

MARCELO JOSE PEREIRA DA CUNHA

**APLICAÇÃO DO SISTEMA DE POSICIONAMENTO
GLOBAL NO CADASTRAMENTO DE REDES
DE DISTRIBUIÇÃO ELÉTRICA**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas para a obtenção do Grau de Mestre em Ciências Geodésicas pela Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Ph.D. Marcelo Carvalho dos Santos

CURITIBA


1997

**APLICAÇÃO DO SISTEMA DE POSICIONAMENTO
GLOBAL NO CADASTRAMENTO DE
REDES DE DISTRIBUIÇÃO ELÉTRICA**


POR

MARCELO JOSÉ PEREIRA DA CUNHA

Tese 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. Dr. MARCELO CARVALHO DOS SANTOS - Orientador
Presidente


Prof. Dr. LUIZ DANILLO DAMASCENO FERREIRA - Membro


Prof. Dr. JOSÉ BITTENCOURT DE ANDRADE - Membro

O autor externa seus agradecimentos:

- À Deus;

- Ao Prof. Dr. Marcelo Carvalho dos Santos, pelo apoio e orientação, indispensáveis para a realização deste trabalho;

- Ao Prof. Ph.D. José Bittencourt de Andrade, pelo apoio e informações prestadas indispensáveis para o desenvolvimento deste trabalho;

- A minha Mãe e meus irmãos, Márcio e Alzimar, pelo apoio constante em todos os momentos.

- À COPEL nas pessoas de Ary Luiz Marques, Andréia Stalchmidt e Pedro Loyola pelo apoio na realização deste trabalho;

- Ao Prof. Günter Seeber, do Instiut für Erdmessung, Universität Hannover - Alemanha pelas informações prestadas no início do trabalho;

- Ao Prof. Richard B. Langley do Geodetic Research Laboratory, University of New Brunswick, Fredericton- Canadá, pelas informações prestadas via CANSPACE;

- Aos estagiários de Engenharia Cartográfica na COPEL, Franco Amatto e Hilton Masuko pela colaboração no levantamento da Rede Base GPS/COPEL;

- À Universidade Federal do Paraná, através do Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas pela confiança depositada;

- Ao CNPq pelo auxílio financeiro concedido, através da bolsa de mestrado;

- Aos Profs. Luiz Danilo, Sílvio Corrêia, Antônio Berutti e Quintino Dalmolin pelas informações prestadas durante o desenvolvimento deste trabalho;

- A Mônica - Secretaria do Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e todos os colegas e professores que de maneira direta ou indireta colaboraram com este trabalho;

- Aos funcionários da SOT/SOG - COPEL pelo apoio na Rede Base GPS/COPEL.

SUMÁRIO

SUMÁRIO	I
LISTA DE FIGURAS	IV
LISTA DE TABELAS	V
LISTA DE GRÁFICOS	VI
LISTA DE QUADROS	VII
LISTA DE FLUXOGRAMA	VII
LISTA DE ABREVIATURAS	VII
RESUMO	VIII
ABSTRACT	IX
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 DISTINÇÃO ENTRE GIS E LIS	2
1.2 LEVANTAMENTO DO PROBLEMA EM ESTUDO	3
1.3 ETAPAS DO TRABALHO	5
1.4 CONTRIBUIÇÕES DESTE TRABALHO	6
1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	8
2 CADASTRO	9
2.1 CADASTRO: UM PANORAMA ATUAL E TENDÊNCIAS	10
2.2 CADASTRO NA COPEL	13
2.2.1 Metodologia e Cadastramento utilizando pela COPEL	14
2.3 ANÁLISE	15
3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	17
3.1 ESCOLHA DA ÁREA DO PROJETO	18
3.2 REDE BASE GPS/COPEL	19
3.2.1 Materialização dos Marcos	20
3.2.2 Configuração da Rede Base GPS/COPEL	21

3.2.3 Rastreo	24
3.2.4 Estratégia de Ocupação	25
3.3 PROCESSAMENTO	26
3.4 PROCESSAMENTO UTILIZANDO O PRISM	26
3.4.1 Combinações Lineares entre Fases	26
3.4.1.1 Combinação Linear Wide Lane	26
3.4.1.2 Combinação Linear Narrow Lane	27
3.4.1.3 Combinação Linear Livre do Atraso Ionosférico	27
3.4.2 Sequência Executada no Processamento pelo PRISM	28
3.5 ÓRBITAS PRECISAS: ANÁLISE QUALITATIVA	31
3.6 AJUSTAMENTO	32
3.6.1 Estratégia de Ajustamento	34
3.7 ANÁLISE DOS RESULTADOS	34
3.8 ANÁLISE DE RESÍDUOS	43
4 METODOLOGIA DE UNIFICAÇÃO DE BASES	50
4.1 TRANSFORMAÇÃO GEOMÉTRICA	51
4.2 MODELO MATEMÁTICO	52
4.2.1 Rotação Aplicada ao eixo X do Sistema Origem de Forma a Torná-lo um um Sistema Cartesiano - Ortogonal	53
4.2.2 Rotação Aplicada ao eixo Y do Sistema Origem de Forma a Torná-lo um Sistema Cartesiano - Ortogonal	54
4.3 DESENVOLVIMENTO DA TRANSFORMAÇÃO GEOMÉTRICA	54
4.3.1 Determinação das Coordenadas dos Postes	55
4.3.1.1 Planejamento do Rastreo	55
4.3.1.2 Planejamento de visibilidade de Satélites	56
4.3.1.3 Rastreo	58
4.3.1.4 Processamento	60
4.4 TRANSFORMAÇÃO DE SISTEMAS DE COORDENADAS	62
4.5 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS	68
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	71

ANEXOS	74
Caderneta de campo do levantamento dos postes	76
Resíduos de Dupla Diferença de fase da portadora L1	77
Método Paramétrico com Introdução de novas Observações	99
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102

LISTA DE FIGURAS

1 REGIÃO DA SDL	18
2 MARCO MATERIALIZADO DIRETAMENTE NO SOLO	21
3 MARCO MATERIALIZADO SOB AS CAIXAS D'AGUA DOS CENTROS REGIONAIS	21
4 REDE BASE GPS/COPEL	22
5 ESTAÇÃO DJPO	30
6 EFEITO DA IMPRECISÃO DAS ÓRBITAS NO COMPRIMENTO DA BASE	32
7 ESTAÇÃO DJPO	45
8 ESTAÇÃO TORR	45
9 ESTAÇÃO LONG	45
10 LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DJP0, TORR0, LONG e KM03	46
11 ESQUEMA DE LOCAÇÃO DA ANTENA DO RECEPTOR A UM RAIOS DE 30 cm DO POSTE	56

LISTA DE TABELAS

01 DESCRIÇÃO DAS ESTAÇÕES DA REDE	23
02 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO RASTREIO GPS	24
03 VALORES DE INJUNÇÕES MÍNIMAS DO "DEFAULT" DO FILLNET	37
04 VALORES DAS INJUNÇÕES MÍNIMAS UTILIZADAS NO AJUSTAMENTO	37
05 ERRO PADRÃO POR UNIDADE DE PESO PARA DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE AJUSTAMENTO	38
06 VALORES DAS INJUNÇÕES OTIMISTAS UTILIZADAS NO AJUSTAMENTO SEQUENCIAL DAS SEÇÕES	41
07 ERRO PADRÃO POR UNIDADE DE PESO PARA DIFERENTES INJUNÇÕES NO AJUSTAMENTO	41
08 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO RASTREIO PARA DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA	58
09 COORDENADAS UTM NO SAD69 DOS POSTES	63
10 PARÂMETROS DA TRANSFORMAÇÃO E RESPECTIVOS DESVIOS PADRÃO	65
11 COORDENADAS NO SISTEMA ORIGEM (UTM) E COORDENADAS NO SISTEMA DESTINO (UTM) PARA A ÁREA MAIOR	65
12 RESÍDUOS DA TRANSFORMAÇÃO GEOMÉTRICA	65
13 PARÂMETROS DA TRANSFORMAÇÃO E RESPECTIVOS DESVIOS PADRÃO	66
14 COORDENADAS NO SISTEMA ORIGEM EM (UTM) E COORDENADAS NO SISTEMA DESTINO (UTM) PARA A ÁREA MENOR	66
16 RESÍDUOS DA TRANSFORMAÇÃO GEOMÉTRICA	66

LISTAS DE GRÁFICOS

1 DESVIOS PADRÃO EM X, Y , Z NO WGS84 EM RELAÇÃO AO COMPRIMENTO DAS LINHAS DE BASE TENDO COMO REFERÊNCIA A ESTAÇÃO PARA	29
2 DESVIOS PADRÃO EM X, Y , Z NO WGS84 EM RELAÇÃO AO COMPRIMENTO DAS LINHAS DE BASE TENDO COMO REFERÊNCIA A ESTAÇÃO KM03	29
3 DESVIOS PADRÃO EM X, Y, Z NO WGS84 ORIUNDOS DO AJUSTAMENTO UTILIZANDO A ESTRATÉGIA DE AJUSTE SEQUÊNCIAL DAS SEÇÕES	38
4 DESVIOS PADRÃO EM X, Y, Z NO WGS84 ORIUNDOS DO AJUSTAMENTO UTILIZANDO A ESTRATÉGIA DE AJUSTE SIMULTÂNEO DA REDE	39
5 DESVIOS PADRÃO EM X, Y, Z NO WGS84 ORIUNDOS DO AJUSTAMENTO UTILIZANDO A ESTRATÉGIA DE AJUSTE SOMENTE DAS LINHAS DE BASE	39
6 DESVIOS PADRÃO EM X, Y, Z NO WGS84 ORIUNDOS DO AJUSTAMENTO UTILIZANDO A ESTRATÉGIA DE AJUSTE SEQUÊNCIAL DAS SEÇÕES COM INJUNÇÕES RESTRITIVAS	40
7 DESVIOS PADRÃO EM X, Y, Z NO WGS84 ORIUNDOS DO AJUSTAMENTO UTILIZANDO A ESTRATÉGIA DE AJUSTE SEQUÊNCIAL DAS SEÇÕES COM INJUNÇÕES OTIMISTAS	40
8 RESÍDUOS DE DUPLA DIFERENÇA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA OS SATÉLITES PRN 07,16, 19, 26,27 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 02 DA BASE KM03-DJPO	44
9 RESÍDUOS DE DUPLA DIFERENÇA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA OS SATÉLITES PRN 07,16, 19, 26,27 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 02 DA BASE KM03-CRSJ	44
10 DESVIOS PADRÃO EM X, Y, Z NO WGS84 DAS COORDENADAS DOS POSTES PARA A ÁREA MAIOR	61
11 DESVIOS PADRÃO EM X, Y, Z NO WGS84 DAS COORDENADAS DOS POSTES PARA A ÁREA MENOR	61
12 DIFERENÇAS ENTRE COORDENADAS UTM CALCULADAS NA TRANSFORMAÇÃO E AS COORDENADAS UTM DO GEDIS - REFERENCIADAS AO SAD69	67

LISTA DE QUADRO

1 RESÍDUOS DE DUPLA DIFERENÇA DE FASE	48
---------------------------------------	----

LISTA DE FLUXOGRAMAS

1 SEQUÊNCIA DE PROCESSAMENTO NO PRISM	28
2 TRANSFORMAÇÃO DE SISTEMAS DE COORDENADAS	62

LISTA DE ABREVIATURAS

COPEL:	Companhia Paranaense de Energia
GPS:	Sistema de Posicionamento Global
LIS:	Sistema de Informação Cadastral
GIS:	Sistema de Informação Geográfica
GEDIS:	Sistema de Gerência de Redes
SDL:	Superintendência de Distribuição Leste
PRISM:	Precision GPS Surveying Software
PNAV:	Precise Differential GPS Navigation an Surveing
FILLNET:	Módulo de ajustamento do PRISM

RESUMO

Com o avanço tecnológico da informática aplicada à Cartografia, é crescente a implementação, por empresas e órgãos, de sistemas que possibilitem a informatização da informação geométrica, neste trabalho tratado como Sistema de Informação Cadastral. A Companhia Paranaense de Energia (COPEL) encontra-se em vias de implementação de um Sistema de Informação Cadastral. A viabilidade desta implementação depende, dentre outros fatores, da disponibilidade de uma base cadastral precisa e confiável. Muitas vezes as bases deste Sistema Cadastral, compondo diferentes regiões do estado do Paraná, são provenientes de mapeamentos realizados em épocas diferentes atrelados a referenciais distintos, nos quais foram empregados métodos de aquisição de coordenadas dos mais variados, não permitindo uma perfeita interligação entre as mesmas. O Sistema de Informação Cadastral preceitua o estabelecimento de uma base cadastral única. Mas, se as várias bases existentes para as diferentes regiões do estado não permitem a interligação entre si, faz-se necessário, a identificação dos erros prováveis que tenham ocorrido, na tentativa de se reduzir a influência dos mesmos na busca de uma interligação entre essas bases. O presente trabalho apresenta uma metodologia de unificação de bases cadastrais baseado na aplicação de transformações geométricas. Para aplicação destas transformações é necessário o conhecimento de parâmetros de transformação, obtidos com o conhecimento das coordenadas de pontos homólogos nos dois sistemas que serão envolvidos nesta transformação: a base de dados cadastrais da COPEL, e os obtidos com a técnica GPS. Foi estabelecida uma Rede Geodésica GPS, cujas estações foram materializadas em sua maioria em subestações da COPEL, no município de Curitiba- PR, utilizada como referência no levantamento das coordenadas dos postes via GPS, para o qual foi utilizado o modo estático rápido. Este último levantamento deu margem a aplicação da Transformação Afim Geral e conseqüentemente o estabelecimento da metodologia. Os resultados de uma área teste demonstram que a metodologia é aplicável, correta e evidencia possíveis incoerências no banco de dados utilizado.

ABSTRACT

COPEL, the Electricity Company of the State of Paraná, is currently in a process of implementing a Land Information System (LIS) to support its activities. This LIS is based upon cadastral surveys carried out in different time periods, attached to different reference systems, using various surveying techniques. As a consequence, surveys of neighbouring places cannot be always connected. This Dissertation describes the work towards the development of a methodology which intends to determine transformation parameters to match the old cadastre with the new, based on GPS. The phases of the work, which includes the establishment of a GPS network and the surveying of electricity utilities is described. The methodology is shown to work properly but its application makes clear possible inconsistencies within the data based on the old cadastre.

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo tem como objetivo proporcionar uma visão geral deste trabalho. Envolve diretamente a aquisição e manipulação de dados cadastrais (coordenadas de pontos significativos) e portanto, inicialmente reporta-se a necessidade do acesso rápido e fácil e do gerenciamento dos dados gerados num processo cadastral, evidenciando-se a aplicação de um Sistema de Informação Cadastral e um Sistema de Informação Geográfica. Faz uma explanação do problema de inconsistências nas bases cadastrais da COPEL, o que não permite uma perfeita interligação entre bases cadastrais de áreas circunvizinhas, apresenta as etapas, contribuições e a estrutura desta Dissertação.

1.1 DISTINÇÃO ENTRE GIS E LIS

O grande desafio de empresas privadas e estatais, dos mais variados ramos de prestação de serviços que necessitam de georeferenciamento de pontos significativos sobre a superfície terrestre, é a busca de sistemas que propiciem a maior eficiência possível no armazenamento e manipulação dos dados gerados neste processo.

No cadastro, por exemplo, o volume de dados gerados leva à elaboração de um banco de dados descritivo que possibilite a informatização do registro cadastral. Bancos de dados são criados para auxiliar na tarefa de gerenciamento, sendo possível armazenar e recuperar as informações fácil e rapidamente, e os mesmos são a base para a implementação de um Sistema de Informação Cadastral (LIS¹) ou um Sistema de Informação Geográfica (GIS). O GIS é um Sistema capaz de capturar, armazenar, restaurar, manipular e especialmente analisar e integrar informações digitais georeferenciadas, provenientes de imagens mapas ou modelos digitais de terreno, apresentando resultados de forma espacial [Felgueira, 1990 apud Muniz, 1996]. Pode-se citar como características principais de um GIS: a) integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo, cadastro urbano e rural, imagens de satélite, entre outros; b) combinar as várias informações, para gerar mapeamento derivados; c) consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados [Ramalho e Calijuri, 1994]. O LIS segundo [Aalders H.J.G.L, 1991] foi definido em 1982 pela *International Federation of Surveyors* como sendo um Sistema formado de dois elementos. Por um lado, um banco de dados relacionado à terra, espacialmente referenciado, de uma determinada área e, por outro lado, procedimentos e técnicas para coleta sistemática, atualização, processamento e distribuição dos dados.

¹ LIS- Encontra-se na literatura também como Sistema de Informação da Terra.

Em resumo, o objetivo central de um GIS é tomada de decisões [Ramalho & Calijuri, 1994] e o LIS enfatiza o objeto, não proporcionando uma visão macro do ambiente, não sendo portanto capacitado para analisar informações.

1.2 LEVANTAMENTO DO PROBLEMA EM ESTUDO

A Companhia Paranaense de Energia (COPEL) dispõe de aproximadamente 1 800 000 postes materializados em todo o estado do Paraná. Deste total, já estão cadastrados, 80% dos contidos em áreas urbanas e 60% dos contidos em áreas rurais [Marques, 1996].

A empresa conta atualmente com um banco de dados cadastrais contido em um sistema cadastral denominado Sistema de Gerência de Redes (GEDIS) o qual, pela precariedade de recursos gráficos, não atende muitas das necessidades dos setores de mapeamento e cadastro da mesma.

O cadastro² na COPEL caracteriza-se como de caráter local, ou seja, as informações cadastrais são geradas com a intenção de atender as necessidades do setor de mapeamento e cadastro de cada agência³ da empresa, e que configuram-se em localidades específicas, podendo abranger municípios ou partes do mesmo. Com o avanço tecnológico da informática aliado às técnicas de cadastro e o desenvolvimento de projetos elétricos em áreas cada vez mais abrangentes geograficamente, dado o constante crescimento de consumidores, atentou-se da necessidade de modernização do Sistema Cadastral disponível que venha configurar

² Neste trabalho por “cadastro”, refere-se às coordenadas dos pontos de interesse e não a todas as entidades constantes num processo cadastral, tais como dados físicos, acessórios entre outros.

³ Caracterizam por pequenos núcleos da COPEL com objetivo principal de atendimento direto ao consumidor.

uma visão mais geral e/ou interligada, extinguindo o caráter local do cadastro atual. Partindo-se desse novo princípio de modernização, o GEDIS tornou-se um sistema limitado.

