

JOSÉ GONZÁLEZ BRICEÑO

AVALIAÇÃO DO POSICIONAMENTO ESTÁTICO RÁPIDO PARA DISTÂNCIAS MÉDIAS

Dissertação apresentada como requisito parcial
à obtenção do grau de Mestre em Ciências
Geodésicas, Curso de Pós-Graduação em Ciências
Geodésicas, Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof.^ª Dr.^ª Cláudia Pereira Krueger

CURITIBA


2000


**“AVALIAÇÃO DO POSICIONAMENTO ESTÁTICO RÁPIDO
PARA DISTÂNCIAS MÉDIAS”**


POR

JOSÉ ETANISLAO GONZÁLEZ BRICEÑO

Dissertação nº 149 aprovada como requisito parcial do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos professores:


Prof.ª Dr.ª Cláudia Pereira Krueger (UFPR)
Orientadora e Presidente


Prof. Dr. Luiz Danilo Damasceno Ferreira - Membro (UFPR.)


Prof. Dr. Nelsi Cogo de Sá – Membro (IAG/USP)

AGRADECIMENTOS

Ao curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas do Departamento de Geomática do Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná, por me permitir realizar os estudos de mestrado e a seus professores, pela excelência de suas aulas.

Ao Exército da Venezuela por financiar meus estudos no Brasil.

À Prof^a. Dra. Cláudia Pereira Krueger, pelo seu alto profissionalismo e interesse manifesto na orientação desta dissertação.

Ao Prof. Dr. Luiz Danilo Damasceno Ferreira e ao Prof. Dr. Nelsi Cogo de Sá, membros da banca examinadora deste trabalho.

Ao pessoal do Laboratório de Geodésia Espacial (LAGE), pela sua colaboração na realização da parte experimental deste trabalho.

Aos colegas do curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas do Departamento de Geomática do Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná, por compartilhar seus conhecimentos e momentos bons e difíceis.

A minha esposa Margarita e meu filho Jhonattan, pela sua grata companhia e inestimável ajuda neste País.

A Curitiba, à Universidade Federal do Paraná, e em geral à República Federativa do Brasil por contribuir na formação e crescimento de um Venezuelano.

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	v
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE ABREVIATURAS SIGLAS E SÍMBOLOS	ix
RESUMO	xi
RESUMEN	xii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DA LITERATURA	2
2.1 GENERALIDADES SOBRE GPS.....	2
2.2 MÉTODOS E TÉCNICAS DE LEVANTAMENTO.....	5
2.3 TÉCNICA ESTÁTICO RÁPIDO.....	12
3 LEVANTAMENTO DE CAMPO	14
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	14
3.2 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.....	16
3.3 PRIMEIRA CAMPANHA.....	16
3.4 SEGUNDA CAMPANHA.....	17
4 PROCESSAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS	18
4.1 OBTENÇÃO DAS COORDENADAS DOS PONTOS.....	18
4.2 PROCESSAMENTO E ANÁLISE DA TÉCNICA ESTÁTICO RÁPIDO.....	22
4.3 PROCESSAMENTO E ANÁLISE DA TÉCNICA ESTÁTICA (CLÁSSICA).....	38
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	44
5.1 CONCLUSÕES.....	44
5.2 RECOMENDAÇÕES.....	45
6 REFERÊNCIAS	47
7 DOCUMENTOS CONSULTADOS	49
8 APÊNDICES	51

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 2.1 - SITUAÇÃO APROXIMADA DA CONSTELAÇÃO GPS, PARA O DIA 18/10/2000, AS 6:00 HORAS UT.....	3
FIGURA 2.2 - POSICIONAMENTO ABSOLUTO.....	6
FIGURA 2.3 - POSICIONAMENTO RELATIVO.....	7
FIGURA 3.1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	15
FIGURA 4.1 - PRECISÃO DA TÉCNICA ESTÁTICO RÁPIDO EM FUNÇÃO DO TEMPO, PARA A LINHA DE BASE DE 20 km, E PARA DIFERENTES NÚMEROS DE SATÉLITES.....	27
FIGURA 4.2 - PRECISÃO DA TÉCNICA ESTÁTICO RÁPIDO EM FUNÇÃO DO TEMPO, PARA A LINHA DE BASE DE 40 km, E PARA DIFERENTES NÚMEROS DE SATÉLITES.....	28
FIGURA 4.3 - PRECISÃO DA TÉCNICA ESTÁTICO RÁPIDO EM FUNÇÃO DO TEMPO, PARA A LINHA DE BASE DE 56 km, E PARA DIFERENTES NÚMEROS DE SATÉLITES.....	29
FIGURA 4.4 - PRECISÃO DA TÉCNICA ESTÁTICO RÁPIDO EM FUNÇÃO DO TEMPO, PARA A LINHA DE BASE DE 70 km, E PARA DIFERENTES NÚMEROS DE SATÉLITES.....	30
FIGURA 4.5 - PRECISÃO DA TÉCNICA ESTÁTICO RÁPIDO EM FUNÇÃO DO TEMPO, PARA A LINHA DE BASE DE 96 km, E PARA DIFERENTES NÚMEROS DE SATÉLITES.....	31
FIGURA 4.6 - PRECISÃO DA TÉCNICA ESTÁTICO RÁPIDO EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE SATÉLITES, PARA TEMPOS DE OBSERVAÇÃO ACIMA DE 10 MINUTOS. PRIMEIRA E SEGUNDA CAMPANHAS. LINHAS DE BASE DE 20, 40, E 56 km	35

FIGURA 4.7 - PRECISÃO DA TÉCNICA ESTÁTICO RÁPIDO EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE SATÉLITES, PARA TEMPOS DE OBSERVAÇÃO ACIMA DE 10 MINUTOS. PRIMEIRA E SEGUNDA CAMPANHAS. LINHAS DE BASE DE 70 E 96 km.....	36
FIGURA 4.8 - NÚMERO DE SATÉLITES E PDOP PARA O DIA 23/10/2000. OBTIDO COM O MÓDULO PRE-PLANNING DO PROGRAMA PRISM (ASHTECH), BASEADO NO ARQUIVO DE NAVEGAÇÃO TRIMBLE PARA A DATA INDICADA.....	43
GRÁFICO 4.1 - PRECISÃO DA TÉCNICA ESTÁTICO RÁPIDO EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE SATÉLITES, PARA DIFERENTES TEMPOS DE OBSERVAÇÃO. LINHA DE BASE DE 20 km.....	32
GRÁFICO 4.2 - PRECISÃO DA TÉCNICA ESTÁTICO RÁPIDO EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE SATÉLITES, PARA DIFERENTES TEMPOS DE OBSERVAÇÃO. LINHA DE BASE DE 40 km.....	32
GRÁFICO 4.3 - PRECISÃO DA TÉCNICA ESTÁTICO RÁPIDO EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE SATÉLITES, PARA DIFERENTES TEMPOS DE OBSERVAÇÃO. LINHA DE BASE DE 56 km.....	33
GRÁFICO 4.4 - PRECISÃO DA TÉCNICA ESTÁTICO RÁPIDO EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE SATÉLITES, PARA DIFERENTES TEMPOS DE OBSERVAÇÃO. LINHA DE BASE DE 70 km.....	33
GRÁFICO 4.5 - PRECISÃO DA TÉCNICA ESTÁTICO RÁPIDO EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE SATÉLITES, PARA DIFERENTES TEMPOS DE OBSERVAÇÃO. LINHA DE BASE DE 96 km.....	34
GRÁFICO 4.6 - PRECISÃO DA TÉCNICA ESTÁTICO RÁPIDO EM FUNÇÃO DA DISTÂNCIA, PARA TEMPOS DE MEDIÇÃO DE 20, 25 E 30 MINUTOS. (5 SATÉLITES).....	37
GRÁFICO 4.7 - PRECISÃO DA TÉCNICA ESTÁTICO RÁPIDO EM FUNÇÃO DA DISTÂNCIA, PARA TEMPOS DE MEDIÇÃO DE 20, 25 E 30 MINUTOS. (6 SATÉLITES).....	37

GRÁFICO 4.8 - PRECISÃO DA TÉCNICA ESTÁTICO RÁPIDO EM FUNÇÃO DA DISTÂNCIA, PARA TEMPOS DE MEDIÇÃO DE 20, 25 E 30 MINUTOS. (7 SATÉLITES).....	38
GRÁFICO 4.9 - PRECISÃO DA TÉCNICA ESTÁTICA (CLÁSSICA) EM FUNÇÃO DO TEMPO DE OBSERVAÇÃO E A DISTÂNCIA DA LINHA DE BASE PARA 7 SATÉLITES, PRIMEIRA CAMPANHA.....	39
GRÁFICO 4.10 - PRECISÃO DA TÉCNICA ESTÁTICA (CLÁSSICA) EM FUNÇÃO DO TEMPO DE OBSERVAÇÃO E A DISTÂNCIA DA LINHA DE BASE PARA 7 SATÉLITES, SEGUNDA CAMPANHA.....	40
GRÁFICO 4.11 - PRECISÃO DA TÉCNICA ESTÁTICA (CLÁSSICA) EM FUNÇÃO DO TEMPO DE OBSERVAÇÃO E A DISTÂNCIA DA LINHA DE BASE PARA 6 SATÉLITES, PRIMEIRA CAMPANHA.....	40
GRÁFICO 4.12 - PRECISÃO DA TÉCNICA ESTÁTICA (CLÁSSICA) EM FUNÇÃO DO TEMPO DE OBSERVAÇÃO E A DISTÂNCIA DA LINHA DE BASE PARA 6 SATÉLITES, SEGUNDA CAMPANHA.....	41
GRÁFICO 4.13 - PRECISÃO DA TÉCNICA ESTÁTICA (CLÁSSICA) EM FUNÇÃO DO TEMPO DE OBSERVAÇÃO E A DISTÂNCIA DA LINHA DE BASE PARA 5 SATÉLITES, PRIMEIRA CAMPANHA.....	41
GRÁFICO 4.14 - COMPARAÇÃO DA PRECISÃO DAS TÉCNICAS ESTÁTICO RÁPIDO E ESTÁTICA (CLÁSSICA) EM FUNÇÃO DA DISTÂNCIA, PARA DIFERENTES TEMPOS DE OBSERVAÇÃO.....	42

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 - CARACTERÍSTICAS DOS SINAIS GPS.....	5
TABELA 2.2 - PRINCIPAIS ERROS NAS MEDIÇÕES GPS.....	12
TABELA 3.1 - LINHAS DE BASE MEDIDAS NO CAMPO.....	15
TABELA 3.2 - LOCALIZAÇÃO E MATERIALIZAÇÃO DOS PONTOS.....	16
TABELA 3.3 - INFORMAÇÕES SOBRE A PRIMEIRA CAMPANHA DE CAMPO.....	17
TABELA 3.4 - INFORMAÇÕES SOBRE A SEGUNDA CAMPANHA DE CAMPO.....	17
TABELA 4.1 - COORDENADAS NO DATUM WGS84 DA PRIMEIRA CAMPANHA. CÁLCULO DA TÉCNICA ESTÁTICA (CLÁSSICA) (WL).....	20
TABELA 4.2 - COORDENADAS NO DATUM WGS84 DA SEGUNDA CAMPANHA. CÁLCULO DA TÉCNICA ESTÁTICA (CLÁSSICA) (WL).....	20
TABELA 4.3 - DIFERENÇA ENTRE AS COORDENADAS DA SEGUNDA COM A PRIMEIRA CAMPANHAS (L1).....	21
TABELA 4.4 - DIFERENÇA ENTRE AS COORDENADAS DA SEGUNDA COM A PRIMEIRA CAMPANHAS (WL).....	21
TABELA 4.5 - DIFERENÇA TRIDIMENSIONAIS DAS COORDENADAS ACRESCIDAS DO DESVIO PADRÃO ENTRE O CÁLCULO COM WL E L1 DA PRIMEIRA E SEGUNDA CAMPANHAS.....	22
TABELA 4.6 - PRECISÕES DO PNAV PARA DIFERENTES OBSERVÁVEIS.....	23
TABELA 4.7 - TEMPO DE OBSERVAÇÃO RECOMENDÁVEL EM FUNÇÃO DO COMPRIMENTO DA LINHA DE BASE.....	24
TABELA 4.8 - RESOLUÇÃO DAS AMBIGÜIDADES PARA A 1ª E 2ª CAMPANHAS NO PROCESSAMENTO ESTÁTICO.....	39

LISTA DE ABREVIATURAS SIGLAS E SÍMBOLOS

1ª Cam	- Primeira Campanha
2ª Cam	- Segunda Campanha
Amb	- Ambigüidade
APL	- Johns Hopkins Applied Physics Laboratory
AS	- Anti - Spoofing
bps	- Bites por segundo
cm	- Centímetro (s)
C/A	- Código C/A
DDF	- Dupla Diferença de Fase
Dif	- Diferença
DOP	- Dilution Of Precision
EUA	- Estados Unidos da América
f+w	- Argumento da latitude
GPS	- Global Positioning System
Grad	- Grau (s)
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
km	- Quilômetro (s)
L1	- Portadora L1
L2	- Portadora L2
LAGE	- Laboratório de Geodésia Espacial
m	- Metro (s)
MHz	- Megahertz
min	- Minuto (s)
mm	- Milímetro (s)
N	- Norte / Ambigüidade
NRL	- Naval Research Laboratory
NNSS	- Navy Navegation Satellite System
OTF	- On The Fly
P	- Código P / Pseudistância

PC	- Computador Pessoal
PDOP	- Dilution Of Precision Of Position
PNAV	- Precise Differential GPS Navigation And Surveying
RMS / rms	- Erro Médio Quadrático
SA	- Selective Availavility
Sat	- Satélite
s	- Segundo (s)
SEMA	- Secretaria de Estado do Meio Ambiente
SDF	- Simple Diferença de Fase
Sol	- Solução
TBG	- Transportadora Brasileira Gasoduto Bolívia - Brasil S. A
TDF	- Tripla Diferença de Fase
TELEPAR	- Telecomunicações do Paraná
UFPR	- Universidade Federal do Paraná
UT	- Universal Time
W	- Oeste
WGS84	- World Geodetic System 1.984
WL	- Wide Lane
Ω	- Ascensão Reta do Nodo Ascendente
∇	- Operador de Simple Diferença
$\Delta\nabla$	- Operador de Dupla Diferença
$\delta\Delta\nabla$	- Operador de Tripla Diferença

RESUMO

O posicionamento com GPS com a técnica estático rápido têm sido empregado para distâncias curtas chegando a alcançar precisões milimétricas tanto quanto a técnica estática (clássica). Existem aplicações em distâncias médias (dezenas de quilômetros) que não requerem tanta precisão, podendo ser empregada esta técnica ao invés da técnica estática (clássica), com a vantagem de se empregar menor tempo de observação. Este trabalho pretende testar a técnica estático rápido para distâncias entre 20 km e 100 km. Neste projeto foram medidas, com GPS de dupla frequência, cinco (5) linhas de base de 20 km, 40 km, 56 km, 70 km e 96 km, entre as cidades de Curitiba e Ponta Grossa, no Estado do Paraná, Brasil; empregando tempos de observação de 2 até 4 horas e uma taxa de gravação de dados de 5 segundos. Inicialmente os dados foram processados em modo estático visando obter-se coordenadas precisas para servirem de referência para os cálculos futuros. Posteriormente, estes dados foram processados em modo estático rápido, em intervalos de 5 minutos (de 5 a 60 minutos), e também com diferentes números de satélites (de 4 a 10 satélites). As precisões obtidas estão representadas em gráficos que contém a observação, a distância da linha de base e a quantidade de satélites. Mediante a análise destes gráficos, foram apresentadas as conclusões e recomendações correspondentes.

RESUMEN

El posicionamiento con GPS con la técnica estático rápido ha sido empleada para distancias cortas llegando alcanzar precisiones hasta milimétricas tanto como la técnica estática (clásico). Existen aplicaciones en distancias medias (decenas de kilómetros) que no requieren de tanta precisión, pudiendo ser empleada esta técnica en vez de la técnica estática (clásico), con la ventaja de emplear menos tiempo de observación. Este trabajo pretende probar la técnica estático rápido para distancias entre 20 y 100 km. En este proyecto fueron medidas, con GPS de doble frecuencia, cinco (5) líneas de base de 20, 40, 56, 70 y 96 km, entre las ciudades de Curitiba y Ponta Grossa, en el Estado de Paraná, Brasil; empleando tiempos de observación de 2 a 4 horas, y un intervalo de grabación de datos de 5 segundos. Inicialmente los datos fueron procesados en el modo estático visando obtener coordenadas precisas empleadas como referencia para futuros cálculos. Posteriormente, estos datos fueron procesados en el modo estático rápido, con intervalos de 5 minutos (de 5 a 60 minutos), y también para diferentes números de satélites (de 4 a 10 satélites). Las precisiones obtenidas están indicadas en gráficos que contienen el tiempo de observación, distancia de la línea de base y la cantidad de satélites. Mediante un análisis de estos gráficos, fueron presentadas las conclusiones y recomendaciones correspondientes.

1 INTRODUÇÃO

A técnica de posicionamento relativo estático rápido através do GPS (*Global Positioning System*) têm sido empregada em levantamentos com distâncias curtas, convencionalmente até 10 km, pelo fato de depender de técnicas rápidas de resolução de ambigüidades, o que implica em um tempo menor de observação quando comparada com a técnica estática (clássica).

Experiências relatadas na literatura geodésica, mostram que o rastreamento de um número adequado de satélites é importante na resolução rápida de ambigüidades (GPS POSITIONING GUIDE, 1995). Com este trabalho pretende-se testar a técnica estático rápido observando-se a atual constelação de satélites GPS em distâncias entre 20 e 100 km. A importância deste trabalho radica-se em certos tipos de levantamentos, como por exemplo em Cartografia. Neste caso substituir-se um levantamento GPS estático por um estático rápido, reverte-se em economia de tempo e dinheiro, desde que as linhas de base sejam maiores de 10 km e que os resultados alcancem as precisões almejadas e requeridas para este tipo de levantamento.

No Capítulo 2, estão relatadas generalidades sobre o GPS, englobando ainda os métodos e as técnicas de levantamento GPS. Este capítulo apresenta apenas alguns conceitos básicos, informações mais detalhadas sobre o tema encontram-se em: LEICK (1994), SEEBER (1993), TEUNISSEN et al (1998), HOFMANN-WELLENHOF (1994).

A descrição dos levantamentos efetuados em campo, em duas campanhas distintas fazem parte do Capítulo 3.

O processamento dos dados, com as técnicas estática e estático rápido, as investigações realizadas e as análises dessas soluções fazem parte do Capítulo 4.

No Capítulo 5 apresenta-se as conclusões obtidas, bem como as recomendações a serem observadas pelos usuários do GPS.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 GENERALIDADES SOBRE GPS

O conceito de navegação utilizando sinais de rádio transmitidas por satélites artificiais começou com o lançamento do SPUTNIK I da Rússia, em 04 de outubro de 1957 (ANDRADE, 1988).

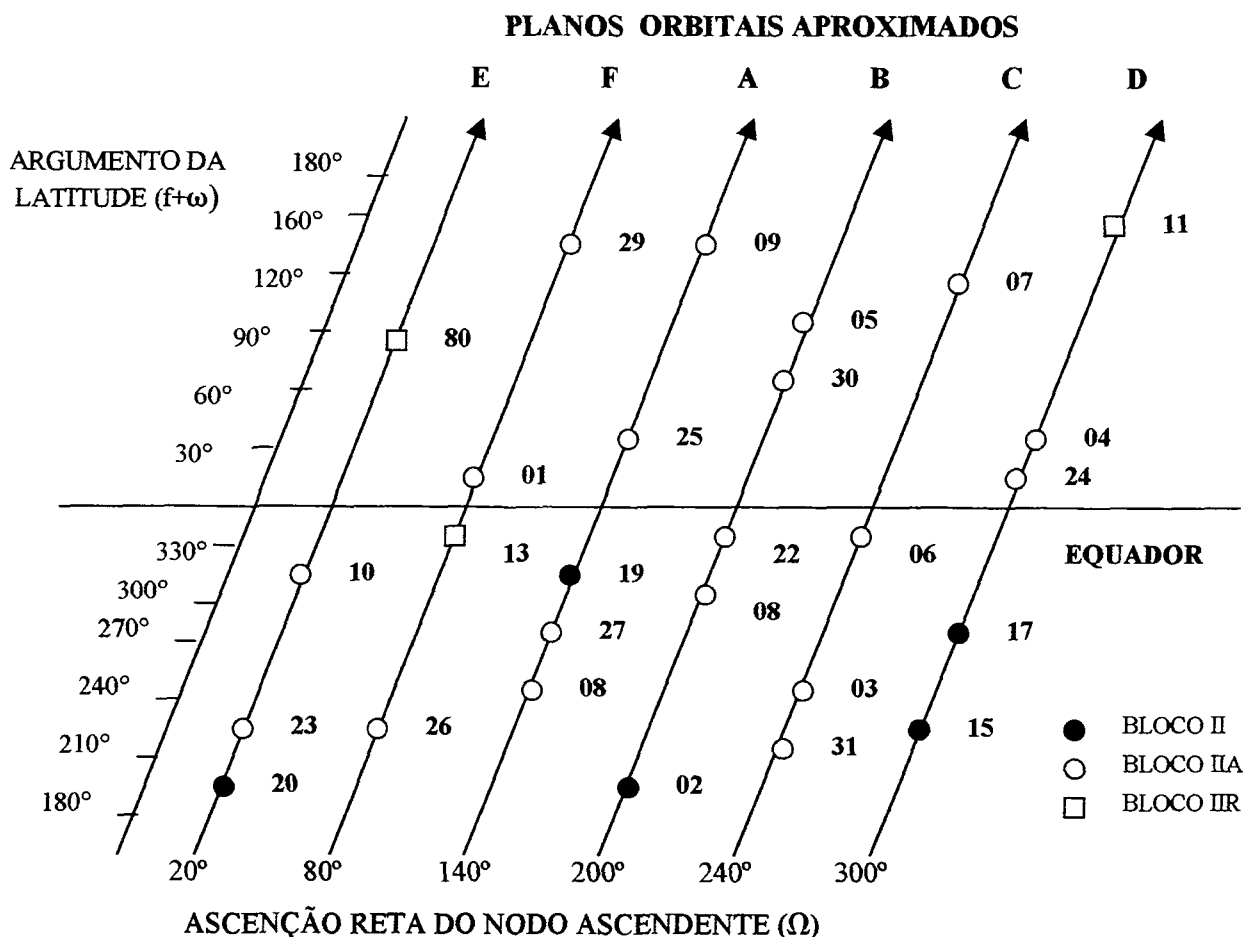
O primeiro sistema operacional para navegação baseado em sinais transmitidas por satélites (década de 60) foi chamado de *NNSS (Navy Navigation Sattelite System)*, ou *TRANSIT*, desenvolvido pelo *Johns Hopkins Applied Physics Laboratory (APL)*. Neste sistema, a navegação e o posicionamento terrestre baseavam-se na medição de distâncias através da mudança de frequência das ondas transmitidas pelos satélites que ocorre com o deslocamento ao longo da suas órbitas (medição doppler). Estes satélites orbitavam com altitude de 1.080 km. Em 1972, o *Naval Research Laboratory (NRL)*, propôs outro sistema de navegação por satélite, denominado *Timation*, incluindo nos satélites relógios mais precisos e cuja altitude orbital estava entre 900 e 1.500 km. Neste ano um terceiro sistema, denominado 621B, foi proposto pela Força Aérea Americana. Este, baseava-se na medição de distâncias através de códigos modulados nas ondas portadoras emitidas pelos satélites. Em 1973, os sistemas *Timation* e *621B* foram unificados formando um sistema único denominado *NAVSTAR-GPS (NAVigation System with Time And Ranging - Global Positioning System)* (PARKINSON et al, 1996). Este proporciona o posicionamento tridimensional de pontos da superfície da Terra através de sinais de rádio emitidos por satélites artificiais que a orbitam. O projeto visava inicialmente desenvolver uma técnica de posicionamento com precisão adequada, para uso da força militar americana e seus aliados em qualquer parte do mundo em qualquer instante.

O GPS foi planejado para uma constelação de 24 satélites, orbitando a Terra com altura média de 20.200 km, dispostos em 6 planos orbitais e com um período de 12 horas. A função principal de cada satélite é emitir para Terra ondas de rádio com informações de tempo, sua posição e demais dados necessários para possibilitar a determinação das coordenadas de pontos sobre a superfície terrestre. O segmento de

controle que atende este sistema é composto de 5 estações espalhadas pelos continentes. A estação central localiza-se em Colorado Spring nos EUA. Com estas estações, os satélites são rastreados permanentemente, permitindo a correção do tempo dos relógios, das órbitas e das demais informações dos satélites (KING et al, 1985).

O sistema começou a ser utilizado com a constelação incompleta, ocasião em que foram requeridas as janelas de observação garantindo a recepção de pelo menos 4 satélites, necessários para o posicionamento. Atualmente, o sistema conta com 27 satélites ativos e no dia 11-05-2000 foi lançado mais um satélite pertencente ao Bloco IIR, perfazendo um total 28 Satélites (E-mail: CANSPLACE@ISTSERV.UNB.CA, 20-05-2000). Na figura 2.1, ilustra-se a situação aproximada para o dia 18/10/2000 às 06:00 horas UT. Os dados de navegação para a elaboração desta figura foram obtidos de um receptor Trimble SSI.

