

LINCOLN DINIZ CARVALHO

**ANÁLISE DAS TÉCNICAS GPS ATUAIS PARA OS  
POSICIONAMENTOS ESTÁTICOS E CINEMÁTICOS EM  
BASES CURTAS**

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

Orientadores:

Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Cláudia Pereira Krueger

Prof. Dr. Luiz Danilo Damasceno Ferreira

CURITIBA


1999

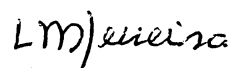
**“ANÁLISE DAS TÉCNICAS ATUAIS PARA OS POSICIONAMENTOS  
ESTÁTICOS E CINEMÁTICOS EM BASES CURTAS”**

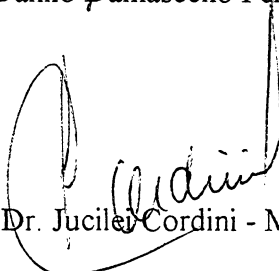
**POR**

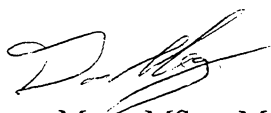
**LINCOLN DINIZ CARVALHO**

Dissertação nº 144 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.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cláudia Pereira Krüger (UFPR)  
Orientadora e Presidente

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

  
Prof. Dr. Jucilei Cordini - Membro (UFSC)

  
Eng. Dárvin Edison Mog, MSc – Membro (COPEL)

*Sei que o que fiz, foi apenas uma gota d'água  
no oceano. Mas se não o fizesse, essa gota faltaria.*

Madre Tereza de Calcutá

Dedico:

Ao *Gueto*, pelo companheirismo e amizade onde  
pudemos sorrir e chorar sem ter a vergonha de ser feliz.

Alcides

Evilázio

João

Rosane

Zuleica

Aos meus pais, Décio Pascoal (*in memoriam*) e Maria  
do Carmo. Aos meus irmãos, Decimar, Décio, Maria  
José, Newton, Noêmia e Pascoal, pela compreensão da  
minha ausência e pelo apoio nos momentos difíceis.

À prof<sup>a</sup> Cláudia Pereira Krueger, que além da forma  
habilidosa e profissional que conduziu a orientação,  
agiu como educadora e balizadora de questões  
importantes. Agradeço ainda pela amizade e carinho  
colocados de forma gentil e humana em todos os  
momentos.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus orientadores, Prof<sup>ª</sup> Cláudia Pereira Krueguer e Prof. Luis Danilo Damasceno Ferreira, pela sugestão do tema desta dissertação, pela conduta séria e amiga e pelos esforços que nunca mediram para orientar-me neste trabalho.

Ao C.P.G.C.G. pelo fornecimento dos equipamentos e *softwares* necessários a realização deste trabalho e pela contribuição dos conhecimentos adquiridos durante minha passagem pela Universidade.

À COPEL, pela liberação à ocupação da estação ATUBA, localizada em suas dependências.

Aos amigos da graduação, Alexandre do Prado, Cristiano Brilhante, pelo apoio e esclarecimentos iniciais relativos ao *Software* PRISM e operação do receptor ASHTECH Z-12 e a Luciana Helena de Araújo pelo incentivo e apoio logístico sempre necessário na Fazenda Cangüiri.

Ao Instituto de Geociências Aplicadas na pessoa do seu diretor Prof. Paulo Rogério Junqueira Alvim, pela liberação do tempo necessário à realização do curso de mestrado.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos necessária no apoio e desenvolvimento da pesquisa.

Ao colega, Sílvio Jaques Garnés, pelas salutares discursões de temas pertinentes ao campo da Geodésia Espacial.

Aos funcionários da Biblioteca do Centro Politécnico, pelas amizades e pelo apoio nos esclarecimentos às dúvidas relativas às suas áreas.

Aos amigos do C.P.G.C.G., que juntos, contribuíram para formar um ambiente de estudo sadio e com muitas alegrias dentro e fora da Universidade.

# SUMÁRIO

<b>SUMÁRIO</b> .....	iv
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	vii
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	x
<b>LISTA DE GRÁFICOS</b> .....	xii
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b> .....	xv
<b>RESUMO</b> .....	xvii
<b>ABSTRACT</b> .....	xviii
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2 CONCEITOS BÁSICOS DO GPS E SUA CONSTELAÇÃO</b> .....	3
2.1 <b>SINAIS UTILIZADOS</b> .....	9
2.2 <b>EQUAÇÃO DE OBSERVAÇÃO</b> .....	11
2.3 <b>COMBINAÇÃO LINEAR ENTRE AS FASES</b> .....	17
2.4 <b>DETERMINAÇÃO DAS AMBIGÜIDADES</b> .....	20
2.5 <b>TÉCNICAS DE SEGURANÇA E ERROS DO SISTEMA</b> .....	25
2.5.1 <b>TÉCNICAS DE SEGURANÇA</b> .....	26
2.5.2 <b>ERROS DO SISTEMA</b> .....	27
<b>3 MÉTODOS DE POSICIONAMENTO</b> .....	32
3.1 <b>MÉTODO ABSOLUTO</b> .....	33
3.2 <b>MÉTODO RELATIVO</b> .....	34
3.2.1 <b>TÉCNICA ESTÁTICO CLÁSSICO</b> .....	35
3.2.2 <b>TÉCNICA ESTÁTICO RÁPIDO COM UMA OCUPAÇÃO</b> .....	36
3.2.3 <b>TÉCNICA ESTÁTICO RÁPIDO COM REOCUPAÇÃO</b> .....	38
3.2.4 <b>TÉCNICA CINEMÁTICO CONTÍNUO</b> .....	39
3.2.5 <b>TÉCNICA <i>STOP AND GO</i></b> .....	42
3.2.6 <b>TÉCNICA PSEUDOCINEMÁTICO</b> .....	43
<b>4 LEVANTAMENTOS DE CAMPO</b> .....	44
4.1 <b>PLANEJAMENTO</b> .....	44

4.2	<b>EQUIPAMENTOS UTILIZADOS</b> .....	46
4.3	<b>CENTRO POLITÉCNICO</b> .....	47
4.3.1	<b>DESCRIÇÃO DA ÁREA</b> .....	47
4.3.2	<b>TÉCNICAS DE LEVANTAMENTO</b> .....	49
4.3.2.1	<b>Técnica Estático Clássico</b> .....	49
4.3.2.2	<b>Técnica Estático Rápido com uma ocupação</b> .....	50
4.3.2.3	<b>Técnica Estático Rápido com reocupação</b> .....	50
4.3.2.4	<b>Técnica Cinemático Contínuo</b> .....	50
4.3.2.5	<b>Técnica <i>Stop and Go</i></b> .....	51
4.3.2.6	<b>Técnica Pseudocinemático</b> .....	52
4.4	<b>FAZENDA CANGÜIRI</b> .....	52
4.4.1	<b>DESCRIÇÃO DA ÁREA</b> .....	52
4.4.2	<b>TÉCNICAS DE LEVANTAMENTO</b> .....	53
4.4.2.1	<b>Estático Clássico</b> .....	54
4.4.2.2	<b>Técnica Estático Rápido com uma ocupação</b> .....	54
4.4.2.3	<b>Técnica Cinemático Contínuo</b> .....	54
5	<b>PROCESSAMENTO E ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	57
5.1	<b>PROGRAMAS UTILIZADOS</b> .....	57
5.1.1	<b>PRISM</b> .....	57
5.1.2	<b>RXPLOT</b> .....	72
5.2	<b>PROCESSAMENTO DOS DADOS E RESULTADOS OBTIDOS</b> .....	73
5.2.1	<b>CENTRO POLITÉCNICO</b> .....	73
5.2.1.1	<b>Técnicas de Levantamento</b> .....	73
5.2.1.1.1	<b>Técnica Estático Clássico</b> .....	73
5.2.1.1.2	<b>Técnica Estático Rápido com uma ocupação</b> .....	74
5.2.1.1.3	<b>Técnica Estático Rápido com reocupação</b> .....	77
5.2.1.1.4	<b>Técnica Cinemático Contínuo</b> .....	79
5.2.1.1.5	<b>Técnica <i>Stop and Go</i></b> .....	84
5.2.1.1.6	<b>Técnica Pseudocinemático</b> .....	85

5.2.1.2	<b>Levantamentos realizados anteriormente.....</b>	86
5.2.1.3	<b>Comparações e análises dos resultados obtidos.....</b>	86
5.2.1.4	<b>Análise da precisão do levantamento de 1993.....</b>	98
5.2.2	<b>FAZENDA CANGÜIRI.....</b>	99
5.2.2.1	<b>Técnicas de Levantamento.....</b>	99
5.2.2.1.1	<b>Técnica Estático Clássico.....</b>	99
5.2.2.1.2	<b>Técnica Estático Rápido com uma ocupação.....</b>	100
5.2.2.1.3	<b>Técnica Cinemático Contínuo.....</b>	102
5.2.2.2	<b>Levantamentos realizados anteriormente.....</b>	108
5.2.2.3	<b>Comparações e análises dos resultados obtidos.....</b>	109
6	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	116
6.1	<b>CONCLUSÕES.....</b>	116
6.2	<b>RECOMENDAÇÕES.....</b>	118
	<b>ANEXO 01.....</b>	120
	<b>ANEXO 02.....</b>	128
	<b>ANEXO 03.....</b>	129
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	136

## LISTA DE FIGURAS

2.1	Configuração da constelação GPS.....	3
2.2	Configuração geométrica da constelação GPS.....	5
2.3	Estações de controle GPS.....	6
2.4	Estrutura do sinal GPS.....	10
2.5	Medida de distância através do código.....	12
2.6	Distância geométrica do receptor ao satélite no sistema terrestre.....	13
2.7	Simple diferença de fase.....	15
2.8	Dupla diferença de fase.....	16
2.9	Tripla diferença de fase.....	17
2.10	Representação da obtenção da ambigüidade (N).....	20
2.11	Desvio no posicionamento devido ao erro da fração de ciclo no valor da ambigüidade inicial da fase.....	21
2.12	Estratégia geral da resolução da ambigüidade OTF.....	25
2.13	Efeito da imprecisão das órbitas GPS no comprimento da linha de base.....	28
2.14	Efeito de multicaminho.....	29
2.15	Diluição da precisão.....	31
3.1	Organograma simplificado dos métodos e técnicas de posicionamento com o GPS.....	32
3.2	Ocupação dos receptores no posicionamento relativo.....	34
3.3	Disposição dos receptores para ocupação das estações no posicionamento estático clássico ou estático rápido com uma ocupação.....	36
3.4	Representação do tempo de ocupação para as técnicas: estático clássico,estático rápido com uma ocupação e estático rápido com reocupação.....	37
3.5	Posicionamento estático rápido com reocupação.....	38
3.6	Intercâmbio de antenas.....	41
3.7	Posicionamento cinemático contínuo.....	42
4.1	Localização das áreas em estudo: Centro Politécnico e Fazenda Cangüiri.....	44
4.2	Disposição das estações localizadas no Centro Politécnico.....	47
4.3	Estação PARA (frente) e o LAGE-Laboratório de Geodésia Espacial (fundo).....	48
4.4	Posicionamento das estações localizadas na Fazenda Cangüiri.....	53
4.5	Deslocamento entre os tempos de ocupação na técnica cinemático contínuo.....	55



4.6	Inicialização com troca de antena para as estações IAN e P7.....	56
5.1	Janela com os módulos para o processamento .....	59
5.2	Opção dos aplicativos para o planejamento.....	59
5.3	Aplicativos do processamento.....	61
5.4	Seqüência de processamento no software PRISM para as técnicas estático (a), pseudocinemático (b) e cinemático (c).....	61
5.5	<i>Menu</i> da opção EDIT LOG.....	62
5.6	<i>Menu</i> da opção EDIT SITE.....	63
5.7	<i>Menu</i> do aplicativo LINECOMP.....	64
5.8	Matriz de processamento PNAV/BATH PROCESSING.....	65
5.9	Opções do PNAV/BATH DATA PROCESSING.....	66
5.10	Processamento FOWARD AND BACKWARD.....	67
5.11	Opções do módulo ADJUST.....	69
5.12	Escolha de um ajustamento livre ou com injunções.....	70
5.13	Crítérios de um ajustamento fornecido pelo SETUP.....	71
5.14	Visibilidade dos satélites e informações sobre as perdas de ciclos e sobre o PDOP para o receptor móvel no posicionamento relativo com a técnica cinemático contínuo com inicialização por intercâmbio de antenas.....	72
5.15	Visibilidade dos satélites e informações sobre as perdas de ciclos e sobre o PDOP para o receptor móvel no posicionamento relativo com a técnica cinemático contínuo com inicialização por intercâmbio de antenas.....	82
5.16	Visibilidade dos satélites e informações sobre as perdas de ciclos e sobre o PDOP para o receptor móvel no posicionamento relativo com a técnica cinemático contínuo sem inicialização.....	83
5.17	Visibilidade dos satélites e informações sobre as perdas de ciclos e sobre o PDOP para a estação P3.....	102
5.18	Visibilidade dos satélites e informações sobre as perdas de ciclos e sobre o PDOP para o receptor móvel no posicionamento cinemático com a inicialização de linha de base conhecida.....	103
5.19	Visibilidade dos satélites e informações sobre as perdas de ciclos e sobre o PDOP para o receptor móvel no cinemático com a inicialização por intercâmbio de antenas.....	106
5.20	Visibilidade dos satélites e informações sobre as perdas de ciclos e sobre o PDOP	

para o receptor móvel no cinemático sem inicialização .....	107
5.21 Obstáculos presentes em torno da estação P6.....	113

## LISTA DE TABELAS

2.1	Status da constelação NAVSTAR-GPS.....	8
3.1	Precisão no posicionamento absoluto.....	33
3.2	Recomendações para os métodos de posicionamento relativo estático clássico e estático rápido.....	36
4.1	Coordenadas das estações PARA e RM3 (WGS-84).....	48
4.2	Levantamentos realizados no Centro Politécnico.....	49
4.3	Levantamentos realizados na Fazenda Cangüiri.....	53
5.1	Resumo das aplicações oferecidas pelo <i>software</i> PRISM II <sup>TM</sup> .....	58
5.2	Grau de conhecimento da estação em função do RMS.....	63
5.3	Arquivos PNAV.....	66
5.4	Coordenadas ajustadas obtidas pela técnica estático clássico.....	73
5.5	Opções do <i>Data Processing</i> para a técnica estático rápido com uma ocupação....	74
5.6	Coordenadas obtidas pela técnica estático rápido com uma ocupação com taxa de coleta de dados de 1s.....	75
5.7	Coordenadas obtidas pela técnica estático rápido com uma ocupação com taxa de coleta de dados de 5s.....	75
5.8	Coordenadas obtidas pela técnica estático rápido com uma ocupação com taxa de coleta de dados de 10s.....	76
5.9	Coordenadas obtidas pela técnica estático rápido com uma ocupação com taxa de coleta de dados de 15s.....	76
5.10	Coordenadas obtidas pela técnica estático rápido com reocupação e com taxa de coleta de dados de 1s.....	77
5.11	Coordenadas obtidas pela técnica estático rápido com reocupação e com taxa de coleta de dados de 5s.....	78
5.12	Coordenadas obtidas pela técnica estático rápido com reocupação e com taxa de coleta de dados de 10s.....	78
5.13	Coordenadas obtidas pela técnica estático rápido com reocupação e com taxa de coleta de dados de 15s.....	79
5.14	Opções do <i>Data Processing</i> para as técnicas cinemáticas.....	80
5.15	Coordenadas obtidas pela técnica cinemático contínuo com inicialização de linha de base conhecida.....	80

5.16	Coordenadas obtidas pela técnica cinemático contínuo com inicialização por intercâmbio de antenas.....	81
5.17	Coordenadas obtidas pela técnica cinemático contínuo sem inicialização.....	83
5.18	Coordenadas obtidas pela técnica <i>Stop and Go</i> com inicialização de linha de base conhecida.....	84
5.19	Coordenadas obtidas pela técnica <i>Stop and Go</i> com inicialização por intercâmbio de antenas.....	85
5.20	Coordenadas obtidas pela técnica pseudocinemático.....	85
5.21	Distâncias e desníveis (CAMPOS,1989).....	86
5.22	Diferenças em distância e desnível entre os resultados obtidos com o GPS/EC (1998) e os dados indicados na Tabela 5.21 (1989).....	87
5.23	Diferenças em distância entre os resultados obtidos com o GPS/EC (1998) e com a técnica estático rápido com uma ocupação.....	87
5.24	Diferenças em desnível entre os resultados obtidos com o GPS/EC (1998) e com a técnica estático rápido com uma ocupação.....	89
5.25	Diferenças em distância entre os resultados obtidos com o GPS/EC (1998) e com a técnica estático rápido com reocupação.....	90
5.26	Diferenças em desnível entre os resultados obtidos com o GPS/EC (1998) e com a técnica estático rápido com reocupação.....	91
5.27	Diferenças em distâncias entre os resultados obtidos com o GPS/EC (1998) e com a técnica cinemático com e sem inicialização.....	92
5.28	Diferenças em desnível entre os resultados obtidos com o GPS/EC (1998) e com a técnica cinemático com e sem inicialização.....	94
5.29	Diferenças em distâncias entre os resultados obtidos com o GPS/EC (1998) e com a técnica <i>Stop and Go</i> com diferentes técnicas de inicialização.....	95
5.30	Diferenças em desnível entre os resultados obtidos com o GPS/EC (1998) e com a técnica <i>Stop and Go</i> com diferentes técnicas de inicialização.....	96
5.31	Diferenças em distâncias e em desníveis entre os resultados obtidos com o GPS/EC (1998) e com a técnica pseudocinemático.....	97
5.32	Diferenças em distâncias e desníveis entre os resultados obtidos com o GPS/EC (1998) e com as técnicas cinemáticas empregadas por CRIOLLO (1993).....	98
5.33	Coordenadas ajustadas obtidas pela técnica estático clássico.....	100

5.34	Coordenadas obtidas pela técnica estático rápido com uma ocupação.....	101
5.35	Coordenadas obtidas pela técnica cinemático contínuo com inicialização de linha de base conhecida.....	104
5.36	Coordenadas obtidas pela técnica cinemático contínuo com inicialização por intercâmbio de antenas.....	105
5.37	Coordenadas obtidas pela técnica cinemático contínuo sem inicialização.....	106
5.38	Distâncias médias obtidas com o distanciômetro ELTA2 e o telurômetro MA100, desníveis médios obtidos com o nível NI050.....	108
5.39	Distâncias e desníveis médios obtidos com a estação total TC2002 e com o nível NI004 respectivamente.....	109
5.40	Diferenças em distância entre os resultados obtidos com o posicionamento relativo estático clássico (GPS), distanciômetro ELTA2, o telurômetro MA100 e a estação total TC2002) .....	109
5.41	Diferenças de desníveis entre os obtidos pelo método GPS e os obtidos pelos níveis NI050 e NI004.....	111
5.42	Diferenças em distância obtidas pela estação total (TC2002) com as obtidas pelos métodos GPS.....	112
5.43	Diferenças entre desníveis obtidas pelo nível NI004 com as obtidas pelos métodos GPS.....	115

## LISTA DE GRÁFICOS

5.1	Diferenças em distâncias obtidas com o GPS/EC (1998) e com a técnica estático rápido com uma ocupação para as diferentes taxas de coletas de dados (1s, 5s, 10s e 15s).....	88
5.2	Diferenças em desníveis obtidas com o GPS/EC (1998) e com a técnica estático rápido com uma ocupação para as diferentes taxas de coletas de dados (1s, 5s, 10s e 15s).....	89
5.3	Diferenças em distâncias obtidas com o GPS/EC (1998) e com a técnica estático rápido com reocupação para as diferentes taxas de coletas de dados (1s, 5s, 10s e 15s).....	91
5.4	Diferenças em desníveis obtidas com o GPS/EC (1998) e com a técnica estático rápido com reocupação para as diferentes taxas de coletas de dados (1s, 5s, 10s e 15s).....	92
5.5	Diferenças em distâncias obtidas com o GPS/EC (1998) e com a técnica cinemático com e sem inicialização.....	93
5.6	Diferenças em desníveis obtidas com o GPS/EC (1998) e com a técnica cinemático com e sem inicialização.....	94
5.7	Diferenças em distâncias obtidas com o GPS/EC (1998) e com a técnica <i>Stop and Go</i> com diferentes técnicas de inicialização.....	95
5.8	Diferenças em desníveis obtidas com o GPS/EC (1998) e com a técnica <i>Stop and Go</i> com diferentes técnicas de inicialização.....	96
5.9	Diferenças em distâncias e em desníveis entre os resultados obtidos com o GPS/EC (1998) e com a técnica pseudocinemático.....	97
5.10	Diferenças em distâncias entre os resultados obtidos com o posicionamento Relativo estático clássico (GPS) com o distanciômetro ELTA2, o telurômetro MA100 e a estação total TC2002.....	110
5.11	Diferenças em desníveis obtidas pelas técnicas GPS e as obtidas pelos níveis NI050 e NI004.....	111
5.12	Diferenças em distâncias obtidas com a estação total TC2002 com as obtidas pelas técnicas GPS.....	113
5.13	Diferenças em distâncias obtidas pelas técnica estático clássico com as	

obtidas pelas técnicas estático rápido, cinemático puro, cinemático com inicialização de linha de base conhecida e inicialização com intercâmbio de antenas.....	114
5.14 Diferenças em desníveis obtidos pelo nível NI004 com os obtidas pelas técnicas GPS.....	115

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AOC:	<i>Auxiliary Output Chips</i>
AS:	<i>Anti-Spoofing</i>
COPEL:	Companhia Paranaense de Energia Elétrica
CPGCG:	Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas
DDF:	Dupla Diferença de Fase
DOD:	<i>US Department of Defense</i>
DOP:	<i>Dilution of Precision</i> - Diluição da Precisão
FOC:	<i>Full Operation Capability</i>
GDOP:	Diluição da Precisão Tridimensional e Tempo
GPS:	<i>Global Positioning System</i>
HDOP:	Diluição da Precisão Horizontal
IBGE:	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFE:	<i>Institut für Erdmessung</i>
LAGE:	Laboratório de Geodésia Espacial
MMQ:	Método dos Mínimos Quadrados
NAVSTAR:	<i>NAVigation System with Time And Ranging</i> -
OTF:	<i>On the Fly</i>
OTW:	<i>On the Way</i>
OTR:	<i>On the Run</i>
PDOP:	Diluição da Precisão para o Posicionamento
Tridimensional	
PPS:	<i>Precise Positioning Service</i>
PRN:	<i>Pseudo Random Noise</i>
PNAV:	<i>Precise Differential GPS Navigation and Surveying</i>
RBMC:	Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo
RINEX:	<i>Receiver Independent Exchange Format</i>
RMS:	<i>Root Mean Square</i>
SA:	<i>Selective Availability</i> - Disponibilidade Seletiva
SDF:	Simple Diferença de Fase
SLR:	<i>Satellite Laser Ranging</i>
SSR:	<i>Satellite-to-Satellite Ranging</i>



SIG:	Sistema de Informações Geográficas
SIRGAS:	Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul
SPS:	<i>Standard Positioning Service</i>
TDOP:	Diluição da Precisão para o Tempo
TDF:	Tripla Diferença de Fase
TIMATION:	<i>TIME navigATIION</i>
UERE:	<i>User Equivalent Range Error</i>
UFPR:	Universidade Federal do Paraná
VDOP:	Diluição da Precisão Vertical
WGS-84:	<i>World Geodetic System 1984</i>

## RESUMO

O objetivo proposto para este trabalho é mostrar, descrever e aplicar as técnicas de posicionamento por GPS explorando um *software* comercial (PRISM II). Foi utilizado neste, a técnica de posicionamento relativo estático clássico e seus resultados foram comparados com os obtidos pelas técnicas estático rápido com uma ocupação e com reocupação; *Stop and Go*; pseudocinemático e cinemático contínuo com diferentes técnicas de inicialização. Estes resultados também foram comparados com os obtidos em levantamentos GPS anteriores, onde utilizou-se apenas a frequência  $L_1$ , e com os levantamentos terrestres convencionais. Foram utilizados equipamentos de dupla frequência; os testes foram realizados em 2 áreas distintas: Centro Politécnico (Curitiba) e Fazenda Cangüiri (Quatro Barras) e em bases curtas. Através da análise dos resultados verificou-se que se pode obter precisão ao nível do milímetro.

## **ABSTRACT**

The objective of the work developed in this dissertation is to show, describe and apply some GPS positioning techniques, exploring a commercial processing software (PRISM II). The technique of static relative positioning was used first, and its results were compared with the fast static technique, with occupation and with re-occupation, the Stop and Go technique, with kinematic and kinematic continuous techniques, with different initialization procedures. The results were also compared with previous GPS surveys in which only the  $L_1$  frequency was used, and with a conventional terrestrial survey. Double frequency receivers were used. The tests were carried out in 2 different areas: at the Centro Politécnico Campus, in Curitiba, and at Cangüiri Farm, in Quatro Barras. In these two areas only short baselines were used. The analysis of the results shows that an agreement at the millimeter, level is encountered with the static relative positioning.

# 1 - INTRODUÇÃO

No Brasil, verifica-se uma grande difusão do Sistema de Posicionamento Global e sua utilização nas mais diversas áreas, como por exemplo: em levantamentos, transportes, mineração, agricultura, balística, geodinâmica, geofísica e lazer. Contudo observa-se que ainda há um grande número de usuários que utilizam este sistema sem possuir maiores informações técnicas sobre ele. Cabe ressaltar que o GPS utiliza uma tecnologia de ponta, que está em constante aprimoramento.

Na área de levantamentos este sistema tornou-se por demais atrativo em função da sua disponibilidade contínua, fácil utilização e independência das condições meteorológicas. Observa-se que muitos usuários empregam os equipamentos GPS e os programas comerciais utilizando o *default*<sup>1</sup> sem analisar as necessidades de alterações em função das condições locais (p.ex.: melhor taxa de coleta de dados a ser empregada no levantamento, melhor horário para a realização do rastreamento, necessidade de pré-planejamento, necessidade de utilizar equipamentos com uma ou duas portadoras). Constatam-se também uma deficiência na grande maioria dos usuários no poder de decisão dentre as diversas técnicas que podem ser empregadas num levantamento.

A nível internacional a análise destas técnicas com os seus prós e contras tem sido muito explorada, entre os principais autores pode-se citar REMONDI (1985); SEEBER (1993); LEICK (1995) e ABDIN (1993), RAJAL e MADHWAL (1997), GAO, McLELLAN e SCHLEPPE (1998), LAPINE (1990), COLLIER (1997), MERMINOD e RIZOS (1994), GERDAN (1992), MOK e SO (1995).

No Brasil verifica-se poucas publicações; dentre os autores que enfocam estas técnicas pode-se citar TIERRA CRIOLLO (1993); MONICO (1997); GEMAEL (1991); SANTOS (1990), KRUEGER (1994), MASSINHAN (1996) e MACEDO (1997).

No presente trabalho, visa-se empregar as diferentes técnicas de posicionamento relativo GPS para bases curtas (menores que 10 Km), comparando e analisando os resultados obtidos com elas.

---

<sup>1</sup> Entende-se por *default* neste trabalho como um conjunto de configurações padrões utilizadas no desempenho de uma ação. Normalmente são recomendações propostas pelos fabricantes de equipamentos e *softwares*.

Também comparam-se e analisam-se estes resultados com os obtidos com outros levantamentos realizados anteriormente empregando outros equipamentos como distânciômetro, telurômetro, níveis e estação total. Estes testes foram realizados em duas áreas distintas: Centro Politécnico (Curitiba) e Fazenda Cangüiri (Quatro Barras). Buscou-se, também, dar uma continuidade ao trabalho já apresentado por TIERRA CRIOLLO (1993) implementando outras técnicas e utilizando equipamentos GPS de dupla frequência.

No Capítulo 2, estão apresentados os princípios básicos do Sistema de Posicionamento Global e a sua constelação, bem como as equações de observação, as combinações lineares entre as fases das portadoras, a determinação das ambigüidades e as técnicas de segurança e erros do sistema. Maiores informações podem ser obtidas em bibliografias como por exemplo: GEMAEL (1991), HOFMANN-WELLENHOF et al. (1994), KRUEGER (1996), LEICK (1995) e SEEBER (1993).

O Capítulo 3 descreve os diversos métodos e técnicas de posicionamento com o GPS, visando oferecer ao leitor e aos usuários uma revisão conceitual.

A descrição dos levantamentos efetuados nas áreas do Centro Politécnico (Curitiba) e na Fazenda Cangüiri (Quatro Barras) utilizando os métodos cinemáticos e estáticos de posicionamento por GPS, bem como os equipamentos utilizados fazem parte do Capítulo 4.

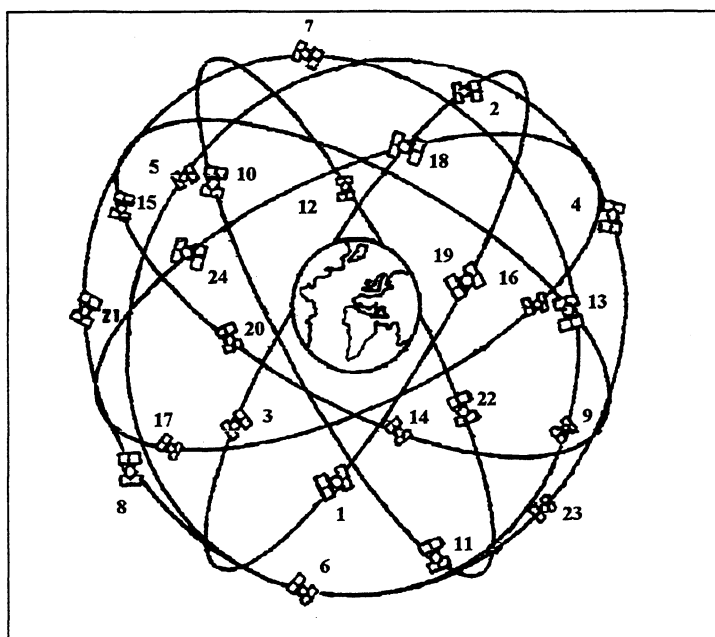
No Capítulo 5, apresenta-se uma descrição sobre os programas empregados no pós-processamentos dos dados coletados nas áreas do Centro Politécnico (Curitiba) e na Fazenda Cangüiri (Quatro Barras), uma comparação e análise entre os resultados obtidos com estes levantamentos. Faz-se referência aos levantamentos realizados anteriormente nas áreas em estudo e uma análise de alguns resultados obtidos com a dissertação de mestrado apresentada ao CPGCG por TIERRA CRIOLLO (1993).

As conclusões obtidas, bem como as recomendações a serem observadas em levantamentos futuros estão apresentadas no Capítulo 6.

## 2 - CONCEITOS BÁSICOS DO GPS E SUA CONSTELAÇÃO

O NAVSTAR-GPS (*NAVigation System with Time And Ranging - Global Positioning System*), hoje mais conhecido pela sigla GPS, é um sistema de posicionamento global baseado numa constelação de 24 satélites artificiais, conforme representado na Figura 2.1.

FIGURA 2.1 – Configuração da constelação GPS.  
(Fonte: SEEBER, adaptada por FABRI, 1997)



Este sistema foi desenvolvido para fins militares no início dos anos 70 e visava também substituir um grande número de sistemas de navegação que vinham proliferando, ameaçando onerar muitas agências governamentais (GEMAEL, 1991). Isto levou o Departamento de Defesa (DoD) dos Estados Unidos a investir na concepção de um sistema único. Foi então que o sistema GPS se concretizou, pela fusão de dois projetos que realizavam investigações na mesma área: TIMATION (*TIME navigation*), desenvolvido pela Marinha Americana que apresentava apenas uma cobertura bi-dimensional e o SYSTEM 621B, desenvolvido pela Força Aérea Americana que apresentava uma cobertura

tri-dimensional mas necessitava de um controle terrestre muito intenso (SEGANTINE e MONICO, 1997).

Um dos objetivos é proporcionar aos usuários sua posição tridimensional, informações sobre o tempo e auxiliar na navegação (SEEBER, 1993). Os satélites que compõem o sistema, transmitem sinais os quais são decodificados pelos receptores. O sistema apresenta vantagens por não depender da intervisibilidade entre os operadores e das condições meteorológicas (ex: teodolitos, estação totais e outros estão limitados à visão do operador que são prejudicados pela ação de chuvas, nevoeiros e medidas de grandes distâncias), contudo, a antena do receptor GPS deve estar livre de obstruções para manter sintonia com os satélites. Devido a cobertura global proporcionada pela constelação GPS, a operacionalidade do sistema atende as 24 horas do dia, podendo ainda, fornecer alta acurácia no posicionamento.

SEGANTINE e MONICO (1997) afirmam que o GPS aliado a um sistema de coordenadas e informações geográficas produz mapas; aliado a mapas, facilita a navegação; aliado a mapas digitais ou a um Sistema de Informações Geográficas (SIG) e a um sistema de comunicação produz um sistema de controle.

Atualmente, este sistema, pelo seu grande potencial e aceitação, estende-se a setores científicos não militares e até para atividades de lazer, porém, com acesso limitado à precisão total do sistema.

O NAVSTAR-GPS está dividido em três segmentos:

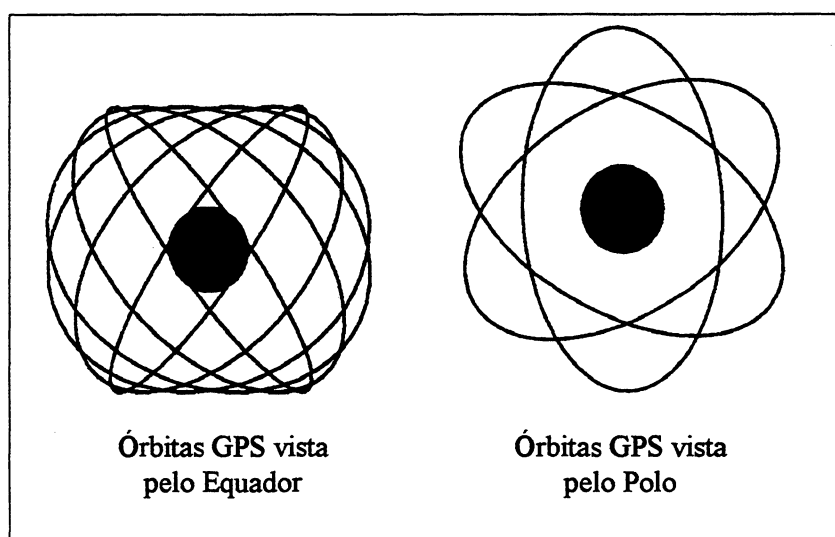
- **Segmento Espacial:** representado pelos satélites (veículos espaciais), aos quais cabe enviar, por meio da emissão de sinais, as informações necessárias aos usuários. Suas características básicas são relatadas a seguir (LEICK, 1995):

- 1 - Suas órbitas em número de 6 ( A, B, C, D, E, F) são separadas entre si de 60 graus;
- 2 - Cada órbita contém 4 satélites e estes estão defasados de 90 graus na órbita;
- 3 - Os satélites têm órbitas quase circulares com excentricidade na ordem de  $10^{-3}$ ;
- 4 - Apresenta um período orbital de aproximadamente 12 horas siderais;
- 5 - Inclinação do plano orbital de aproximadamente 55 graus;
- 6 - Os satélites possuem relógios atômicos de Rubídio ou Césio; e

7 - Sua disposição se configura de modo que pelo menos 4 satélites estejam a qualquer hora, com ângulo de elevação de 15 graus acima do horizonte, provendo uma cobertura mundial.

A configuração da constelação GPS pode ser representada de dois modos distintos, conforme ilustrado na Figura 2.2.

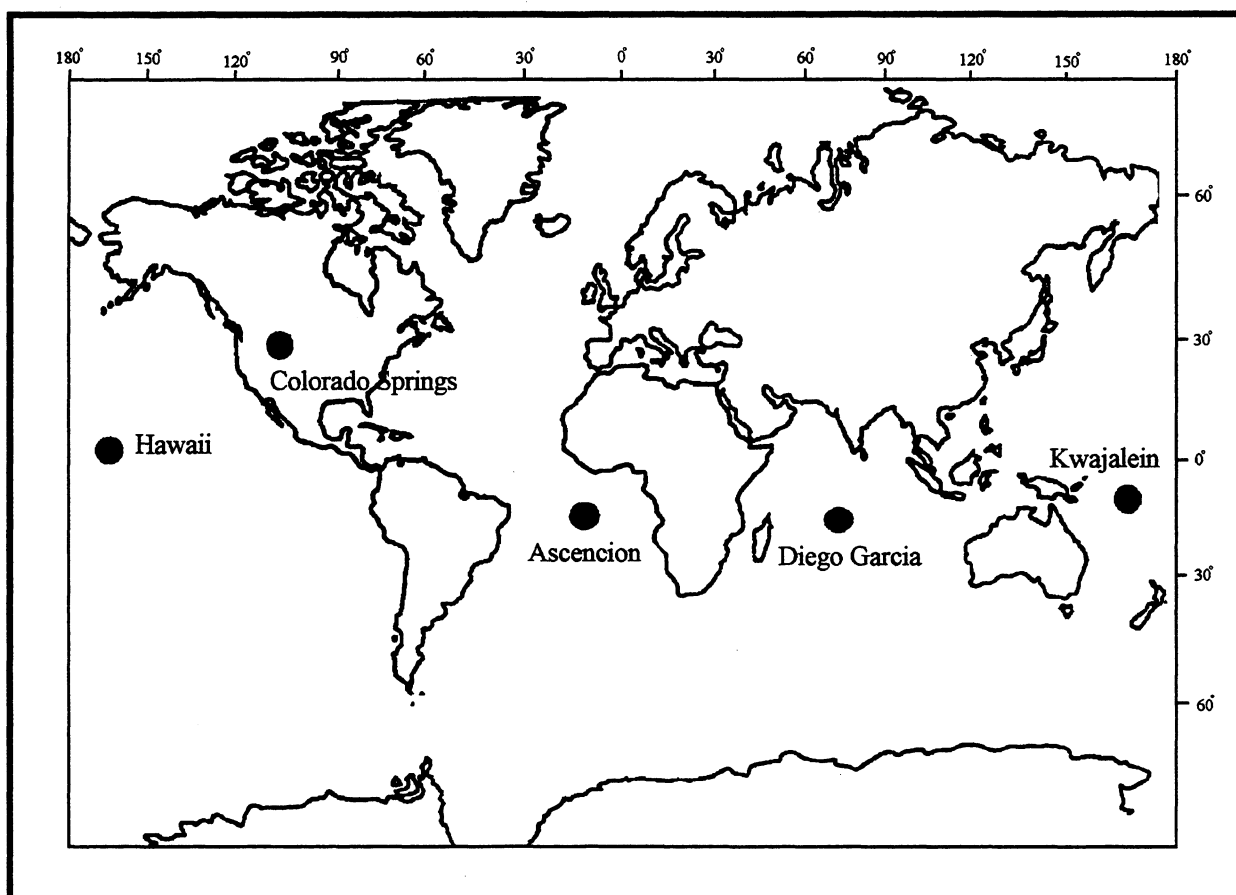
FIGURA 2.2 - Configuração geométrica da constelação GPS.  
(Fonte: Adaptada de SPILKER, 1996)



- **Segmento de Controle ou Terrestre:** composto de 5 Estações de Controle (Colorado Springs, Hawaii, Ascension Islands, Diego Garcia e Kwajalein) distribuídas pelos continentes, conforme observa-se na Figura 2.3. Têm como função principal monitorar e atualizar as mensagens de navegação transmitidas pelos satélites. Cada estação recebe e processa os sinais de navegação, retransmitindo-os para a estação de controle central (Colorado Springs) onde são processados e descarregados nos satélites conforme as especificações de acurácia estabelecida para uso do SPS (*Standard Positioning Service*) e PPS (*Precise Positioning Service*) (SEEBER, 1993) e (LEICK, 1995).



FIGURA 2.3 - Estações de controle GPS.  
(Fonte: Adaptada de CANNON e LACHAPELLE, 1992)



- **Segmento do Usuário:** representado pela comunidade de usuários do GPS que possuem receptores, os quais são habilitados para usar sinais dos satélites e softwares para o processamento de dados, de acordo com suas necessidades.

Ao longo do tempo diversas gerações de satélites que compõe a constelação GPS foram planejadas e algumas delas já lançadas. Elas foram denominadas de Bloco I, Bloco II, Bloco II-A, Bloco II-R e Bloco II-F, e suas particularidades são descritas a seguir.

**Bloco I** - Foi considerado como protótipo sendo uma extensão do programa TIMATION. Sua constelação era composta de 10 satélites, eles ocupavam 2 planos orbitais com inclinação de  $63^{\circ}$  (SEEBER, 1993). Os sinais emitidos pelos satélites eram plenamente disponíveis para uso civil. Todo o Bloco I está em plena inoperabilidade sendo que o

último satélite (PRN-12), foi desativado em 18 de novembro de 1995 conforme se observa na Tabela 2.1.

**Bloco II** - Este bloco, composto de nove satélites, tornou-se operacional em 1989/1990. Diferencia-se do Bloco I por apresentar inclinação do plano orbital de 55 graus e limitações aos usuários não autorizados quanto ao uso dos sinais emitidos pelos satélites (HOFMANN-WELLENHOF et al., 1994). Esta limitação foi imposta pela política de segurança americana introduzindo nos satélites técnicas de segurança (seção 2.5.1).

**Bloco II-A (*Advance*)** - É composto de 19 satélites, dos quais um foi desativado (PRN-28) em 25/04/92, sendo atualmente, o bloco que possui o maior número de satélites em operação. A capacidade de operação completa (*Full Operation Capability* - FOC) só foi alcançada em março de 1994 (KRUEGER, 1996), quando os 24 satélites passaram a operar sem problemas. Dois satélites (PRN-5 e PRN-6) estão equipados com refletores (*corner-cube*) para determinação de órbita utilizando um Sistema Laser de Rastreamento (*SLR - Satellite Laser Ranging*) (LANGLEY, 1988).

**Bloco II-R (*Replenishment*)** - Os satélites desse bloco foram projetados para possuir relógios atômicos *Hydrogen-Maser (Microwave Amplification By Emission of Radiation)*, mais precisos e estáveis que os relógios atômicos dos satélites antecessores. Estes satélites são capazes de determinar a bordo, suas próprias órbitas através de um sistema autônomo e gerar suas próprias mensagens de navegação. Foram, também, projetados para a determinação de distâncias recíprocas com os outros satélites (*SSR - Satellite-to-Satellite Ranging*), o que lhes garante uma certa autonomia com relação ao Segmento de Controle (LEICK, 1995). Devido a uma falha no lançamento, não se pode contar com o satélite PRN-12. No momento este bloco conta apenas com um satélite em órbita, o PRN - 13 lançado em 23 de julho de 1997, conforme Tabela 2.1.

**Bloco II-F (*Follow on*)** - Os 33 satélites projetados para este bloco devem suceder os satélites do Bloco II-R para o período compreendido entre os anos de 2001 e 2010.

A Tabela 2.1 mostra de modo seqüencial o histórico de todos os satélites que contribuíram e contribuem para a formação da constelação GPS. Nesta tabela observa-se: identificação do bloco, a seqüência de lançamento, o código PRN, a data de lançamento, o plano orbital, o tipo de relógio que cada satélite possui e a situação atual.

TABELA 2.1 – *Status* da constelação NAVSTAR-GPS.  
(Fonte: LANGLEY, julho de 1998)

BLOCO	SEQUÊNCIA DE LANÇAMENTO	PRN	DATA DE LANÇAMENTO	PLANO ORBITAL	RELÓGIO	SITUAÇÃO ATUAL
I	1	4	22-02-78			INATIVO:17-07-85
I	2	7	13-05-78			INATIVO:16-07-81
I	3	3	06-10-78			INATIVO:18-05-92
I	4	8	10-12-78			INATIVO:14-10-89
I	5	5	09-02-80			INATIVO 18-11-83
I	6	9	26-04-80			INATIVO 06-03-91
I	7			<b>FALHA</b>	<b>NO</b>	<b>LANÇAMENTO</b>
I	8	11	14-07-83			INATIVO:04-05-93
I	9	13	13-06-84	C-1	CÉSIO	INATIVO:20-06-94
I	10	12	08-09-84	A-1	RUBÍDIO	INATIVO:18-11-95
I	11	03	09-10-85	C-4	RUBÍDIO	INATIVO:13-04-94
II	1	14	14-02-89	E-1	CÉSIO	ATIVO
II	2	02	10-06-89	B-3	CÉSIO	ATIVO
II	3	16	18-08-89	E-5	CÉSIO	ATIVO
II	4	19	21-10-89	A-4	CÉSIO	ATIVO
II	5	17	11-12-89	D-3	CÉSIO	ATIVO
II	6	18	24-01-90	F-3	CÉSIO	ATIVO
II	7	20	26-03-90	X.X.X	X.X.X	INATIVO:10-05-96
II	8	21	02-08-90	E-2	CÉSIO	ATIVO
II	9	15	01-10-90	D-2	CÉSIO	ATIVO
II-A	10	23	26-11-90	E-4	CÉSIO	ATIVO
II-A	11	24	04-07-91	D-1	CÉSIO	ATIVO
II-A	12	25	23-02-92	A-2	RUBÍDIO	ATIVO
II-A	13	28	10-04-92	C-5	CÉSIO	INATIVO:25-04-92
II-A	14	26	07-07-92	F-2	CÉSIO	ATIVO
II-A	15	27	09-09-92	A-3	CÉSIO	ATIVO
II-A	16	01	22-11-92	F-1	CÉSIO	ATIVO
II-A	17	29	18-12-92	F-4	CÉSIO	ATIVO
II-A	18	22	03-02-93	B-1	CÉSIO	ATIVO
II-A	19	31	30-03-93	C-3	CÉSIO	ATIVO
II-A	20	07	13-05-93	C-4	CÉSIO	ATIVO
II-A	21	09	26-06-93	A-1	CÉSIO	ATIVO
II-A	22	05	30-08-93	B-4	CÉSIO	ATIVO
II-A	23	04	26-10-93	D-4	CÉSIO	ATIVO
II-A	24	06	03-03-94	C-1	CÉSIO	ATIVO
II-A	25	03	28-03-96	C-2	CÉSIO	ATIVO
II-A	26	10	16-07-96	E-3	CÉSIO	ATIVO
II-A	27	30	12-09-96	B-2	CÉSIO	ATIVO
II-A	28	08	06-11-97	A-5	RUBÍDIO	ATIVO
II-R	01	12		<b>FALHA</b>	<b>NO</b>	<b>LANÇAMENTO</b>
II-R	02	13	23-07-97	F-5	RUBÍDIO	ATIVO

## 2.1 SINAIS UTILIZADOS

A função do segmento espacial consiste em enviar sinais (dos códigos, das portadoras, mensagens de navegação e identificação dos satélites) aos usuários. Os osciladores de Rubídio e Césio (altamente estáveis), a bordo dos satélites, geram uma frequência fundamental  $f_0 = 10,23$  MHz que se deriva em duas frequências portadoras denominadas  $L_1$  e  $L_2$ . A representação dos sinais apresenta a seguinte estrutura (SEEBER, 1993) e (LEICK, 1995):

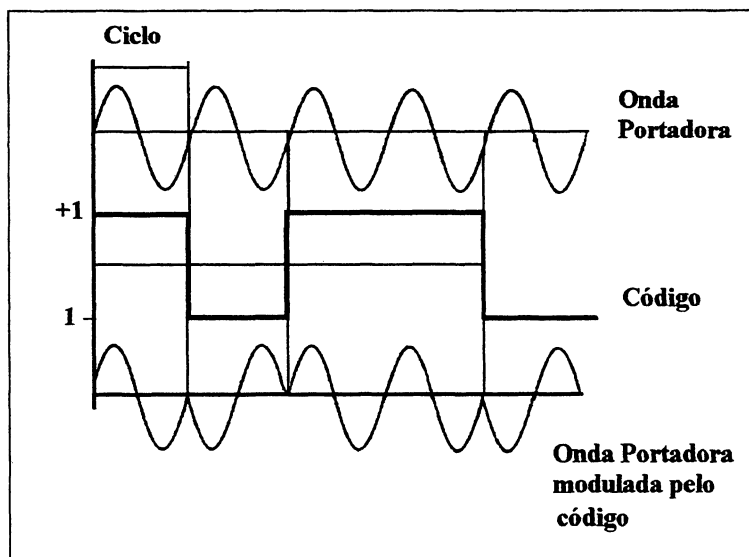
<b>Frequência Fundamental (<math>f_0</math>)</b>		10,23 MHz
<b><math>L_1</math></b>	<i>Sinal</i>	154 x 10,23 MHz
	<i>Frequência</i>	1.575,42 MHz
	<i>Comprimento de onda (<math>\lambda</math>)</i>	19,05 cm
<b><math>L_2</math></b>	<i>Sinal</i>	120 x 10,23 MHz
	<i>Frequência</i>	1.227,60 MHz
	<i>Comprimento de onda (<math>\lambda</math>)</i>	24,45 cm
<b>Código P</b>	<i>Frequência</i>	10,23 MHz
	<i>Comprimento de onda (<math>\lambda</math>)</i>	29,31 m
	<i>Período de repetição</i>	266,4 dias
<b>C/A</b>	<i>Frequência</i>	1,023 MHz
	<i>Comprimento de onda (<math>\lambda</math>)</i>	293,10 m
	<i>Período de repetição</i>	1 milisegundo
<b>Mensagem de navegação</b>	<i>Frequência</i>	$50 \times 10^{-6}$ MHz
	<i>Número total de bits</i>	37.500 bps
	<i>Tempo total de transmissão</i>	12,5 minutos
	<i>Período de repetição</i>	30 segundos

As portadoras ( $L_1$  e  $L_2$ ) consistem de sinais da Banda L do espectro eletromagnético transmitidas pelos satélites e recebidas pela antena do receptor em duas frequências bem definidas. Têm a função de transportar as informações, onde  $L_1$  é modulada com os códigos C/A e P (Y) enquanto que a  $L_2$ , apenas com o código P (Y). O emprego das duas ondas portadoras proporciona a eliminação de determinadas fontes de erros (ANDRADE *et al.*, 1994) e (LEICK, 1995).