Engenheiros, técnicos e analistas de sistema da COPEL, aliaram-se no intuito da modernização cadastral informatizada, optando pela implementação de um Sistema de Informação Cadastral, o qual vem atender à nova realidade dos setores de mapeamento e cadastro.

Inicialmente, estes profissionais empenhados na implementação do LIS, atentaram para o desafio, quanto a busca de eficiência no armazenamento e manipulação dos dados cadastrais. Porém, um dos pontos primordiais para a implementação de um Sistema de Informação Cadastral está na confiabilidade e consistência com que foram adquiridos os dados que irão compor a base cadastral deste sistema. Projetos podem ser inviabilizados, na sua parcialidade ou totalidade, quando referenciados à uma base cadastral imprecisa.

Os profissionais da empresa envolvidos no projeto de implementação do LIS, preocupados com este fator de imprecisão do cadastro contido no banco de dados atual do GEDIS, visto que foram obtidos em épocas e setores distintos, iniciaram uma análise da consistência das informações do cadastro existente, já que nesta nova fase existia a preocupação da interligação das localidades circunvizinhas gerando uma base cadastral única no estado do Paraná.

Em muitas áreas circunvizinhas não conseguiu-se a perfeita interligação entre as bases cadastrais existentes. Este fato levou a necessidade de se partir para um estudo desta inconsistência, no intuito de investigar suas possíveis causas e propor soluções, para que haja uma perfeita interligação entre bases cadastrais circunvizinhas.

Este trabalho vem justamente proporcionar este estudo de causas e propor a empresa possíveis soluções através do estabelecimento de uma metodologia de

unificação de bases que possibilite a recuperação de todo o cadastro já realizado e norteie o cadastro a ser realizado para que se tenha uma base cadastral confiável.

1.3 ETAPAS DO TRABALHO

Inicialmente, existiu uma certa dificuldade na aquisição de informações a respeito das metodologias utilizadas no cadastramento até então realizado pela COPEL dado que, existem 19 Centro Regionais⁴ com suas respectivas agências em todo o estado do Paraná, cada qual com sua equipe e setor de cadastro, com realidade distintas. Frente a essa diversidade e consciente do curto espaço de tempo disponível para o desenvolvimento deste trabalho, partiu-se para determinação de uma área teste específica de estudo.

Escolhida a área e realizando investigações das informações de dados cadastrais da mesma, pode-se identificar as possíveis causas da inconsistência da base cadastral e que poderia ser comum à outras regiões dado que as metodologias utilizadas para o cadastro de postes seguem hoje mais ou menos os mesmo padrão, na empresa. A partir disso, iniciou-se os estudos na tentativa da elaboração de uma metodologia que viesse minimizar o problema, no intuito de oferecer ao cadastro já realizado, bem como no cadastro a ser realizado, confiabilidade, consistência e precisão necessárias a implementação de um LIS.

A COPEL, em seu arcabouço cadastral disponível, incorreu em vários erros que conferiu ao cadastro atual, inconsistências. Quanto a aquisição dos dados cadastrais⁵, estes são provenientes da junção de mapeamentos realizados para atender

⁴ Núcleos da COPEL, de administração, coordenação e gerenciamento das agências de uma determinada área.

⁵ Dados Cadastrais: Entenda-se como as coordenadas UTM de um ponto de distribuição de energia elétrica - poste-

diferentes objetivos, em épocas e referenciais distintos, sem que se fizessem as devidas transformações e adequações. Metodologias sem nenhum cunho técnico e/ou científico estabeleceram-se nos diversos setores de cadastramento da empresa, embasados na ilusória teoria da prática. Quanto ao armazenamento desses dados, rotinas computacionais criadas, impõem restrições e condições que culminam em arredondamentos abstrusos e sujeitas à aleatoriedade do erro grosseiro quando na digitação dos dados; estes fatores, isolados ou em conjunto levam às inconsistências de bases cadastrais existentes hoje na empresa.

Este trabalho pode ser descrito de maneira objetiva, pelas fases que o compõe:

- Estabelecimento da área de abrangência do projeto;
- Determinação da Rede Base GPS;
- Transformação Geométrica;
- Desenvolvimento da Metodologia.

1.4 CONTRIBUIÇÕES DESTE TRABALHO

Uma contribuição, certamente a mais importante deste trabalho, é chamar a atenção de todas as empresas que de uma maneira geral necessitam de bases cadastrais para desenvolvimento de projetos no ramo de atuação a que cada uma se presta, da importância da investigação da precisão e confiabilidade da base cadastral com a qual se trabalha e despertar para a importância da realização de um cadastro de maneira correta e responsável.

Este trabalho foi desenvolvido de acordo com termo aditivo de um convênio celebrado entre o Departamento de Geociências da Universidade Federal do Paraná,

através do Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Companhia Paranaense de Energia - COPEL, portanto teve-se uma preocupação muito grande em atender às necessidades da COPEL. Mas o mesmo não restringe-se a aplicações somente no âmbito da COPEL, estendendo-se a todas as empresas que necessitam de uma base cadastral precisa e confiável para o planejamento e desenvolvimento de seus projetos.

Como outras contribuições desta dissertação, cita-se:

- Demonstra a eficiência do modo de posicionamento denominado estático rápido, na sua utilização no cadastro.
- Com a seriedade com que foi desenvolvido o estudo dos manuais tanto dos receptores bem como dos softwares, permitiu a correção de falhas e erros de impressão nestes, que se não corrigidas impossibilitariam a correta utilização dos mesmos, ficando estes em poder da UFPR.
- Despertou o interesse pela ciência e pesquisa, tanto que proporcionou o início de estudos de interesse internacional que é a interferência a que estão sujeitos os sinais dos Satélites NAVSTAR/GPS, quando a antena de recepção encontra-se próxima a subestações e linhas de transmissão.
- E, finalmente, o cunho prático a que este trabalho se prendeu, possibilitando assim com que a ciência e a pesquisa desempenhassem seu objetivo maior que é servir a sociedade.

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente Dissertação de Mestrado está estruturada em 5 capítulos. O capítulo 2 refere-se à metodologia de cadastro utilizada até então na COPEL, analisando as principais falhas que são cometidas e direcionando o trabalho a possíveis soluções das inconsistências que proporcionaram a não interligação de bases cadastrais circunvizinhas. O capítulo 3 refere-se ao desenvolvimento do projeto de determinação de uma Rede Base GPS, estratégia de processamento e ajustamento desta rede, e uma análise dos resíduos de dupla diferença de fase com respeito ao sinal transmitido pelos satélites NAVSTAR/GPS e recebido pela antena de um receptor GPS, estando a mesma sob a influência de um campo eletromagnético. O capítulo 4 refere-se a Transformação Geométrica aplicada neste trabalho, apresenta-se objetivamente a modelagem matemática, aplicação e resultados obtidos. O capítulo 5 contém conclusões e recomendações para trabalhos futuros.

Os resultados obtidos para as diferentes etapas são apresentados nos capítulos pertinentes a cada uma, na tentativa de buscar uma melhor organização.

2 CADASTRO

Neste capítulo faz-se de maneira bastante objetiva um estudo da aquisição da informação geométrica na superfície terrestre que atenda às necessidades de um cadastro. Apresenta a técnica fotogramétrica ainda como a mais utilizada para este fim, e chama a atenção para a aplicação da técnica de posicionamento global como uma inovação no cadastro. Refere-se ainda as metodologias de cadastro utilizada pela COPEL anterior a Norma Técnica de Mapeamento e Cadastro aprovada a partir de julho de 1995, identificando e analisando as falhas destas metodologias.

2.1 CADASTRO: UM PANORAMA ATUAL E TENDÊNCIAS

O cadastro de acordo com a precisão, objetivos e disponibilidade cartográfica da área de interesse pode ser realizado de distintas maneiras, seja por técnicas isoladas ou combinadas.

O processo fotogramétrico, ainda é a principal técnica utilizada na obtenção da informação geométrica no cadastro. Através da restituição fotogramétrica, obtém-se coordenadas de pontos sobre a superfície terrestre. A esta técnica são impostas algumas restrições do ponto de vista técnico que irão limitá-la, dentre outras, cita-se [Silva, 1989]:

- Sombras no terreno, que poderão não permitir uma adequada identificação do ponto de interesse;
- Componentes naturais (p.ex. árvores) e/ou artificiais (p.ex. construções), que poderão mascarar ou encobrir pontos de interesse .

Estas limitações fazem com que a técnica fotogramétrica seja utilizada quase sempre combinada com procedimentos topográficos. [Silva, 1989]

A tecnologia é um fator complexo. Complexo pois na sua dinamicidade modifica procedimentos, metodologias, tratamentos, estratégias e análises. Seja na Geodésia, Fotogrametria ou Cartografia, procedimentos e metodologias foram e serão modificados, fruto do avanço tecnológico que gerou novas técnicas, seja de levantamento, posicionamento ou tratamento de dados. Estas modificações evidentemente tem como objetivo principal, proporcionar maior proficiência e exeqüibilidade no desenvolvimento da atividade do profissional da área afim, porém trazem consigo a necessidade de adequação do “velho” ao “novo” em decorrência das mudanças nos procedimentos.

A aquisição da informação geométrica de componentes em um processo cadastral datam de remotas épocas, sob distintos métodos e referenciais. A cada inovação quer seja da técnica, procedimento ou método, inviável seria reconstituir, no sentido de fazer tudo de novo, toda a informação cadastral, mas sim adequá-la à “nova” realidade.

A fotogrametria modernizou-se ao longo dos tempos, quer seja com respeito à tecnologia dos equipamentos, quer pelos procedimentos e modelagens matemáticas.

O posicionamento via GPS, por sua vez também modernizou-se, e atualmente dentre os vários estudos em desenvolvimento um deles é aplicação do mesmo no cadastro.

Diversos países já utilizam-se da técnica GPS isolada ou combinada à outras, no cadastro. Em alguns casos a aplicação ainda limita-se ao levantamento de pontos de controle cadastral, cita-se [Somers e Singh, 1992; Slonecker e Groskinsky, 1993; Bin e Chai, 1996; Muniz e outros, 1996]. Em outros, a aplicação é direta, ou seja, o GPS utilizado efetivamente na captura de coordenadas dos pontos a cadastrar “in loco”, cita-se [Marques et al., 1996; Gillone, 1996].

Muitas são as restrições ainda impostas na utilização do GPS no cadastro de áreas urbanas ou densamente ocupadas somadas às imposições dos modos de posicionamento os quais atendem este propósito. Os estudos, pode se dizer, são ainda iniciais e dado o progresso a que se desenvolvem as aplicações do GPS, talvez num futuro próximo soluções sejam encontradas e limitações contornadas.

Um dos modos de posicionamento que vem sendo utilizado com grande êxito no cadastro é o denominado estático rápido.

Até por volta de 1989, quando a constelação dos satélites NAVSTAR/GPS era esparsa, o número de estações determinadas numa seção em um levantamento pelo modo estático relativo era restrito, dado que o período, com satélites disponíveis para o

rastreio em número e configuração geométrica adequada era muito pequeno, cerca de 6 horas das 24 de um dia [Merminod e Rizos, 1994].

No intuito de unir, posicionamento preciso, do maior número de pontos possíveis no menor espaço de tempo, na busca de soluções para a maximização da produtividade no posicionamento com GPS, foi estabelecido o modo estático rápido [Merminod e Rizos, 1994; Santos, 1996].

O modo de posicionamento estático rápido, refere-se ao procedimento no qual observações são coletadas durante alguns minutos (5 - 15 min), ao invés de horas como no estático relativo. Dois fatores devem ser considerados, quando na utilização do mesmo. O primeiro, observações das duas fases são complementadas com observações muito precisas de pseudo-distância - código P, permitindo rápida resolução das ambigüidades[Blewitt, 1989 apud., Santos, 1996]. E no segundo, novamente observações das duas fases são envolvidas, porém um número maior de satélites garante a redundância necessária para a rápida resolução das ambigüidades [Cannon et al., 1992 apud., Santos 1996]. Portanto este método requer medidas de fase da portadora nas duas freqüências- L1 e L2, redundância de satélites (número superior a 4 (quatro) e aplica-se bem à bases curtas [Santos, 1996].

Atualmente com a constelação dos satélites NAVSTAR/GPS completa, o avanço tecnológico dos componentes eletrônicos que compõem receptores e antenas, fazem do GPS uma verdadeira revolução no campo da geodésia, permitindo a utilização do estático-rápido atendendo as duas exigências básicas que o mesmo requer (freqüências L1 e L2 e redundância de satélites) e portanto a aplicação mais eficaz do GPS no cadastro em contrapartida com o modo cinemático, pois não existe interesse na determinação de uma trajetória e sim de pontos discretos.

2.2 CADASTRO NA COPEL

A COPEL utiliza-se da técnica fotogramétrica combinada com procedimentos topográficos, para o cadastro de redes de distribuição elétrica e linhas de transmissão.

Em julho de 1995 entrou em vigor a Norma Técnica COPEL (NTC 861 005) de Mapeamento Urbano e Rural [COPEL, 1995], que estabelece dentre os grupos de níveis que deverão constar na restituição, o grupo de informações elétricas (postes e linhas de transmissão). Portanto, permitindo assim que as coordenadas dos postes sejam produto de restituição. No planejamento de desenvolvimento do presente trabalho sempre teve-se em mente que as coordenadas dos postes eram provindas do processo de restituição o qual deu origem a base cartográfica utilizada, independente da NTC 861 005, mas nas semanas finais deste, constatou-se que anteriormente o estabelecimento da NTC 861 005, ou pelo menos na área em que se desenvolveu este trabalho, além da combinação da técnica fotogramétrica à procedimentos topográficos, havia ainda a combinação de procedimentos gráficos e de medição direta na aquisição das coordenadas dos postes as quais foram introduzidas no banco de dados do GEDIS. Neste caso, o processo de restituição fornecerá todos os grupos de informações especificados pela empresa com exceção dos postes, e as coordenadas destes serão obtidas com referência ao canevá¹ e coordenadas de canto de quadra estabelecidos na restituição.

¹ Rede de transformadas de meridianos e paralelos.

2.2.1 Metodologia e Cadastramento Utilizado pela Copel

Esta metodologia refere-se ao cadastro realizado pela COPEL na área de abrangência deste trabalho.

Técnicos do setor de cadastro, de posse das cartas da área de interesse, com canevas em UTM referenciadas ao elipsóide de Hayford, bem como informações da rede viária, quadras, praças, edificações, informações hidrográficas, do uso do solo e territoriais, assim procedem [Orlando, 1996]:

- faz-se fotocópias destas cartas e um técnico encaminha-se ao campo portando as mesmas para realizar a plotagem dos postes;
- a partir do canto de quadra, inicia-se a medição a trena, até o poste a ser cadastrado e deste para os demais;
- anota-se a distância medida;
- plota-se o poste na carta (fotocópia);
- essas cartas são encaminhadas a técnicos desenhistas do próprio setor de cadastro e estes irão plotar com maior esmero os postes sobre as cartas originais disponíveis;
- a partir das coordenadas de canto de quadra ou do próprio canevas, utilizando escalímetro, as coordenadas do postes são determinadas.

2.3 ANÁLISE

Inicialmente desconhecia-se este procedimento de cadastro na COPEL. Entendia-se que as coordenadas dos postes eram produto de restituição, independentemente da aprovação ou não de uma Norma Técnica de Mapeamento e Cadastro.

De acordo com a metodologia que é utilizada no cadastro, faz-se as seguintes ponderações:

- fica evidente que coordenadas obtidas pelo processo de restituição atendem a um determinado grau de dispersão. Porém, quando na combinação do processo fotogramétrico com procedimentos gráficos e de medição direta, fica-se sujeito à aleatoriedade, fruto dos erros grosseiros e sistemáticos que porventura possam ser cometidos pelos diferentes profissionais;
- observa-se claramente a maneira incorreta de aquisição das coordenadas, quando no processo gráfico utilizando-se escalímetro, pois assim procedendo não respeita-se a ortogonalidade do caneová.

Na fase de armazenamento de dados rotinas computacionais do Sistema GEDIS, impõe a restrição de que o último dígito seja 0 (zero) ou 5 (cinco); como as coordenadas são determinadas com precisão ao nível do metro (p.ex. E: 685 320 N:7 183 505), incorre-se pois, num erro de ± 5 m, somente nesta fase.

O sistema GEDIS não contém nenhum código que identifique a qual sistema as coordenadas estão referenciadas. Como na maioria dos setores de cadastramento existe uma carência de profissionais especializados, não procede-se nenhuma transformação entre referenciais. As coordenadas são armazenadas no banco de dados cadastral, e estas em última análise são todas admitidas como referenciadas ao elipsóide de referência 1967, constante do SAD69.

Com isto, fica evidente as incoerências cometidas no processo de cadastramento o que leva a configuração final da base cadastral à inconsistências que se não tratadas, irão impor a esta base efeitos diversos, que não permitirão a perfeita interligação entre bases de regiões circunvizinhas.

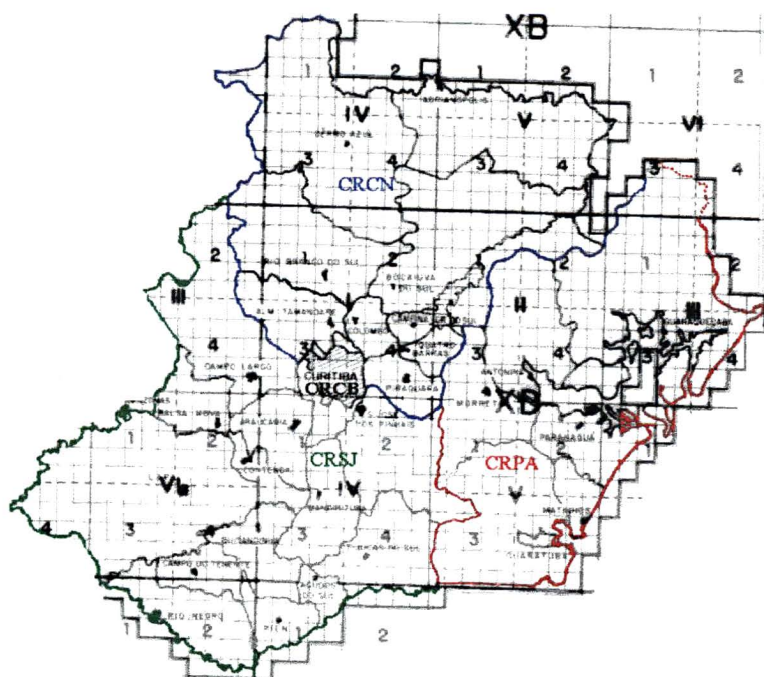
3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Este capítulo trata da escolha da área de desenvolvimento do trabalho, da necessidade da determinação de uma Rede Base GPS para que as estações da mesma sirvam de estações de referência para o desenvolvimento da metodologia de cadastramento de postes e linhas de transmissão, as estratégias de processamento e ajustamento dessa Rede Base GPS e análise de resíduos de dupla diferença de fase para estações materializadas próximas ou sob uma torre de transmissão.