FIGURA 2.1 - SITUAÇÃO APROXIMADA DA CONSTELAÇÃO GPS,
PARA O DIA 18/10/2000, AS 06:00 HORAS UT



Cada satélite que compõe a constelação GPS, emite sinais de rádio, denominados L1 e L2, modulados com os códigos C/A na portadora L1, e P em ambas as portadoras; emite também os sinais de mensagem de navegação com outras informações como por exemplo, as posições dos satélites. O ruído nos códigos para receptores clássicas é considerado como 1% do comprimento de onda, sendo que o código C/A (Livre Aquisição) tem um comprimento de onda de 293,1 m, e precisão de aproximadamente 3 m. O código P (preciso) tem um comprimento de onda de 29,31 m, e precisão de aproximadamente 0,30 m (para receptores com tecnologia moderna, o ruído nos códigos é de poucos centímetros) (SEEBER, 1993). Sendo o GPS um sistema desenvolvido para a defesa dos EUA, é claro que os americanos têm o controle total do mesmo, e o uso do código P é restrito a eles e seus aliados. Desde 31-01-1994 a técnica de segurança *Anti-Spoofing* (AS) encontra-se ativada. Ela codifica o código P sobre as duas fases das portadoras L1 e L2 em um código secreto denominado de código Y. Eles, ainda manipulam a frequências dos relógios dos satélites e as efemérides, através da técnica de segurança denominado *Selective Availability* (SA). Ela, leva a precisão do código C/A (usado pela comunidade civil) para cerca de 100 m (nível de probabilidade de 95%). Logo, em geral, fala-se que o GPS para navegação civil tem uma precisão aproximada de 100 m. Contudo, a partir do dia 02-05-2000, o presidente dos Estados Unidos da América determinou a desativação da segurança SA, possibilitando a navegação civil (receptores com código C/A) com precisão inferior a 25 m, e para receptores geodésicos inferior a 10 m (DIVIS, 2000).

A comunidade geodésica explorou a possibilidade de fazer medições da fase da portadora, atingindo 2 mm de precisão no posicionamento relativo, sendo que os comprimentos de onda são menores que os código (19,05 cm para L1 e 24,45 cm para a portadora L2), e a relação entre o sinal e ruído também é 1% (para receptores com tecnologia moderna, o ruído nas portadoras é menor do que 1 mm) (SEEBER, 1993). É claro que para atingir esta precisão é necessário minimizar os erros provenientes do AS, atmosfera, etc. Eles apresentam uma correlação espacial, o que significa que quanto maior é a linha de base¹ maior é a dificuldade em "eliminar" os

¹ Linha de base: é o vetor que relaciona dois pontos a serem posicionados com GPS usando o método relativo.

erros. Só é possível esta "eliminação" mediante a realização de observações simultâneas em duas estações terrestres, caracterizando desta forma o posicionamento relativo. Na tabela 2.1, observa-se as características dos sinais GPS.

TABELA 2.1 - CARACTERÍSTICAS DOS SINAIS GPS

SINAL	FREQUÊNCIA	COMPRIMENTO DA ONDA	RUÍDO	RUÍDO
			(Receptores Clássicas)	(Receptores Modernos)
PORTADORA L1	1.575,42 MHz	19,05 cm	1-3 mm	< 0,2 mm
PORTADORA L2	1.227,60 MHz	24,45 cm	1-3 mm	< 0,2 mm
CÓDIGO P	10,23 MHz	29,31 m	0,61 m	2-5 cm
CÓDIGO C/A	1,023 MHz	293,1 m	10 m	--
SINAL DE NAVEGAÇÃO	50 bps	--	--	--

FONTE: SEEGER, 1993

2.2 MÉTODOS E TÉCNICAS DE LEVANTAMENTO

O posicionamento de pontos sobre a superfície terrestre pode ser realizado através de 2 métodos denominados de absoluto e relativo.

O método absoluto se caracteriza pelo posicionamento de pontos isolados de forma estática ou cinemática. Emprega apenas um receptor GPS e está baseado nas medidas das pseudodistâncias² com o uso dos códigos e/ou das portadoras, e as coordenadas obtidas estão associadas diretamente ao geocentro.

A equação de observação fundamental para pseudodistância associada à fase do código no GPS é formulada por (TEUNISSEN et al, 1998):

$$P = \rho + c.(dt-dT) + d_{ion} + d_{trop} + \epsilon; \quad (2.1)$$

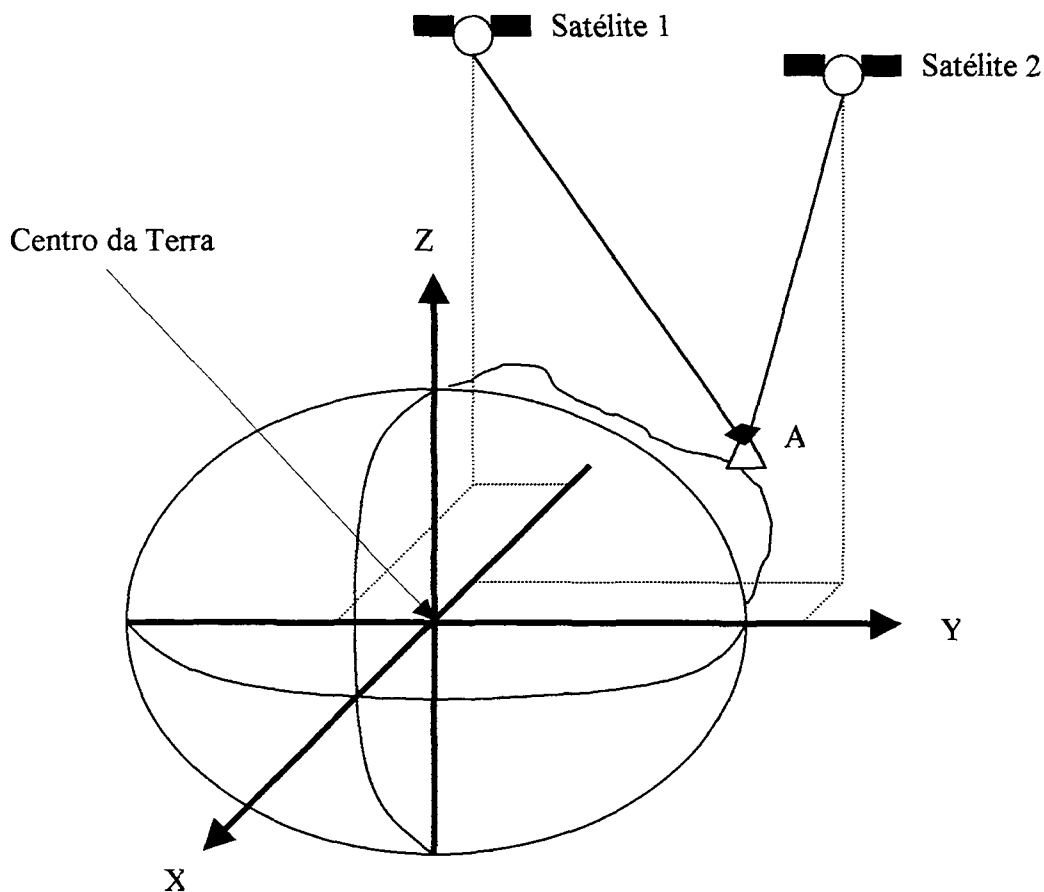
onde:

² Pseudodistância (P): é a distância entre a antena do satélite e a antena do receptor GPS (TEUNISSEN, 1998).

- P: Pseudodistância satélite-receptor;
- ρ : Distância geométrica satélite-receptor (ou raio vetor entre a antena do satélite e a antena do receptor posicionado);
- c: Velocidade de propagação da luz no vácuo;
- dt: Erro de sincronismo do relógio do satélite;
- dT: Erro de sincronismo do relógio do receptor;
- d_{ion} : Refração ionosférica;
- d_{trop} : Refração troposférica;
- ε : Demais erros existentes (ruídos do receptor, efeito de reflexão, variação do centro de fase da antena, etc).

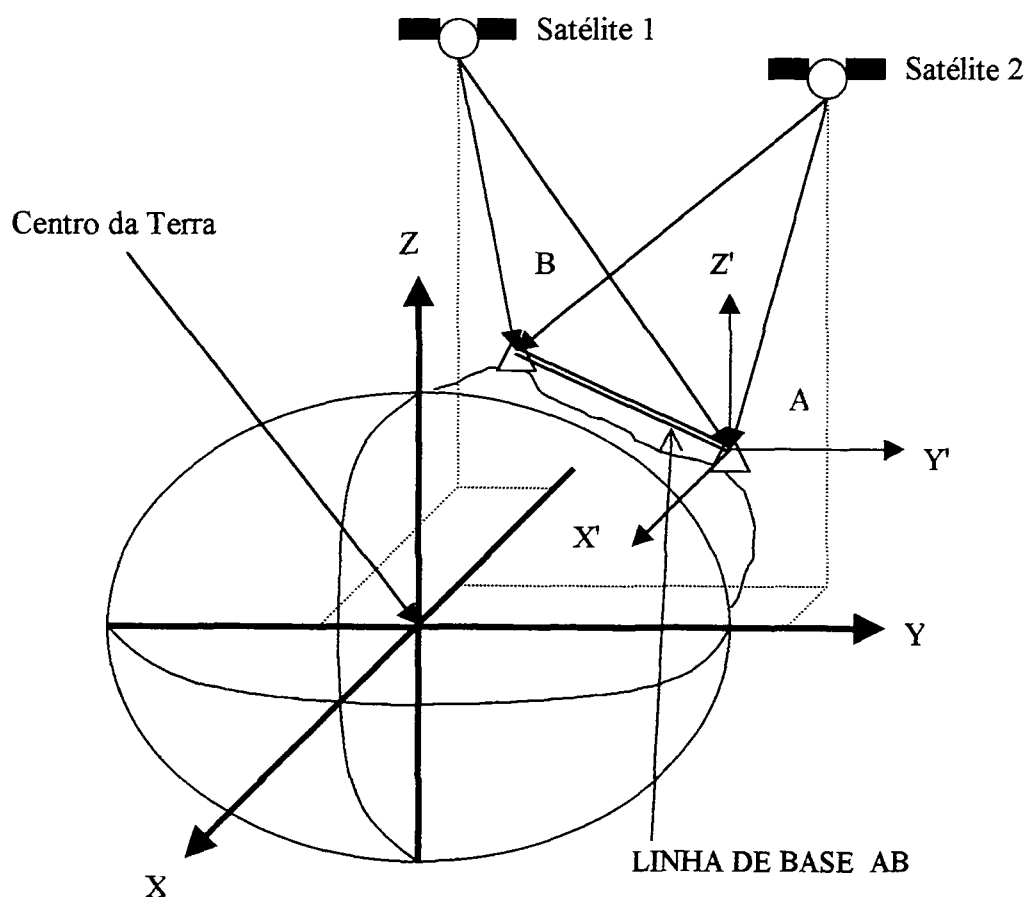
A figura 2.2 mostra o posicionamento do ponto A, através dos satélites 1 e 2, com relação ao sistema geocêntrico XYZ.

FIGURA 2.2 - POSICIONAMENTO ABSOLUTO



O posicionamento relativo envolve dois ou mais receptores em uso simultâneo. Um deles permanece fixo na estação de coordenadas conhecidas, e o(s) outro(s) ocupa(m) o(s) ponto(s) de interesse (coordenadas desconhecidas), realizando observações simultâneas dos sinais dos satélites, aqui as coordenadas são determinadas com relação a um referencial, materializado por um ou mais vértices com coordenadas conhecidas. A figura 2.3 mostra o posicionamento do ponto B em relação ao sistema $X' Y' Z'$ do ponto A, através dos satélites 1 e 2 relacionados ao sistema geocêntrico XYZ.

FIGURA 2.3 - POSICIONAMENTO RELATIVO



A equação de observação fundamental para um posicionamento relativo observando-se a fase da portadora, é formulada por (TEUNISSEN et al, 1998):

$$\Phi = \rho + c.(dt-dT) + \lambda N - d_{ion} + d_{trop} + \epsilon; \quad (2.2)$$

onde:

- Φ : Medição da fase da portadora em ciclos;
- ρ : Distância geométrica satélite-receptor (ou raio vetor entre a antena do satélite e a antena do receptor posicionado);
- c : Velocidade de propagação da luz no vácuo;
- dt : Erro de sincronismo do relógio do satélite;
- dT : Erro de sincronismo do relógio do receptor;
- λ : Comprimento da onda portadora;
- d_{ion} : Refração ionosférica;
- d_{trop} : Refração troposférica;
- N : Ambigüidade³ (em ciclos) da medida da fase da portadora;
- ε : Demais erros existentes (ruídos do receptor, efeito de reflexão, variação do centro de fase da antena, etc).

Assumindo observações simultâneas nas estações (A e B), dos satélites (i e j), as combinações lineares de simples, dupla e tripla diferença de fase podem ser realizadas conduzindo a uma eliminação ou minimização dos erros existentes no sistema (HOFMANN-WELLENHOF, 1994).

A simples diferença de fase (SDF) envolve duas estações e um satélite. Da equação (2.2), para as estações A e B (receptores A e B) e o satélite j, e agrupando-se os erros de refração atmosférica com outros menores, obtém-se:

$$\Phi_B^j - \Phi_A^j = \rho_B^j - \rho_A^j + c*(dt^j - dT_B) - c*(dt^j - dT_A) + \lambda N_B^j - \lambda N_A^j + \varepsilon_B^j - \varepsilon_A^j; \quad (2.3)$$

$$\Delta\Phi_{AB}^j = \Delta\rho_{AB}^j + c*\Delta dT_{AB} + \Delta\lambda N_{AB}^j + \Delta\varepsilon_{AB}^j; \quad (2.4)$$

onde:

³ Ambigüidade (N): é uma incógnita correspondente ao número de ciclos inteiros, formado entre o instante de transmissão e da recepção do sinal (KRUEGER, 1996).

$\Delta\Phi_{AB}^j$:	Simple difference of phase;
$\Delta\rho_{AB}^j$:	Geometric distance A-B in relation to satellite j;
c :	Velocity of propagation of light in vacuum;
ΔdT_{AB} :	Time difference between the receivers or stations A-B;
$\Delta\lambda N_{AB}^j$:	Difference of ambiguities between the receivers A and B, in relation to satellite j;
$\Delta\varepsilon_{AB}^j$:	Differences of errors between the receivers A and B for satellite j.

Com esta diferença elimina-se o erro de sincronismo do relógio do satélite (j). Na equação (2.4), as incógnitas são as coordenadas tridimensionais de uma estação (X, Y, Z), o erro de sincronismo do relógio do receptor e as ambigüidades para cada satélite observado. Elas devem ser resolvidas com observações de pelo menos quatro satélites em diferentes épocas.

A dupla diferença de fase (DDF) envolve duas estações (A e B), e dois satélites (i e j). Realizando-se o mesmo processo de diferenciação aplicado para a simples diferença de fase (SDF), e levando-se em conta a equação (2.4), obtém-se:

$$\begin{aligned} \Delta\Phi_{AB}^j - \Delta\Phi_{AB}^i &= \Delta\rho_{AB}^j - \Delta\rho_{AB}^i + c*\Delta dT_{AB} - c*\Delta dT_{AB} + \Delta\lambda N_{AB}^j - \Delta\lambda N_{AB}^i \\ &+ \Delta\varepsilon_{AB}^j - \Delta\varepsilon_{AB}^i, \end{aligned} \quad (2.5)$$

$$\nabla\Delta\Phi_{AB}^{ij} = \nabla\Delta\rho_{AB}^{ij} + \nabla\Delta\lambda N_{AB}^{ij} + \nabla\Delta\varepsilon_{AB}^{ij}. \quad (2.6)$$

Onde:

$\nabla\Delta\Phi_{AB}^{ij}$:	Dupla diferença de fase;
$\nabla\Delta\rho_{AB}^{ij}$:	Distância geométrica A-B em relação aos satélites i e j;
$\nabla\Delta\lambda N_{AB}^{ij}$:	Diferença de ambigüidades entre os receptores A-B, em relação aos satélites i e j;

$\nabla\Delta\mathcal{E}_{AB}^{ij}$: Diferenças de outros erros entre os receptores A-B para os satélites i e j.

Com essa técnica, elimina-se o erro do relógio do receptor admitindo a simultaneidade nas observações, ficando como incógnitas as coordenadas tridimensionais da estação desconhecida e as ambigüidades.

A tripla diferença de fase (TDF) envolve duas estações (A e B), dois satélites (i e j) e duas épocas distintas de observação (t_1 e t_2), usando a equação (2.6) obtém-se:

$$\begin{aligned} \nabla\Delta\Phi_{AB}^{ij}(t_2) - \nabla\Delta\Phi_{AB}^{ij}(t_1) = & \nabla\Delta\rho_{AB}^{ij}(t_2) - \nabla\Delta\rho_{AB}^{ij}(t_1) + \nabla\Delta\lambda N_{AB}^{ij}(t_2) \\ & - \nabla\Delta\lambda N_{AB}^{ij}(t_1) + \nabla\Delta\mathcal{E}_{AB}^{ij}(t_2) - \nabla\Delta\mathcal{E}_{AB}^{ij}(t_1). \end{aligned} \quad (2.7)$$

$$\delta\nabla\Delta\Phi_{AB}^{ij}(t_{12}) = \delta\nabla\Delta\rho_{AB}^{ij}(t_{12}) + \delta\nabla\Delta\mathcal{E}_{AB}^{ij}(t_{12}). \quad (2.8)$$

Onde:

- $\delta\nabla\Delta\Phi_{AB}^{ij}(t_{12})$: Tripla diferença de fase;
- $\delta\nabla\Delta\rho_{AB}^{ij}(t_{12})$: Distância geométrica A-B em relação aos satélites i e j e as época t_1 e t_2 ;
- $\delta\nabla\Delta\mathcal{E}_{AB}^{ij}(t_{12})$: Diferenças de erros entre os receptores A-B para os satélites i e j e as época t_1 e t_2 .

Como as ambigüidades para cada satélite são as mesmas para diferentes épocas, desde que o rastreamento seja contínuo e que não haja perdas de sinal, na tripla diferença de fase elas se cancelam, restando apenas como incógnitas as coordenadas tridimensionais da estação desconhecida. Esta técnica apresenta soluções acima do metro e é considerada na busca de perdas de sinais (*cycle slips*).

O sistema GPS apresenta erros que podem influenciar os resultados do posicionamento. Para se obter alta precisão nos posicionamentos é necessário eliminá-los ou minimizá-los. Verifica-se que com o emprego do DDF há eliminação dos erros

referentes ao estado dos relógios do satélite e do receptor em relação ao tempo GPS.

Os erros dos relógios dos satélites também podem ser modelados com dados fornecidos pela mensagem de navegação GPS. Os erros devido a ionosfera e a troposfera são modelados (ionosfera perto de 50%) (SEEBER, 1993) e para as bases curtas são desprezados por serem considerados iguais. Na tabela 2.2, apresentam-se os principais erros das medições GPS. Exemplos de modelos usados para correção atmosférica são KLOBUCHAR (1991) para ionosfera e HOPFIELD (1971) para troposfera.

Ainda que as ambigüidades (N) sejam números inteiros, elas podem ser números fracionários em virtude de resultarem da solução de um sistema de equações. Se isto ocorrer, tem-se uma solução flutuante (*float solution*). Estes números fracionários podem ser arredondadas para o número inteiro mais próximo, o que caracteriza a solução chamada fixa. Basicamente, fala-se de três métodos para a determinação das ambigüidades (SEEBER, 1993). O primeiro baseia-se na mudança da geometria dos satélites, o segundo é uma combinação do código e da fase da portadora, e o terceiro baseia-se na procura das ambigüidades. A primeira solução necessita de longos períodos de observação, enquanto que os outros necessitam de menor tempo de observação. Qualquer outro método, por enquanto, é a combinação destes três.

No método de posicionamento relativo, basicamente, existem três técnicas GPS em relação direta com os métodos de resolução das ambigüidades: a estática, a estático rápido e a cinemática.

A técnica estática caracteriza-se por dois ou mais receptores rastreamos simultaneamente os satélites por um determinado tempo com um intervalo médio de gravação de dados de 15 segundos. Este tempo é função do comprimento da linha de base. Nesta técnica, a solução das ambigüidades baseia-se no método geométrico. Em distâncias curtas, pode-se trabalhar só com uma freqüência, em distâncias longas deve-se utilizar duas freqüências devido à influência da ionosfera.

TABELA 2.2 - PRINCIPAIS ERROS NAS MEDIÇÕES GPS

ERRO	MAGNITUDE
Relógio do satélite	10 m
Orbital	100 m (S/A ativa) 5 a 25 m (S/A desativada)
Ionosférico	50 m (No zênite)
Troposférico	2 m (No zênite)
Relógio do receptor	10 a 100 m (Depende do tipo de oscilador do receptor)
Multicaminho	
- Código C/A	50 cm a 20 m (Depende do receptor e do lugar)
- Portadora	Poucos centímetros (Depende do receptor e do lugar)
Ruído do receptor	
- Código C/A	10 cm a 2-3 m (Depende do tipo de receptor)
- Portadora	0,5 a 5 mm (Depende do tipo de receptor)

FONTE: *GPS Positioning Guide*, 1994

A técnica estático rápido diferencia-se da técnica estática pelo fato de empregar menor tempo de observação e menor taxa de gravação de dados.

A técnica cinemática caracteriza-se por empregar um receptor fixo na estação de coordenadas conhecidas, e um receptor itinerante. Emprega-se a taxa de gravação de dados de um segundo e a solução das ambigüidades é realizada pelos métodos rápidos como, por exemplo, o *OTF (On The Fly)*.

2.3 TÉCNICA ESTÁTICO RÁPIDO

Existem duas formas de levantamento com esta técnica: com ocupação simples e outra com reocupação. Este trabalho irá aplicar a técnica estático rápido com uma ocupação. Na ocupação simples um receptor ocupa a estação base, com coordenadas conhecidas, e outro receptor ocupa as estações de interesse uma única vez. Segundo SEEBER (1993), este posicionamento relativo requer técnicas de rápida resolução de ambigüidades.

O programa empregado para o cálculo estático rápido neste trabalho, usa a técnica de combinação de código e de fase da portadora para a resolução das ambigüidades. Este método utiliza as não-ambigüidades levantadas na fase do código, como os comprimentos de onda adicional. Pela diferença entre as equações (2.1) e (2.2), obtém-se:

$$\Phi - P = \Delta d_{\text{ion}} + \lambda N + \Delta \mathcal{E}; \quad (2.9)$$

onde:

- Φ : Pseudodistância obtida pelas observações da fase portadora;
- P: Pseudodistância obtida pelas observações dos códigos;
- Δd_{ion} : Delta de refração ionosférica;
- λ : Comprimento da onda portadora;
- N: Ambigüidade (em ciclos) da medida da fase da portadora;
- $\Delta \mathcal{E}$: Deltas de ruídos nas observações.

Esta técnica de posicionamento independe da geometria dos satélites, do efeito de não-sincronismo dos relógios dos receptores e dos satélites, e dos atrasos de propagação do sinal na troposfera. Com tudo, deve-se considerar a diferença entre os efeitos de reflexão gerados pelos sinais e pela influência do tempo de retardo do *hardware* para os satélites e receptores (KRUEGER, 1996), as ambigüidades da fase da portadora e os efeitos ionosféricos. A técnica de combinação de código e da fase portadora pode ser utilizada para bases longas e muito longas.

Ao contrário do posicionamento relativo estático (clássico), o qual precisa gravar certa quantidade de dados para no final obter uma solução por mínimos quadrados, o estático rápido processa informações em linha, permitindo obter-se uma solução em menor tempo (LEICK, 1994).

Dado que a resolução das ambigüidades independe da geometria dos satélites, o intervalo de gravação de dados é menor que na técnica estática. Segundo o manual do

PRISM (programa da ASHTECH para processamento de dados GPS), o tempo de gravação dos dados em minutos pode ser calculado pela seguinte equação:

$$\text{Tempo} = (\text{Distância} + \text{Taxa}) / 2; \quad (2.10)$$

onde:

- Tempo: Tempo de gravação dos dados,
Distância: Distância da linha de base em quilômetros,
Taxa: Taxa de gravação de dados em segundos.

3 LEVANTAMENTO DE CAMPO

O levantamento de campo consistiu na medição, com dois receptores GPS geodésicos ASHTECH Z12, de 5 pontos com distâncias aproximadas de 20 km, 40 km, 56 km, 70 km e 96 km. O marco RM03, localizado próximo ao LAGE (Laboratório de Geodésia Espacial) no Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná (UFPR), foi empregado como estação base. Os pontos foram medidos duas vezes, em duas campanhas diferentes. Os demais marcos implantados na área em estudo (seção 3.1) tiveram as suas coordenadas determinadas a partir desta estação base e foram rastreados em duas campanhas distintas (seções 3.3 e 3.4). Na seqüência, encontraram-se descritos estes levantamentos.

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O receptor itinerante foi deslocado pelas rodovias federais BR 277 e 276 (Curitiba-Ponta Grossa) da Universidade Federal do Paraná até a Universidade Estadual de Ponta Grossa. A figura 3.1 ilustra a localização da área em estudo neste projeto. Nela, os triângulos indicam a localização das estações itinerantes desde o marco RM03, em Curitiba, até o P096, em Ponta Grossa, e os círculos indicam a localização das cidades mais importantes nesta área.

Na tabela 3.1, é apresentado o resumo das linhas de base medidas e o tempo de observação (rastreo). Ele, foi estimado segundo as Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos do IBGE (IBGE, 1996); que estipula para posicionamento relativo estático, um tempo de duas (2) horas para distâncias menores que 50 km e de quatro (4) horas para distâncias menores que 100 km.

Os pontos que foram escolhidos nesta área de teste estão localizados em áreas abertas com bastante visibilidade, a fim de evitar-se efeitos de *cycle slips* e de reflexão dos sinais GPS. A tabela 3.2, indica a localização e a materialização de cada um dos pontos ocupados com o receptor itinerante.