As mensagens de navegação são processadas, atualizadas e injetadas várias vezes ao dia pelo segmento de controle. São moduladas sobre as portadoras e informam ao receptor a posição dos satélites a cada instante. Cada satélite transmite sua própria mensagem de navegação tornando possível determinar as distâncias satélite-receptor.

Os códigos (Figura 2.4) constituem-se de uma seqüência com o estado +1 ou -1, correspondendo valores binários 0 ou 1, e são chamados de modulação bifase por alterar em  $180^\circ$  a fase da portadora (HOFMAN-WELLENHOF *et al.*, 1994).

FIGURA 2.4 - Estrutura do sinal GPS.  
(Fonte: Adaptada de HOFMAN-WELLENHOF *et al.*, 1994)



O receptor sintoniza e gera o mesmo código dos satélites. Se os relógios do satélite e do receptor estivessem sincronizados, o código recebido do satélite encontraria-se atrasado de um tempo “ $t$ ” igual ao tempo que a portadora gastou para viajar desde o satélite até o receptor. Portanto, se o receptor atrasar o seu código de um tempo igual a “ $t$ ”, o

produto dos códigos recebido pelo satélite e o gerado pelo receptor será igual a 1, desde que os códigos assumam simultaneamente os valores de +1 ou -1. Este tempo é portanto, uma medida de propagação do sinal do satélite até o receptor.

A seguir serão descritas as funções de cada código:

**Código C/A** (*Coarse Acquisition* ou *Clear Aquisition*) - É uma seqüência binária gerada por um algoritmo que se repete a cada milissegundo. Isto significa dizer que 1.024 possibilidades de mudança de fase podem acontecer a cada milissegundo, quando a seqüência volta a se repetir. Cada satélite transmite um diferente grupo de código C/A (LEICK, 1995). Os usuários do serviço SPS (*Standard Positioning Service*) (comunidade civil de uma forma geral) que contam com este código, recebem os dados GPS como são transmitidos, com todos os tipos de degradações (IBGE, 1996) e (KRUEGER, 1996).

**Código P** (*Precise ou Protected*) - Apresenta um período de 266,4 dias. Cada satélite contém o correspondente a 7 dias desse código, ou seja uma semana das 38 possíveis. É um código que tem sido reservado para uso dos militares americanos e outros usuários autorizados. A distância obtida com o código P é dez vezes mais precisa que a obtida com o código C/A e só pode ser determinada para os usuários autorizados dispondo de um receptor que tenha implementado o *Auxiliary Output Chips – AOC*. Os usuários do serviço PPS (*Precise Positioning Service*) (militares americanos e os que possuem autorização), têm acesso aos dados dos relógios dos satélites não adulterados, às correções, às efemérides transmitidas e ao código P descryptografado (IBGE, 1996) e (KRUEGER, 1996).

**Código Y** (recodificação do código P) - É a efetivação da técnica AS - *Anti-Spoofing*, (ver seção 2.5.1) não estando disponível para os usuários civis (SPS). Este código contém partes inalteradas do código P.

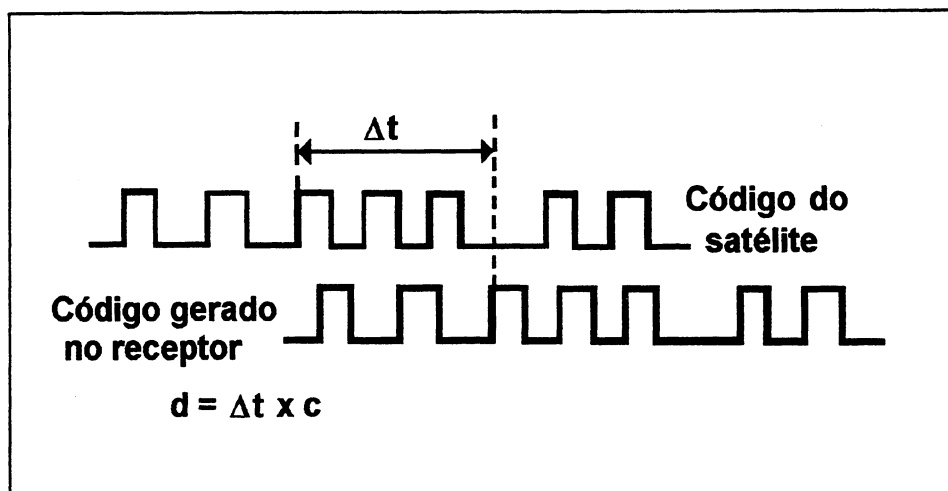
## 2.2 – EQUAÇÃO DE OBSERVAÇÃO

As observáveis básicas do GPS são a pseudodistância<sup>2</sup> e a medida de fase de batimento da portadora. As pseudodistâncias são calculadas a partir do tempo decorrido desde a emissão do sinal pelo satélite até atingir a antena do receptor. Este valor é igual a

<sup>2</sup> “O termo *pseudodistância* advém do correspondente na língua inglesa *pseudo-range* e representa a distância satélite-receptor afetada por um certo número de efeitos sistemáticos. O emprego deste termo vem sendo questionado por uma parcela da comunidade científica sob a alegação de que uma distância, mesmo que eivada de erros, permanece sendo distância” (SANTOS, 1990).

distância geométrica somada aos erros provenientes do não sincronismo entre os relógios do receptor e do satélite, deriva do relógio do satélite, erros provenientes de efeitos na ionosfera, troposfera e outros. A medida de distância através do código é representada na Figura 2.5.

FIGURA 2.5 - Medida de distância através do código.  
(Fonte: Adaptada de WELLS *et al.*, 1986)



Então,

$$d = \Delta t \times c, \quad (2.0)$$

onde:

$d$  : distância percorrida pelo sinal;

$\Delta t$  : tempo de percurso entre a transmissão e a recepção do sinal; e

$c$  : velocidade de propagação da luz no vácuo.

Desta forma a pseudodistância é apresentada pela equação de observação (2.1), através da medida do código (SEEBER, 1993):

$$PR_{CD} = c (T_r - T_t) = R + cdt_u + cdt_a + cdt_s + \epsilon_R, \quad (2.1)$$

onde:

$PR_{CD}$  : pseudodistância por fase do código entre o satélite e o receptor;

$R$  : distância geométrica entre o receptor e o satélite;

$T_r$  : tempo de recepção do sinal;

$T_t$  : tempo de transmissão do sinal;

$dt_u$  : erro do sincronismo entre o relógio do receptor e o tempo GPS;

$dt_a$  : atraso da propagação do sinal na atmosfera (ionosfera e troposfera);  
 $dt_s$  : erro do relógio do satélite em relação ao tempo GPS;  
 $\varepsilon_R$  : demais erros (ruído do receptor, ruído da observação, efeito do multicaminho).

Sabe-se que a distância geométrica  $R$ , representada pela Figura 2.6, é dada por:

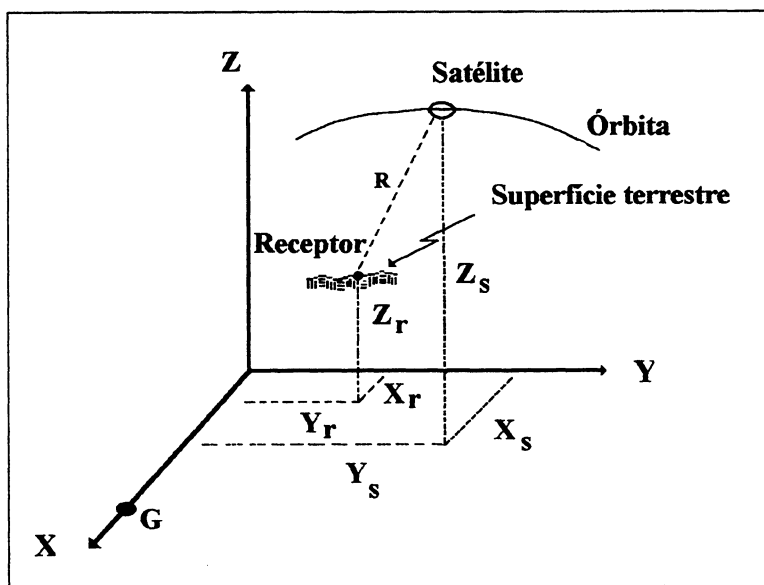
$$R^2(t_r) = (X_s(T_t) - X_r(T_r))^2 + (Y_s(T_t) - Y_r(T_r))^2 + (Z_s(T_t) - Z_r(T_r))^2, \quad (2.2)$$

onde:

$X_s$ ,  $Y_s$ ,  $Z_s$ , e  $X_r$ ,  $Y_r$ ,  $Z_r$  são as coordenadas cartesianas do satélite e do receptor respectivamente, representado no sistema terrestre e  $T_t$  é dado por:

$$T_t = T_r - \frac{R(T_r)}{c}, \quad (2.3)$$

FIGURA 2.6 - Distância geométrica do receptor ao satélite no sistema terrestre.  
 (Fonte: Adaptada de MOG, 1995)





Tem-se na equação (2.1) o modelo matemático para o posicionamento absoluto da pseudodistância; desta forma é necessário que se rastreie pelo menos 4 satélites ao mesmo tempo. Obtém-se então uma série de equações de observação e deste conjunto deriva-se uma solução única para a posição do observador com a consequente aplicação do ajustamento pelo método dos mínimos quadrados (M.M.Q.). Maiores detalhes sobre o ajustamento, podem ser vistos em GEMAEL (1991), HOFMANN-WELLENHOF et al. (1994) e LEICK (1995).

Segundo WELLS *et al.* (1986), para a pseudodistância sua precisão corresponde a aproximadamente, 1% do comprimento da onda, isto quer dizer que para o código P tem-se  $\lambda = 29,3$  m o que corresponde a uma precisão de 0,293 m ou aproximadamente 30 cm. Analogamente, o código C/A,  $\lambda = 239,1$  m fornecendo uma precisão de 2,931 m ou aproximadamente 3 m.

Segundo KRUEGER (1996) quando se quer ter uma observável mais precisa, utiliza-se a solução obtida pela fase da portadora, pois, sua precisão equivale a 1 centésimo do comprimento da onda (0,01 ciclo). Portanto, para  $L_1$  cujo comprimento de onda atinge  $\lambda = 19,05$  cm tem-se a precisão de 1,905 mm ou aproximadamente 2 mm. Analogamente para  $L_2$  cujo comprimento de onda  $\lambda = 24,45$  cm, tem-se a precisão de 2,445 mm ou aproximadamente 2,4 mm. Entretanto a medida da fase da portadora resulta da comparação do sinal da portadora emitido pelos satélites e da réplica do sinal gerado pelo receptor. Pode-se dizer que a equação de observação básica para a medida da fase da portadora ( $PR_{CR}$ ) em unidades de comprimento é a mesma equação (2.1) acrescida do termo ambigüidade<sup>3</sup> (N) e pode ser descrita conforme a equação abaixo:

$$PR_{CR} = R + cdt_u + cdt_a + cdt_s + c \left( \frac{N}{f_{CR}} \right) + \varepsilon_R, \quad (2.4)$$

onde:

$PR_{CR}$  : pseudodistância obtida pela medida da fase da portadora;

$f_{CR}$  : frequência da portadora; e

N : ambigüidade.

<sup>3</sup> Ver explicação na seção 2.4 desta dissertação.

Observa-se na equação (2.4) a existência de parâmetros a serem determinados. Uma das vantagens de se utilizar o emprego de diferentes técnicas para a modelagem da medida de fase da portadora é que os erros que estão presentes nas observações originais são eliminados ou reduzidos. Para este fim, recorre-se, então ao emprego de diferentes técnicas para a modelagem da medida da fase da portadora: Simples Diferença de Fase (SDF), Dupla Diferença de Fase (DDF) e a Tripla Diferença de Fase (TDF).

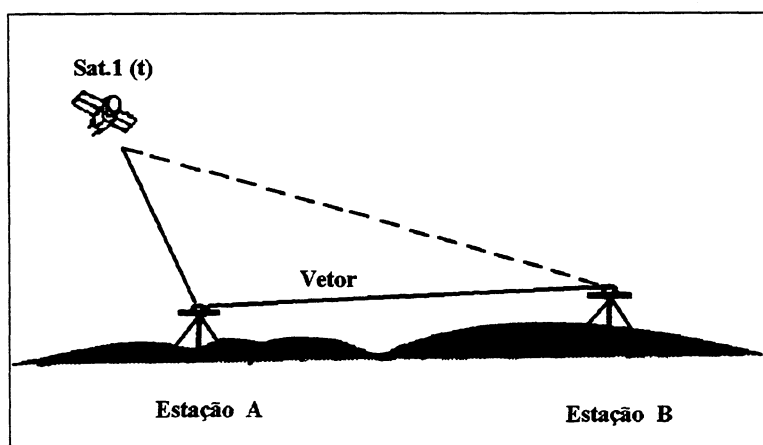
Para a representação destas diferenças, empregam-se os seguintes operadores (WELLS, 1986):

Simples diferenças entre receptores:	$\Delta(\bullet) = (\bullet) \text{ receptor B} - (\bullet) \text{ receptor A}$
Simples diferença entre satélites:	$\nabla(\bullet) = (\bullet) \text{ satélite 2} - (\bullet) \text{ satélite 1}$
Simples diferença entre épocas:	$\delta(\bullet) = (\bullet) \text{ época 2} - (\bullet) \text{ época 1.}$

### Simples Diferença de Fase

Esta técnica (SDF), consiste na determinação da diferença entre as fases da portadora geradas por dois receptores (estações A e B), sintonizadas por um mesmo satélite (1) e no mesmo instante de tempo ( $t_1$ ) conforme indica-se na Figura 2.7.

FIGURA 2.7 - Simples Diferença de Fase.  
(Fonte: Adaptada de LEICK, 1995)



Desta forma a equação (2.4) passa a ser:

$$\Delta PR_{CR} = \Delta R + c\Delta t_u + c\Delta t_{ta} + \lambda\Delta N + \Delta\epsilon_{CR} \quad (2.5)$$

Nesta etapa, segundo SEEBER (1993), cancelam-se os erros provenientes dos relógios (o termo “ $dt_s$ ” da equação (2.4)) comuns ao satélite. Para bases curtas (< 10 km ) e em condições ionosféricas e troposféricas normais, haverá nas duas estações, praticamente os mesmos efeitos, simplificando ainda mais a equação (2.5) da SDF.

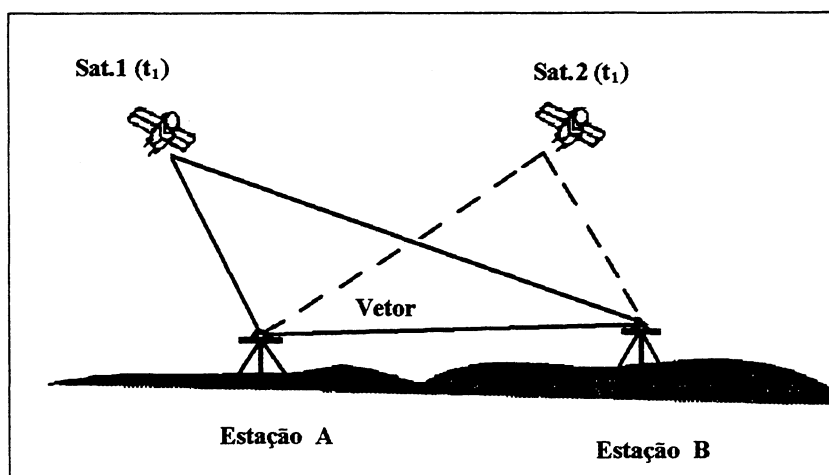
### Dupla Diferença de Fase

Efetuar a dupla diferença de fase (DDF) significa obter a diferença entre as fases da portadora geradas por dois receptores (estações A e B), em relação a dois satélites (1 e 2) e obtidas num mesmo instante ( $t_1$ ) (Figura 2.8). Realizando-se a diferença entre a equação (2.5) para o satélite 1 e outra similar desenvolvida para o satélite 2, obtém-se a equação para a DDF:

$$\nabla\Delta PR_{CR} = \nabla\Delta R + \nabla\Delta cdt_{ta} + \nabla\Delta\lambda N + \nabla\Delta\epsilon_{CR} \quad (2.6)$$

Com esta técnica, elimina-se também a incógnita do relógio do receptor, desde que admitida a simultaneidade das observações.

FIGURA 2.8 - Dupla Diferença de Fase.  
(Fonte: Adaptada de LEICK, 1995)



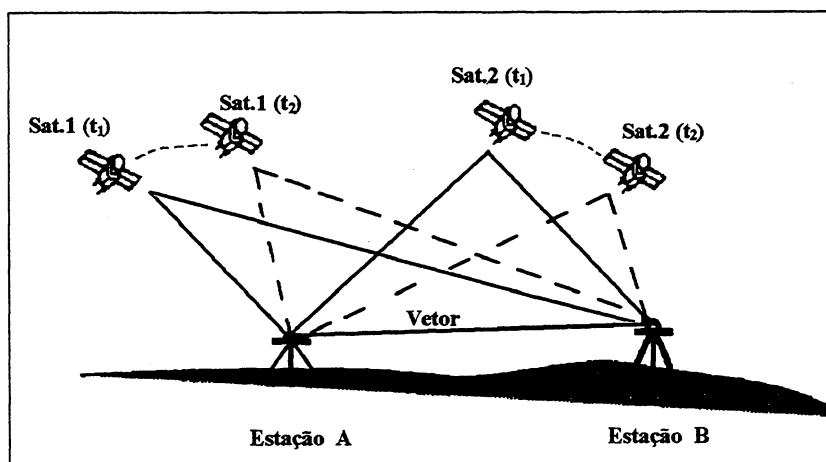
### Tripla Diferença de Fase

Analogamente à DDF, obtém-se a Tripla Diferença de Fase (TDF). Neste caso, aplica-se a equação (2.5) a dois receptores (estações A e B), a dois satélites (1 e 2) e a duas épocas distintas ( $t_1$  e  $t_2$ ) (Figura 2.9), obtendo a seguinte equação:

$$\delta \nabla \Delta PR_{CR} = \delta \nabla \Delta R + \delta \nabla \Delta c dt_a + \delta \nabla \Delta \epsilon_{CR} \quad (2.7)$$

A expressão (2.7) representa a equação da TDF. Nota-se que ela permite a eliminação do termo da ambigüidade, além das já citadas anteriormente. Esta eliminação se faz pela condição de que haja continuidade das observações nos dois satélites e que não haja perda de sinal. Com esta técnica estima-se o valor real dos parâmetros da linha base sem estimar as ambigüidades. A TDF é utilizada na busca de perdas de sinais. Para maiores detalhes, consultar, SEEBER (1993), LEICK (1995), LACHAPELLE e CANNON (1993).

FIGURA 2.9 - Tripla Diferença de Fase.  
(Fonte: Adaptada de LEICK, 1995)



### 2.3 – COMBINAÇÃO LINEAR ENTRE AS FASES

Originalmente o levantamento com as portadoras  $L_1$  e  $L_2$  consistia na eliminação do tempo do retardo do sinal na ionosfera. Posteriormente, aplica-se a combinação linear entre

as portadoras visando determinar as ambigüidades (ver seção 2.4) conduzindo a obtenção das coordenadas. Segundo WÜBBENA (1991), pode-se realizar um grande número de combinações cuja escolha é feita a partir da avaliação de quatro critérios a saber:

1) o coeficiente da combinação linear deve ser inteiro, possibilitando, dessa forma, resultar em um número inteiro a fixação da ambigüidade;

2) um comprimento razoável da onda do sinal, visto que isso facilita a eliminação das perdas de sinal e simplifica a fixação das ambigüidades;

3) existir pouca influência da ionosfera sobre a combinação linear; e

4) apresentar pequeno ruído das medidas, pois esse deve ser menor que o comprimento de onda dos sinais.

As técnicas *Narrow Lane* ( $L_N$ ) e *Wide Lane* ( $L_W$ ) tem sido propostas por COUNSELMAN et al. (1979)<sup>4</sup>, HATCH (1982).

As combinações lineares entre as fases ( $\Phi_{L1}$  e  $\Phi_{L2}$ ) possuem a forma geral (WÜBBENA, 1989)<sup>5</sup>:

$$\Phi_{n,m} = n\Phi_{L1} + m\Phi_{L2}, \quad (2.8)$$

onde:

$n, m$  : coeficientes inteiros e arbitrários;

$\Phi_{n,m}$  : combinação linear da fase da portadora, expressa por ciclos;

$\Phi_{L1}$  : fase medida da portadora  $L_1$ ; e

$\Phi_{L2}$  : fase medida da portadora  $L_2$ .

### Combinação Linear *Wide Lane*

A combinação linear *Wide Lane* é definida quando  $n = 1$  e  $m = -1$ , resultando em:

$$\Phi_{LW} = \Phi_{L1} - \Phi_{L2}, \quad (2.9)$$

sendo que  $\Phi_{LW}$  representa a fase resultante da combinação linear *Wide Lane* com um comprimento de onda de 86,2 cm. A principal vantagem desta técnica, comparada com a

<sup>4</sup> Citado por HOFMANN-WELLENHOF et al.;(1994).

<sup>5</sup> Citado por SANTOS (1995).

original, é a possibilidade de determinar as ambigüidades mais facilmente, com um comprimento de onda 4 vezes maior que os das observações originais. Tem como desvantagem a elevação do nível do ruído em cerca de 6 vezes quando comparada com o da portadora  $L_1$ . É recomendada para a obtenção das coordenadas em bases longas (maiores que 30 quilômetros).

### **Combinação Linear *Narrow Lane***

A combinação linear *Narrow Lane* é definida quando  $n = 1$  e  $m = 1$ , resultando em:

$$\Phi_{LN} = \Phi_{L1} + \Phi_{L2}, \quad (2.10)$$

sendo que  $\Phi_{LN}$  representa a fase resultante da combinação linear *Narrow Lane* com um comprimento de onda de 10,7 cm. Tem a vantagem de possuir o nível de ruído mais baixo de todas as combinações, porém, tem como desvantagem, a difícil solução das ambigüidades. Esta técnica é mais utilizada em bases curtas.

### **Combinação Linear Livre do Atraso Ionosférico (*ionosphere-free*)**

A combinação linear livre do atraso Ionosférico ( $L_C$ ) ou ( $L_3$ ) (HOFMANN-WELLENHOF et al., 1994) é definida quando:

$$n = 1; e$$

$$m = -f_{L2}/f_{L1},$$

resultando em :

$$\Phi_{LC} = \Phi_{L1} - (f_{L1}/f_{L2}) \Phi_{L2}, \quad (2.11)$$

onde:

$\Phi_{LC}$  : fase resultante da combinação linear livre do atraso ionosférico;

$f_{L1}$  : frequência da fase  $L_1$ ;

$f_{L2}$  : frequência da fase  $L_2$ .

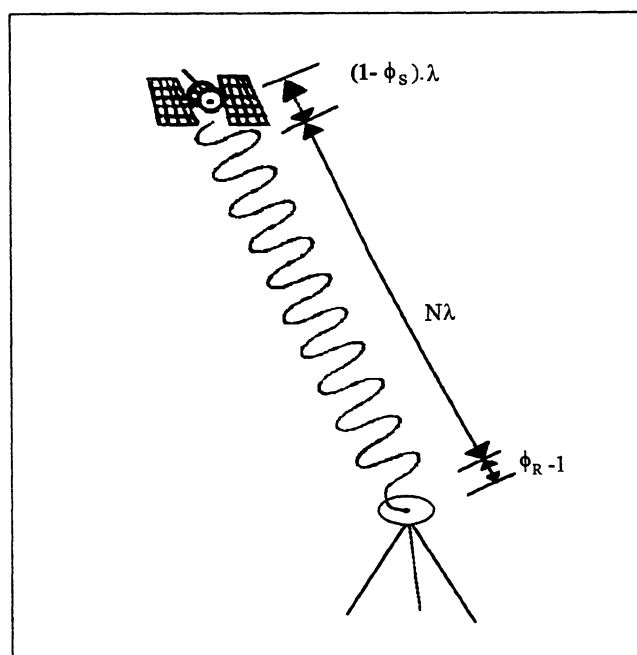
A fase resultante da combinação linear livre do Efeito Ionosférico tem um comprimento de onda de 5,4 cm (WÜBBENA, 1991). Sua principal vantagem é não sofrer influências ionosféricas, porém, possui como desvantagem o fato de não fornecer as ambigüidades inteiras e não ser adequada para fornecer soluções muito precisas. Pode-se

observar em WÜBBENA (1991) a existência de outras combinações lineares (por exe:  $L_{12}$ ,  $L_{43}$ ,  $L_{54}$  e outros) que podem ser utilizadas na resolução das ambigüidades.

## 2.4 – DETERMINAÇÃO DAS AMBIGÜIDADES

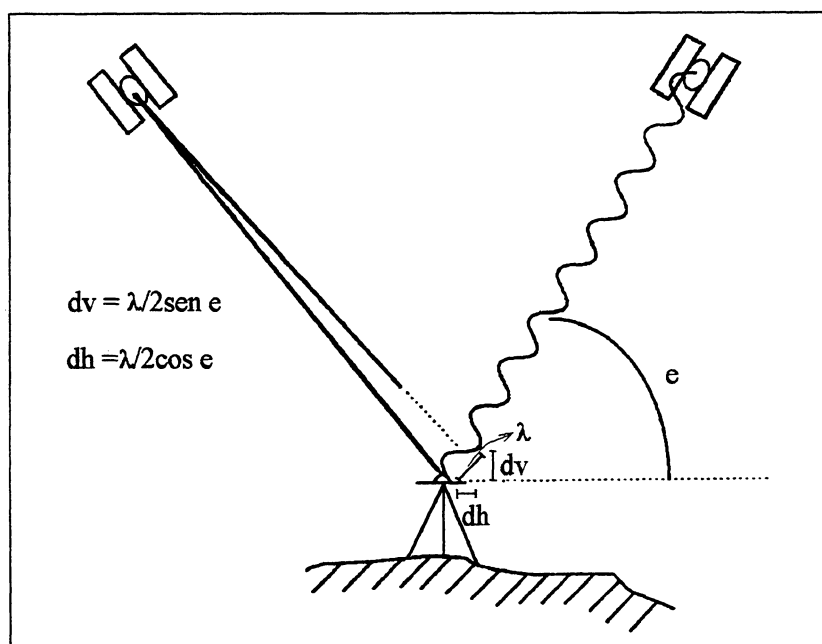
O termo *ambigüidade* é usado para representar o número inteiro (inicialmente desconhecido) de ciclos, entre as antenas do satélite e do receptor, sendo que haverá uma ambigüidade para cada satélite rastreado, em cada receptor. Para que se determine as ambigüidades, esta deve ser resolvida em 3 ocasiões: no começo de cada sessão de rastreio, quando do surgimento de um novo satélite e quando da ocorrência de um salto de ciclo (*cycle-slip*). Na Figura 2.10, observa-se a fase da portadora ( $\phi_s$ ) no satélite e a fase da portadora ( $\phi_R$ ) no receptor. Os receptores medem a parte fracionária da portadora e efetuam a contagem do número de ciclos recebidos por eles, resultando numa medida cumulativa, que será estimada no ajustamento com outros parâmetros. Desta medida encontra-se o número total de ciclos num determinado instante a qual permitirá o cálculo do vetor receptor-satélite.

FIGURA 2.10 - Representação da obtenção da ambigüidade (N).  
(Fonte: Adaptada de ANDRADE, 1988)



Várias estratégias são propostas para a resolução das ambigüidades, pois, esta resolução que é a responsável por conduzir a obtenção de posição com alta precisão. Para determinar os valores das ambigüidades, necessita-se de critérios que determinem qual o valor inteiro que será o mais correto (TEUNISSEN, 1995). Os valores estimados das ambigüidades são números fracionários, que poderão ser fixados como inteiros se o erro relativo na direção satélite-receptor for menor que meio ciclo (BLITZKOW, 1995). A Figura 2.11 mostra para o caso de uma única observação, o desvio no posicionamento devido ao erro de fração de ciclo no valor da ambigüidade da fase. Com uma elevação do satélite de  $e \geq 15^\circ$  e considerando o respectivo comprimento de onda  $\lambda$ , obtém-se um desvio horizontal de  $dh$  e um desvio vertical de  $dv$ . A intersecção dos vetores de vários satélites com uma imprecisão de fração de ciclo possibilita a obtenção, após algum tempo, de um elipsóide de erro com um raio médio representando a precisão do posicionamento (ANTUNES, 1997).

FIGURA 2.11 - Desvio no posicionamento devido ao erro de fração de ciclo no valor da ambigüidade inicial da fase.  
(Fonte: Adaptada de ANTUNES, 1997)



As estratégias para resolução das ambigüidades podem ser aplicadas em qualquer modalidade de posicionamento, quer estático ou cinemático, sendo que no método estático



o mais comum é a utilização do ajustamento por mínimos quadrados e nos métodos cinemáticos as técnicas OTF (*on the fly*) onde há necessidade de se recuperar os ciclos e ou resolver a ambigüidade durante o deslocamento da antena.

Já foram visto nos capítulos anteriores, a Tripla Diferença de Fase e as Combinações Lineares (*Wide Lane* e *Narrow Lane*) como sendo algumas técnicas que auxiliam na resolução das ambigüidades. A seguir, serão abordados os métodos de solução das ambigüidades.

**Geométrico:** baseia-se na modificação da geometria dos satélites com relação ao receptor em função do tempo (a constelação GPS se modifica com o passar do tempo). Observando o satélite durante um período longo e mantendo-se uma contagem contínua durante o rastreo, a ambigüidade inicial não muda. Por outro lado, utilizando o Efeito Doppler, pode-se calcular as coordenadas da estação. De posse destas coordenadas, calcula-se a distância satélite-receptor e compara-se com a distância observada (evada da ambigüidade). Da comparação, deriva-se diretamente a ambigüidade. Com a determinação do valor da ambigüidade e a aplicação da equação (2.4), obtém-se uma precisão melhor para o posicionamento. Por depender da modificação da geometria dos satélites, esta técnica é apropriada para levantamentos estáticos, onde há longos períodos de observação, não sendo apropriado para o levantamento cinemático. As vantagens da aplicação deste método consistem em uma modelagem simples, a utilização de poucos satélites e o emprego em distâncias curtas a longas. Em contrapartida, apresenta como desvantagens a necessidade de longo período de observações, ser influenciado pela não-modelagem dos efeitos sistemáticos, como o ionosférico, o troposférico e a órbita dos satélites, e é sensível à não-recuperação das perdas de sinal (BLITZKOW, 1995).

**Combinação do código e da fase da portadora:** vale-se do caráter ambíguo das medidas da fase do código como comprimento de ondas adicionais para resolver as ambigüidades da fase da portadora, uma vez que sua estrutura é conhecida (BLITZKOW, 1995). Utiliza-se da diferença das equações (2.1) e (2.4) que é expresso pela equação (2.12) (SEEBER, 1993):

$$PR_{CR} - PR_{CD} = \lambda N + dT_A + d\epsilon, \quad (2.12)$$

onde o termo  $dT_A$  contém os atrasos da propagação dos diferentes desvios de ambos os tipos de sinal (fase e código) ocorrido nos *hardwares* dos satélites e receptores e em particular ao efeito devido o multicaminho. Existe muitas vantagens quando se aplica dados de dupla frequência devido às várias possibilidades de combinações lineares que podem ser formadas (HOFMANN-WELLENHOF et al., 1994). Esta técnica não depende da geometria dos satélites, do efeito de propagação do sinal na atmosfera e do efeito de não-sincronismo dos relógios dos receptores e dos satélites. Em contrapartida, devem ser considerados a diferença entre os efeitos do multicaminho gerados pelos sinais e pela influência do tempo de retardo do *hardware* para os satélites e receptores, as ambigüidades da fase da portadora e os efeitos ionosféricos. Esta técnica pode ser usada para bases longas e muito longas (SEEBER, 1993). É também apropriada para a resolução instantânea das ambigüidades em aplicações cinemáticas (HATCH, 1990).<sup>6</sup>

**Métodos Combinados** - Este método baseia-se na combinação de todas as possibilidades mencionadas anteriormente, podendo-se ainda adicionar outras técnicas, as quais podem fornecer melhores resultados. A idéia básica é que a cada ambigüidade fixada há uma melhora e estabilização da solução para o próximo passo de iteração.

**Método de procura das ambigüidades** - Consiste na procura da combinação linear ótima, sendo que o algoritmo de procura inicia a busca utilizando ambigüidades obtidas por uma solução flutuante. Com as técnicas de otimização, são obtidas as ambigüidades inteiras. Apresenta como desvantagem a sensibilidade aos erros sistemáticos e de requerer a observação do máximo número de satélites disponíveis.

É um método que tem estado em contínuo desenvolvimento e foi descrito por diferentes autores, entre eles MADER (1990), REMONDI (1985 e 1990), WÜBBENA (1988 e 1989) e FREI (1990) (citado por KRUEGER, 1996). Baseia-se, normalmente, no método dos mínimos quadrados e na função de mapeamento da ambigüidade. Na literatura

<sup>6</sup> Citado por HOFMANN-WELLENHOF et al. (1994).

verifica-se a existência de outros métodos como o método de probabilidade máxima, o FARA e o LAMBDA (citado por KRUEGER, 1996).

Em casos de receptores em movimento (levantamentos cinemáticos), uma perda momentânea de sintonia entre receptor e satélite, pode ocasionar um *cycle-slip*, então haverá a necessidade de se recuperar as ambigüidades durante o movimento da antena. Neste caso, as técnicas de resolução das ambigüidades são chamadas de OTW (*on the way*) ou OTR (*on the run*) (SEEBER, 1993), sendo mais conhecida como OTF (*on the fly*) (KRUEGER, 1996).

Diversas técnicas têm sido propostas para a resolução OTF. Essas incluem por exemplo:

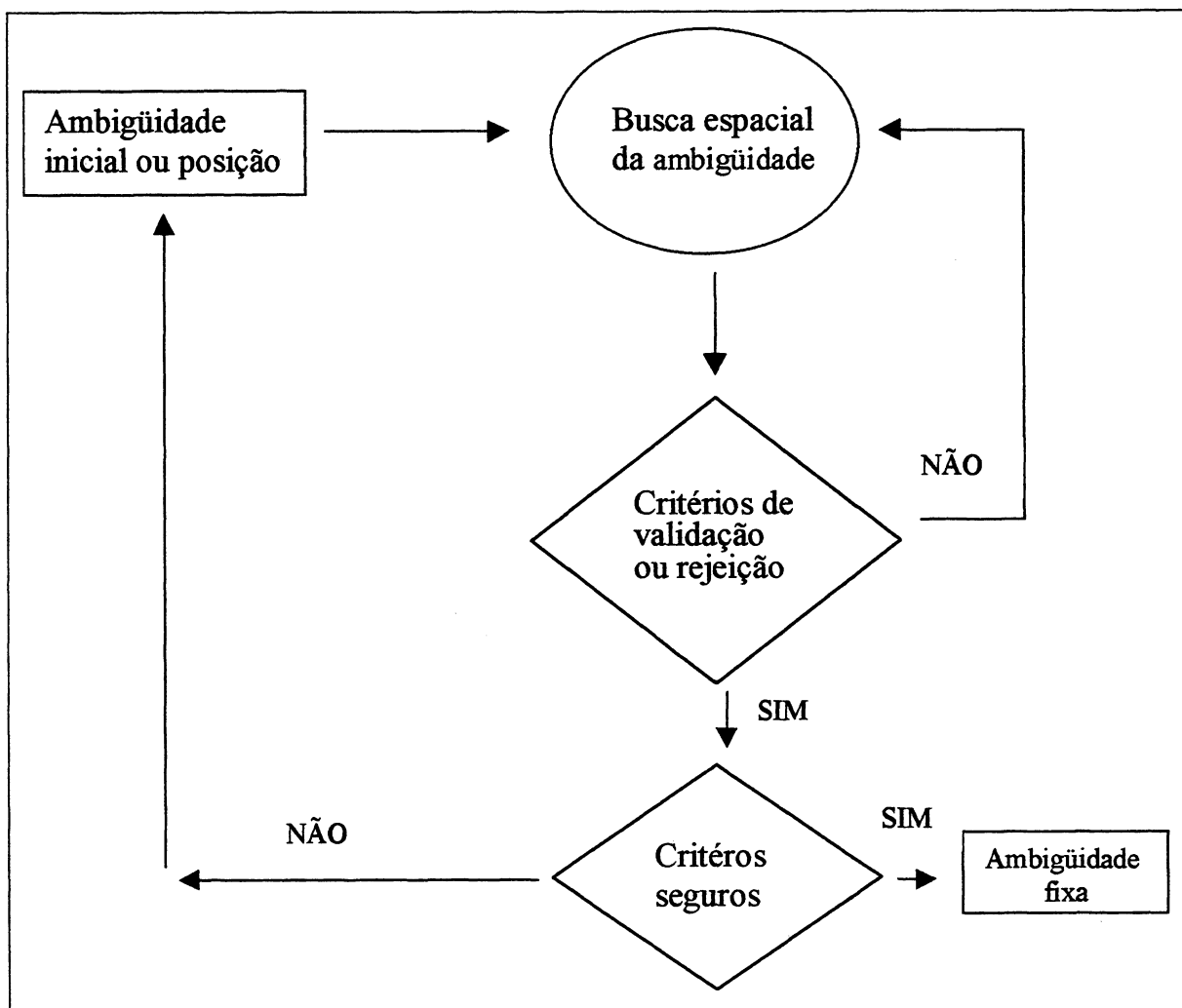
a) *Extra-Wide-Laning* proposta por WÜBBENA (1989) podendo ser utilizada para posicionamento estático e cinemático (SEEBER e WÜBBENA, 1989);

b) Método dos Mínimos Quadrados, por MADER (1990), e REMONDI (1990), o qual se utiliza dos resíduos das observações para medir a discordância entre as medidas e isolar a ambigüidade correta daquelas erradas.

Em geral, as várias técnicas OTF oferecem uma maior ou menor semelhança de estratégia para a resolução das ambigüidades. Estas estratégias estão representadas na Figura (2.12) (ABIDIN, 1993). Nesta, o desempenho da resolução das ambigüidades consiste em testar muitas combinações de grupos de ambigüidades ou posições representativas dentro de um certo espaço predeterminado. A busca espacial está usualmente centrada para uma certa estimativa inicial de um grupo de ambigüidades ou de posições, e ela poderá ser qualquer espaço matemático (definido no domínio das ambigüidades) ou espaço físico (definido no domínio de posições). O processo de busca por ambigüidades inteiras tem seu desempenho testado aplicando certos critérios de validação e rejeição para as ambigüidades ou posições. Quando certos critérios seguros são cumpridos, este processo é terminado e as ambigüidades são fixadas.

Para maiores detalhes sobre essas técnicas consultar SEEBER (1993), HOFMANN-WELLENHOF et al., (1994), LEICK (1995), ABIDIN (1994).

FIGURA 2.12 – Estratégia geral da resolução da ambigüidade OTF.  
(Fonte: Adaptada de ABIDIN, 1994)



## 2.5 – TÉCNICAS DE SEGURANÇA E ERROS DO SISTEMA

Existem vários erros que afetam as observações GPS provocando imprecisões na obtenção das coordenadas. A obtenção de melhores resultados no posicionamento GPS depende do modelamento dos erros existentes no sistema, portanto, deve-se conhecê-los, eliminá-los ou minimizá-los. Erros de diversas naturezas são relatados a seguir.

### 2.5.1 – TÉCNICAS DE SEGURANÇA

Os usuários do GPS, apesar de contarem com a constelação completa foram afetados diretamente pela política de segurança americana. Esta, se constitui na introdução de técnicas de segurança denominadas: SA (*Selective Availability*) e AS (*Anti Spoofing*).

**Disponibilidade Seletiva (SA - *Selective Availability*):** é uma técnica de degradação do sinal dos satélites (KRUEGER, 1996), realizada através das técnicas:

*Dither* ( $\delta$ ) que manipula a frequência dos relógios dos satélites;

*Épsilon* ( $\epsilon$ ) que manipula os dados das efemérides.

No posicionamento relativo a maior parte deste efeito é eliminada.

**AS - (*Anti-Spoofing*):** também é uma técnica de segurança que consiste na codificação do código Preciso (P) sobre as duas fases da portadora ( $L_1$  e  $L_2$ ) transformando-o em um código secreto (Y). Essa técnica limita a precisão obtida pelos usuários do sistema. Verifica-se para os usuários do SPS (para o código C/A) que, com as técnicas AS e SA ativadas, obtém-se uma precisão em torno de 100 m e com a SA desativada, a precisão aumenta para cerca de 40 m (SEEBER, 1993). Segundo KRUEGER (1996), desde 31/01/94, essa técnica encontra-se ativada.

### 2.5.2 – ERROS DO SISTEMA

**Erros dos relógios dos satélites.** Estes erros são da ordem de 1 ms decorrentes das derivas dos relógios dos satélites. Como as pseudodistâncias são calculadas a partir das medidas de tempo, esse erro tem caráter sistemático. Ele é praticamente eliminado pelo uso de um modelo polinomial de segundo grau que rege o comportamento dos relógios de cada satélite. Os coeficientes deste polinômio são transmitidos pelas mensagens de navegação dos satélites; com isto é possível manter a sincronização entre os relógios dos satélites e o tempo GPS na ordem de 20 a 30 ns (WELLS et al., 1986).

**Erro do relógio dos receptores.** Ocorre devido a deriva dos relógios dos receptores. Sua determinação e correção, introduz uma nova incógnita ( $dt$ ) a ser determinada juntamente com as coordenadas da estação. Desta forma, é necessário a observação de pelo menos quatro satélites. Outra forma de correção, é a modelagem dos

erros de cada relógio; isto implicaria num razoável grau de complexidade visto que seria necessário considerar o padrão de comportamento de cada relógio de cada receptor.

- **Erro devido à ionosfera.** A refração ionosférica depende da frequência do sinal, da localização geográfica do usuário e do tempo. Ao cruzar a atmosfera os sinais sofrem alterações na velocidade de propagação. Essa alteração ocorre no sentido de que as medidas de código são retardadas, acarretando pseudodistâncias maiores que a distância geométrica e as medidas de fase da portadora são aceleradas, da mesma quantidade, (HOFMANN-WELLENHOF et al., 1994). Estes erros estão presentes na pseudodistância calculada e podem variar de 1 m a 100 m (WELLS et al., 1986). A combinação das frequências  $L_1$  e  $L_2$  faz com que sejam eliminados os efeitos da ionosfera (seção 2.3) (ANDRADE, 1994). Por esta razão, para aplicações de alta precisão ou posicionamento relativo de bases longas, receptores de duas frequências devem ser preferidos.

**Erros devido à troposfera.** Os sinais GPS ao cruzarem à troposfera cuja espessura da camada alcança até 50 km, são reduzidos na sua velocidade de propagação. Com isso as pseudodistâncias sofrem um acréscimo em relação à distância geométrica. Pode-se dividir o efeito da troposfera em duas componentes: úmida e seca. A componente seca (pressão e temperatura) cuja representação corresponde à 90% do valor total do erro, pode ser modelada de forma precisa através de modelos matemáticos familiares (SASTAMOINEN, 1973 e HOPFIELD, 1971(citado por SEEGER, 1993)). A segunda, a componente úmida (pressão do vapor d'água), cuja representação do erro assume a ordem de 10 % do valor total, ainda não apresenta um modelo satisfatório (WELLS et al., 1986). Para bases curtas (até 50 km) o atraso pode ser reduzido ao se aplicar uma dupla diferença de fase, devido ao fato de que os sinais cruzam praticamente a mesma região da troposfera.