3.1 ESCOLHA DA ÁREA DO PROJETO

Esta fase compreendeu um estudo da natureza e confiabilidade da cartografia existente, constatação do problema em estudo, nesse caso, a inconsistência da base cadastral, a natureza física e confiabilidade dos dados, tais como homogeneidade de sistemas de referência e projeção cartográfica utilizada pelas cartas. A região da Superintendência Leste -SDL -(fig. 3.1), foi estabelecida como a de abrangência do projeto, e o Município de Pinhais - PR como de abrangência para desenvolvimento da metodologia. As mesmas foram escolhidas pelos fatos já citados, aliados a proximidade e jurisdição, dado que o projeto está sendo desenvolvido com a Coordenadoria de Engenharia de Distribuição - COPEL Curitiba, e esta pertencer a SDL.

FIGURA 3.1: REGIÃO DA SDL



A aplicação de transformação geométrica implica em conhecimento de coordenadas precisas de pontos significativos nos dois sistemas de referência necessários para a determinação dos parâmetros de transformação. Quando reporta-se à aquisição de

coordenadas precisas com emprego de GPS e de acordo com os fins, a imposição do método relativo de posicionamento é coerente. Portanto, existe a necessidade de estações de coordenadas, determinadas também com precisão, como referência para os demais pontos a determinar. Para tanto decidiu-se pela determinação de uma Rede Base GPS, descrita a seguir.

3.2 REDE BASE GPS/COPEL

Para garantir a homogeneidade de procedimentos na condução de levantamentos geodésicos em território nacional, referencia-se à Rede Geodésica Nacional, segundo resoluções do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE [IBGE, 1995], órgão o qual rege a geodésia em território nacional.

O primeiro passo foi então a identificação de pontos pertencentes a rede geodésica nacional e/ou densificados da mesma os quais estejam dentro das especificações e normas técnicas estabelecidas pelo IBGE, para que, a partir destes, estabeleça-se a rede a que se pretende.

Para o estabelecimento de uma Rede Base GPS, alguns fatores devem ser observados:

- levar em consideração a configuração geométrica formada pelas estações da rede a se estabelecer, evitando configurações deficientes que irão incidir em degradação na eficiência da modelagem matemática quando no processamento e/ou ajustamento, maiores informações;
- escolher locais com horizonte desobstruído, minimizando o efeito de multicaminhamento e degradação da precisão na determinação da posição da

estação. Na impossibilidade de evitar obstruções próximas à estação que seja realizado um planejamento rigoroso de rastreamento para a verificação do período onde haja maior número de satélites com a melhor configuração geométrica bem como ângulo de elevação acima de 15° dos mesmos, em relação a linha do horizonte;

- ausência de antenas de rádio-transmissão, linhas de transmissão de alta-tensão;
- fácil acesso, segurança e estabilidade do local.

Assim procedendo, aumenta-se as chances de que a implementação da rede desenvolver-se-á sem maiores complicações.

No caso da Rede Base GPS/COPEL as especificações descritas foram observadas, com a particularidade de que este trabalho se desenvolve no âmbito de uma Companhia de Energia Elétrica, estações foram materializadas próximas a subestações e linhas de transmissão. A localização destas estações as tornam propícias a que efeitos oriundos da localização se manifestem, em momento oportuno e ao longo desta dissertação far-se-á uma análise dos possíveis efeitos provocados.

3.2.1 Materialização dos Marcos

As estações pertencentes a Rede Base GPS/COPEL irão futuramente ser as estações de referência para levantamentos cadastrais via GPS de postes e linhas de transmissão a serem realizados pela COPEL. Visando redução nos gastos com pessoal (equipe de campo no cadastro) nos levantamentos cadastrais, os fatores segurança e facilidade de acesso às estações, tiveram grande consideração quando na determinação

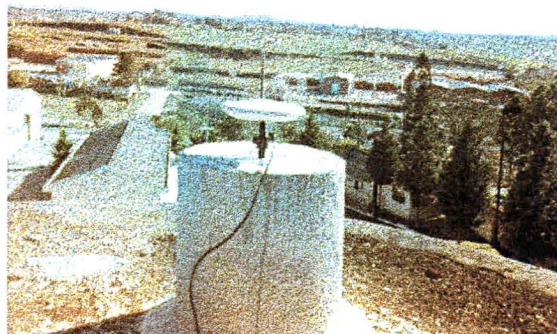
dos locais de materialização, optando-se pela materialização no âmbito de subestações e prédios dos Centros Regionais da COPEL.

Nas subestações os marcos foram materializados diretamente no solo, onde foi determinado pelo setor de obras da COPEL um padrão para construção destes marcos e posteriormente submetido ao corpo técnico do IBGE, que implementou alguns detalhes e aprovou o padrão de construção (fig. 3.2). Nos prédios dos Centros Regionais os marcos foram materializados sobre as caixas d'água dos mesmos, por estas configurarem a parte mais elevada destes prédios e os mesmos atenderem ao mesmo padrão de construção em todo o estado; neste caso foi criado um padrão para estes marcos como visto na (fig. 3.3).

FIGURA 3.2: MARCO MATERIALIZADO DIRETAMENTE NO SOLO



FIGURA 3.3: MARCO MATERIALIZADO SOB AS CAIXAS D'ÁGUA DOS CENTROS REGIONAIS



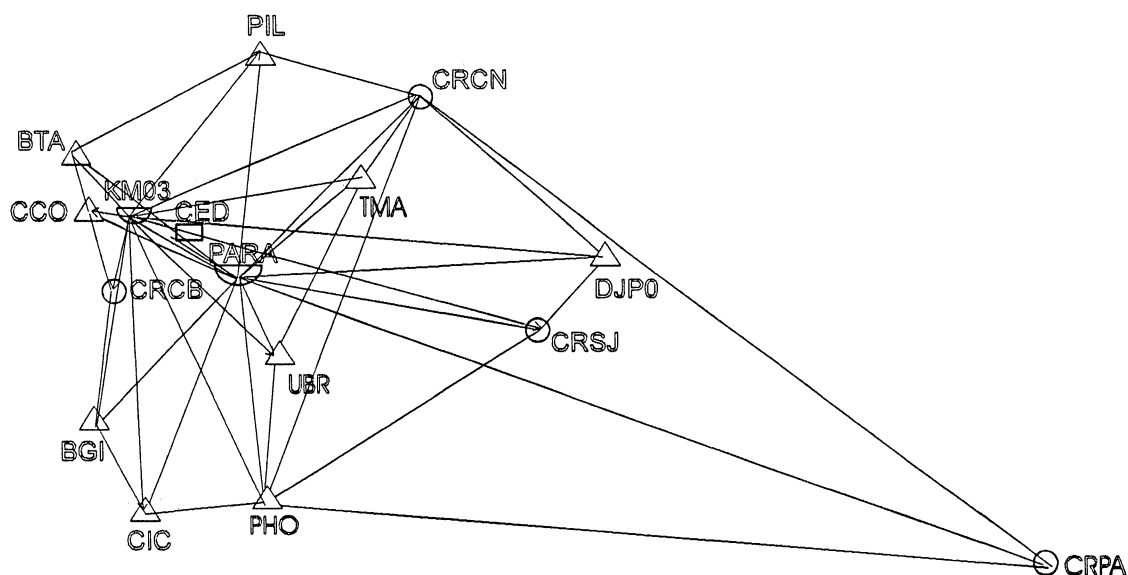
3.2.2 Configuração da Rede Base GPS/COPEL

Um conjunto de 16 estações compõe a Rede Base GPS/COPEL implementada. Destas, 15 encontram-se na região metropolitana de Curitiba. A 16ª estação, CRPA está localizada na cidade de Paranaguá, litoral paranaense.

As estações PARA e KM03 foram utilizadas como referência para Rede Base GPS/COPEL estabelecida. A estação PARA situa-se no Campus da Universidade Federal do Paraná - Centro Politécnico e faz parte da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Satélites GPS (RBMC) [Souto, 1994] e do Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul (SIRGAS) [IBGE, 1994]. A estação KM03 pertence a Rede GPS de alta precisão estabelecida pela Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Paraná (SEMA) e o IBGE [SEMA, 1996]. As demais são as determinadas no levantamento.

Na FIGURA 3.4 apresenta-se a configuração da Rede Base GPS/COPEL e na TABELA 3.1 a descrição das estações, na segunda coluna o significado de cada uma das siglas, na terceira coluna o bairro onde localizam-se estas estações e na quarta coluna o respectivo município.

FIGURA 3.4: REDE BASE GPS/COPEL



Legendas

	Subestações
	Centros Regionais
	Base
	Coord. Eng. Distr.

TABELA 3.1: DESCRIÇÃO DAS ESTAÇÕES DA REDE BASE GPS/COPEL

REDE BASE GPS/COPEL			
<i>SIGLA</i>	<i>DESCRIÇÃO</i>	<i>BAIRRO</i>	<i>CIDADE</i>
PARA	Universidade Federal do Paraná	Jardim das Américas	Curitiba
KM03	Prédio da COPEL	Campo Comprido	Curitiba
UBR	Subestação Uberaba	Uberaba	Curitiba
TMA	Subestação Tarumã	Tarumã	Curitiba
PHO	Subestação Pinheirinho	Pinheirinho	Curitiba
CIC	Subestação Cidade Industrial	Cidade Industrial	Curitiba
CCO	Subestação Campo Comprido	Campo Comprido	Curitiba
BGI	Subestação Barigui	Barigui	Curitiba
DJPO	Fábrica da Renault	Distrito Industrial	São José dos Pinhais
CRSJ	Prédio do Centro Regional de São José dos Pinhais	Centro	São José dos Pinhais
PIL	Subestação Pilarzinho	Pilarzinho	Curitiba
CRCN	Prédio do Centro Regional Atuba	Atuba	Curitiba
CED	Prédio da Coordenadoria de Engenharia de Distribuição	Centro	Curitiba
BTA	Subestação Bateias	Distrito de Bateias	Colombo
CRPA	Prédio do Centro Regional de Paranaguá	Centro	Paranaguá
CRCB	Prédio da Superintendência de Distribuição Leste	Santa Quitéria	Curitiba

3.2.3 Rastreo

No levantamento da Rede Base GPS/COPEL utilizou-se as especificações de rastreo, discutidas e aprovadas em reunião de órgãos estaduais do Paraná, para padronização de levantamentos GPS no estado e em observância às Normas Gerais para Levantamentos GPS do IBGE [IBGE, 1995], este último, somente no que concerne a duração do rastreo em função do comprimento das linhas de base. As demais especificações foram definidas baseado em bibliografia que trata de levantamentos com GPS [Seeber, 1995].

A TABELA 3.2 apresenta as especificações adotadas no rastreo da Rede Base GPS/ COPEL.

TABELA 3.2: ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO RASTREIO GPS

Descrição	Especificação
Taxa de Observação	15 s.
PDOP	Menor que 5.0
Ângulo de elevação	10 ⁰
Duração do Rastreo	Linhas de 50 - 100 Km → 4 h.
	Linhas de 10 - 50Km → 2 h.
	Linhas de 0 - 10 Km → 1h.

Foram utilizados 2 (dois) receptores geodésicos Ashtech Z XII da COPEL e 2 (dois) receptores geodésicos Ashtech Z XII da UFPR/CPGCG, cuja precisão nominal é de 5mm ± 1ppm [Ahstech, 1994].

3.2.4 Estratégia de Ocupação

A definição da estratégia de ocupação leva em consideração fatores tais como: número de receptores envolvidos no projeto, capacidade ou limitações dos receptores, número de estações que compõe a rede, número de ocupação de cada estação (re-visita) e os fatores logísticos (número de componentes da equipe de levantamento, veículos para transporte). Estes fatores analisados em conjunto configuram a escolha estratégia mais eficiente a ser utilizada.[Snay, 1986].

Segundo Snay [1986], sendo n o número de ocupações por estação, r o número de receptores, m o número de estações, o número de seções s fica definido por:

$$s = \frac{nm}{r}, \quad (3.1)$$

A disponibilidade de 4 (quatro) receptores de iguais especificações, permitiu que dois receptores fossem mantidos como fixos nas estações de referência (PARA e KM03), evitando-se de antemão uma possível rotação da rede. Os outros dois receptores foram utilizados como itinerantes. Foi adotada a estratégia de formar-se quadriláteros, com rastreamento simultâneo de 4 estações por seção. Portanto, de acordo com Snay [1986], um conjunto de r receptores irá produzir $\frac{r(r-1)}{2}$ vetores separados por seção observada. Sendo que somente $r - 1$ destes vetores, serão considerados independentes. Portanto, tendo $r = 4$, formou-se 6 vetores por seção, sendo 3 independentes. Este fato acrescenta ponderações no ajustamento a ser feito, em função do tratamento dado pelo software de ajustamento, com respeito à discrepância linear entre vetores, o que gera a distintas estratégias de processamento.

3.3 PROCESSAMENTO

Foi utilizado o módulo de processamento estático do software PRISM [Ashtech,1994] devido a disponibilidade do mesmo pela COPEL. Foram utilizadas órbitas precisas, disponíveis na INTERNET, fornecidas pelo International GPS Service for Geodynamics (IGS), via File Transfer Protocol (FTP).

3.4 PROCESSAMENTO UTILIZANDO O PRISM

3.4.1 Combinações Lineares entre Fases

As combinações Lineares entre fases ϕ_{L1} e ϕ_{L2} possuem a forma geral [Wüebbena, 1989 apud Santos, 1995]:

$$\phi_L = n\phi_{L1} + m\phi_{L2}, \quad (3.2)$$

sendo:

n e m: números inteiros;

ϕ_L : A fase resultante da combinação linear, expressa por ciclos.

3.4.1.1 Combinação Linear “Wide Lane”

Segundo Santos [1995], a combinação “Wide Lane” é definida quando $n=1$ e $m = -1$, resultando em:

$$\phi_{Lw} = \phi_{L1} - \phi_{L2}, \quad (3.3)$$

sendo:

ϕ_{Lw} : Fase resultante da combinação linear “Wide Line”
 ϕ_{L1} : Fase da Portadora L1
 ϕ_{L2} : Fase da Portadora L2
 m e n: números arbitrários

3.4.1.2 Combinação Linear “Narrow Lane”

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

$$\phi_{Ln} = \phi_{L1} + \phi_{L2}, \quad (3.4)$$

sendo:

ϕ_{Ln} : Fase resultante da combinação linear “Narrow Lane”

3.4.1.3 Combinação Linear Livre do Atraso Ionosférico

A combinação linear livre do atraso ionosférico, conhecida na literatura como combinação linear L_c ou L_3 [Leick, 1995], é definida quando $n=1$ e $m = -\frac{f_{L1}}{f_{L2}}$, resultando

em:

$$\phi_{Lc} = \phi_{L1} - \frac{f_{L1}}{f_{L2}} \phi_{L2}, \quad (3.5)$$

sendo:

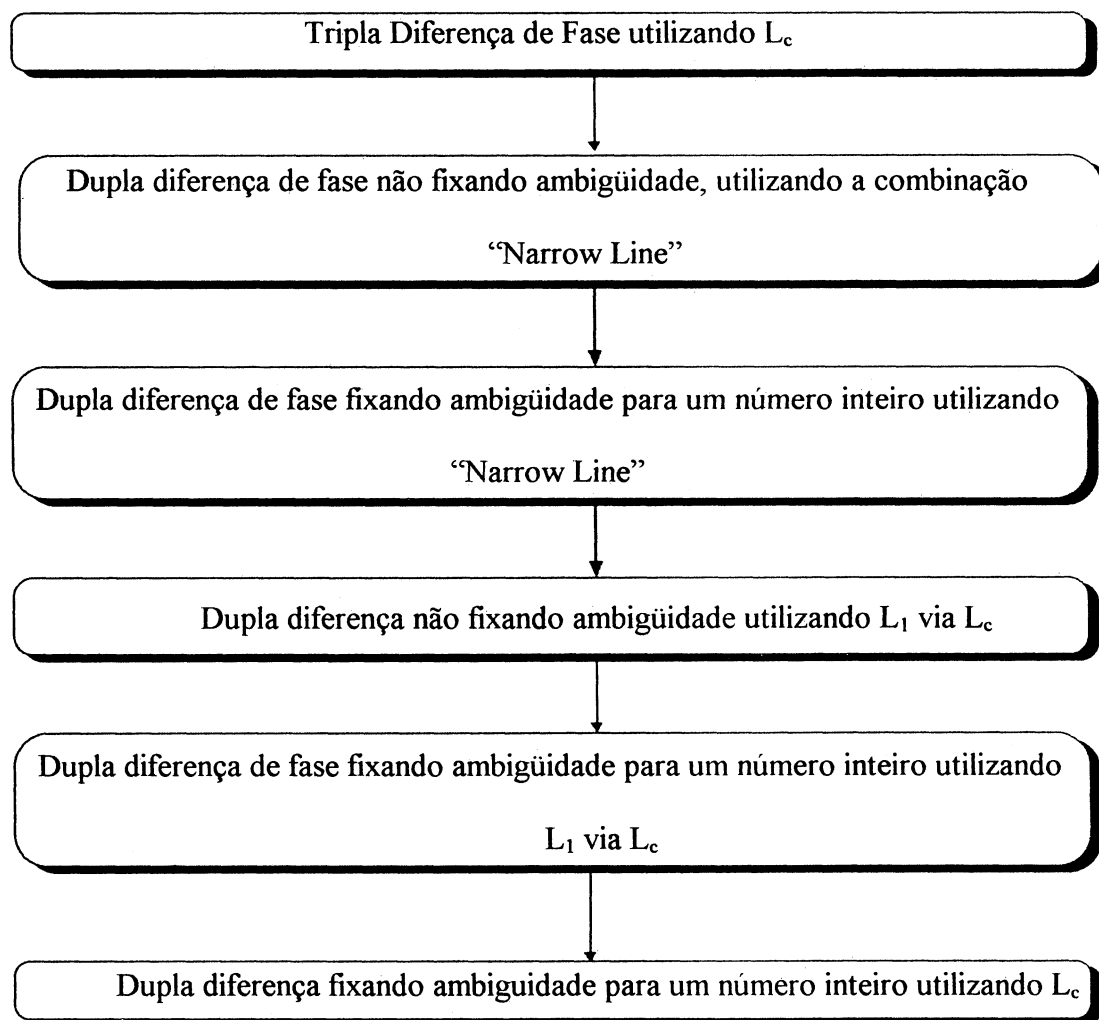
ϕ_{Lc} : Fase resultante da combinação linear livre do atraso ionosférico

f_{Li} : Frequência da Fase da Portadora L_i ; Sendo $i=1,2$.