FIGURA 3.1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

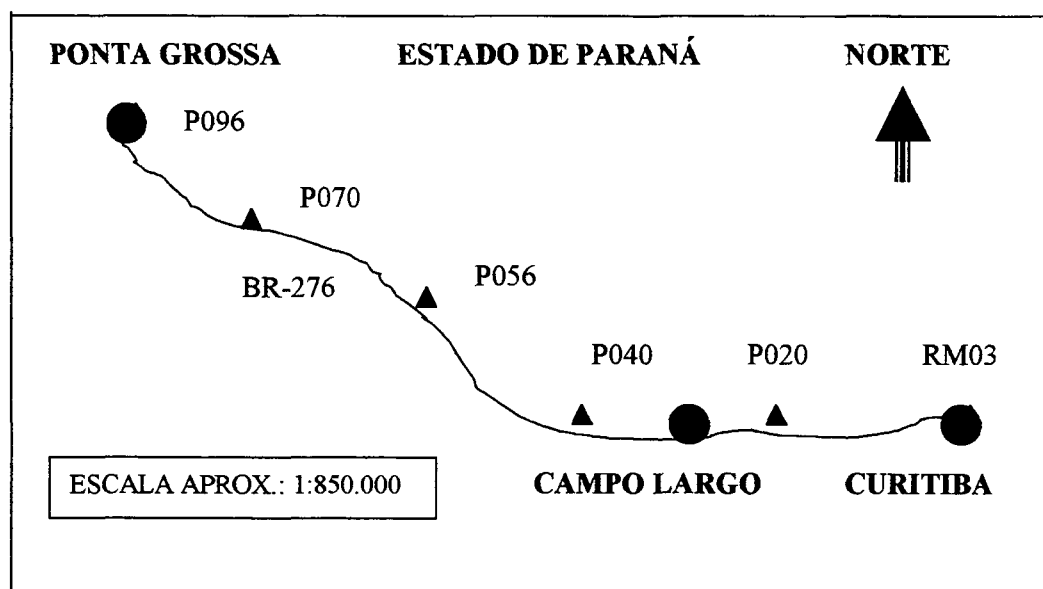


TABELA 3.1 - LINHAS DE BASE MEDIDAS NO CAMPO

PONTO	DISTÂNCIA APROXIMADA ATÉ O RM03 (km)	TEMPO DE OBSERVAÇÃO (HORAS)
P020	20	2:00
P040	40	2:30
P056	56	3:00
P070	70	3:30
P096	96	4:00

TABELA 3.2 - LOCALIZAÇÃO E MATERIALIZAÇÃO DOS PONTOS

PONTO	LOCALIZAÇÃO	MATERIALIZAÇÃO
P020	Estação SAGUARU, Município de Campo Largo	Marco de concreto da TBG ⁽¹⁾
P040	Acesso a ITAMBÉ, Município de Balsa Nova	Marco de concreto da TELEPAR ⁽²⁾
P056	Estação IPIRANGA, Município de Balsa Nova	Marco de concreto da TELEPAR
P070	Estação Texaco, Município de Palmeiras	Ferro encostado no chão
P096	Campus da Universidade Estadual de Ponta Grossa	Marco de concreto da SEMA ⁽³⁾

(1) Transportadora Brasileira Gasoduto Bolívia-Brasil S.A.

(2) Telecomunicações do Paraná.

(3) Secretaria de Estado do Meio Ambiente.

3.2 EQUIPAMENTO UTILIZADO

Para a localização aproximada dos pontos foi utilizado um receptor GPS de navegação do tipo GARMIN 45. Para a gravação dos dados foram empregados dois receptores geodésicos do tipo ASHTECH Z12. Eles, permitem rastrear as portadoras L1 e L2 e os códigos C/A e P de até 12 satélites simultaneamente. A memória para a gravação dos dados nestes receptores é de apenas 2 Mbytes, o que para uma taxa de gravação de dados igual a 5 segundos permite armazenar aproximadamente três horas de dados. Desta forma, foram empregados computadores nas estações base e itinerante permitindo a descarga em linha (*on line*) dos dados. Na estação, base foi empregado um computador PC e na estação itinerante um *notebook* pertencentes ao LAGE. Para se deslocar entre os pontos na área de estudo (figura 3.1) foi empregado um veículo leve.

3.3 PRIMEIRA CAMPANHA

A primeira campanha foi realizada entre os dias 28 e 30 de abril de 2000. Nesta oportunidade foram medidos todos os pontos desde o P020 até o P096 conforme ilustrado na figura 3.1. Na tabela 3.3, apresenta-se o resumo dos levantamentos realizados, contendo o ponto ocupado, a data da ocupação, o dia GPS, a hora do rastreamento e a taxa de gravação dos dados.

TABELA 3.3 - INFORMAÇÕES DA PRIMEIRA CAMPANHA DE CAMPO

PONTO	DATA	DIA GPS	HORA	TAXA DE GRAVAÇÃO DE DADOS
P020	29 ABR00	120	18:00 - 20:00	5 s
P040	30 ABR00	121	10:10 - 12:40	5 s
P056	30 ABR00	121	13:50 - 16:50	5 s
P070	29 ABR00	120	13:00 - 16:30	5 s
P096	28 ABR00	119	12:30 - 16:30	5 s

3.4 SEGUNDA CAMPANHA

Entre os dias 02 e 07 de junho de 2000 foi realizada a segunda campanha. Os pontos rastreados com o dia de ocupação, a hora do rastreo e a taxa de gravação dos dados encontram-se indicados na tabela 3.4.

TABELA 3.4 - INFORMAÇÕES DA SEGUNDA CAMPANHA DE CAMPO

PONTO	DATA	DIA GPS	HORA	TAXA DE GRAVAÇÃO DE DADOS
P020	02 JUN00	154	15:55 - 17:55	5 s
P040	03 JUN00	155	13:27 - 15:57	5 s
P056	03 JUN00	155	09:47 - 12:47	5 s
P070	02 JUN00	154	11:10 - 14:40	5 s
P096	07 JUN00	159	10:55 - 14:55	5 s

4 PROCESSAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

Os dados coletados, conforme descrito nas seções 3.3 e 3.4, foram pós-processados utilizando-se o programa PRISM. Ele, é um software comercial da ASHTECH Inc., desenvolvido para processar dados GPS (L1, L2 e códigos) nos modos estático, estático rápido e cinemático. As linhas de base calculadas encontram-se indicadas na tabela 3.1.

4.1 OBTENÇÃO DAS COORDENADAS DOS PONTOS

As linha de base processadas constituíram-se da estação base RM03 (Curitiba) e das marcos itinerantes P020, P040, P056, P070 e P096, descritas na seção 3.1. O marco RM03 é excêntrico em relação do marco 91.105, pertencente à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC - IBGE) e suas coordenadas, são as seguintes:

Latitude : 25° 26' 54,5685" S,

Longitude: 69° 13' 52,2108" W, e

Altitude elipsoidal: 923,785 m.

Estas linhas foram processadas com o programa PRISM no modo estático empregando-se todas as informações coletadas nas duas campanhas, descritas nas seções 3.3 e 3.4. O processamento foi feito com a taxa de coleta de dados de 5 segundos e 15 segundos (os dados de 5 segundos foram compactados para 15 segundos), não houve diferença considerável nos resultados. A resolução das ambigüidades foi realizada empregando-se a *Wide-Lane* (WL) e a fase da portadora L1.

A técnica *Wide-Lane* é obtida pela diferença entre as portadoras L1 e L2, segundo a seguinte equação (HOFMANN-WELLENHOF et al, 1994):

$$f = n_1 * f_1 + n_2 * f_2: \quad (4.1)$$

sendo:

- f: Freqüência da onda resultante;
- n_1 : 1;
- f_1 : Freqüência da portadora L1;
- n_2 : -1;
- f_2 : Freqüência da portadora L2.

Esta combinação gera uma onda com comprimento de 86,2 cm, que por ser maior que os comprimentos das ondas portadoras L1 e L2 ajuda na resolução das ambigüidades. Neste caso usa-se uma combinação das portadoras com o código P, para resolução rápida das ambigüidades requeridas pelo filtro de Kalman. A desvantagem consiste na elevação do nível de ruído em cerca de 6 vezes, quando comparada com a portadora L1.

Visando a resolução das ambigüidades com a fase L1, o programa PRISM usa o seguinte procedimento de cálculo:

- a) realiza uma tripla diferença de fase para identificar os saltos de ciclos e para determinar as coordenadas preliminares dos marcos itinerantes;
- b) posteriormente usa a dupla diferença de fase fixando as ambigüidades para números não inteiros, gerando a chamada solução flutuante; e
- c) finalmente realiza novamente uma dupla diferença de fase fixando as ambigüidades para números inteiros, quando possível, gerando a solução fixa.

O procedimento de cálculo do programa usando a combinação *Wide-Lane* é a mesma que para L1.

Na tabela 4.1, são indicadas as coordenadas para cada marco rastreado na 1ª campanha. Elas resultaram da combinação WL. Verifica-se, na tabela 4.2, as coordenadas obtidas para estes mesmos marcos com a 2ª campanha. Nestas tabelas, também estão indicados os RMS (Erro Médio Quadrático), o RATIO (confiabilidade

da solução) e a SOL (Tipo de Solução das Ambigüidades, fixa ou flutuante). Segundo o manual do programa PRISM (Ashtech, 1995), o RATIO deve ser igual ou maior de 95% para se obter uma solução confiável.

**TABELA 4.1 - COORDENADAS NO DATUM WGS84 DA PRIMEIRA CAMPANHA.
CÁLCULO ESTÁTICO (CLÁSSICO) (WL)**

PONTO	LATITUDE (S)	LONGITUDE (W)	ALTITUDE (m)	RMS (m)	RATIO	SOL
P020	25° 25' 58,95531"	49° 26' 09,14994"	967,401	2,3	99,05	Fixa
P040	25° 26' 57,75099"	49° 36' 48,60690"	959,611	1,5	99,95	Fixa
P056	25° 24' 28,54789"	49° 46' 53,34389"	1071,478	1,4	99,99	Fixa
P070	25° 17' 09,49136"	49° 54' 22,94355"	983,946	1,2	100,00	Fixa
P096	25° 05' 43,39425"	50° 06' 18,49610"	912,448	1,7	99,37	Fixa

**TABELA 4.2 - COORDENADAS NO DATUM WGS84 DA SEGUNDA CAMPANHA.
CÁLCULO ESTÁTICO (CLÁSSICO) (WL)**

PONTO	LATITUDE (S)	LONGITUDE (W)	ALTITUDE (m)	RMS (m)	RATIO	SOL
P020	25° 25' 58,95517"	49° 26' 09,14984"	967,376	2,2	99,95	Fixa
P040	25° 26' 57,75101"	49° 36' 48,60732"	959,603	1,3	100,00	Fixa
P056	25° 24' 28,54769"	49° 46' 53,34381"	1071,439	1,1	100,00	Fixa
P070	25° 17' 09,49136"	49° 54' 22,94259"	983,984	1,2	100,00	Fixa
P096	25° 05' 43,39255"	50° 06' 18,49509"	912,342	1,2	100,00	Fixa

As diferenças tridimensionais calculadas com o processamento dos dados da primeira (1ª) campanha (tabela 4.1) e da segunda (2ª) campanha (tabela 4.2) são indicadas na tabela 4.4. Verifica-se que elas foram inferiores a 13,2 cm. Pode-se constatar também que, com o aumento da linha de base, há um aumento destas diferenças fato este enumerado amplamente na literatura GPS como por exemplo SEEGER (1993).

Efetou-se também o cálculo das diferenças tridimensionais existentes entre as coordenadas obtidas para os marcos na 2ª e na 1ª campanhas, aplicando-se a resolução

das ambigüidades com a fase da portadora L1 (tabela 4.3). De posse destas diferenças tridimensionais para L1 e das diferenças para WL indicadas nas tabelas 4.3 e 4.4, obteve-se as diferenças indicadas na tabela 4.5. Elas foram acrescidas dos desvios padrão obtidos com as solução gerada pelo programa PRISM.

TABELA 4.3 - DIFERENÇAS TRIDIMENSIONAIS DAS COORDENADAS OBTIDAS NA SEGUNDA E NA PRIMEIRA CAMPANHAS (L1)

PONTO	(Diferenças em cm)
P020	39
P040	23
P056	05
P070	20
P096	87

TABELA 4.4 - DIFERENÇAS TRIDIMENSIONAIS DAS COORDENADAS OBTIDAS NA SEGUNDA E NA PRIMEIRA CAMPANHAS (WL)

PONTO	(Diferenças em cm)
P020	2,5
P040	2,7
P056	5,1
P070	6,0
P096	13,2

Com os dados indicados na tabela 4.5, pode-se observar que as diferenças obtidas para a 2ª campanha foram menores que as obtidas para a 1ª campanha. Como estas diferenças referem-se as diferenças tridimensionais obtidas com as soluções L1 e WL pode-se dizer que as medições realizadas na 1ª campanha sofreram maiores influências atmosféricas que as da 2ª campanha.

Em face de que os dados da 1ª campanha representaram a condição mais desfavorável, eles passarão a servir de referência para avaliar-se a precisão alcançada

com o processamento do posicionamento relativo com a técnica estático rápido.

TABELA 4.5 - DIFERENÇAS TRIDIMENSIONAIS DAS COORDENADAS ACRESCIDAS DO DESVIO PADRÃO ENTRE O CÁLCULO COM WL E L1 DA PRIMEIRA E DA SEGUNDA CAMPANHAS

PONTO	PRIMEIRA CAMPANHA (cm)	SEGUNDA CAMPANHA (cm)
P020	86	11
P040	26	19
P056	19	13
P070	45	24
P096	89	34

4.2 PROCESSAMENTO E ANÁLISE DA TÉCNICA ESTÁTICO RÁPIDO

Os dados coletados na 1ª campanha, conforme descrito na seção 3.3, foram processados com o módulo PNAV (*Precise Differential GPS Navigation and Surveying*), que é um módulo do programa PRISM da Ashtech.

Este módulo baseia-se em filtro de Kalman que processa dados de observações GPS em forma seqüencial, e que apresenta as seguintes características:

a) Processa os dados em um só diretório, inicia com dados de medições brutas de cada época, verifica a existência de erros grosseiros e incorpora os dados válidos dentro do filtro de Kalman, gerando uma solução para cada época.

b) Provê precisões centimétricas ao processar posições relativas com menos de 10 minutos de rastreo, com as seguintes condições:

b.1) dados de dupla freqüências e onda completa;

- b.2) PDOP < 4;
- b.3) mínimo de cinco satélites, sendo preferível seis ou mais;
- b.4) mínimos saltos de ciclos;
- b.5) linhas de base com menos de 10 km; e
- b.6) locais com baixo multicaminho.

Se alguma destas condições não for satisfeita, o PNAV ainda é capaz de produzir soluções com ambigüidades não fixas.

c) Para dados disponíveis de receptores com duas frequências pode processar em modo *Wide Lane e Ionosphere-free*.

d) Usa um modelo ionosférico para distâncias maiores que 15 km.

e) Foi desenvolvido para dar altas precisões (centímetros) processando a fase da portadora com duas frequências, mas também, pode gerar baixas precisões (1-3 m) usando a fase do código no modo diferencial. Processa dados para navegação, levantamentos cinemáticos e estático rápido. Na tabela 4.6, apresenta-se as precisões fornecidas pelo PNAV para as diferentes observáveis.

TABELA 4.6 - PRECISÕES DO PNAV PARA AS DIFERENTES OBSERVÁVEIS

TIPO DE DADOS	PRECISÃO
Fase do Código C/A	3 - 10 m
Código C/A suavizado pela portadora	1 - 3 m
Código P suavizado pela portadora	0,2 - 1 m
Código C/A mais portadora L1, sem fixar ambigüidades	5 - 30 cm
Portadora L1 e L2 com código P, sem fixar ambigüidades	5 - 30 cm
Portadora L1 e L2 com código P, com ambigüidades fixas	1 - 10 cm

NOTA: Estas precisões são para linhas de base menores que 10 km, cinco ou mais satélites, PDOP menor que quatro e poucas perdas de ciclos.

FONTE: ASHTECH, 1995.

Segundo o manual do PRISM, para distâncias de até 15 quilômetros, a influência da atmosfera pode ser negligenciada, as medições podem ser realizadas inclusive com uma só frequência. Neste caso, onde as linhas de bases são superiores a 20 km, os efeitos da ionosfera e troposfera influenciam os resíduos do sistema de equações no cálculo das coordenadas do ponto. Desta forma afetam a possibilidade de resolver as ambigüidades de maneira proporcional ao comprimento da linha de base.

Os dados brutos (portadoras L1 e L2 e código P) foram processados no modo *Wide Line*, conforme descrito em 4.1.

Segundo a equação 2.10 (seção 2.3), o tempo de observação recomendável para cada linha de base (indicadas na tabela 3.1) foram calculadas e são indicadas na tabela 4.7.

TABELA 4.7 - TEMPO DE OBSERVAÇÃO RECOMENDÁVEL EM FUNÇÃO DO COMPRIMENTO DA LINHA DE BASE

LINHA DE BASE	TEMPO RECOMENDADO
20 km	15 min
40 km	25 min
56 km	30 min
70 km	40 min
96 km	50 min

Atendendo a estas recomendações, procedeu-se ao processamento de todas as linhas de base com tempo de observação de 5 min, 10 min, 15 min, 20 min, 25 min, 30 min e 60 min, acrescentando-se 40 min para a linha de base de 70 km e 50 min para a linha de base de 96 km. Realizou-se ainda o processamento com diferentes números de satélites, variando de 4 a 10 satélites.

Destes processamentos foram obtidas as coordenadas geodésicas (φ , λ , h), o RMS (cm) e o DOP para cada tempo de observação e para os diferentes números satélites considerados. As diferenças tridimensionais entre estas coordenadas e as

coordenadas consideradas precisas, descritas em 4.1, também foram calculadas. Estes valores estão tabelados e indicados no apêndice 1, para a 1ª campanha, e no apêndice 2, para a 2ª campanha, para os marcos rastreados (P020, P040, P056, P070 e P096).

Observa-se na figura 4.1 os gráficos que ilustram as diferenças tridimensionais das coordenadas geodésicas obtidas com o processamento da técnica estático rápido com o processamento da técnica estática (tempo total de observação) no marco. Indica-se também, a diferença tridimensional acrescida do erro médio quadrático-RMS (linha pontilhada superior) e a diferença tridimensional decrescida do RMS (linha pontilhada inferior). Estas diferenças estão representadas com relação aos diferentes tempos de processamento (tabela 4.7) e ao número de satélites.

O gráfico 4.1.a, apresenta os resultados obtidos para uma constelação GPS igual a 8 satélites para a linha de base de 20 km. Para uma constelação igual a 7 satélites e 6 satélites tem-se os gráficos 4.1.b e 4.1.c, respectivamente. Os gráficos 4.1.d e 4.1.e referem-se as constelações GPS com 5 satélites e 4 satélites, respectivamente.

Nas figuras 4.2 (para a linha de base de 40 km), 4.3 (para a linha de base de 56 km), 4.4 (para a linha de base de 70 km) e 4.5 (para a linha de base de 96 km), podem ser observadas estas diferenças obtidas para as diferentes situações anteriormente descritas.

Da análise das figuras 4.1 à 4.5, constata-se, de forma geral, que o erro (diferenças tridimensionais) tende a diminuir com o aumento do tempo de observação. Também verifica-se uma estabilização deste erro após 20 minutos de observação e que com 4 satélites este erro torna-se instável ao longo do tempo da observação.

Na seqüência, foram plotadas as diferenças tridimensionais, entre as coordenadas geodésicas obtidas com a técnica estático rápido e com a técnica estática em função do número de satélites rastreados e considerados nestes processamentos. Estas informações estão contidas nos gráficos 4.1 (linha base de 20 km), 4.2 (linha

base de 40 km), 4.3 (linha base de 56 km), 4.4 (linha base de 70 km) e 4.5 (linha base de 96 km). Com eles busca-se estudar o comportamento da precisão com relação ao número de satélites visando atingir o objetivo principal deste trabalho.

Na análise destes gráficos, constata-se que para tempos de observação iguais a 5 e 10 minutos os erros apresenta-se instáveis e elevados para as diferentes linhas de base. Estas elevações foram da ordem de metros conforme se observa, por exemplo, no gráfico 4.3. Verifica-se também que para um mínimo de 4 satélites este erro é muito instável (por exemplo, erro de 420 cm - gráfico 4.3) com relação a um maior número de satélites (por exemplo, para 7 satélites tem-se um erro de 160 cm - gráfico 4.3).

FIGURA 4.1 - PRECISÃO DA TÉCNICA ESTÁTICO RÁPIDO EM FUNÇÃO DO TEMPO, PARA A LINHA DE BASE DE 20 km, E PARA DIFERENTES NÚMEROS DE SATÉLITES

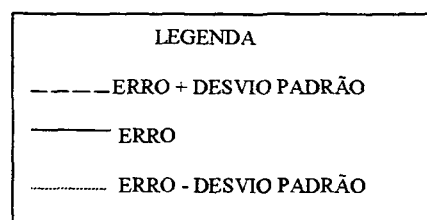
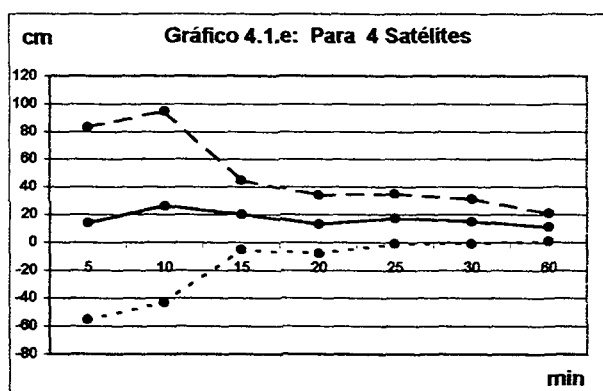
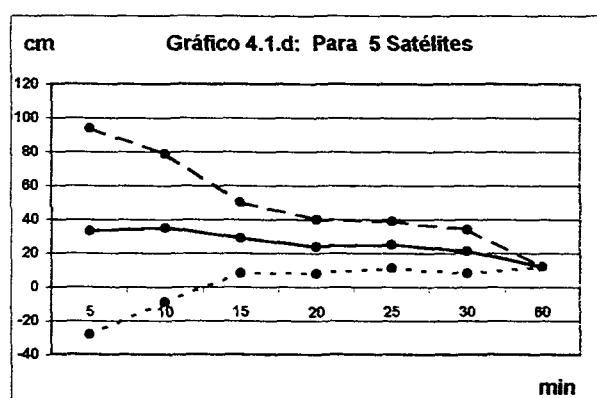
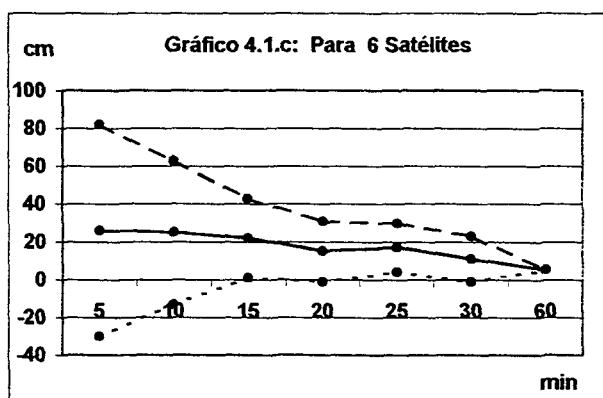
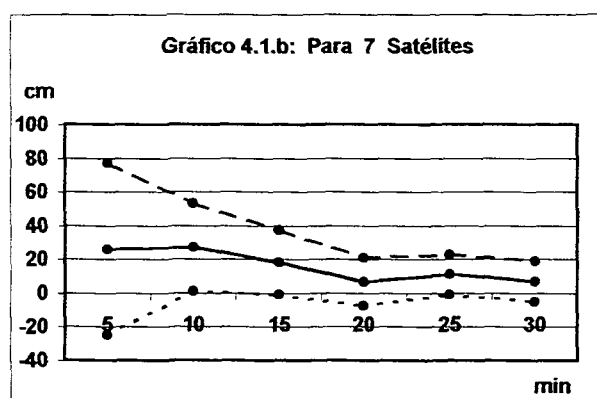
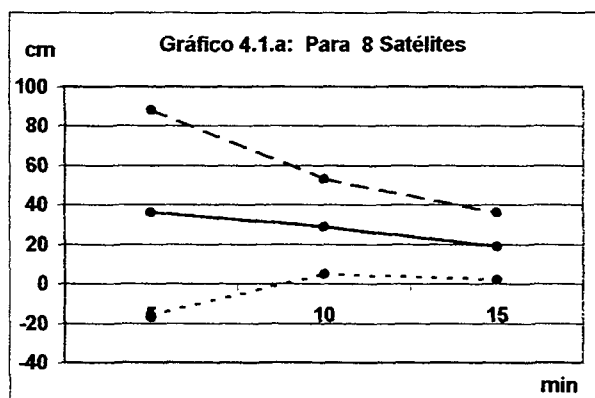


FIGURA 4.2 - PRECISÃO DA TÉCNICA ESTÁTICO RÁPIDO EM FUNÇÃO DO TEMPO, PARA A LINHA DE BASE DE 40 km, E PARA DIFERENTES NÚMEROS DE SATÉLITES