**Erro devido à imprecisão das órbitas.** Estes erros são devidos ao desvio existente entre a órbita verdadeira e a transmitida (*Broadcast Ephemerides*) (ver Figura 2.14) devido a degradação das efemérides com a introdução da técnica de segurança SA (MARTINS et al., 1996) (ver seção 2.5.1). Esse erro se decompõe em 3 componentes: radial, transversal e normal à órbita respectivamente. A componente radial é a que atua diretamente sobre a determinação da distância, sendo mais expressiva para o posicionamento absoluto (KRUEGER, 1996). Para um posicionamento relativo com estações não muito distantes entre si, grande parte do erro é eliminado pela DDF. O efeito do erro orbital é dado por (SEEGER, 1993):

$$\frac{dB}{B} = \frac{dr}{r} \quad (2.13)$$

onde:

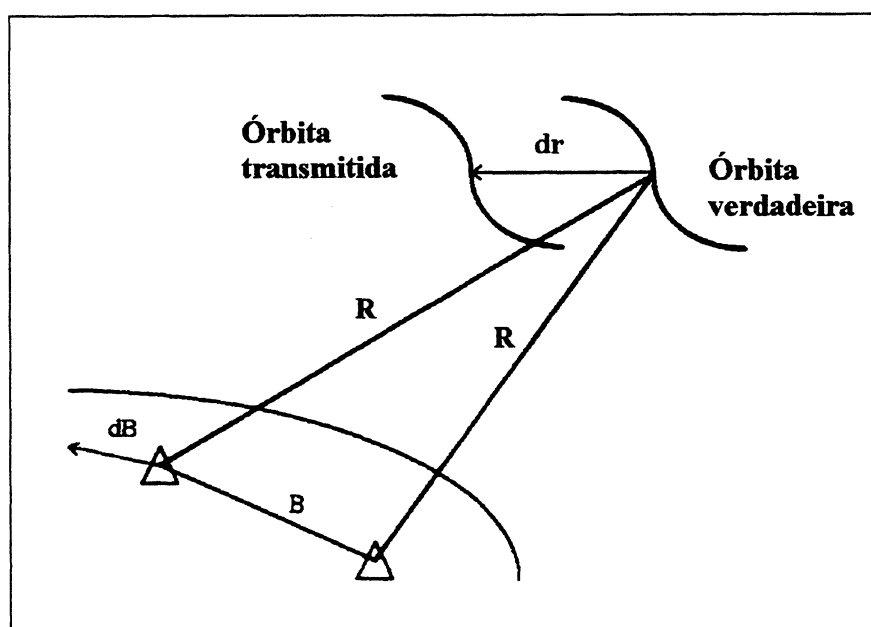
$B$  : comprimento da linha base;

$dB$  : erro propagado na linha base;

$r$  : distância receptor-satélite (pseudodistância avaliada); e

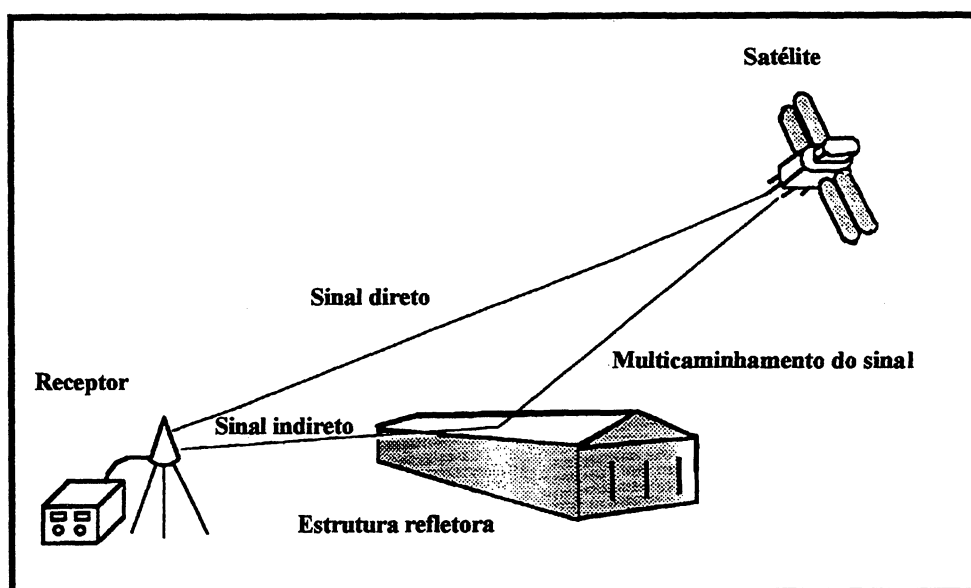
$dr$  : erro na posição do satélite.

FIGURA 2.14 - Efeito da imprecisão das órbitas GPS no comprimento da linha de base.  
(Fonte: Adaptado de MARTINS et al., 1996)



**Erro devido ao efeito de multicaminho (*multipath*) do sinal.** Este erro é o resultado da reflexão indesejada do sinal por obstáculos próximos à antena receptora (Figura 2.15), ocorrendo a superposição dos sinais e, conseqüentemente, uma modificação da fase original. Este erro é duas vezes maior no código P que na portadora (SEEBER, 1993). Em situações mais desfavoráveis, a ocorrência de multicaminho pode gerar perda de sintonia do sinal e *cycle-slips*. Há modelos matemáticos que permitem estimar esse efeito, desenvolvidos por GEODIADOU e KLEUSBERG (1988). Entretanto, medidas preventivas visando a sua minimização podem ser tomadas como o uso de antenas dotadas de planos de terra e a escolha de locais convenientes, evitando locais com estruturas refletoras.

FIGURA 2.15 - Efeito de multicaminho.  
(Fonte: Adaptada de WELLS et al., 1986)



**Erro devido a variação do centro de fase da antena.** Este erro consiste na diferença que existe entre o centro mecânico da antena e o seu centro eletromagnético (KRUEGER, 1996). A discrepância varia com a intensidade e direção dos sinais e é diferente para a portadora  $L_1$  e  $L_2$  (MONICO, 1997). Entre antenas de diferentes fabricantes este erro pode atingir alguns centímetros. Para posicionamentos relativos com antenas diferentes, é aconselhável realizar uma calibragem das mesmas proporcionando a estimativa das correções para cada tipo de antena empregada. Se as antenas forem construídas pela mesma empresa e se estão igualmente orientadas, pode-se considerar esse erro como eliminado (KRUEGER, 1996).

**Erro devido ao ruído das observações.** Conforme visto na seção (2.3), este erro é considerado, em geral, igual a 1% do comprimento da onda do sinal enviado (KRUEGER, 1996). Logo, será um valor maior para as observações com código do que para as observações com fase portadora. Os receptores modernos trazem internamente filtros que minimizam este erro (SEEBER, 1993). Para maiores detalhes consultar SEEBER (1993), KRUEGER (1994/1996), HOFMANN-WELLENHOF et al.,(1994).



**DOP – (Dilution Of Precision)** - A precisão da posição determinada usando GPS, depende da precisão da medição da distância satélite-receptor e da configuração geométrica dos satélites (WELLS et al., 1986).

**UERE - (User Equivalent Range Error)** representa o efeito conjunto da incerteza das efemérides, dos erros de sincronização dos relógios do satélite e do receptor, dos efeitos na propagação do sinal (ionosfera, troposfera e reflexão) e eventual ruído do receptor. UERE sozinho não representa o erro final da medida, pois, ainda deve-se computar o efeito causado pela configuração geométrica dos satélites. DOP é um número que indica a melhor ou pior distribuição geométrica dos satélites acima do horizonte e é expresso pelas equações a seguir:

$$\sigma = \text{DOP} \times \sigma_0 \quad \text{ou} \quad \sigma = \text{DOP} \times \text{UERE} \quad (2.14)$$

onde:

$\sigma_0$  : desvio padrão da observação;

$\sigma$  : desvio padrão associado ao posicionamento; e

DOP : é um escalar que representa a relação entre  $\sigma_0$  e  $\sigma$ .

A partir do DOP, derivam-se outros, como por exemplo:

VDOP : diluição da precisão vertical;

HDOP : diluição da precisão horizontal;

TDOP : diluição da precisão para o tempo;

PDOP : diluição da precisão para o posicionamento tridimensional; e

GDOP : diluição da precisão tridimensional e tempo.

onde:

$$\sigma_h = \text{VDOP} \times \sigma_0 : \text{precisão da posição vertical;} \quad (2.15)$$

$$\sigma_{\phi,\gamma} = \text{HDOP} \times \sigma_0 : \text{precisão da posição horizontal;} \quad (2.16)$$

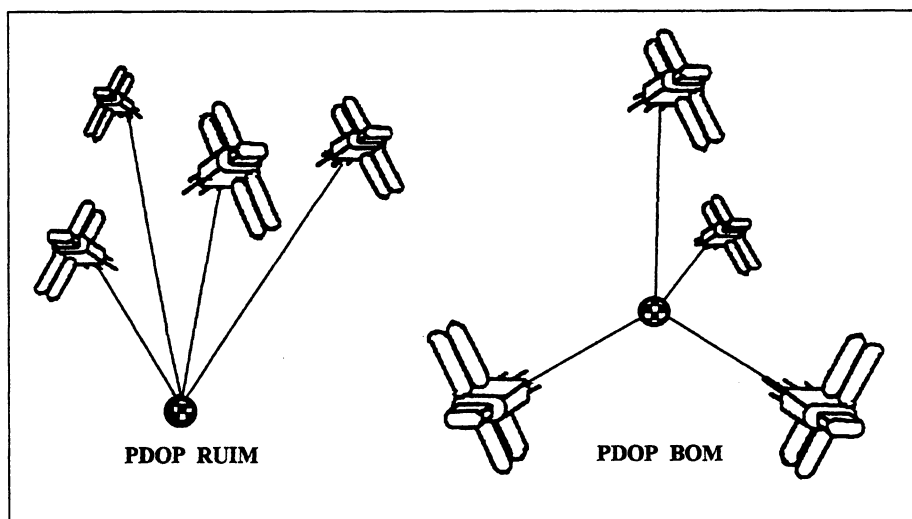
$$\sigma_{\phi,\gamma,h} = \text{PDOP} \times \sigma_0 : \text{precisão tridimensional;} \quad (2.17)$$

$$\sigma_T = \text{TDOP} \times \sigma_0 : \text{precisão para o tempo;} \quad (2.18)$$

$$\sigma_{\phi,\gamma,h,T} = \text{GDOP} \times \sigma_0 : \text{precisão para posição tridimensional e tempo.} \quad (2.19)$$

O fator PDOP é o mais utilizado. Assim, com uma geometria favorável, ou seja uma melhor distribuição dos satélites acima do horizonte, maior será o volume do tetraedro e, conseqüentemente, menor o valor PDOP e vice-versa, conforme mostrado na Figura 2.16.

FIGURA 2.16 - Diluição da precisão.  
(Fonte: Adaptada de LACHAPELLE e CANNON, 1993)



O fator PDOP pode assumir valores que variam desde 1 até, teoricamente infinito. Os diversos DOPs podem ser calculadas a partir da raiz quadrada do traço da matriz variância-covariância dos parâmetros, assumindo-se a matriz dos pesos como unitária (SEEBER, 1993). Desta forma os diversos DOPs, podem ser expressos:

$$\text{GDOP} = (\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 + \sigma_t^2)^{1/2} \quad (2.20)$$

$$\text{PDOP} = (\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2)^{1/2} \quad (2.21)$$

$$\text{HDOP} = (\sigma_x^2 + \sigma_y^2)^{1/2} \quad (2.22)$$

$$\text{VDOP} = (\sigma_z^2)^{1/2} \quad (2.23)$$

$$\text{TDOP} = (\sigma_t^2)^{1/2} \quad (2.24)$$

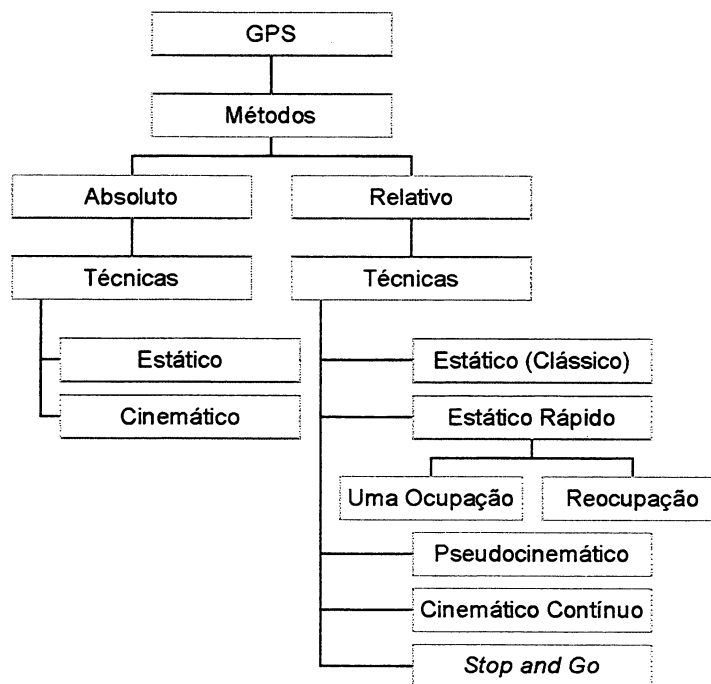
O GDOP pode ser calculado, também, pela expressão  $\text{GDOP} \cong \frac{1}{v}$  onde  $v$  representa o volume do tetraedro que possui como arestas os segmentos que ligam as extremidades dos vetores unitários direcionado do receptor a cada um dos 4 satélites. Pode-se verificar que, quanto maior o volume do tetraedro determinado pelas posições de quatro satélites, melhor será a geometria, ou seja, menor será a diluição de precisão do posicionamento (RODRIGUES, 1989).

### 3 – MÉTODOS DE POSICIONAMENTO

Com o surgimento do GPS, diversos usuários posicionavam pontos sobre a superfície terrestre utilizando o método absoluto. A precisão alcançada neste posicionamento, com o código  $P$  era de 10 m a 15 m. Com a implantação das técnicas de segurança (seção 2.5.1) a precisão passou a ser de 50 m a 100 m. Para as aplicações geodésicas tais precisões não eram satisfatórias, levando os usuários a recorrer ao posicionamento relativo, que possibilita a minimização dos efeitos nocivos atuantes no sistema (seção 2.5.2). Com o surgimento de novos campos de aplicação com o GPS e com a necessidade de diferentes precisões, desenvolveram-se diferentes técnicas de posicionamento relativo, as quais apresentam vantagens e limitações que serão abordadas na sequência. É de fundamental importância o conhecimento destes métodos e técnicas para sua correta aplicação. Também há necessidade de se realizar, em alguns casos, um rigoroso planejamento (por exemplo: conhecer o trajeto a ser percorrido, analisar os obstáculos existentes na área e a configuração geométrica favorável).

Na Figura 3.1, apresenta-se um organograma simplificado dos métodos e técnicas de posicionamento com o GPS.

FIGURA 3.1 - Organograma simplificado dos métodos e técnicas de posicionamento com o GPS



### 3.1 – MÉTODO ABSOLUTO

O método de posicionamento absoluto caracteriza-se por usar apenas um receptor (antena) para a coleta de dados (Figura 2.6). Seu princípio fundamental está baseado nas medidas das pseudodistâncias com o uso dos códigos ou das fases das portadoras. O modelo matemático utilizado é aquele expresso pela equação (2.1), quando da utilização do código ou pela equação (2.4), quando da utilização da fase da portadora.

Para o tratamento dos dados a pseudodistância deve ser corrigida dos erros de sincronismo entre os relógios do receptor e do satélite e dos erros referentes à atmosfera (ionosfera e troposfera). Neste procedimento, a geometria dos satélites exerce um papel importante, além do sincronismo dos relógios dos satélites e do receptor, que influem na precisão alcançada (SANTOS, 1990).

Na Tabela 3.1, pode-se observar a precisão que pode ser obtida com este posicionamento, com a utilização dos códigos (P e C/A), em função das técnicas de segurança (SA e AS - seção 2.5.1) e segundo o tipo de usuário (seção 2.1). Pode-se melhorar a precisão no posicionamento absoluto com um maior tempo de observação. Este tipo de posicionamento pode ser realizado no modo estático ou cinemático.

TABELA 3.1 - Precisão no posicionamento absoluto.  
(Fonte: Adaptada de SEEBER, 1993)

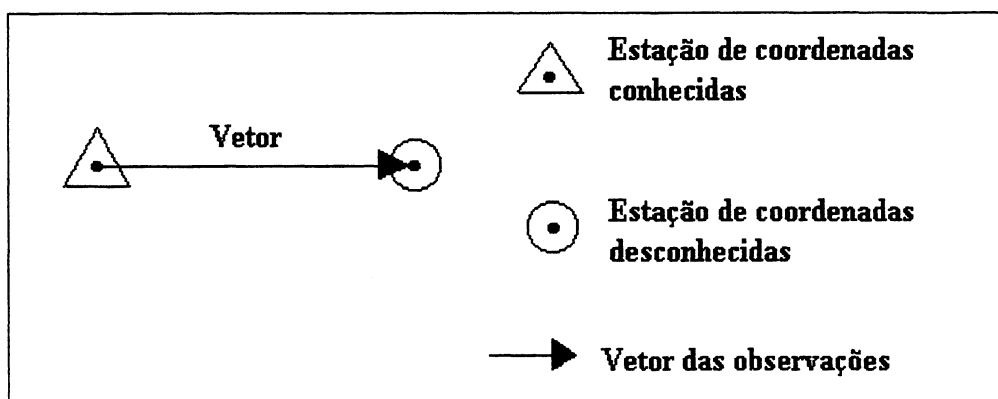
Técnicas de segurança		Usuários SPS		Usuários PPS	
SA	AS	C/A	P	C/A	P
Ativado	Ativado	100 m	-	40 m	20 m
Desativado	Ativado	40 m	-	40 m	20 m
Ativado	Desativado	100 m	95 m	40 m	20 m
Desativado	Desativado	40 m	20 m	40 m	20 m

### 3.2 – MÉTODO RELATIVO

O método de posicionamento relativo caracteriza-se por envolver dois ou mais receptores num levantamento, sendo que um deles permanece fixo em uma estação de coordenadas conhecidas e o(s) outro(s) ocupa(m) o(s) ponto(s) de interesse (estação de coordenadas desconhecidas), realizando observações simultâneas dos sinais dos satélites.

SANTOS (1997), mostra que no posicionamento relativo o que se obtém em primeira instância é um vetor que une o ponto de referência ao ponto a ser posicionado, podendo ser empregado nas técnicas de posicionamento estático e cinemático. A Figura 3.2 exemplifica este método.

FIGURA 3.2 - Ocupação dos receptores no posicionamento relativo.



Pode-se utilizar neste posicionamento diferentes tipos de observações, como o do código, da fase do código suavizado pela portadora e da fase da portadora.

Para este tipo de posicionamento, diferentes técnicas são empregadas para a modelagem da medida da fase da portadora: observações não-diferenciadas, simples, dupla e tripla diferença de fase, conforme as equações (2.5), (2.6) e (2.7). De acordo com KRUEGER (1996), estas técnicas conduzem a dois conceitos distintos:

1 - Estimação: trabalha-se com observações originais ou não-diferenciadas. As coordenadas da estação e todos os erros desconhecidos são explicitados nas equações de

observação e estimados no ajustamento. Apresenta uma formulação geral, porém consiste num sistema de equações complexas e com muitas incógnitas.

2 - Eliminação: trabalha-se com diferenças para diversas combinações e, assim, os erros são reduzidos ou eliminados. Apresenta a vantagem de conduzir a um sistema simplificado de equações no qual várias grandezas serão suprimidas.

Este método de posicionamento apresenta uma significativa redução de erros, especialmente do erro do relógio do satélite, das efemérides e da propagação do sinal na atmosfera.

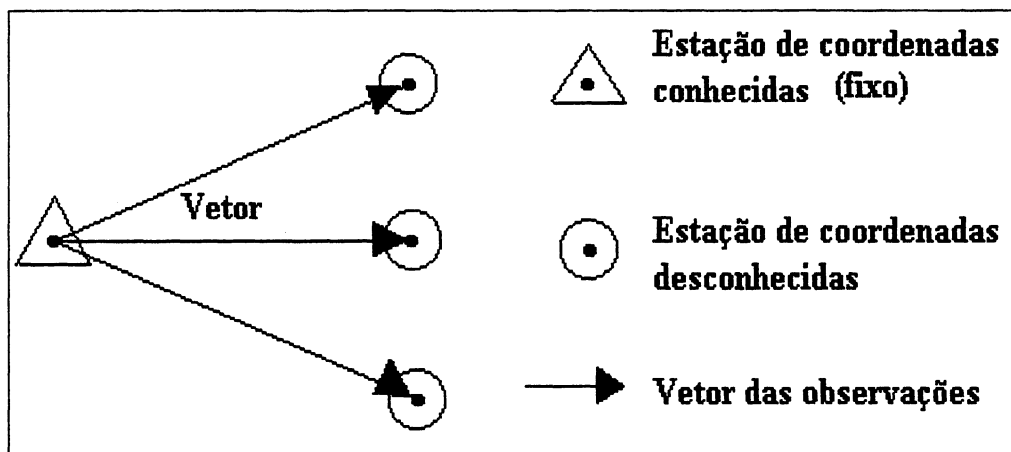
Para curtas distâncias (até 10 km) têm-se a vantagem de que o comportamento dos erros sistemáticos provenientes da imperfeição dos parâmetros orbitais e dos modelos matemáticos para a correção da refração atmosférica, afetam igualmente as duas estações, sendo portanto, eliminados ou atenuados. Porém, na medida em que os receptores se afastam, o processo de eliminação dos erros sistemáticos se deteriora em virtude da menor semelhança destes erros nas respectivas estações (SANTOS, 1990).

A seguir serão abordadas as técnicas do método de posicionamento relativo.

### **3.2.1 – TÉCNICA ESTÁTICO CLÁSSICO**

A técnica estático clássico caracteriza-se pelo emprego de receptores (antenas) GPS para a determinação da posição da estação quando não ocorre movimento próprio (desconsidera-se aqui, movimentos oriundos da geofísica como deslocamento de placas tectônicas, terremotos, etc). Neste tipo de posicionamento, dois ou mais receptores (antenas) fixos observam os satélites por um determinado período de tempo, sendo que um receptor ocupa uma estação de coordenadas conhecidas e o(s) outro(s) a estação ser(em) determinada(s), obtendo-se assim as componentes do(s) raio(s) vetor(es) entre as estações, conforme ilustra a Figura 3.3.

FIGURA 3.3 - Disposição dos receptores para ocupação das estações no posicionamento estático clássico ou estático rápido com uma ocupação.



Nesta técnica de posicionamento, tem-se a vantagem de se obter maior precisão e como desvantagem a realização de um menor número de pontos coletados num maior tempo de observação. É função da distância entre a estação de coordenadas conhecidas e a que se deseja determinar, conforme se observa na Tabela 3.2.

TABELA 3.2 – Recomendações para os métodos de posicionamento relativo estático clássico e estático rápido.  
(Fonte: Adaptado de KAHMEN, 1997)

Técnicas	Comprimento da linha de base	Duração do levantamento	Precisão ( $1\sigma$ ) Linha de base; Altitude ( $2\sigma$ )
Estático (posic..relativo) Fase da portadora/dupla frequência)	>10 km entre 20 e 40 km	> 1 h ( $\geq 4$ sv) 6 a 24 h ( $\geq 4$ sv)	1,5 a 5 mm + 0,01 a 1 ppm 1,5 a 5 mm + 0,01 a 1 ppm
Estático rápido Fase da portadora/dupla frequência	< 5 km > 15 km	5 a 8 min ( $\geq 5$ sv e $GDOP \leq 6$ ) 8 a 20 min ( $\geq 5$ sv e $GDOP \leq 6$ )	5 a 20 mm + 1 ppm 5 a 20 mm + 1 ppm

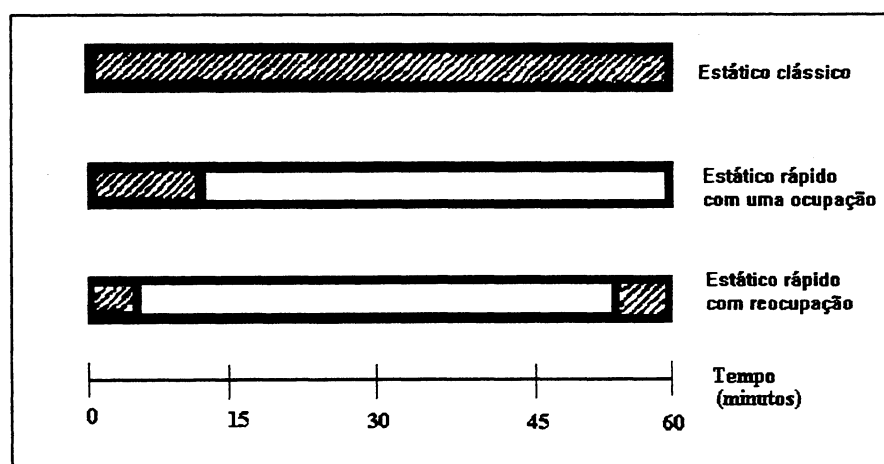
### 3.2.2 – TÉCNICA ESTÁTICO RÁPIDO COM UMA OCUPAÇÃO

Neste tipo de posicionamento, um receptor ocupa uma estação de coordenadas conhecidas e o outro ocupa a(s) estação(es) de interesse(s), uma única vez conforme

representado na Figura 3.3. O que se obtém é um vetor que liga a estação conhecida à estação desconhecida, sendo sua representação igual ao posicionamento estático clássico.

A técnica de posicionamento estático rápido, apresenta um tempo inferior de ocupação nas estações quando comparado com o tempo necessário para a aplicação da técnica de posicionamento estático clássico. Por exemplo: para o posicionamento de uma linha de base curta (< 10 km), com o primeiro pode-se observar em torno de 1 hora e para o segundo tipo de posicionamento, apenas 15 minutos. Verifica-se que há uma diferença de precisão, que conforme a aplicação, pode ser desprezível. A Figura 3.4 ilustra o tempo de ocupação para as técnicas: estático clássico, estático rápido com uma ocupação e estático rápido com reocupação.

FIGURA 3.4 - Representação do tempo de ocupação para as técnicas: estático clássico, estático rápido com uma ocupação e estático rápido com reocupação.  
(Fonte: Adaptada de SEEBER, 1993)



Segundo SEEBER (1993), este posicionamento requer técnicas de rápida resolução das ambigüidades (seção 2.4). Por exemplo: combinação do código/portadora para receptor de dupla frequência e código P, ou método de procura das ambigüidades com 6 ou mais satélites. Dependendo do tipo do receptor e da constelação de satélites visíveis, um tempo de 10 a 15 minutos de observação é suficiente para aplicação desta técnica. Esta técnica de posicionamento não necessita manter sintonia com o sinal do satélite durante o deslocamento, garantindo economia da memória do receptor e a conseqüente redução do volume de dados brutos coletados. Ressalta-se a importância da elaboração de um pré-



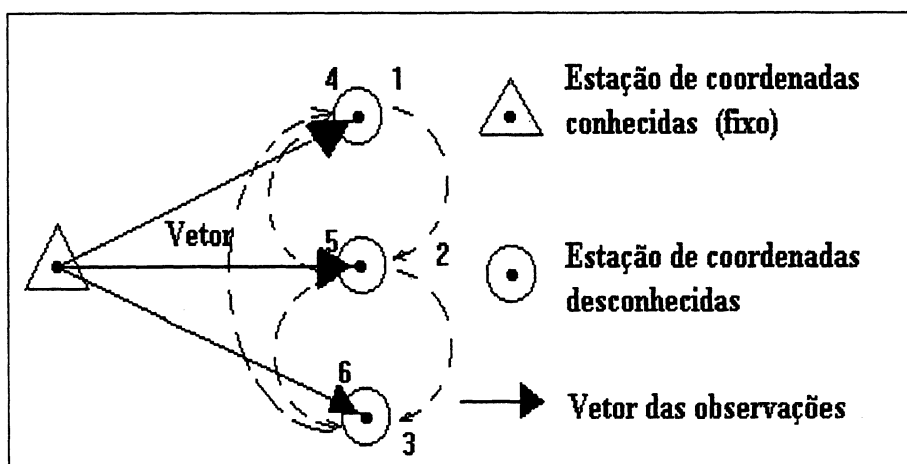
planejamento, uma vez que os resultados sofrem influência direta da constante modificação da geometria dos satélites.

### 3.2.3 – TÉCNICA ESTÁTICO RÁPIDO COM REOCUPAÇÃO

Como no posicionamento estático rápido com uma ocupação, esta técnica de posicionamento, apresenta a variante de que cada estação terá que ser reocupada, após um intervalo de 50 a 120 minutos (SEEBER, 1993) decorrido da primeira ocupação.

A Figura 3.5 ilustra esta técnica que consiste em: um receptor permanece fixo na estação de coordenadas conhecidas durante todo o levantamento. O segundo receptor (itinerante), ocupa cada estação de coordenadas desconhecidas (1 – 2 – 3) por poucos minutos (durante o deslocamento entre as estações o receptor itinerante é desligado). Após ter decorrido os 50 à 120 minutos da primeira ocupação, reocupa-se o mesmo circuito na seqüência (4 - 5 - 6).

FIGURA 3.5 -Posicionamento estático rápido com reocupação.



O tempo de observação por ocupação de cada estação é de 4 a 8 minutos (SEEBER, 1993). Esta técnica se utiliza da mudança da geometria dos satélites para a resolução das ambigüidades. Se houver uma perda de sinal (*cycle-slip*) durante uma observação, esta poderá ser fixada com DDF ou TDF. Bons resultados têm sido obtidos com algoritmos de função da ambigüidade (REMONDI, 1990, citado por SEEBER, 1993) (seção 2.4).

### 3.2.4 – TÉCNICA CINEMÁTICO CONTÍNUO

A técnica cinemático contínuo caracteriza-se pelo movimento do receptor (antena) GPS para a determinação de uma trajetória (coordenadas de pontos ao longo desta), e em alguns casos, da velocidade de plataformas móveis, tais como: veículos, embarcações e aeronaves.

Nesta técnica, utiliza-se a fase da portadora e/ou código, sendo importante o emprego de algoritmos de rápida resolução de ambigüidades e que incluam a capacidade de recuperar rapidamente as perdas de ciclos durante o movimento, normalmente utilizando-se as técnicas OTF ou OTW (ver seção 2.4).

Tem-se como vantagens, um menor tempo de exposição e um maior número de pontos coletados (a rigor, uma trajetória). Os levantamentos cinemáticos são mais produtivos, pois um grande número de pontos podem ser determinados em menor tempo. Desta forma, o método cinemático é mais apropriado para áreas desobstruídas, que conduzem a menores perdas dos sinais dos satélites. No método cinemático, obtém-se vetores que unem a estação fixa a estação móvel.

Nos primeiros levantamentos utilizando a técnica cinemático contínuo, era indispensável o emprego de alguns métodos de inicialização, como: a linha de base conhecida e o intercâmbio de antenas, face a disponibilidade dos algoritmos empregados na época para a obtenção da solução com a precisão almejada. Com o passar dos tempos, observa-se um grande desenvolvimento de *hardwares* e *softwares*, beneficiando este tipo de posicionamento. As técnicas de inicialização citadas anteriormente são descritas a seguir:

**a - Linha de base conhecida:** esta técnica proporciona a determinação de pontos de controle isolados que serão usados como uma linha de base inicial. Dessa forma, a linha de base conhecida deverá ter a precisão melhor que 5 cm. A distância entre os dois pontos, preferencialmente, tem que ser menor que 10 m. Coleta-se pelo menos 2 minutos de observações simultâneas nos 2 receptores no modo estático. Depois de se obter as observações suficientes, o receptor móvel está pronto para ser deslocado aos outros pontos.

A formulação matemática utilizada é a Dupla Diferença da Fase (DDF) (equação 2.6), coletada para um pequeno tempo de observação (desconsidera-se aqui os termos relativos aos efeitos ionosférico, troposférico e ruídos), isto é,

$$\nabla\Delta PR_{CR} = \nabla\Delta R + \lambda\nabla\Delta N \quad (3.1)$$

A medida da dupla diferença  $\nabla\Delta R$  pode ser calculada em virtude das coordenadas das estações e dos satélites serem conhecidas. Essa medida é subtraída das observações da fase da portadora, obtendo-se a ambigüidade:

$$\nabla\Delta N = (\nabla\Delta PR_{CR} - \nabla\Delta R)/\lambda \quad (3.2)$$

**b - Intercâmbio de antenas** - Esta técnica é usada para determinar o vetor inicial e os valores inteiros das ambigüidades ( $N$ ), consistindo no seguinte procedimento (Figura 3.6): inicialmente (a), um receptor/antena (referência) é colocado sobre uma estação de coordenadas conhecidas e o outro (itinerante) é colocado sobre uma estação de posição arbitrária. A distância entre as estações deve estar compreendida entre 5 a 10 m. Num primeiro momento ( $t_1$ ), coleta-se poucos minutos de informações simultâneas, e utiliza-se a equação da DDF (SEEBER, 1993).

$$\nabla\Delta PR_{CR}(t_1) = \nabla\Delta R(t_1) + \lambda\nabla\Delta N \quad (3.3)$$

Faz-se o intercâmbio das antenas (b), sem que se perca a sintonia de pelo menos 4 satélites e neste segundo momento ( $t_2$ ), coleta-se novas informações para uma segunda equação da DDF:

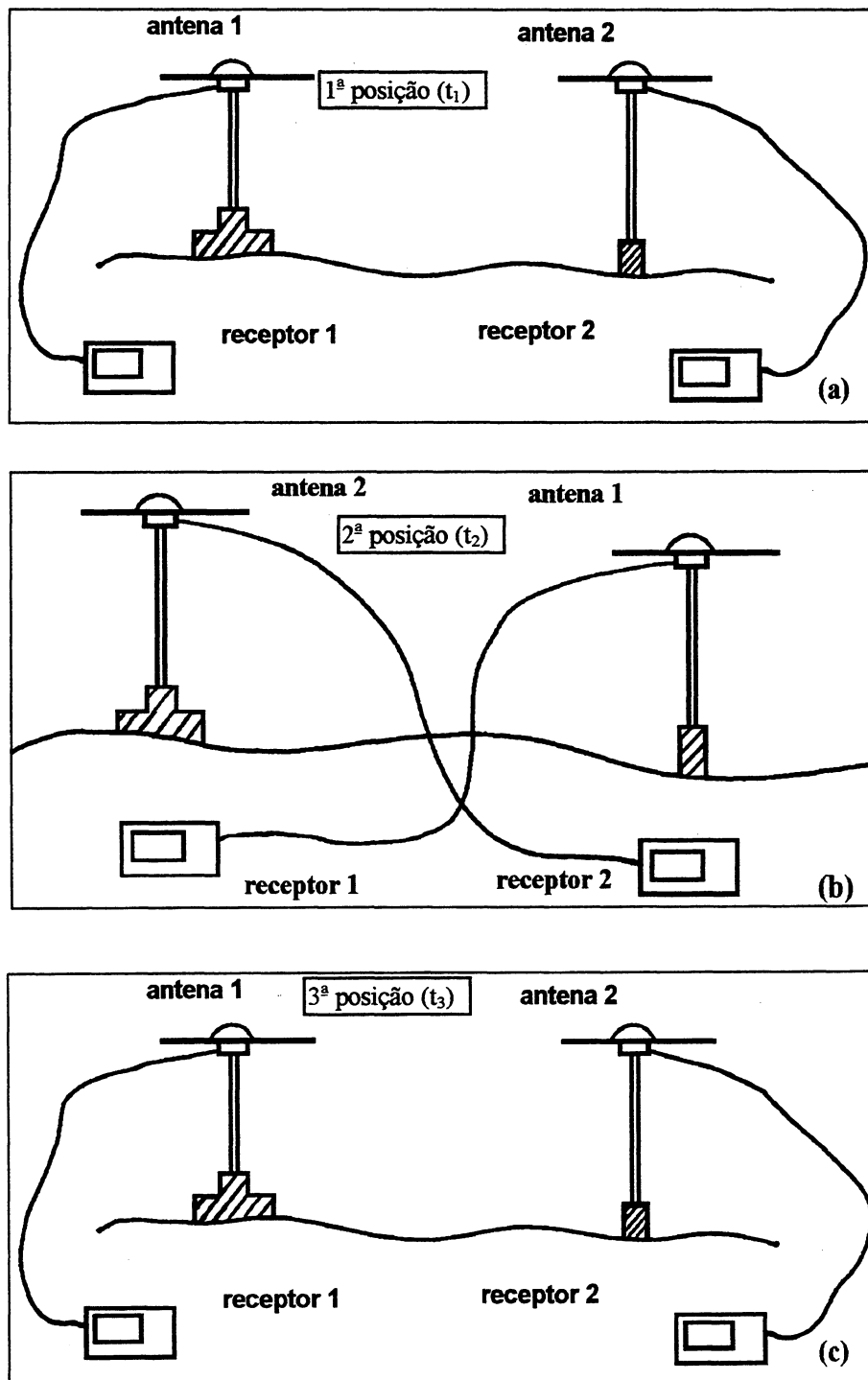
$$\nabla\Delta PR_{CR}(t_2) = -\nabla\Delta R(t_2) + \lambda\nabla\Delta N \quad (3.4)$$

A subtração das observações nas equações (3.3) e (3.4), elimina o termo da ambigüidade ( $\nabla\Delta N$ ) conforme equação (3.5) que tem como essência a TDF.

$$\nabla\Delta PR_{CR}(t_1) - \nabla\Delta PR_{CR}(t_2) = \nabla\Delta R(t_1) + \nabla\Delta R(t_2) \quad (3.5)$$

O procedimento poderia ter terminado aqui, mas em alguns pacotes de *softwares* há necessidade de se realizar a troca para a posição original (c). Então, o intercâmbio de antenas é novamente realizado para que se mantenha a posição original. Concluído o intercâmbio de antenas, as observações cinemáticas podem ser realizadas. Este método foi primeiramente descrito por REMONDI (1985).

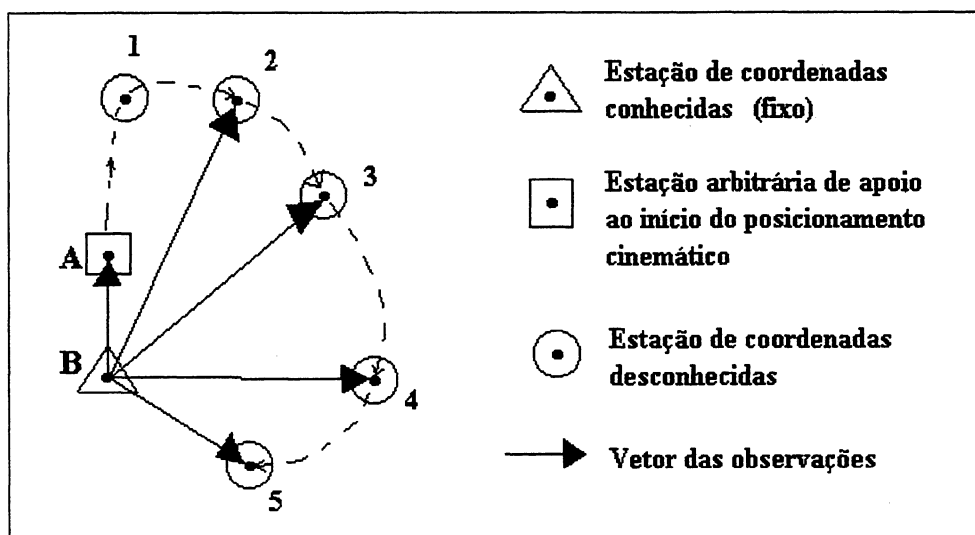
FIGURA 3.6 - Intercâmbio de antenas.



Na Figura 3.7, observa-se um posicionamento cinemático contínuo apresentando como técnica de inicialização a linha de base conhecida. A operacionalidade deste

posicionamento é dado por: dois receptores são colocados sobre duas estações, a estação B (estação de coordenadas conhecidas) e a estação A (estação arbitrária de apoio ao início do posicionamento cinemático). São coletados dados dos satélites por alguns minutos/segundos para que as ambigüidades iniciais sejam resolvidas. Os receptores necessitam manter sintonia de pelo menos quatro satélites com boa geometria, para que desse modo as ambigüidades resolvidas no início do rastreo se mantenham estáveis durante todo o levantamento. Após as ambigüidades serem resolvidas, o receptor instalado em A, move-se ao longo de uma trajetória planejada ocupando as estações desejadas na seqüência (1 - 2 - 3 - 4 - 5). Neste tipo de posicionamento não se deve desligar o receptor, pois a trajetória é de interesse. Porém, pode ocorrer perda de sinal, face o movimento das antenas, surgindo o problema de determinação da perda de ciclo ocorrido e, conseqüentemente, uma nova determinação da ambigüidade.

FIGURA 3.7 - Posicionamento cinemático contínuo.



### 3.2.5 – TÉCNICA *STOP AND GO*

A técnica *Stop and Go* também é conhecida na literatura como Semi-Cinemático ou Cinemático Interrompido. Esta técnica consiste em: um receptor (antena) é colocado sobre uma estação de coordenadas conhecidas e permanece fixo durante todo o levantamento; o outro receptor/antena (itinerante), após realizada a inicialização para a determinação das

ambigüidades, desloca-se e ocupa cada estação de interesse por poucos minutos (quando se tem mais de 5 satélites e uma boa geometria). A trajetória entre as estações, geralmente não é de interesse, contudo, é essencial que não se perca o sinal da fase durante o deslocamento da antena (receptor) para o mínimo de 4 satélites.

O problema fundamental desta técnica é determinar as ambigüidades da fase antes de começar o levantamento que pode ser conseguida com procedimentos de inicialização (citado em 3.2.4 - “a” e “b”).

A ambigüidade muda se a sintonia do sinal do satélite é perdida. Desta forma, faz-se necessário uma nova determinação através de alguma das técnicas de inicialização (seção 3.2.4) ou dos métodos de procura das ambigüidades (seção 2.4). O transporte do receptor/antena entre as estações, tem que ser bem feito, de maneira a evitar os obstáculos e manter a antena sempre nivelada. Realizar um bom planejamento, também é essencial para que se obtenha o melhor desempenho da técnica empregada.

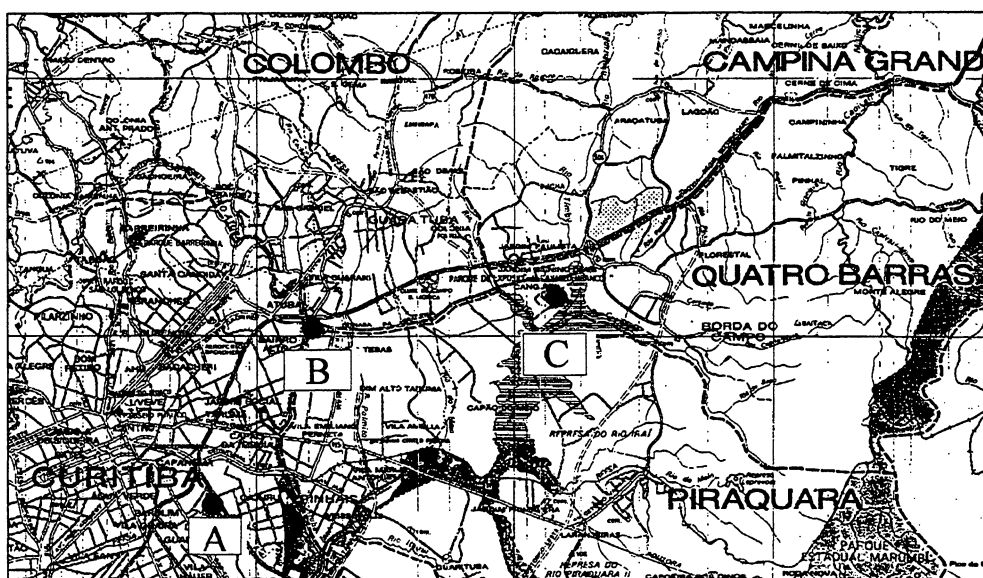
### **3.2.6 – TÉCNICA PSEUDOCINEMÁTICO**

A técnica pseudocinemático também é conhecido na literatura como Estático Intermitente. Segundo SANTOS (1997), esta técnica utiliza somente observações da fase das portadoras  $L_1$  ou  $L_1$  e  $L_2$ , sendo aplicada somente para bases curtas. A geometria dos satélites muda, resolvendo o problema das ambigüidades. Tem-se como vantagem a economia da memória do receptor em função da baixa coleta de dados brutos, e como desvantagem, ter o seu emprego somente para bases curtas. Esta técnica não exige nenhuma inicialização e assemelha-se à técnica estático rápido com reocupação (Figura 3.5), porém, distingue-se por manter a sintonia com os satélites durante o deslocamento do receptor/antena. Pode-se perder o sinal do satélite no transcurso, pois não há interesse na trajetória. A cada estação, é necessário que se faça duas ocupações, sendo que para cada uma delas deve-se rastrear pelo menos 5 minutos, com um intervalo para reocupação de pelo menos 55 minutos. Isto garante a mudança da geometria dos satélites necessários a execução deste posicionamento.

## 4 – LEVANTAMENTOS DE CAMPO

O presente trabalho desenvolveu-se em duas áreas distintas: Centro Politécnico (Curitiba) e na Fazenda Cangüiri (Quatro Barras), cujas localizações estão indicadas na Figura 4.1. Nestas áreas foram realizados levantamentos utilizando os métodos cinemáticos e estáticos de posicionamento por GPS, visando verificar e comparar as soluções obtidas com os diferentes métodos.

FIGURA 4.1 – Localização das áreas em estudo: Centro Politécnico e Fazenda Cangüiri.  
(Fonte: Mapa da região metropolitana de Curitiba (1992))



onde:

- A : Centro Politécnico (Jardim das Américas) – Curitiba;
- B : Atuba – Curitiba; e
- C : Fazenda Cangüiri – Quatro Barras.

### 4.1 – PLANEJAMENTO

Um planejamento para uma campanha GPS tem por objetivo auxiliar o usuário mediante avaliações e interpretações de dados expressos de forma clara em diagramas, gráficos e tabelas, como:

- diagrama de visibilidade e disponibilidade dos satélites GPS;
- gráficos e tabelas informativas de GDOP; e
- gráficos de obstruções.

Atualmente observam-se simultaneamente de 5 a 8 satélites acima do horizonte, em qualquer parte do mundo (KAHMEN, 1997). Este fato conduz, de forma geral, à favoráveis períodos de observações. Contudo, em função da localização da antena GPS sobre a superfície terrestre e das obstruções presentes a seu redor, pode-se obter períodos desfavoráveis de observações, ou seja, nos quais há uma elevação do valor do PDOP, ou pode-se contar com poucos satélites para observação.