3.4.2 Seqüência Executada no Processamento pelo PRISM

O FLUXOGRAMA 3.1 apresenta a seqüência executada pelo software PRISM da Ashtech no processamento dos dados GPS.

FLUXOGRAMA 3.1: SEQÜÊNCIA DE PROCESSAMENTO NO PRISM



Os resultados obtidos no processamento das bases individuais atenderam as expectativas, em termos de precisão. A seguir, apresentam-se GRÁFICOS com os desvios padrão das coordenadas X, Y, Z no WGS84 das linhas de base formadas entre as estações base e as demais estações.

GRÁFICO 3.1: DESVIO PADRÃO EM X, Y E Z NO WGG84 EM RELAÇÃO AO COMPRIMENTO DA LINHAS DE BASE TENDO COMO REFERÊNCIA A ESTAÇÃO PARA

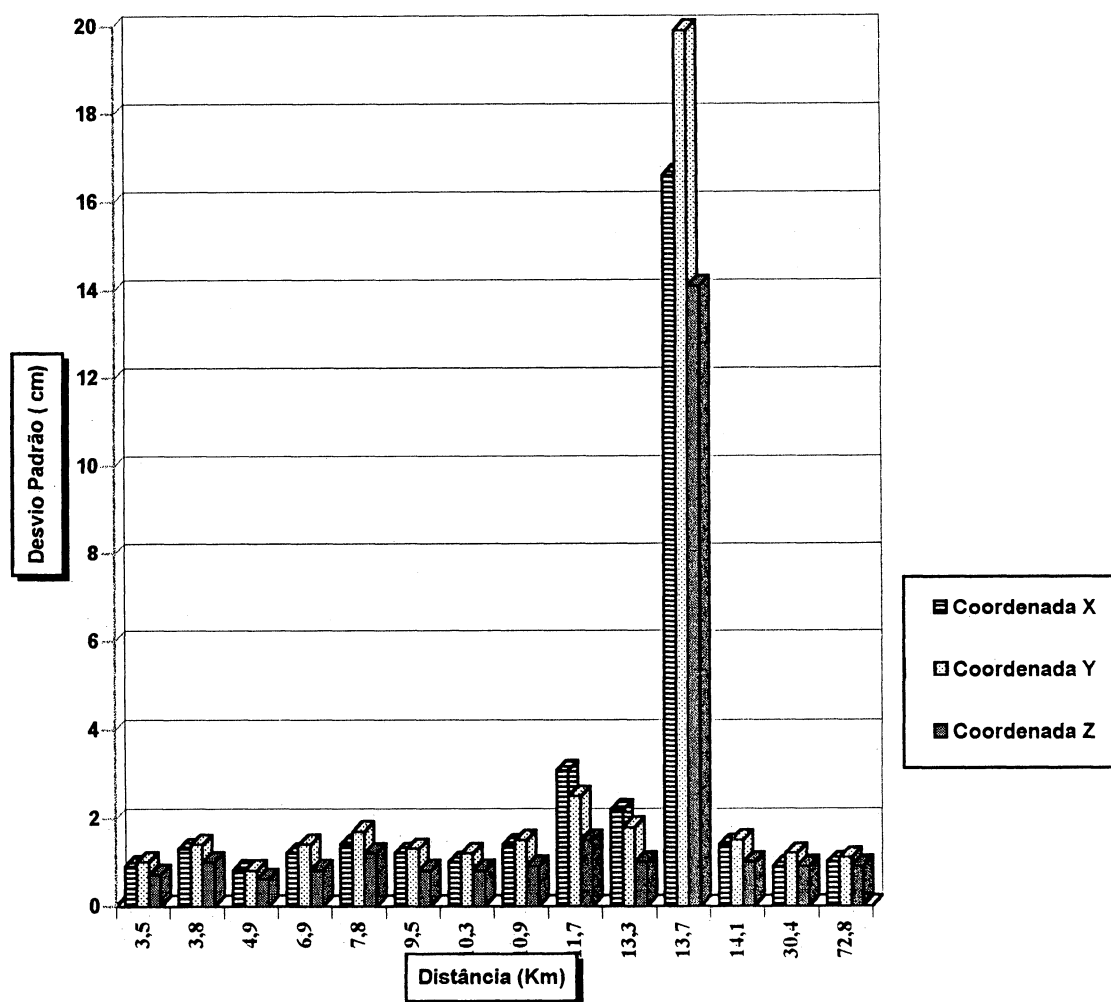
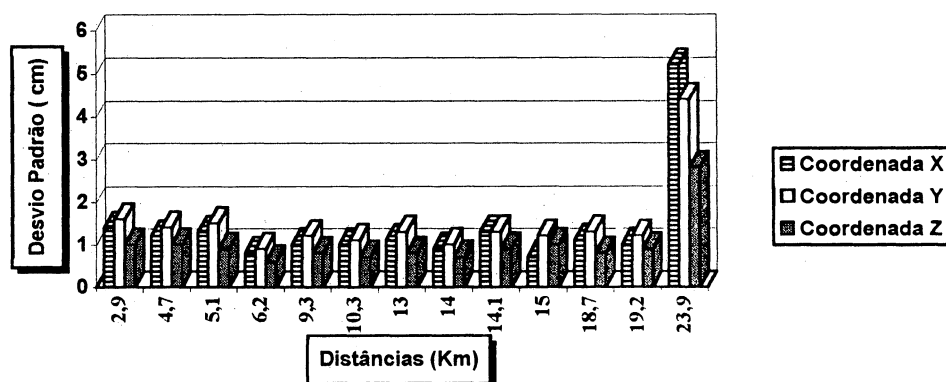


GRÁFICO 3.2: DESVIO PADRÃO EM X, Y E Z NO WGG84 EM RELAÇÃO AO COMPRIMENTO DA LINHAS DE BASE TENDO COMO REFERÊNCIA A ESTAÇÃO KM03



Observando os GRÁFICOS 3.1 e 3.2, nota-se que os desvios padrão variam ao nível do centímetro. Sendo a precisão nominal dos receptores $5\text{mm} \pm 1\text{ppm}$ e as linhas de base variando em média de 10 Km de comprimento esta variação é coerente dado que a cada 10 Km há, teoricamente, um decréscimo de 1cm na precisão das coordenadas obtidas. Analisando os mesmos percebe-se que esta variação na realidade não acontece, ou seja, quanto maior o comprimento da linha de base maior os valores dos desvios padrão. É sabido que para bases curtas (menor do que 20 Km) pode haver uma degradação da precisão devido ao ruído da L_2 [Leick, 1995], como o processamento foi realizado utilizando-se as duas frequências (L_1 e L_2) para todas as bases, nas linhas de base curtas¹ esta degradação pode ter ocorrido, explicando assim os desvios padrão das bases curtas estarem tão próximos dos desvios padrão das bases longas.

A estação localizada no terreno onde será construída a Fábrica da Renault (DJP), apresenta os maiores desvios padrão, fato este justificável dado que a mesma encontra-se sob uma torre de alta-tensão (fig. 3.5), e portanto mais propícia às interferências sobre o sinal transmitido pelos satélites e recebido pela antena instalada na estação supracitada, interferências estas, que serão oportunamente comentadas.

FIGURA 3.5: ESTAÇÃO DJP



¹ Neste Trabalho por "base curta", refere-se a bases de 0 à 20 Km e "base longa" refere-se a bases de comprimentos maiores que 20 Km.

A estação localizada no Prédio do Centro Regional de Paranaguá (CRPA), é a estação de maior linha de base (72,8 Km) e apresenta desvios padrão excelentes, com relação ao comprimento a linha de base. Este resultado pode, possivelmente, ser justificado pelo tempo de rastreamento para estação CRPA que foi de 4 h. segundo especificações preestabelecidas.

3.5 ÓRBITAS PRECISAS: ANÁLISE QUALITATIVA

Como já mencionado em 3.3, foram utilizadas no processamento, órbitas precisas fornecidas pelo IGS. É preciso que a utilização das mesmas conduz a melhores resultados, quando utiliza-se bases longas (Linhas de base acima de 100 Km).

Analisando os resultados pós-processados com órbitas precisas e com órbitas transmitidas, neste trabalho, pode-se concluir que o refinamento produzido foi muito exíguo (1 a 2 mm) e para os fins a que se propõe o presente trabalho, não apresentam vantagem. Este se deve ao fato de se tratar de bases curtas e neste caso o efeito ser extremamente pequeno como se vê a seguir.

Uma avaliação do efeito do erro das órbitas no posicionamento relativo pode ser obtida através da seguinte regra [Wells et al., apud Martins et al., 1996]:

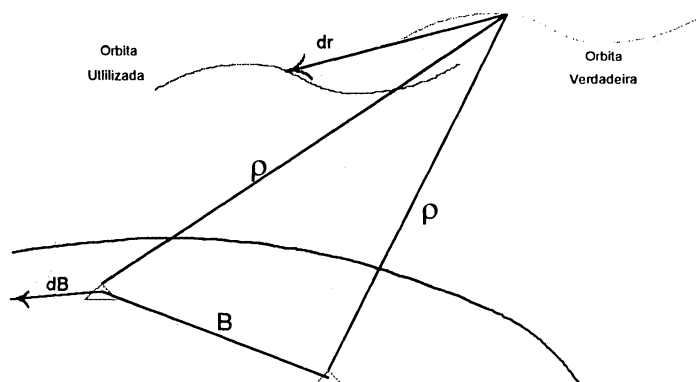
$$\frac{dB}{B} = \frac{dr}{\rho} \quad (3.6)$$

Onde:

dB: Erro resultante no comprimento da Linha de Base
B: Comprimento da Linha de Base

dr: erro na posição
 ρ : distância receptor-satélite

FIGURA. 3.6: EFEITO DA IMPRECISÃO DAS ÓRBITAS NO COMPRIMENTO DA BASE
FONTE: [Martins et al., 1996]



Como na solução final do comprimento de uma base estão envolvidos vários satélites, com erros diferentes nas respectivas posições, a expressão (3.6), embora sendo pessimista [Santos, 1995], pode indicar o limite máximo da magnitude de dB . Assim, para Linhas de Base pequenas, aproximadamente 20 km, o impacto do erro nas órbitas no comprimento da base é desprezível, pois a distância receptor-satélite é muito superior ao comprimento da base [Martins et al., 1996].

3.6 AJUSTAMENTO

A precisão e exatidão de posição obtidas no ajustamento pelo método dos mínimos quadrados de dados GPS é dependente da fidelidade do algoritmo usado no modelagem dos dados.

Uma consideração de extrema importância é a correlação matemática entre observações, que pode ser tratada de três maneiras:

- 1- Ignorá-las;
- 2- Considerar o efeito individualmente para cada linha de base (correlação entre satélites);
- 3- Considerar o efeito conjunto para cada linha de base.

A terceira alternativa é a mais rigorosa, mas somente pode ser aplicada para as linhas de base observadas simultaneamente. A primeira e a segunda alternativa não fazem esta imposição e portanto aplicam-se à processamento por linha de base individual. [Santos, 1994].

O PRISM, utiliza para a correlação matemática o segundo tratamento, ou seja, considera o efeito individualmente para cada linha de base (correlação entre satélites), não permitindo alterações, por se caracterizar num software comercial e não haver interação com o usuário.

Neste trabalho, utilizou-se o FILLNET, módulo de ajustamento do PRISM. Este software permite o ajustamento com ou sem injunções, e ainda, ajustamento com injunções com introdução de novas observações.

O ajustamento sem injunções é utilizado quando tem-se somente uma estação fixa ou de referência.

O ajustamento com injunções é utilizado quando têm-se mais de uma estação de fixa ou de referência.

3.6.1 Estratégias de Ajustamento

Foram utilizadas três estratégias de ajustamento distintas:

Na primeira estratégia, procedeu-se o ajustamento por seção, que configura o método com introdução de novas observações. Ajusta-se a primeira seção, quando no ajustamento da seção subsequente utiliza-se os dados ajustados da primeira seção, e assim sucessivamente, esta estratégia permite calcular a *influência das novas observações* sem a perda dos cálculos executados no ajustamento inicial, (como descrito no ANEXO III).

Na segunda estratégia, procedeu-se o ajustamento simultâneo da rede. Considerou-se todas as linhas de base que compõem a rede, linearmente independentes - ajustamento com injunções.

Na terceira estratégia procedeu-se o ajustamento simultâneo da rede, considerando-se somente as linhas linearmente independentes da rede - ajustamento com injunções.

3.7 ANÁLISE DOS RESULTADOS

O PRISM, pela característica de software comercial, não permite a interferência do usuário, ou seja, não apresenta uma flexibilidade em determinados módulos onde o usuário possa optar entre rotinas de cálculo que propiciem melhores resultados.

As observações GPS não oferecem o *mesmo grau de confiança* dado que estas estão sujeitas a fatores temporais quando na sua determinação.

Neste caso pode-se ‘homogeniza-las’ multiplicando-as por ‘pesos’, isto é, por valores tanto maiores quanto maior a confiança que inspiram (quanto menor o valor da variância estimada $\hat{\sigma}^2$).

Designando por Σ_{L_b} a matriz variância-covariância (estimada) do vetor das observações; e por σ_o^2 um ‘fator de escala’, valor adimensional numericamente igual à variância da observação à qual foi atribuído ‘peso unitário’; dividindo Σ_{L_b} por σ_o^2 obtem-se uma nova matriz, simétrica, denominada, matriz dos coeficientes de peso:

$$Q = \frac{1}{\sigma_o^2} \Sigma_{L_b} \quad . \quad 3.7$$

Se a matriz Q for não singular admitirá uma inversa:

$$Q^{-1} = \frac{1}{\sigma_o^2} \Sigma_{L_b}^{-1} = P \quad . \quad 3.8$$

que recebe o nome *de matriz dos pesos* [Gemael, 1994].

A matriz P , também simétrica se reduz a uma matriz diagonal quando as observações são não-correlacionadas entre si.

O FILLNET considera que todas as observações admitem mesma variância, resultando numa matriz variância-covariância diagonal, com todos os elementos não nulos iguais entre si:

$$\Sigma_L = \sigma^2 I \quad . \quad 3.9$$

A matriz dos coeficientes de peso Q diferem da matriz variância-covariância apenas de um escalar σ_o^2 denominado variância da observação de peso unitário. Admitindo variância iguais, o que significa observações de mesmo peso, esse peso então é tomado como unitário; numericamente $\sigma_o^2 = \sigma^2$ resultando:

$$Q_L = \frac{1}{\sigma_o^2} \sum L_b = I, \quad 3.10$$

$$P_L = Q_L^{-1} = I. \quad 3.11$$

O FILLNET utiliza empiricamente a derivada da matriz peso diagonal ao invés da matriz variância completa produzida no pós-processamento [Ashtech, 1994].

Esta estratégia é utilizada porque a matriz variância-covariância completa expressa unicamente a consistência interna das melhores observações em sua acuracidade absoluta, e portanto são de utilidade limitada.[Ashtech, 1994]

O FILLNET considera portanto: (a) que as observações são independentes, e, (b) que os pesos sejam inversamente proporcionais aos comprimentos das linhas de base e as variâncias σ_o^2 sejam unitárias. Estas considerações são restritivas e neste caso, muitas vezes não condizem com a realidade a ser modelada, onde para maior proficiência do ajustamento melhor seria considerar a variância de cada observação. Este fato pode ser analisado nos resultados do ajustamento para a estação CRPA, que apresentou desvios padrão altos oriundos do ajustamento em relação aos alcançados no pós-processamento, sendo esta estação a mais distante (maior linha de base), isto é, linha de base PARA-CRPA = 72,8 Km. Quando na composição da matriz diagonal dos pesos, esta apresentará menor nível de confiança, quando na verdade, apresentou excelentes resultados nas coordenadas pós-processadas.

Utilizando a estratégia de ajustamento com injunções no FILLNET, necessário a definição das injunções (erro a *priori*). Quando não houver interferência do usuário o programa assume valores de “default”, como mostra a TABELA 3.3:

TABELA 3.3: VALORES DE INJUNÇÕES MÍNIMAS DO "DEFAULT" DO FILLNET.
FONTE: [ASHTECH, 1994]

Parâmetro	Solução Fixa
Latitude	3 mm
Longitude	5 mm
Altitude (elipsoidal)	5 mm

Estes valores, porém, são muito restritivos dado que não condizem com a realidade da precisão alcançada no levantamento realizado tendo vista que, o comprimento das linhas de base varia em média em torno de 10 Km e sendo a precisão nominal do receptor $5 \text{ mm} \pm 1 \text{ ppm}$, estes portanto devem ter valores ao nível do centímetro.

Neste trabalho, como injunções mínimas, erro a *priori*, utilizou-se os valores apresentados na TABELA 3.4:

TABELA 3.4: VALORES DAS INJUNÇÕES MÍNIMAS UTILIZADAS NO AJUSTAMENTO

Parâmetro	Solução Fixa
Latitude	10 mm
Longitude	15 mm
Altitude (elipsoidal)	25 mm

Segundo [Ashtech, 1994] na fase de análise de resultados o erro padrão por unidade de peso (**SE**) é o que melhor expressa a eficiência do ajustamento de uma maneira geral. Se o **SE** é maior que 1, indica que há 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 do **SE** for muito inferior a 1, indica que as injunções devem ter sido muito otimistas. [Ashtech, 1994].