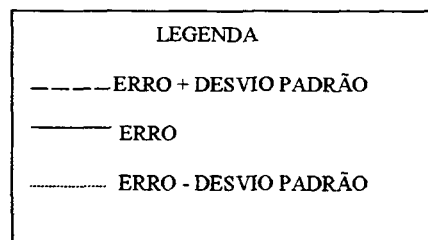
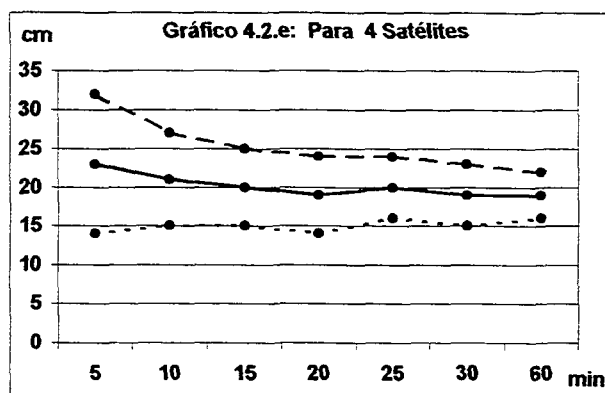
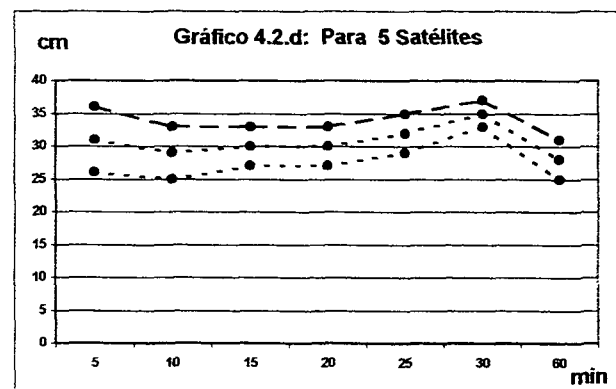
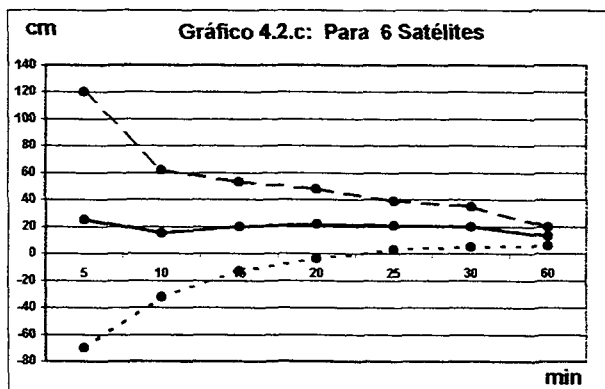
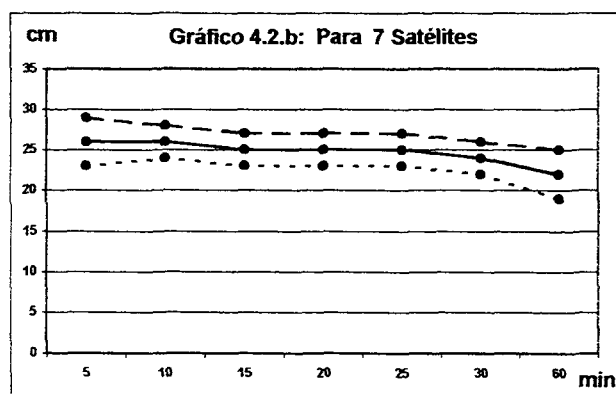
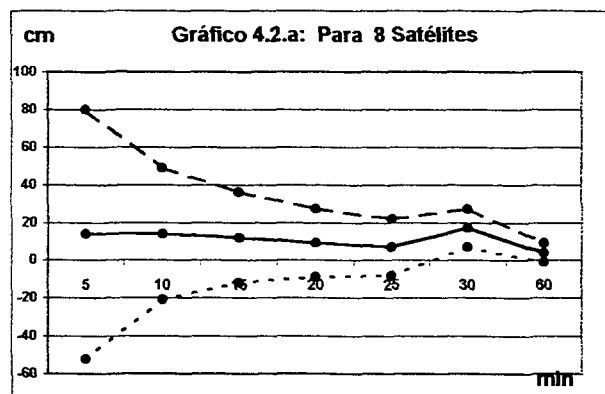


FIGURA 4.3 - PRECISÃO DA TÉCNICA ESTÁTICO RÁPIDO EM FUNÇÃO DO TEMPO, PARA A LINHA DE BASE DE 56 km, E PARA DIFERENTES NÚMEROS DE SATÉLITES

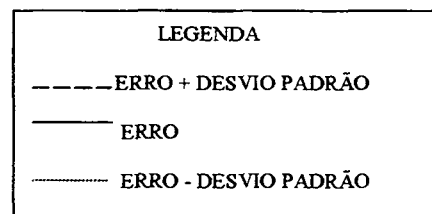
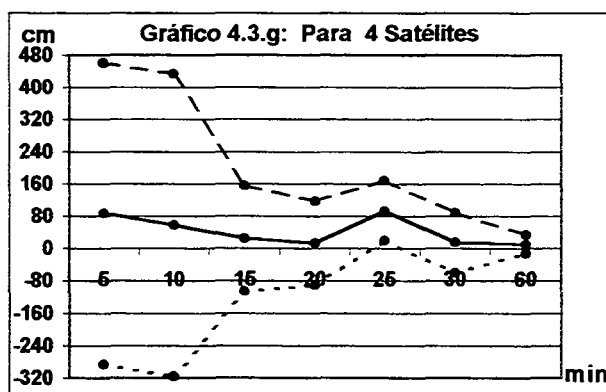
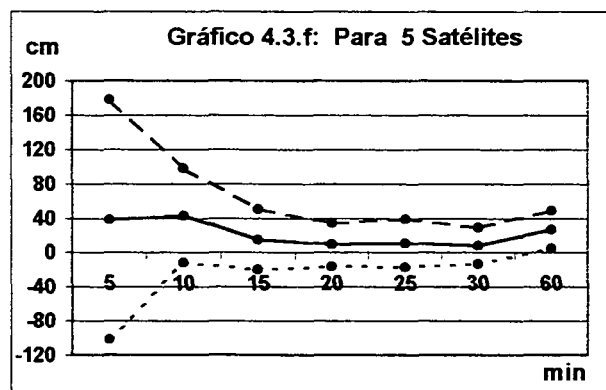
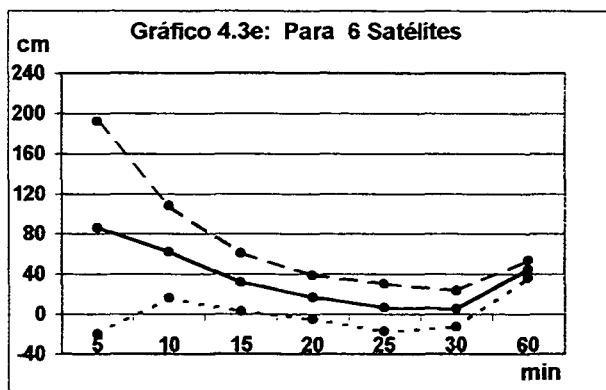
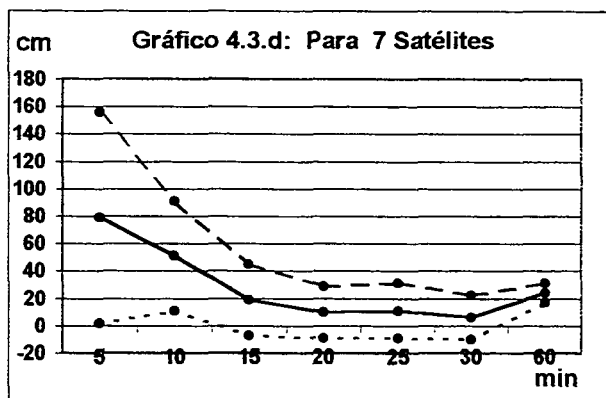
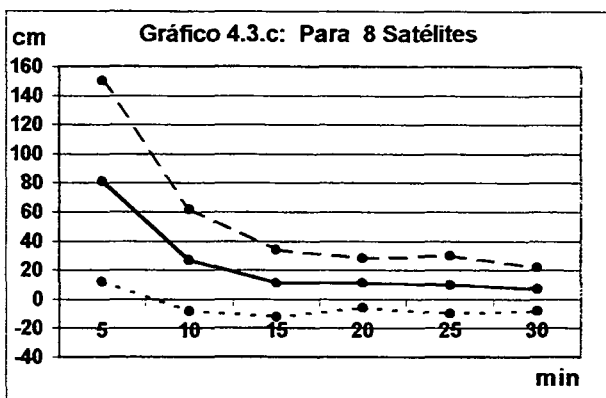
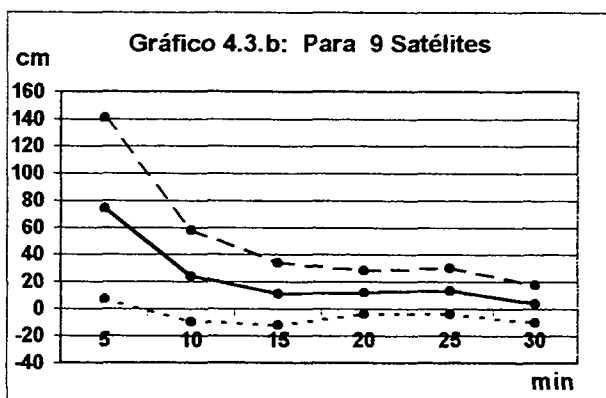
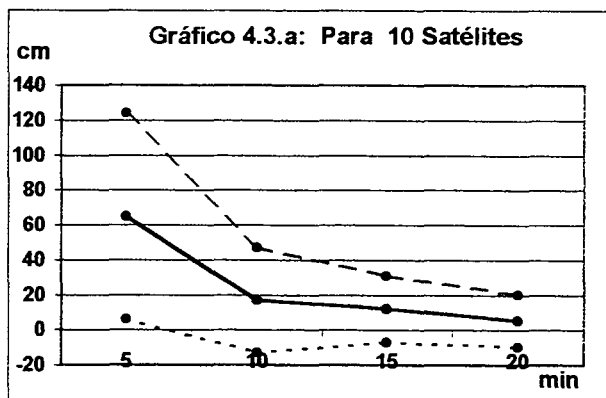


FIGURA 4.4 - PRECISÃO DA TÉCNICA ESTÁTICO RÁPIDO EM FUNÇÃO DO TEMPO, PARA A LINHA DE BASE DE 70 km, E PARA DIFERENTES NÚMEROS DE SATÉLITES

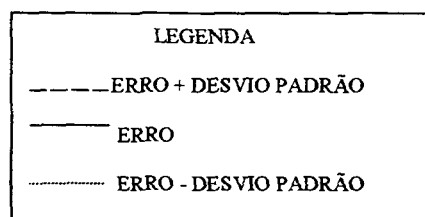
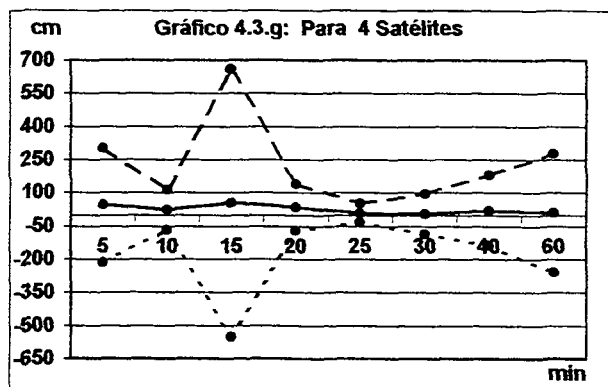
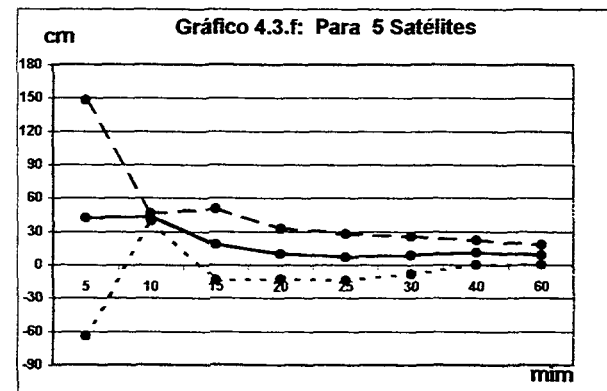
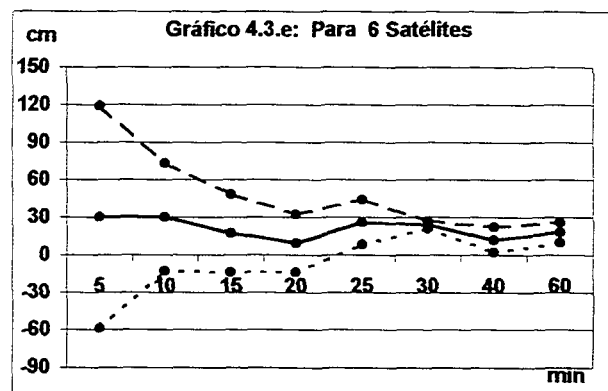
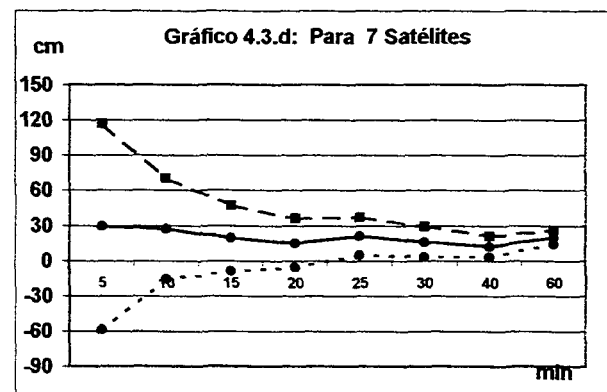
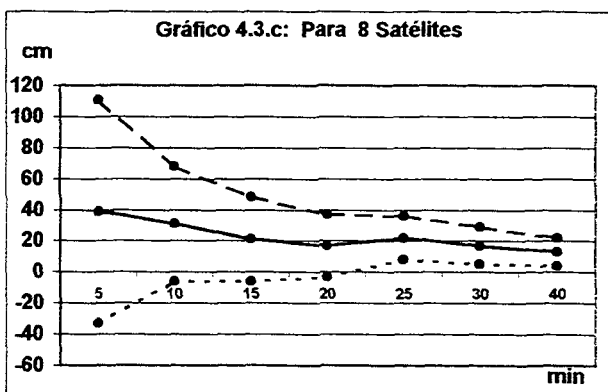
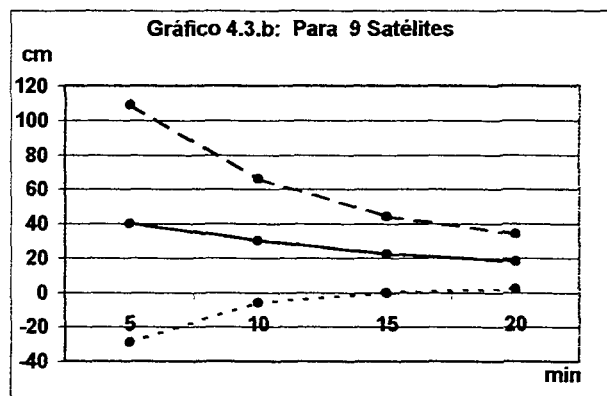
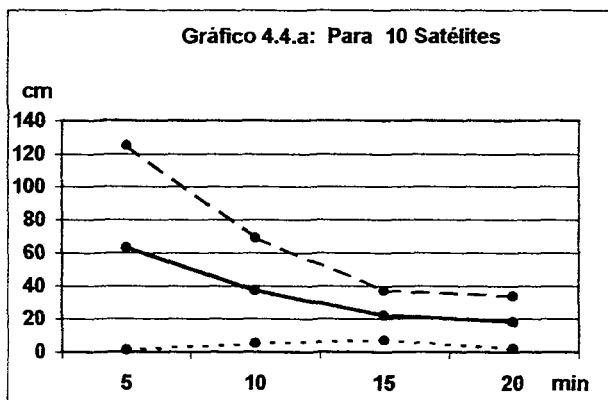


FIGURA 4.5 - PRECISÃO DA TÉCNICA ESTÁTICO RÁPIDO EM FUNÇÃO DO TEMPO, PARA A LINHA DE BASE DE 96 km, E PARA DIFERENTES NÚMEROS DE SATÉLITES

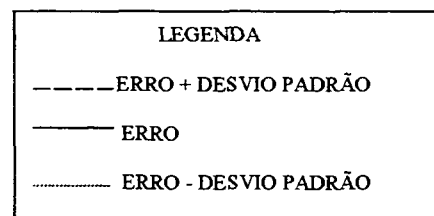
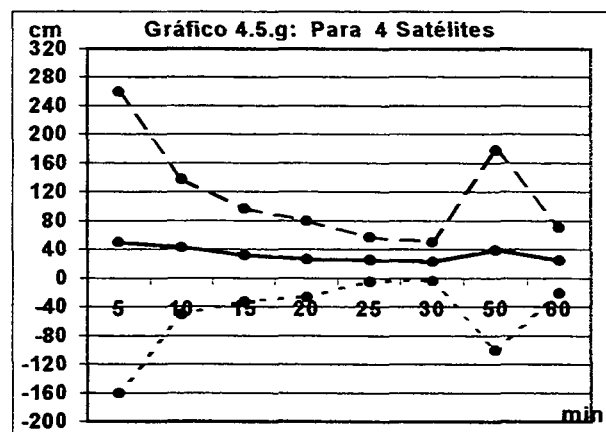
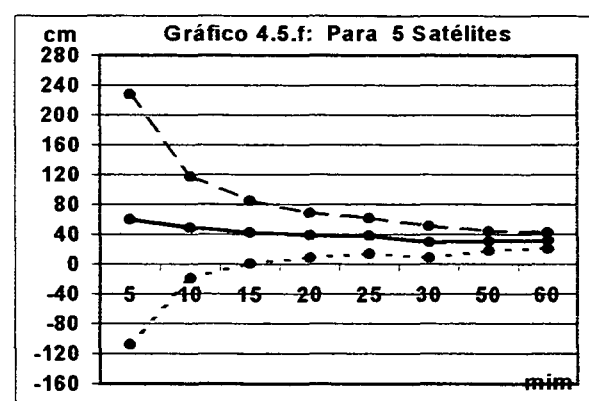
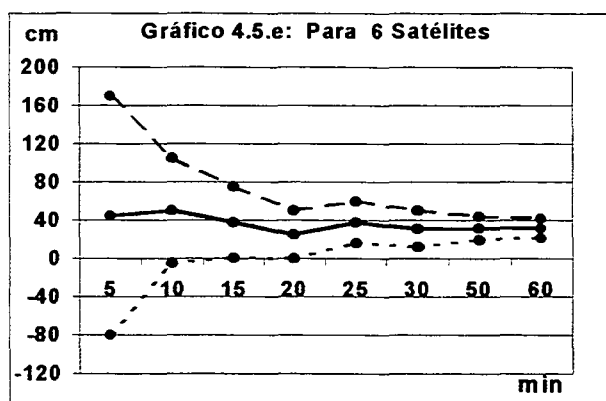
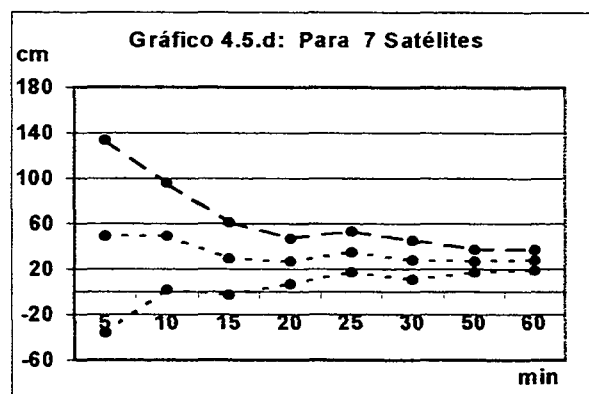
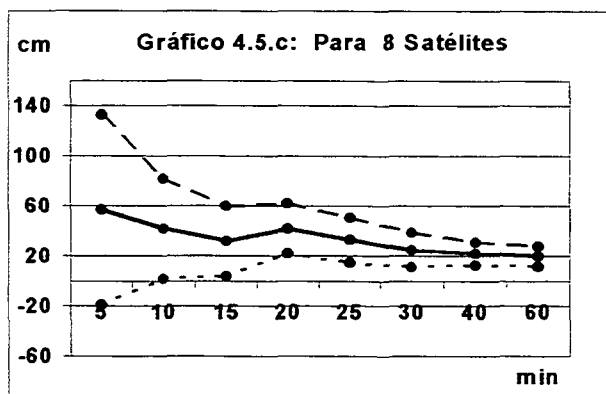
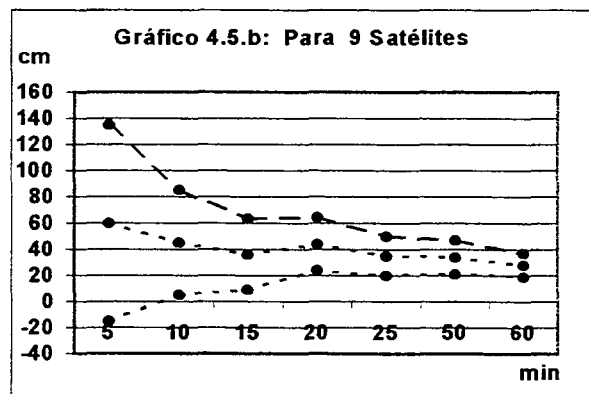
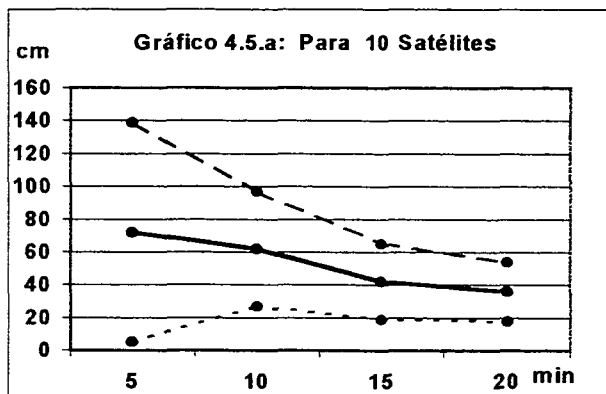


GRÁFICO 4.1 - PRECISÃO DA TÉCNICA ESTÁTICO RÁPIDO EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE SATÉLITES, PARA DIFERENTES TEMPOS DE OBSERVAÇÃO. LINHA BASE DE 20 km.

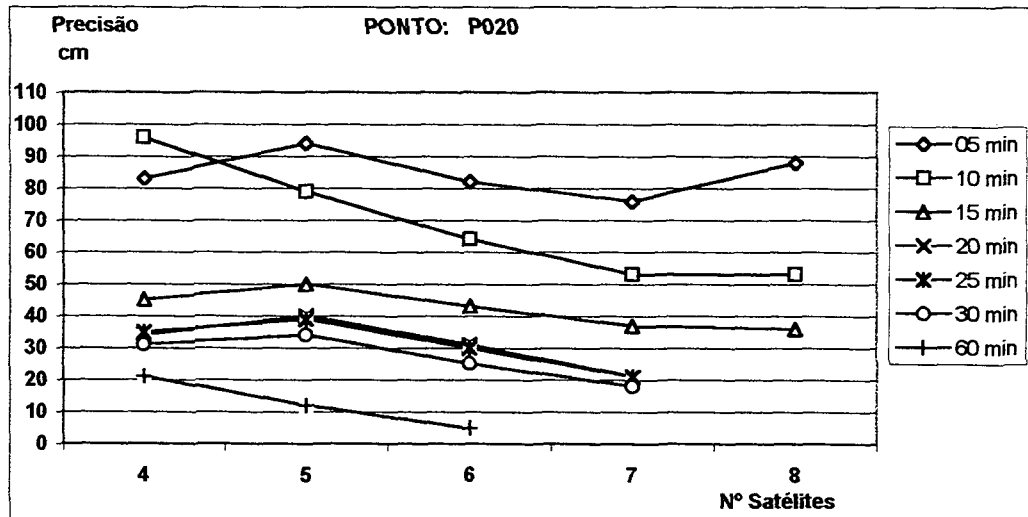


GRÁFICO 4.2 - PRECISÃO DA TÉCNICA ESTÁTICO RÁPIDO EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE SATÉLITES, PARA DIFERENTES TEMPOS DE OBSERVAÇÃO. LINHA BASE DE 40 km.

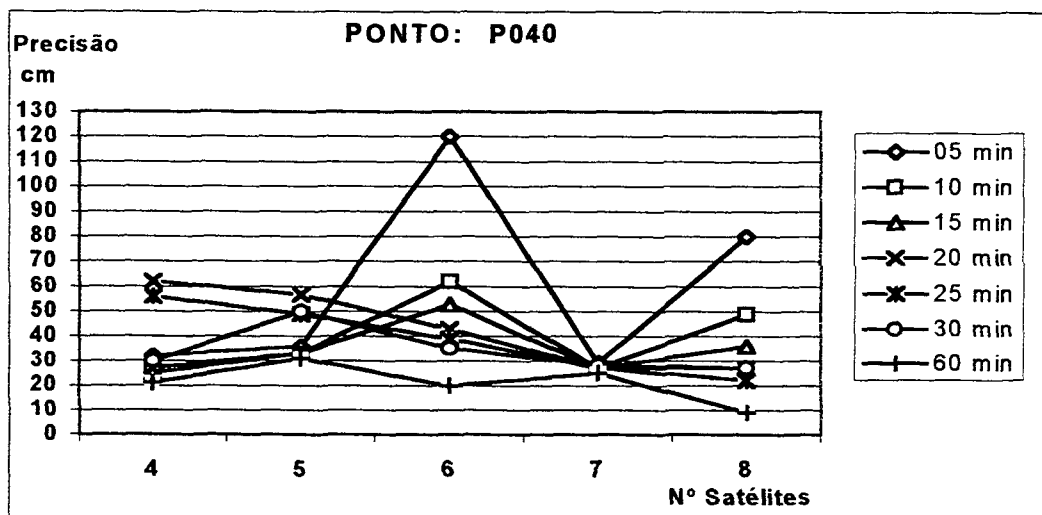


GRÁFICO 4.3 - PRECISÃO DA TÉCNICA ESTÁTICO RÁPIDO EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE SATÉLITES, PARA DIFERENTES TEMPOS DE OBSERVAÇÃO. LINHA BASE DE 56 km.

