111D+00	.224968750000D+03	-.165723600580D+01	-.761638868173D-08			
	.782175437889D-10	.100000000000D+01	.132000000000D+04	.000000000000D+00			
	.485000000000D+01	.000000000000D+00	-.325962901115D-08	.725000000000D+03			
	.288000000000D+06	.400000000000D+01					
4	05 4 28 10 0 0.0	.254218000919D-03	-.234194885707D-10	.000000000000D+00			
	.105000000000D+03	.138218750000D+03	.441911264521D-08	-.570789092045D+00			
	.712648034096D-05	.700982112903D-02	.796467065811D-05	.515361514473D+04			
	.381600000000D+06	.121071934700D-06	.118563623981D+01	-.651925802231D-07			
	.954859341633D+00	.223156250000D+03	.439984739930D-01	-.806105006081D-08			
	-.130005415247D-09	.100000000000D+01	.132000000000D+04	.000000000000D+00			
	.340000000000D+01	.000000000000D+00	-.605359673500D-08	.361000000000D+03			
	.377910000000D+06	.400000000000D+01					

Fonte: <<http://www.ngs.noaa.gov/CORS/instructions2/>>

Cada fabricante possui o seu próprio formato, por isso quando houver necessidade de processar dados GPS em um software de outro fabricante (ex. receptor Trimble e software AshTech Solutions) deve-se converter os arquivos gravados pelo receptor em formato RINEX. Todos ou quase todos softwares de processamento GPS reconhecem o formato RINEX.

## 10 REFERÊNCIAS

### BIBLIOGRÁFICA:

- CROSS, P. A., *Advanced Least Square Applied to Position- Fixing*. Working Paper N° 6. North East London Polytechnic – Department of Land Surveying. Series Editor: A S Walker, 205p 1983.
- GEMAEL, C., ANDRADE, J. B., *Geodésia celeste*. Curitiba: Editora UFPR, 389p.
- GEMAEL, C., *Introdução ao ajustamento de observações: aplicações geodésicas*. Curitiba: Editora UFPR, 1994. 319p.
- GURTNER, W., *RINEX The Receiver Independent Exchange Format Version 3.0*. Lou Estey, UNAVCO Boulder, Co. 39p 2006.
- HOFMANN-WELLENHOF, B., LICHTTENEGGER, H.& COLLINS, J., *GPS Theory and Practice*. Vienna: Springer-Verlag, 1993. 326p.
- MONICO, J. F. G., *Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS – Descrição, fundamentos e aplicações*. São Paulo: Editora UNESP ,2000. 287p.
- SCHILDT, H. *C Completo e Total*, 3ª Edição, Editora Makron Books, 827p, 1997.
- SEEBER, G. I., *Satellite geodesy: foundations, methods and applications*. Berlin, New York: Walter de Gruyter, 1993. 531p.
- SILVA, A. S., *Geodésia especial com ênfase em GPS*. Viçosa. Apostila notas de aula, 2005. 93p.
- SILVA, A. S., *Geodésia geométrica*. Viçosa. Apostila notas de aula, 2003. 122p.

### LINKS:

- Efemerides Precisas - [http://igscb.jpl.nasa.gov/components/prods\\_cb.html](http://igscb.jpl.nasa.gov/components/prods_cb.html);
- ESPECIFICAÇÃO E NORMAS - [http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/default\\_normas.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/default_normas.shtm);
- HOMOLOGAÇÃO DE MARCOS - [http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/default\\_sgb\\_homologa.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/default_sgb_homologa.shtm);
- MAPGEO - Sistema De Interpolacao de Ondulacao Geoidal - [http://www.ibge.gov.br/servidor\\_arquivos\\_geo/](http://www.ibge.gov.br/servidor_arquivos_geo/);
- National Geodetic Survey Precise GPS Orbits - <http://www.ngs.noaa.gov/GPS/GPS.html>;
- NORMAS – IBGE - GEOCIÊNCIAS – GEODÉSIA - <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/default.shtm>;
- TCGeo - Transformacao de Coordenadas - [http://www.ibge.gov.br/servidor\\_arquivos\\_geo/](http://www.ibge.gov.br/servidor_arquivos_geo/);