Os valores obtidos são apresentados na TABELA 3.5:

TABELA 3.5: ERRO PADRÃO POR UNIDADE DE PESO PARA DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE AJUSTAMENTO

Estratégia	Erro padrão por unidade de peso (SE) em m
Sequencial das seções	0.712
Rede como um todo	1.625
Somente linhas de base linearmente independentes	1.018

Os desvios padrão nas coordenadas X, Y e Z no WGG84 do ajustamento utilizando as diferentes estratégias são apresentadas nos GRÁFICOS 3.3, 3.4 e 3.5.

Para apresentação dos desvios padrão das coordenadas X, Y e Z no WGS 84, nos gráficos a seguir a ordem das estações no eixo das abcissas seguem a ordem por comprimento de linha de base apresentadas nos GRÁFICOS 3.1 e 3.2.

Observando os GRÁFICOS 3.3, 3.4 e 3.5 observa-se que a estratégia que apresenta os melhores resultados é a do ajuste sequencial das seções.

GRÁFICO 3.3: DESVIOS PADRÃO DAS COORDENADAS X, Y E Z NO WGS84 ORIUNDOS DO AJUSTAMENTO UTILIZANDO A ESTRATÉGIA DE AJUSTE SEQUENCIAL DAS SEÇÕES

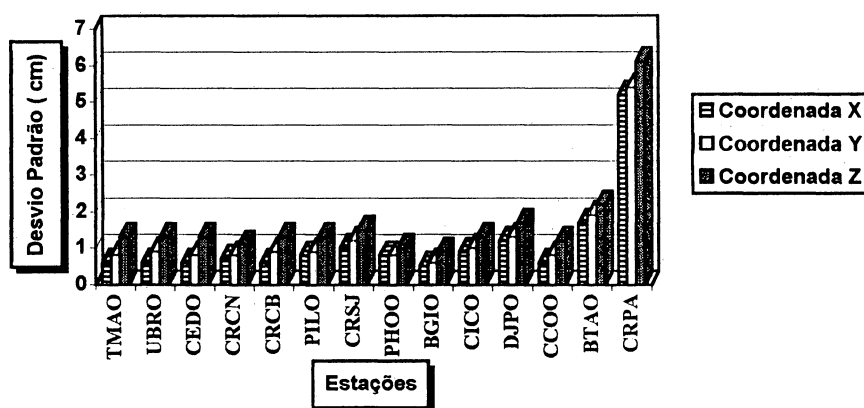


GRÁFICO 3.4: DESVIOS PADRÃO DAS COORDENADAS X, Y E Z NO WGS84 ORIUNDOS DO AJUSTAMENTO UTILIZANDO A ESTRATÉGIA DE AJUSTE SIMULTÂNEO DA REDE.

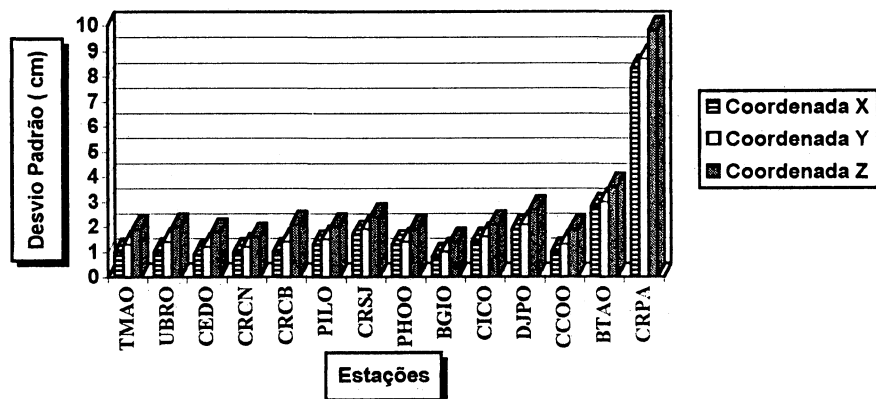
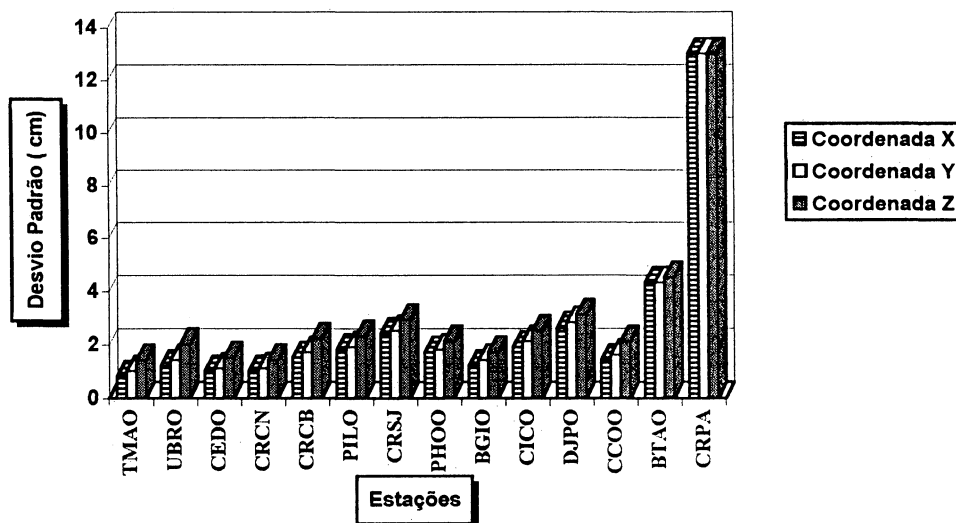


GRÁFICO 3.5: DESVIOS PADRÃO EM DAS COORDENADAS X, Y E Z NO WGS84 ORIUNDOS DO AJUSTAMENTO UTILIZANDO A ESTRATÉGIA DE AJUSTE SOMENTE DAS LINHAS DE BASE



Como mencionado anteriormente segundo [Ashtech, 1994] o SE expressa a eficiência do ajustamento de uma maneira geral, testou-se as outras duas situações apontadas pela [Ashtech, 1994], ou seja, onde as injunções são muito restritivas e onde as injunções são muito otimistas, a título de comparação dos resultados alcançados.

GRÁFICO 3.6: DESVIOS PADRÃO DAS COORDENADAS X, Y E Z NO WGG84 ORIUNDOS DO AJUSTAMENTO UTILIZANDO A ESTRATÉGIA DE AJUSTE SEQUENCIAL DAS SEÇÕES COM INJUNÇÕES RESTRITIVAS.

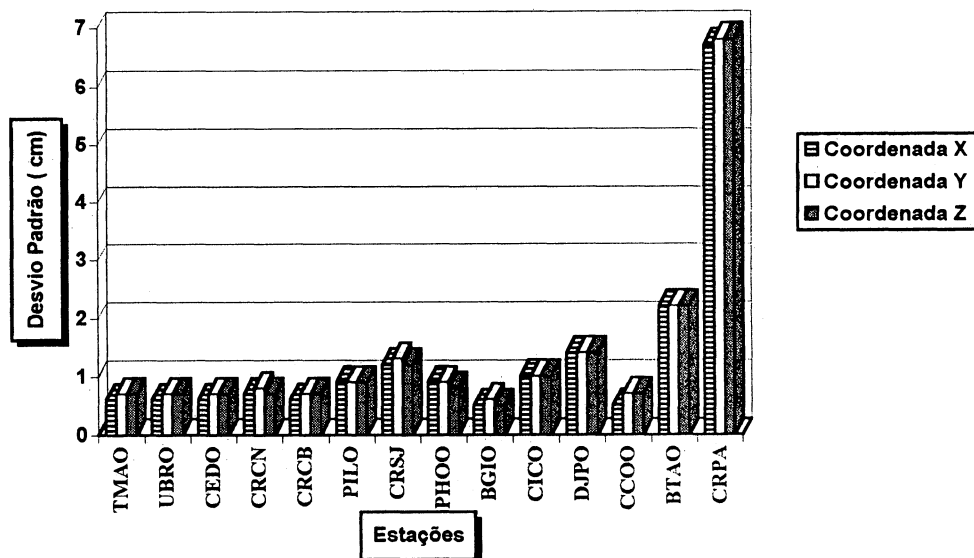
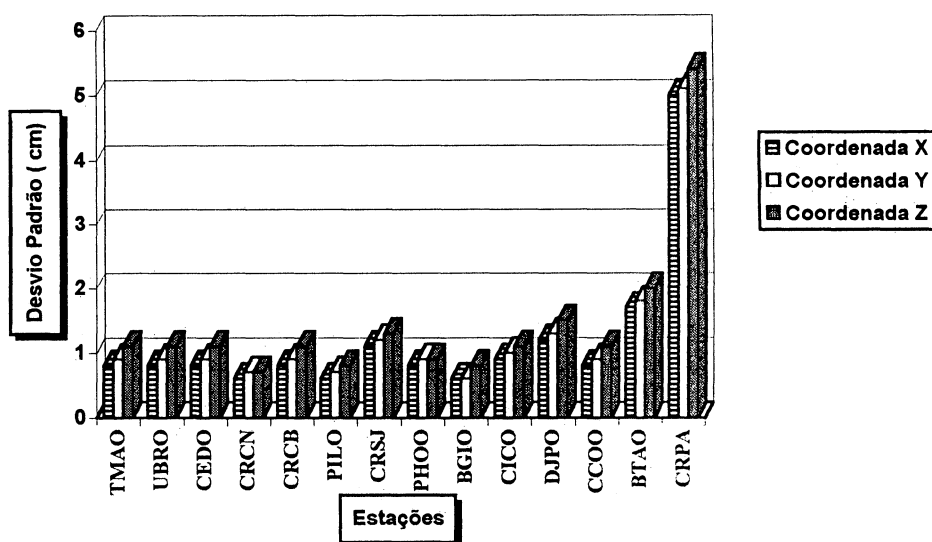


GRÁFICO 3.7: DESVIOS PADRÃO DAS COORDENADAS X, Y E Z NO WGG84 ORIUNDOS DO AJUSTAMENTO UTILIZANDO A ESTRATÉGIA DE AJUSTE SEQUENCIAL DAS SEÇÕES COM INJUNÇÕES OTIMISTAS.



Pelos GRÁFICOS 3.6 e 3.7 observa-se que os desvios padrão refletem a inconsistência de adotar-se injunções otimistas, pois esses são bem menores que nos outros casos, isso demonstra a importância da escolha adequada das injunções mínimas.

Uma boa fonte de consulta para nortear a escolha da melhor inunção está na verificação dos desvios padrão das coordenadas pós-processadas.

Para as inunções otimizadas utilizou-se os valores de "default" do FILLNET TABELA 3.3, para as inunções realísticas utilizou-se os valores da TABELA 3.4, e para as inunções restritivas utilizou-se os valores apresentados na TABELA 3.6, a seguir:

TABELA 3.6: VALORES DAS INUNÇÕES OTIMIZADAS UTILIZADAS NO AJUSTAMENTO SEQUENCIAL DAS SEÇÕES

Parâmetro	Solução Fixa
Latitude	30 mm
Longitude	35 mm
Altitude (elipsoidal)	45 mm

Os resultados do SE nas três situações estão dispostos na TABELA 3.7:

TABELA 3.7: ERRO PADRÃO POR UNIDADE DE PESO PARA DIFERENTES INUNÇÕES NO AJUSTAMENTO

Situação	Erro padrão por unidade de peso (SE) em m
Inunções restritivas	0.334
Inunções realísticas	0.712
Inunções Otimizadas	1.429

Atenta-se para afirmação feita por [Ashtech, 1994] a cerca de que o "Standard Error of Unit Weight", SE, o que equívale à variância a *posteriori*, reflete a eficiência do ajustamento de uma maneira geral, porém a de se convir que a variância a *posteriori* está intimamente ligada a matriz dos pesos e portanto reflete a eficiência do ajustamento de acordo com o estabelecimento da matriz dos pesos. No caso do FILLNET em que a matriz diagonal dos pesos é tomada como sendo o inverso da distância das linhas de base, configura como já visto num estabelecimento pessimista da matriz dos pesos e neste caso consequentemente a variância a *posteriori* não pode ser tomada como

principal fator de medida da eficiência do ajustamento. Gemael [1994] aconselha que seja realizado um teste de hipótese baseado na distribuição de χ^2 para constatar se a discrepância entre a variância *a priori* e variância *a posteriori*, neste caso, arbitrada como sendo unitária, é significativa a um certo nível de confiança.

3.8 ANÁLISE DE RESÍDUOS

Devido às peculiaridades do presente trabalho, algumas estações foram materializadas próximas a linhas de transmissão e subestações. Quando no processamento da Rede Base GPS/COPEL, atentou-se pelos altos resíduos de dupla diferença de fase da portadora L1, para todos os pares de satélites rastreados, na estação DJPO, como mostra os GRÁFICOS 3.8 e 3.9 . Os GRÁFICOS 3.8 e 3.9 referem-se, respectivamente, aos resíduos obtidos no pós-processamento das bases KM03-CRSJ (10,3 Km) e KM03-DJP0 (13,7 Km). As estações KM03 e CRSJ, estão localizadas nos prédios de Centro de Treinamento e Centro Regional de São José dos Pinhais, respectivamente. A estação DJPO está localizada sob uma torre de linhas de transmissão de 138KV (*vide* fig. 3.5). Os resíduos da base KM03-CRSJ variam entre ± 2 cm, enquanto que os da base KM03-DJP0 variam entre ± 8 cm. Os resíduos das demais bases tem uma variação semelhante ao da base KM03-CRSJ. O motivo desses resíduos maiores, quando comparados com aqueles obtidos nas outras estações, pode ser em decorrência da localização da estação, pois os efeitos oriundos da troposfera e ionosfera e sincronismo dos relógios, são iguais para as demais bases rastreadas simultaneamente. Assim sendo, restam como possíveis causas desta “discrepância” o efeito provocado pelo multicaminhamento, neste caso, provavelmente por reflexões dos sinais na estrutura da torre e/ou o efeito provocado pela localização da antena diretamente sob a linha de transmissão de alta voltagem. Este último poderia provocar interferência oriunda do campo eletromagnético irradiado da linha de transmissão, possivelmente acarretando numa variação do centro de fase da antena o que provocaria um erro sistemático na determinação da pseudo-distância, erro este que propagaria na determinação final da posição.

As estações pertencentes a Rede Base GPS/COPEL materializadas no âmbito das subestações, mesmo quando bem próximas dos transformadores e circuitos que compõem uma subestação, cita-se a estação TMA - Subestação Tarumã (*vide* fig. 3.4), que é a estação materializada mais próxima dos circuitos da subestação aproximadamente 20 m, onde com base na análise dos resíduos de dupla diferença de fase da portadora L1 não evidencia nenhum indício de interferência no sinal transmitido pelos satélites NAVSTAR/GPS e recebido pela antena do receptor GPS.

GRÁFICO 3.8: RESÍDUOS DE DUPLA-DIFERENÇA DA PORTADORA L1 PARA OS SATÉLITE PRN 07,16,19,26,27, COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 02 DA BASE KM03 - CRSJ

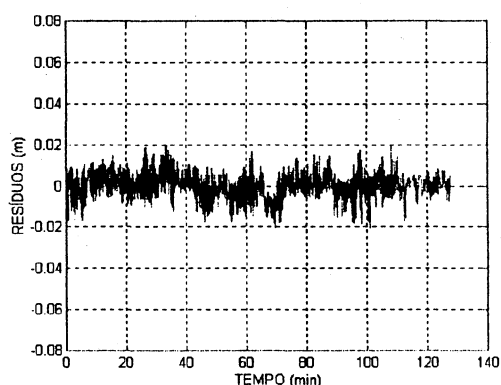
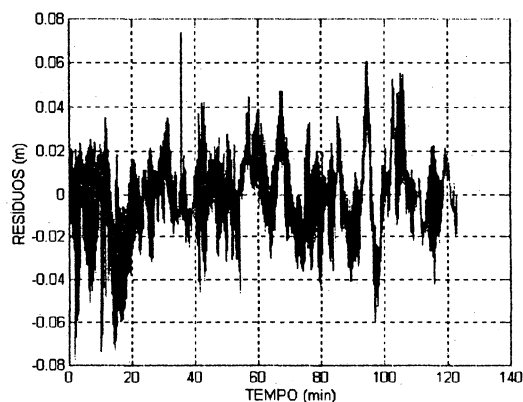


GRÁFICO 3.9: RESÍDUOS DE DUPLA-DIFERENÇA DA PORTADORA L1 PARA OS SATÉLITE PRN 07,16,19,26,27, COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 02 DA BASE KM03 - DJP0



Buscando identificar a causa mais provável do problema enunciado, planejou-se uma campanha de três dias, na qual foram utilizados simultaneamente 4 receptores Ashtech Z XII, (FIG. 3.9):

- 1 receptor instalado na estação base KM03;
- 1 receptor na estação DJPO (fig. 3.6);
- 1 receptor na mediatriz de duas torres, sob as linhas de transmissão, estação TORR (fig. 3.7) ;
- 1 receptor distante dos dois últimos, estação LONG (fig. 3.8).