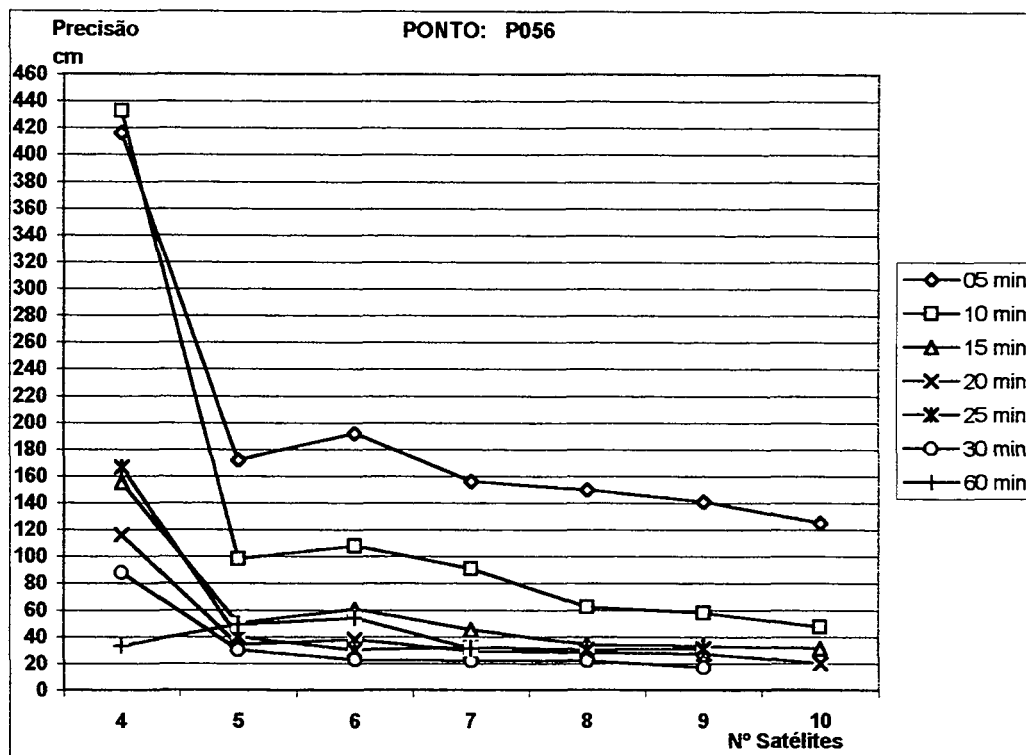


GRÁFICO 4.4 - PRECISÃO DA TÉCNICA ESTÁTICO RÁPIDO EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE SATÉLITES, PARA DIFERENTES TEMPOS DE OBSERVAÇÃO. LINHA BASE DE 70 km

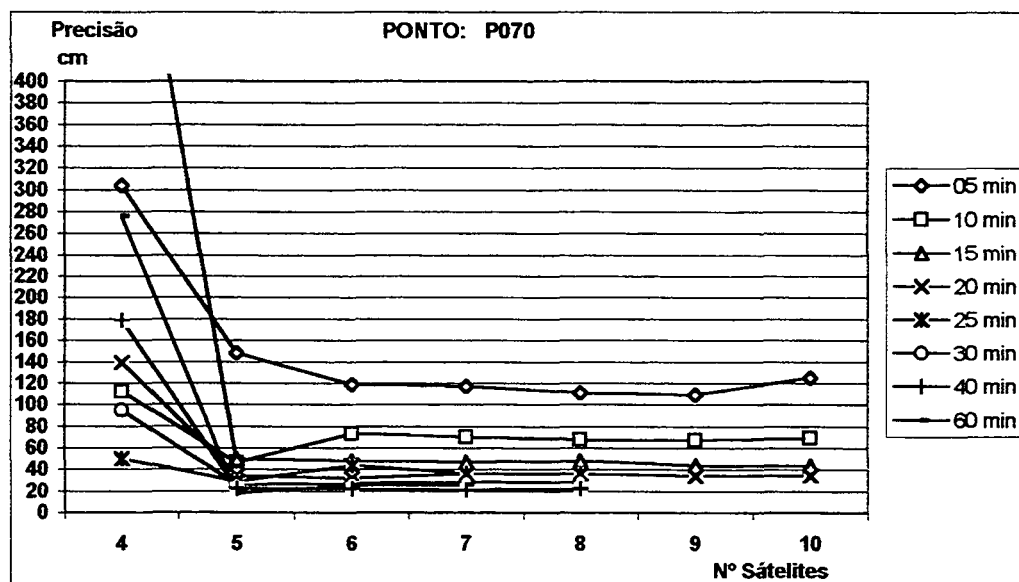
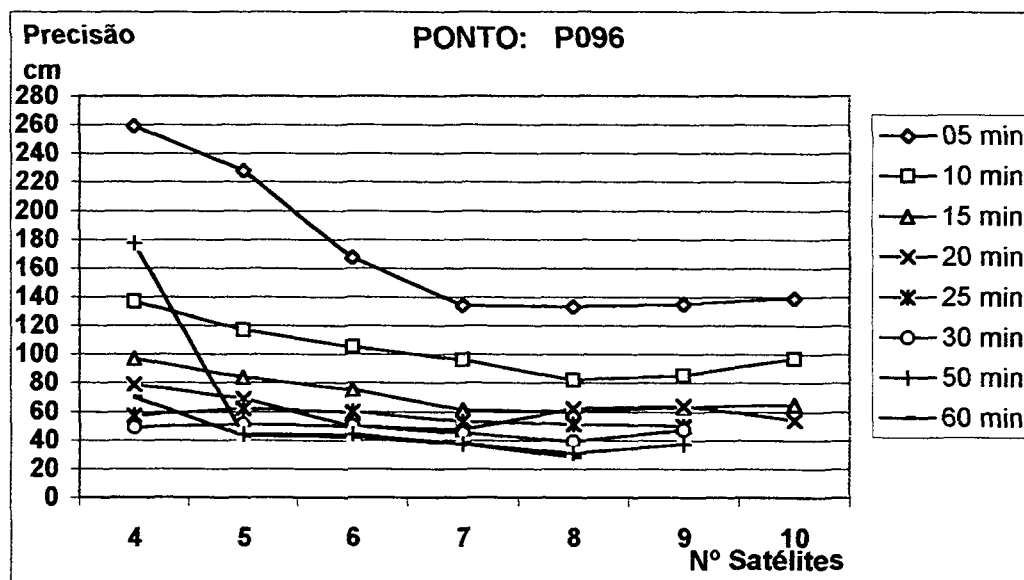


GRÁFICO 4.5 - PRECISÃO DA TÉCNICA ESTÁTICO RÁPIDO EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE SATÉLITES, PARA DIFERENTES TEMPOS DE OBSERVAÇÃO. LINHA BASE DE 96 km.



Os dados coletados na 2ª campanha (descrita na seção 3.4) foram processados seguindo a mesma metodologia, da 1ª campanha, descrita anteriormente. Com tudo, nesta etapa foram suprimidos os resultados obtidos para 4 satélites e para os tempos de observação iguais a 5 e 10 minutos, em face deles se apresentarem instáveis e com erros elevados.

Na figura 4.6 e 4.7 observa-se os gráficos 4.6.a.1 a 4.6.c.1 e 4.7.d.1 a 4.7.e.1 referentes as linhas de base da 1ª campanha e os gráficos 4.6.a.2 a 4.6.c.2 e 4.7.d.2 a 4.7.e.2 referentes as linhas de base da 2ª campanha com a precisão alcançada em função do número de satélites (>5) para os diferentes tempos de observação (>15 min).

Analisando-se estes gráficos verifica-se que independentemente do comprimento das linhas de base em estudo, as soluções com erros menores e mais estáveis foram as obtidas para um mínimo de 7 satélites e com tempo de observação de 20 minutos. Contata-se também que o comportamento dos erros para ambas as campanhas foram semelhantes.

FIGURA 4.6 - PRECISÃO DA TÉCNICA ESTÁTICO RÁPIDO EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE SATÉLITES, PARA TEMPOS DE OBSERVAÇÃO ACIMA DE 10 MINUTOS. PRIMEIRA E SEGUNDA CAMPANHAS. LINHAS DE BASE DE 20, 40 E 56 km

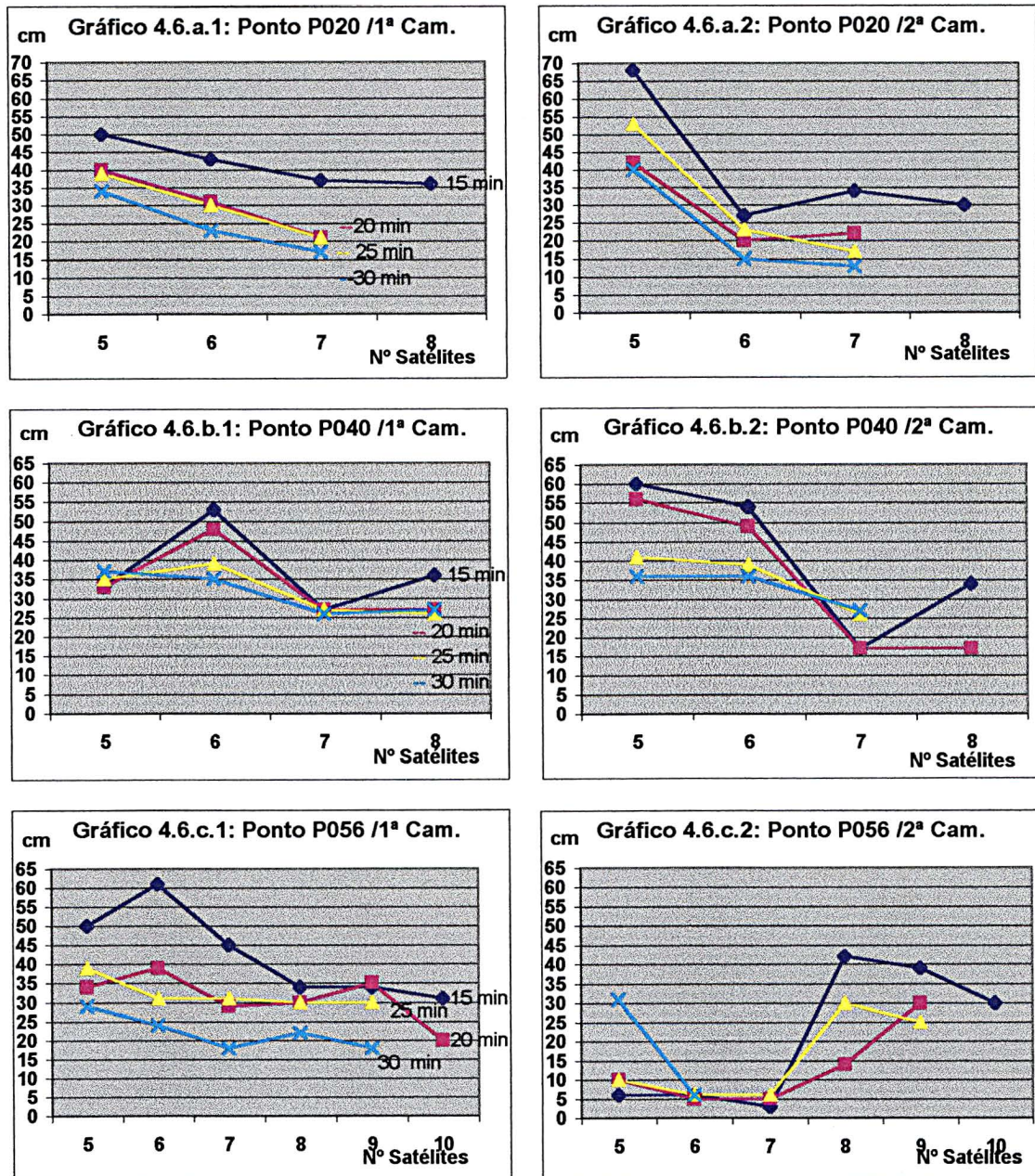
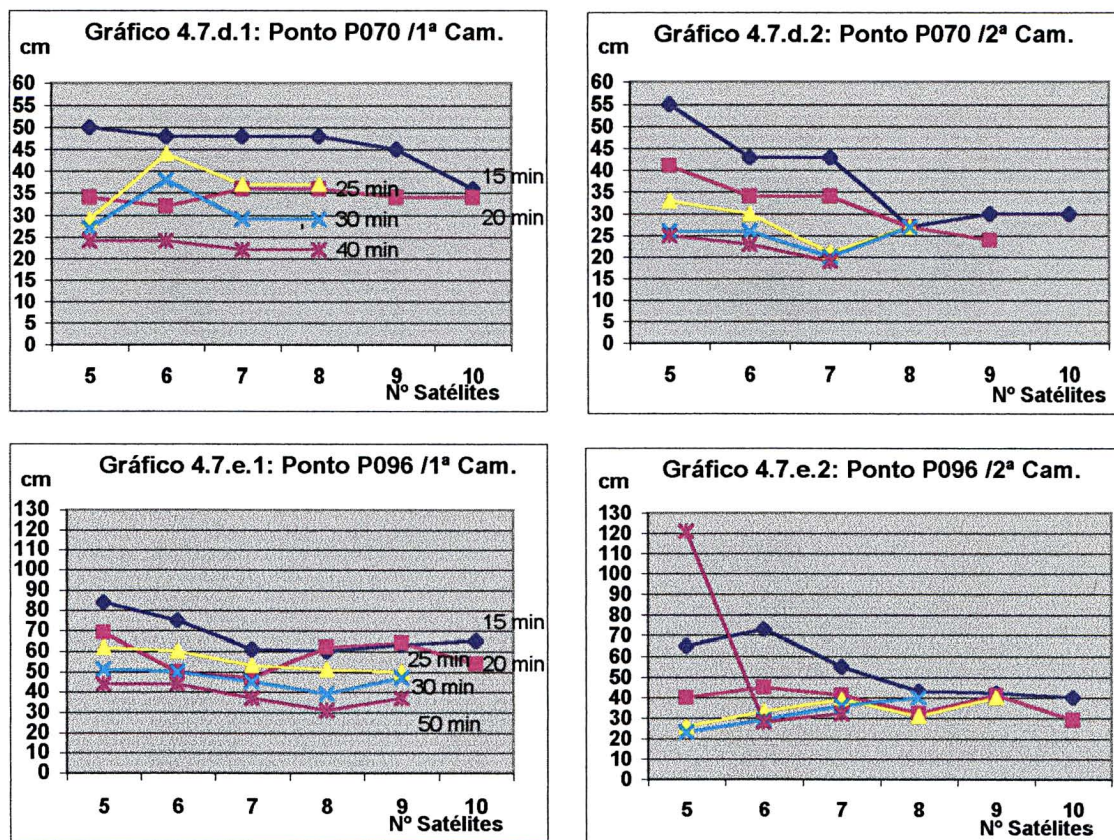


FIGURA 4.7 - PRECISÃO DA TÉCNICA ESTÁTICO RÁPIDO EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE SATÉLITES, PARA TEMPOS DE OBSERVAÇÃO ACIMA DE 10 MINUTOS. PRIMEIRA E SEGUNDA CAMPANHAS. LINHAS DE BASE DE 70 E 96 km



Nos gráficos 4.6, 4.7 e 4.8 representa-se as diferenças tridimensionais obtidas com os dados da 1ª campanha, em função dos diferentes comprimentos das linhas de base e com a observação de 5, 6 e 7 satélites respectivamente, e com tempo de observação dos sinais iguais a 20 min, 25 min e 30 min. Analisando-se o gráfico 4.8 (7 satélites) observa-se que para linhas de base inferiores a 20 km o erro está abaixo de 25 cm, a 40 km abaixo de 30 cm, a 56 km abaixo de 35 cm, a 70 km abaixo de 40 cm e a 96 km abaixo de 55 cm. Estes valores conduzem a um gradiente aproximado de 4 mm por quilômetro, iniciando em um erro de 25 cm em 20 km. Comparando-se a informação do gráfico 4.7 (6 satélites) com a informação do gráfico 4.8 (7 satélites) observa-se que para 6 satélites a precisão diminui aproximadamente 10 cm. O gradiente aproximado para 6 satélites é de 3 mm por quilômetro, iniciando em um erro

de 35 cm em 20 km. Já para 5 satélites (gráfico 4.6) a precisão torna-se instável no tempo e de forma geral está abaixo de 75 cm para as diferentes linhas de base. O gradiente de precisão tende a ser constante ao aumentar o número de satélites.

GRÁFICO 4.6 - PRECISÃO DA TÉCNICA ESTÁTICO RÁPIDO EM FUNÇÃO DA DISTÂNCIA, PARA TEMPOS DE OBSERVAÇÃO DE 20, 25 E 30 MINUTOS (5 SATÉLITES).

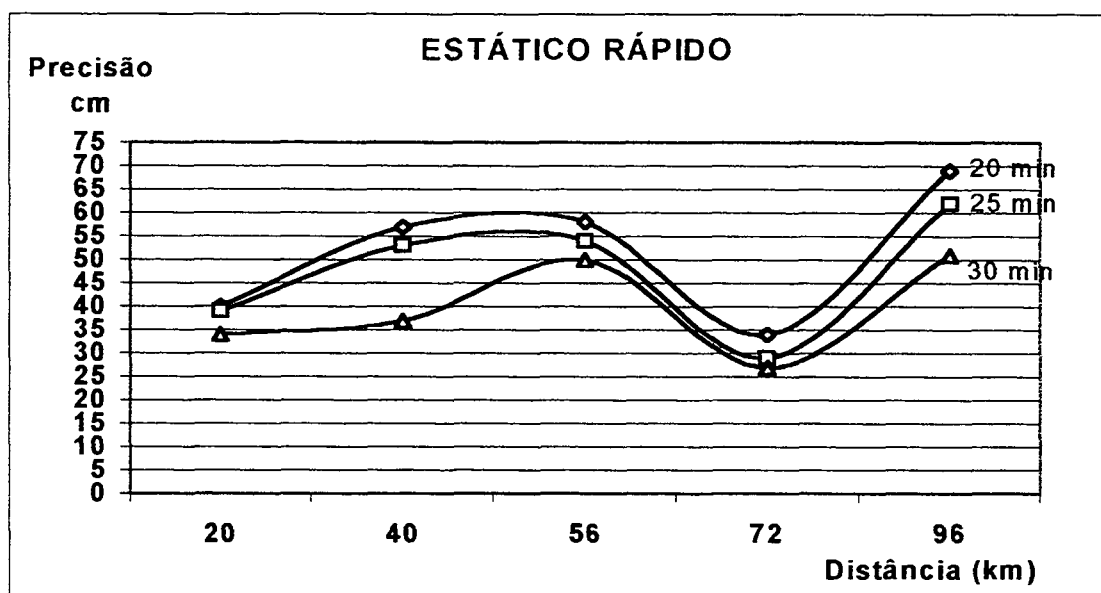


GRÁFICO 4.7 - PRECISÃO DA TÉCNICA ESTÁTICO RÁPIDO EM FUNÇÃO DA DISTÂNCIA, PARA TEMPOS DE OBSERVAÇÃO DE 20, 25 E 30 MINUTOS (6 SATÉLITES).

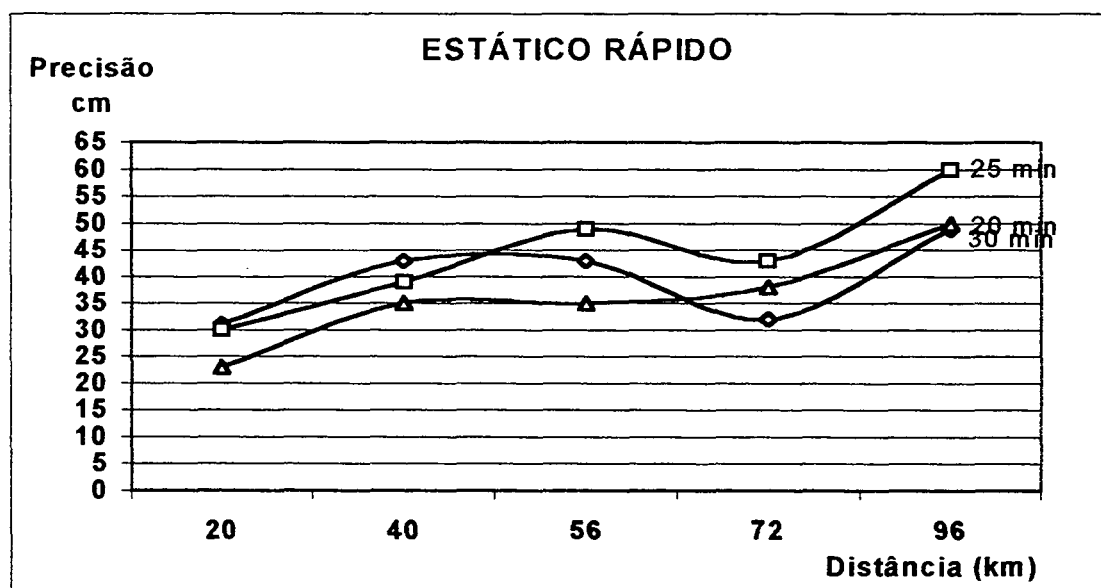
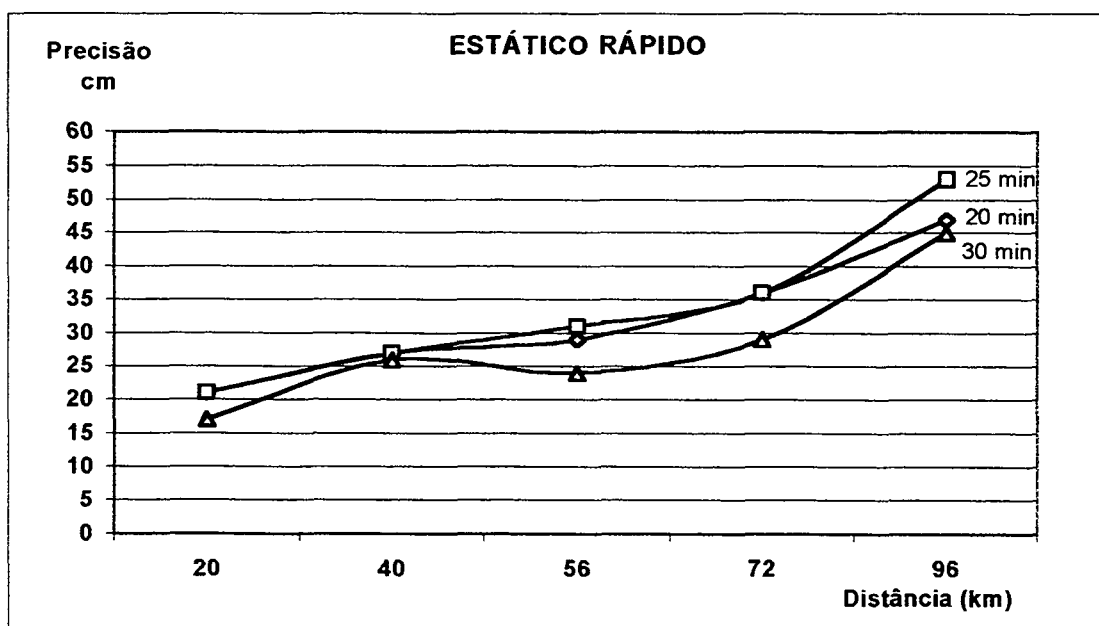


GRÁFICO 4.8 - PRECISÃO DA TÉCNICA ESTÁTICO RÁPIDO EM FUNÇÃO DA DISTÂNCIA, PARA TEMPOS DE OBSERVAÇÃO DE 20, 25 E 30 MINUTOS (7 SATÉLITES).



4.3 PROCESSAMENTO E ANÁLISE DA TÉCNICA ESTÁTICA CLÁSSICA

Os resultados obtidos com a técnica estático rápido podem conduzir a uma idéia de que o melhor posicionamento para esta técnica é para um mínimo de 7 satélites, seguido de 6 e 5 satélites e para tempo de observação superior a 20 minutos. Contudo, optou-se por acrescentar ao presente trabalho o processamento e a análise dos dados obtidos com a técnica estática, visando estabelecer a relação das precisões entre as duas técnicas, para as distâncias e tempos considerados.

Nos apêndices 3 (1ª campanha) e 4 (2ª campanha), observam-se as coordenadas geodésicas (φ , λ , h), os RMS, o RATIO, o tempo de resolução das ambigüidades e as diferenças tridimensionais obtidas com o processamento destes dados.

A partir das tabelas dos apêndices 3 e 4 procedeu-se à elaboração da tabela 4.8, a qual indica de forma sucinta se a resolução das ambigüidades para o

posicionamento relativo foi flutuante ou qual foi o tempo que demorou para sua fixação, para uma constelação de 5, 6 e 7 satélites e para os pontos rastreados nas duas campanhas.

As diferenças tridimensionais com relação a técnica estática em função do tempo de observação para as diferentes linhas de base e sete (7) satélites estão representadas nos gráficos 4.9 (1ª campanha) e 4.10 (2ª campanha), para 6 satélites os gráficos 4.11 (1ª campanha) e 4.12 (2ª campanha), e para 5 satélites o gráfico 4.13 (1ª campanha). O gráfico para 5 satélites da 2ª campanha não foi realizado visto que o da 1ª campanha apresentou resultados não satisfatórios.

TABELA 4.8 - RESOLUÇÃO DAS AMBIGÜIDADES PARA A 1ª E 2ª CAMPANHAS NO PROCESSAMENTO ESTÁTICO

PONTO	1ª CAMPANHA			2ª CAMPANHA		
	5 Sat.	6 Sat.	7 Sat.	5 Sat.	6 Sat.	7 Sat.
P020	Não fixou	Não fixou	Não fixou	--	Não fixou	Não fixou
P040	40 min	40 min	30 min	--	--	60 min
P056	Não fixou	40 min	Não fixou	--	40 min	30 min
P070	50 min	50 min	50 min	--	50 min	50 min
P096	Não fixou	Não fixou	50 min	--	30 min	30 min

GRÁFICO 4.9 - PRECISÃO DA TÉCNICA ESTÁTICA (CLÁSSICA) EM FUNÇÃO DO TEMPO DE OBSERVAÇÃO E O COMPRIMENTO DA LINHA DE BASE. PARA 7 SATÉLITES, PRIMEIRA CAMPANHA.