Quando se almeja obter precisões nos levantamentos, principalmente nos de curto período de ocupação nos pontos, é indispensável a realização de um planejamento. Desta forma, evitar-se-á a necessidade de retornar ao campo visando refazer o levantamento. Os procedimentos que podem ser realizados antes do início dos levantamentos são citados a seguir:

- reconhecimento da área de trabalho;
- identificar as obstruções presentes no local;
- verificar a facilidade de acesso as estações a serem ocupadas;
- analisar se a memória disponível no receptor é suficiente para o levantamento sem uma descarga de dados;
- verificar a quantidade de baterias necessárias para o tempo do rastreo planejado;
- verificar a disponibilidade dos satélites para o momento do rastreo com o mínimo de 4, podendo chegar até 12 ;
- analisar a geometria dos satélites para o local e para o tempo de duração do rastreo;
- realizar um planejamento através de programas como o PRISM, verificando por exemplo, a disponibilidade de satélites e o PDOP para o tempo de duração do levantamento;
- instalar a antena GPS corretamente sobre o ponto (centrada, nivelada e orientada para o norte);



- medir corretamente a altura da antena, em diferentes posições e adotar a média aritmética das medidas;
- evitar o acesso de transeuntes próximo à antena durante o período de levantamento; e
- configurar no receptor todas as informações necessárias (data do rastreamento, altura da antena, seção, nome da estação e outros) para o posterior reconhecimento do ponto levantado.

## **4.2 - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS**

Foram utilizados para a realização destes trabalhos, os equipamentos pertencentes ao curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Departamento de Geomática, Setor de Ciências da Terra, UFPR, relacionados a seguir:

- dois receptores GPS (com todos os seus acessórios) Ashtech Z-XII;
- tripés;
- bases de nivelamento;
- mochila;
- microcomputador 486;
- impressora HP Deskjet; e
- programa PRISM com módulo PNAV; e
- programa RXPLOT.

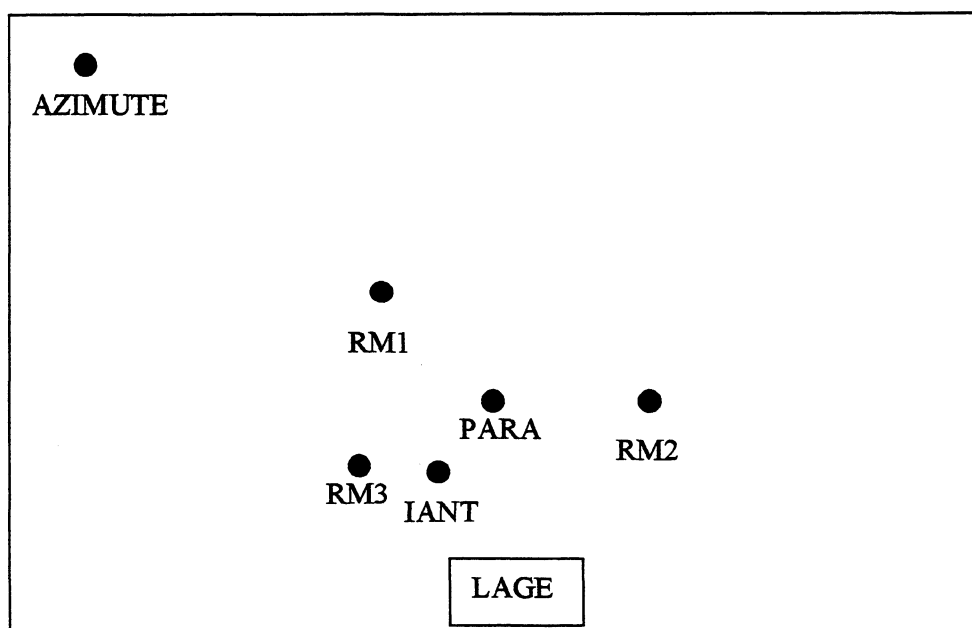
Para a realização destes trabalhos é de fundamental importância que se tenha disponível o planejamento para o dia e hora do rastreamento (ver seção 4.1) e uma caderneta de campo para anotar todas as informações necessárias durante o levantamento, visto que elas podem auxiliar no pós-processamento dos dados.

## 4.3 – CENTRO POLITÉCNICO

### 4.3.1 – DESCRIÇÃO DA ÁREA

Os primeiros levantamentos foram realizados na área contígua ao Laboratório de Geodésia Espacial (LAGE), no Campus do Centro Politécnico da UFPR, em Curitiba. Esta área é composta de 5 estações materializadas por marcos de concreto, chapeados e identificados como: RM1, RM2, RM3, AZIMUTE e PARA representados na Figura 4.2.

Figura 4.2 - Disposição das estações localizadas no Centro Politécnico



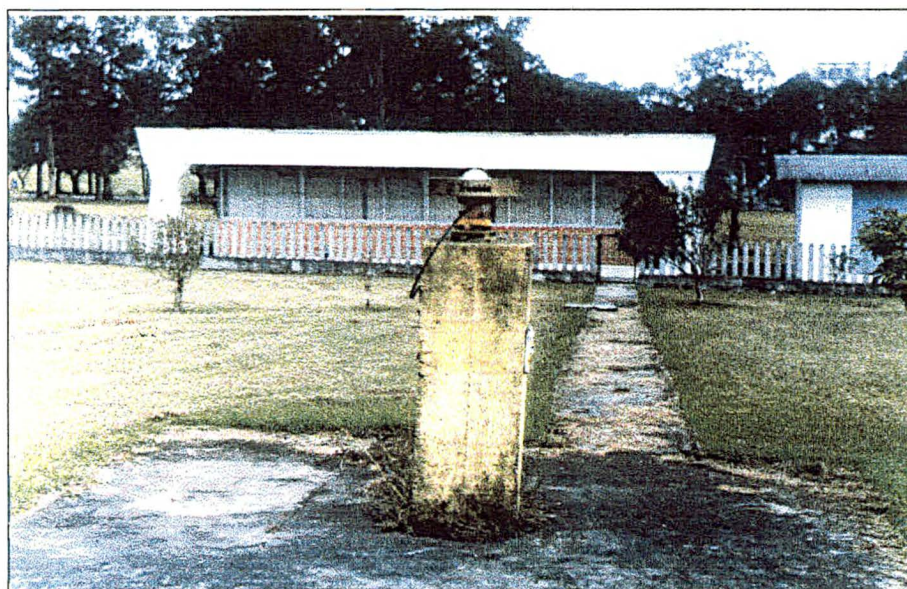
Na Figura 4.2, observa-se que as estações RM1, RM2 e RM3 são excêntricas em relação à estação 91.105 (PARA), pertencente à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC - IBGE). As estações PARA e RM3 fazem parte da Rede de Referência SIRGAS – Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul, cujas coordenadas finais têm precisão da ordem de  $\pm 5$  mm, configurando-se como uma das redes mais precisas do mundo (IBGE, 1998). Na tabela 4.1, observam-se as coordenadas destas estações.

TABELA 4.1 – Coordenadas das estações PARA e RM3 (SIRGAS).

ESTAÇÃO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE (m)
PARA	-25 <sup>0</sup> 26' 54",12910	49 <sup>0</sup> 13' 51",43680	925,759
RM3	-25 <sup>0</sup> 26' 54",56850	49 <sup>0</sup> 13' 52",21080	923,785

A Figura 4.3, mostra a estação PARA, com a sua antena GPS, recebendo os sinais dos satélites durante 24 horas por dia. Ela está livre de obstruções e objetos em suas imediações, minimizando os efeitos do multicaminho (seção 2.5.2).

FIGURA 4.3 – Estação PARA (frente) e o LAGE – Laboratório de Geodésia Espacial (fundo).



A área do Centro Politécnico escolhida para este estudo apresenta as seguintes características:

- está livre de obstruções (boa sintonia dos receptores com os satélites para alturas acima de 15<sup>0</sup> com o horizonte);
- não apresenta dificuldade no deslocamento para a ocupação dos pontos, cujas estações estão próximas umas das outras e a área apresenta uma topografia plana coberta por vegetação rasteira.

Foi fixado no solo, um piquete de madeira próximo à estação RM3, denominado IANT, o qual servirá de apoio aos levantamentos cinemáticos e estático rápido (Figura 4.2).

### 4.3.2 – TÉCNICAS DE LEVANTAMENTO

Na área do Centro Politécnico, conforme indicado na Figura 4.2, foram realizados diversos levantamentos GPS com diferentes técnicas (seção 3.2) que serão descritas a seguir e encontram-se resumidas na Tabela 4.2.

TABELA 4.2 – Levantamentos realizados no Centro Politécnico.

Levantamento	Inicialização	Estações utilizadas na inicialização	Seqüência do levantamento	Taxa de coleta de dados	Ângulo de elevação	PDOP
Stop and Go	Linha de base conhecida	RM3 IANT	RM3, RM1, RM2, AZIMUTE	1 s	15°	< 3
Stop and Go	Intercâmbio de antenas	RM3 IANT	RM3, RM1, RM2, AZIMUTE	1 s	15°	< 3
C. Contínuo	Linha de base conhecida	RM3 IANT	RM3, RM1, RM2, AZIMUTE	1 s	15°	< 3
C. Contínuo	Intercâmbio de antenas	RM3 IANT	RM3, RM1, RM2, AZIMUTE	1 s	15°	< 3
C. Contínuo	_____	_____	RM3, RM1, RM2, AZIMUTE	1 s	15°	< 3
Pseudocinemático	_____	_____	RM3, RM1, RM2, AZIMUTE	1 s	15°	< 3
Rápido estático	_____	_____	RM3, RM1, RM2, AZIMUTE	1 s, 5 s, 10 s, 15 s	15°	< 3
Rápido estático com recuperação	_____	_____	RM3, RM1, RM2, AZIMUTE	1 s, 5 s, 10 s, 15 s	15°	< 3
Estático clássico	_____	_____	RM1, RM2, AZIMUTE	15 s	15°	< 4

#### 4.3.2.1 - Técnica Estático Clássico

Nesta área, verificou-se que apenas as estações PARA e RM3 possuíam coordenadas bem determinadas na sistema WGS84 (*World Geodetic System*) (seção 4.3.1). As demais estações (RM1, RM2, AZIMUTE e IANT) foram posicionadas através do posicionamento relativo com a técnica de rastreamento estático clássico (seção 3.2.1). As estações PARA e RM3 foram utilizadas como estações base.

Foram realizados planejamentos conforme descritos na seção 4.1.

Foram empregados 2 receptores GPS Ashtech Z-XII e um receptor TRIMBLE (instalado na estação PARA-RBMC) com as suas respectivas antenas.

Nestes levantamentos utilizou-se uma taxa de coleta de dados de 15 s, ângulo de elevação (máscara) de  $15^{\circ}$  e a duração mínima do rastreamento de 2 horas.

#### **4.3.2.2 - Técnica Estático Rápido com uma ocupação**

O posicionamento destas estações com o emprego da técnica de rastreamento estático rápido com uma ocupação (seção 3.2.2) foi realizado através de 4 campanhas com taxa para coleta de dados de 15 segundos, 10 segundos, 5 segundos e 1 segundo. Foram empregados nestes rastreios os seguintes parâmetros:

- ângulo de elevação (máscara) de  $15^{\circ}$ ;
- PDOP abaixo de 3; e
- tempo de ocupação em cada estação de 10 minutos.

Realizou-se um planejamento (ver seção 4.1) e no levantamento destas estações utilizou-se como estação base o ponto IANT (Figura 4.2).

#### **4.3.2.3 - Técnica Estático Rápido com reocupação**

Foram realizadas 4 campanhas com diferentes taxas de coleta de dados, como descrito na seção 4.3.2.2 e foram utilizados os mesmos parâmetros da seção anterior, exceto no tempo de ocupação. Este, foi modificado para 5 minutos para a primeira ocupação e 5 minutos para a reocupação. Entre a primeira e a segunda ocupação decorreram 50 minutos. A estação IANT foi considerada como base de coordenadas conhecidas e as outras a determinar. Esta técnica está descrita na seção 3.2.3.

#### **4.3.2.4 – Técnica Cinemático Contínuo**

Foram realizadas 3 campanhas utilizando a técnica cinemático contínuo (seção 3.2.4), com diferentes técnicas de inicialização: linha de base conhecida, intercâmbio de antenas (ver seção 3.2.4 “a” e “b”) e sem inicialização. Os parâmetros empregados foram:

- taxa de coleta de dados de 1 s;

- ângulo de elevação de 15 graus;
- tempo de ocupação de 1 segundo.

No levantamento utilizando-se a técnica de inicialização linha de base conhecida (seção 3.2.4 “a”), foram ocupadas inicialmente as estações IANT e RM3, cujo período de observação foi igual a 10 minutos. Posteriormente a antena posicionada sobre a estação RM3 passa a ser itinerante, ocupando as estações RM3, RM1, RM2 e Azimute, cujo período de ocupação foi de 1 segundo. Quando da utilização da técnica de intercâmbio de antenas (seção 3.2.4 “b”), procedeu-se da seguinte forma:

- ocupação de IANT e RM3 por um período de 3 minutos;
- troca das antenas e ocupação por mais 3 minutos;
- troca das antenas (para a posição de origem) com mais 3 minutos de ocupação;
- antena instalada na estação RM3 passa a ser itinerante, deslocando-se por alguns instantes e reocupando a estação RM3; e em seguida ocupa as estações RM1, RM2, e Azimute.

No posicionamento com a técnica cinemático sem inicialização, ocupou-se a estação IANT com um receptor sendo ela considerada como estação base e a estação RM3 foi ocupada com um segundo receptor, considerada como itinerante. Os dois receptores foram ligados simultaneamente e aguardou-se a sintonização de pelo menos 4 satélites. Com a devida sintonia, o receptor posicionado na estação RM3, foi deslocado de sua posição momentaneamente e retornando em seguida (início das observações cinemáticas), coletando-se os dados de observação por 1 segundo e como nos rastreamentos cinemáticos citados anteriormente, ocupou-se as demais estações.

#### **4.3.2.5 – Técnica *Stop and Go***

Foi realizado o planejamento (ver seção 4.1) e no posicionamento foram utilizados os seguintes parâmetros:

- taxa de observação de 1 s;
- ângulo de elevação de 15<sup>0</sup>;
- PDOP abaixo de 3; e
- tempo de ocupação de 5 minutos.

Primeiramente, a técnica *Stop and Go* (citado em 3.2.5) foi realizada com inicialização de linha de base conhecida (citado em 4.3.6). As demais estações foram ocupadas por 5 minutos, tendo-se a estação IANT como base.

Posteriormente, utilizando a mesma técnica, mas com uma inicialização através do intercâmbio de antenas (citado em 4.3.6), ocupou-se as demais estações.

#### **4.3.2.6 - Técnica Pseudocinemático**

Nos levantamentos realizados com a técnica pseudocinemático foram utilizados os seguintes parâmetros:

- taxa de observação de 15 segundos;
- ângulo de elevação de  $15^{\circ}$ ;
- PDOP abaixo de 3; e
- tempo de ocupação nas estações por cada seção de 5 minutos.

Nesta técnica (seção 3.2.6) o intervalo entre as seções foi de aproximadamente 1 hora e a estação IANT foi considerada como base.

Conforme descrito na seção 4.1, antes dos levantamentos foi realizado um planejamento.

## **4.4 – FAZENDA CANGÜIRI**

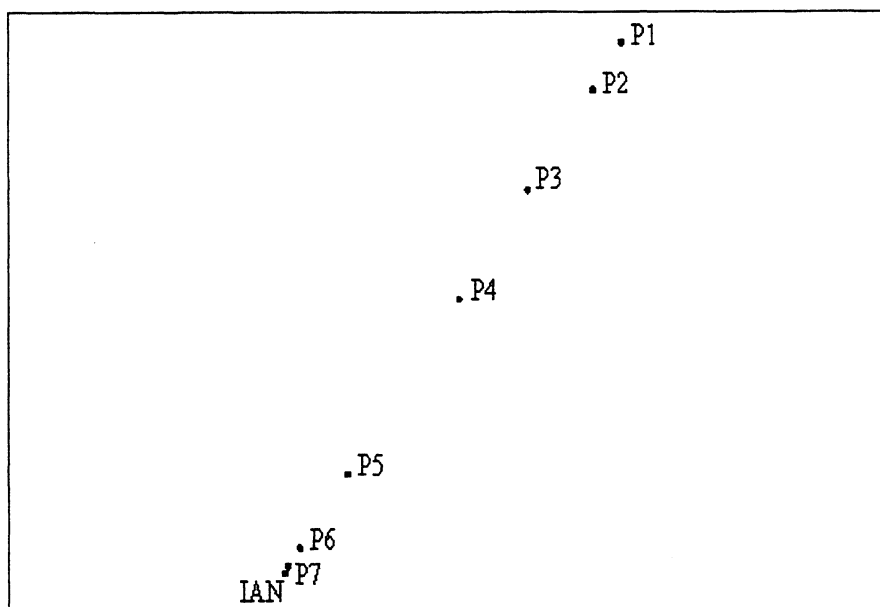
### **4.4.1 – DESCRIÇÃO DA ÁREA**

A segunda parte deste trabalho foi realizada utilizando os pilares existentes na Fazenda Experimental Cangüiri, (UFPR), localizada no município de Quatro Barras, distante aproximadamente 12 km do Centro Politécnico (Figura 4.1).

Esta área apresenta as seguintes características:

- possui 7 estações em monumentos de concreto (indicados na Figura 4.4), sem identificação, com grande estabilidade, alinhados ao longo de uma estrada de terra dentro da Fazenda, com dispositivo de centragem forçada para instalação de equipamentos; e
- apresenta abundância de vegetação acarretando em prejuízo aos levantamentos.

FIGURA 4.4 – Posicionamento das estações localizadas na Fazenda Cangüiri.



#### 4.4.2 – TÉCNICAS DE LEVANTAMENTO

As técnicas de levantamento utilizadas na Fazenda Cangüiri estão descritas a seguir e encontram-se resumidas na Tabela 4.3.

TABELA 4.3 – Levantamentos realizados na Fazenda Cangüiri.

Levantamento	Inicialização	Estações utilizadas na inicialização	Seqüência do levantamento	Taxa de coleta de dados	Ângulo de elevação	PDOP
C.contínuo	Linha de base conhecida	P7 IAN	P7, P6, P5, P4, P3, P2, P1	1 s	15°	< 3
C.contínuo	Intercâmbio de antenas	P7 IAN	P7, P6, P5, P4, P3, P2, P1	1 s	15°	< 3
C.contínuo	————	————	P7, P6, P5, P4, P3, P2, P1	1 s	15°	< 3
Estático rápido	————	————	P7, P6, P5, P4, P3, P2, P1	10 s	15°	< 3
Estático Clássico	————	————	P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, IAN	15 s	15°	< 5



#### **4.4.2.1 – Estático Clássico**

Na Figura 4.4, observa-se uma estação denominada IAN e localizada próximo a estação P7. Esta, consiste num piquete de madeira, cravado no solo e que serviu de estação auxiliar em alguns levantamentos descritos a seguir.

As coordenadas ajustadas das estações indicadas na Figura 4.4, foram obtidas a partir de um rastreamento estático clássico relativos e simultâneos com as estações PARA e ATUBA, com duração de 2 horas. A estação ATUBA localiza-se na parte superior da caixa d'água, nas dependências da COPEL (Companhia Paranaense de Energia Elétrica), no Bairro Atuba e pertence à Rede Geodésica de Precisão da COPEL. Suas coordenadas foram determinadas a partir de um rastreamento estático clássico utilizando-se como estação base a estação PARA. Este levantamento foi realizado em 3 dias consecutivos totalizando 28 horas de rastreio. Na estação IAN, instalou-se um tripé e nas demais estações instalou-se foram instaladas bases nivelantes. Os parâmetros utilizados neste rastreio foram os mesmos indicados na seção 4.3.2.1.

#### **4.4.2.2 – Técnica Estático Rápido com uma Ocupação**

Foi realizado o planejamento (seção 4.1) e os parâmetros utilizados estão indicados na seção 4.3.2.2.

Nesta técnica (seção 3.2.2), utilizou-se uma taxa de coleta de dados de 10 segundos. Um receptor ocupou a estação IAN como estação base (coordenadas conhecidas) e o outro ocupou as demais estações (a serem determinadas).

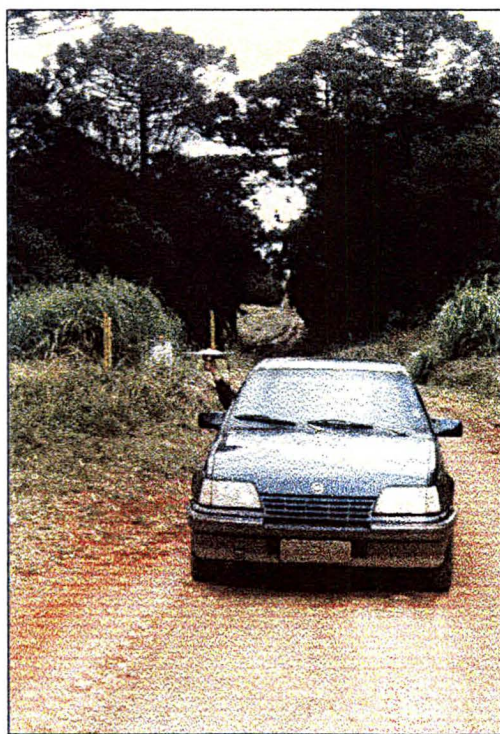
#### **4.4.2.3 – Técnica Cinemático Contínuo**

Realizou-se 3 campanhas utilizando a técnica cinemático contínuo (seção 3.2.4) com diferentes técnicas de inicialização (seção 3.2.4 “a” e “b”) conforme utilizadas no Centro Politécnico (seção 4.3.2.4).

Inicialmente, foi realizado um planejamento conforme descrito na seção 4.1. Os parâmetros utilizados estão inidicados na seção 4.3.2.4. O levantamento com a técnica

cinemático contínuo com inicialização de linha de base processou-se da seguinte forma: um receptor ocupou a estação IAN e foi considerada como base (de coordenadas conhecidas). O outro receptor ocupou a estação P7 (de coordenadas a determinar). Ligou-se simultaneamente os dois receptores (fixos nas respectivas estações) por um período de 10 minutos para que as ambigüidades fossem resolvidas. Após decorrido o tempo de 10 minutos, o receptor da estação P7 foi deslocado (início do levantamento cinemático) e reocupou a estação P7 por 1 segundo dando início ao levantamento cinemático. Logo em seguida, este segue ocupando as demais estações pelo mesmo período (1 segundo) na seqüência: P7, P6, P5, P4, P3, P2, e P1, finalizando o levantamento. Para ocupação das estações, o deslocamento se desenvolveu através de um veículo conforme se observa na Figura 4.5, com o operador segurando a antena para fora da janela com a preocupação de mantê-la nivelada e orientada.

FIGURA 4.5 – Deslocamento entre os tempos de ocupação na técnica cinemático contínuo.



A estação IAN distancia-se da estação P1 de aproximadamente 798 m (pontos extremos do circuito).

No trecho próximo à estação P4 (Figura 4.6), a vegetação é alta, densa e se projeta sobre a estrada, provocando perda de sintonia com um grande número de satélites. Não foi possível substituir a rota

Para o intercâmbio de antenas (Figura 4.6), ocupou-se as estações IAN e P7 por um período de 3 minutos até que se trocasse as antenas e ocupasse por mais 3 minutos e por fim trocasse as antenas para a posição inicial por mais 3 minutos. Realizado o intercâmbio de antenas, prosseguiu-se a ocupar as estações como executado na linha de base conhecida, citado anteriormente.

FIGURA – 4.6 – Inicialização com troca de antena para as estações IAN e P7.



No posicionamento com a técnica cinemático contínuo sem inicialização, procedeu-se conforme mencionado na seção 4.3.2.4, ocupando a estação IAN como base e tendo o início do levantamento, na estação P7. Ocupou-se as demais estações conforme citado anteriormente na técnica cinemático contínuo com inicialização por intercâmbio de antenas.

## 5 – PROCESSAMENTO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Diversos programas para processamento dos dados GPS tem sido desenvolvidos. Atualmente, encontra-se no mercado a disposição dos usuários programas comerciais e científicos. No presente trabalho, optou-se pelo emprego dos primeiros em virtude de serem utilizados pela grande maioria dos usuários GPS. Na seqüência, faz-se referência aos programas empregados enfatizando-se os principais módulos e seus aplicativos. Posteriormente, após os resultados terem sido obtidos, foram realizadas suas análises.

### 5.1 – PROGRAMAS UTILIZADOS

Na presente dissertação os dados coletados nos levantamentos de campo conforme descritos nas seções (4.3 e 4.4), foram processados com o *software* comercial PRISM (versão 2.1). Utilizou-se também o programa RXPLOT para a análise dos dados coletados como por exemplo, a verificação das perdas de sinais das observáveis.

#### 5.1.1 – PRISM

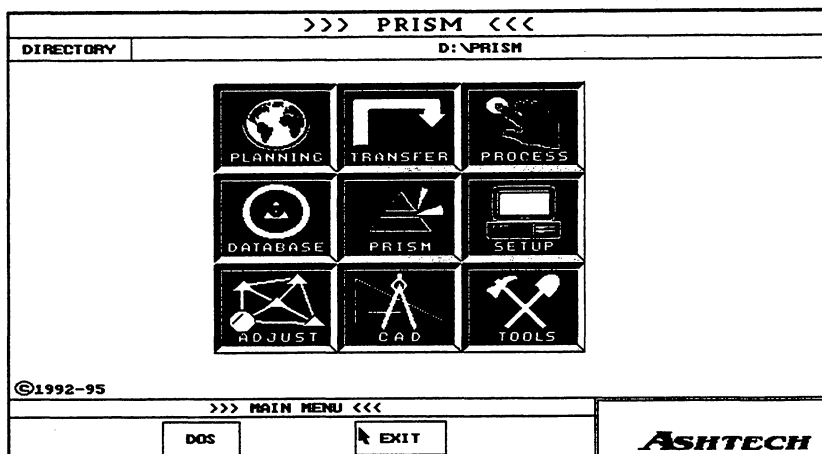
O programa GPS comercial PRISM II<sup>TM</sup> (*Ashtech Precision GPS Surveying Software*) funciona em um ambiente gráfico semelhante ao *Windows* onde se utiliza o *mouse* como instrumento para navegar em seus módulos e aplicativos. O PRISM oferece vários recursos que proporcionam ao usuário uma série de vantagens. Eles, se encontram resumidos na Tabela 5.1.

TABELA 5.1 – Resumo das aplicações oferecidas pelo *software* PRISM II™

<b>PRISM</b>		
<b>Módulo</b>	<b>Aplicativos</b>	<b>Descrição da atividade</b>
PLANNING	MP	<i>Mission PLANNING</i> : Permite a visualização gráfica e polar dos satélites GPS para o dia, hora e local desejado.
TRANSFER	HOSE	Permite a transferência de dados GPS coletados por um receptor para um computador após um levantamento.
	DATALOGR	Permite a transferência em tempo real de dados GPS coletados por um receptor para um computador.
PROCESS	COMMNAV	Combina os arquivos “E” selecionados do corrente diretório, dentro de um arquivo comum de navegação (efemérides).
	GENLOG	Cria o arquivo LOGTIME utilizando os arquivos “B” selecionados e o arquivo gerado pelo COMMNAV. Ele será necessário para os aplicativos LINECOMP e PNAV.
	EDIT LOG	Permite visualizar e selecionar os receptores envolvidos no levantamento.
	EDIT SITE	Contém as posições levantadas permitindo algumas alterações (e indica as estações conhecidas).
	MAKEUFIL	Gera arquivos “U”, o qual contém as posições aproximadas das estações. Ele contém os dados básicos para processar através do aplicativo LINECOMP.
	LINECOMP	É empregado no processamento dos dados GPS obtidos pelas técnicas Estático e Pseudocinemático, computando os vetores para cada par de posição.
	PNAV	<i>Precise Differential GPS Navigation and Surveying</i> : Processa as técnicas de levantamentos cinemáticos e estático-rápido, combinando os dados de duas frequências e aplica a técnica OTF.
VIEW	Possibilita a visualização dos parâmetros utilizados no processamento, bem como dos resultados e dos gráficos residuais obtidos neste processamento.	
DATABASE	SDBM	<i>Survey DataBase Manager</i> : Permite organizar e informar sobre os dados das observações GPS.
ADJUST	FILLNET	Realiza o ajustamento de redes.
CAD	GPSCADD	Permite importar arquivos de pontos no formato ASCII criados na função PRISM/TOOL/TRANSFORM com coordenadas planas e manipular os pontos produzidos pelo CAD.
TOOLS	FILETOOL	Organiza os arquivos de dados binários.
	ASHTORIN	Realiza conversões de dados GPS que estão em formato ASHTECH para dados em formato RINEX.
	RINTOASH	Realiza conversões de dados GPS que estão em formato RINEX para formato ASHTECH.

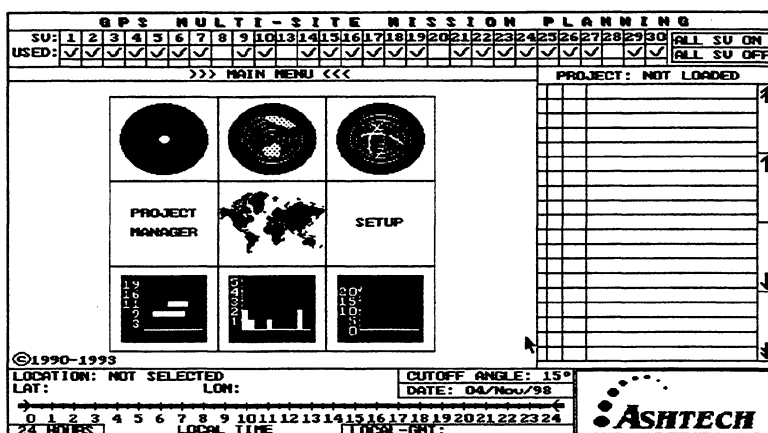
Pode-se observar na Figura 5.1 a janela principal de trabalho do programa PRISM. Nela, se observa os módulos e seus aplicativos indicados na Tabela 5.1.

FIGURA 5.1 – Janela com os módulos para o processamento.  
(Fonte: Manual da ASHTECH, 1995)



No módulo PLANNING, obtém-se os recursos para se realizar um planejamento. Este fornece a configuração geométrica dos satélites através de tabelas e gráficos para o horário e local desejado, com ou sem obstáculos. Ao acessar o PLANNING (Figura 5.1), outra janela é disponibilizada (Figura 5.2), oferecendo alguns aplicativos para se realizar um pré- planejamento.

FIGURA 5.2 – Opção dos aplicativos para o planejamento.  
(Fonte: Manual da ASHTECH, 1995)



Neste módulo, deve-se entrar com os dados da latitude, longitude e altitude aproximadas da estação, a data em que se deseja realizar o rastreamento, o ângulo de elevação (máscara) e o fuso horário correspondente. Nos aplicativos obstruções, devem ser

introduzidas todas as obstruções existentes próximas às estações a serem rastreadas. Com a introdução deles no módulo PLANNING obter-se-á o melhor intervalo de tempo disponível, apresentando o maior número de satélites e a melhor configuração. Posteriormente, obtém-se os gráficos polares, de disponibilidade dos satélites e informações sobre a diluição geométrica (GDOP, PDOP, VDOP, HDOP, TDOP).

O módulo TRANSFER (Figura 5.1), permite a transferência de dados coletados por receptores GPS para um computador, apresentando uma certa flexibilidade na escolha da velocidade de transferência destes dados (BAUD RATE), bem como da porta serial. Ele oferece, dentro de várias opções, os aplicativos HOSE e DATALOGR. São transferidos os principais dados de arquivos “B-“ , “E-“ , “S-“ no formato Ashtech ( Manual da ASHTECH, 1995) para um computador visando realizar-se um pós-processamento de dados, onde:

- B\* : são arquivos de dados brutos binários, os quais contém dados computados de pseudodistâncias, fase da portadora (opcional) e medidas Doppler;
- E\* : são arquivos binários de efemérides transmitidas contendo os parâmetros de órbitas e correções dos relógios dos satélites, os quais são utilizados para computar a posição dos satélites;
- S\* : são arquivos no formato ASCII que contém as coordenadas aproximadas da estação rastreada, informações meteorológicas, tipo do receptor, nome da estação ocupada e altura da antena;

sendo:

\* = mnnnsaa.ddd;

onde:

nnnn = nome da estação;

s = seção (0-9 ou A-Z);

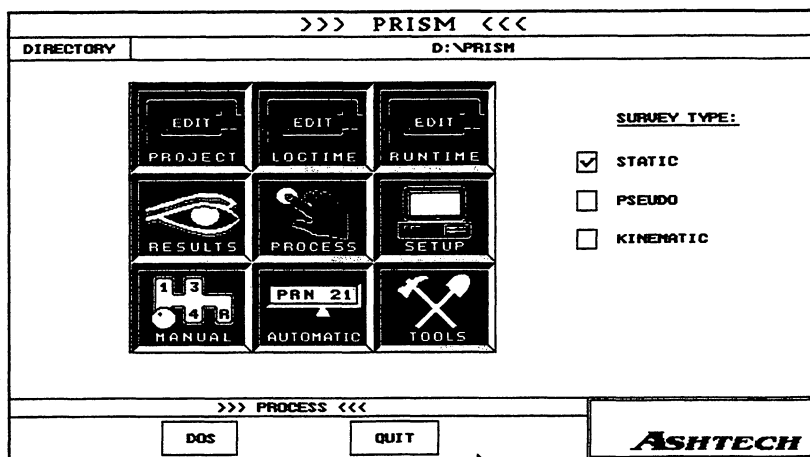
aa = ano do levantamento – 1900 (00-99); e

ddd = dia corrido do ano (001-366).

O módulo PROCESS (Figura 5.1) oferece vários aplicativos que podem ser utilizados no processamento dos dados GPS (Figura 5.3), onde segue-se uma seqüência lógica para cada tipo de técnica de levantamento (seção 4.3 e 4.4) (Figura 5.4). É oferecido

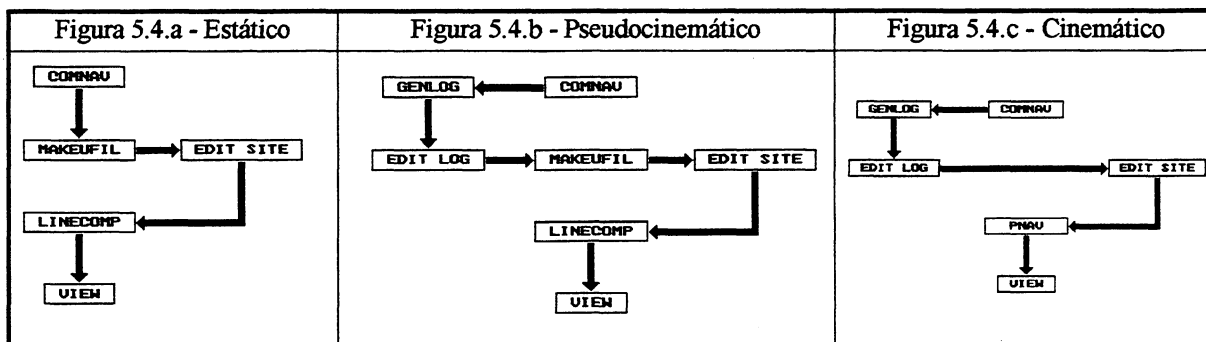
a opção de processamento automático para os levantamentos no modo estático, bem como a opção de processamento manual. Nesta última, o usuário pode inserir e modificar alguns parâmetros como: nome das estações, altura das antenas, raio da antena e outros.

FIGURA 5.3 – Aplicativos do processamento.  
(Fonte: Manual da ASHTECH, 1995)



Na Figura 5.4, observa-se os aplicativos (Tabela 5.1) que compõe quando do processamento da técnica estático (Figura 5.4.a), da técnica pseudocinemático (Figura 5.4.b) e da técnica cinemático (Figura 5.4.c). Pode-se constatar que alguns aplicativos são comuns a todas as técnicas. A seguir serão comentados detalhes sobre alguns destes aplicativos.

FIGURA 5.4 (a, b, c) – Sequência de processamento no *software* PRISM para as técnicas estático (a), pseudocinemático (b) e cinemático (c).  
(Fonte: Manual da ASHTECH, 1995).





COMNAV : lê os arquivos “E” (arquivos das efemérides transmitidas) para criar o arquivo binário denominado de COMMON.NAV. Ele será utilizado por outro aplicativo do módulo de processamento para determinar a posição dos satélites para um determinado tempo. Nesta opção, pode-se omitir os satélites que apresentem os maiores desvios padrão das ambigüidades provenientes de um processamento preliminar, permitindo-se criar ou não arquivos ASCII (COMMON.ASC).

EDIT LOG : Na Figura 5.5, observa-se o *menu*. Nele, é possível selecionar e definir o tempo inicial e final de rastreamento, alterar o nome da estação, altura e raio da antena. Aceita até 10 receptores.

FIGURA 5.5 – *Menu* da opção EDIT LOG.  
(Fonte: Manual da ASHTECH, 1995)

Start Time	End Time	RCU1	RCU2	RCU3	RCU4	RCU5	RCU6	RCU7	RCU8	RCU9	RCU10
✓ 16:11:45.00	17:12:30.00	PARA	RNU3	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX

TIME SITE ANT HT ADD DEL LIST

STYLE: PSEUDO

>>> EDIT LOGTIMES <<<

DOS CANCEL ACCEPT PRINT

**ASHTECH**

EDIT SITE : Este aplicativo (Figura 5.6) apresenta as coordenadas aproximadas de cada estação envolvida no levantamento. Ela, pode ser alterada quando esta for a estação de coordenadas conhecidas. Neste caso é necessário introduzir o grau de conhecimento da estação (K), que indica a precisão desta em função do seu RMS (*Root Mean Square*) conforme indicado na Tabela 5.2.

FIGURA 5.6 – Menu da opção EDIT SITE.  
(Fonte: Manual da ASHTECH, 1995)

>>> PRISM <<<

C:\GPS\TG442\294

PROJECT NAME: GPS Survey

SITE	S	K	SLANT	LATITUDE	LONGITUDE	E11.Ht.
✓	????	A	0.000	N 00 00	0.00000 E 000 00	0.00000
✓	PAPA	A	0.155	S 25 26	54.12910 N 049 13	51.43680 925.758
✓	RWGS	A	1.320	S 25 26	54.56000 N 49 13	52.21320 923.700

SITE    ANT    POS    METS    ADD

STYLE: PSEUDO

>>> EDIT SITE LIST <<<

DOS    CANCEL    ACCEPT

**ASHTECH**

Observa-se também na Figura 5.6, o valor da altura da antena inclinada, que pode ser modificada juntamente com o raio da antena. Há possibilidade de se utilizar ou de se introduzir novos dados meteorológicos (temperatura seca, úmida, pressão e umidade). Insere-se também as coordenadas conhecidas da estação.

TABELA 5.2 – Grau de conhecimento da estação em função do RMS.  
(FONTE: Adaptada de LEISTNER, 1995)

K	PRECISÃO
0	RMS = 0
1	$0 < \text{RMS} \leq 0,01 \text{ m}$
2	$0,01 \text{ m} < \text{RMS} \leq 0,05 \text{ m}$
3	$0,05 \text{ m} < \text{RMS} \leq 0,1 \text{ m}$
4	$0,1 \text{ m} < \text{RMS} \leq 0,5 \text{ m}$
5	$0,5 \text{ m} < \text{RMS} \leq 1 \text{ m}$
6	$1 \text{ m} < \text{RMS} \leq 5 \text{ m}$
7	$5 \text{ m} < \text{RMS} \leq 10 \text{ m}$
8	$10 \text{ m} < \text{RMS} \leq 200 \text{ m}$
9	$\text{RMS} \geq 200 \text{ m}$

MAKEUFIL: este aplicativo gera os arquivos “U” para cada arquivo “B” selecionado e utiliza o arquivo COMMON.NAV gerado pelo aplicativo COMMNAV. Ele permite a utilização das órbitas transmitidas ou das precisas, cria uma posição média para

as estações utilizando o número de iterações indicados no mesmo. Possibilita ainda, o processamento dos dados C/A ao invés dos dados L<sub>1</sub>P dos receptores com o código P, ou o não processamento do código C/A recebido por estes receptores.

LINECOMP: observa-se na Figura 5.4a e 5.4b que este aplicativo está presente na técnica estático e pseudocinemático. Ele permite o processamento das observáveis L<sub>1</sub> e L<sub>2</sub> bem como algumas combinações lineares entre elas, tais como: WIDE LN (seção 2.3), L<sub>1</sub>C (ou L<sub>0</sub> - seção 2.3), L<sub>1</sub> - L<sub>2</sub>, L<sub>1</sub> + L<sub>2</sub> (Manual da ASHTECH, 1995). Neste aplicativo pode-se ainda trabalhar com os parâmetros do *default* ou alterá-los. Dentre eles, pode-se citar o ângulo de elevação, número máximo de iterações, critérios de convergência e outros. É possível optar-se pela aplicação ou não das correções troposféricas, bem como a omissão dos satélites se necessário.

FIGURA 5.7 – Menu do aplicativo LINECOMP.  
(Fonte: Manual da ASHTECH, 1995)

The screenshot shows the LINECOMP application interface. The main window has a title bar 'PRISM' and a menu bar with '>>>' and '<<<' options. Below the title bar, it displays the project session name 'C:\GPS\TG442\294' and 'Project Session : [A]'. The 'Known Site' is 'PARAN' and the 'Unknown Site' is 'RMO3'. The 'Output Name Template' is 'dPRR13.294'. Under 'Runtime Parameters', it shows 'Data Processing Mode : WIDE LN', 'Epochs To Process Begin : 1 End : -1', 'Apply Trop. Corrections : Y', 'Elevation Cut-Off Angle : 15', 'Maximum Iterations : 10', 'Measurement Percentage : 10', 'Omit These Satellites : 0 0 0 0 0 0', and 'Forbidden Reference SUs : 0 0 0 0 0 0'. There are buttons for 'ADD', 'OPTION', and 'SLIP'. At the bottom, it says 'STYLE: PSEUDO' and has buttons for 'DOS', 'EXECUTE', and 'QUIT'. The ASHTECH logo is in the bottom right corner. A secondary 'OPTION' dialog box is open, showing 'Convergence Criteria : 0.0100', 'Triple Diff. Epoch Gap : 1', 'Edit Criterion (\* RMS) : 3.0', 'Absolute Cut-Off: 0.01', 'Contrast Cut-Off: 95.00', 'Search Range: 9.0', 'Max. Search Cases: 100000', and 'Make Slip File: N'. It has 'CANCEL' and 'ACCEPT' buttons.

PNAV : É um módulo no qual é utilizado a técnica de processamento OTF para resolução das ambigüidades. O aplicativo PNAV (*Precise Differential GPS Navigation and Surveying*) permite o pós-processamento dos dados coletados simultaneamente por 2 receptores pelas técnicas cinemáticos e estático rápido. As opções contidas neste aplicativo são:

- A) BATCH PROCESSING;
- B) DATA PROCESSING;
- C) POST MISSION; e

## D) PNAV UTILITY.

A opção “A” é recomendada para o processamento inicial no modo *Survey*. Ela permite processar todos os dados coletados por todos os receptores gerando uma matriz conforme ilustra a Figura 5.8.

FIGURA 5.8 – Matriz de processamento PNAV/BATCH PROCESSING.  
(Fonte: Manual da ASHTECH, 1995)

Menu 1.0. PNAV BATCH DATA PROCESSING										
BASE/ROVER:	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
BMSD9195.124 1	✓ 011	✓ 011	✓ 011	✓ 011	✓ 011	✓ C11	✓ 011	✓ 011	✓ 011	
BMSD1195.124 2		011	011	011	011	011	011	011	011	
BMSD2195.124 3			011	011	011	011	011	011	011	
BMSD3195.124 4				011	011	011	011	011	011	
BMSD4195.124 5					011	011	011	011	011	
BMSD5195.124 6						011	011	011	011	
BMSD6195.124 7							011	011	011	
BMSD7195.124 8								011	011	
BMSD8195.124 9									011	
0										

<ESC> Exit    <F1> DOS Shell    <F3> Option    <CR> Select    <F10> Continue

Ao se utilizar o DATA PROCESSING os dados são processados de forma individual.

O POST MISSION permite interpolar os dados fotogramétricos coletados, criar arquivos gráficos para os arquivos de saída que contém as trajetórias contidas e comparar duas soluções de navegação.

A opção PNAV UTILITY permite a modificação do *default* de processamento e dos parâmetros do Filtro de Kalman contidos no arquivo PNAVPM.TDFT. A princípio, os arquivos gerados pelo PNAV poderão ser classificados em arquivos de controle e de saída conforme indicados na Tabela 5.3. Os primeiros são criados durante a execução do PNAV e os segundo contém os resultados ou informações obtidos no processamento.

TABELA 5.3 – Arquivos PNAV.  
(Fonte: Adaptada de LEISTNER, 1995)

DADOS DE CONTROLE	DADOS DE SAÍDA
Bnnnsaa.IFO	Cnnnsaa.ddd
PNAV.CNF	J*.ddd
PNAV.PMT	L*.ddd
PNAV.PNT	O*.ddd
PNAV.POS	P*.ddd
PNAVSIM.SIM	PNAVCOMP.DIF
PNAV.WAY	PNAVCOMP.PLT
PNAV_BAC.IFO	R*.ddd
PNAV_BAC.SMS	SUMMARY.OUT

Para o processamento dos dados GPS, o PNAV dispõe de um *menu* de opções dentro do BATCH PROCESSING e DATA PROCESSING, os quais são comentados a seguir e estão indicados na Figura 5.9 (ASHTECH, 1995).