Procurou-se manter as mesmas especificações técnicas do rastreo estabelecidas para a Rede Base GPS/COPEL, ou seja:

TABELA 3.7: ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO RASTREIO GPS

Descrição	Especificação
Taxa de Observação	15 s.
PDOP	Menor que 5.0
Ângulo de elevação	10 ⁰
Duração do Rastreo	2 horas

FIGURA 3.6: ESTAÇÃO DJPO FIGURA 3.7: ESTAÇÃO TORR FIGURA 3.8: ESTAÇÃO LONG

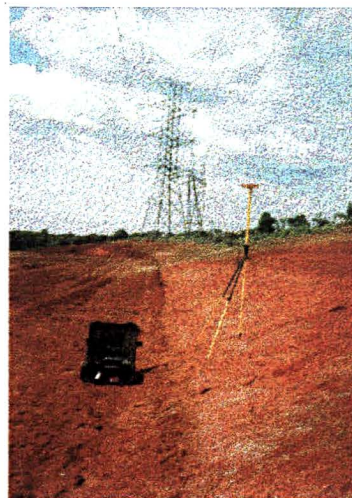
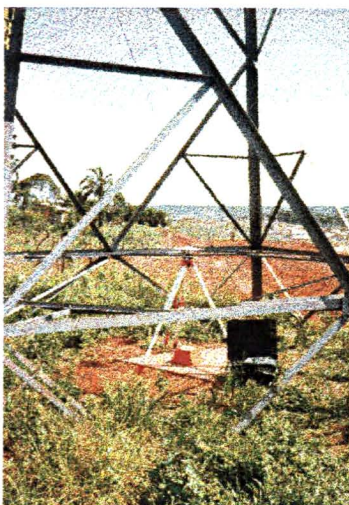
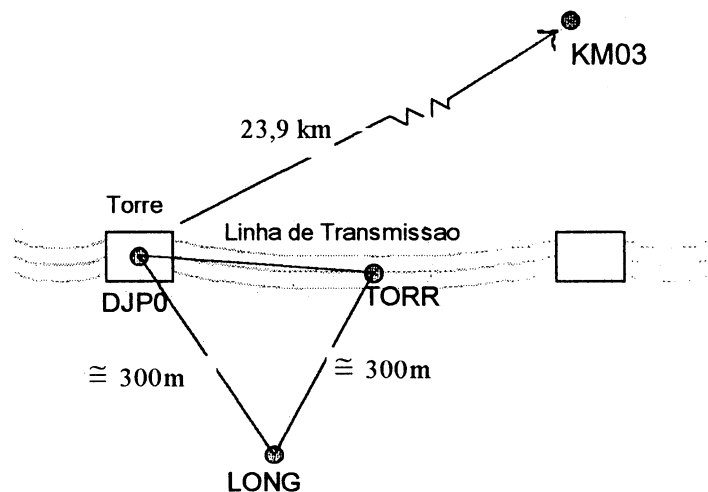


FIGURA 3.9: LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DJPO, TORR, LONG E KM03



Na estação DJPO, como já mencionado, os dois erros que poderiam estar atuando seriam: a) Multicaminamento; b) variação do centro de fase da antena. O multicaminamento pode ser identificado rastreando-se a estação em questão, por repetidas vezes no mesmo horário, com os mesmos satélites e mantendo-se as mesmas especificações de rastreamento, porém a degradação na determinação da posição causada pela incerteza na determinação do centro de fase da antena já é mais complexa. Como o sinal dos satélites NAVSTAR/GPS recebido pela antena localizada na estação DJPO (fig. 3.6), poderia estar sujeita aos dois efeitos, instalou-se um receptor sob as linhas de transmissão, estação TORR (fig. 3.7), na tentativa de quantificar o efeito causado pela interferência do campo magnético, e tentar analisar se mesmo poderia estar causando a incerteza na determinação do centro de fase da antena, e um outro receptor distante desses, estação LONG (fig. 3.8), para que se quantifica-se a não ocorrência dos dois efeitos supracitados.

Os resíduos da dupla diferença de fase, oriundos do pós-processamento desta campanha, com todos os satélites envolvidos no rastreamento são apresentados a seguir (Quadro 3.1) e para os pares de satélites são apresentados no Anexo 2:

O QUADRO 3.1 apresenta 4 linhas e 3 colunas. Cada coluna apresenta dias consecutivos. A linha 1 e colunas 1, 2 e 3 apresenta a variação da corrente transmitida da Usina Governador Parigot Souza para a subestação Uberaba, no momento do rastreamento. A linha 2 e colunas 1, 2 e 3 apresenta os resíduos da dupla diferença de fase da portadora L1 da linha de base KM03 - DJPO, para todos os satélites envolvidos para cada um dos três dias consecutivos de duração da campanha. A linha 3 e coluna 1, 2 e 3 apresenta os

resíduos da dupla diferença de fase da portadora L1 para a linha de base KM03-TORR de todos os satélites envolvidos para cada um dos três dias consecutivos de duração da campanha e linha 4 apresenta os resíduos da dupla diferença de fase da portadora L1 para a linha de base KM03-TORR de todos os satélites envolvidos para cada um dos três dias consecutivos de duração da campanha.

QUADRO 3.1: RESÍDUOS DE DUPLA DIFERENÇA DA FASE

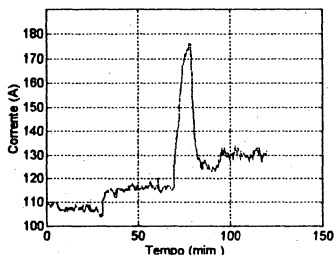


Gráfico 3.13: Corrente no trecho Usina GPS para Subestação Uberaba no dia 30/10/96 das 14:30 às 16:30 h.

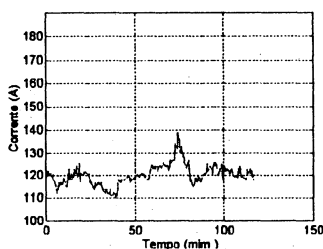


Gráfico 3.14: Corrente no trecho Usina GPS para Subestação Uberaba no dia 30/10/96 das 14:30 às 16:30 h.

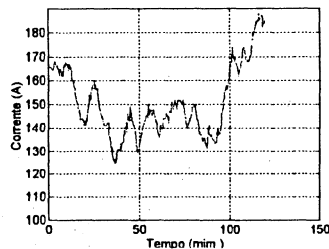


Gráfico 3.15: Corrente no trecho Usina GPS para Subestação Uberaba no dia 31/10/96 das 14:30 às 16:30 h.

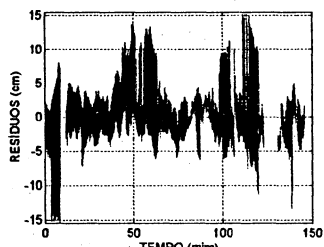


Gráfico 3.16: Resíduo da dupla diferença de fase da portadora L1 para os satélites PRN 06, 09, 10, 17, 24, 25, 30 com relação ao PRN 05 para a base KM03-DIJO para o dia 304.

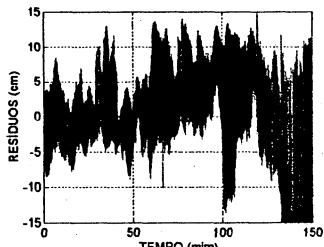


Gráfico 3.17: Resíduo da dupla diferença de fase da portadora L1 para os satélites PRN 06, 09, 10, 17, 24, 25, 30 com relação ao PRN 05 para a base KM03-DIJO para o dia 305.

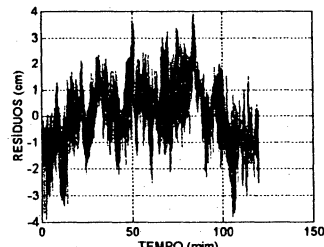


Gráfico 3.18: Resíduo da dupla diferença de fase da portadora L1 para os satélites PRN 06, 09, 10, 17, 24, 25, 30 com relação ao PRN 05 para a base KM03-DIJO para o dia 306.

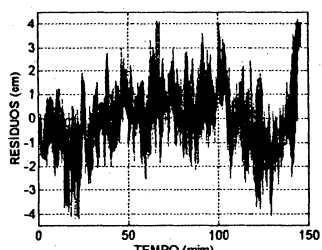


Gráfico 3.19: Resíduo da dupla diferença de fase da portadora L1 para os satélites PRN 06, 09, 10, 17, 24, 25, 30 com relação ao PRN 05 para a base KM03-TORR para o dia 304.

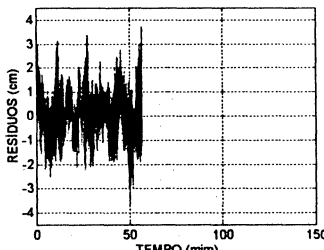


Gráfico 3.20: Resíduo da dupla diferença de fase da portadora L1 para os satélites PRN 06, 09, 10, 17, 24, 25, 30 com relação ao PRN 05 para a base KM03-TORR para o dia 305.

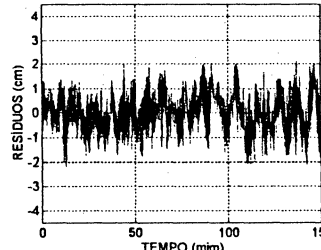


Gráfico 3.21: Resíduo da dupla diferença de fase da portadora L1 para os satélites PRN 06, 09, 10, 17, 24, 25, 30 com relação ao PRN 05 para a base KM03-TORR para o dia 306.

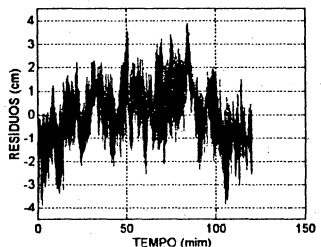


Gráfico 3.22: Resíduo da dupla diferença de fase da portadora L1 para os satélites PRN 06, 09, 10, 17, 24, 25, 30 com relação ao PRN 05 para a base KM03-LONG para o dia 304.

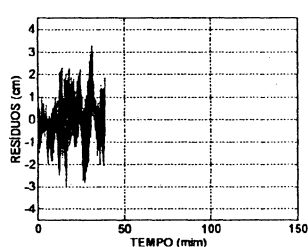


Gráfico 3.23: Resíduo da dupla diferença de fase da portadora L1 para os satélites PRN 06, 09, 10, 17, 24, 25, 30 com relação ao PRN 05 para a base KM03-LONG para o dia 305.

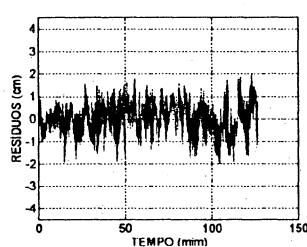


Gráfico 3.24: Resíduo da dupla diferença de fase da portadora L1 para os satélites PRN 06, 09, 10, 17, 24, 25, 30 com relação ao PRN 05 para a base KM03-LONG para o dia 306.

Uma análise visual, inicial dos gráficos de resíduos para os pares de satélites, apresentados no QUADRO 3.1 e mais detalhadamente no Anexo II, permitem concluir:

- Enquanto os resíduos de dupla diferença de fase da portadora L1 das estações TORR e LONG encontram-se num intervalo de ± 4 centímetros, para a estação DJPO os mesmos encontram-se num intervalo de ± 15 centímetros.

- Comparando os gráficos dos resíduos de dupla diferença de fase da portadora L1 das estações DJPO e TORR, as quais foram materializadas sob e torre e sob as linhas de transmissão respectivamente e portanto ambas sujeitas à possível interferência no sinal transmitido pelos satélites NAVSTAR/GPS e recebido pela antena do receptor, observa-se que a discrepância ainda é muito grande, ou seja, a estação DJPO apresenta resíduos muito maiores em relação aos dos obtidos para estação TORR. O que leva a crer que na estação DJPO existe um fator que não está presente na estação TORR que contribui e muito para a degradação da precisão, provavelmente o efeito multicaminho poderá ser este fator.

- comparando os resíduos obtidos para a estação TORR e LONG, observa-se que existe uma pequena variação, mas esta não se apresenta de forma tão acentuada, ou seja, observa-se que existe uma variação nos valores dos resíduos mas esta é muito suave;

- resta analisar isoladamente os resíduos para os pares de satélites da estação DJPO nos três dias consecutivos da campanha (ver anexo II), e assim procedendo-se pode-se notar que existe uma certa repetibilidade da sinuosidade (ou variação) dos resíduos para os mesmos pares de satélites, o que evidencia a presença do efeito de multicaminhamento;

- pelo exposto, conclui-se que o efeito de multicaminhamento provocado pela reflexão do sinal na estrutura da torre é o efeito que mais contribui para a degradação da precisão na estação DJPO (sob a torre) do que na estação TORR (sob as linhas de transmissão), ambas sob influência do campo eletromagnético e, se existe a interferência do campo eletromagnético sob o sinal recebido pela antena esta variação é muito sutil e merece um estudo mais aprofundado, com conseqüente análise, numa campanha mais abrangente.

4 METODOLOGIA DE UNIFICAÇÃO DE BASES CADASTRAIS

Neste capítulo será realizada uma abordagem, bastante sucinta, a respeito de transformações geométricas em específico da Transformação Afim Geral a qual foi utilizada neste trabalho e modelagem matemática da mesma. Logo em seguida tratar-se-á da utilização do modo de posicionamento estático rápido para obtenção da posição dos postes que estarão envolvidos na transformação geométrica, bem como os procedimentos na aplicação deste modo de posicionamento no levantamento de postes e finalmente a aplicação da transformação geométrica e interpretação dos resultados.

4.1 TRANSFORMAÇÃO GEOMÉTRICA

No âmbito da Cartografia, a definição espacial de feições é uma atividade essencial uma vez que se lida, fundamentalmente, com informações georeferenciadas.

Seja com o objetivo de realizar levantamentos geodésicos ou fotogramétricos, representações da informação por meio de projeções cartográficas ou a coleta de dados por meio de um processo de digitalização, não se pode prescindir de um sistema de coordenadas.

Existem casos em que é necessária a transposição de pontos entre sistemas, como por exemplo, transformação entre Sistemas Geodésicos, aerotriangulação, armazenamento de dados digitais. Para realizar estas transformações, apesar de existirem formulações específicas para cada aplicação, com simplificações ou refinamentos dedicados à solução considerada, pode-se lançar mão de modelos genéricos da transformação tais como, por exemplo, as Transformações Geométricas.

Ressalta-se que um processo completo de transformação entre sistemas de coordenadas envolve duas fases distintas:

A primeira fase refere-se à definição dos parâmetros e, nesta, deve ser considerado o conhecimento de alguns pontos nos dois sistemas envolvidos. A quantidade de pontos necessários fica definida em função do número de parâmetros a serem determinados, das dimensões dos espaços envolvidos, da geometria da solução e do cálculo a ser realizado podendo ou não ser realizado algum tipo de ajustamento.

A segunda fase refere-se à transformação propriamente dita. De posse dos parâmetros, aplica-se o modelo matemático sobre as coordenadas dos pontos definidos em um sistema, normalmente denominado Sistema Origem, e obtém-se a definição no outro sistema, denominado Sistema Destino [Silva & Oliveira, 1995].

A escolha do modelo matemático tem implicações fundamentais em aspectos de precisão, em problemas de mau condicionamento de sistemas, na eficiência numérica e na exatidão [Lugnani, 1987], bem como da realidade física dos pontos a serem utilizados.

4.2 MODELO MATEMÁTICO

Neste trabalho, foi considerado apenas o caso de transformação entre sistemas bi-dimensionais e abordará especificamente a Transformação Afim Geral.

Para efeito de descrição do modelo será adotada a seguinte nomenclatura:

x = abscissa de um ponto genérico, no Sistema Origem;

y = ordenada de um ponto genérico no Sistema Origem;

x' = abscissa de um ponto genérico, no Sistema Destino;

y' = ordenada de um ponto genérico, no Sistema Destino;

β = rotação do Sistema Origem em relação ao Sistema Destino;

μ_x = rotação aplicada ao eixo X do Sistema Origem de forma a torná-lo um Sistema Cartesiano ortogonal;

μ_y = rotação aplicada ao eixo Y do Sistema Origem de forma a torná-lo um Sistema Cartesiano-Ortogonal;

T_x = translação do Sistema Origem, ao longo do eixo X;

T_y = translação do Sistema Destino, ao longo do eixo Y;

E_x = fator de escala entre o eixo X dos Sistemas Origem e Destino;

E_y = fator de escala entre o eixo Y dos Sistemas Origem e Destino.

$$x' = a \cdot x + b \cdot y + T_x \quad (4.1)$$

$$y' = c \cdot x + d \cdot y + T_y \quad (4.2)$$

Sendo:

a, b, c e d são resultado do produto de parâmetros tais como β , μ_x , μ_y , E_x e E_y como se vê a seguir.

4.2.1.1- Rotação Aplicada ao Eixo X do Sistema Origem de Forma a Torná-lo um Sistema Cartesiano-Ortogonal.

$$a = Ex(\cos(\beta)\cos(\mu x) - \sin(\beta)\sin(\mu x)) \quad (4.3)$$

$$b = Ey \sin(\beta) \quad (4.4)$$

$$c = Ex(\sin(\beta)\cos(\mu x) + \cos(\beta)\sin(\mu x)) \quad (4.5)$$

$$d = Ey \cos(\beta) \quad (4.6)$$

$$\beta = \arctan\left(\frac{b}{d}\right) \quad (4.7)$$

$$\mu x = \arctan\left(\left(\frac{c\cos(\beta) - a\sin(\beta)}{a\cos(\beta) + c\sin(\beta)}\right)\right) \quad (4.8)$$

$$Ex = \frac{a}{\cos(\beta + \mu x)} \quad (4.9)$$

$$Ey = \frac{d}{\cos(\beta)} \quad (4.10)$$

6 parâmetros implícitos: a, b, c, d, Tx, Ty

6 parâmetros explícitos: $\beta, \mu x, Tx, Ty, Ex, Ey$

4.2.1.2 Rotação Aplicada ao Eixo Y do Sistema Origem de Forma a Torná-lo um Sistema Cartesiano-Ortogonal

Tem-se:

$$a = Ex \cos(\beta)$$

(4.11)

$$b = Ey(\cos(\beta)\sin(\mu y) - \sin(\beta)\cos(\mu x)) \quad (4.12)$$

$$c = Ex \sin(\beta) \quad (4.13)$$

$$d = Ey(\sin(\beta)\sin(\mu y) + \cos(\beta)\cos(\mu x)) \quad (4.14)$$

$$Ex = \frac{a}{\cos(\beta + \mu x)} \quad (4.15)$$

$$Ey = \frac{d}{\cos(\beta)} \quad (4.16)$$

6 parâmetros implícitos: a, b, c, d, T_x, T_y

6 parâmetros explícitos: $\beta, \mu y, T_x, T_y, Ex, Ey$

4.3 DESENVOLVIMENTO DA TRANSFORMAÇÃO GEOMÉTRICA

Necessita-se das coordenadas de pontos homólogos nos sistemas que irão configurar o Sistema Origem e o Sistema Destino da transformação. As Coordenadas dos pontos, neste caso dos postes, que compõem o Sistema Origem, são as coordenadas as quais a COPEL dispõe, coordenadas estas como já visto impregnadas de erros diversos. As coordenadas que comporão o Sistema Destino são determinadas com auxílio da técnica GPS e dado, o rigor com que foram determinadas inspiram confiança necessária para configurarem o Sistema Destino.

4.3.1 Determinação das Coordenadas dos Postes

Como mencionado no item anterior necessita-se das coordenadas dos postes no Sistema Destino, e estas últimas serão obtidas via GPS. Utilizou-se o método de posicionamento estático rápido para o levantamento destes postes e conseqüentemente a obtenção da posição dos mesmos. O desenvolvimento desta etapa é apresentado a seguir:

4.3.1.1 Planejamento do Rastreamento

Feito o reconhecimento da área de desenvolvimento desta etapa - município de Pinhais - PR, uma área de aproximadamente 20 km² e uma segunda de aproximadamente 10 km² ambas no âmbito do município. O motivo da escolha de duas áreas é verificar a eficiência da transformação quanto às dimensões dos espaços envolvidos.