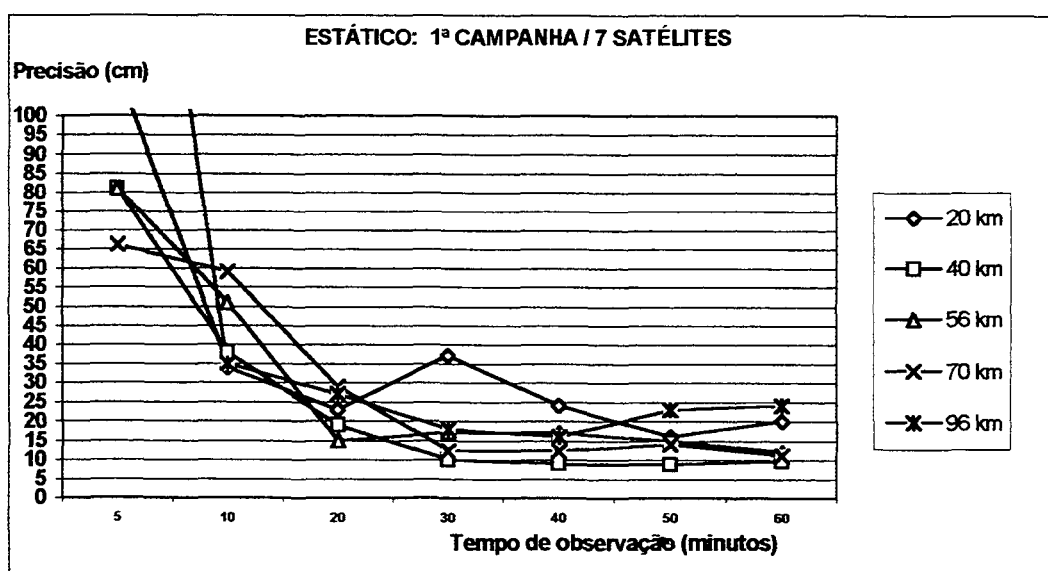


GRÁFICO 4.10 - PRECISÃO DA TÉCNICA ESTÁTICA (CLÁSSICA) EM FUNÇÃO DO TEMPO DE OBSERVAÇÃO E O COMPRIMENTO DA LINHA DE BASE, PARA 7 SATÉLITES, SEGUNDA CAMPANHA.

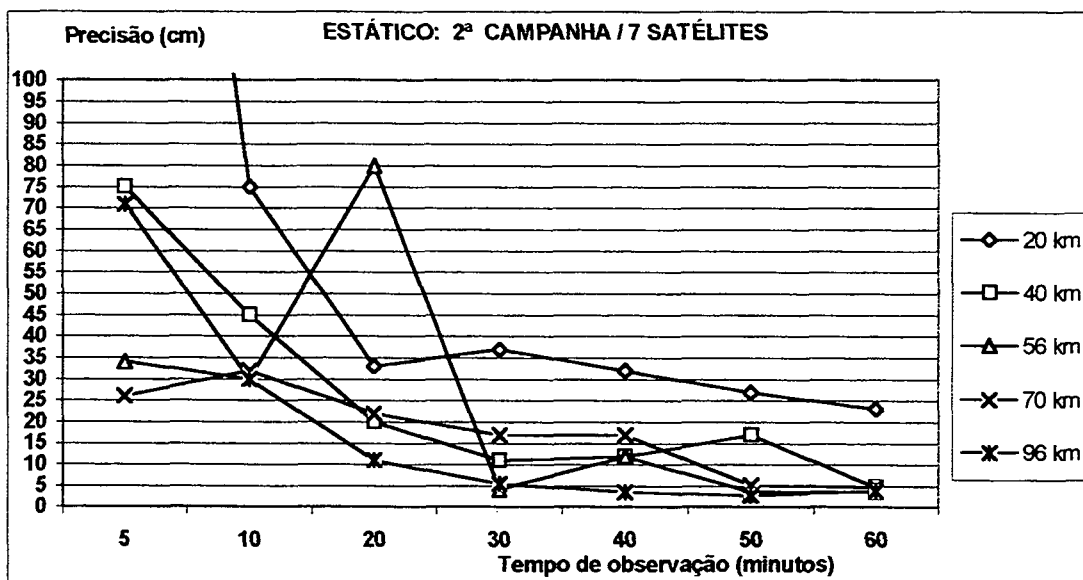


GRÁFICO 4.11 - PRECISÃO DA TÉCNICA ESTÁTICA (CLÁSSICA) EM FUNÇÃO DO TEMPO DE OBSERVAÇÃO E O COMPRIMENTO DA LINHA DE BASE, PARA 6 SATÉLITES, PRIMEIRA CAMPANHA.

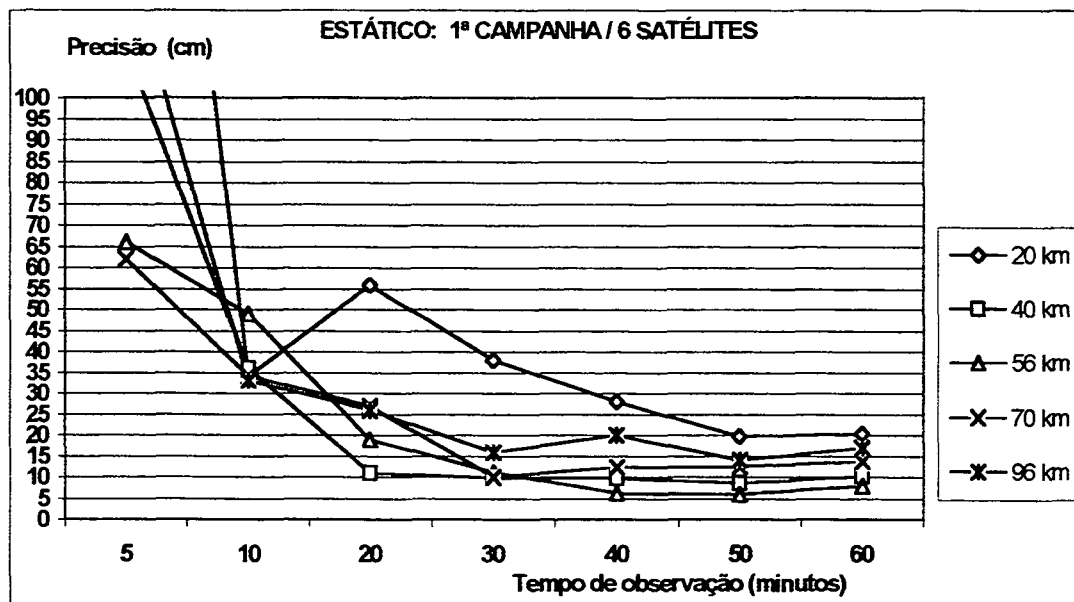


GRÁFICO 4.12 - PRECISÃO DA TÉCNICA ESTÁTICA (CLÁSSICA) EM FUNÇÃO DO TEMPO DE OBSERVAÇÃO E O COMPRIMENTO DA LINHA DE BASE, PARA 6 SATÉLITES, SEGUNDA CAMPANHA.

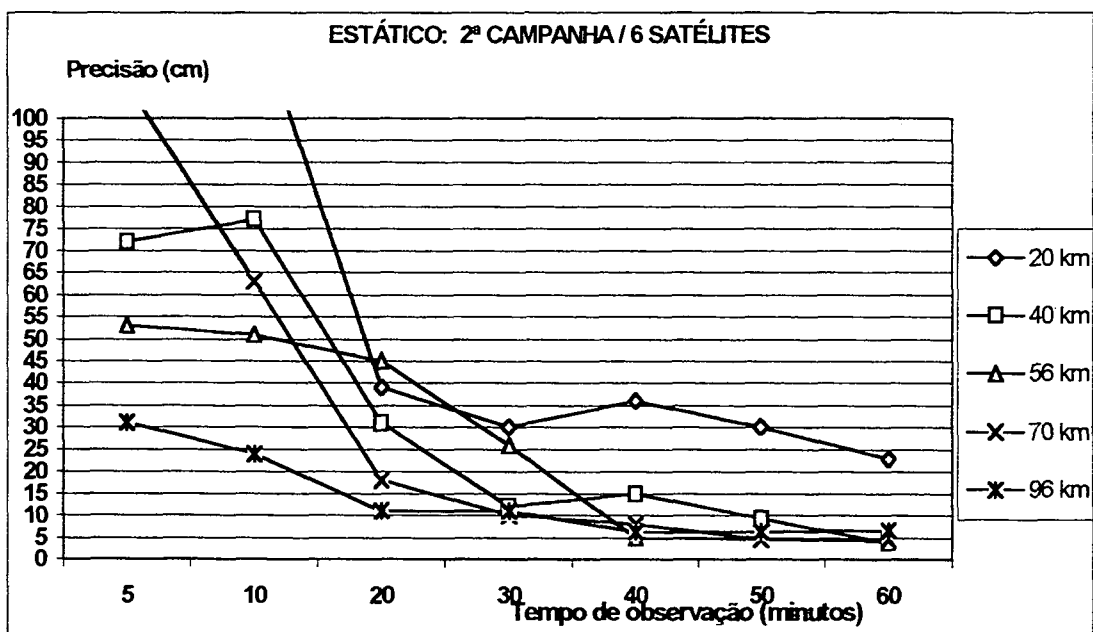
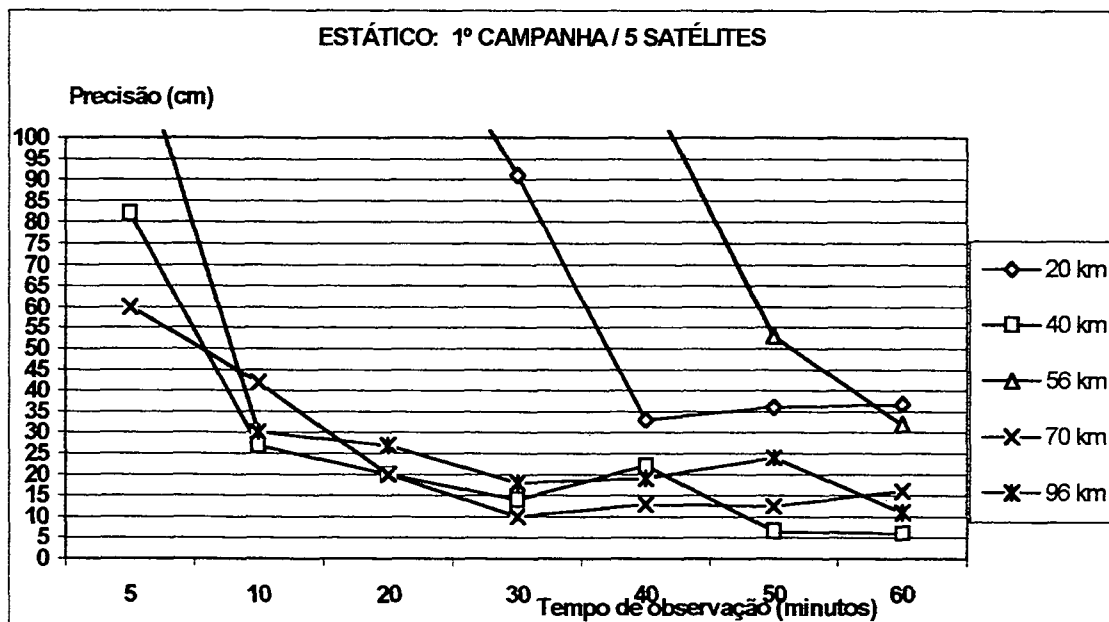


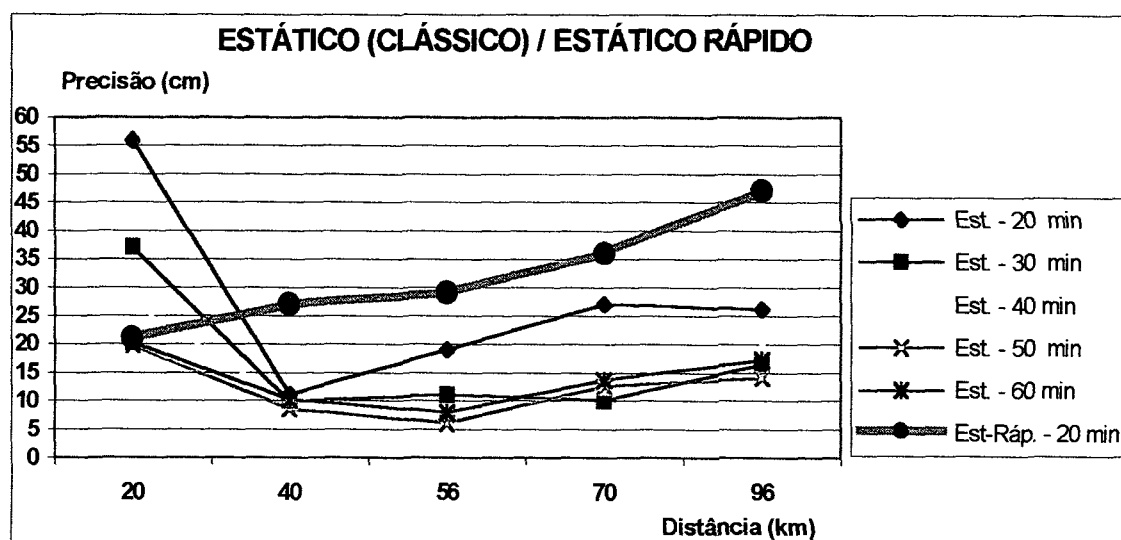
GRÁFICO 4.13 - PRECISÃO DA TÉCNICA ESTÁTICA (CLÁSSICA) EM FUNÇÃO DO TEMPO DE OBSERVAÇÃO E O COMPRIMENTO DA LINHA DE BASE, PARA 5 SATÉLITES, PRIMEIRA CAMPANHA.



Analisando-se os gráficos 4.9 a 4.13, observa-se que o erro para a linha de base de 20 km é maior que o erro para as demais linhas de base, independentemente do tempo de observação. Verifica-se também que o erro para um mesmo tempo de observação é praticamente o mesmo para as diferentes distâncias, exceto para 20 km que é maior. Decorridos 40 minutos de observação (exceto para 5 satélites) o erro é menor que 25 cm para as linhas de base de que 40 km, 56 km, 70 km e 96 km. As observações com 5 satélites apresentaram um erro mais elevado que com 6 e 7 satélites, e os resultados da primeira e segunda campanha são muito parecidos.

Finalmente no gráfico 4.14 foi representada uma combinação dos resultados para estático rápido (mínimo 7 satélites e 20 minutos de medição) e estático (clássico), indicando a precisão tridimensional em função dos comprimentos das linhas de base. Analisando-se este gráfico pode-se concluir que para distâncias de aproximadamente até 30 km e para precisões de até 25 cm é melhor empregar a técnica estático rápido, e para distâncias maiores deve-se empregar a técnica estática (clássica) com um mínimo de seis (6) satélites e quarenta minutos de rastreo. É provável que para distâncias menores que 20 km a técnica estático rápido forneça melhores resultados que a técnica estática (clássica), com as vantagens que a primeira têm quando compara com a segunda.

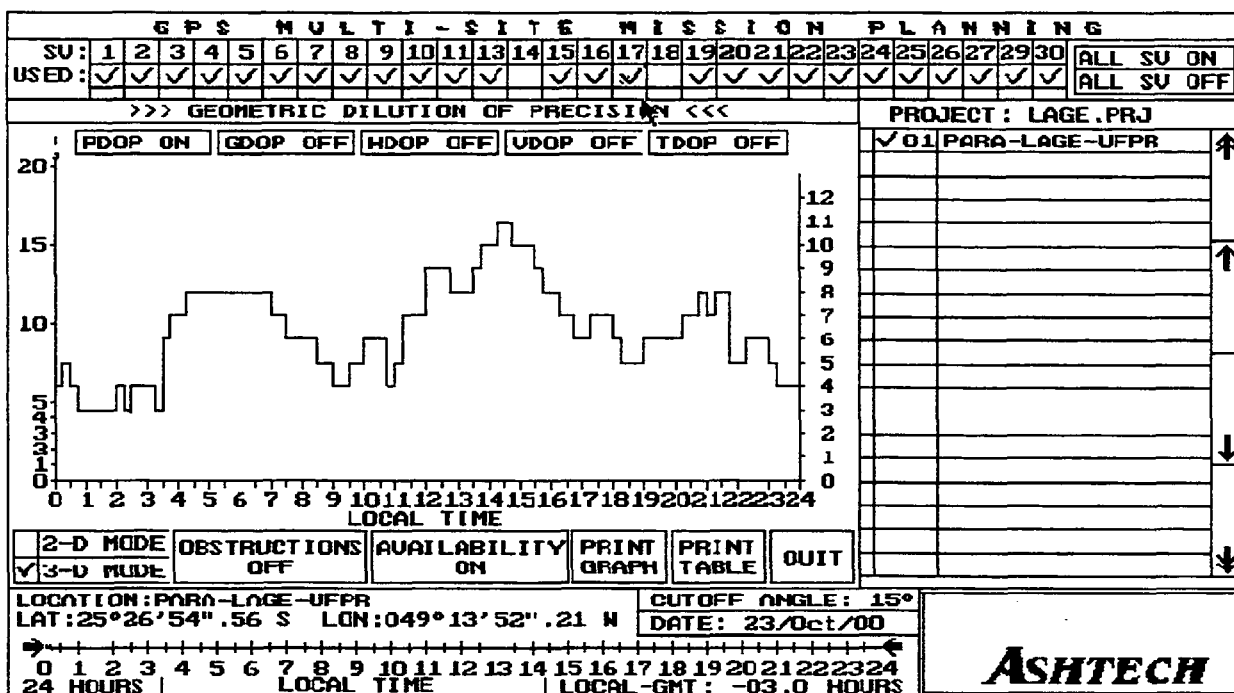
GRÁFICO 4.14 - COMPARAÇÃO DA PRECISÃO DAS TÉCNICAS ESTÁTICO RÁPIDO E ESTÁTICA (CLÁSSICA) EM FUNÇÃO DA DISTÂNCIA, PARA DIFERENTES TEMPOS DE OBSERVAÇÃO



Observando-se a tabela 4.8 e os gráficos 4.9 a 4.13 verifica-se que quando há a fixação das ambigüidades no processamento estático a precisão atinge melhores valores. Por exemplo; no gráfico 4.10 percebe-se que para a linha de base de 56 km a fixação das ambigüidades ocorreu com 30 minutos (tabela 4.8) e a precisão foi inferior a 5 cm.

Observando-se a figura 4.8, a qual representa a quantidade de satélites para as 24 horas do dia 23/10/2000, verifica-se que com um adequado pré-planejamento da campanha é possível obter-se janelas para a realização de observações GPS com seis (6) e sete (7) satélites.

FIGURA 4.8 - NÚMERO DE SATÉLITES PARA O DIA 23/10/2000. OBTIDO COM O MÓDULO PRE-PLANNING DO PROGRAMA PRISM (ASHTECH), BASEADO NO ARQUIVO DE NAVEGAÇÃO TRIMBLE PARA A RESPECTIVA DATA



5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 CONCLUSÕES

O objetivo principal desta dissertação consistiu na análise da precisão alcançada com o posicionamento relativo empregando a técnica estático rápido em bases médias (linhas de base menores que 100 km). Este objetivo foi alcançado com a realização de levantamentos de campo em cinco linhas de base 20 km, 40 km, 56 km, 70 km e 96 km, com tempo de observação de 2 h, 2 h 30 min, 3 h, 3 h 30 min e 4 h respectivamente, e um taxa de gravação de dados de 5 segundos. Os pontos (estações itinerantes) foram ocupados com o GPS em 2 campanhas distintas.

As coordenadas geodésicas precisas destes pontos foram determinadas com o processamento dos dados com o emprego do programa PRISM. Elas passaram a servir de parâmetros para a comparação dos resultados obtidos com o pós-processamento com a técnica estático rápido.

Os dados foram processados com a técnica estático rápido em intervalos de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50 e 60 minutos e com número de satélites variando de 4 até 10. As coordenadas obtidas com estes processamentos foram comparadas com as coordenadas geodésicas precisas dos pontos. Nas comparações constata-se que para as diferentes linhas de base o erro tende a diminuir com o aumento do tempo de observação e que após 20 minutos de rastreamento se estabiliza. Para uma constelação de 4 satélites o erro é instável ao longo do tempo. Verificou-se também que as soluções com menor erro foram obtidas para um mínimo de 7 satélites e 20 minutos de observação. Sendo que para linhas de base de 20 km, 40 km, 56 km, 70 km e 96 km o erro é inferior a 25 cm, 30 cm, 35 cm, 40 cm e 55 cm respectivamente. Isto equivale a um gradiente positivo de aproximadamente 4 mm por km, iniciando com 25 cm em 20 km. Para 6 satélites o gradiente aproximado encontrado é de 3 mm por km, iniciando com 35 cm em 20 km.

Os dados coletados também foram processados com a técnica estática com intervalos de 10 minutos até 60 minutos. Após estes processamentos constatou-se que

o erro obtido para a linha de 20 km é maior que para as linhas de base mais longas, independentemente do tempo de observação. Verificou-se ainda que para as linhas de base superiores a 20 km, um mínimo de 6 satélites observados e 40 minutos de observação este erro é inferior a 25 cm. A causa consiste no fato de que as ambigüidades não foram fixadas para as linhas de base de 20 km, e para as linhas superiores com 4 ou 5 satélites e um tempo de observação inferior a 40 minutos as ambigüidades, em sua maioria, apresentaram uma solução flutuante.

Com as investigações realizadas e considerando-se os resultados com a técnica estática e a estático rápido (mínimo de 7 satélites e 20 minutos de observação) conclui-se que para linhas de base de até 30 km e para precisões de até 25 cm deve-se empregar a técnica estático rápido. Já para linhas de base maiores que 30 km e com um mínimo de 6 satélites e 40 minutos de observação deve-se empregar a técnica estática. É provável que para distâncias inferiores a 20 km a técnica estático rápido forneça melhores resultados do que a técnica estática, além de apresentar vantagens em relação a 2ª técnica. Cabe ressaltar-se que estes resultados advém do pós-processamento dos dados com um programa comercial que emprega na técnica estático rápido o módulo PNAV, ou seja a técnica "On the Fly" para resolução das ambigüidades.

Acredita-se que com esta dissertação foi possível contribuir para melhorar as tomadas de decisões dos usuários GPS quanto a levantamentos futuros. Este trabalho descortina novos horizontes e perspectivas para o emprego do posicionamento relativo com a técnica estático rápido atingindo precisões satisfatórias para as linhas médias (menores que 100 km) em algumas áreas de levantamentos.

5.2 RECOMENDAÇÕES

Efetuar posicionamentos relativos de linhas de base de até 30 km e precisões de até 25 cm de tolerância com a técnica estático rápido com um mínimo de 7 satélites e 20 minutos de observações. Já com 6 satélites esta precisão diminui em

aproximadamente 10 cm.

Deve-se empregar a técnica estática com um mínimo de 6 satélites e 40 minutos de rastreamento para as linhas de base entre 30 e 96 km e precisões de até 25 cm de tolerância.

Para linhas de base inferiores a 20 km, deve-se comparar a técnica estática rápida e estática.

No pós-processamento dos dados GPS, o emprego de um programa comercial com a técnica estática rápida e com a técnica para resolução das ambigüidades "On the Fly" é recomendado.

6 REFERÊNCIAS

ASHTECH. **PRISM Software Suite: Software User's Guide**. 1995.

ANDRADE, J. B. **NAVSTAR - GPS**. Curitiba: Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná, 1988. 63 p.

Canadian GPS Associates. **Guide to GPS Positioning**. Canada: University of New Brunswick, 1987.

CANSPACE: **Navstar GPS Constellation Status**. Disponível em : CANSPACE@LISTSERV.UNB.CA> Acesso em 20 maio 2000.

DIVIS, DEE A. **SA: Going to the way of the dinosaur**. GPS WORLD. Junho, 2000.

HOPFIELD, H. **Tropospheric effect on electromagnetically measured range: prediction from surface weather data**. Radio Science, 6, No. 3, 357-367, 1971.

IBGE. **Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos**. Rio de Janeiro, 1996.

KING, R.W; MASTERS, E.G; RIZOS, C; STOLZ, A; COLLINS, J. **Surveying with GPS**. Kensington: University of New South Wales, 1985. 128 f.

KLOBUCHAR, J. A. **Ionospheric effects on GPS**. GPS World, 48-51, 1991.

KRUEGER. C. P. **Investigações sobre aplicações de alta precisão do GPS no âmbito marinho**. Curitiba, 1996. 267 f. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

LEICK, A. **GPS Satellite Surveying**. 2 ed. New York: Jhon Wiley & Sons, Inc, 1995. 559 p.

LEICK, A. **Rapid Static GPS Surveying**. ACSM Bulletin, May/June, 1994. Disponível em: <<http://www.spatial.maine.edu/~leick/publ14.htm>> Acesso em 01 abr. 2000.

Natural Resources Canada. **GPS POSITIONING GUIDE**. 3. ed. Ottawa, 1995. 110 p.

PARKINSON, B; SPILKER, J. **Global Positioning System: Theory and Applications**. Washington, DC: American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc, 1996. v. 1, 793 p.

SEEBER, G. **Satellite Geodesy**. Berlin-New York: Walter de Gruyter, 1993. 531 p.