FIGURA 5.9 – Opções do PNAV BATCH DATA PROCESSING.  
(Fonte: Manual da ASHTECH, 1995)

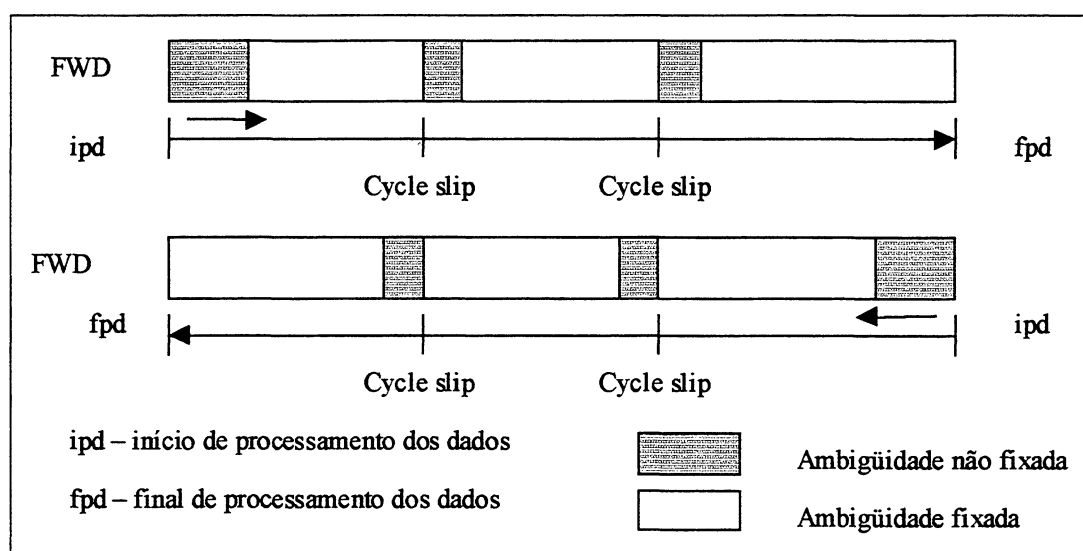
PNAV POST-PROCESSING OPTIONS FOR BMSD9195.124 AND BMSD1195.124					
EXECUTION MODE	PROCESSING MODE	ROVER DYNAMICS	DATA TO PROCESS	FIX AMBS	USE SMTHCOR
FORWARD FWD+BWD	NAVIGATION	STATIC	C/A-Code Only	No	No
	SURVEY	WALKING	PL1-Code Only	Yes	Yes
	RELATIVE NAV	AUTOMOBILE	PL2-Code Only		
		SHIP	All Codes		
		AIRCRAFT	C/A-Code+Carrier		
			PL1-Code+Carrier		
			PL2-Code+Carrier		
			All Observables		
FORWARD	SURVEY	WALKING	All Observables	Yes	No
<ESC> Abort      <F3> Set All      <CR> Select      <F10> Accept					

- 1 – EXECUTION MODE: • FORWARD PROCESSING (FWD)  
 • FORWARD AND BACKWARD (FWD + BWD)

Ambos os modos, provêm acurácia ao nível do centímetro principalmente se os dados a serem processados contêm as duas freqüências com boa qualidade e não tenham perdas de ciclo. Porém, os resultados de um processamento no modo FWD podem apresentar perdas de ciclo (Figura 5.10), acarretando em intervalos (área sombreada) nos quais as ambigüidades não foram resolvidas conduzindo a resultados que podem atingir acurácia do nível do decímetro ao metro (ASHTECH, 1995). No BWD, observa-se na Figura 5.10 que estes intervalos diferem dos anteriores (processamento FWD) em função do sentido de processamento dos dados (volta). A precisão do posicionamento a cada época pode ser diferente para as soluções FWD e BWD.

No modo de processamento FWD + BWD, há uma combinação das soluções, melhorando a precisão nos intervalos. Ele apresenta como desvantagem a necessidade de um maior tempo de processamento e de um maior espaço de memória disponível. Na Figura 5.10, procura-se descrever o modo de execução de processamento FWD + BWD. Os dados são processados em duas direções diferentes: da época inicial para a época final (ida) e da época final para a época inicial (volta). Os períodos sombreados representam o tempo necessário para a resolução das ambigüidades, quer seja no instante inicial do rastreo ou quer seja quando da ocorrência da perda de sintonia com os satélites.

FIGURA 5.10 - Processamento FORWARD AND BACKWARD.  
 (Fonte: Adaptada de LEISTNER, 1995)



- 2 – PROCESSING MODE:
- NAVIGATION
  - SURVEY
  - RELATIVE NAV

O processamento no modo NAVIGATION é utilizado quando da aplicação da técnica cinemático, obtendo-se como resultado uma trajetória (um dos receptores está em movimento). Desta forma o processamento é realizado época por época, fornecendo posições relativas a estação de referência.

Utilizando-se o modo SURVEY, obtém-se um vetor para os pontos ocupados pelas antenas dos receptores, como num levantamento estático rápido (seção 3.2.2 e 3.2.3) ou *Stop and Go* (seção 3.2.5). O interesse principal consiste na determinação de estações ao longo do levantamento.

O RELATIV NAV é um caso especial do modo de navegação, é utilizado quando se deseja conhecer a posição relativa entre dois receptores em movimento, ou seja o receptor considerado como fixo também está em movimento.

- 3 – ROVER MOTION DYNAMICS:
- STATIC
  - WALKING
  - AUTOMOBILE
  - SHIP
  - AIRCRAFT

Esta opção oferece diferentes formas de deslocamento para a antena do receptor móvel, a qual deve ser escolhida pelo usuário. Cada uma delas apresenta seus parâmetros para a inicialização do Filtro de Kalman (LEISTNER, 1995). Quando a estação móvel receber o sinal de um número de satélites inferior a 4, a posição será predita através de um algoritmo. O período de predição para as diferentes condições da antena é:

- 60 segundos – STATIC e SHIP;
- 30 segundos – WALKING e AUTOMOBILE; e
- 15 segundos – AIRCRAFT.

4 – DATA TO PROCESS – Nele, é oferecido a opção de se processar com todas as observáveis, todos os códigos, com a fase do código ou com a fase da portadora possibilitando diversas combinações entre si.

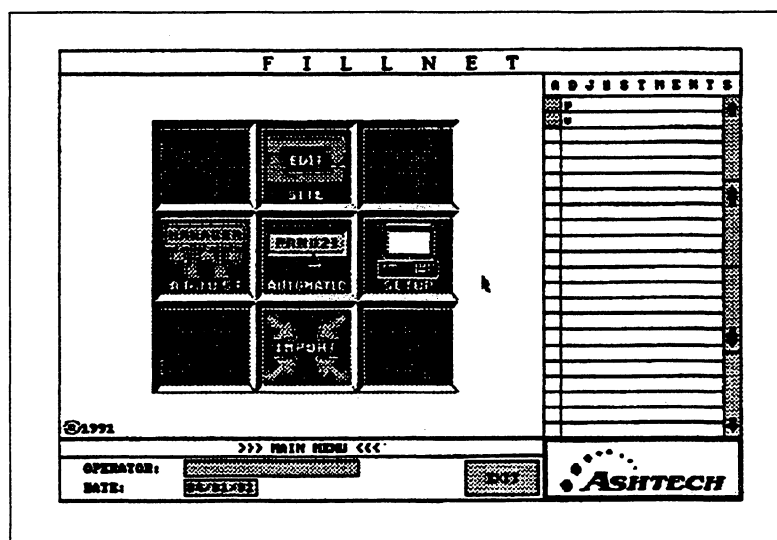
5 – FIX AMBS – Permite indicar se as ambigüidades devem ser fixadas ou não durante o processamento.

6 – USE SMTHCOR – Neste modo pode-se optar pela suavização da fase da portadora pelo código.

O módulo ADJUST, através do aplicativo FILLNET, propicia a realização de um ajustamento utilizando o Método dos Mínimos Quadrados. Ele, permite um ajustamento livre de vetores nas 3 dimensões (latitude, longitude e altitude), ou fixar pontos de controle. Para tanto, utiliza-se dos dados de arquivos de observação (O-arquivo) produzidos por um levantamento GPS.

O módulo ADJUST (Figura 5.1), contém o aplicativo FILLNET, que é visualizado na tela do computador exibindo funções a serem acessadas visando a realização de um ajustamento (Figura 5.11). Estas funções são comentadas na seqüência.

FIGURA 5.11 – Opções do módulo ADJUST.  
(Fonte: Manual da ASHTECH, 1995)



MANAGER ADJUST: é utilizado para receber os dados processados dos levantamentos para dentro do aplicativo FILLNET. Permite nomear arquivos que serão formados com a extensão .PRT. Eles conterão os dados dos vetores a serem ajustados. Possibilita ainda renomear, excluir, duplicar e combinar dados de arquivos.



**IMPORT:** é responsável por importar os dados de observação de um levantamento GPS para dentro do programa FILLNET.


**EDIT SITE:** ao acessar esta opção uma nova janela é mostrada na tela do computador (Figura 5.12). Nela o FILLNET possibilita que o usuário escolha o tipo de ajustamento desejado podendo ser um ajustamento livre ou com injunções, acessando o campo **CONSTRAINTS**, e escolhendo a opção **FREE** ou **FIXED** respectivamente. Permite-se ainda configurar o ajustamento para que se realize por ponto ou por vetor.

FIGURA 5.12 – Escolha de um ajustamento livre ou com injunções.  
(Fonte: Manual da ASHTECH, 1995)

F I L L N E T				P O I N T S	
SITE ID:	L	STATUS:	INCLUDED	NBS0	↑
LAT:	. . . .			NBS3	
LNG:	. . . .			NBS5	
ELLIP HGT (m)	.			ORNI /	
MSL HGT (m)	.				↑
GEOID HGT (m)	.				
<b>CONSTRAINTS</b>					
LAT:	FREE	LAT SIGMA (m)	.		↓
LONG:	FREE	LNG SIGMA (m)	.		
HEIGHT:	FREE	HGT SIGMA (m)	.		↓
>>> EDIT <<<					
<input checked="" type="checkbox"/> POINTS	REPLACE POINT	ADD NEW POINT	DELETE POINT	CLEAR RECORD	QUIT
<input type="checkbox"/> VECTORS					

**SETUP:** ela, é responsável pelos critérios utilizados no processamento de um ajustamento. Ao acessá-la, um *menu* de opções é mostrado na tela do computador (Figura 5.13), contendo por exemplo: a escolha do modelo elipsoidal, o tipo de iteração, a escolha de um ajustamento livre ou não, e outros.

FIGURA 5.13 – Critérios de um ajustamento fornecido pelo SETUP.  
(Fonte: Manual da ASHTECH, 1995)

F I L L N E T																													
PERFORM FREE ADJUSTMENT :	<input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO																												
SELECT LONGITUDE :	<input type="checkbox"/> TRUE <input type="checkbox"/> FALSE																												
DO YOU WANT TO ITERATE :	<input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO																												
PERFORM SHIFT REQUIRED :	<input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO																												
PERFORM LINE ACCURACIES :	<input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO																												
SORT STATIONS :	<input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO																												
SORT VECTORS :	<input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO																												
SELECT HEIGHT (MIL/ELP) :	<input type="checkbox"/> METERS <input type="checkbox"/> FEET																												
ELLIPSOIDAL MODEL :	<input type="checkbox"/> WGS84 <input type="checkbox"/> NAD83																												
SOLUTION SELECTION :	<input type="checkbox"/> AUTOMATIC <input type="checkbox"/> GO REAL <input type="checkbox"/> GO PROT																												
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>LATITUDE (MM) :</td> <td><input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO</td> </tr> <tr> <td>LONGITUDE (MM) :</td> <td><input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO</td> </tr> <tr> <td>HORIZON. (PPM) :</td> <td><input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO</td> </tr> <tr> <td>HEIGHT (MM) :</td> <td><input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO</td> </tr> <tr> <td>VERTICAL (PPM) :</td> <td><input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO</td> </tr> <tr> <td>GAMMA X (NORTH) :</td> <td><input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO</td> </tr> <tr> <td>STANDARD ERROR :</td> <td><input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO</td> </tr> <tr> <td>GAMMA Y (EAST) :</td> <td><input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO</td> </tr> <tr> <td>STANDARD ERROR :</td> <td><input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO</td> </tr> <tr> <td>GAMMA Z (VERTICAL) :</td> <td><input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO</td> </tr> <tr> <td>STANDARD ERROR :</td> <td><input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO</td> </tr> <tr> <td>SCALE :</td> <td><input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO</td> </tr> <tr> <td>STANDARD ERROR :</td> <td><input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> DONE</td> </tr> </tbody> </table>		LATITUDE (MM) :	<input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO	LONGITUDE (MM) :	<input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO	HORIZON. (PPM) :	<input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO	HEIGHT (MM) :	<input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO	VERTICAL (PPM) :	<input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO	GAMMA X (NORTH) :	<input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO	STANDARD ERROR :	<input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO	GAMMA Y (EAST) :	<input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO	STANDARD ERROR :	<input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO	GAMMA Z (VERTICAL) :	<input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO	STANDARD ERROR :	<input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO	SCALE :	<input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO	STANDARD ERROR :	<input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> DONE	
LATITUDE (MM) :	<input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO																												
LONGITUDE (MM) :	<input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO																												
HORIZON. (PPM) :	<input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO																												
HEIGHT (MM) :	<input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO																												
VERTICAL (PPM) :	<input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO																												
GAMMA X (NORTH) :	<input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO																												
STANDARD ERROR :	<input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO																												
GAMMA Y (EAST) :	<input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO																												
STANDARD ERROR :	<input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO																												
GAMMA Z (VERTICAL) :	<input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO																												
STANDARD ERROR :	<input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO																												
SCALE :	<input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO																												
STANDARD ERROR :	<input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO																												
<input type="checkbox"/> DONE																													
>> SETUP <<<																													
																													

**AUTOMATIC:** realiza o ajustamento por um programa computacional fornecendo os resultados. Para que se realize o processamento, duas opções são oferecidas: GO REAL e GO PROT. Na primeira, pode-se processar até 125 pontos utilizando até 640 kbytes de memória do DOS; na segunda, processa-se até 600 pontos com esta mesma memória acrescida de 4 Mbytes extendida.

Ao final de um ajustamento vários indicadores são fornecidos com os quais se avalia a qualidade deste. Eles são comentados a seguir:

**S.E OF UNIT WEIGHT** (erro padrão por unidade de peso): Se o SE for maior que 1, indica que existe problemas nos dados (observações) ou as injunções são muito restritivas; se é menor ou igual a 1, indica que os resultados iniciais do ajustamento são bons; e se o valor de SE for muito inferior a 1, indica que as injunções devem ter sido muito otimistas (ASHTECH, 1995).

**STD.ERROS:** se os valores obtidos para D. LAT., D.LON., e VERT forem próximos ou iguais a zero, constata-se a alta qualidade do ajustamento (ASHTECH, 1995).

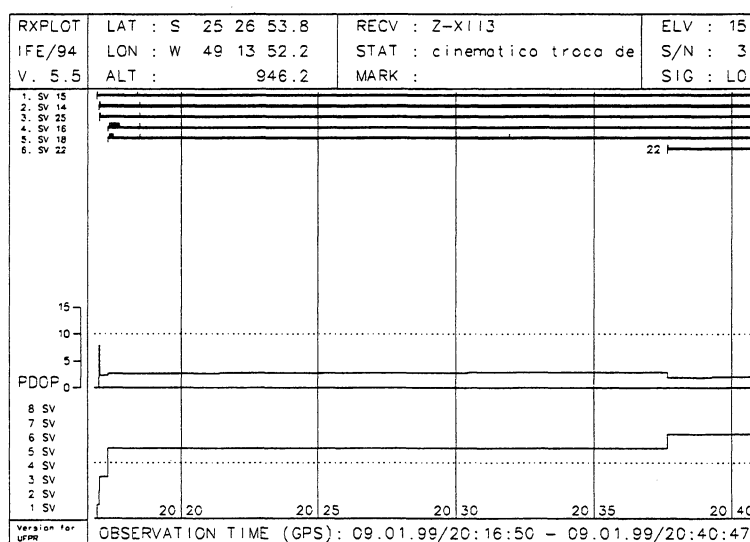
**V-PRIMES** (resíduos normalizados): se os resíduos forem baixos (<3) verifica-se boa consistência e os resultados são aceitáveis (soluções acuradas foram obtidas).

**PPM:** indica acurácia em parte por milhão.

### 5.1.2 – RXPLOT

É um programa desenvolvido no *Institut für Erdmessung (IfE)*, versão 5.3 para o sistema DOS. Ele permite efetuar uma análise dos dados brutos no formato RINEX, coletados durante os levantamentos GPS. Possibilita a geração de gráficos para os formatos *pcgi*, *hppl*, *tek* ou *haps*. Os gráficos obtidos indicam o tempo de observação GPS, o número de satélites presentes no levantamento, as informações sobre as perdas de ciclos, as coordenadas aproximadas da estação e o nome da estação. Alguns parâmetros como as observáveis ( $L_1$  e  $L_2$ ), a máscara de elevação, a relação sinal/ruído e os DOPs (PDOP, HDOP, VDOP, TDOP, GDOP) podem ser escolhidos pelo usuário deste programa. Na Figura 5.14, observa-se um gráfico gerado pelo programa RXPLOT para a técnica cinemático, contendo a visibilidade dos satélites e informações sobre as perdas de ciclo e sobre o PDOP para esta estação. Com este programa pode-se também elaborar um gráfico de elevação dos satélites em função do tempo.

FIGURA 5.14 – Visibilidade dos satélites e informações sobre as perdas de ciclos e sobre o PDOP para o receptor móvel no posicionamento relativo com a técnica cinemático contínuo com inicialização por intercâmbio de antenas.



## 5.2 – PROCESSAMENTO DOS DADOS E RESULTADOS OBTIDOS

### 5.2.1 – CENTRO POLITÉCNICO

#### 5.2.1.1 – Técnicas de levantamento

O pós-processamento dos dados coletados pelas diversas técnicas (seção 4.3.2 e Tabela 4.2) foi realizado através do programa PRISM (seção 5.1.1). Os resultados obtidos em coordenadas geodésicas determinadas no sistema WGS-84, estão representados na seqüência das seções em forma de tabelas.

##### 5.2.1.1.1 – Técnica Estático Clássico

Este levantamento encontra-se descrito na seção 4.3.2.1 e as coordenadas obtidas estão indicadas na Tabela 5.4. Elas resultam de um ajustamento realizado com o programa PRISM (aplicativo do FILLNET) utilizando-se como estações base: PARA (seção 4.3.1) e RM3 (seção 4.3.1). O arquivo de saída do ajustamento encontra-se no Anexo 01.

Na Tabela 5.4, observam-se as coordenadas geodésicas ( $\varphi$ ,  $\lambda$ , h), o erro padrão por unidade de peso (S.E) obtido no ajustamento (seção 5.1.1) e os comprimentos das linhas de base com relação às estações PARA e RM3. Os valores para S.E foram menores ou igual a 1 indicando que os resultados iniciais do ajustamento foram bons. Os resíduos normalizados ( $v$ ,  $v'$ ) dos vetores ajustados estão indicados no Anexo 01 e apresentam valores inferiores a 3, (citado no manual técnico do PRISM (Ashtech, 1995)).

TABELA 5.4 – Coordenadas ajustadas obtidas pela técnica estático clássico – LAGE.

ESTAÇÃO	$\varphi$ (° ' ")	$\lambda$ (° ' ")	h (m)	S.E	Comprimento da linha base (m)	
					PARA ESTAÇÃO	RM3-ESTAÇÃO
RM1	25 26 53,32607	49 13 51,34281	925,223	0,071	24,860	45,304
RM2	25 26 54,54422	49 13 50,64762	924,459	0,170	25,519	43,692
IANT	25 26 54,68682	49 13 51,95809	923,103	0,237	22,668	7,974
AZIMUTE	25 26 48,12900	49 13 53,99350	928,382	0,326	198,018	204,402
RM3	25 26 54,56850	49 13 52,21080	923,785	Estação Base		
PARA	25 26 54,12910	49 13 51,43680	925,759	Estação Base		

Onde:

$\varphi$ : latitude geodésica;

$\lambda$ : longitude geodésica; e

h: altitude geométrica.

### 5.2.1.1.2 – Técnica Estático Rápido com uma ocupação

Os dados coletados, conforme descritos na seção 4.3.2.2, foram processados com o auxílio do aplicativo PNAV e utilizando a opção *DATA PROCESSING* (Tabela 5.5).

TABELA 5.5 – Opções do *Data Processing* para a técnica estático rápido com uma ocupação.

EXECUTION MODE	PROCESSING MODE	ROVER DYNAMICS	DATA TO PROCESS	FIX AMBS	USE SMTHCOR
FWD + BWD	SURVEY	STATIC	ALL OBSERVABLES	YES	NO

Observam-se nas Tabelas 5.6 a 5.9 os resultados obtidos com o processamento dos dados coletados com o emprego da técnica estático rápido com uma ocupação (seção 4.3.2.2) realizado com taxas de coleta de dados iguais a 1s, 5s, 10s e 15s, respectivamente.

Estas tabelas apresentam as coordenadas geodésicas ( $\varphi$ ,  $\lambda$ , h), os desvios padrão ( $S_N$  – erro médio quadrático para a posição norte,  $S_E$  – erro médio quadrático para a posição leste,  $S_h$  – erro médio quadrático para a altura), o RMS, o resíduo da fase, o número de satélites, o *Flag* (0, solução obtida com a fixação das ambigüidades; 1, solução obtida sem a fixação das ambigüidades; -1, medida de dados baseados em predição pelo Filtro de Kalman; 2, Filtro de Kalman reinicializado), o PDOP, o  $\text{Chi}^2$  ( $\text{Chi}^2 < 1$ , a solução para a posição é confiável;  $1 < \text{Chi}^2 < 5$ , a solução da posição é questionável;  $\text{Chi}^2 > 5$ , existe uma discrepância entre os dados e o modelo, e a posição é inaceitável) e o comprimento da linha de base para cada uma das estações com relação à estação base IANT.

TABELA 5.6 – Coordenadas obtidas pela técnica estático rápido com uma ocupação com taxa de coleta de dados de 1s.

ESTAÇÃO	$\varphi (^{\circ} \prime \prime)$ $S_N$	$\lambda (^{\circ} \prime \prime)$ $S_E$	h (m) $S_h$	RMS (m)	Resíduo da fase (m)	SVs Flag	PDOP Chi <sup>2</sup>	Comprimento da linha base (m)
RM1	25 26 53,32624 0,005	49 13 51,34222 0,005	925,222 0,004	0,0081	0,008	8 0	1,3 0,031	45,322
RM2	25 26 54,54447 0,006	49 13 50,64738 0,006	924,433 0,006	0,0102	0,010	7 0	1,9 0,030	39,910
RM3	25 26 54,56843 0,004	49 13 52,21070 0,004	923,778 0,004	0,0088	0,009	8 0	1,3 0,030	7,972
AZIMUTE	25 26 48,12870 0,003	49 13 53,99072 0,004	928,337 0,003	0,0055	0,005	7 0	1,9 0,053	209,742
IANT	25 26 54,68682	49 13 51,95809	923,103	Estação Base				

Na tabela 5.6, verifica-se que o RMS é inferior a 1,02 cm e que o resíduo da fase está abaixo do limite de 0,01 m. O Chi<sup>2</sup> apresenta valores inferiores a 1 indicando que a solução para a posição é confiável. Consta-se uma sintonia com pelo menos 7 satélites, o PDOP foi inferior a 1,9 e observa-se que houve fixação das ambigüidades (*Flag* = 0). Os desvios padrão foram inferiores a 6 mm.

TABELA 5.7 – Coordenadas obtidas pela técnica estático rápido com uma ocupação com taxa de coleta de dados de 5s.

ESTAÇÃO	$\varphi (^{\circ} \prime \prime)$ $S_N$	$\lambda (^{\circ} \prime \prime)$ $S_E$	h (m) $S_h$	RMS (m)	Resíduo da fase (m)	SVs Flag	PDOP Chi <sup>2</sup>	Comprimento da linha base (m)
RM1	25 26 53,32,600 0,005	49 13 51,34249 0,005	925,214 0,005	0,0069	0,007	7 0	1,8 0,074	45,438
RM2	25 26 54,54437 0,006	49 13 50,64752 0,006	924,423 0,005	0,0073	0,008	7 0	1,6 0,043	36,906
RM3	25 26 54,56809 0,004	49 13 52,21083 0,005	923,776 0,005	0,0099	0,010	7 0	1,4 0,036	7,980
AZIMUTE	25 26 48,12855 0,006	49 13 53,99085 0,006	928,339 0,005	0,0110	0,010	7 0	1,6 0,044	209,747
IANT	25 26 54,68682	49 13 51,95809	923,103	Estação Base				

Analisando-se a Tabela 5.7 verifica-se que o RMS é inferior a 1,1 cm e o resíduo da fase é inferior a 1 cm. Neste levantamento verificou-se a presença constante de 7 satélites, e o PDOP foi inferior a 1,8. O *Flag* foi igual a 0 para todas as estações, indicando uma

fixação das ambigüidades. Há a indicação de que a solução para a posição é confiável, pois o  $\text{Chi}^2$  apresenta valores inferiores a 1. Os desvios padrão foram inferiores a 6 mm.

TABELA 5.8 – Coordenadas obtidas pela técnica estático rápido com uma ocupação com taxa de coleta de dados de 10s.

ESTAÇÃO	$\varphi$ (° ' ") $S_N$	$\lambda$ (° ' ") $S_E$	h (m) $S_h$	RMS (m)	Resíduo da fase (m)	SVs Flag	PDOP Chi <sup>2</sup>	Comprimento da linha base (m)
RM1	25 26 53,32620 0,004	49 13 51,34214 0,004	925,203 0,003	0,0045	0,005	6 0	1,8 0,064	45,323
RM2	25 26 54,54447 0,004	49 13 50,64725 0,004	924,424 0,004	0,0059	0,006	6 0	1,7 0,064	36,914
RM3	25 26 54,56842 0,005	49 13 52,21063 0,005	923,764 0,004	0,0074	0,008	7 0	1,5 0,042	7,970
AZIMUTE	25 26 48,12871 0,005	49 13 53,99049 0,005	928,333 0,004	0,0085	0,009	5 0	1,9 0,102	209,738
IANT	25 26 54,68682	49 13 51,95809	923,103	Estação Base				

Na Tabela 5.8, pode-se observar que os desvios padrão ( $S_N$ ,  $S_E$ ,  $S_h$ ) foram inferiores a 5 mm, o RMS foi inferior a 8,5 mm e o resíduo da fase foi inferior a 9 mm. Constatou-se que houve sintonia com pelo menos 5 satélites e que todas as ambigüidades foram fixadas ( $Flag = 0$ ). O valor do  $\text{Chi}^2$  apresenta-se inferior a 1 indicando uma boa solução e o PDOP foi inferior a 2.

TABELA 5.9 – Coordenadas obtidas pela técnica estático rápido com uma ocupação com taxa de coleta de dados de 15s.

ESTAÇÃO	$\varphi$ (° ' ") $S_N$	$\lambda$ (° ' ") $S_E$	h (m) $S_h$	RMS (m)	Resíduo da fase (m)	SVs Flag	PDOP Chi <sup>2</sup>	Comprimento da linha base (m)
RM1	25 26 53,32588 0,005	49 13 51,34234 0,004	925,217 0,003	0,0059	0,006	8 0	2,0 0,040	45,331
RM2	25 26 54,54461 0,006	49 13 50,64760 0,005	924,422 0,004	0,0068	0,008	8 0	1,8 0,039	36,903
RM3	25 26 54,56825 0,005	49 13 52,21074 0,005	923,780 0,004	0,0053	0,006	8 0	1,9 0,038	7,976
AZIMUTE	25 26 48,12862 0,007	49 13 53,99098 0,006	928,328 0,005	0,0091	0,011	8 0	1,7 0,073	209,746
IANT	25 26 54,68682	49 13 51,95809	923,103	Estação Base				

Nesta tabela (Tabela 5.9) verifica-se que o RMS foi inferior a 9,1 mm, o resíduo da fase foi inferior a 1,1 cm e os desvios padrão foram inferiores a 7 mm. Houve uma presença

constante de 8 satélites e o *Flag* foi igual a 0 para todas as estações (fixação das ambigüidades). O PDOP apresenta-se inferior a 2,1 e o valor do  $\text{Chi}^2$  foi inferior a 1 indicando uma solução confiável para a posição.

### 5.2.1.1.3 – Técnica Estático Rápido com reocupação

O levantamento com esta técnica encontra-se descrito na seção 4.3.2.3.

O processamento dos dados coletados nestes levantamentos utilizando taxas de coletas de dados iguais a 1s, 5s, 10s e 15s foi realizado com o aplicativo PNAV utilizando a opção *DATA PROCESSING* (Tabela 5.5). As coordenadas obtidas com esses processamentos são indicadas nas Tabelas 5.10 a 5.13. Nestas tabelas observam-se as coordenadas geodésicas ( $\phi$ ,  $\lambda$ ,  $h$ ), os desvios padrão ( $S_N$ ,  $S_E$ ,  $S_h$ ), o RMS, o resíduo da fase, o número de satélites, o *Flag*, o PDOP, o  $\text{Chi}^2$  e o comprimento da linha de base para cada uma das estações com relação à estação base IANT.

A Tabela 5.10 apresenta os resultados para a técnica estático rápido com reocupação utilizando-se uma taxa de coleta de dados igual a 1s. Nela, verifica-se que os desvios padrão foram iguais e inferiores a 9 mm, o RMS foi inferior a 7,2 mm e o resíduo da fase foi inferior a 8 mm. Constata-se a presença de 5 a 8 satélites durante este levantamento e o PDOP foi inferior a 4,4. O valor do  $\text{Chi}^2$  apresenta-se inferior a 1 (solução confiável para a posição) e houve a fixação das ambigüidades (*Flag* = 0).

TABELA 5.10 – Coordenadas obtidas pela técnica estático rápido com reocupação e com taxa de coleta de dados de 1s.

ESTAÇÃO	$\phi$ (° ' ") $S_N$	$\lambda$ (° ' ") $S_E$	$h$ (m) $S_h$	RMS (m)	Resíduo da fase (m)	SVs Flag	PDOP $\text{Chi}^2$	Comprimento da linha base (m)
RM1	25 26 53,32593 0,009	49 13 51,34218 0,009	925,217 0,009	0,0068	0,006	8 0	1,9 0,064	45,329
RM2	25 26 54,54453 0,010	49 13 50,64762 0,009	924,435 0,009	0,0053	0,005	8 0	4,3 0,059	36,903
RM3	25 26 54,56858 0,009	49 13 52,21075 0,009	923,782 0,009	0,0072	0,007	5 0	1,9 0,081	7,972
AZIMUTE	25 26 48,12862 0,009	49 13 53,99064 0,009	928,333 0,009	0,0063	0,007	7 0	1,8 0,074	209,743
IANT	25 26 54,68682	49 13 51,95809	923,103			Estação Base		



Observa-se na Tabela 5.11 os resultados obtidos com a técnica estático rápido com reocupação e taxa de coleta de dados igual a 5 s, nela o PDOP é inferior a 3 e há presença de no mínimo 6 satélites. O *Flag* foi igual a 0, indicando a fixação das ambigüidades em todas as estações. O valor do  $\text{Chi}^2$  apresenta-se inferior a 1 (solução confiável para a posição). O resíduo da fase foi inferior a 8 mm e o RMS a 1,1 cm e os desvios padrão foram inferiores a 6 mm.

TABELA 5.11 – Coordenadas obtidas pela técnica estático rápido com reocupação e com taxa de coleta de dados de 5s.

ESTAÇÃO	$\varphi (^{\circ} \text{'' ''})$ $S_N$	$\lambda (^{\circ} \text{'' ''})$ $S_E$	h (m) $S_h$	RMS (m)	Resíduo da fase (m)	SVs Flag	PDOP $\text{Chi}^2$	Comprimento da linha base (m)
RM1	25 26 53,32611 0,004	49 13 51,34224 0,004	925,205 0,003	0,0035	0,004	6 0	2,9 0,036	45,325
RM2	25 26 54,54460 0,004	49 13 50,64765 0,004	924,436 0,004	0,0050	0,006	7 0	2,0 0,055	36,902
RM3	25 26 54,56842 0,005	49 13 52,21073 0,004	923,768 0,004	0,0046	0,005	7 0	2,2 0,051	7,972
AZIMUTE	25 26 48,12855 0,006	49 13 53,99085 0,006	928,339 0,005	0,0110	0,008	7 0	1,9 0,098	209,747
IANT	25 26 54,68682	49 13 51,95809	923,103	Estação Base				

As coordenadas obtidas com a técnica estático rápido com reocupação e com taxa de coleta de dados de 10s estão indicadas na Tabela 5.12. Nela, observa-se que os desvios padrão, o RMS, e o resíduo da fase foram inferiores a 6 mm, a 5,7 mm e a 6 mm, respectivamente. Constata-se a presença constante de 7 satélites e um PDOP inferior a 2,4. Houve a fixação das ambigüidades ( $\text{Flag} = 0$ ) e o valor do  $\text{Chi}^2$  foi inferior a 1 (solução confiável para a posição) para todas as estações.

TABELA 5.12 – Coordenadas obtidas pela técnica estático rápido com reocupação e com taxa de coleta de dados de 10s.

ESTAÇÃO	$\varphi (^{\circ} \text{'' ''})$ $S_N$	$\lambda (^{\circ} \text{'' ''})$ $S_E$	h (m) $S_h$	RMS (m)	Resíduo da fase (m)	SVs Flag	PDOP $\text{Chi}^2$	Comprimento da linha base (m)
RM1	25 26 53,32591 0,005	49 13 51,34231 0,005	925,233 0,004	0,0052	0,005	7 0	1,8 0,018	45,331
RM2	25 26 54,54435 0,005	49 13 50,64745 0,005	924,446 0,004	0,0048	0,005	7 0	1,8 0,022	36,909
RM3	25 26 54,56828 0,004	49 13 52,21066 0,004	923,797 0,004	0,0040	0,005	7 0	1,9 0,029	7,975
AZIMUTE	25 26 48,12845 0,006	49 13 53,99078 0,006	928,259 0,005	0,0057	0,006	7 0	2,4 0,026	209,747
IANT	25 26 54,68682	49 13 51,95809	923,103	Estação Base				

Pode-se observar na Tabela 5.13 as coordenadas obtidas no processamento dos dados coletados pela técnica estático rápido com reocupação e com taxa de coleta de dados de 15s, bem como os demais indicativos da qualidade do processamento. Constatou-se que houve a presença de no mínimo de 6 satélites e a não fixação das ambigüidade (*Flag* = 1). O resíduo da fase está abaixo do limite de 1 cm, o maior valor para RMS foi de 6,904m e o valor do  $\text{Chi}^2$  foi inferior a 1 (solução para a posição é confiável). Os desvios padrão para as estações RM1 e RM2 variaram de 1,506 a 5,353 m; para as estações RM3 e Azimute, eles variaram de 8,4 cm a 718 cm. O PDOP apresenta valores variando de 8,3 a 15,9.

TABELA 5.13 – Coordenadas obtidas pela técnica estático rápido com reocupação e com taxa de coleta de dados de 15s.

ESTAÇÃO	$\varphi$ (° ' ") S <sub>N</sub>	$\lambda$ (° ' ") S <sub>E</sub>	h (m) S <sub>h</sub>	RMS (m)	Resíduo da fase (m)	SVs Flag	PDOP Chi <sup>2</sup>	Comprimento da linha base (m)
RM1	25 26 53,33799 5,353	49 13 51,41283 2,409	923,617 3,634	6,904	0,007	7 1	10 0,024	44,223
RM2	25 26 54,48849 1,655	49 13 50,55295 1,506	925,232 1,724	2,8247	0,010	7 1	15,9 0,042	39,793
RM3	25 26 54,57185 0,356	49 13 52,22352 0,627	924,2 0,420	0,8344	0,007	6 1	10 0,034	8,291
AZIMUTE	25 26 48,10691 0,564	49 13 53,97657 0,084	928,3 0,718	0,9168	0,003	7 1	8,3 0,053	210,279
IANT	25 26 54,68682	49 13 51,95809	923,103	Estação Base				

#### 5.2.1.1.4 – Técnica Cinemático Contínuo

Os dados coletados, conforme descritos na seção 4.3.2.4, foram realizados sem inicialização e com diferentes técnicas de inicialização. No processamento destes dados utilizou-se o aplicativo PNAV escolhendo a opção *DATA PROCESSING* com as opções indicadas na Tabela 5.14.

TABELA 5.14 – Opções do *Data Processing* para as técnicas cinemáticas.

EXECUTION MODE	PROCESSING MODE	ROVER DYNAMICS	DATA TO PROCESS	FIX AMBS	USE SMTHCOR
FWD + BWD	NAVIGATION	WALKING	ALL OBSERVABLES	YES	NO

Os levantamentos realizados nesta técnica foram agrupados da seguinte forma:

- a) inicialização de linha de base conhecida;
- b) inicialização com intercâmbio de antenas; e
- c) sem inicialização.

a) Inicialização de linha de base conhecida.

A técnica cinemático contínuo com esta inicialização encontra-se descrita na seção 4.3.2.4. Na Tabela 5.15 estão indicados os resultados obtidos no pós-processamento destes dados. Observa-se as coordenadas geodésicas ( $\phi$ ,  $\lambda$ ,  $h$ ), os desvios padrão ( $S_N$ ,  $S_E$ ,  $S_h$ ), o RMS, o resíduo da fase, o número de satélites, o *Flag*, o PDOP, o  $\text{Chi}^2$  e o comprimento da linha de base para cada uma das estações com relação à estação base IANT. Verifica-se que o RMS foi inferior a 3,1 cm para todas as estações, o resíduo da fase foi inferior a 6 mm e os desvios padrão ( $S_N$  e  $S_E$ ) foram inferiores a 9 mm e para  $S_h$  foram inferiores a 2,9 cm. Neste levantamento, observa-se uma presença constante de 6 satélites e que houve fixação das ambigüidades ( $\text{Flag} = 0$ ). O PDOP foi igual a 2,1 para todas as estações e o valor do  $\text{Chi}^2$  foi inferior a 1 (solução da posição é confiável).

TABELA 5.15 – Coordenadas obtidas pela técnica cinemático contínuo com inicialização de linha de base conhecida.

ESTAÇÃO	$\phi$ (° ' ") $S_N$	$\lambda$ (° ' ") $S_E$	$h$ (m) $S_h$	RMS (m)	Resíduo da fase (m)	SVs Flag	PDOP $\text{Chi}^2$	Comprimento da linha base (m)
RM1	25 26 53,32567 0,008	49 13 51,34242 0,009	925,2083 0,027	0,029	0,005	6 0	2,1 0,045	45,4219
RM2	25 26 54,54402 0,008	49 13 50,647404 0,008	924,4202 0,026	0,029	0,005	6 0	2,1 0,045	36,9872
RM3	25 26 54,568032 0,008	49 13 52,210596 0,008	923,768 0,026	0,029	0,006	6 0	2,1 0,082	8,1640
AZIMUTE	25 26 48,128496 0,008	49 13 53,991048 0,009	928,3307 0,029	0,031	0,005	6 0	2,1 0,072	209,7891
IANT	25 26 54,68682	49 13 51,95809	923,103			Estação Base		

## b) Inicialização com intercâmbio de antenas.

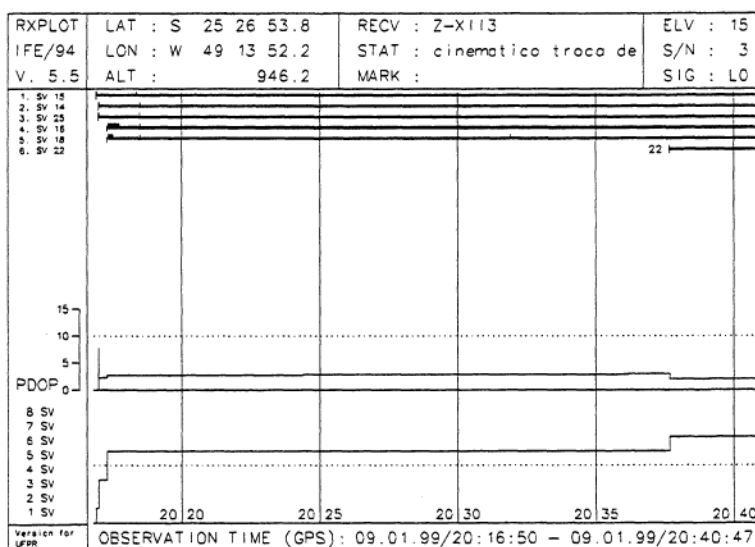
Os resultados obtidos no pós-processamento dos dados coletados com esta técnica (seção 4.3.2.4) estão indicados na Tabela 5.16. Observa-se nessa tabela as coordenadas geodésicas, os desvios padrão inferiores a 2,6 cm e um RMS inferior a 3,1 cm. O resíduo da fase foi abaixo do limite de 0,02 m. Verifica-se a presença de pelo menos 5 satélites (Figura 5.15) e a fixação das ambigüidades para todas as estações exceto para a estação RM2. O PDOP foi inferior a 2,7 e o valor do  $\text{Chi}^2$  foi inferior a 0,185.

TABELA 5.16 – Coordenadas obtidas pela técnica cinemático contínuo com inicialização por intercâmbio de antenas.

ESTAÇÃO	$\phi$ (° '' ''') $S_N$	$\lambda$ (° '' ''') $S_E$	h (m) $S_h$	RMS (m)	Resíduo da fase (m)	SVs Flag	PDOP $\text{Chi}^2$	Comprimento da linha base (m)	
RM1	25 26 53,326284 0,011	49 13 51,342425 0,014	925,2032 0,025	0,031	0,008	5 0	2,7 0,098	45,4024	
RM2	25 26 54,544056 0,011	49 13 50,647152 0,014	925,031 0,026	0,031	0,006	5 1	2,7 0,089	36,9915	
RM3	25 26 54,567888 0,011	49 13 52,210308 0,014	923,7576 0,025	0,031	0,010	5 0	2,6 0,139	8,1566	
AZIMUTE	25 26 48,128352 0,007	49 13 53,99112 0,010	928,3278 0,019	0,022	0,007	6 0	1,5 0,185	209,7934	
IANT	25 26 54,68682	49 13 51,95809	923,103	Estação Base					

A Figura 5.15 representa o RXPLOT para o receptor móvel gerado a partir dos dados coletados no campo com elevação superior a  $15^\circ$ , uma relação sinal/ruído igual a 3 e o sinal obtido para a observável fundamental  $L_0$ . Observa-se a presença constante de 5 satélites e nos instantes finais da observação a constelação é acrescida de mais um satélite (PRN22). A estação RM2 foi ocupada às 20h 36m 53s e verifica-se (Figura 5.15) que não houve perda de sinais para os 5 satélites rastreados neste intervalo de tempo, contudo não houve a fixação das ambigüidades.

FIGURA 5.15 – Visibilidade dos satélites e informações sobre as perdas de ciclos e sobre o PDOP para o receptor móvel no posicionamento relativo com a técnica cinemático contínuo com inicialização por intercâmbio de antenas.



### c) Sem inicialização.

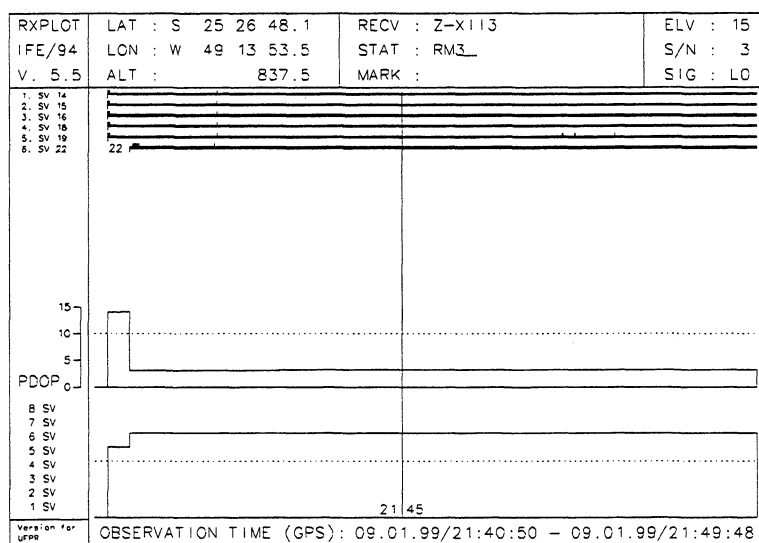
Na tabela 5.17 apresenta-se os resultados obtidos com esta técnica de levantamento (seção 4.3.2.4). Verifica-se que as estações RM1, RM2 e Azimute apresentaram desvios padrão ( $S_N$  e  $S_E$ ) inferiores a 9 mm e  $S_h$  inferiores a 3,3 cm. Nelas, houve a fixação das ambigüidades e a presença constante de 6 satélites. O PDOP foi inferior a 2,1 e o valor do  $\text{Chi}^2$  apresenta-se menor que 1,03. O resíduo da fase está abaixo do limite de 1,1 cm e o RMS foi inferior a 3,5 cm. A estação RM3 apresenta um RMS igual a 54,02 m e o *Flag* é igual a -1 (medida de dados baseados em predição pelo Filtro de Kalman). Presume-se que a má qualidade dos resultados obtidos para esta estação seja devida ao fato de que ela é a estação inicial do levantamento com a técnica cinemático contínuo sem inicialização. Também pode-se considerar que apesar do receptor indicar a presença de 4 satélites no instante de ocupação do ponto não houve tempo para a coleta de observações suficientes para a resolução das ambigüidades nesta estação. Analisando-se a Tabela 5.17, observa-se que nas demais estações os resultados foram de melhores qualidades.

TABELA 5.17 – Coordenadas obtidas pela técnica cinemático contínuo sem inicialização.

ESTAÇÃO	$\phi$ (°)'' S <sub>N</sub>	$\lambda$ (°)'' S <sub>E</sub>	h (m) S <sub>h</sub>	RMS (m)	Resíduo da fase (m)	SVs Flag	PDOP Chi <sup>2</sup>	Comprimento da linha base	
RM1	25 26 53,325528 0,008	49 13 51,342456 0,009	925,218 0,031	0,033	0,011	6 0	2,1 0,103	45,4256	
RM2	25 26 54,544092 0,008	49 13 50,647404 0,009	924,4163 0,031	0,033	0,007	6 0	2,1 0,040	36,9855	
RM3	25 26 54,568032 ----	49 13 52,210596 ----	924,973 ----	54,02	----	0 -1	---- ----		
AZIMUTE	25 26 48,1281 0,008	49 13 53,991012 0,009	928,3459 0,033	0,035	0,005	6 0	2,0 0,060	209,8008	
IANT	25 26 54,68682	49 13 51,95809	923,103	Estação Base					

Pode-se observar na Figura 5.16, o RXPLOT, para o receptor móvel gerado com os dados deste levantamento. Nesta figura percebe-se a presença de até 6 satélites e um PDOP inferior a 2,2 exceto nos instantes iniciais de observação onde ele alcança valores próximos de 15. Constata-se algumas perdas de sinais durante o período de levantamento. A estação RM3 foi ocupada às 21h 42m 17s não detectada perdas de sinais (Figura 5.16). Verifica-se que antes deste instante de observação houveram significativas perdas de sinais e a elevação do PDOP.

FIGURA 5.16 – Visibilidade dos satélites e informações sobre as perdas de ciclos e sobre o PDOP para o receptor móvel no posicionamento relativo com a técnica cinemático contínuo sem inicialização.



### 5.2.1.1.5 – Técnica *Stop and Go*

Esta técnica de levantamento, descrita na seção 4.3.2.5, foi realizada com as inicializações de linha de base conhecida e intercâmbio de antenas. O processamento dos dados coletados com essa técnica foi realizado com o aplicativo PNAV utilizando a opção *DATA PROCESSING* (Tabela 5.5). Na Tabela 5.18, observa-se os resultados obtidos com a técnica *Stop and Go* com inicialização de linha de base conhecida. Nela verifica-se que os desvios padrão foram inferiores a 5 mm, o RMS foi inferior a 8,4 mm para todas as estações e o resíduo da fase foi inferior a 9 mm. Constata-se a presença de pelo menos 7 satélites e a fixação das ambigüidade (*Flag* = 0). O PDOP para estas estações foi inferior a 1,7 e o  $\text{Chi}^2$  foi menor que 1 (a solução da posição é confiável).

TABELA 5.18 – Coordenadas obtidas pela técnica *Stop and Go* com inicialização de linha de base conhecida.