Na aplicação da Transformação Afim, o número mínimo de pontos homólogos nos dois sistemas envolvidos é igual a três. Neste trabalho, determinou-se seis pontos para garantir redundância. Além dos seis pontos que definem forma e dimensões dos espaços envolvidos, mais três pontos foram aleatoriamente escolhidos, configurando pontos de checagem, e estes localizados no âmbito da área delimitada pelos seis pontos inicialmente escolhidos (anexo 01).

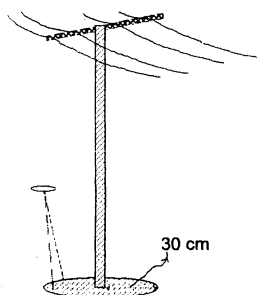
Foi realizada uma visita a campo a cada um destes postes, para que fosse verificado fatores tais como: a) obstruções (árvores, muros, construções próximas ao poste) que poderiam obstruir a recepção dos sinais dos satélites NAVSTAR/GPS pela antena do receptor; b) obstáculos (valetas, entulhos) que impossibilitassem a

movimentação do operador nos 360° que circundam o poste para a instalação da antena do receptor a qual distou-se do poste num raio (constante para todos os postes) de 30 cm (fig 4.1); c) que o poste contivesse chave¹ ou transformador², imposição esta do Sistema de Gerência de Redes- GEDIS, pois somente a estes postes é assegurada a disponibilidade de coordenadas pelo Sistema. Os postes que não atendiam uma destas imposições era imediatamente substituído pelo mais próximo e que atendesse a todas as exigências.

4.3.1.2 Planejamento de Visibilidade de Satélites

O levantamento de postes tem uma particularidade muito expressiva em relação aos levantamentos convencionais quando se reporta a localização da antena do receptor. A menos que seja implementado um dispositivo que possibilite a elevação, nivelamento e centragem da antena acima do poste, esta será instalada diretamente no solo o mais próximo possível do mesmo.

FIGURA 4.1: ESQUEMA LOCAÇÃO DA ANTENA DO RECEPTOR A UM RAIO DE 30 cm DO POSTE



¹ Dispositivo de segurança e/ou interrupção. No caso de um curto-circuito ou reparos na rede de distribuição este dispositivo interrompe a passagem de corrente elétrica

² Dispositivo de rebaixamento ou estabilizador de tensão.

Este fator impõe uma restrição quanto ao planejamento da disponibilidade de satélites, bem como geometria, azimute e elevação dos mesmos no momento do rastreo. Se antena irá ser instalada próxima ao poste, este irá gerar uma obstrução de aproximadamente 90° . A solução encontrada foi que se fizesse a máscara e a decisão de melhor local para instalação da antena no momento imediatamente anterior ao início do rastreo. A tela número dez do receptor Ashtech Z XII disponibiliza ao operador através do visor frontal do receptor um círculo geométrico reticulado com as direções Norte, Sul, Leste e Oeste o número de satélites disponíveis durante o rastreo devidamente plotados neste círculo segundo seus azimutes e ângulos de elevação e os valores de PDOP, HDOP, VDOP e TDOP, para o conjunto desses satélites. A tela número 10 disponibilizada ao operador em aproximadamente quinze segundos após o início de captação do sinal pela antena do receptor, tempo necessário para o cômputo de ângulo de elevação e azimute de cada um dos satélites disponíveis e, plotagem segundo esses ângulos no círculo geométrico supracitado. O operador direcionará o norte do círculo geométrico apresentado na tela dez par o norte magnético determinado no local, com auxílio de uma bússola, tendo assim condições de escolher o melhor ponto para instalação da antena do receptor nos 360° que circundam o poste. A escolha do melhor ponto estará condicionada à qual proporcionar o maior número de satélites com ângulo de elevação apropriado (acima de 15° dado que, o poste implica em um obstáculo direto, num quadrante de aproximadamente 90°). Esta estratégia aliada a observação das informações contidas na caderneta de campo que foi elaborada (*ver* anexo 01), a qual além dos dados normalmente constantes numa caderneta de campo para levantamentos GPS, contém dados adicionais tais como: a) satélites com ângulo de elevação menor que 15° ; b) satélites que de acordo com o seu azimute, no momento do rastreo, o poste representava um obstáculo direto. Estas informações integradas, possibilitou uma coleta

de dados do maior número de satélites disponíveis no momento do rastreo de cada poste e que norteou os procedimentos quando no processamento, os quais serão melhor explicados no item 4.5.

4.3.1.3 RASTREIO

Esta metodologia sugere que o modo estático rápido seja utilizado para o rastreo dos postes, pelas vantagens que o mesmo disponibiliza, e discutido no item 2.1.

A estação TMA (fig.3.4), localizada na subestação do Tarumã, bairro Tarumã - Curitiba, foi utilizada como estação de referência no levantamento dos postes, por ser a estação pertencente a Rede Base GPS/COPEL mais próxima da área de desenvolvimento da metodologia de unificação de bases cadastrais (Município de Pinhais- PR). A linha de base mais extensa mede 5983,466 metros, satisfazendo a imposição de linhas de base curtas do modo de posicionamento estático rápido e a mais curta mede 738,165 metros.

As especificações técnicas do levantamento são apresentadas na TABELA 4.1.

TABELA 4.1: ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO RASTREIO PARA DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA.

Especificação	Descrição
Taxa de observação	5 s.
PDOP	Menor que 5.0
Ângulo de elevação	0°
Duração do Rastreo	15 mim

Agumas observações a respeito das especificações são acrescentadas: a) observa-se que com a taxa de rastreo de 5 s., consegue-se 180 observações por poste, número necessário e suficiente para uma boa determinação de posição; b) o PDOP mantém-se o mesmo do especificado para a Rede Base GPS/COPEL. Quando no rastreo da mesma , os valores do PDOP variaram em média entre 0,8 à 2,1, e portanto entende-se que o valor máximo de 5,0 para o PDOP utilizado neste trabalho, apresenta uma boa tolerância; c) o ângulo de elevação de 0° foi adotado para o rastreo na garantia de se ter redundância de satélites durante os rastreo (número superior a quatro satélites), e a seleção dos satélites envolvidos no rastreo ficou para a fase de processamento, ou seja, nesta fase do processamento fez-se uma análise qualitativa de quais os satélites seriam envolvidos na determinação de posição, baseado em parâmetros tais como: a) os resíduos de dupla diferença de fase, salto de ciclo, número de épocas coletadas; b) a duração do rastreo de 15 mim de acordo com as especificações do modo de posicionamento estático rápido que varia entre (5 a 15 minutos - *ver* 2.3).

4.3.1.4 Processamento

O processamento foi realizado pelo software PRISM, pelas mesmas razões explicitadas em 3.3, no modo de processamento PNAV, que, através de uma rotina informada pelo operador, executa um algoritmo que faz uso da técnica OTF (On the Fly) [Astech, 1994]. Esta técnica permite rápida resolução de ambiguidades, sendo, portanto, utilizada no processamento de levantamentos pelo modo estático rápido.

O processamento desta fase desdobrou-se em duas etapas. A primeira, em que realizou-se o processamento sem que se fizesse nenhuma injunção inicial. Uma segunda, onde analisando-se os dados processados da primeira fase pode-se ter uma visão mais ampla dos parâmetros a serem considerados quando no processamento da segunda fase. Nesta segunda fase para as considerações iniciais, o ponto de partida para análise foram os dados constantes da caderneta de campo (anexo 1), onde para cada poste rastreado constava os satélites com ângulo de elevação menor que 15° , satélites que aparentemente, pelo valores de seus azimutes, o poste representava um obstáculo direto, mas de acordo com observação da tela 10 e tela 03 do receptor provavelmente a custo de reflexão do sinal contactou-se que estavam sendo coletados dados dos mesmos. Com base nestas informações (caderneta de campo) passou-se para a análise qualitativa da precisão alcançada na determinação da posição dos postes. Os parâmetros verificados foram os desvios padrão das coordenadas X, Y e Z, no WGS84. Com isto, decidiu-se pela eliminação dos satélites que estavam contribuindo para a degradação da determinação da posição. Os resultados encontrados nos dois processamentos são apresentados nos GRÁFICOS 4.1 e 4.2 a seguir:

GRÁFICO 4.1: DESVIOS PADRÃO EM X, Y E Z NO WGS84 DAS COORDENADAS DOS POSTES NA PRIMEIRA FASE

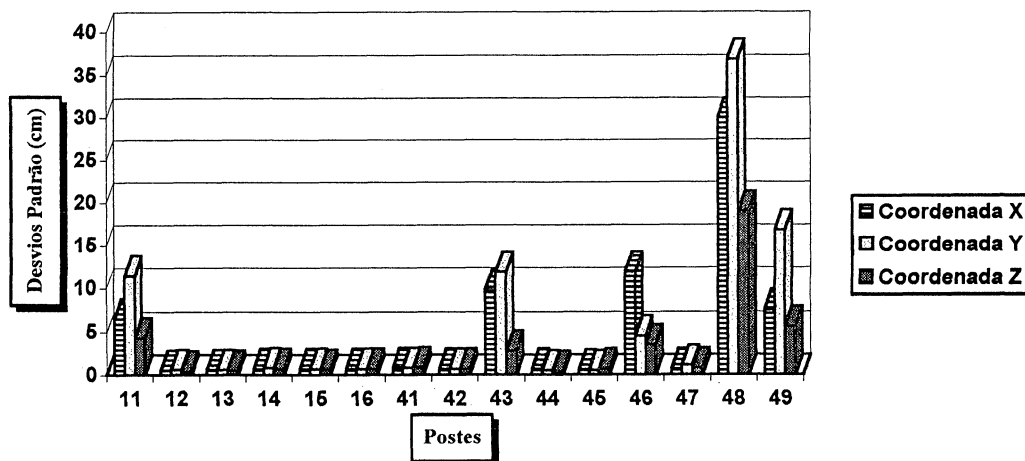
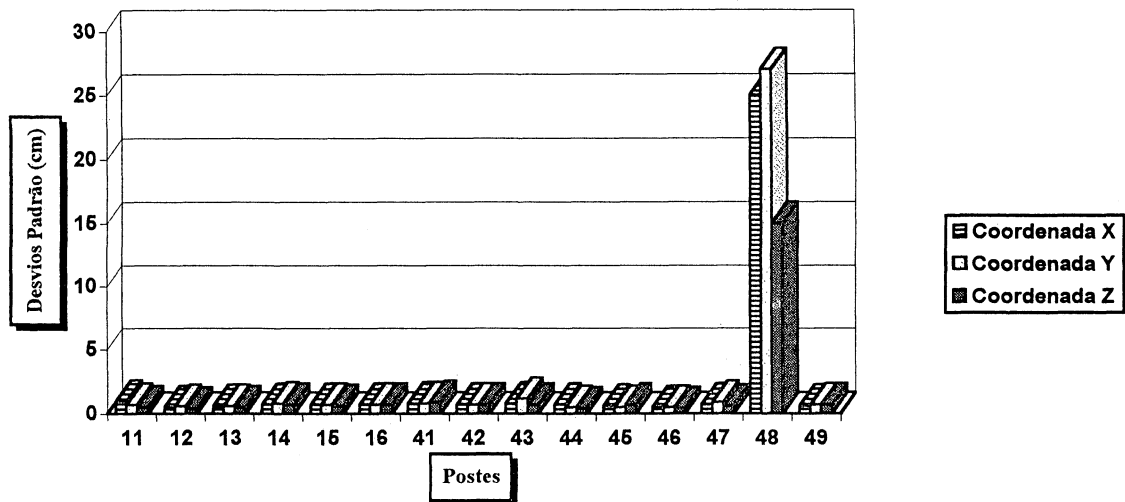


GRÁFICO 4.2: DESVIOS PADRÃO EM X, Y E Z NO WGS84 DAS COORDENADAS DOS POSTES NA SEGUNDA FASE



Analisando os resultados obtidos na primeira fase do processamento, **GRÁFICO 4.1**, procedeu-se então o refinamento das soluções das coordenadas, com a retirada de satélites que contribuíam para a degradação das coordenadas, como mencionado anteriormente. Observa-se pelo **GRÁFICO 4.2** que as soluções para coordenadas no

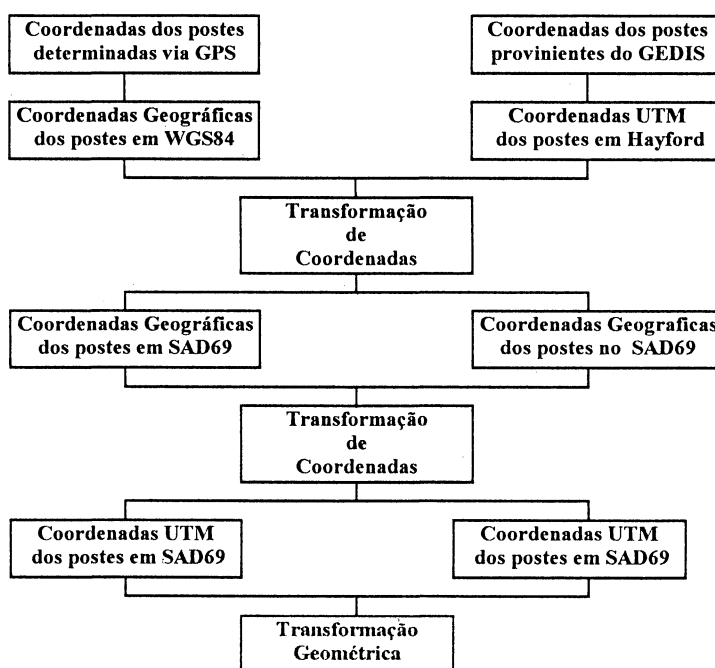
WGS84 dos postes 11, 43, 46 e 49 foram refinadas, tendo havido uma considerável melhoria nos resultados, conforme indicam os desvios padrão obtidos.

Para o poste 48 não foi possível um refinamento eficiente. Neste poste a duração do rastreamento foi de 5 min dado que, a "memória" do receptor base esgotou-se 10 min antes do término do rastreamento do receptor itinerante (neste caso o receptor instalado no poste 48).

4.4 TRANSFORMAÇÃO DE SISTEMAS DE COORDENADAS

Foram necessárias Transformações de Sistemas de Coordenadas, dado que coordenadas determinadas via GPS e coordenadas contidas no banco de dados do GEDIS apresentavam-se em referências distintos. O FLUXOGRAMA 4.1 apresenta o resumo desta operação:

FLUXOGRAMA 4.1: TRANSFORMAÇÃO DE COORDENADAS



A TABELA 4.2 apresenta os valores das coordenadas UTM no SAD69 para os dois Sistemas:

TABELA 4.2: COORDENADAS EM UTM NO SAD69 DOS POSTES

COORDENADAS DOS POSTES							
Ponto	Código	COPEL (GEDIS)		GPS		ΔN	ΔE
		N	E	N	E		
0011	10337	7 182 527	685 861	7 182 560	685 870	- 33	- 9
0012	11818	7 185 517	685 596	7 185 523	685 606	6	- 10
0013	11808	7 187 452	685 936	7 187 441	685 967	11	- 31
0014	C7385	7 182 016	681 118	7 182 020	681 128	- 4	- 10
0015	2001	7 185 787	681 676	7 185 788	681 687	- 1	- 11
0016	N3681	7 186 970	681 799	7 186 958	681 798	12	1
0041	12318	7 183 052	685 081	7 183 051	685 065	1	16
0042	11822	7 184 657	684 831	7 184 666	684 809	-9	22
0043	11804	7 186 352	684 854	7 186 342	684 924	10	-70
0044	11779	7 182 962	682 066	7 182 971	682 058	-9	8
0045	N4945	7 185 112	681 942	7 185 113	681 939	-1	3
0046	N1353	7 186 116	682 050	7 186 102	682 046	14	4
0047	N3283	7 184 263	683 607	7 184 260	683 594	3	13
0048	N2762	7 184 890	684 346	7 184 880	684 350	10	-4
0049	11791	7 185 752	683 436	7 185 718	683 428	34	8

A coluna 1 apresenta o número do ponto, como indentificação dos vários postes que foram rastreados. Como mencionado em 4.3.1 foram delimitadas duas áreas para rastreio dos postes. A a numeração de 0011 à 0016 refere-se aos seis postes que configuram a forma e dimensões da área maior; a numeração de 0041 a 0046 os seis pontos que configuram a forma e dimensões da área menor; e, a numeração de 0047 à 0049 refere-se aos três postes denominados postes de checagem. A coluna 2 apresenta o código de cada chave ou transformador contidas em cada poste e que os indentifica no Sistema GEDIS. As colunas 3 e 4 apresentam os valores das coordenadas UTM no SAD69 dos postes escolhidos para configurarem o Sistema Origem, coordenadas estas adquiridas do banco de dados do Sistema GEDIS. As colunas 5 e 6, apresentam as coordenadas UTM no SAD69 dos postes , determinadas via GPS e que configuram o Sistema Destino. As colunas 7 e 8 apresentam, a diferença de coordenadas $((\text{CoordenadasUTM} / \text{COPEL}) - (\text{CoordenadasUTM} / \text{GPS}))$ em N e E respectivamente.

Nota-se que as diferenças são em média bastante acentuadas, e em alguns casos, como por exemplo do poste 0011, 0013, 0042, 0043 e 0049 apresentam valores demasiadamente elevados. Este fato vêm confirmar a possibilidade de que realmente a base cartográfica continha erros diversos e/ou cometeu-se incoerências diversas quando no processo cadastral pois os desvios padrão apresentados na solução do processamento da coordenadas X, Y e Z no WGS84, que variam em média ao nível de milímetros obtidas via GPS, mostram que estas inspiram confiança.

De posse das coordenadas dos postes (homólogos) nos dois Sistemas (Origem: COPEL; e, Destino: GPS) aplicou-se a Transformação geométrica. A transformação geométrica utilizada foi a Transformação Afim Geral a seis parâmetros (2 rotações, 2 translações, um fator de não-ortogonalidade, uma rotação terceária e um fator de escala) conforme discutido no item 4.2. Utilizou-se o programa denominado *2d11*, de autoria Prof. Msc. Maurício Galo - UNESP de Presidente Prudente, SP.[Galo, 1992].