TEUNISSEN, P. J; KLEUSBERG, A. **GSP for Geodesy**. 2. ed. Berlin: Springer-Verlag, 1998. 650 p.

HOFMANN-WELLENHOF, B; LICHTENEGGER, H; COLLINS, J. **Global Positioning System**. 3. ed. New York: Springer-Verlag, 1994. 356 p.

7 DOCUMENTOS CONSULTADOS

CARVALHO, D. L. **Análise das Técnicas GPS Atuais Para os Posicionamentos Estáticas e Cinemáticos em Bases Curtas.** Curitiba, 1999. 139 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

DMA-IAGS. **Geodesia Satelital.** Ohio: The Ohio State University, 1.985. 506 p.

GEMAEI, C. **Geodesia Celeste: Introdução.** Curitiba: Curso de Pós Graduação em Ciências Geodésicas - Universidade Federal do Paraná, 1991.

HURN, J. **GPS: A Guide to the Next Utility.** Sunnyvale: Trimble Navegation Ltd, 1989. 71 p.

LEHMAN, D. J. (1979), **An Introduction to the NAVSTAR Global Positioning System.** Canadá: University of New Brunswick, 1979.

MOG, D. E. **Determinação de Órbita dos Satélites NAVSTAR-GPS.** Curitiba, 1995. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

RODRIGUES, D. D.. **Análise da Geometria Oferecida pela Constelação Final do Sistema GPS para Posicionamento por Ponto.** Curitiba, 1989. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

STRANG, G; BORRE, K. **Linear Algebra, Geodesy, and GPS.** Massachusetts: Wellesley-Cambridge Press, 1997. 625 p.

WELLS, D; DELIKARAOGLOU, D. **NAVSTAR PERFORMANCE ANALYSIS.**
Federicton: University of New Brunswick, 1980. 34 p.

SUBARI, M. D. **LOW-COST GPS SYSTEMS FOR INTERMEDIATE
SURVEYING AND MAPPING ACCURACY APLICATIONS.** Sidney: The
University of New South Wales, 1997. 179 p.

**APÊNDICE 1: COORDENADAS GEODÉSICAS DA PRIMEIRA CAMPANHA,
PROCESSADAS COM A TÉCNICA ESTÁTICO RÁPIDO (WL)**

PONTO: P020

Min.	Sat.	Latitude (S)			Longitude (W)			Altitude (m)	Rms (cm)	Dop	Dif. (cm)
		Grau	min	seg	Grau	min	seg				
5	4	25	25	58,95658	54	26	9,14647	967,315	69,0	7,0	14,0
5	5	25	25	58,95680	49	26	9,15464	967,101	61,2	2,7	33,4
5	6	25	25	58,95974	49	26	9,15615	967,293	56,7	1,9	25,3
5	7	25	25	58,95987	49	26	9,15568	967,274	50,3	1,8	25,4
5	8	25	25	58,94643	49	26	9,15498	967,209	52,5	1,5	36,2
10	4	25	25	58,95707	49	26	9,14778	967,149	69,0	6,6	26,6
10	5	25	25	58,96287	49	26	9,15418	967,162	44,1	2,9	35,3
10	6	25	25	58,96249	49	26	9,15352	967,328	38,5	1,5	25,2
10	7	25	25	58,96313	49	26	9,15328	967,335	26,0	1,9	26,4
10	8	25	25	58,95664	49	26	9,15784	967,238	24,0	1,5	29,0
15	4	25	25	58,95500	49	26	9,14758	967,208	25,0	16,1	20,6
15	5	25	25	58,96089	49	26	9,15501	967,217	21,0	3,0	29,2
15	6	25	25	58,96093	49	26	9,15347	967,306	21,0	2,1	22,1
15	7	25	25	58,95954	49	26	9,15283	967,297	18,0	2,0	18,6
15	8	25	25	58,95588	49	26	9,15491	967,532	18,0	1,6	19,9
20	4	25	25	58,95378	49	26	9,14825	967,292	21,0	27,0	12,9
20	5	25	25	58,95840	49	26	9,15660	967,302	17,0	3,1	24,1
20	6	25	25	58,95836	49	26	9,15372	967,385	16,0	2,3	14,7
20	7	25	25	58,95677	49	26	9,15170	967,380	14,0	2,1	7,2
25	4	25	25	58,95252	49	26	9,14749	967,272	18,0	2,3	17,0
25	5	25	25	58,95729	49	26	9,15670	967,271	14,0	3,0	24,8
25	6	25	25	58,95714	49	26	9,15463	967,317	14,0	2,1	17,3
25	7	25	25	58,95493	49	26	9,15244	967,298	12,0	2,1	12,8
30	4	25	25	58,95215	49	26	9,14684	967,330	16,0	2,1	15,1
30	5	25	25	58,95658	49	26	9,15634	967,320	13,0	3,0	21,2
30	6	25	25	58,95632	49	26	9,15318	967,360	14,0	2,9	11,0
30	7	25	25	58,95510	49	26	9,15183	967,365	12,0	1,6	6,7
60	4	25	25	58,95417	49	26	9,14679	967,364	10,0	1,3	10,7
60	5	25	25	58,95636	49	26	9,15322	967,344	0,1	2,6	11,8
60	6	25	25	58,95591	49	26	9,14887	967,362	0,1	2,3	5,4

CONTINUAÇÃO DO APÊNDICE 1

PONTO: P040

Min.	Sat.	Latitude (S)			Longitude (W)			Altitude (m)	Rms (cm)	Dop	Dif. (cm)
		Grau	min	seg	Grau	min	seg				
5	4	25	26	57,74961	49	36	48,61160	959,441	8,0	9,0	22,5
5	5	25	26	57,74972	49	36	48,61060	959,338	5,0	4,3	29,7
5	6	25	26	57,75435	49	36	48,61461	959,606	95,0	3,1	25,2
5	7	25	26	57,75357	49	36	48,61291	959,441	2,0	1,8	26,0
5	8	25	26	57,75102	49	36	48,60910	959,496	66,0	1,5	13,3
10	4	25	26	57,74954	49	36	48,61207	959,492	6,0	8,9	20,0
10	5	25	26	57,74966	49	36	48,61078	959,356	4,0	4,2	28,3
10	6	25	26	57,75249	49	36	48,60889	959,482	47,0	3,1	14,9
10	7	25	26	57,75365	49	36	48,61321	959,459	2,0	1,8	25,6
10	8	25	26	57,74878	49	36	48,60614	959,490	35,0	1,5	14,0
15	4	25	26	57,74949	49	36	48,61208	959,515	5,0	8,9	18,8
15	5	25	26	57,74959	49	36	48,61076	959,354	3,0	4,1	28,5
15	6	25	26	57,75227	49	36	48,61034	959,451	31,0	3,4	19,4
15	7	25	26	57,75376	49	36	48,61338	959,471	2,0	1,8	25,4
15	8	25	26	57,75998	49	36	48,60721	959,494	24,0	1,5	29,4
20	4	25	26	57,74945	49	36	48,61213	959,528	44,0	8,8	18,3
20	5	25	26	57,74953	49	36	48,61093	959,349	28,0	4,1	29,2
20	6	25	26	57,75198	49	36	48,61159	959,472	23,0	3,5	20,0
20	7	25	26	57,75385	49	36	48,61352	959,481	20,0	1,8	25,2
20	8	25	26	57,74998	49	36	48,60766	959,527	18,0	1,6	9,2
25	4	25	26	57,74950	49	36	48,61226	959,547	38,0	8,7	17,9
25	5	25	26	57,74959	49	36	48,61133	959,343	23,0	4,1	30,2
25	6	25	26	57,75220	49	36	48,61133	959,458	28,0	3,5	20,6
25	7	25	26	57,75393	49	36	48,61370	959,492	2,0	1,9	25,2
25	8	25	26	57,75030	49	36	48,60754	959,543	15,0	1,6	7,4
30	4	25	26	57,74937	49	36	48,61238	959,560	12,0	1,6	17,9
30	5	25	26	57,74937	49	36	48,61239	959,560	32,0	8,5	17,9
30	6	25	26	57,75218	49	36	48,61166	959,482	15,0	3,6	19,6
30	7	25	26	57,75398	49	36	48,61388	959,499	13,0	1,9	25,4
30	8	25	26	57,75011	49	36	48,60811	959,413	12,0	1,6	20,3
60	4	25	26	57,75051	49	36	48,61240	959,690	3,0	6,9	18,4
60	5	25	26	57,75103	49	36	48,61143	959,367	3,0	4,1	27,9
60	6	25	26	57,75252	49	36	48,60963	959,542	7,0	3,6	11,7
60	7	25	26	57,75409	49	36	48,61347	959,565	3,0	2,1	22,3
60	8	25	26	57,75096	49	36	48,60647	959,573	5,0	1,8	4,0

CONTINUAÇÃO DO APÊNDICE 1

PONTO: P056

Min.	Sat.	Latitude (S)			Longitude (W)			Altitude (m)	Rms (cm)	Dop	Dif. (cm)
		Grau	min	seg	Grau	min	seg				
5	4	25	26	57,74961	49	36	48,61160	959,441	8,0	9,0	22,5
5	5	25	26	57,74972	49	36	48,61060	959,338	5,0	4,3	29,7
5	6	25	26	57,75435	49	36	48,61461	959,606	95,0	3,1	25,2
5	7	25	26	57,75357	49	36	48,61291	959,441	2,0	1,8	26,0
5	8	25	26	57,75102	49	36	48,60910	959,496	66,0	1,5	13,3
10	4	25	26	57,74954	49	36	48,61207	959,492	6,0	8,9	20,0
10	5	25	26	57,74966	49	36	48,61078	959,356	4,0	4,2	28,3
10	6	25	26	57,75249	49	36	48,60889	959,482	47,0	3,1	14,9
10	7	25	26	57,75365	49	36	48,61321	959,459	2,0	1,8	25,6
10	8	25	26	57,74878	49	36	48,60614	959,490	35,0	1,5	14,0
15	4	25	26	57,74949	49	36	48,61208	959,515	5,0	8,9	18,8
15	5	25	26	57,74959	49	36	48,61076	959,354	3,0	4,1	28,5
15	6	25	26	57,75227	49	36	48,61034	959,451	31,0	3,4	19,4
15	7	25	26	57,75376	49	36	48,61338	959,471	2,0	1,8	25,4
15	8	25	26	57,75998	49	36	48,60721	959,494	24,0	1,5	29,4
20	4	25	26	57,74945	49	36	48,61213	959,528	44,0	8,8	18,3
20	5	25	26	57,74953	49	36	48,61093	959,349	28,0	4,1	29,2
20	6	25	26	57,75198	49	36	48,61159	959,472	23,0	3,5	20,0
20	7	25	26	57,75385	49	36	48,61352	959,481	20,0	1,8	25,2
20	8	25	26	57,74998	49	36	48,60766	959,527	18,0	1,6	9,2
25	4	25	26	57,74950	49	36	48,61226	959,547	38,0	8,7	17,9
25	5	25	26	57,74959	49	36	48,61133	959,343	23,0	4,1	30,2
25	6	25	26	57,75220	49	36	48,61133	959,458	28,0	3,5	20,6
25	7	25	26	57,75393	49	36	48,61370	959,492	2,0	1,9	25,2
25	8	25	26	57,75030	49	36	48,60754	959,543	15,0	1,6	7,4
30	4	25	26	57,74937	49	36	48,61238	959,560	12,0	1,6	17,9
30	5	25	26	57,74937	49	36	48,61239	959,560	32,0	8,5	17,9
30	6	25	26	57,75218	49	36	48,61166	959,482	15,0	3,6	19,6
30	7	25	26	57,75398	49	36	48,61388	959,499	13,0	1,9	25,4
30	8	25	26	57,75011	49	36	48,60811	959,413	12,0	1,6	20,3
60	4	25	26	57,75051	49	36	48,61240	959,690	3,0	6,9	18,4
60	5	25	26	57,75103	49	36	48,61143	959,367	3,0	4,1	27,9
60	6	25	26	57,75252	49	36	48,60963	959,542	7,0	3,6	11,7
60	7	25	26	57,75409	49	36	48,61347	959,565	3,0	2,1	22,3
60	8	25	26	57,75096	49	36	48,60647	959,573	5,0	1,8	4,0

CONTINUAÇÃO DO APÊNDICE 1.

PONTO: P070

Min.	Sat.	Latitude (S)			Longitude (W)			Altitude (m)	Rms (cm)	Dop	Dif. (cm)
		Grau	min	seg	Grau	min	seg				
5	4	25	17	9,49354	49	54	22,92941	983,834	260	95,6	44
5	5	25	17	9,49142	49	54	22,95131	984,291	106	2,5	42
5	6	25	17	9,49721	49	54	22,95156	983,948	89	1,8	30
5	7	25	17	9,49713	49	54	22,95111	983,938	88	1,8	29
5	8	25	17	9,49685	49	54	22,95492	983,842	72	1,6	39
5	9	25	17	9,49733	49	54	22,95442	983,826	69	1,5	39
5	10	25	17	9,49705	49	54	22,95704	983,496	62	1,3	63
10	4	25	17	9,49344	49	54	22,93741	984,048	90	65,1	22
10	5	25	17	9,49001	49	54	22,94931	983,557	3	2,5	43
10	6	25	17	9,49553	49	54	22,94809	984,173	43	1,8	29
10	7	25	17	9,49563	49	54	22,94753	984,159	42	1,7	28
10	8	25	17	9,49631	49	54	22,95196	984,042	37	1,6	31
10	9	25	17	9,49598	49	54	22,95233	984,013	36	1,5	31
10	10	25	17	9,49569	49	54	22,95395	983,800	32	1,3	37
15	4	25	17	9,48666	49	54	22,95467	984,349	605	63,1	54
15	5	25	17	9,49313	49	54	22,94740	984,072	32	2,4	18
15	6	25	17	9,49305	49	54	22,94713	984,064	31	2,6	17
15	7	25	17	9,49324	49	54	22,94915	984,002	28	2,1	19
15	8	25	17	9,49318	49	54	22,94980	984,012	27	2,0	21
15	9	25	17	9,49291	49	54	22,95072	983,908	22	1,5	22
15	10	25	17	9,49389	49	54	22,95033	983,939	21	1,4	22
20	4	25	17	9,49718	49	54	22,94146	983,658	105	55,0	34
20	5	25	17	9,49199	49	54	22,94684	983,951	23	2,7	10
20	6	25	17	9,49193	49	54	22,94682	983,958	22	2,6	10
20	7	25	17	9,49233	49	54	22,94821	983,903	21	2,1	15
20	8	25	17	9,49251	49	54	22,94896	983,939	20	2,0	17
20	9	25	17	9,49254	49	54	22,94927	983,891	16	1,6	18
20	10	25	17	9,49310	49	54	22,94922	983,905	16	1,5	18
25	4	25	17	9,49011	49	54	22,94139	983,964	42	45,1	8
25	5	25	17	9,49176	49	54	22,94292	983,878	21	27,5	7
25	6	25	17	9,49245	49	54	22,94975	983,777	18	4,3	25
25	7	25	17	9,49162	49	54	22,94933	983,829	15	2,1	21
25	8	25	17	9,49158	49	54	22,94988	983,837	14	2,0	22
30	4	25	17	9,49062	49	54	22,94395	983,901	90	39,0	5
30	5	25	17	9,49166	49	54	22,94423	983,861	17	24,3	9
30	6	25	17	9,49251	49	54	22,94928	983,781	3	4,2	24
30	7	25	17	9,49104	49	54	22,94769	983,845	12	2,1	16
30	8	25	17	9,49076	49	54	22,94780	983,834	12	2,0	17
40	4	25	17	9,48915	49	54	22,94893	983,857	159	24,7	20
40	5	25	17	9,49048	49	54	22,94696	983,980	11	2,1	11
40	6	25	17	9,49057	49	54	22,94744	983,975	10	1,8	12
40	7	25	17	9,49053	49	54	22,94720	983,974	9	1,6	12
40	8	25	17	9,49045	49	54	22,94783	983,975	9	1,5	13
60	4	25	17	9,49209	49	54	22,94556	983,884	267	19,5	9
60	5	25	17	9,49219	49	54	22,94468	983,867	9	12,7	9
60	6	25	17	9,49302	49	54	22,94791	983,835	8	3,2	18
60	7	25	17	9,49344	49	54	22,94894	983,844	6	2,2	20

CONTINUAÇÃO DO APÊNDICE 1.

PONTO: P096

Min.	Sat.	Latitude (S)			Longitude (W)			Altitude (m)	Rms (cm)	Dop	Dif. (cm)
		Grau	min	seg	Grau	min	seg				
5	4	25	05	43,38279	50	06	18,50833	912,486	210	49,7	50
5	5	25	05	43,38461	50	06	18,50867	912,080	169	46,8	60
5	6	25	05	43,38413	50	06	18,50250	912,179	125	4,9	45
5	7	25	05	43,38440	50	06	18,50274	912,122	86	2,1	48
5	8	25	05	43,39580	50	06	18,50915	912,857	76	1,6	57
5	9	25	05	43,39474	50	06	18,51021	912,866	74	1,5	60
5	10	25	05	43,37966	50	06	18,51322	912,690	67	1,3	72
10	4	25	05	43,38519	50	06	18,50387	912,692	94	53,4	43
10	5	25	05	43,38989	50	06	18,50764	912,129	68	43	49
10	6	25	05	43,39084	50	06	18,50501	912,047	55	4,8	49
10	7	25	05	43,39032	50	06	18,50422	912,035	47	2,1	49
10	8	25	05	43,39597	50	06	18,50982	912,394	41	1,7	42
10	9	25	05	43,39526	50	06	18,51098	912,426	40	1,6	45
10	10	25	05	43,38800	50	06	18,51347	912,172	35	1,4	62
15	4	25	05	43,38820	50	06	18,50397	912,566	65	51,7	32
15	5	25	05	43,39173	50	06	18,50760	912,205	42	38,2	43
15	6	25	05	43,39210	50	06	18,50531	912,195	36	5,6	38
15	7	25	05	43,39030	50	06	18,50270	912,264	31	2,1	30
15	8	25	05	43,39383	50	06	18,50604	912,572	28	1,1	32
15	9	25	05	43,39328	50	06	18,50694	912,586	27	1,6	35
15	10	25	05	43,38875	50	06	18,50873	912,460	24	1,4	41
20	4	25	05	43,39048	50	06	18,50379	912,526	53	55,8	27
20	5	25	05	43,39348	50	06	18,50715	912,248	30	32,7	39
20	6	25	05	43,38915	50	06	18,50174	912,345	24	4,0	25
20	7	25	05	43,38785	50	06	18,50169	912,386	20	2,1	26
20	8	25	05	43,38901	50	06	18,50904	912,449	19	2,0	42
20	9	25	05	43,38849	50	06	18,50960	912,454	19	1,9	44
20	10	25	05	43,38948	50	06	18,50714	912,439	18	1,5	36
25	4	25	05	43,39562	50	06	18,50408	912,353	31	21,1	26
25	5	25	05	43,39176	50	06	18,50531	912,196	24	15,8	38
25	6	25	05	43,39141	50	06	18,50718	912,288	22	3,3	38
25	7	25	05	43,39028	50	06	18,50613	912,318	20	1,9	35
25	8	25	05	43,39246	50	06	18,50692	912,415	17	1,6	33
25	9	25	05	43,39010	50	06	18,50574	912,593	15	1,4	35
30	4	25	05	43,39564	50	06	18,50319	912,386	27	31,1	23
30	5	25	05	43,39221	50	06	18,50350	912,246	20	20,9	31
30	6	25	05	43,39180	50	06	18,50553	912,327	18	3,3	32
30	7	25	05	43,39037	50	06	18,50366	912,348	16	1,9	27
30	8	25	05	43,39272	50	06	18,50410	912,467	14	1,6	25
30	9	25	05	43,38280	50	06	18,50482	912,630	13	1,4	47

CONTINUAÇÃO DO APÊNDICE 1.

CONTINUAÇÃO PONTO: P096

Min.	Sat.	Latitude (S)			Longitude (W)			Altitude (m)	Rms (cm)	Dop	Dif (cm)
		Grau	Min	seg	Grau	min	seg				
50	4	25	05	43,39169	50	06	18,50449	912,731	139	31,6	39
50	5	25	05	43,39313	50	06	18,50438	912,265	13	19,4	31
50	6	25	05	43,39263	50	06	18,50566	912,324	12	3,4	32
50	7	25	05	43,39106	50	06	18,50338	912,329	10	2,1	27
50	8	25	05	43,39276	50	06	18,50320	912,425	9	1,8	22
50	9	25	05	43,39118	50	06	18,50416	912,572	9	1,6	29
50	4	25	05	43,39434	50	06	18,50359	912,334	46	30,0	25
50	5	25	05	43,39399	50	06	18,50470	912,264	11	17,9	32
50	6	25	05	43,39313	50	06	18,50545	912,308	10	3,6	32
50	7	25	05	43,39319	50	06	18,50435	912,320	9	3,0	28
50	8	25	05	43,39089	50	06	18,50033	912,332	8	1,9	20

**APÊNDICE 2: COORDENADAS GEODÉSICAS DA SEGUNDA CAMPANHA,
PROCESSADAS COM A TÉCNICA ESTÁTICO RÁPIDO (WL)**

PONTO: P020

Min.	Sat.	Latitude (S)			Longitude (W)			Altitude (m)	Rms (cm)	Dop	Dif. (cm)
		Grau	min	seg	Grau	min	seg				
15	5	25	25	58,96163	49	26	9,13918	966,912	28,9	2,4	61,6
15	6	25	25	58,95508	49	26	9,15014	967,274	20,3	2,1	12,7
15	7	25	25	58,95593	49	26	9,15436	967,329	18,0	2	15,2
15	8	25	25	58,95328	49	26	9,15292	967,323	18,0	1,7	13,3
20	5	25	25	58,95656	49	26	9,14472	967,248	21,2	2,6	22,2
20	6	25	25	58,95484	49	26	9,14977	967,335	15,5	2,3	6,8
20	7	25	25	58,95512	49	26	9,15284	967,352	13,4	2,1	10,0
25	5	25	25	58,95887	49	26	9,14094	967,193	19,1	2,4	35,7
25	6	25	25	58,95696	49	26	9,14741	967,326	13,3	2,2	11,8
25	7	25	25	58,95576	49	26	9,15109	967,340	11,8	2,0	7,1
30	5	25	25	58,95717	49	26	9,14275	967,292	16,0	2,5	24,8
30	6	25	25	58,95652	49	26	9,15158	967,483	1,6	2,4	10,2
30	7	25	25	58,95501	49	26	9,14981	967,350	10,0	2,0	5,2

PONTO: P040

Min.	Sat.	Latitude (S)			Longitude (W)			Altitude (m)	Rms (cm)	Dop	Dif. (cm)
		Grau	min	seg	Grau	min	seg				
15	5	25	26	57,75439	49	36	48,61324	959,374	28,0	3,5	32,1
15	6	25	26	57,75485	49	36	48,61303	959,408	24,5	2,0	29,7
15	7	25	26	57,75088	49	36	48,60918	959,474	1,6	1,8	15,3
15	8	25	26	57,75351	49	36	48,60933	959,500	18,7	1,3	15,3
20	5	25	26	57,75417	49	36	48,61397	959,354	21,8	3,5	34,7
20	6	25	26	57,75413	49	36	48,61381	959,373	19,1	2,1	32,9
20	7	25	26	57,75092	49	36	48,60906	959,473	1,6	1,8	15,2
20	8	25	26	57,75101	49	36	48,60912	959,477	1,5	1,3	15,0
25	5	25	26	57,75417	49	36	48,61397	959,354	21,8	3,5	34,7
25	6	25	26	57,75413	49	36	48,61381	959,373	19,1	2,1	32,9
25	7	25	26	57,75092	49	36	48,60906	959,473	1,6	1,8	15,2
25	8	25	26	57,75101	49	36	48,60912	959,477	1,5	1,3	15,0
30	5	25	26	57,75257	49	36	48,61408	959,543	15,5	3,0	23,1
30	6	25	26	57,75199	49	36	48,61373	959,500	13,0	3,1	23,5
30	7	25	26	57,75188	49	36	48,61271	959,552	11,4	1,9	18,6

CONTINUAÇÃO DO APÊNDICE 2. PONTO: P056

Min.	Sat.	Latitude (S)			Longitude (W)			Altitude (m)	Rms (cm)	Dop	Dif. (cm)
		Grau	min	seg	Grau	min	seg				
15	5	25	24	28,54506	49	46	53,34392	1.071,391	19,8	1,3	12
15	6	25	24	28,54730	49	46	53,34414	1.071,424	3,7	5,8	6
15	7	25	24	28,54763	49	46	53,34379	1.071,439	0,5	2,1	4
15	8	25	24	28,54392	49	46	53,34335	1.071,311	2,5	1,9	21
15	9	25	24	28,54435	49	46	53,34464	1.071,308	22,7	1,5	20
15	10	25	24	28,54506	49	46	53,34392	1.071,391	19,8	1,3	12
20	5	25	24	28,54775	49	46	53,34340	1.071,476	5,3	10,3	2
20	6	25	24	28,54725	49	46	53,34398	1.071,443	3,5	6,1	4
20	7	25	24	28,54765	49	46	53,34359	1.071,460	2,1	2,3	2
20	8	25	24	28,54535	49	46	53,34580	1.071,360	2,1	1,8	15
20	9	25	24	28,54389	49	46	53,34275	1.071,388	16,6	1,6	15
25	5	25	24	28,54781	49	46	53,34334	1.071,483	4,8	10,3	2
25	6	25	24	28,54739	49	46	53,34389	1.071,461	3,3	6,2	2
25	7	25	24	28,54769	49	46	53,34360	1.071,472	2,0	2,5	1
25	8	25	24	28,54368	49	46	53,34330	1.071,344	14,1	2,0	18
25	9	25	24	28,54416	49	46	53,34347	1.071,384	13,1	1,7	15
25	5	25	24	28,54729	49	46	53,34357	1.071,326	20,3	10,4	15
30	6	25	24	28,54557	49	46	53,34019	1.071,256	14,2	6,7	26
30	7	25	24	28,54797	49	46	53,34314	1.071,476	2,0	2,8	2
30	8	25	24	28,54570	49	46	53,34334	1.071,261	11,2	2,0	23