ESTAÇÃO	$\varphi$ (° ' ") S <sub>N</sub>	$\lambda$ (° ' ") S <sub>E</sub>	h (m) S <sub>h</sub>	RMS (m)	Resíduo da fase (m)	SVs Flag	PDOP Chi <sup>2</sup>	Comprimento da linha base (m)	
RM1	25 26 53,32613 0,003	49 13 51,34217 0,004	925,221 0,003	0,0054	0,006	7 0	1,7 0,044	45,326	
RM2	25 26 54,54450 0,003	49 13 50,64770 0,004	924,448 0,003	0,0067	0,007	7 0	1,7 0,058	36,902	
RM3	25 26 54,56820 0,005	49 13 52,21078 0,005	923,782 0,004	0,0084	0,009	8 0	1,2 0,030	7,978	
AZIMUTE	25 26 48,12871 0,004	49 13 53,99067 0,004	928,332 0,003	0,0052	0,005	7 0	1,6 0,043	209.741	
IANT	25 26 54,68682	49 13 51,95809	923,103	Estação Base					

As coordenadas obtidas com o processamento dos dados coletados com a técnica *Stop and Go* com inicialização por intercâmbio de antenas estão indicadas na Tabela 5.19. Observa-se que os desvios padrão foram inferiores a 7 mm, o RMS a 1,17 cm, o resíduo da fase a 1,2 cm e o PDOP foi igual a 1,6 para todas as estações. Houve a presença constante de 7 satélites, a fixação das ambigüidades (*Flag* = 0) e o valor do  $\text{Chi}^2$  foi menor do que 1.

TABELA 5.19 – Coordenadas obtidas pela técnica *Stop and Go* com inicialização por intercâmbio de antenas.

ESTAÇÃO	$\varphi$ (° ' ") $S_N$	$\lambda$ (° ' ") $S_E$	h (m) $S_h$	RMS (m)	Resíduo da fase (m)	SVs Flag	PDOP Chi <sup>2</sup>	Comprimento da linha base (m)
RM1	25 26 53,32600 0,006	49 13 51,34232 0,007	925,210 0,006	0,0117	0,012	7 0	1,6 0,032	45,327
RM2	25 26 54,54444 0,005	49 13 50,64751 0,005	924,440 0,004	0,0101	0,010	7 0	1,6 0,029	36,907
RM3	25 26 54,56833 0,006	49 13 52,21075 0,006	923,785 0,005	0,0075	0,002	7 0	1,6 0,017	7,975
AZIMUTE	25 26 48,12862 0,005	49 13 53,99079 0,005	928,349 0,004	0,0101	0,010	7 0	1,6 0,043	209,745
IANT	25 26 54,68682	49 13 51,95809	923,103	Estação Base				

### 5.2.1.1.6 – Técnica Pseudocinemático

Na Tabela 5.20 observa-se as coordenadas e os demais resultados obtidos pelo processamento da técnica pseudocinemático (seção 4.3.2.6 e Figura 5.4.b). Nesta tabela verifica-se que os desvios padrão estão compreendidos entre 18,1 cm a 39,1 cm, o RMS foi inferior a 3,8 mm para todas as estações. Constata-se a presença de pelo menos 6 satélites, contudo não houve a fixação das ambigüidades ( $Flag = 1$ ). O  $Ch^2$  foi maior de 5 para todas as estações (existe uma discrepância entre os dados e o modelo; a posição é inaceitável).

TABELA 5.20 – Coordenadas obtidas pela técnica Pseudocinemático.

ESTAÇÃO	$\varphi$ (° ' ") $S_N$	$\lambda$ (° ' ") $S_E$	h (m) $S_h$	RMS (m)	Resíduo da fase (m)	SVs Flag	Chi <sup>2</sup>	Comprimento da linha base (m)
RM1	25 26 53,32129 0,285	49 13 51,34876 0,272	925,538 0,269	0,0030	0,012	6 1	53,115	45,410
RM2	25 26 54,55715 0,290	49 13 50,61950 0,268	924,042 0,277	0,0028	0,010	6 1	48,216	37,628
RM3	25 26 54,56900 0,391	49 13 52,21678 0,387	924,319 0,367	0,0038	0,002	6 1	66,304	8,178
AZIMUTE	25 26 48,12977 0,259	49 13 53,98999 0,342	928,710 0,181	0,0028	0,010	7 1	53,078	209,714
IANT	25 26 54,68682	49 13 51,95809	923,103	Estação Base				



### 5.2.1.2 – Levantamentos realizados anteriormente

Detectou-se, para a área em estudo no Centro Politécnico, a existência de um levantamento realizado em 08 de janeiro de 1989. Foi empregado o método relativo com a técnica estático clássico, utilizando as frequências  $L_1$  e  $L_2$  (CAMPOS, 1989). Os resultados obtidos estão indicados na Tabela 5.21.

TABELA 5.21 – Distâncias e desníveis (CAMPOS, 1989).

Linha	Distâncias médias (m)	Desníveis (m)
PARA-RM1	24,756	-0,186
PARA-RM2	25,548	-1,335
PARA-RM3	25,592	-1,998
PARA-AZIMUTE	197,998	2,560

Segundo CRIOLLO (1993), a estação RM1 (ECC1) apresenta erro em suas coordenadas, podendo as coordenadas das demais estações estarem sujeitas à propagação deste erro.

### 5.2.1.3 – Comparações e análises dos resultados obtidos

Inicialmente calcula-se as diferenças para as distâncias e para os desníveis entre os resultados obtidos pelo posicionamento relativo com a técnica estático clássico (GPS/EC) (Tabela 5.4) e os dados indicados na Tabela 5.21 (1989). Elas, foram calculadas a fim de se verificar a existência de diferenças significativas na estação RM1 (conforme citado em CRIOLLO, 1993). Na Tabela 5.22, verifica-se que as diferenças, para a linha PARA-RM1, em distância foi de 10,38 cm e em desnível foi de 35 cm. Para as demais linhas estas diferenças foram inferiores a 6,5 cm. Analisando-se estas diferenças, pode-se concluir que há problemas com as coordenadas da estação RM1 obtidas no levantamento de 1989, podendo haver a propagação deste erro para as coordenadas das demais estações.

TABELA 5.22 – Diferenças em distância e desnível entre os resultados obtidos com o GPS/EC (1998) e os dados indicados na Tabela 5.21 (1989).

Linha	Diferenças em distâncias (m)	Diferenças em desníveis (m)
PARA-RM1	0,1038	-0,35
PARA-RM2	-0,0289	0,035
PARA-RM3	-0,0081	0,024
PARA-AZIMUTE	0,02	0,063

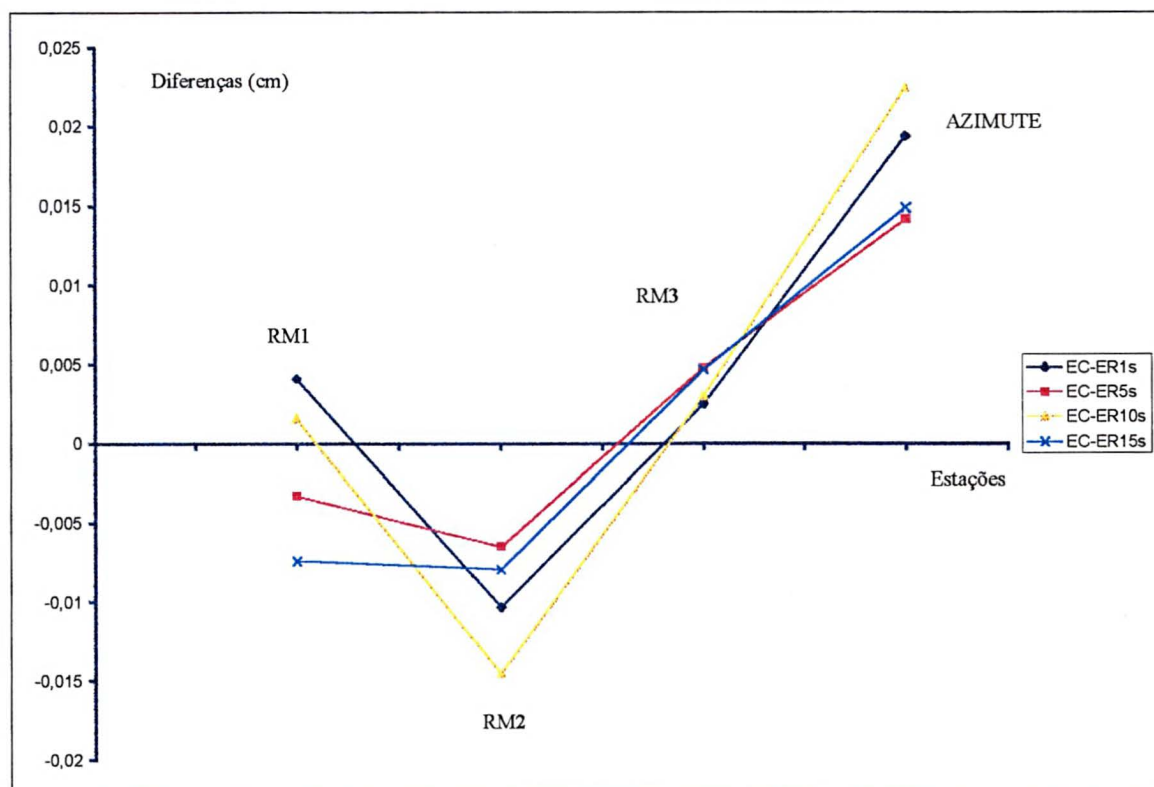
Para as comparações e análises dos resultados obtidos (seção 5.2.1.1) optou-se em adotar as coordenadas ajustadas obtidas com o método de posicionamento relativo utilizando a técnica estático clássico (Tabela 5.4). Elas, serão empregadas para verificar a precisão alcançada em distância e em desnível desta técnica comparando com as demais técnicas realizadas nesta área de levantamento (seções 4.3.2 e 5.2.1.1).

Na Tabela 5.23, são indicadas as diferenças calculadas entre as obtidas entre o posicionamento relativo estático clássico (GPS/EC) e os resultados obtidos com a técnica estático rápido com uma ocupação (ER), sendo: ER1s (taxa de coleta de dados igual a 1 segundo), ER5s (taxa de coleta de dados igual a 5 segundo), ER10s (taxa de coleta de dados igual a 10 segundo) e ER15s (taxa de coleta de dados igual a 15 segundo). Estas diferenças estão representadas no Gráfico 5.1.

TABELA 5.23 – Diferenças em distância entre os resultados obtidos com o GPS/EC (1998) e com a técnica estático rápido com uma ocupação.

Linha	Diferenças em distâncias (m)			
	EC-ER1s	EC-ER5s	EC-ER10s	EC-ER15s
PARA-RM1	0,0041	-0,0033	0,0016	-0,0074
PARA-RM2	-0,0103	-0,0065	-0,0145	-0,0079
PARA-RM3	0,0025	0,0048	0,003	0,0047
PARA-AZIM	0,0194	0,0142	0,0224	0,0149

GRÁFICO 5.1 – Diferenças em distâncias obtidas com o GPS/EC (1998) e com a técnica estático rápido com uma ocupação para as diferentes taxas de coletas de dados (1s, 5s, 10s e 15s).



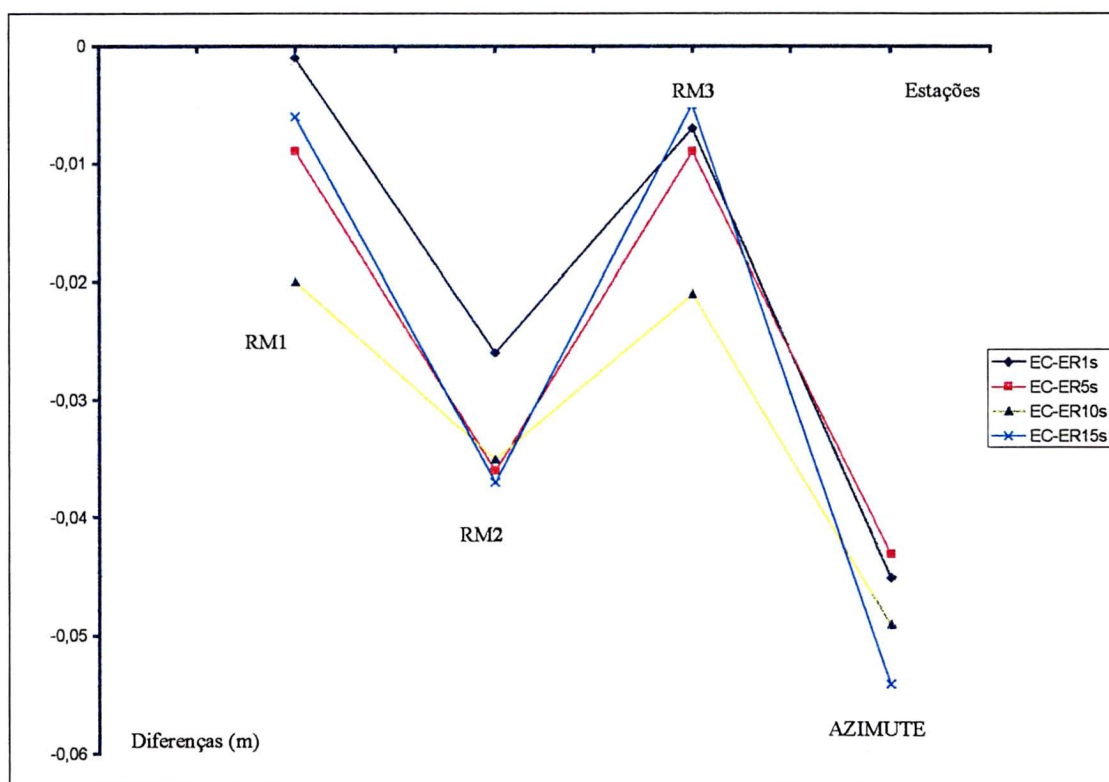
No Gráfico 5.1 e na Tabela 5.23, observa-se que as diferenças em distâncias entre o EC e os ERs (técnica estático rápido com uma ocupação) foram maiores para a linha PARA-AZIMUTE, variando de 1,4 cm a 2,2 cm. Cabe ressaltar que esta é a linha mais longa (198,018 m). Verifica-se que as demais linhas apresentam diferenças entre 1,6 mm a 1,5 cm. Observou-se que estas diferenças em sua maioria foram menores para as taxas de 5 e 10 segundos do que para as taxas de 1 e 15 segundos.

As diferenças em desníveis obtidas entre o posicionamento relativo estático clássico (GPS/EC) e os resultados obtidos com a técnica estático rápido com uma ocupação (ER1s, ER5s, ER10s e ER15s) encontram-se indicadas na Tabela 5.24 e representadas no Gráfico 5.2. Observa-se que as maiores diferenças foram obtidas para a linha PARA-AZIM (4,3 cm a 5,4 cm); para as demais linhas estas diferenças estão compreendidas entre 1mm e 3,7 cm.

TABELA 5.24 – Diferenças em desníveis entre os resultados obtidos com o GPS/EC (1998) e com a técnica estático rápido com uma ocupação.

Linha	Diferenças em desníveis (m)			
	EC - ER1s	EC-ER5s	EC-ER10s	EC-ER15s
PARA-RM1	-0,001	-0,009	-0,02	-0,006
PARA-RM2	-0,026	-0,036	-0,035	-0,037
PARA-RM3	-0,007	-0,009	-0,021	-0,005
PARA-AZIM	-0,045	-0,043	-0,049	-0,054

GRÁFICO 5.2 – Diferenças em desníveis obtidas com o GPS/EC (1998) e com a técnica estático rápido com uma ocupação para as diferentes taxas de coletas de dados (1s, 5s, 10s e 15s).



Mediante a análise das Tabelas 5.23 e 5.24 e dos Gráficos 5.1 e 5.2, verificou-se que as maiores diferenças ocorreram para a estação Azimute. Porém, não se pode afirmar com segurança com qual taxa de coleta de dados se obtém as menores diferenças em distâncias e desníveis.

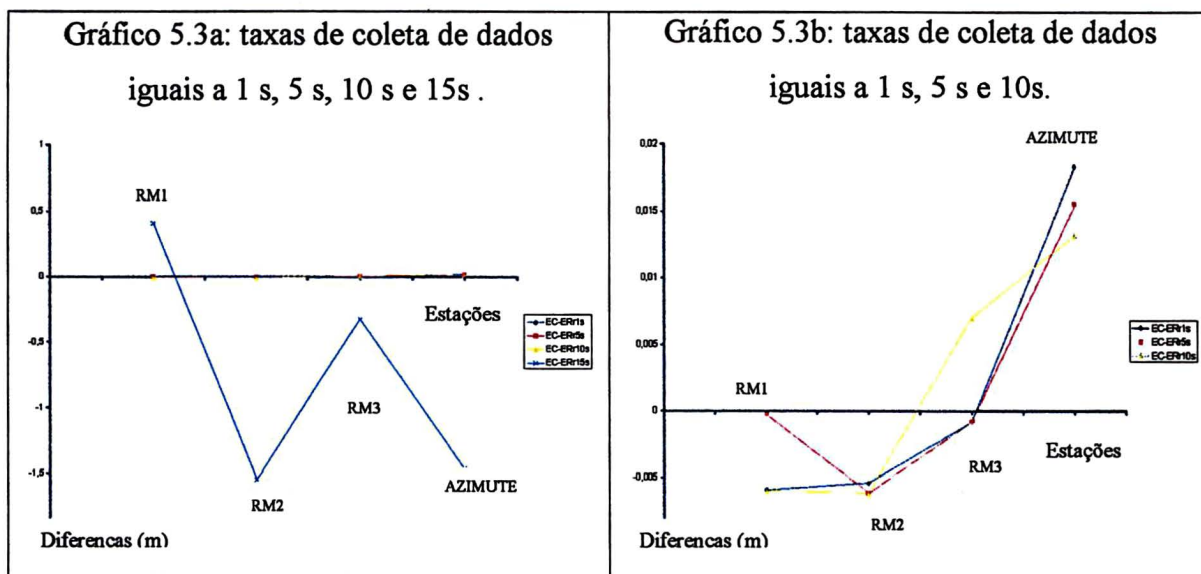
As diferenças em distâncias calculadas entre os resultados obtidos pelo posicionamento relativo estático clássico (GPS/EC) e pelos obtidos com a técnica estático rápido com reocupação (ERr), sendo: ERr1s (taxa de coleta de dados igual a 1 segundo), ERr5s (taxa de coleta de dados igual a 5 segundo), ERr10s (taxa de coleta de dados igual a 10 segundo) e ERr15s (taxa de coleta de dados igual a 15 segundo) encontram-se na Tabela 5.25 e estão indicadas no Gráfico 5.3.

TABELA 5.25 – Diferenças em distâncias entre os resultados obtidos com o GPS/EC (1998) e com a técnica estático rápido com reocupação.

Linha	Diferenças em distâncias (m)			
	EC - ERr1s	EC-ERr5s	EC-ERr10s	EC-ERr15s
PARA-RM1	-0,0059	-0,0003	-0,006	0,4085
PARA-RM2	-0,0054	-0,0062	-0,0062	-1,5465
PARA-RM3	-0,0008	-0,0008	0,007	-0,3271
PARA-AZIM	0,0183	0,0155	0,0132	-1,4632

Observa-se na Tabela 5.25 e no Gráfico 5.3a que as diferenças em distâncias para EC-ERr15s estão compreendidas entre 33 cm e 1,55 m. Estes resultados de má qualidade são consequência da não fixação das ambigüidades. Para a linha PARA-AZIM verifica-se diferenças de 1,32 cm a 1,83 cm; para as demais linhas obteve-se diferenças ao nível do milímetro (Gráfico 5.3b).

GRÁFICO 5.3 – Diferenças em distâncias obtidas com o GPS/EC (1998) e com a técnica estático rápido com reocupação para as diferentes taxas de coletas de dados (1 s, 5 s, 10 s e 15 s).

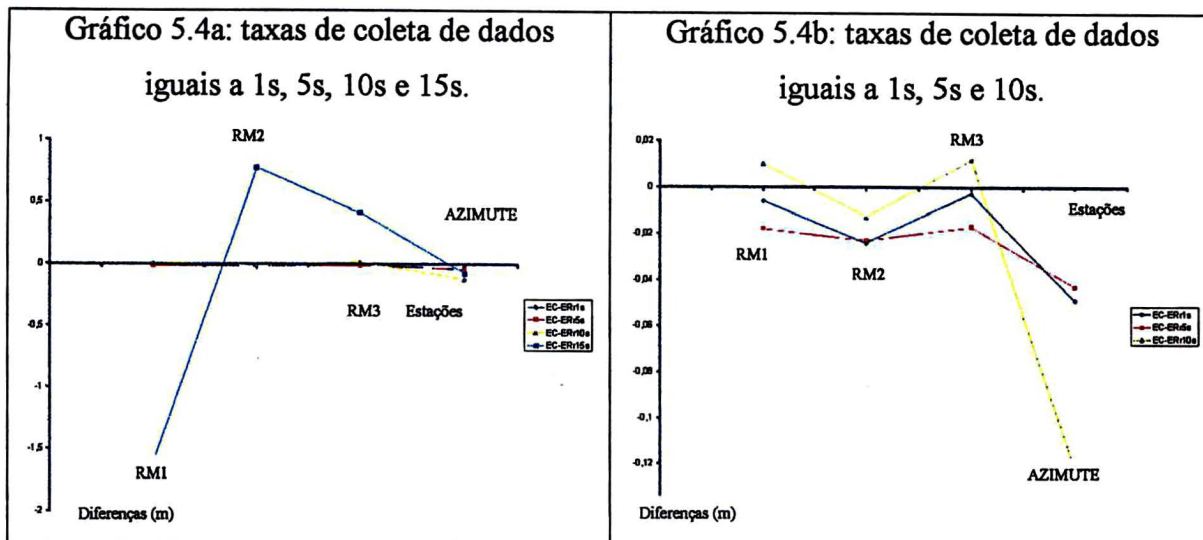


Pela análise da Tabela 5.26 e dos Gráficos 5.4a e 5.4b, constata-se que as diferenças em desnível para o EC-ERr15s variam de 8 cm a 1,6 m. Estas diferenças para as linhas PARA-RM1, PARA-RM2 e PARA-RM3 com taxas de coleta de dados de 1s, 5s e 10s variaram de 2,4 cm a 3 mm. Para a linha PARA-AZIM elas variam de 12,3 cm a 4,3 cm.

TABELA 5.26 – Diferenças em desnível entre os resultados obtidos com o GPS/EC (1998) e com a técnica estático rápido com reocupação.

Linha	Diferenças em desníveis (m)			
	EC - ERr1s	ER-ERr5s	ER-ERr10s	EC-ERr15s
PARA-RM1	-0,006	-0,018	0,01	-1,606
PARA-RM2	-0,024	-0,023	-0,013	0,773
PARA-RM3	-0,003	-0,017	0,012	0,415
PARA-AZIM	-0,049	-0,043	-0,123	-0,082

GRÁFICO 5.4 – Diferenças em desníveis obtidas com o GPS/EC (1998) e com a técnica estático rápido com reocupação para as diferentes taxas de coletas de dados (1 s, 5 s, 10 s e 15 s).



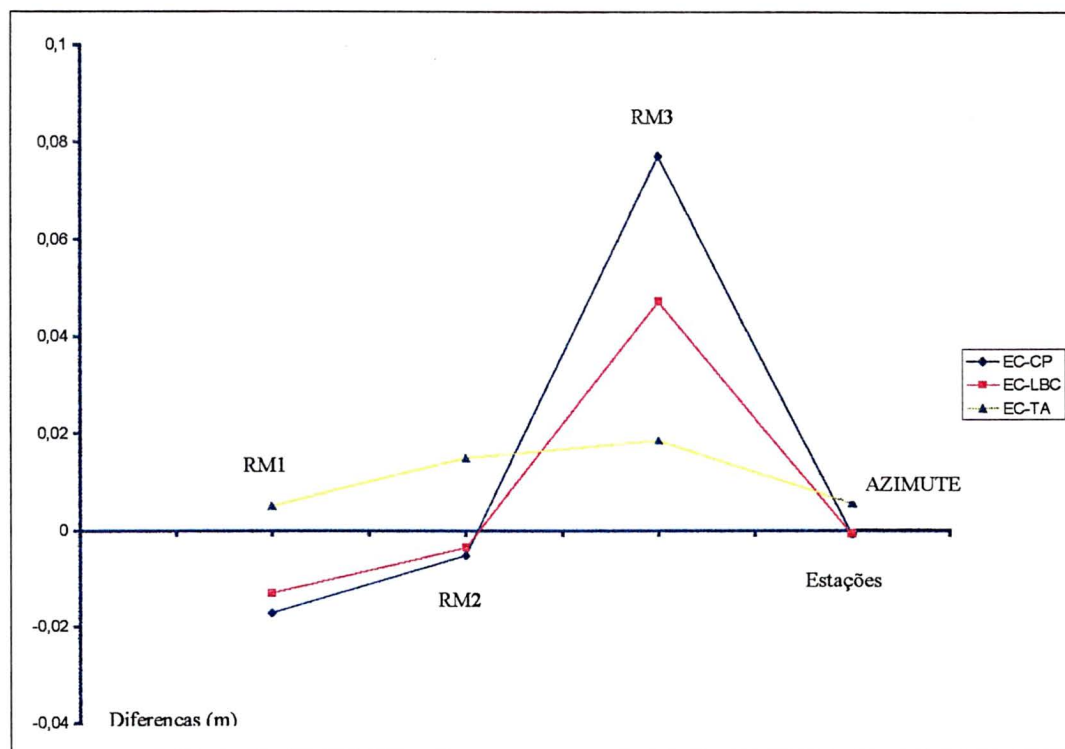
Na Tabela 5.27, observam-se as diferenças em distâncias calculadas entre os resultados obtidos pelo posicionamento relativo estático clássico (GPS/EC) e pelos obtidos com a técnica cinemático com e sem inicialização (seção 4.3.2.4 e 5.2.1.1.4). Nesta tabela, CP representa a técnica cinemático puro sem inicialização, LBC a técnica cinemático com inicialização de linha de base conhecida e TA a técnica cinemático com inicialização por intercâmbio de antenas. Estas diferenças encontram-se representadas no Gráfico 5.5.

TABELA 5.27 – Diferenças em distâncias entre os resultados obtidos com o GPS/EC (1998) e com a técnica cinemático com e sem inicialização.

Linha	Diferenças em distâncias (m)		
	EC-CP	EC-LBC	EC-TA
PARA-RM1	-0,0173	-0,0131	0,005
PARA-RM2	-0,0053	-0,0036	0,0149
PARA-RM3	0,0771	0,0472	0,0185
PARA-AZIM	-0,0007	-0,0007	0,0055

Analisando-se as diferenças em distâncias indicadas na Tabela 5.27, observa-se que elas estão compreendidas entre 4,7 cm e 0,7 mm exceto na diferença EC-CP para a linha PARA-RM3 cujo valor é igual a 7,71 cm. As menores diferenças foram observadas para a linha PARA-AZIM que manteve suas diferenças ao nível do milímetro.

GRÁFICO 5.5 – Diferenças em distâncias obtidas com o GPS/EC (1998) e com a técnica cinemático com e sem inicialização.



Analisando-se o Gráfico 5.5, percebe-se que não houve grandes variações nas diferenças em distâncias para EC-TA, refletindo numa homogeneidade de resultados (linha mais próxima do eixo x).

As diferenças em desnível calculadas entre os resultados obtidos pelo posicionamento relativo estático clássico (GPS/EC) e pelos obtidos com a técnica cinemático com e sem inicialização (seção 4.3.2.4 e 5.2.1.1.4) podem ser observadas na Tabela 5.28. No Gráfico 5.6, foram representadas estas diferenças.

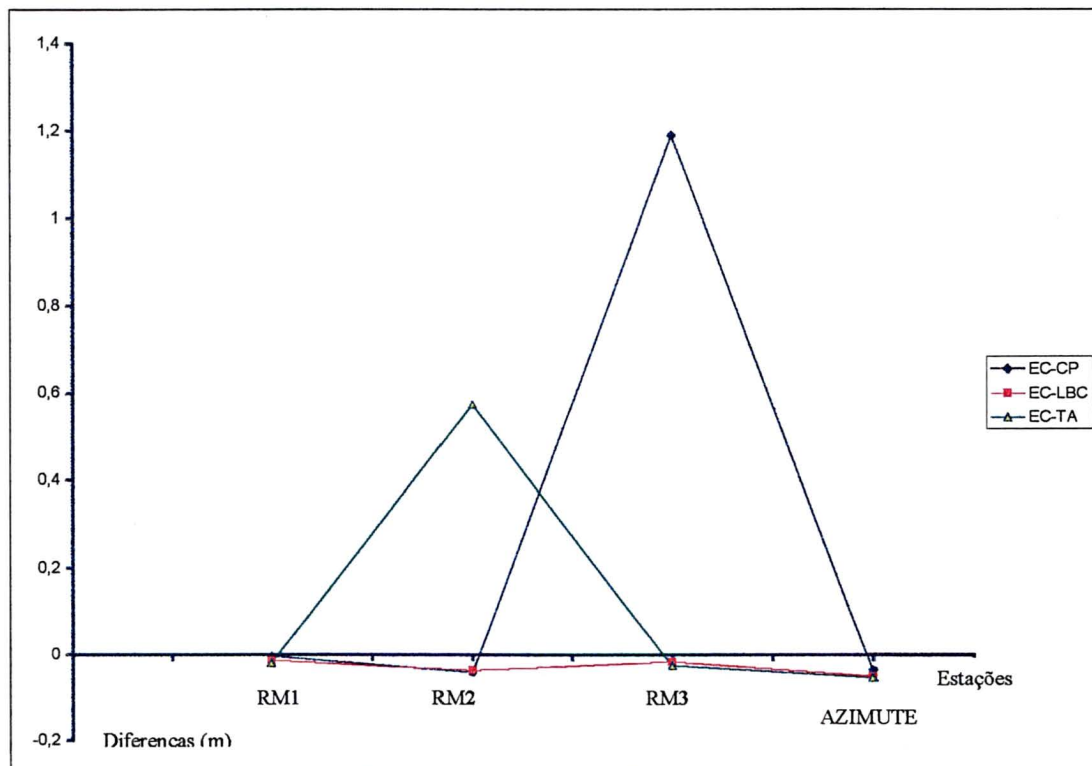


TABELA 5.28 – Diferenças em desníveis entre os resultados obtidos com o GPS/EC (1998) e com a técnica cinemático com e sem inicialização.

Linha	Dif. Desníveis (m)		
	EC-CP	EC-LBC	EC-TA
PARA-RM1	-0,005	-0,0147	-0,0198
PARA-RM2	-0,0427	-0,0388	0,572
PARA-RM3	1,188	-0,017	-0,0274
PARA-AZIM	-0,0361	-0,0513	-0,0542

As diferenças em desníveis (Tabela 5.28) variaram de 5 mm a 5,4 cm, exceto para a linha PARA-RM3 (EC-CP) e para a linha PARA-RM2 (EC-TA) cujas diferenças foram iguais a 1,188 m e 57,2 cm, respectivamente. Nestes casos verifica-se (Tabelas 5.15 a 5.17) que não houve a fixação das ambigüidades. Analisando-se a Tabela 5.28 e o Gráfico 5.6 constata-se que a linha representativa das diferenças em desnível para EC-LBC não apresenta grandes variações e encontra-se mais próxima do eixo x.

GRÁFICO 5.6 – Diferenças em desnível obtidas com o GPS/EC (1998) e com a técnica cinemático com e sem inicialização.



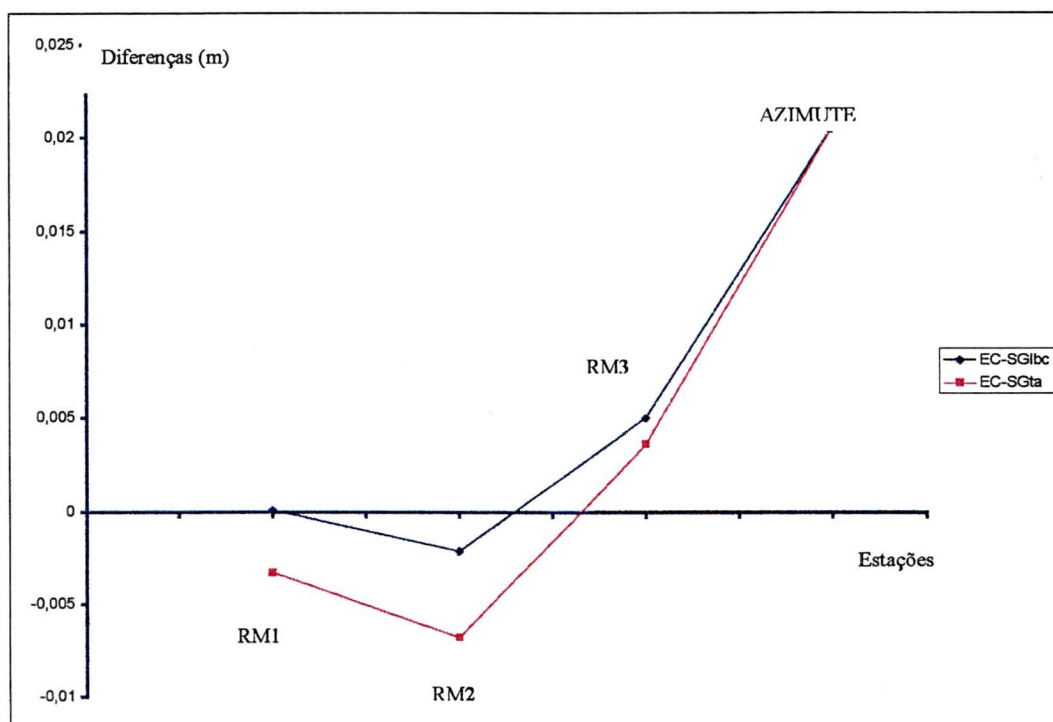
A Tabela 5.29, apresenta as diferenças em distância obtidas entre os resultados gerados pelos métodos de posicionamento relativo com a técnica estático clássico (EC) e com a técnica *Stop and Go* (SG). Denomina-se SGIbc para a técnica *Stop and Go* com inicialização de linha de base conhecida e SGIta para a técnica *Stop and Go* com inicialização por intercâmbio de antenas. As diferenças variam de 0,1 mm a 6,8 mm exceto para a linha PARA-AZIM que apresentou as maiores diferenças (2,05 cm).

TABELA 5.29 – Diferenças em distâncias entre os resultados obtidos com o GPS/EC (1998) e com a técnica *Stop and Go* com diferentes técnicas de inicialização.

Linha	Diferenças em distâncias (m)	
	EC-SGIbc	EC-SGIta
PARA-RM1	0,0001	-0,0033
PARA-RM2	-0,0021	-0,0068
PARA-RM3	0,005	0,0036
PARA-AZIM	0,0205	0,0205

Observa-se no Gráfico 5.7 que as diferenças são inferiores a 6,8 mm exceto para a linha PARA-AZIM que obtiveram diferenças de 2,05 cm.

GRÁFICO 5.7 – Diferenças em distâncias obtidas com o GPS/EC (1998) e com a técnica *Stop and Go* com diferentes técnicas de inicialização.



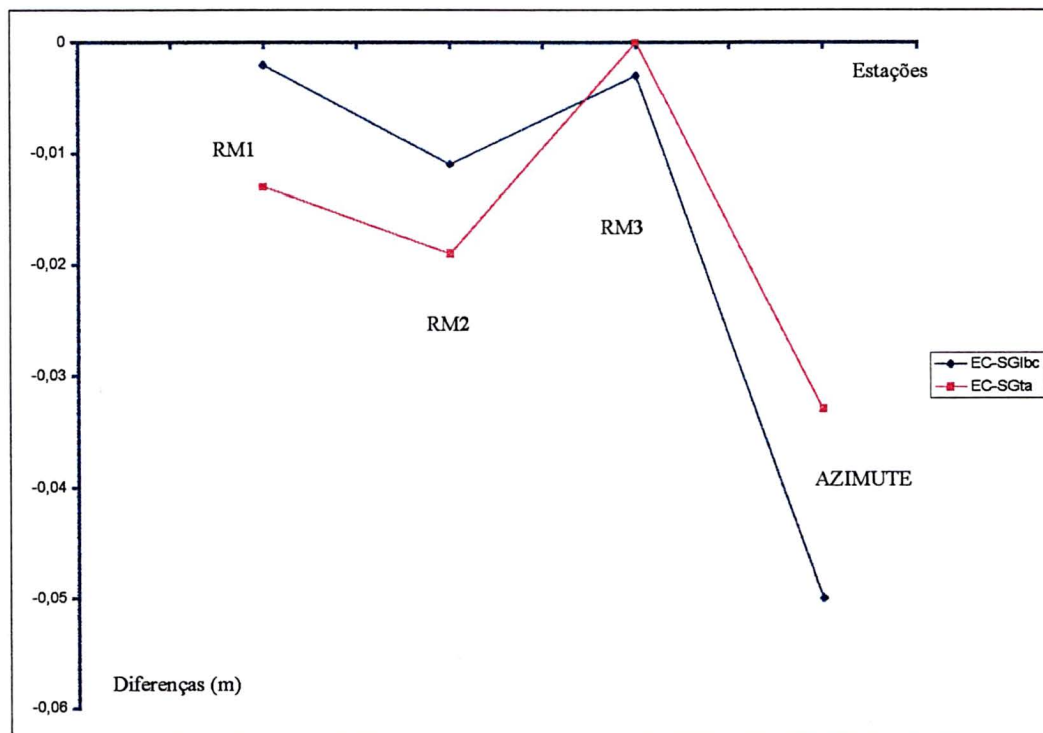
Na Tabela 5.30, observa-se as diferenças em desnível obtidas entre os resultados gerados com a técnica estático clássico (EC) e com a técnica *Stop and Go* com inicialização de linha de base conhecida (SGlbc) e com inicialização por intercâmbio de antenas (SGta). Estas diferenças foram inferiores a 1,9 cm exceto para a linha PARA-AZIM cujos valores foram iguais a 5 cm e a 3,3 cm para SGlbc e SGta, respectivamente.

TABELA 5.30 – Diferenças em desnível entre os resultados obtidos com o GPS/EC (1998) e com a técnica *Stop and Go* com diferentes técnicas de inicialização.

Linha	Dif. Desníveis <i>Stop Go</i> (m)	
	EC-SGlbc	EC-SGta
PARA-RM1	-0,002	-0,013
PARA-RM2	-0,011	-0,019
PARA-RM3	-0,003	0
PARA-AZIM	-0,05	-0,033

As diferenças indicadas na Tabela 5.30 estão representadas no Gráfico 5.8, no qual fica evidente que as maiores diferenças foram obtidas para a linha PARA-AZIM.

GRÁFICO 5.8 – Diferenças em desnível obtidas com o GPS/EC (1998) e com a técnica *Stop and Go* com diferentes técnicas de inicialização.



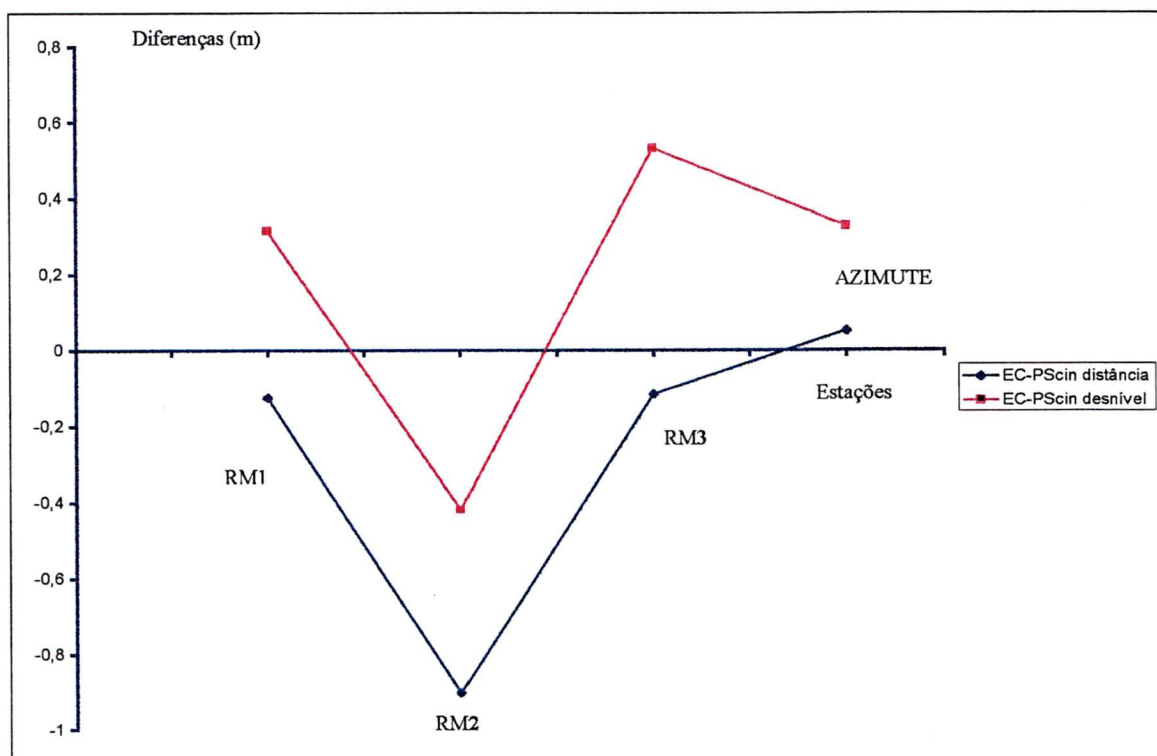
As diferenças em distâncias e em desníveis obtidas entre os resultados gerados com a técnica estático clássico (EC) e com a técnica pseudocinemático estão indicadas na Tabela 5.31. Observa-se que as diferenças em distâncias variaram de 5,2 cm a 90,1 cm e as diferenças em desníveis apresentam-se entre 31,5 cm e 53,4 cm. Estas diferenças elevadas resultam da qualidade da solução com a técnica pseudocinemático, neste caso não houve a fixação das ambigüidades (Tabela 5.20).

TABELA 5.31 – Diferenças em distâncias e em desníveis entre os resultados obtidos com o GPS/EC (1998) e com a técnica pseudocinemático.

Linha	Dif. Distâncias (m)		Dif. Desnível (m)	
	EC-PScin	EC-PScin	EC-PScin	EC-PScin
PARA-RM1	-0,1241	0,315	0,315	
PARA-RM2	-0,9012	-0,417	-0,417	
PARA-RM3	-0,1138	0,534	0,534	
PARA-AZIM	0,0523	0,328	0,328	

No gráfico abaixo (Gráfico 5.9), estão representadas as diferenças em distâncias e em desníveis indicadas na Tabela 5.31.

GRÁFICO 5.9 – Diferenças em distâncias e em desníveis entre os resultados obtidos com o GPS/EC (1998) e com a técnica pseudocinemático.



### 5.2.1.4 – Análise da precisão do levantamento de 1993

CRIOLLO (1993) recomenda que uma nova comparação dos seus resultados obtidos com os diferentes métodos cinemáticos seja realizada com novas coordenadas obtidas para as estações que compõem a área em estudo, localizada no Centro Politécnico. Esta nova análise faz-se necessária pelo fato de que na época destas comparações foi detectado erro principalmente nas coordenadas da estação RM1 (ECC1) (CRIOLLO, 1993). Segundo o autor, só com uma nova comparação pode-se conhecer a real precisão alcançada pelos diferentes métodos (técnicas).

Na Tabela 5.32, apresenta-se as diferenças em distâncias e em desníveis obtidas entre os métodos de posicionamento relativo com a técnica estático clássico ajustado (Tabela 5.4) e as técnicas cinemático empregadas por CRIOLLO (1993).

TABELA 5.32 – Diferenças em distâncias e desníveis entre os resultados obtidos com o GPS/EC (1998) e com as técnicas cinemáticas empregadas por CRIOLLO (1993).

Visita		1		2	
Método	Estação	Dif.distância (cm)	Dif. Desnível (cm)	Dif.distância (cm)	Dif. Desnível (cm)
INT-LBC	RM1	0,3	-1,81	0,48	-1,75
	RM2	-0,29	0,31	0,41	0,33
	RM3	-0,33	-2,2	-0,86	-0,83
	AZIM	2,03	1,74	2,26	0,84
INT-IDA	RM1	1,47	-2,06	0,72	-1,19
	RM2	-0,69	-0,94	-0,12	0,38
	RM3	0,18	-1,92	1,48	-1,18
	AZIM	2,18	0,33	2,37	2,42
CON-LBC	RM1	1,38	-0,87	-0,96	-2,7
	RM2	0,26	0,12	-0,28	-1,29
	RM3	-0,13	-0,78	-1,47	-0,11
	AZIM	1,96	2,38	6,82	0,44
CON-IDA	RM1	-0,22	-1,06	0,3	-1,22
	RM2	0,3	0,38	1,56	0,52
	RM3	2,13	-0,88	-0,41	-1,08
	AZIM	2,79	2,88	1,83	1,94
PSE-CIN	RM1	-1,37	2,36	-0,33	-2,62
	RM2	-0,09	6,39	-23,51	0,8
	RM3	-10,05	2,48	-3,05	-3,31
	AZIM	3,01	5,35	6,14	0,21

Onde:

INT-LBC: Método interrompido (técnica *Stop and Go*) com linha de base conhecida;

INT-IDA: Método interrompido (técnica *Stop and Go*) com intercâmbio de antenas;

CON-LBC: Método contínuo (técnica cinemático contínuo) com linha de base conhecida;

CON-IDA: Método contínuo (técnica Cinemático contínuo) com intercâmbio de antenas; e

PSE-CIN : Método Pseudocinemático (técnica pseudocinemático).

Analisando-se a Tabela 5.32 e comparando-a com a Tabela 12 (CRIOLLO, 1993) (Anexo 02), verifica-se que as diferenças em distância e desnível para a estação RM1 foram inferiores a 1,48 cm e 2,8 cm, respectivamente. Desta forma constata-se que as novas coordenadas da estação RM1 obtidas pelo posicionamento relativo com a técnica estático clássico não apresentam o erro detectado por TIERRA CRIOLLO, 1993. Verifica-se ainda que há uma elevação das diferenças em distância quando se compara a Tabela 5.32 com a Tabela 12 (TIERRA CRIOLLO, 1993). Pela Tabela 5.32 estas diferenças variam de 6,82 cm a 1,83 cm e pela Tabela 12 (TIERRA CRIOLLO, 1993) variam de 0,03 cm a 4,82 cm.

## **5.2.2 – FAZENDA CANGÜIRI**

### **5.2.2.1 – Técnicas de Levantamento**

Os dados coletados para as diferentes técnicas, conforme descritos na seção 4.4.2 e apresentados resumidamente na Tabela 4.3, foram processados com a utilização do programa PRISM (seção 5.1.1).

#### **5.2.2.1.1 – Técnica Estático Clássico**

As coordenadas (Tabela 5.33) que servirão para comparação de precisão entre as diferentes técnicas de levantamento, empregadas na Fazenda Cangüiri, foram obtidas a partir de um posicionamento relativo utilizando a técnica estático clássico. Ele foi realizado nos dias 22, 23 e 24 de setembro de 1998, conforme descritos na seção 4.4.4.1. Estas coordenadas resultam de um ajustamento realizado com o programa PRISM (aplicativo do FILLNET) utilizando-se como estações base o PARA (seção 4.3.1) e ATUBA (seção

4.4.2.1), cujas coordenadas encontram-se indicados na Tabela 5.33 e o arquivo de saída do ajustamento está apresentado no Anexo 03. Nesta Tabela, observam-se as coordenadas geodésicas ( $\varphi$ ,  $\lambda$ ,  $h$ ), o erro padrão por unidade de comprimento (S.E) obtido pelo ajustamento (seção 5.1.1) e os comprimentos das linhas de base com relação às estações PARA e ATUBA. Os resíduos normalizados ( $v$ ,  $v'$ ) dos vetores ajustados estão indicados no anexo 03 e apresentam valores inferiores a 3 (citado no manual técnico do PRISM (Ashtech,1995)).

TABELA 5.33 – Coordenadas ajustadas obtidas pela técnica estático clássico.

ESTAÇÃO	$\varphi$ (° ' ")	$\lambda$ (° ' ")	h (m)	S.E	Comprimento da linha de base (m)	
					PARA-ESTAÇÃO	ATUBA-ESTAÇÃO
P1	25 23 20,90916	49 07 25,06832	907,577	0,411	12.636,445	7.524,963
P2	25 23 22,69888	49 07 26,66381	906,660	0,411	12.569,736	7.477,294
P3	25 23 26,53522	49 07 30,08310	904,628	0,639	12.426,916	7.376,390
P4	25 23 30,65307	49 07 33,75305	905,238	0,639	12.273,866	7.270,057
P5	25 23 37,27953	49 07 39,65990	905,738	0,639	12.028,103	7.103,437
P6	25 23 40,09335	49 07 42,16749	907,168	0,537	11.923,974	7.034,469
P7	25 23 40,85739	49 07 42,84811	907,780	0,537	11.895,729	7.015,937
IAN	25 23 41,05820	49 07 43,05298	906,956	0,537	11.887,679	7.010,357
PARA	25 26 54,12910	49 13 51,43680	925,759	Estação Base		
ATUBA	25 23 35,63193	49 11 53,74788	928,729	Estação Base		

Onde:

- $\varphi$  : latitude geodésica;
- $\lambda$  : longitude geodésica;
- $h$  : altitude geométrica;

#### 5.2.2.1.2 – Técnica Estático Rápido com uma ocupação

O processamento dos dados coletados com o levantamento descrito na seção 4.4.2.2 foi realizado com o aplicativo PNAV utilizando a opção *DATA PROCESSING*. Na Tabela 5.5 estão indicados as opções utilizadas neste pós-processamento.

As coordenadas obtidas com esse processamento são indicadas na Tabela 5.34, onde indica-se as coordenadas ( $\varphi, \lambda, h$ ), os desvios padrão  $S_N$ ,  $S_E$ , e  $S_h$  ( $S_N$  - erro médio quadrático

para a posição norte;  $S_E$  - erro médio quadrático para a posição leste;  $S_h$  - erro médio quadrático para a altura), o RMS das estações, o resíduo da fase, o número de satélites presentes no levantamento, o PDOP, o  $\text{Chi}^2$  ( $\text{Chi}^2 < 1$ , a solução para a posição é confiável;  $1 < \text{Chi}^2 < 5$ , a solução da posição é questionável;  $\text{Chi}^2 > 5$ , existe uma discrepância entre os dados e o modelo, e a posição é inaceitável) e o comprimento da linha de base. Todas as estações envolvidas tem com estação base o IAN.

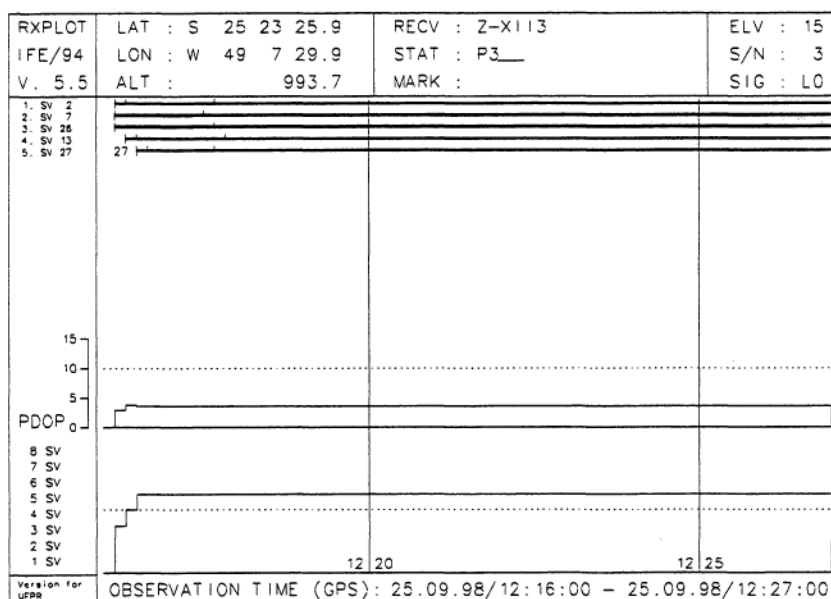
Através da tabela 5.34, verifica-se que o RMS das estações é inferior a 1,4 cm e que o resíduo da fase está abaixo do limite de 0,02 m. O valor do  $\text{Chi}^2$  apresenta-se inferior a 1 indicando uma boa solução. Constata-se que houve sintonia com pelo menos 5 satélites e que o PDOP foi inferior a 3 exceto para as estações P2 e P4. Observa-se que não houve fixação das ambigüidades ( $\text{Flag} = 1$ ) (onde: 0, solução obtida com a fixação das ambigüidades; 1, solução obtida sem a fixação das ambigüidades; -1, medida de dados baseados em predição pelo Filtro de Kalman; 2, Filtro de kalman reinicializado) para a estação P3 e nem significativas perdas de sinais para esta estação conforme está indicado na Figura 5.16. Ela, representa o RXPLOT gerado a partir dos dados coletados no campo com elevação superior a 15 graus, uma relação sinal/ruído igual a 3 e o sinal obtido para a observável fundamental  $L_0$ .

Tabela 5.34 – Coordenadas obtidas com a técnica estático rápido com uma ocupação.

ESTAÇÃO	$\varphi$ (° ' ") $S_N$ (m)	$\lambda$ (° ' ") $S_E$ (m)	h (m) $S_h$ (m)	RMS (m)	Resíduo da fase (m)	SVs FLAG	PDOP $\text{Chi}^2$	Comprimento da linha base (m)	
P1	25 23 20,90905 0,006	49 07 25,06877 0,006	907,549 0,005	0,010	0,010	5 0	2,6 0,078	798,323	
P2	25 23 22,69885 0,008	49 07 26,66367 0,007	906,625 0,006	0,012	0,009	5 0	6,5 0,062	727,455	
P3	25 23 26,53629 0,288	49 07 30,08653 0,146	904,714 0,122	0,0072	0,007	5 1	2,1 0,065	575,454	
P4	25 23 30,65132 0,019	49 07 33,75309 0,018	905,352 0,005	0,0140	0,015	5 0	3,7 0,069	412,526	
P5	25 23 37,27988 0,006	49 07 39,65952 0,006	905,743 0,005	0,0096	0,010	7 0	1,6 0,034	150,076	
P6	25 23 40,09379 0,007	49 07 42,16767 0,007	907,235 0,007	0,0123	0,012	5 0	2,9 0,091	38,647	
P7	25 23 40,85740 0,007	49 07 42,84844 0,008	907,839 0,006	0,0112	0,011	6 0	2,3 0,056	8,466	
IAN	25 23 41,05820	49 07 43,05298	906,956	ESTAÇÃO BASE					



FIGURA 5.17 – Visibilidade dos satélites e informações sobre as perdas de ciclos e sobre o PDOP para a estação P3.



### 5.2.2.1.3 – Técnica Cinemático Contínuo

Conforme na seção 4.4.2.3, esta técnica foi realizada com diferentes técnicas de inicialização e sem inicialização. No processamento destes dados coletados utilizou-se o aplicativo PNAV escolhendo a opção *DATA PROCESSING* com as opções indicadas na Tabela 5.14.

O processamento e a análise foram agrupados da seguinte forma:

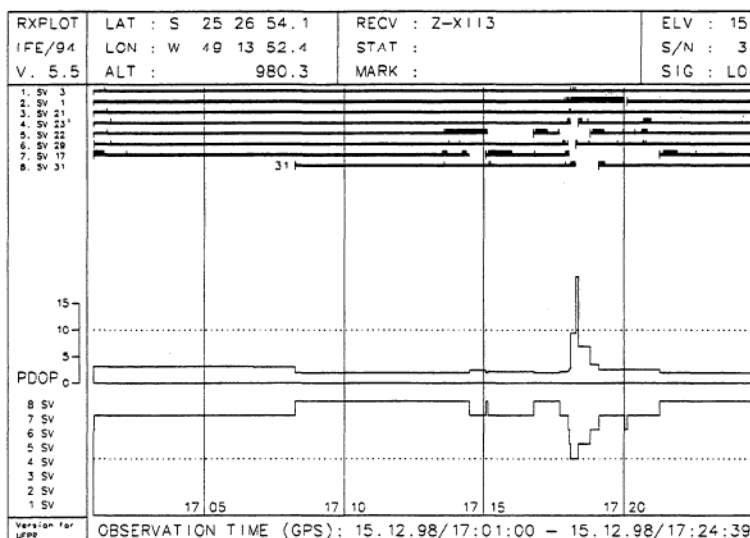
- a) Inicialização de linha de base conhecida;
- b) Inicialização com intercâmbio de antenas;
- c) Sem inicialização.

#### a) Inicialização de linha de base conhecida.

O levantamento com a técnica cinemático contínuo empregando essa inicialização encontra-se descrito na seção 4.4.2.3. Os resultados obtidos no pós-processamento dos dados com o PNAV estão indicados na Tabela 5.35. Nela, são indicadas as coordenadas

obtidas ( $\phi$ ,  $\lambda$ ,  $h$ ), os desvios padrão ( $S_N$ ,  $S_E$ , e  $S_h$ ) o RMS, o resíduo da fase, o número de satélites, o PDOP, o  $\text{Chi}^2$ , o *Flag* e o comprimento da linha de base para cada uma das estações com relação à estação base IAN. Verifica-se pela Tabela 5.35 que o RMS das estações é inferior a 3,1 cm exceto para o ponto P4, que apresentou um RMS igual a 9,793 m. Este fato deve-se a presença de apenas 3 satélites o que conduziu a não resolução das ambigüidades. Conforme descrito na seção 4.4.2.3, a vegetação presente próxima a esta estação (Figura 4.5) provoca perdas de sinais que podem ser observadas no RXPLOT (Figura 5.18), gerado com os dados deste levantamento.

Figura 5.18 – Visibilidade dos satélites e informações sobre as perdas de ciclos e sobre o PDOP para o receptor móvel no posicionamento cinemático com inicialização de linha de base conhecida.



Pode-se observar na Figura 5.18, o RXPLOT para o receptor móvel. Percebe-se a presença de até 8 satélites e um PDOP inferior a 4, exceto para o intervalo de tempo compreendido entre 17h e 18m e 17h e 19m, onde o PDOP alcança valores acima de 15. Nesta área constata-se grandes perdas de sinal, e é dentro dela onde se situa a estação P4. Na Tabela 5.35, constata-se que os valores de PDOP e  $\text{Chi}^2$  apresentam boa qualidade, exceto para a estação P4.

TABELA 5.35 – Coordenadas obtidas com a técnica cinemático contínuo com inicialização de linha de base conhecida.

ESTAÇÃO	$\phi (^{\circ} \prime \prime)$ $S_N$	$\lambda (^{\circ} \prime \prime)$ $S_E(m)$	h (m) $S_h(m)$	RMS (m)	Resíduo da fase (m)	SVs FLAG	PDOP Chi <sup>2</sup>	Comprimento da linha base (m)	
P1	25 23 20,909148 0,009	49 07 25,068792 0,007	907,5414 0,021	0,024	0,005	7 0	1,4 0,073	798,323	
P2	25 23 22,698996 0,013	49 07 26,663736 0,007	906,6218 0,026	0,030	0,008	7 1	1,8 0,118	727,455	
P3	25 23 26,535444 0,013	49 07 30,083052 0,007	904,714 0,025	0,029	0,007	7 0	1,8 0,086	575,456	
P4	25 23 30,63192 5,224	49 07 33,719736 4,927	910,1465 6,659	9,793	0,000	3 1	0,0 0,000	412,526	
P5	25 23 37,27968 0,015	49 07 39,659412 0,008	905,7114 0,023	0,029	0,010	6 0	2,0 0,1	150,076	
P6	25 23 40,092972 0,014	49 07 42,168972 0,008	907,1904 0,026	0,031	0,006	6 1	1,7 0,092	38,647	
P7	25 23 40,857432 0,008	49 07 42,847932 0,006	907,802 0,019	0,021	0,011	8 0	1,3 0,328	8,466	
IAN	25 23 41,05820	49 07 43,05298	906,956	ESTAÇÃO BASE					

#### B) Inicialização com intercâmbio de antenas

Os resultados obtidos com esta técnica de levantamento (seção 4.4.2.3) podem ser observados na Tabela 5.36. Com os dados indicados nessa tabela verifica-se que o RMS está compreendido entre 2,5 cm e 49,6 cm apesar de contar-se com 5 ou mais satélites durante todo o levantamento. A estação P1 que apresenta o menor valor de RMS (2,5 cm) e a estação P4 com um valor igual a 9,7 cm foram as únicas que apresentaram a fixação da ambigüidades (Flag = 0). Contudo para a estação P4 observa-se um PDOP = 8,3 (5 satélites) enquanto que para a estação P1 ele é igual a 1,6 (7 satélites). Para as demais estações (P2, P3, P5, P6 e P7) obteve-se a não fixação das ambigüidades. Os resíduos da fase indicados na Tabela 5.36 estão abaixo do limite de 0,02 m.

Tabela 5.36 – Coordenadas obtida com a técnica cinemático contínuo com inicialização por realizando intercâmbio de antenas.

ESTAÇÃO	$\varphi (^{\circ} \text{ ' ' '})$ $S_N$	$\lambda (^{\circ} \text{ ' ' '})$ $S_E$	h (m) $S_h$	RMS (m)	Resíduo da fase (m)	SVs Flag	PDOP $\text{Chi}^2$	Comprimento da linha base (m)	
P1	25 23 20,90922 0,009	49 07 25,069404 0,008	907,4093 0,022	0,025	0,015	7 0	1,6 0,431	798,300	
P2	25 23 22,699104 0,014	49 07 26,664312 0,012	906,4802 0,043	0,047	0,010	6 1	1,9 0,103	727,432	
P3	25 23 26,535768 0,034	49 07 30,08316 0,023	904,4414 0,096	0,104	0,006	5 1	7,7 0,047	575,525	
P4	25 23 30,654096 0,030	49 07 33,752316 0,020	905,0129 0,090	0,097	0,008	5 0	8,3 0,092	412,472	
P5	25 23 37,279932 0,019	49 07 39,660168 0,008	905,5832 0,031	0,037	0,013	6 1	3,3 0,369	150,062	
P6	25 23 40,102728 0,276	49 07 42,217584 0,178	907,3700 0,372	0,496	0,006	6 1	3,3 0,90	38,292	
P7	25 23 40,856424 0,097	49 07 42,84408 0,036	907,7151 0,057	0,119	0,005	7 1	1,5 0,074	8,567	
IANT	25 23 41,05820	49 07 43,05298	906,956	ESTAÇÃO BASE					

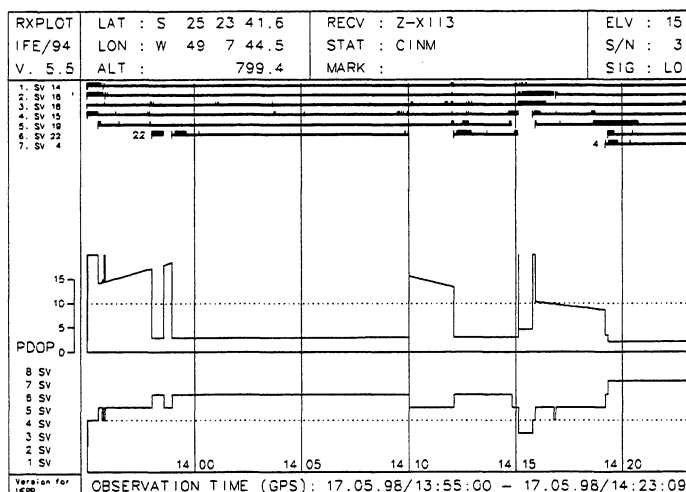
Verifica-se a presença de 5 satélites durante o levantamento das estações P3 e P4, onde os PDOPs foram iguais a 7,7 e 8,3, respectivamente. Com a entrada de mais um satélite durante o levantamento, observa-se para as estações seguintes (P5, P6 e P7) uma significativa redução do PDOP.

Com o auxílio do programa RXPLOT, foram obtidos para os dados coletados, informações sobre o PDOP, sobre o número de perdas de ciclos ocorridos no receptor móvel e o número de satélites presentes no levantamento. Utilizou-se uma elevação de 15 graus, uma relação sinal ruído igual a 3 e o sinal obtido para a observável fundamental  $L_0$ .

Na Figura 5.19, observa-se alguns picos de PDOP com valores superiores a 15. Para os demais casos, o PDOP apresentou-se inferior a 3.

Verifica-se que quando da existência dos picos de PDOP, para a geometria da constelação de satélites durante este levantamento, houveram grandes perdas de sinal. Na Tabela 5.36 observa-se PDOPs elevados nas estações P3 e P4, os quais podem ser observados nesta figura (Figura 5.19), pois, estão compreendidos entre 14h e 15m e 14h e 20m. Constata-se também, dentro destes intervalos significativas perdas de sinal e a presença de até 7 satélites.

Figura 5.19 – Visibilidade dos satélites e informações sobre as perdas de ciclos e sobre o PDOP para o receptor móvel no cinemático com inicialização de intercâmbio de antenas.



### C) Sem inicialização

Este levantamento encontra-se descrito na seção 4.4.2.3 e na Tabela 5.37 são indicadas as coordenadas obtidas com o pós-processamento dos dados, o RMS, o resíduo da fase, os satélites presentes neste levantamento, o PDOP, o  $\text{Chi}^2$ , o comprimento da linha de base tendo como estação base o IANT, os desvios padrão ( $S_N$ ,  $S_E$ , e  $S_h$ ) e o *Flag*.

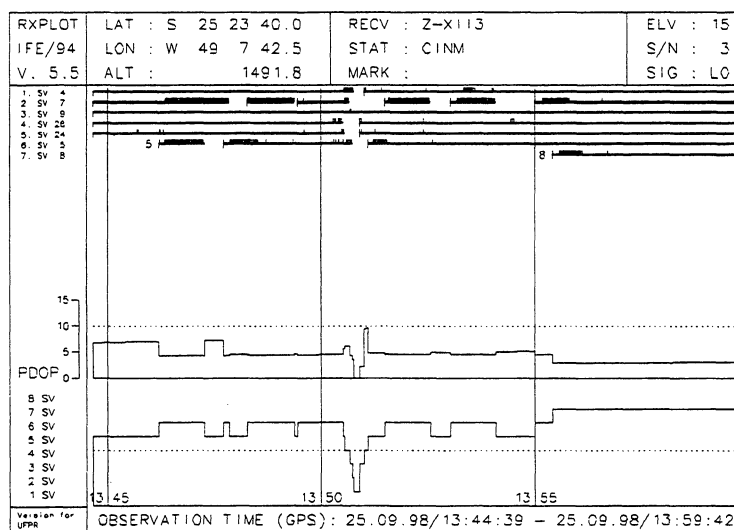
TABELA 5.37 – Coordenadas obtidas pela técnica cinemático contínuo sem inicialização.

ESTAÇÃO	$\varphi (^{\circ} '' ''')$ $S_N$	$\lambda (^{\circ} '' ''')$ $S_E$	h (m) $S_h$	RMS (m)	Resíduo da fase (m)	SVs Flag	PDOP $\text{Chi}^2$	Comprimento da linha base (m)	
P1	25 23 20,909292 0,009	49 07 25,068648 0,008	907,5892 0,034	0,036	0,008	7 0	1,9 0,204	798,313	
P2	25 23 22,69874 0,009	49 07 26,663808 0,009	906,6399 0,009	0,054	0,008	6 1	3,2 0,080	727,444	
P3	25 23 26,5353 0,011	49 07 30,083412 0,012	904,666 0,056	0,058	0,007	5 0	4,4 0,081	575,534	
P4	25 23 30,645276 0,332	49 07 33,737772 0,285	905,4347 0,464	0,638	0,017	6 1	3,4 0,087	413,154	
P5	25 23 37,278744 0,009	49 07 39,657324 0,009	906,8881 0,053	0,055	0,018	6 1	3,6 0,907	150,082	
P6	25 23 40,09308 0,013	49 07 42,1662 0,011	908,0738 0,074	0,076	0,021	5 1	7,1 1,046	38,643	
P7	25 23 40,857288 0,012	49 07 42,848652 0,009	907,6957 0,070	0,071	0,011	5 0	6,2 0,283	8,481	
IANT	25 23 41,05820	49 07 43,05298	906,956	ESTAÇÃO BASE					

Com os dados indicados na Tabela 5.37, pode-se observar que o RMS encontra-se entre os valores de 3,6 mm (P1) e 63,8 cm (P4). As estações P7, P3, P1, com RMS inferior a 7,1 cm, apresentaram a fixação das ambigüidades (Flag = 0), para as demais estações o Flag foi igual a 1 indicando a não fixação das ambigüidades. Observa-se a presença de 5 ou mais satélites durante este levantamento e um PDOP inferior a 7,1 (P6). Nesta estação verifica-se um  $\text{Chi}^2$  igual a 1,046 onde segundo o manual do programa PRISM a solução da posição é questionável ( $1 < \text{Chi}^2 < 5$ ). A estação P4 apresenta um PDOP igual a 3,4, conta com 6 satélites durante o levantamento e o RMS igual a 63,8 cm.

O RXPLOT para o receptor móvel do posicionamento relativo cinemático puro sem inicialização está representado na Figura 5.20. Utilizou-se uma elevação de 15 graus, uma relação sinal/ruído igual a 3 e o sinal obtido para a observável fundamental  $L_0$ . Observa-se a presença constante de 5 satélites podendo chegar a 7 e um PDOP inferior a 10. Na estação P6 ocupada às 13h 47m e 36s observa-se um grande número de perdas de sinais para os satélites 5 e 7, com a elevação do PDOP de 4 para 7,1. Às 13h 53m 51s consta-se pela Figura 5.20 que na estação P4 houveram perdas de sinais para os satélites 4 e 7, contudo o PDOP foi igual a 3,4. Na Tabela 5.37 este ponto apresentou um RMS igual a 63,8 cm que pode ser justificado pela grande perda de sinal dos satélites alguns instantes antes (13h 51m) da ocupação deste ponto em face da abundante vegetação presente no local.

Figura 5.20 – Visibilidade dos satélites e informações sobre as perdas de ciclos e sobre o PDOP para o receptor móvel no cinemático sem inicialização.



### 5.2.2.2 – Levantamentos realizados anteriormente

Na área em estudo, na Fazenda Cangüiri, foram realizados anteriormente alguns levantamentos. Em 1986, foi realizado uma dissertação de mestrado no C.P.G.C.G. na área de calibração de distanciômetros eletrônicos. Neste trabalho foram utilizados o distanciômetro ELTA2 (precisão igual a  $\pm 5 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$  (GRIPP,1986) e o telulômetro MA100 (precisão igual a  $\pm 1,5 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$  (GRIPP,1996)) visando calcular as distâncias entre os pilares. Os desníveis entre esses pilares foram obtidos a partir de um nivelamento geométrico utilizando um nível NI050 ( $\pm 5 \text{ mm}$  para 1 km de nivelamento duplo – manual LEICA). Os resultados obtidos com esta dissertação estão indicados na Tabela 5.38.

TABELA 5.38 – Distâncias médias obtidas com o distanciômetro ELTA2 e o telulômetro MA100, e desníveis médio obtidos com o nível NI050.

Linha	Distâncias médias		Desníveis médios
	ELTA2 (m)	MA100 (m)	NI050 (m)
P1-P2	70,8671	70,8717	-0,918
P1-P3	222,7846	222,7873	-2,922
P1-P4	385,8429	385,8428	-2,324
P1-P5	648,2466	648,2406	-1,839
P1-P6	759,674	759,671	-0,403
P1-P7	789,9117	789,9073	0,205

Atualmente, com a aquisição pelo curso C.P.G.C.G de uma estação total TC2002 (precisão linear,  $1 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ ; angular,  $\pm 0,5''$  – manual LEICA) foram obtidos novos resultados para as distâncias entre os pilares (FAGGION, 1998). A partir de um nivelamento geométrico de primeira ordem com o nível NI004 ( $\pm 0,4 \text{ mm}$  para 1 Km de nivelamento duplo – manual LEICA) novos desníveis entre estes pilares foram determinados (FAGGION, 1998).

Os resultados obtidos podem ser observados na Tabela 5.39

TABELA 5.39 – Distâncias e desníveis médios obtidos com a estação total TC2002 e com o nível NI004 respectivamente.

Linha	Distâncias médias (m)	Desníveis médios (m)
	TC2002	NI004
P1-P2	70,874	-0,92437
P1-P3	222,803	-2,92799
P1-P4	385,842	-2,32197
P1-P5	648,234	-1,83322
P1-P6	759,659	-0,39937
P1-P7	789,898	0,21131

### 5.2.2.3 – Comparações e análises dos resultados obtidos

Os dados indicados na Tabela 5.38 e 5.39, foram utilizados para verificar a precisão alcançada em distância e em desnível pelo posicionamento relativo utilizando a técnica estático clássico (seção 4.4.2.1 e seção 5.2.2.1).

Na Tabela 5.40, são indicadas as diferenças calculadas entre as distâncias e os desníveis obtidos entre o posicionamento relativo estático clássico (GPS) e os equipamentos anteriormente citados.

TABELA 5.40 – Diferenças em distância entre os resultados obtidos com o posicionamento relativo estático clássico (GPS), distanciômetro ELTA2, o telulômetro MA100 e a estação total (TC2002).

Linha	Diferenças de distâncias (m)		
	GPS-ELTA2	GPS-TC2002	GPS-MA100
P1-P2	0,0073	0,0004	0,0027
P1-P3	0,0196	0,0012	0,0169
P1-P4	0,0057	0,0066	0,0058
P1-P5	0,0071	0,0197	0,0131
P1-P6	-0,0064	0,0086	-0,0034
P1-P7	0,0101	0,0238	0,0145

Onde:

GPS : posicionamento relativo estático clássico;

ELTA2: distanciômetro eletrônico;

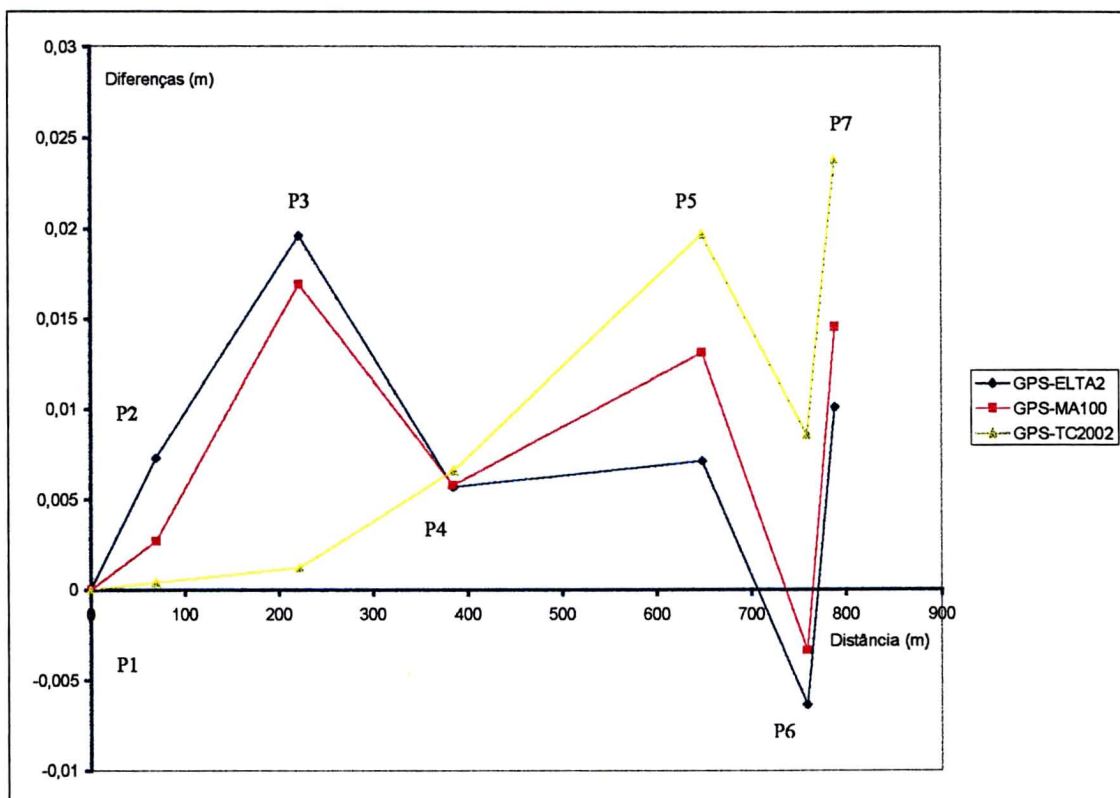


MA100: telulômetro;

TC2002: estação total.

Das diferenças obtidas para as distâncias (Tabela 5.40) do GPS com ELTA2 a maior diferença foi de 1,96 cm (linha P1-P3) com GPS e MA100 foi de 1,69 cm (linha P1-P3) e com o GPS e TC2002 foi de 2,38 cm (linha P1-P7). Estas diferenças estão representadas no Gráfico 5.10.

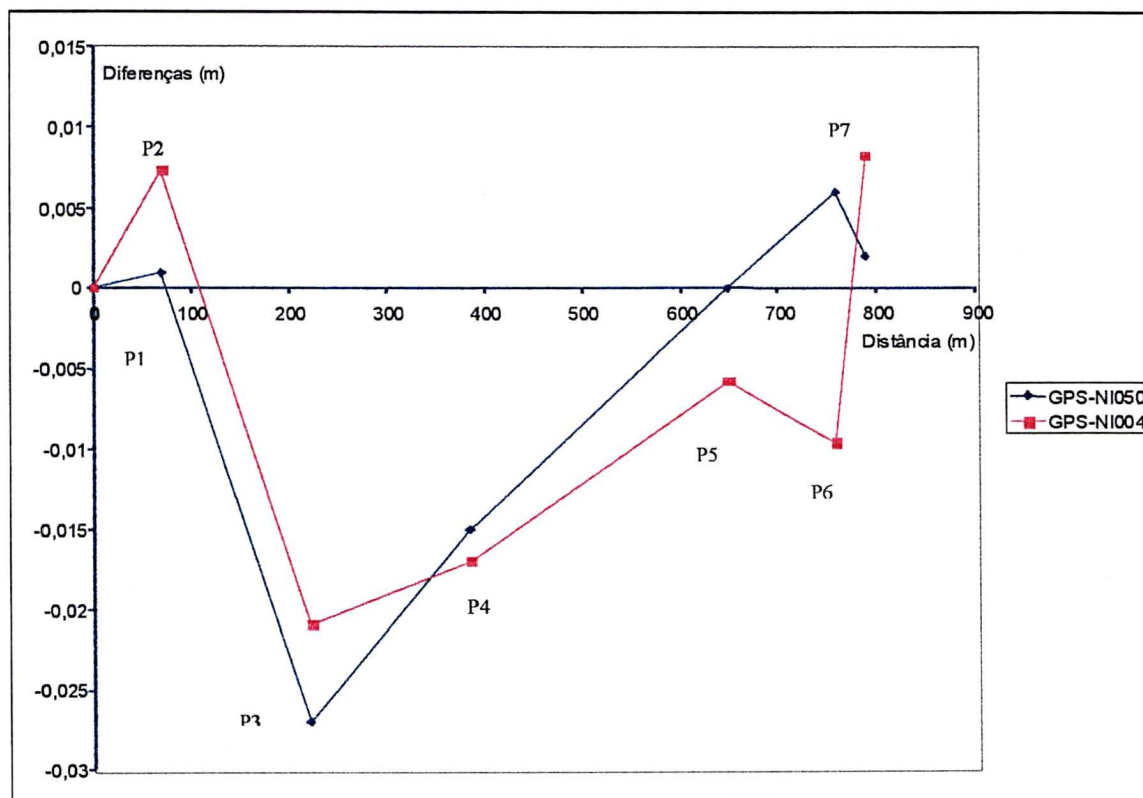
**GRÁFICO - 5.10** – Diferenças em distâncias entre os resultados obtidos com o posicionamento relativo estático clássico (GPS) com o distanciômetro ELTA2, o telulômetro MA100 e a estação total TC2002.



No Gráfico 5.10, observa-se que as diferenças GPS-TC2002 foram menores do que 6,7 mm de P1 até as proximidades de P4 do que as diferenças obtidas entre o GPS e o ELTA2 bem como entre o GPS e o MA100. Após esta estação, elas foram maiores ou seja > 6,7mm e < 2,38cm. Considerando-se que a estação total TC2002 apresenta melhor precisão do que o ELTA2 e o MA100, verifica-se no Gráfico 5.10 que as diferenças entre as distâncias obtidas a partir da estação P4 foram superiores a 5 mm e inferiores a 2,4 cm em face dos obstáculos presentes na área do levantamento.

No Gráfico 5.11 observa-se as diferenças em desníveis obtidas com o posicionamento estático clássico e os nivelamento geométricos com os níveis NI050 e NI004.

Gráfico 5.11 – Diferenças em desníveis obtidas pelo método GPS e as obtidas pelos níveis NI050 e NI004.



Na tabela 5.41, verifica-se que com o nível NI050 as diferenças variaram de 6 mm a -2,7 cm e para o NI004 de 7,4 mm a -2,1 cm.

Tabela 5.41 – Diferenças de desníveis entre o obtido pelo método GPS e os obtidos pelos níveis NI050 e NI004.

Linha	Diferenças entre desníveis (m)	
	GPS-NI050	GPS-NI004
P1-P2	0,001	0,00737
P1-P3	-0,027	-0,02101
P1-P4	-0,015	-0,01703
P1-P5	0	-0,00578
P1-P6	0,006	-0,00963
P1-P7	0,002	0,00831

Onde:

GPS: posicionamento relativo estático clássico;

NI050: nível (precisão de  $\pm 5$  mm para 1 km de nivelamento duplo);

NI004: nível (precisão de  $\pm 0,4$  mm para 1 km de nivelamento duplo).

A Tabela 5.42 mostra as diferenças em distâncias obtidas com a estação total TC2002 e comparadas com as obtidas pelos métodos GPS.

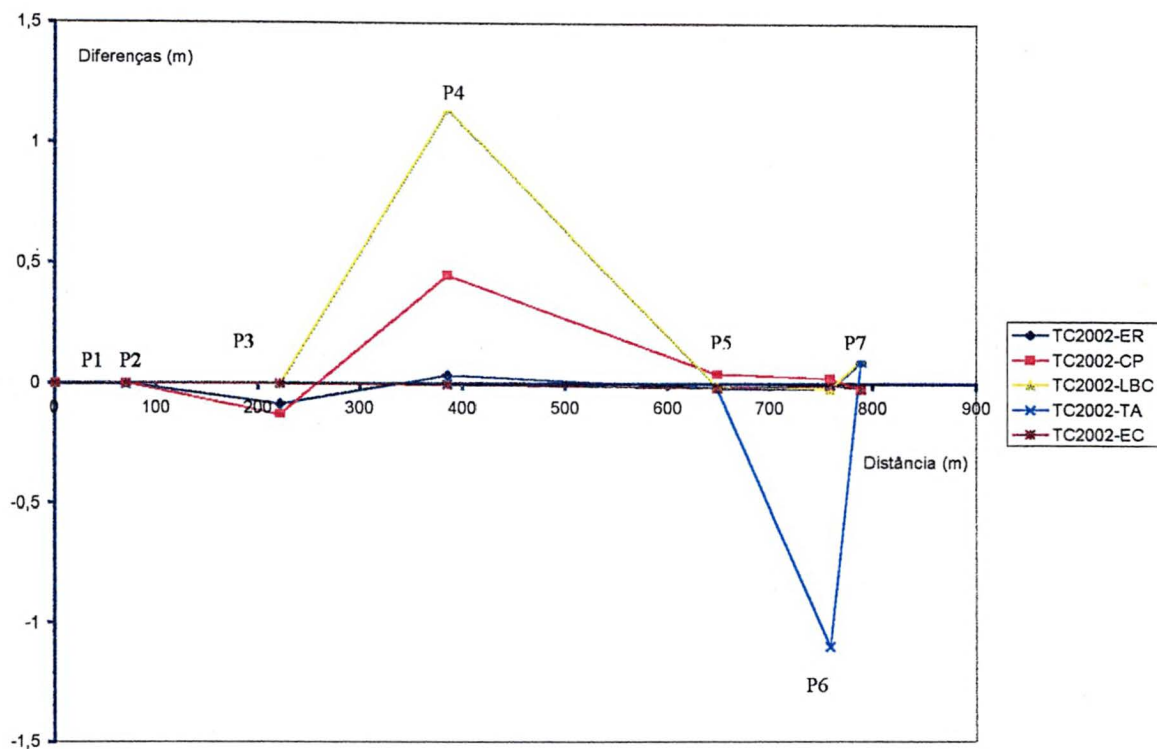
Tabela 5.42 – Diferenças em distância obtida pela estação total TC2002 com as obtidas pelos métodos GPS.

Linha	Diferenças em distâncias (m)				
	TC2002-ER	TC2002-CP	TC2002-LBC	TC2002-TA	TC2002 - EC
P1-P2	-0,0002	-0,0003	-0,0024	-0,0024	-0,0004
P1-P3	-0,0857	-0,13	-0,003	-0,0006	-0,0012
P1-P4	0,0357	0,45	1,1405	-0,0035	-0,0066
P1-P5	-0,0206	0,0401	-0,0119	-0,0187	-0,0197
P1-P6	-0,0214	0,0209	-0,0225	-1,0995	-0,0086
P1-P7	0,0917	-0,024	0,0951	0,0917	-0,0238

Com a técnica estático rápido (ER) as diferenças em distância foram inferiores a 3,5 cm exceto para as estações P3 (8,6 cm) e P7 (9,2 cm). As diferenças com a técnica cinemático puro (CP) foram inferiores a 14 cm exceto para a estação P4 (45 cm). Nesta tabela pode-se ainda observar que as diferenças para a técnica cinemático contínuo com inicialização de linha de base conhecida (LBC) são menores que 9,6 cm exceto para a estação P4 (1,14 cm). Com a técnica cinemático contínuo utilizando a inicialização com a troca de antenas (TA) as diferenças foram inferiores a 1,8 cm exceto para as estações P6 (1,1cm) e P7 (9 cm).

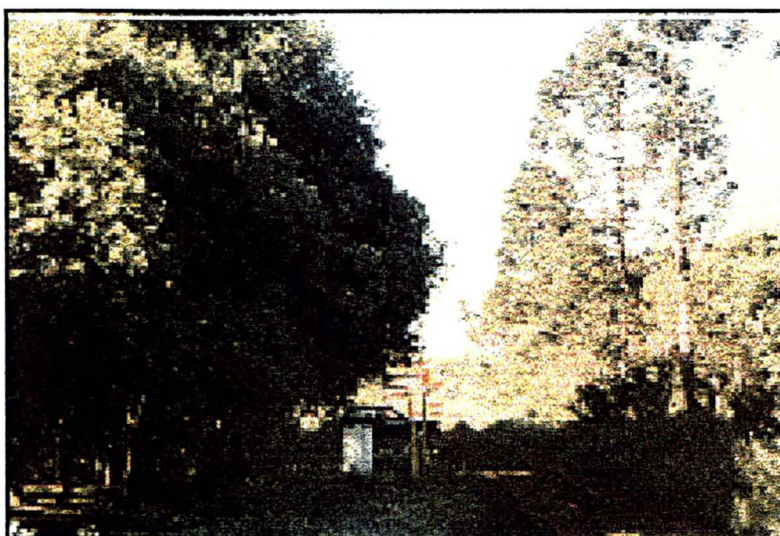
No Gráfico 5.12, são indicadas estas diferenças.

GRÁFICO 5.12 – Diferenças em distâncias obtidas pela estação total TC2002 com as obtidas pelas técnicas GPS.



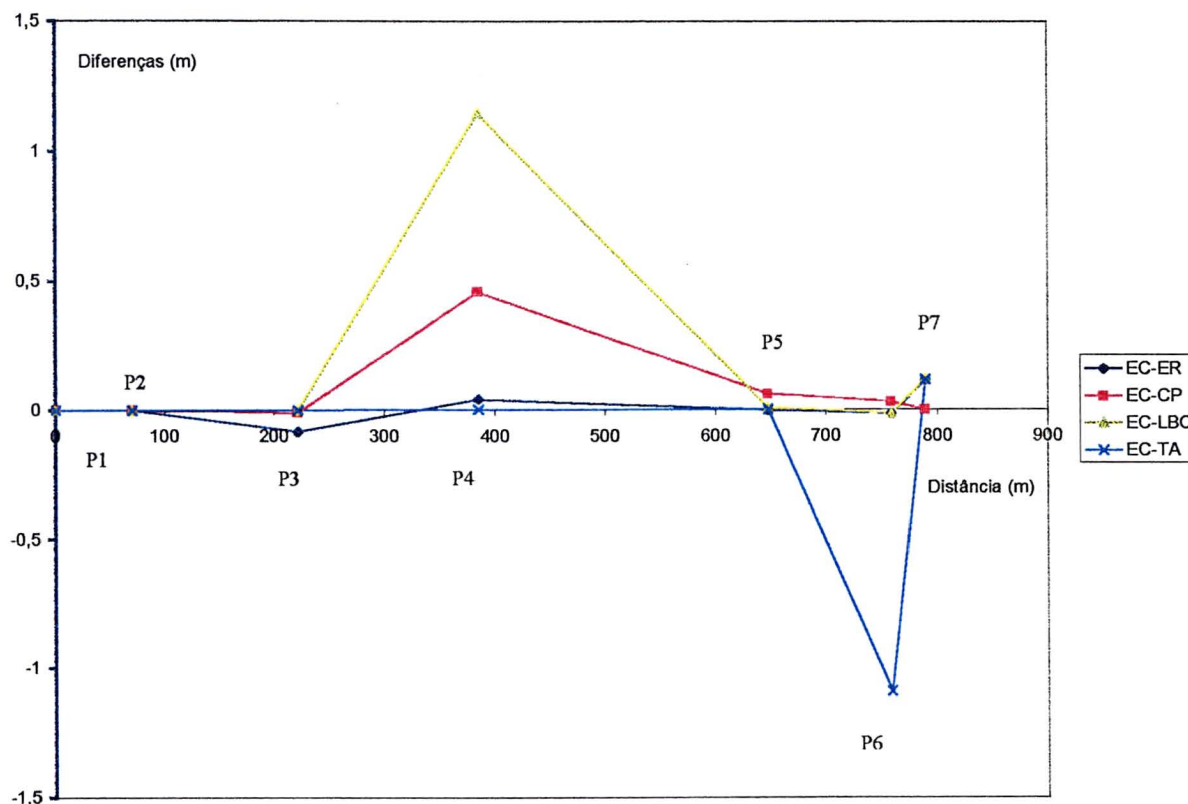
Verifica-se que na estação P4 com as técnicas cinemático puro e com LBC as diferenças foram significativas em face as obstruções presentes na região (Figura 4.5). Para a estação P6 (Figura 5.2.1) a diferença mais significativa foi apresentada pela troca de antenas.

FIGURA 5.21 –Obstáculos presentes em torno da estação P6.



Verifica-se pelo Gráfico 5.13 que as diferenças em distância obtidas com o estático clássico e os demais métodos GPS apresentam discrepâncias significativas para a estação P4 (CP e LBC) e na estação P6.

Gráfico 5.13 – Diferenças em distâncias obtida pela técnica estático clássico com as obtidas pelas técnicas estático rápido, cinemático puro, cinemático com inicialização de linha de base conhecida e inicialização com intercâmbio de antenas.



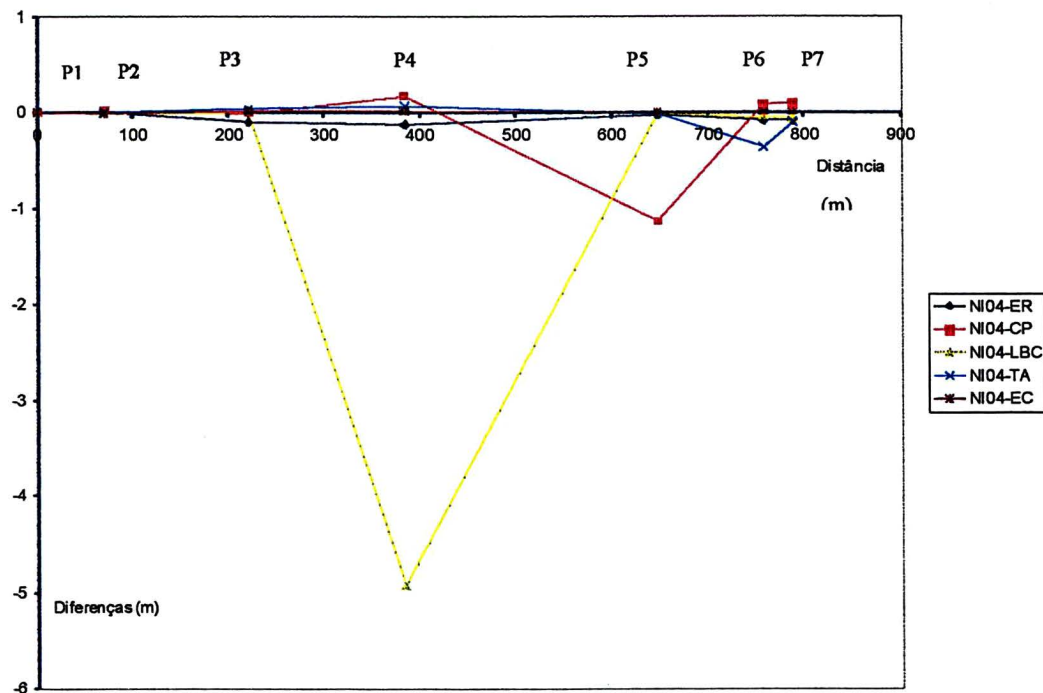
Pode-se observar na Tabela 5.43 as diferenças em desníveis entre os resultados obtidos com o nível NI004 (Zeiss) e os métodos GPS. Com a técnica estático rápido, estas diferenças foram inferiores a 9 cm exceto para a estação P4 (12,5 cm). As diferenças com a técnica cinemático puro foram inferiores a 10 cm exceto para as estações P4 (16,7 cm) e P5 (1,13 m). Com a técnica LBC elas foram inferiores a 4,93 cm exceto para o ponto P4 (4,92707 m) e com a troca de antenas, obteve-se diferenças inferiores a 9,5 cm exceto para a estação P6 (36 cm).