PONTO: P070

Min.	Sat.	Latitude (S)			Longitude (W)			Altitude (m)	Rms (cm)	Dop	Dif. (cm)
		Grau	min	seg	Grau	min	seg				
15	5	25	17	9,49047	49	54	22,94611	983,831	37,4	25,7	14
15	6	25	17	9,49022	49	54	22,94436	983,933	33,8	3,3	4
15	7	25	17	9,49069	49	54	22,94563	983,893	30,0	2,9	8
15	8	25	17	9,49493	49	54	22,94521	984,193	2,0	2	27
15	9	25	17	9,49498	49	54	22,94205	983,939	22,0	1,4	12
20	5	25	17	9,49034	49	54	22,94554	983,885	27,1	24,4	9
20	6	25	17	9,49002	49	54	22,94493	983,938	24,8	3,5	6
20	7	25	17	9,49051	49	54	22,94554	983,910	22,0	2,9	7
20	8	25	17	9,49498	49	54	22,94485	984,197	1,9	2	28
20	9	25	17	9,49034	49	54	22,94409	983,928	16,5	1,5	4
25	5	25	17	9,49077	49	54	22,94541	983,915	21,3	21,9	7
25	6	25	17	9,49062	49	54	22,94504	983,936	19,8	3,7	5
25	7	25	17	9,49498	49	54	22,94413	984,124	2,1	2,8	21
25	8	25	17	9,49510	49	54	22,94452	984,198	1,9	2,0	28
30	5	25	17	9,49179	49	54	22,94378	983,923	17,6	20,0	3
30	6	25	17	9,49190	49	54	22,94457	984,910	16,5	3,8	96
30	7	25	17	9,49524	49	54	22,94397	984,103	2,1	2,7	20
30	8	25	17	9,49524	49	54	22,94446	984,197	2,1	2,0	28
40	5	25	17	9,49249	49	54	22,94317	983,888	13,4	16,7	7
40	6	25	17	9,49242	49	54	22,94365	983,705	12,7	3,9	24
40	7	25	17	9,49332	49	54	22,94396	984,089	2,0	2,6	16

CONTINUAÇÃO DO APÊNDICE 2

PONTO: P096

Min.	Sat.	Latitude (S)			Longitude (W)			Altitude (m)	Rms (cm)	Dop	Dif. (cm)
		Grau	min	seg	Grau	min	seg				
15	5	25	05	43,39160	50	06	18,49151	912,556	41,5	24,7	19
15	6	25	05	43,39053	50	06	18,49587	912,687	37,2	3,3	26
15	7	25	05	43,39327	50	06	18,50172	912,468	31,5	2,9	17
15	8	25	05	43,39354	50	06	18,49548	912,754	2,3	1,8	31
15	9	25	05	43,39359	50	06	18,49546	912,745	2,1	1,5	30
15	10	25	05	43,39008	50	06	18,49987	912,314	23,0	1,3	22
20	5	25	05	43,39256	50	06	18,49401	912,425	30,0	23,4	8
20	6	25	05	43,39194	50	06	18,49783	912,495	27,3	3,4	10
20	7	25	05	43,39359	50	06	18,49556	912,720	2,7	2,1	27
20	8	25	05	43,39106	50	06	18,49677	912,375	21,6	1,8	12
20	9	25	05	43,39353	50	06	18,49521	912,735	2,0	1,6	29
20	10	25	05	43,39103	50	06	18,49884	912,292	17,7	1,3	20
25	5	25	05	43,39349	50	06	18,49414	912,339	23,5	21,4	13
25	6	25	05	43,39317	50	06	18,49812	912,370	21,7	3,6	10
25	7	25	05	43,39361	50	06	18,49497	912,704	2,5	2,4	26
25	8	25	05	43,39244	50	06	18,49886	912,270	17,2	1,9	20
25	9	25	05	43,39355	50	06	18,49469	912,721	1,9	1,7	28
30	5	25	05	43,39396	50	06	18,49477	912,316	19,3	19,1	14
30	6	25	05	43,39396	50	06	18,49836	912,323	18,0	3,8	14
30	7	25	05	43,39464	50	06	18,50118	912,273	15,3	2,7	23
30	8	25	05	43,39373	50	06	18,49435	912,718	2,0	2,0	28
50	5	25	05	43,39336	50	06	18,49506	912,290	14,7	10,4	16
50	6	25	05	43,39415	50	06	18,49876	912,243	12,3	3,4	22
50	7	25	05	43,39471	50	06	18,50045	912,235	11,7	2,3	25

**APÊNDICE 3: COORDENADAS DA PRIMEIRA CAMPANHA, PROCESSADAS
COM A TÉCNICA ESTÁTICA (CLÁSSICA)**

PONTO: P020

Sat.	Min.	Latitude (S)			Longitude (W)			Altitude (m)	Ratio	Sol Amb.	Rms (sm)	Dif. (cm)
		Grau	min	seg	Grau	min	seg					
5	5	25	25	58,95273	49	26	9,00596	966,305	50,08	Parcial	30,0	444,8
5	10	25	25	58,94502	49	26	9,31320	968,881	50,02	Parcial	31,0	513,6
5	20	25	25	58,96445	49	26	9,11581	966,820	51,13	Parcial	24,0	119,5
5	30	25	25	58,95822	49	26	9,12811	967,221	52,64	Parcial	23,0	67,6
5	40	25	25	58,95642	49	26	9,14622	967,332	57,75	Parcial	21,0	12,3
5	50	25	25	58,95659	49	26	9,14400	967,316	71,17	Parcial	17,0	19,0
5	60	25	25	58,95654	49	26	9,14293	967,327	68,95	Parcial	15,0	21,7
6	5	25	25	58,94440	49	26	9,06745	967,104	50,24	Parcial	25,0	250,8
6	10	25	25	58,95173	49	26	9,14862	967,402	50,90	Parcial	23,0	11,3
6	20	25	25	58,95714	49	26	9,16053	967,432	53,75	Parcial	23,0	33,1
6	30	25	25	58,95518	49	26	9,14466	967,446	58,15	Parcial	21,0	17,0
6	40	25	25	58,95503	49	26	9,15269	967,426	64,58	Parcial	18,0	9,9
6	50	25	25	58,95511	49	26	9,15018	967,410	71,92	Parcial	16,0	3,6
6	60	25	25	58,95527	49	26	9,14764	967,406	89,98	Parcial	13,0	7,3
7	5	25	25	58,94534	49	26	9,08065	967,170	50,14	Parcial	21,0	210,7
7	10	25	25	58,95178	49	26	9,14772	967,394	50,79	Parcial	21,0	12,1
7	20	25	25	58,95605	49	26	9,14977	967,377	52,98	Parcial	20,0	2,7
7	30	25	25	58,95521	49	26	9,14375	967,443	57,99	Parcial	17,0	19,5
7	40	25	25	58,95502	49	26	9,15223	967,424	62,98	Parcial	15,0	8,6
7	50	25	25	58,95513	49	26	9,15001	967,410	71,09	Parcial	13,0	3,4
7	60	25	25	58,95528	49	26	9,14755	967,406	88,96	Parcial	12,0	7,5

PONTO: P040

Sat.	Min.	Latitude (S)			Longitude (W)			Altitude (m)	Ratio	Sol Amb.	Rms (sm)	Dif. (cm)
		Grau	min	seg	Grau	min	seg					
5	5	25	25	57,75631	49	26	48,59655	960,220	53,34	Parcial	13,0	70,20
5	10	25	25	57,75366	49	26	48,60273	959,669	59,75	Parcial	11,0	15,95
5	20	25	25	57,74992	49	26	48,60733	959,717	63,57	Parcial	9,0	11,15
5	30	25	25	57,74973	49	26	48,60875	959,643	91,56	Parcial	7,0	7,44
5	40	25	25	57,74948	49	26	48,61224	959,529	97,77	Fixa	3,2	18,56
5	50	25	25	57,75103	49	26	48,60655	959,585	98,97	Fixa	3,7	2,81
5	60	25	25	57,75109	49	26	48,60660	959,588	99,19	Fixa	3,4	2,49
6	5	25	25	57,75297	49	26	48,59175	960,491	57,38	Parcial	12,0	99,22
6	10	25	25	57,75211	49	26	48,60064	959,790	62,28	Parcial	10,0	26,16
6	20	25	25	57,75189	49	26	48,60808	959,623	90,07	Parcial	6,3	4,61
6	30	25	25	57,75153	49	26	48,60806	959,592	94,13	Parcial	5,6	4,28
6	40	25	25	57,75108	49	26	48,60648	959,560	99,56	Fixa	4,5	5,26
6	50	25	25	57,75119	49	26	48,60663	959,566	98,29	Fixa	3,9	4,61
6	60	25	25	57,75164	49	26	48,60709	959,536	100,00	Fixa	2,4	7,77
7	5	25	25	57,75219	49	26	48,59136	960,215	52,52	Parcial	5,0	76,38
7	10	25	25	57,75120	49	26	48,59991	959,452	56,22	Parcial	12,0	26,32
7	20	25	25	57,75173	49	26	48,60461	959,540	83,05	Parcial	8,5	10,13
7	30	25	25	57,75100	49	26	48,60632	959,561	95,57	Fixa	4,6	5,29
7	40	25	25	57,75107	49	26	48,60649	959,561	99,76	Fixa	3,8	5,15
7	50	25	25	57,75112	49	26	48,60600	959,563	98,84	Fixa	3,2	5,52
7	60	25	25	57,75169	49	26	48,60711	959,540	100,00	Fixa	2,2	7,43

CONTINUAÇÃO DO APÊNDICE 3

PONTO: P056

Sat.	Min.	Latitude (S)			Longitude (W)			Altitude (m)	Ratio	Sol Amb.	Rms (sm)	Dif. (cm)
		Grau	min	seg	Grau	min	seg					
5	5	25	24	28,54517	49	46	53,35253	1.075,270	51,90	Parcial	6,0	384,1
5	10	25	24	28,54582	49	46	53,34953	1.073,849	52,75	Parcial	3,7	241,7
5	20	25	24	28,54924	49	46	53,35871	1.072,434	60,11	Parcial	5,2	109,2
5	30	25	24	28,54897	49	46	53,36080	1.072,604	63,81	Parcial	4,2	127,2
5	40	25	24	28,55032	49	46	53,36202	1.072,384	60,73	Parcial	3,4	109,4
5	50	25	24	28,55042	49	46	53,35490	1.071,789	61,97	Parcial	4,1	49,0
5	60	25	24	28,55034	49	46	53,35176	1.071,549	66,04	Parcial	4,1	27,4
6	5	25	24	28,54748	49	46	53,32564	1.071,197	54,27	Parcial	6,7	59,6
6	10	25	24	28,54653	49	46	53,33458	1.071,783	73,44	Parcial	4,4	44,3
6	20	25	24	28,54869	49	46	53,34809	1.071,375	88,57	Parcial	4,2	14,7
6	30	25	24	28,54747	49	46	53,34635	1.071,443	75,31	Parcial	3,5	7,7
6	40	25	24	28,54813	49	46	53,34498	1.071,419	99,00	Fixa	2,0	4,3
6	50	25	24	28,54811	49	46	53,34502	1.071,433	99,35	Fixa	2,0	3,9
6	60	25	24	28,54812	49	46	53,34537	1.071,419	97,25	Fixa	2,6	5,3
7	5	25	24	28,54945	49	46	53,32696	1.071,991	51,31	Parcial	5,6	75,0
7	10	25	24	28,54653	49	46	53,33282	1.071,770	67,73	Parcial	4,3	46,8
7	20	25	24	28,54795	49	46	53,34695	1.071,486	94,18	Parcial	4,3	10,6
7	30	25	24	28,54528	49	46	53,34426	1.071,561	87,21	Parcial	3,3	14,2
7	40	25	24	28,54552	49	46	53,34465	1.071,562	92,25	Parcial	3,5	14,1
7	50	25	24	28,54640	49	46	53,34494	1.071,537	85,17	Parcial	3,7	11,1
7	60	25	24	28,54707	49	46	53,34514	1.071,511	94,15	Parcial	3,6	8,4

PONTO: P070

Sat.	Min.	Latitude (S)			Longitude (W)			Altitude (m)	Ratio	Sol Amb.	Rms (sm)	Dif. (cm)
		Grau	min	seg	Grau	min	seg					
5	5	25	17	9,50326	49	54	22,94352	983,713	54,33	Parcial	11,0	44,9
5	10	25	17	9,49598	49	54	22,94456	983,704	68,49	Parcial	10,0	31,8
5	20	25	17	9,49221	49	54	22,94443	983,879	89,39	Parcial	8,1	12,1
5	30	25	17	9,49096	49	54	22,94209	984,004	90,93	Parcial	7,2	2,8
5	40	25	17	9,49110	49	54	22,94495	984,020	99,79	Parcial	4,6	8,0
5	50	25	17	9,49096	49	54	22,94504	984,011	93,90	Fixa	4,5	7,9
5	60	25	17	9,49174	49	54	22,94435	983,883	96,06	Parcial	4,1	11,5
6	5	25	17	9,49812	49	54	22,95970	984,080	54,48	Fixa	6,4	56,0
6	10	25	17	9,49533	49	54	22,94669	983,756	67,16	Parcial	5,2	28,5
6	20	25	17	9,49338	49	54	22,94038	983,782	75,19	Parcial	4,4	22,1
6	30	25	17	9,49134	49	54	22,94054	983,976	64,05	Parcial	3,9	6,2
6	40	25	17	9,49102	49	54	22,94405	984,067	80,92	Parcial	3,0	9,4
6	50	25	17	9,49096	49	54	22,94400	984,068	95,85	Fixa	3,0	9,5
6	60	25	17	9,49159	49	54	22,94434	984,083	98,79	Fixa	2,5	11,2
7	5	25	17	9,49800	49	54	22,95959	983,783	52,75	Parcial	7,4	58,3
7	10	25	17	9,49534	49	54	22,94573	983,471	63,57	Parcial	5,3	53,5
7	20	25	17	9,49340	49	54	22,94021	983,763	82,83	Parcial	4,8	24,0
7	30	25	17	9,49132	49	54	22,94018	983,946	91,51	Parcial	4,1	8,2
7	40	25	17	9,49301	49	54	22,94453	983,933	94,21	Parcial	3,1	9,2
7	50	25	17	9,49057	49	54	22,94001	984,081	61,98	Parcial	1,4	12,6
7	60	25	17	9,49227	49	54	22,94436	983,931	98,92	Fixa	2,9	8,0

CONTINUAÇÃO DO APÊNDICE 3

PONTO: P096

Sat.	Min.	Latitude (S)			Longitude (W)			Altitude (m)	Ratio	Sol Amb.	Rms (sm)	Dif. (cm)
		Grau	min	seg	Grau	min	seg					
5	5	25	05	43,39890	50	06	18,53467	912,181	50,62	Parcial	6,2	120,9
5	10	25	05	43,39746	50	06	18,49948	912,529	60,29	Parcial	4,7	25,7
5	20	25	05	43,39826	50	06	18,49991	912,459	55,14	Parcial	3,8	23,4
5	30	25	05	43,39490	50	06	18,49653	912,467	82,95	Parcial	4,1	13,8
5	40	25	05	43,39370	50	06	18,50010	912,366	72,05	Parcial	4,0	15,2
5	50	25	05	43,39347	50	06	18,48842	912,367	94,08	Parcial	3,9	20,2
5	60	25	05	43,39354	50	06	18,49760	912,362	89,46	Parcial	3,6	7,8
6	5	25	05	43,39872	50	06	18,53706	912,075	54,38	Parcial	4,7	129,6
6	10	25	05	43,39749	50	06	18,49807	912,591	72,74	Parcial	3,6	29,0
6	20	25	05	43,39823	50	06	18,50040	912,439	59,62	Parcial	2,8	23,3
6	30	25	05	43,39490	50	06	18,49653	912,464	94,65	Parcial	2,8	13,6
6	40	25	05	43,39490	50	06	18,50041	912,365	94,17	Parcial	2,9	16,6
6	50	25	05	43,39458	50	06	18,49833	912,391	88,71	Parcial	2,8	11,3
6	60	25	05	43,39471	50	06	18,49590	912,469	89,31	Parcial	3,9	13,4
7	5	25	05	43,39993	50	06	18,53036	912,191	53,70	Parcial	3,8	108,6
7	10	25	05	43,39520	50	06	18,50570	912,429	67,86	Parcial	1,2	33,4
7	20	25	05	43,39744	50	06	18,50122	912,439	68,17	Parcial	2,7	23,8
7	30	25	05	43,39497	50	06	18,49462	912,492	93,87	Parcial	2,4	15,7
7	40	25	05	43,39482	50	06	18,49783	912,427	90,06	Parcial	3,5	12,4
7	50	25	05	43,39622	50	06	18,49319	912,518	95,10	Fixa	3,6	20,2
7	60	25	05	43,39512	50	06	18,49325	912,533	95,96	Fixa	4,0	20,4

**APÊNDICE 4: COORDENADAS DA SEGUNDA CAMPANHA, PROCESSADAS
COM A TÉCNICA ESTÁTICA (CLÁSSICA)**

PONTO: P020

Sat.	Min.	Latitude (S)			Longitude (W)			Altitude (m)	Ratio	Sol Amb.	Rms (sm)	Dif. (cm)
		Grau	min	seg	Grau	min	seg					
6	5	25	25	57,18228	49	26	13,09334	962,229	50,00	Parcial	732,0	12.981,3
6	10	25	25	58,95828	49	26	9,11774	967,499	50,24	Parcial	28,0	97,5
6	20	25	25	58,95770	49	26	9,15573	967,400	56,26	Parcial	20,0	19,4
6	30	25	25	58,95634	49	26	9,14615	967,396	52,41	Parcial	18,0	11,8
6	40	25	25	58,95593	49	26	9,14319	967,392	72,48	Parcial	16,0	20,1
6	50	25	25	58,95604	49	26	9,14500	967,366	80,03	Parcial	15,0	14,8
6	60	25	25	58,95581	49	26	9,14630	967,359	92,80	Parcial	12,0	10,9
7	5	25	25	58,96305	49	26	9,07039	968,052	50,07	Parcial	37,0	248,9
7	10	25	25	58,95821	49	26	9,13443	967,595	50,24	Parcial	23,0	52,0
7	20	25	25	58,95693	49	26	9,14540	967,353	53,77	Parcial	19,0	14,5
7	30	25	25	58,95601	49	26	9,14312	967,381	53,48	Parcial	17,0	20,3
7	40	25	25	58,95618	49	26	9,14437	967,400	64,84	Parcial	15,0	16,9
7	50	25	25	58,95621	49	26	9,14570	967,371	72,16	Parcial	14,0	12,8
7	60	25	25	58,95592	49	26	9,14664	967,358	86,35	Parcial	13,0	10,0

PONTO: P040

Sat.	Min.	Latitude (S)			Longitude (W)			Altitude (m)	Ratio	Sol Amb.	Rms (sm)	Dif. (cm)
		Grau	min	seg	Grau	min	seg					
6	5	25	25	57,74569	49	26	48,59796	959,063	52,29	Parcial	8,7	62,9
6	10	25	25	57,75390	49	26	48,62466	959,160	54,12	Parcial	8,2	68,9
6	20	25	25	57,75251	49	26	48,61060	959,373	92,66	Parcial	6,0	25,4
6	30	25	25	57,75086	49	26	48,60833	959,521	84,24	Parcial	3,2	8,8
6	40	25	25	57,75015	49	26	48,61038	959,553	93,89	Parcial	4,1	10,8
6	50	25	25	57,75079	49	26	48,60801	959,547	92,93	Parcial	3,4	6,0
6	60	25	25	57,75072	49	26	48,60728	959,590	99,08	Parcial	2,1	1,6
7	5	25	25	57,75297	49	26	48,58981	959,201	53,53	Parcial	8,0	66,4
7	10	25	25	57,75211	49	26	48,61470	959,307	59,11	Parcial	7,6	37,1
7	20	25	25	57,75189	49	26	48,60592	959,451	75,92	Parcial	4,0	16,0
7	30	25	25	57,75153	49	26	48,60519	959,595	80,48	Parcial	4,2	6,6
7	40	25	25	57,75108	49	26	48,60510	959,625	79,35	Parcial	4,7	7,0
7	50	25	25	57,75119	49	26	48,60351	959,646	94,05	Parcial	4,7	12,2
7	60	25	25	57,75164	49	26	48,60702	959,613	98,23	Fixa	2,3	2,3

CONTINUAÇÃO DO APÊNDICE 4

PONTO: P056

Sat.	Min.	Latitude (S)			Longitude (W)			Altitude (m)	Ratio	Sol Amb.	Rms (sm)	Dif. (cm)
		Grau	min	seg	Grau	min	seg					
6	5	25	24	28,54324	49	46	53,33258	1.071,697	54,96	Parcial	8,2	44,5
6	10	25	24	28,54592	49	46	53,33415	1.071,082	51,98	Parcial	5,0	46,3
6	20	25	24	28,54673	49	46	53,35627	1.071,294	64,27	Parcial	4,7	40,2
6	30	25	24	28,54709	49	46	53,35086	1.071,387	85,62	Parcial	3,7	21,9
6	40	25	24	28,54695	49	46	53,34348	1.071,431	99,46	Fixa	2,3	2,6
6	50	25	24	28,54695	49	46	53,34354	1.071,430	99,98	Fixa	2,1	2,5
6	60	25	24	28,54698	49	46	53,34360	1.071,430	100,00	Fixa	1,9	2,4
7	5	25	24	28,54068	49	46	53,34414	1.071,609	52,52	Parcial	7,0	27,1
7	10	25	24	28,54737	49	46	53,34263	1.071,202	55,26	Parcial	5,5	24,0
7	20	25	24	28,53419	49	46	53,34171	1.072,065	53,15	Parcial	5,6	74,8
7	30	25	24	28,54780	49	46	53,34359	1.071,437	96,26	Fixa	3,4	0,8
7	40	25	24	28,54790	49	46	53,34683	1.071,441	82,98	Parcial	2,8	9,1
7	50	25	24	28,54768	49	46	53,34358	1.071,429	99,73	Fixa	2,4	1,2
7	60	25	24	28,54770	49	46	53,34415	1.071,458	100,00	Fixa	1,6	2,2

PONTO: P070

Sat.	Min.	Latitude (S)			Longitude (W)			Altitude (m)	Ratio	Sol Amb.	Rms (sm)	Dif. (cm)
		Grau	min	seg	Grau	min	seg					
6	5	25	17	9,49646	49	54	22,91798	984,615	52,56	Parcial	5,1	102,9
6	10	25	17	9,49391	49	54	22,95998	983,689	53,54	Parcial	7,3	56,1
6	20	25	17	9,49120	49	54	22,94430	984,072	62,67	Parcial	5,4	12,8
6	30	25	17	9,49164	49	54	22,94515	983,982	83,92	Parcial	4,1	6,1
6	40	25	17	9,49205	49	54	22,94390	983,901	94,76	Parcial	2,9	5,1
6	50	25	17	9,49169	49	54	22,94295	983,943	99,08	Fixa	2,5	2,1
6	60	25	17	9,49164	49	54	22,94290	983,951	99,21	Fixa	2,3	2,2
7	5	25	17	9,48715	49	54	22,94230	984,088	53,55	Parcial	6,4	19,4
7	10	25	17	9,48731	49	54	22,93553	983,975	65,30	Parcial	5,3	27,1
7	20	25	17	9,48991	49	54	22,93833	983,983	70,08	Parcial	4,8	16,7
7	30	25	17	9,49099	49	54	22,93942	983,980	88,90	Parcial	4,3	12,9
7	40	25	17	9,49089	49	54	22,94092	984,042	94,91	Parcial	4,2	12,5
7	50	25	17	9,49181	49	54	22,94295	983,941	98,50	Fixa	2,8	2,3
7	60	25	17	9,49180	49	54	22,94300	983,945	99,93	Fixa	2,5	2,1

CONTINUAÇÃO DO APÊNDICE 4

PONTO: P096

Sat.	Min.	Latitude (S)			Longitude (W)			Altitude (m)	Ratio	Sol Amb.	Rms (sm)	Dif. (cm)
		Grau	min	seg	Grau	min	seg					
6	5	25	05	43,38822	50	06	18,50121	912,314	56,47	Parcial	5,8	24,7
6	10	25	05	43,39188	50	06	18,49582	912,525	52,34	Parcial	4,5	19,1
6	20	25	05	43,39355	50	06	18,49725	912,361	77,04	Parcial	4,2	7,0
6	30	25	05	43,39259	50	06	18,49414	912,299	97,25	Fixa	5,2	5,8
6	40	25	05	43,39370	50	06	18,49485	912,311	100,00	Fixa	3,1	3,2
6	50	25	05	43,39361	50	06	18,49487	912,306	100,00	Fixa	2,6	3,6
6	60	25	05	43,39354	50	06	18,49492	912,300	100,00	Fixa	2,4	4,2
7	5	25	05	43,39821	50	06	18,51658	912,367	50,78	Parcial	4,3	66,3
7	10	25	05	43,39175	50	06	18,49481	912,604	62,40	Parcial	2,9	26,8
7	20	25	05	43,39347	50	06	18,49697	912,394	80,50	Parcial	2,7	7,9
7	30	25	05	43,39378	50	06	18,49522	912,370	96,44	Fixa	2,6	3,0
7	40	25	05	43,39369	50	06	18,49517	912,352	95,14	Fixa	2,4	1,2
7	50	25	05	43,39359	50	06	18,49512	912,336	99,70	Fixa	2,2	0,7
7	60	25	05	43,39352	50	06	18,49511	912,324	99,99	Fixa	2,0	1,8