Tabela 5.43 – Diferenças entre desníveis obtidos pelo nível NI004 com as obtidas pelas técnicas GPS.

Linha	Diferenças em desníveis (m)				
	NI004-ER	NI004-CP	NI004-LBC	NI004-TA	NI004-EC
P1-P2	-0,00037	0,02493	-0,00477	0,00473	-0,00737
P1-P3	-0,09299	-0,00479	0,00711	0,03991	0,02101
P1-P4	-0,12497	-0,16767	-4,92707	0,07443	0,01703
P1-P5	-0,02722	-1,13212	-0,00322	-0,00712	0,00578
P1-P6	-0,08537	0,08523	-0,04837	-0,36007	0,00963
P1-P7	-0,07869	0,10481	-0,04929	-0,09449	0,00831

Com as diferenças apresentadas nesta tabela, obteve-se o Gráfico 5.14, que mostra claramente as discrepâncias mais significativas para a estação P4.

Gráfico 5.14 – Diferenças em desníveis obtidos pelo nível NI004 com as obtidas pelas técnicas GPS.



## 6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 6.1 - CONCLUSÕES

O objetivo principal dessa dissertação constituiu na investigação das diferentes técnicas de posicionamento relativo GPS para bases curtas, nas áreas do Centro Politécnico (Curitiba) e Fazenda Cangüiri (Quatro Barras), bem como na comparação e análise dos resultados obtidos.

Com a técnica estático clássico foi confirmado o erro existente nas coordenadas da estação RM1 (ECC1), conforme citadas por TIERRA CRIOLLO (1993). Foram detectadas diferenças em distância da ordem de 10,38 cm e em desnível da ordem de 35 cm, constatando-se ainda uma possível propagação deste erro para as demais coordenadas.

Observou-se na área do Centro Politécnico que as diferenças em distâncias para a técnica estático rápido com uma ocupação e com 10 minutos de rastreo foram menores para as taxas de coleta de dados iguais a 5s e 10s do que para as taxas de 1s e 15s. A causa consiste no fato de que para taxas iguais a 1s verifica-se maiores ruídos nas observações e para as taxas de 15s conta-se com um menor número de observações.

Com a técnica estático rápido com reocupação (5 minutos + 5 minutos de rastreo) percebe-se que para uma taxa de coleta de dados igual a 15s os resultados não foram satisfatórios, em função da pouca quantidade de dados coletados. Logo, nestas condições, ela não deve ser utilizada. Com as demais taxas de coleta de dados (1s, 5s e 10s) os resultados foram satisfatórios, alcançado diferenças muito próximas entre si, dificultando na identificação de qual taxa foi a melhor.

Entre as duas técnicas estático rápido percebeu-se que as maiores diferenças em distâncias ocorreram para a de uma ocupação, ao passo que em desníveis tal fato ocorreu para a de reocupação.

Analisando-se os resultados obtidos no Centro Politécnico com as técnicas cinemático com e sem inicialização, pode-se concluir que, com a inicialização por linha de base conhecida obteve-se as menores diferenças em desníveis, apresentando também um

bom desempenho nas diferenças em distâncias, destacando-se como a melhor entre estas técnicas.

Com a técnica *Stop and Go* utilizada no Centro Politécnico, pode-se, através de uma comparação entre os resultados, constatar as menores diferenças em distâncias e desníveis. Por sua vez, com o emprego da técnica Pseudocinemático, obteve-se os piores resultados utilizando uma taxa de coletas de dados igual a 1s e com tempo de ocupação na estação igual a 5 minutos.

Comparando a técnica estático clássico utilizada na Fazenda Cangüiri com o levantamento terrestre (TC2002), a precisão obtida em distância foi inferior a 9 mm, exceto para as estações P5 (1,97 cm) e P7 (2,38 cm). A comparação com o nivelamento geométrico de alta precisão (NI004) indicou uma precisão em desnível inferior a 9,7 mm, exceto para as estações P3 (2,10 cm) e P4 (1,7 cm) (conforme seções 2.3 e 2.4).

Comparando-se as técnicas estático rápido, cinemático contínuo sem inicialização, com inicialização por linha de base conhecida e com inicialização por intercâmbio de antenas, empregadas na Fazenda Cangüiri, conclui-se que a técnica que apresentou as menores diferenças foi a estático rápido. Em segundo lugar ficou a técnica cinemático contínuo com intercâmbio de antenas, que apresentou um bom desempenho (exceto na estação P6). Ela, foi seguida da técnica cinemático contínuo por linha de base conhecida (exceto na estação P4). Cabe ressaltar que esta área de levantamento apresenta uma vegetação abundante prejudicando a recepção do sinal dos satélites e contribuindo para o efeito do multicaminho. Pode-se dizer que as estações mais afetadas por esta situação são P7, P6 e P4.

As técnicas cinemáticas apresentam-se de grande valia para os levantamentos em bases curtas, contudo são mais sensíveis à degradação dos resultados diante da presença de obstáculos na área (p.ex. vegetação abundante, edificações altas próximas a esta área) do que as técnicas estáticas.

Com os resultados obtidos a partir dos levantamentos realizados na área do Centro Politécnico, percebe-se que a estação Azimute apresentou, de uma forma geral, as maiores diferenças em distâncias e desníveis. Pode-se concluir que a causa provável seja proveniente do ajustamento realizado pelo programa FILLNET, em virtude da má geometria das estações envolvidas neste ajustamento.



## 6.2 – RECOMENDAÇÕES

Dependendo da precisão desejada, recomenda-se para as áreas livres de obstruções e bases curtas (inferiores a 10 Km) a realização de levantamentos GPS com as técnicas cinemáticas em face da rapidez e do baixo custo quando ela é comparada a outras técnicas convencionais.

Para as técnicas estático rápido, com diferentes taxas de coletas de dados, recomenda-se a realização de um maior número de levantamentos, analisando-se conjuntamente a constelação presente durante este levantamento, o tempo de ocupação nas estações e o PDOP.

Para a determinação de coordenadas da posição utilizando a técnica estático clássico e um posterior ajustamento com o programa FILLNET, recomenda-se uma análise de quais estações base devem ser utilizadas para que se tenha uma boa geometria. A causa desta recomendação devem a dois fatores. O primeiro é que quando da determinação das coordenadas das estações na Fazenda Cangüiri utilizando como estações base o PARA e RM3 (linha base de 25,6 m) alguns parâmetros indicativos do ajustamento (SE,  $v$ ,  $v'$ , STD.ERROR) foram satisfatórios, contudo as coordenadas ( $\varphi$ ,  $\lambda$ ,  $h$ ) resultantes sofreram um deslocamento com relação as posições originais. O segundo, é que na solução obtida pelo ajustamento no Centro Politécnico há indicativos de que algumas coordenadas possam ter sofrido pequenos deslocamentos, como parece ser o caso da estação Azimute. Recomenda-se sempre a observância da geometria das estações envolvidas no levantamento para a obtenção de bons resultados no ajustamento.

A comparação dos desníveis obtidos a partir de diversas técnicas de levantamentos empregadas no Centro Politécnico com um método geométrico de alta precisão, seria de extrema valia, visto que se poderia ter um conhecimento da precisão altimétrica obtida com o GPS.

Para levantamentos de alta precisão (p.ex. estático clássico) recomenda-se um controle das alturas das antenas devido a possíveis dilatações dos materiais (tripés, antenas, etc.).

Nos levantamentos cinemáticos sujeitos aos deslocamentos das antenas, também recomenda-se uma especial atenção e cuidado de mantê-las na horizontal, sem que haja inclinações durante o seu deslocamento.

Nos posicionamentos relativos com as técnicas cinemáticas e estático rápido é de fundamental importância a realização de um planejamento. Nele, deve-se analisar o período em que se tem o menor PDOP com um mínimo de 5 satélites. Estas são estratégias importantes que contribuirão para que se tenha bons resultados na determinação das coordenadas dos pontos.

## ANEXO 01

PROGRAM FILLNET, Version 3.0.00  
 LICENSED TO: ASHTECH INC.

Fillnet Input File estatico ajustazim -25.4 49.2

a = 6378137.000 1/f = 298.2572235 W Longitude positive WEST

PRELIMINARY COORDINATES:

		LAT.	LON.	ELEV.	G.H.	CONSTR.
1	FFF	PARA-25 26 54.12910	49 13 51.43680	925.758	0.000	
2	FFF	RM3_-25 26 54.56850	49 13 52.21080	923.784	0.000	
3		AZIM-25 26 48.12856	49 13 53.99127	928.342	0.000	

GROUP 1, NO. OF VECTORS AND BIAS CONSTRAINTS:

3	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
---	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

VECTORS:

		DX	DY	DZ	LENGTH	ERROR	CODES
PARA	RM3_	-21.336	-8.380	-11.357	25.582	3 51.0	51.0 2
PARA	AZIM	-0.710	-108.473	165.641	198.000	3 51.0	51.0 2
RM3_	AZIM	20.628	-100.097	176.996	204.383	3 51.0	51.0 2

SHIFTS:

1	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000
3	-0.014	-0.062	0.040

ADJUSTED VECTORS, GROUP 1:

		DX, DY, DZ	V	DN, DE, DU	v	v'
PARA	RM3_	15381	-21.338 -0.001	-13.527 -0.000	-0.0	
			-8.372 0.001	-21.624 0.000	0.1	
			-11.363 0.001	-1.996 -0.002	-0.3	
PARA	AZIM	15381	-0.746 0.001	184.644 0.000	0.0	
			-108.540 -0.001	-71.487 -0.000	-0.1	
			165.619 -0.001	2.741 0.002	0.3	
RM3_	AZIM	15381	20.592 -0.001	198.170 -0.000	-0.0	
			-100.168 0.001	-49.863 0.000	0.1	
			176.982 0.001	4.737 -0.002	-0.3	

S.E. OF UNIT WEIGHT = 0.326

NUMBER OF -

OBS. EQUATIONS	10
UNKNOWN	7
DEGREES OF FREEDOM	3
ITERATIONS	0

GROUP 1 ROT. ANGLES (sec.) AND SCALE DIFF. (ppm):

HOR. SYSTEM	0.000	-35.621	-71.873	92.937
STD. ERRORS	0.000	20.270	8.077	47.233
XYZ SYSTEM	-69.389	25.873	30.829	

## ADJUSTED POSITIONS:

		LAT.	LON.	ELEV.	STD. ERRORS (m)		
1	PARA	-25 26 54.12910	49 13 51.43680	925.758	0.000	0.000	0.000
2	RM3_	-25 26 54.56850	49 13 52.21080	923.784	0.000	0.000	0.000
3	AZIM	-25 26 48.12900	49 13 53.99350	928.382	0.010	0.007	0.019

## ACCURACIES (m):

		D. LAT.	D. LON.	VERT.
PARA	RM3_	0.000	0.000	0.000
PARA	AZIM	0.010	0.007	0.019
RM3_	AZIM	0.010	0.007	0.019

```

*****
*****
*****          ESTIMATES OF PRECISION          *****
*****
*****   Based on the VECTOR ACCURACIES produced by   *****
*****                   FILLNET                   *****
*****
*****   This is a reasonable estimate of the accuracies *****
*****   of the vectors in the network at 1 SIGMA. *****
*****
*****

```

VECTOR	LENGTH	PPM(h)	RATIO(h)	PPM(v)	RATIO(v)
PARA RM3_	25.584	0.0	1: 0	0.0	1: 0
PARA AZIM	198.018	61.6	1: 16221	96.0	1: 10422
RM3_ AZIM	204.402	59.7	1: 16741	93.0	1: 10758
RM3_ AZIM	204.402	59.7	1: 16741	93.0	1: 10758

PROGRAM FILLNET, Version 3.0.00  
 LICENSED TO: ASHTECH INC.

Fillnet Input File ajuste estaticorm1 -25.4 49.2  
 a = 6378137.000 1/f = 298.2572235 W Longitude positive WEST

## PRELIMINARY COORDINATES:

				LAT.	LON.	ELEV.	G.H.	CONSTR.
1	FFF	PARA-25	26	54.12910	49 13 51.43680	925.758	0.000	
2		RM1_-25	26	53.32633	49 13 51.34252	925.215	0.000	
3	FFF	RM3_-25	26	54.56850	49 13 52.21080	923.784	0.000	

## GROUP 1, NO. OF VECTORS AND BIAS CONSTRAINTS:

3	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
---	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

## VECTORS:

		DX	DY	DZ	LENGTH	ERROR	CODES
PARA	RM1_	8.615	-5.957	22.547	24.861	3 51.0	51.0 2
PARA	RM3_	-21.341	-8.378	-11.357	25.585	3 51.0	51.0 2
RM3_	RM1_	29.957	2.421	33.904	45.307	3 51.0	51.0 2

## SHIFTS:

1	0.000	0.000	0.000
2	0.008	-0.008	0.008
3	0.000	0.000	0.000

## ADJUSTED VECTORS, GROUP 1:

			DX,DY,DZ	V	DN,DE,DU	v	v'
PARA	RM1_	09281	8.609	0.000	24.716	0.000	0.0
			-5.962	-0.000	2.621	0.000	0.1
			22.547	0.000	-0.513	0.000	0.0
PARA	RM3_	09281	-21.338	-0.000	-13.527	-0.000	-0.0
			-8.372	0.000	-21.624	-0.000	-0.1
			-11.363	-0.000	-1.996	-0.000	-0.0
RM3_	RM1_	09281	29.947	-0.000	38.242	-0.000	-0.0
			2.411	0.000	24.245	-0.000	-0.1
			33.909	-0.000	1.483	-0.000	-0.0

S.E. OF UNIT WEIGHT = 0.071

## NUMBER OF -

OBS. EQUATIONS	10
UNKNOWN	7
DEGREES OF FREEDOM	3
ITERATIONS	0

## GROUP 1 ROT. ANGLES (sec.) AND SCALE DIFF. (ppm):

HOR. SYSTEM	0.000	4.303	-67.906	-62.225
STD. ERRORS	0.000	4.417	1.760	10.292
XYZ SYSTEM	-36.824	49.248	29.127	

ADJUSTED POSITIONS:

		LAT.	LON.	ELEV.	STD. ERRORS (m)		
1	PARA	-25 26 54.12910	49 13 51.43680	925.758	0.000	0.000	0.000
2	RM1_	-25 26 53.32607	49 13 51.34281	925.223	0.000	0.000	0.001
3	RM3_	-25 26 54.56850	49 13 52.21080	923.784	0.000	0.000	0.000

ACCURACIES (m):

		D. LAT.	D. LON.	VERT.
PARA	RM1_	0.000	0.000	0.001
PARA	RM3_	0.000	0.000	0.000
RM3_	RM1_	0.000	0.000	0.001

```

*****
****
****          ESTIMATES OF PRECISION          ****
****
****    Based on the VECTOR ACCURACIES produced by    ****
****                      FILLNET                      ****
****
****    This is a reasonable estimate of the accuracies ****
****    of the vectors in the network at 1 SIGMA.      ****
****
*****
    
```

VECTOR	LENGTH	PPM(h)	RATIO(h)	PPM(v)	RATIO(v)
PARA RM1_	24.860	0.0	1: 0	40.2	1: 24860
PARA RM3_	25.584	0.0	1: 0	0.0	1: 0
RM3_ RM1_	45.304	0.0	1: 0	22.1	1: 45304
RM3_ RM1_	45.304	0.0	1: 0	22.1	1: 45304

PROGRAM FILLNET, Version 3.0.00  
 LICENSED TO: ASHTECH INC.

Fillnet Input File ajuste estaticos -25.4 49.2

a = 6378137.000 1/f = 298.2572235 W Longitude positive WEST

PRELIMINARY COORDINATES:

		LAT.	LON.	ELEV.	G.H.	CONSTR.
1	FFF	PARA-25 26 54.12910	49 13 51.43680	925.758	0.000	
2		RM2_-25 26 54.54465	49 13 50.64835	924.434	0.000	
3	FFF	RM3_-25 26 54.56850	49 13 52.21080	923.784	0.000	

GROUP 1, NO. OF VECTORS AND BIAS CONSTRAINTS:

3	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
---	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

VECTORS:

		DX	DY	DZ	LENGTH	ERROR	CODES
PARA	RM2_	12.338	19.449	-10.981	25.516	3 51.0	51.0 2
PARA	RM3_	-21.334	-8.383	-11.358	25.582	3 51.0	51.0 2
RM3_	RM2_	33.671	27.834	0.377	43.688	3 51.0	51.0 2

SHIFTS:

1	0.000	0.000	0.000
2	0.013	0.020	0.025
3	0.000	0.000	0.000

ADJUSTED VECTORS, GROUP 1:

		DX, DY, DZ	V	DN, DE, DU	v	v'
PARA	RM2_	15381	12.350 -0.000	-12.770 -0.000	-0.1	
			19.447 0.001	22.056 0.000	0.0	
			-10.978 0.000	-1.299 -0.001	-0.1	
PARA	RM3_	15381	-21.338 0.000	-13.527 0.000	0.1	
			-8.372 -0.001	-21.624 -0.000	-0.0	
			-11.363 -0.000	-1.996 0.001	0.1	
RM3_	RM2_	15381	33.689 0.000	0.757 0.000	0.1	
			27.819 -0.001	43.680 -0.000	-0.0	
			0.385 -0.000	0.697 0.001	0.1	

S.E. OF UNIT WEIGHT = 0.170

NUMBER OF -

OBS. EQUATIONS	10
UNKNOWN	7
DEGREES OF FREEDOM	3
ITERATIONS	0

GROUP 1 ROT. ANGLES (sec.) AND SCALE DIFF. (ppm):

HOR. SYSTEM	78.478	0.000	-77.114	97.726
STD. ERRORS	6.613	0.000	4.136	24.652
XYZ SYSTEM	-23.522	27.250	103.969	

## ADJUSTED POSITIONS:

		LAT.	LON.	ELEV.	STD. ERRORS (m)		
1	PARA	-25 26 54.12910	49 13 51.43680	925.758	0.000	0.000	0.000
2	RM2_	-25 26 54.54422	49 13 50.64762	924.459	0.001	0.001	0.001
3	RM3_	-25 26 54.56850	49 13 52.21080	923.784	0.000	0.000	0.000

## ACCURACIES (m):

		D. LAT.	D. LON.	VERT.
PARA	RM2_	0.001	0.001	0.001
PARA	RM3_	0.000	0.000	0.000
RM3_	RM2_	0.001	0.001	0.001

```

*****
****
****          ESTIMATES OF PRECISION          ****
****
****   Based on the VECTOR ACCURACIES produced by   ****
****                   FILLNET                   ****
****
****   This is a reasonable estimate of the accuracies ****
****   of the vectors in the network at 1 SIGMA.   ****
****
*****

```

VECTOR	LENGTH	PPM(h)	RATIO(h)	PPM(v)	RATIO(v)
PARA RM2_	25.519	55.5	1: 18021	39.2	1: 25519
PARA RM3_	25.584	0.0	1: 0	0.0	1: 0
RM3_ RM2_	43.692	32.4	1: 30891	22.9	1: 43692
RM3_ RM2_	43.692	32.4	1: 30891	22.9	1: 43692



PROGRAM FILLNET, Version 3.0.00  
 LICENSED TO: ASHTECH INC.

Fillnet Input File ajuste estaticopau -25.4 49.2

a = 6378137.000 1/f = 298.2572235 W Longitude positive WEST

PRELIMINARY COORDINATES:

			LAT.	LON.	ELEV.	G.H.	CONSTR.
1	FFF	PARA-25 26	54.12910	49 13 51.43680	925.758	0.000	
2		PAU_-25 26	54.68669	49 13 51.95824	923.100	0.000	
3	FFF	RM3_-25 26	54.56850	49 13 52.21080	923.784	0.000	

GROUP 1, NO. OF VECTORS AND BIAS CONSTRAINTS:

3	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
---	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

VECTORS:

		DX	DY	DZ	LENGTH	ERROR	CODES
PARA	PAU_	-17.417	-2.119	-14.357	22.671	3 51.0	51.0 2
PARA	RM3_	-21.341	-8.381	-11.358	25.587	3 51.0	51.0 2
RM3_	PAU_	3.922	6.264	-2.997	7.975	3 51.0	51.0 2

SHIFTS:

1	0.000	0.000	0.000
2	-0.004	0.004	0.003
3	0.000	0.000	0.000

ADJUSTED VECTORS, GROUP 1:

			DX, DY, DZ	V	DN, DE, DU	v	v'
PARA	PAU_	09381	-17.414	-0.001	-17.156	0.000	0.1
			-2.110	0.001	-14.551	-0.000	-0.0
			-14.358	0.001	-2.677	-0.001	-0.2
PARA	RM3_	09381	-21.338	0.001	-13.527	-0.000	-0.1
			-8.372	-0.001	-21.624	0.000	0.0
			-11.363	-0.001	-1.996	0.001	0.2
RM3_	PAU_	09381	3.925	0.001	-3.639	-0.000	-0.1
			6.262	-0.001	7.053	0.000	0.0
			-2.996	-0.001	-0.651	0.001	0.2

S.E. OF UNIT WEIGHT = 0.237

NUMBER OF -

OBS. EQUATIONS	10
UNKNOWN	7
DEGREES OF FREEDOM	3
ITERATIONS	0

GROUP 1 ROT. ANGLES (sec.) AND SCALE DIFF. (ppm):

HOR. SYSTEM	34.484	0.000	73.546	-105.498
STD. ERRORS	9.190	0.000	5.747	34.259
XYZ SYSTEM	-33.746	39.095	62.697	

ADJUSTED POSITIONS:

		LAT.	LON.	ELEV.	STD. ERRORS (m)		
1	PARA	-25 26 54.12910	49 13 51.43680	925.758	0.000	0.000	0.000
2	PAU_	-25 26 54.68682	49 13 51.95809	923.103	0.001	0.001	0.001
3	RM3_	-25 26 54.56850	49 13 52.21080	923.784	0.000	0.000	0.000

ACCURACIES (m):

		D. LAT.	D. LON.	VERT.
PARA	PAU_	0.001	0.001	0.001
PARA	RM3_	0.000	0.000	0.000
RM3_	PAU_	0.001	0.001	0.001

```

*****
****
****          ESTIMATES OF PRECISION          ****
****
****   Based on the VECTOR ACCURACIES produced by   ****
****                   FILLNET                   ****
****
****   This is a reasonable estimate of the accuracies ****
****   of the vectors in the network at 1 SIGMA.   ****
****
*****

```

VECTOR	LENGTH	PPM(h)	RATIO(h)	PPM(v)	RATIO(v)
PARA PAU_	22.668	62.8	1: 15917	44.1	1: 22668
PARA RM3_	25.584	0.0	1: 0	0.0	1: 0
RM3_ PAU_	7.974	178.0	1: 5618	125.4	1: 7974
RM3_ PAU_	7.974	178.0	1: 5618	125.4	1: 7974

## ANEXO 02

Tabela 12 – Diferenças entre resultados obtidos com os posicionamentos cinemático e estático (C. Politécnico).

VISITA		1		2	
Método	Marco	DI.IN (cm)	DESNÍV.(CM)	DI.IN (CM)	DESNÍV. (cm)
INT-LBC	ECC1	10,08	-33,19	9,90	-33,25
	ECC2	-2,60	3,19	-3,30	3,17
	ECC3	-0,48	4,60	0,05	3,23
	ECAZ	-0,03	4,56	0,26	5,46
INT-IDA	ECC1	9,66	-33,81	8,91	-32,94
	ECC2	-2,77	3,12	-2,20	4,44
	ECC3	-2,29	3,58	-0,99	4,32
	ECAZ	-0,37	3,88	-0,18	5,97
COM-LBC	ECC1	10,10	-34,13	11,34	-32,30
	ECC2	-3,15	3,38	-2,61	4,79
	ECC3	-0,68	3,18	0,66	2,51
	ECAZ	0,04	3,92	-4,82	5,86
COM-IDA	ECC1	10,60	-33,94	10,08	-33,78
	ECC2	-3,19	3,12	-4,45	2,98
	ECC3	-2,94	3,28	-0,40	3,48
	ECAZ	-0,79	3,42	0,17	4,36
PSE-CINE	ECC1	29,75	-37,36	10,71	-32,38
	ECC2	-2,80	2,89	8,00	2,70
	ECC3	9,24	-0,08	2,24	5,71
	ECAZ	-1,01	0,95	-4,14	6,09

## ANEXO 03

## Ajustamento da estação ATUBA

PROGRAM FILLNET, Version 3.0.00  
 LICENSED TO: ASHTECH INC.

Fillnet Input File atuba -25.4 49.2

a = 6378137.000 1/f = 298.2572235 W Longitude positive WEST

PRELIMINARY COORDINATES:

CONSTR.		LAT.	LON.	ELEV.	G.H.
---------	--	------	------	-------	------

1	FFF	PARA-25 26	54.12910	49 13	51.43680	925.759	0.000
2		ATUB-25 23	35.63185	49 11	53.74841	928.736	0.000

GROUP 1, NO. OF VECTORS AND BIAS CONSTRAINTS:

3	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001
---	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

VECTORS:

		DX	DY	DZ	LENGTH	ERROR CODES
PARA	ATUB	4205.333	161.090	5516.293	6938.319	3 51.0 51.0
2						
PARA	ATUB	4205.335	161.086	5516.292	6938.319	3 51.0 51.0
2						
PARA	ATUB	4205.335	161.088	5516.287	6938.315	3 51.0 51.0
2						

SHIFTS:

1	0.000	0.000	0.000
2	-0.002	0.015	-0.008

ADJUSTED VECTORS, GROUP 1:

		DX, DY, DZ	V	DN, DE, DU	v	v'
PARA	ATUB	26581	4205.334 0.001	6109.405 -0.001	-0.1	
			161.088 -0.002	3288.676 -0.000	-0.0	
			5516.291 -0.002	5.946 0.003	0.4	
PARA	ATUB	26681	4205.334 -0.001	6109.405 -0.002	-0.3	
			161.088 0.002	3288.676 0.001	0.1	
			5516.291 -0.001	5.946 -0.001	-0.1	
PARA	ATUB	26781	4205.334 -0.001	6109.405 0.003	0.4	
			161.088 0.000	3288.676 -0.001	-0.1	
			5516.291 0.004	5.946 -0.002	-0.2	

S.E. OF UNIT WEIGHT = 0.285

NUMBER OF -  
 OBS. EQUATIONS 13  
 UNKNOWNNS 7  
 DEGREES OF FREEDOM 6  
 ITERATIONS 0

GROUP 1 ROT. ANGLES (sec.) AND SCALE DIFF. (ppm):

HOR. SYSTEM 0.000 0.000 0.000 0.000  
 STD. ERRORS 0.000 0.000 0.000 0.000  
 XYZ SYSTEM 0.000 0.000 0.000

ADJUSTED POSITIONS:

		LAT.	LON.	ELEV.	STD. ERRORS (m)		
1	PARA	-25 26 54.12910	49 13 51.43680	925.758	0.000	0.000	0.000
2	ATUB	-25 23 35.63193	49 11 53.74788	928.728	0.001	0.001	0.001

ACCURACIES (m):

		D. LAT.	D. LON.	VERT.
PARA	ATUB	0.001	0.001	0.001
PARA	ATUB	0.001	0.001	0.001
PARA	ATUB	0.001	0.001	0.001

\*\*\*\*\*  
 ESTIMATES OF PRECISION \*\*\*\*\*  
 Based on the VECTOR ACCURACIES produced by \*\*\*\*\*  
 FILLNET \*\*\*\*\*  
 This is a reasonable estimate of the accuracies \*\*\*\*\*  
 of the vectors in the network at 1 SIGMA. \*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\*

VECTOR	LENGTH	PPM(h)	RATIO(h)	PPM(v)	RATIO(v)
PARA ATUB	6938.318	0.2	1: 4906130	0.1	1: 6938318
PARA ATUB	6938.318	0.2	1: 4906130	0.1	1: 6938318
PARA ATUB	6938.318	0.2	1: 4906130	0.1	1: 6938318

Ajustamento das estações da Fazenda Cangüiri

PROGRAM FILLNET, Version 3.0.00  
 LICENSED TO: ASHTECH INC.

Fillnet Input File fazenda23 -25.4 49.2  
 a = 6378137.000 1/f = 298.2572235 W Longitude positive WEST

## PRELIMINARY COORDINATES:

CONSTR.		LAT.	LON.	ELEV.	G.H.
1	FFF	PARA-25 26	54.12910	49 13 51.43680	925.758 0.000
2		P3__-25 23	26.53500	49 7 30.08322	904.670 0.000
3		P4__-25 23	30.65273	49 7 33.75227	905.240 0.000
4		P5__-25 23	37.27965	49 7 39.66003	905.795 0.000
5	FFF	ATUB-25 23	35.63193	49 11 53.74788	928.728 0.000

## GROUP 1, NO. OF VECTORS AND BIAS CONSTRAINTS:

6	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
---	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

## VECTORS:

		DX	DY	DZ	LENGTH	ERROR	CODES
2	PARA P3__	9846.234	4906.840	5779.540	12426.926	3 51.0	51.0
2	PARA P4__	9733.448	4880.385	5664.795	12273.878	3 51.0	51.0
2	PARA P5__	9551.647	4838.103	5480.327	12028.100	3 51.0	51.0
2	ATUB P3__	5640.888	4745.762	263.246	7376.393	3 51.0	51.0
2	ATUB P4__	5528.110	4719.291	148.492	7270.059	3 51.0	51.0
2	ATUB P5__	5346.313	4677.023	-35.950	7103.443	3 51.0	51.0

## SHIFTS:

1	0.000	0.000	0.000
2	-0.007	0.003	-0.042
3	-0.011	-0.022	-0.002
4	0.004	0.004	-0.057
5	0.000	0.000	0.000

## ADJUSTED VECTORS, GROUP 1:

		DX, DY, DZ	V	DN, DE, DU	v	v'
PARA	P3__	26681	9846.214 -0.005	6387.248 -0.005	-0.4	
			4906.856 0.004	10659.775 -0.001	-0.1	
			5779.542 -0.002	-22.651 -0.005	-0.4	
PARA	P4__	26681	9733.433 0.001	6260.573 -0.005	-0.4	
			4880.389 -0.007	10557.108 -0.004	-0.3	
			5664.791 -0.008	-21.902 0.009	0.7	
PARA	P5__	26681	9551.635 0.004	6056.726 0.009	0.8	
			4838.117 0.003	10391.866 0.005	0.3	
			5480.342 0.010	-21.185 -0.004	-0.3	
ATUB	P3__	26681	5640.879 0.002	277.843 0.002	0.2	
			4745.767 -0.002	7371.100 0.000	0.0	
			263.252 0.001	-28.596 0.002	0.2	

ATUB	P4__	26681	5528.099	-0.000	151.168	0.002	0.3
			4719.301	0.003	7268.432	0.002	0.2
			148.500	0.003	-27.847	-0.004	-0.4
ATUB	P5__	26681	5346.301	-0.002	-52.679	-0.004	-0.5
			4677.028	-0.001	7103.190	-0.002	-0.2
			-35.949	-0.004	-27.131	0.002	0.2

S.E. OF UNIT WEIGHT = 0.639

NUMBER OF -  
 OBS. EQUATIONS 19  
 UNKNOWNNS 13  
 DEGREES OF FREEDOM 6  
 ITERATIONS 0

GROUP 1 ROT. ANGLES (sec.) AND SCALE DIFF. (ppm):

HOR. SYSTEM	-0.366	0.000	0.019	-0.476
STD. ERRORS	0.368	0.001	0.172	0.802
XYZ SYSTEM	-0.091	0.106	-0.339	

ADJUSTED POSITIONS:

		LAT.	LON.	ELEV.	STD. ERRORS (m)		
1	PARA	-25 26 54.12910	49 13 51.43680	925.758	0.000	0.000	0.000
2	P3__	-25 23 26.53522	49 7 30.08310	904.628	0.008	0.008	0.016
3	P4__	-25 23 30.65307	49 7 33.75305	905.238	0.008	0.008	0.015
4	P5__	-25 23 37.27953	49 7 39.65990	905.738	0.008	0.008	0.015
5	ATUB	-25 23 35.63193	49 11 53.74788	928.728	0.000	0.000	0.000

ACCURACIES (m):

		D. LAT.	D. LON.	VERT.
PARA	P3__	0.008	0.008	0.016
PARA	P4__	0.008	0.008	0.015
PARA	P5__	0.008	0.008	0.015
ATUB	P3__	0.008	0.008	0.016
ATUB	P4__	0.008	0.008	0.015
ATUB	P5__	0.008	0.008	0.015

```

*****
****
**** ESTIMATES OF PRECISION ****
****
**** Based on the VECTOR ACCURACIES produced by ****
**** FILLNET ****
****
**** This is a reasonable estimate of the accuracies ****
**** of the vectors in the network at 1 SIGMA. ****
****
*****

```

VECTOR	LENGTH	PPM(h)	RATIO(h)	PPM(v)	RATIO(v)
--------	--------	--------	----------	--------	----------





0.0137 5249.230 0.0063 4652.996 0.0081 -136.309 0.0066  
 -0.6685 -0.5543 0.6113 0 0 0 0 0  
 VEC: 0 ATUB PAU\_ 2 2 2 OTUBAU\_ 1.267 100.0 092498 1 1642 1905  
 0.0159 5242.683 0.0180 4651.857 0.0256 -141.539 0.0091  
 0.1560 -0.2320 0.1421 0 0 0 0 0  
 0.0185 5242.676 0.0085 4651.823 0.0090 -141.539 0.0063  
 -0.6988 -0.5282 0.5895 0 0 0 0 0

PROGRAM FILLNET, Version 3.0.00  
 LICENSED TO: ASHTECH INC.

Fillnet Input File pontosfazenda -25.4 49.2

a = 6378137.000 1/f = 298.2572235 W Longitude positive WEST

PRELIMINARY COORDINATES:

CONSTR.		LAT.	LON.	ELEV.	G.H.
1	FFF	PARA-25 26 54.12910	49 13 51.43680	925.758	0.000
2		P1_-25 23 20.90916	49 7 25.06992	907.571	0.000
3		P2_-25 23 22.69857	49 7 26.66270	906.620	0.000
4	FFF	ATUB-25 23 35.63193	49 11 53.74788	928.728	0.000

GROUP 1, NO. OF VECTORS AND BIAS CONSTRAINTS:

4 0.000 0.000 0.000 0.001 0.000 0.000 0.000 0.000

VECTORS:

		DX	DY	DZ	LENGTH	ERROR	CODES
PARA	P1__	10002.552	4940.458	5934.707	12636.452	3 51.0	51.0
2							
PARA	P2__	9952.822	4929.758	5885.347	12569.745	3 51.0	51.0
2							
ATUB	P1__	5797.213	4779.372	418.417	7524.968	3 51.0	51.0
2							
ATUB	P2__	5747.491	4768.663	369.046	7477.299	3 51.0	51.0
2							

SHIFTS:

1	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.045	0.006
3	-0.010	-0.031	0.040
4	0.000	0.000	0.000

ADJUSTED VECTORS, GROUP 1:

		DX, DY, DZ	V	DN, DE, DU	v	v'
PARA	P1__	26581	10002.549 -0.003	6560.318 0.002	0.1	
			4940.451 0.003	10800.073 -0.000	-0.0	
			5934.703 0.004	-19.900 -0.005	-0.4	
PARA	P2__	26581	9952.824 0.003	6505.262 -0.002	-0.1	
			4929.745 -0.003	10755.436 0.000	0.0	
			5885.335 -0.004	-20.754 0.005	0.4	

ATUB	P1__	26581	5797.215	0.001	450.913	-0.001	-0.1
			4779.363	-0.001	7511.397	0.000	0.0
			418.412	-0.002	-25.846	0.002	0.3

ATUB	P2__	26581	5747.490	-0.001	395.858	0.001	0.1
			4768.657	0.001	7466.760	-0.000	-0.0
			369.044	0.002	-26.699	-0.002	-0.3

S.E. OF UNIT WEIGHT = 0.411

NUMBER OF -

OBS. EQUATIONS	13
UNKNOWN	10
DEGREES OF FREEDOM	3
ITERATIONS	0

GROUP 1 ROT. ANGLES (sec.) AND SCALE DIFF. (ppm):

HOR. SYSTEM	0.188	0.000	0.002	-0.632
STD. ERRORS	0.297	0.001	0.139	0.650
XYZ SYSTEM	0.054	-0.062	0.170	

ADJUSTED POSITIONS:

		LAT.	LON.	ELEV.	STD. ERRORS (m)		
1	PARA	-25 26 54.12910	49 13 51.43680	925.758	0.000	0.000	0.000
2	P1__	-25 23 20.90916	49 7 25.06832	907.577	0.006	0.007	0.013
3	P2__	-25 23 22.69888	49 7 26.66381	906.660	0.006	0.007	0.013
4	ATUB	-25 23 35.63193	49 11 53.74788	928.728	0.000	0.000	0.000

ACCURACIES (m):

		D. LAT.	D. LON.	VERT.
PARA	P1__	0.006	0.007	0.013
PARA	P2__	0.006	0.007	0.013
ATUB	P1__	0.006	0.007	0.013
ATUB	P2__	0.006	0.007	0.013

```

*****
****
****          ESTIMATES OF PRECISION          ****
****
****    Based on the VECTOR ACCURACIES produced by    ****
****                      FILLNET                      ****
****
****    This is a reasonable estimate of the accuracies  ****
****    of the vectors in the network at 1 SIGMA.      ****
****
*****

```

VECTOR	LENGTH	PPM(h)	RATIO(h)	PPM(v)	RATIO(v)
PARA P1__	12636.445	0.7	1: 1370613	1.0	1: 972034
PARA P2__	12569.736	0.7	1: 1363377	1.0	1: 966903
ATUB P1__	7524.963	1.2	1: 816192	1.7	1: 578843
ATUB P2__	7477.294	1.2	1: 811021	1.7	1: 575176

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIDIN, H.Z. **Computacional and geometrical Aspects of on-the-fly ambiguity Resolution**. Ph.dissertation, Departmente of surveying Enginiering Tecnical Report; no.164; University New Brunswick, Canada. 1993.
- ABIDIN, H.Z. **On-the-Fly Ambiguity Resolution**. GPS World, April, 1994.
- ANDRADE, J. B. **NAVSTAR-GPS**. Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas; Universidade Federal do Paraná; Setor de Tecnologia; Departamento de Geociências; Curitiba; 1988.
- ANDRADE, J.B. ANDRADE, R.R.; SOUTO, J.B. e ZUNINO, L. A.A. A importância do GPS no mapeamento cadastral; **1º Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico mulltifinalitério**; 07 a 10 de agosto de 1994; Florianópolis-SC.
- ANTUNES, C. Um modo “estático rápido” com GPS monofreqüência no apóio à cartografia; **Cartografia e Cadastro nº 06** – Junho 1997.
- ASHTECH Z-12™ GPS Receiver. **Operating Manual**. May 1994.
- BLITZKOW, D. **Aspectos Gerais do Sistema NAVSTAR/GPS**. Universidade de São Paulo; Escola Politécnica; Departamento de Engenharia de Transportes; Dezembro; 1995.
- CANNON, M. E. LACHAPELLE, G.; GPS control segment.[s. l.], 1992. Transparência [s. n.]: p & b.
- COLLIER, P.A. **Kinematic GPS For Deformation Monitoring** . Geomatica; v.51, no.1, 1997.
- COMEC (COORDENAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA). **Mapa da região metropolitana de Curitiba**, 1992. Secretaria Estadual de Planejamento e Coordenação.
- FABRI, S. M. **Determinação de atitude de satélites artificiais estabilizados por rotação com o uso do GPS**. Curitiba, 1997. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas). Setor de Tecnologia. CPGCG, UFPR.
- FAGGION, P. Coordenadas da Fazenda Cangüiri. Curitiba: 1998. (Comunicação pessoal).
- GAO, Y.; McLELLAN, J. F. SCHLEPPE, J. B. Integration GPS with barometry for high-precision real-time kinematic seismic survey. **Surveying and Land Information systems**, v. 58, n. 2, 1998.

- GEMAEL, C. **Geodésia celeste**. Curitiba: UFPR, CPGCG, 1991.
- GEORGIADOU, Y., KLEUSBERG, A. On carrier signal multipath effects in relative GPS positioning. **Man. Geod.**, 1988.
- GERDAN, G.P. Efficient Surveying with the Global Positioning System. **Surveying and Land information Systems**, v.52, n.1, 1992.
- GRIPP, J. J. **Calibração de distanciômetros eletrônicos com medidas de campo**. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas). Setor de Tecnologia, CPGCG, UFPR. Curitiba, 1986.
- HATCH, R. The synergism of GPS code and carrier measurements. **Proceedings of the third International Geodetic Symposium on Satellite Doppler Positioning**. Las Cruces, New Mexico, USA, v.2, 1982.
- HOFMANN-WELLENHOF, B.; LICHTENEGGER, J.; COLLINS, J. **GPS: Theory and Practice**. 3. ed. New York: Springer Verlag Wien, 1994.
- IBGE. **Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos** (Coletânea das Normas Vigentes) – Diretoria de Geociências – Departamento de Geodésia – Rio de Janeiro, 1996.
- KAHMEN, H. **Vermmessungs – kunde**, Walter d Gruytre, Berlin, N.Y., 19. Auflage, 1997.
- KRUEGER, C. P. **Posicionamento Cinemático de Trens**. Curitiba, 1994. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Setor de Tecnologia, CPGCG, UFPR.
- KRUEGER, C. P. **Investigações sobre aplicações de alta precisão do GPS no âmbito marinho**. Curitiba, 1996. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) – Setor de Tecnologia, CPGCG, UFPR.
- LACHAPELLE, G. **GPS observables and error sources for kinematic positioning**. In: Schwartz, Lachapelle (eds.) 1991.
- LACHAPELLE, G. ; CANNON, M. E.; **Diluição da precisão**. [s. l.], 1993. **Transparência** [s. n.]: p & b.
- LANGLEY, R. B. **NAVSTAR GPS constellation and individual satellite status**. <http://www.city.fredericton.nb.ca/>. Canada, 1998.
- LAPINE, L. A. **Practical Photogrammetric control by kinematic GPS**. **GPS World**, May/Jun, 1990.
- LEICK, A. **GPS SATELLITE SURVEYING**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1995.

- LEISTNER, H. **Untersuchung der GPS-auswertesoftware PRISM für hochpräzise kinematisch anwendungen**. Hannover: Universität Hannover, 1995. Institut für Erdmessung.
- MACEDO, F. **Interfaceamento GPS/CAD em tempo real: estudo de caso**. Curitiba, 1997. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas)- Setor de Tecnologia. CPGCG, UFPR.
- MADER, G.L. Ambiguity function techniques for GPS phase initialization and kinematic solutions. **GPS 90**, Ottawa, 1248-1256, 1990.
- MARTINS, J.A. VARELA, J.F.P.; MENDES, V.B.; PARAGETE, J.C..F. Geodésia de precisão com GPS: Uma análise dos efeitos dos erros das órbitas e do atraso troposférico. **Cartografia e Cadastro** n.4, Instituto Português de Cartografia e Cadastro, Lisboa, 1996.
- MASSINHAN, J. **Utilização do GPS no apoio ao controle operacional de veículos ferroviários**. Curitiba, 1996. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Setor de Tecnologia, CPGCG,UFPR.
- MOG, D. E. **Determinação de órbita dos satélites NAVSTAR-GPS**. Curitiba, 1995. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) Setor de Tecnologia, CPGCG, UFPR.
- MERMINOD, B. RIZOS, C. Optimisation of rapid static GPS surveys – **manuscripta geodaetica**, v.19, n.4, 1994.
- MOK, E.; SO, J. Studies of the technique ou enginEering surveyiing applications using the wild GPS system 200. **Survey Review**, v.33, n.256, 1995.
- MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS descrição, fundamentos e aplicações**. Presidente Prudente: UNESP, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Cartografia, 1997.
- RAJAL, B. S.; MADHWAL, H. B. Kinematic global positioning system survey as the solution for quick large scale mapping. **Survey Review**. July, v. 34, n. 265. 1997.
- REMONDI, B. W. Performing Centimeter-Level Surveys in Seconds with GPS Carrier Phase: Initial Results. **Navigation – Journal of the Institute of navigation**. v.32, n.4, 1985.
- RODRIGUES, D. D. **Uma análise da geometria oferecida pela constelação final do sistema GPS, para posicionamento por ponto**. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Setor de Tecnologia, CPGCG,UFPR, Curitiba, 1989.
- SAASTAMOINEN, J.J. Contributions to the theory of atmospheric refraction. **Bull. Geod.** 1973.

- SANTOS, M. C. **NAVSTAR/GPS Aspectos teóricos e aplicações**. Dissertação (Mestrado em Geofísica). Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Observatório Nacional – Departamento de Geofísica. Rio de Janeiro, 1990.
- SANTOS, M. C. **Real –time orbit improvement for GPS satellites**. Phd. Dissertatio. Departamento of Geodesy and Geomatics Engineering Technical Report, University of New Brunswick, Fredericton, NB, Canada, 1995.
- SANTOS, M. C. **Integração GPS/GIS**. GIS BRASIL 97. Curitiba, SAGRES, 1997 (Curso).
- SEEBER, G. **Satellite geodesy: foundations, methods and applications**. Berlin: New York, 1993.
- SEGANTINE, P. C. L.; MONICO, J. F. G. Considerações a respeito do processamento de dados GPS. **Cartografia e Cadastro**, Portugal, n. 6, Junho, 1997.
- SPIPKER, J. J. Jr.. **Satellite Constellation and Geometric Dilution of Precision. Global Positioning System: Theory na Aplications**. V.1, American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1996, USA.
- TEUNISSEN, P.J.G., JONGE, P.J. de, TIBERIUS, C.C.J.M. A New Way to Fix Carrier-Phase Ambiguities. **GPS World**, April, 1995.
- TIERRA CRIOLLO, A. R. **Comparação da Precisão dos Métodos Cinemáticos para distâncias Menores a Dez Quilômetros**. Nov, 1993. Dissertação de mestrado em Ciências Geodésicas - Universidade Federal do Paraná.
- WELLS, D.; BECK, N.; DELIKARAOGLU, D.; KLEUSBERG, A. ; KRAKIWSKY, E.; LACHAPELLE, G.; LANGLEY, R. B.; NAKIBOGLU, M.; SCHWARZ, K. P.; D TRANQUILLA, J. M.; VANICEK, P,. **Guide to GPS positioning** . Ottawa, Ontario: New Brunswick, 1986.
- WÜBBENA, G.; **Zur modellierung von GPS; Beobachtungen für die hochgeraue Positonsbestimmg**. Tese, Institut für Erdmessung, Univ. Hannover, 1991.