Para a área maior as TABELAS 4.4, 4.5 e 4.6 apresentam os parâmetros e desvios, das coordenadas no Sistema Origem e Destino, enquanto que os resultados para a área menor são mostrados nas TABELAS 4.7, 4.8 e 4.9, respectivamente.

Para a área maior (0011 - 0016) encontrou-se os seguintes resultados:

TABELA 4.4: PÂRAMETROS E DESVIOS

Parâmetros		Desvios
a	1.002194964	0.001993255
b	.000967973	.002063369
T _x	5.051077284	8.372767639
c	.003256274	.001993255
d	0.994082829	0.002063369
T _y	-7.448601008	8.372767639

TABELA 4.5: COORDENADAS NO SISTEMA ORIGEM (E E N OBSERVADOS) E COODENADAS DO SISTEMA DESTINO (E E N CALCULADOS)

TRANSFORMAÇÃO GEOMÉTRICA				
Ponto	E _{Observado-GEDIS}	N _{Observado-GEDIS}	E _{calculado -Transformação}	N _{calculado-Transformação}
44	-682 058	7 182 971	682 052	7 182 960
45	681 939	7 185 113	681 931	7 185 115
46	682 046	7 186 102	682 037	7 186 110

TABELA 4.6: RESÍDUOS DA TRANSFORMAÇÃO

Resíduos	
E	N
5.0511	-7.4486
6.3637	0.9961
-12.0170	7.6536
-6.8543	9.1306
-2.9793	-8.3661
10.4358	-1.9656

Para a área menor, obteve-se os seguintes resultados:

TABELA 4.7: PÂRAMETROS E DESVIOS

Parâmetros		Desvios
a	1.009161739	0.008809767
b	0.019250844	0.009618541
Tx	6.697763712	24.378964273
c	-0.00035134	0.008809767
d	0.995274886	0.009618541
Ty	7.770574016	24.378964273

TABELA 4.8: COORDENADAS NO SISTEMA ORIGEM (E E N OBSERVADOS) E COODENADAS NO SISTEMA DESTINO (E E N CALCULADOS)

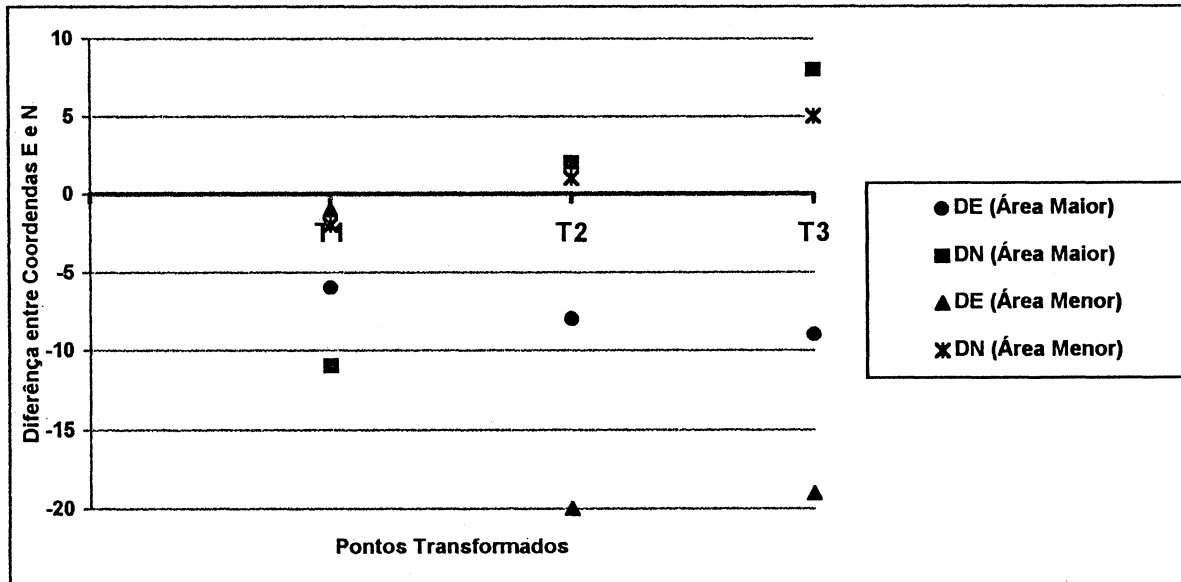
TRANSFORMAÇÃO GEOMÉTRICA				
Ponto	E _{Observado}	N _{Observado}	E _{Calculado}	N _{Calculado}
47	683 594	7 184 260	683 594	7 184 259
48	684 350	7 184 880	684 331	7 184 882
49	682 428	7 185 718	682 410	7 185 724

TABELA 4.9: RESÍDUOS DA TRANSFORMAÇÃO

Resíduos	
E	N
5.0511	-7.4486
6.3637	0.9961
-12.0170	7.6536
-6.8543	9.1306
-2.9793	-8.3661
10.4358	-1.9656

O **GRÁFICO 4.1** apresenta as diferenças entre as coordenadas UTM calculadas na Transformação e as coordenadas UTM do GEDIS, estas referenciadas ao SAD69.

GRÁFICO 4.1: DIFERENÇAS ENTRE COORDENADAS UTM CALCULADAS NA TRANSFORMAÇÃO E AS COORDENADAS UTM DO GEDIS - REFERENCIADAS AO SAD 69



A TABELA 4.4 e a TABELA 4.7 apresentam os parâmetros a , b , c , d , T_x , T_y , e seus respectivos desvios padrão, fornecidos pelo programa *2d11*. Dos parâmetros apresentados, os que permitem uma análise mais imediata são os representam as translações T_x e T_y e seus respectivos desvios, i.e., a precisão interna da transformação, variando entre 5 e 8 metros. A TABELA 4.5 e a TABELA 4.8 apresentam as coordenadas UTM dos postes de checagem, ao passo que a TABELA 4.6 e a TABELA 4.9 apresentam os resíduos da transformação geométrica. O GRÁFICO 4.1 mostra as diferenças entre as coordenadas UTM calculadas na transformação e as do GEDIS, para os três pontos de checagem, referenciadas ao SAD 69.

4.5 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Analisando-se os resultados do GRÁFICO 4.1 percebe-se que os valores obtidos, para área maior são melhores. A diferença de coordenadas UTM dos postes obtidas através do banco de dados do Sistema GEDIS e as coordenadas UTM obtidas após a aplicação do modelo de transformação são bastante expressivas. Esse fator, possivelmente, é devido as grandes incoerências a serem modeladas e descritas a seguir. Quando na utilização da metodologia de cadastro utilizada pela COPEL são cometidos erros diversos, tais como: a) distorção de escala provocado nas cartas que são fotocopiadas para que se efetue o cadastro em campo; b) o erro de leitura quando no processo de medição direta da etapa do cadastro realizada em campo; c) o erro cometido no processo gráfico na obtenção de coordenadas dado que a convenção adotada para representação do poste é extremamente grande em relação a escala da carta (1:1 000 e/ou 1:5 000) tendo uma incerteza bastante acentuada na determinação exata do poste. Ainda no processo gráfico, a forma abstrusa de obtenção de coordenadas com uso do escalímetro, quando o correto seria utilizar-se um par de esquadros para traçado das linhas paralelas a rede estabelecida pelo canevá e depois a medida com base nestas com escalímetro; d) os erros de digitação que podem ocorrer quando no processo de entrada de dados (coordenadas dos postes) no banco de dados do sistema GEDIS, já que o mesmo não contém nenhuma rotina de confirmação dos valores digitados; e) a imposição que o Sistema (GEDIS) impõe de que os últimos dígitos só possam ser 0 ou 5, pois somente nesta fase introduz-se um erro de ± 5 metros; f) a total inobservância do Sistema de Referência ao qual as cartas estão atreladas; g) nenhuma rotina ou metodologia de Transformação de Sistemas de Coordenadas. Esses erros quando

analisados conjuntamente podem alcançar um nível alto de imprecisão imposta a base cadastral.

A transformação geométrica por si só, não elimina os erros. Ela simplesmente modela dois espaços (forma e dimensão dos Sistemas Origem e Destino) e homogeneiza as incoerências impostas a estes espaços que não permitem a perfeita configuração geométrica dos mesmos. Os erros são tratados, não eliminados.

Quando analisa-se os valores das diferenças entre coordenadas planas (tabela 4.2) com os valores dos resíduos obtidos para os respectivos postes em cada uma das áreas conclui-se que os resíduos alcançados retratam de maneira clara a realidade que foi modelada, e expressa em valores reais dos erros que o modelo matemático não é capaz de tratar, dado que estão embutidos erros de naturezas distintas (Sistema de referência, Sistema de coordenadas, Sistema de projeção, mensuração gráfica, direta e finalmente, erros grosseiros) que devem ser diferentemente tratados.

Nesta Dissertação tentou-se estabelecer uma metodologia que atendessem às necessidades da COPEL. Para que possa verificar se a metodologia, fazendo uso do modelo matemático apresentado, atende às necessidades da empresa calculou-se o erro médio quadrático dos resíduos da transformação geométrica para área maior, a qual apresentou resultados mais coerentes, e portanto estabelecida como a área a ser considerada para o desenvolvimento da metodologia.

O erro médio quadrático em função dos resíduos é assim expresso:

$$m = \sqrt{\frac{\sum v_i^2}{n-1}}$$

4.17

sendo:

m: erro médio quadrático;

$\sum v_i^2$: somatório do quadrado dos resíduos;

n: número de observações.

Para efeitos práticos convencionou-se como:

- Erro médio quadrático para a área maior para os resíduos na coordenada

E: m_{ME} ;

- Erro médio quadrático para a área menor para os resíduos na coordenada

N: m_{MN} ;

Assim sendo para área maior, e de acordo com os resíduos obtidos (tabela 4.6)

tem-se:

$$m_{ME} = \sqrt{\frac{375,2}{5}} = 8,66 \text{ m}$$

$$m_{MN} = \sqrt{\frac{272,3}{5}} = 7,38 \text{ m}$$

Como se vê, os valores dos erros médios quadráticos são altos e com isto, conclui-se que o modelo matemático do qual a Transformação Afim Geral faz uso, não obteve a eficiência esperada em função dos erros imputados ao sistema origem serem extremamente expressivos e configurarem em uma imprecisão e inconsistência de difícil tratamento.

A metodologia desenvolvida e aplicada é válida e correta. O problema contido, está contido no espaço amostral utilizado, devido aos problemas mencionados anteriormente.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As conclusões deste trabalho, são:

- No estabelecimento de uma Rede Base/GPS julgou-se válido a utilização de dois receptores fixos em estações de coordenadas conhecidas, dado que o software PRISM por ser um pacote comercial não disponibiliza ao usuário muitas alternativas de processamento e ajustamento como num software científico. Assim procedendo constatou-se uma maior consistência dos resultados obtidos no ajustamento dado que, quando se dispõe de duas ou mais estações fixas o FILLNET permite o ajustamento com injunções, em contra partida ao ajustamento livre realizado quando se dispõe de somente uma estação fixa.
- O modo de posicionamento estático rápido mostrou-se uma técnica de posicionamento bastante eficiente. Neste trabalho a utilização da mesma apresentou excelentes resultados.
- Os resíduos obtidos na Transformação Geométrica, são expressivamente grandes, porém são realistas, pois os erros imputados às coordenadas dos postes obtidas no processo cadastral da COPEL apresenta erros das mais diversas natureza.
- A metodologia de utilização do Sistema de Posicionamento Global para unificação de bases cadastrais é inteiramente válida, proporcionando um economia em termos de tempo extremamente expressiva. E esta metodologia será tanto mais eficiente quanto menor a aleatoriedade das incoerências cometidas na geração da base cadastral.

As recomendações para trabalhos futuros são:

- De acordo com os estudos realizados com base nos resíduos de dupla diferença de fase da portadora L1, dos satélites envolvidos no rastreo da estação materializada sob a torre de linha de transmissão, recomenda-se que se evitem a localização destas estações nestas condições.
- Que todos os projetos de Mapeamento e Cadastro da COPEL, sigam a Norma Técnica COPEL - 861 005, a qual estabelece que o grupo de informações - posteamento e linhas de transmissão constem na restituição, eliminando assim muitos dos erros cometidos no processo de cadastramento de postes e linhas de transmissão da empresa.
- Que a COPEL inclua na legenda das cartas que são utilizadas no cadastro a que Norma Técnica cada uma destas cartas e/ou conjunto das mesmas estão submetidas, para que facilite a obtenção de informações técnicas tais como: Sistema de Referência, Sistema de projeção, escala adotada no vôo, escala da restituição, dentre outros.
- Que investigações a cerca da interferência nos sinais transmitidos pelos satélites NAVSTAR/GPS e recebido pela antena do receptor seja alvo de estudos futuros, no intuito de quantificar esta interferência, o que por motivo de disponibilidade de tempo não foi possível realizar neste trabalho.

ANEXOS

ANEXO I

CADERNETA DE CAMPO - RASTREIO GPS		
DESCRIÇÃO DA ESTAÇÃO		
Nº DA CHAVE	NOME DA ESTAÇÃO	OBSERVAÇÃO
DESCRIÇÃO DO RASTREIO		
COORDENADAS APROXIMADAS		
LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE
HORÁRIO DO RASTREIO		
INÍCIO	FINAL	OBSERVAÇÃO
ALTURA DA ANTENA (m)		
DILUIÇÃO DA PRECISÃO		
PDOP	HDOP	VDOP
	TDOP	
SATÉLITES COM ÂNGULO DE ELEVAÇÃO INFERIOR A 15^o		
PRN:	PRN:	PRN:
PRN:	PRN:	PRN:
PRN:	PRN:	PRN:
PRN:	PRN:	PRN:
SATÉLITES ENCOBERTOS DIRETAMENTE PELO POSTE		
PRN:	PRN:	PRN:
PRN:	PRN:	PRN:
PRN:	PRN:	PRN:
PRN:	PRN:	PRN:

A NEXO II

GRÁFICO I-01: DA DUPLA-DIFERÊNCIA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 06 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 304 DO ANO DE 1996

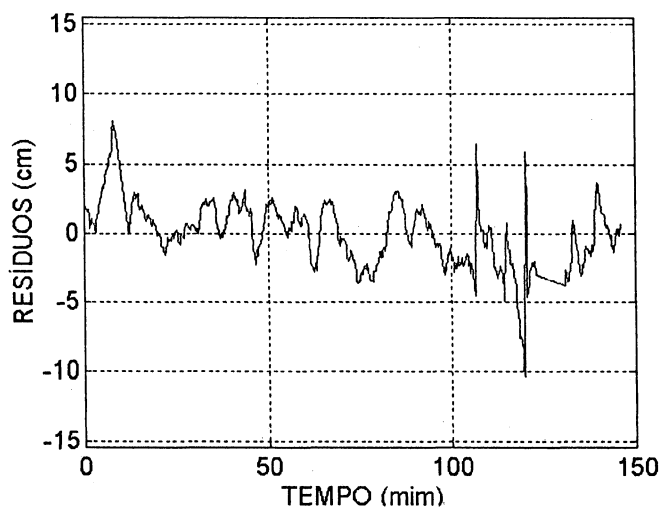


GRÁFICO I-02: DA DUPLA-DIFERÊNCIA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 06 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 304 DO ANO DE 1996

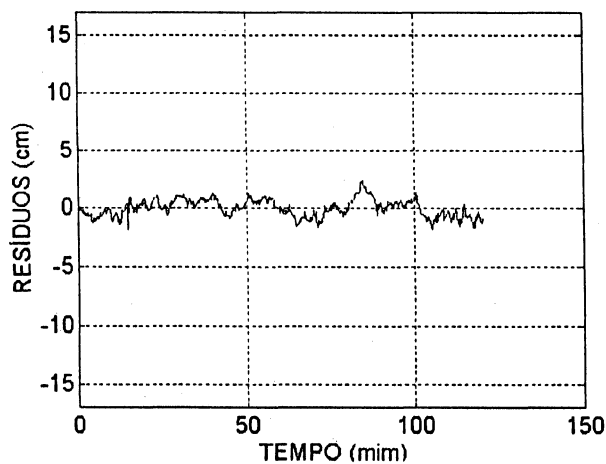


GRÁFICO I-03: DA DUPLA-DIFERÊNCIA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 06 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 304 DO ANO DE 1996

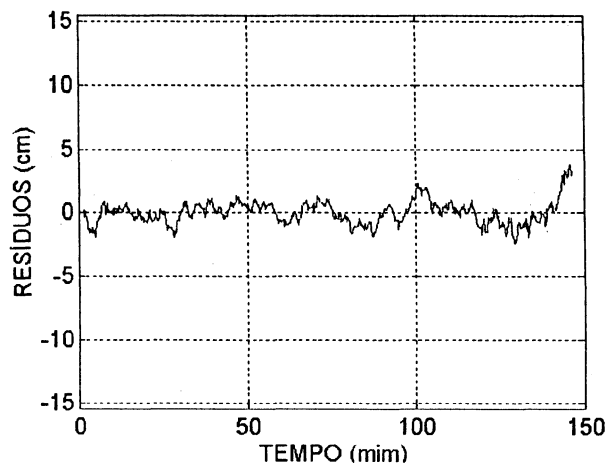


GRÁFICO I-04: DA DUPLA-DIFERENÇA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 09 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 304 DO ANO DE 1996

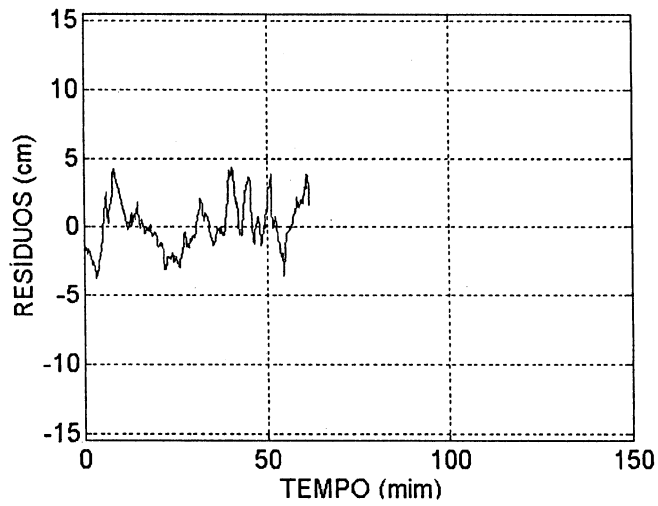


GRÁFICO I-05: DA DUPLA-DIFERENÇA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 09 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 304 DO ANO DE 1996

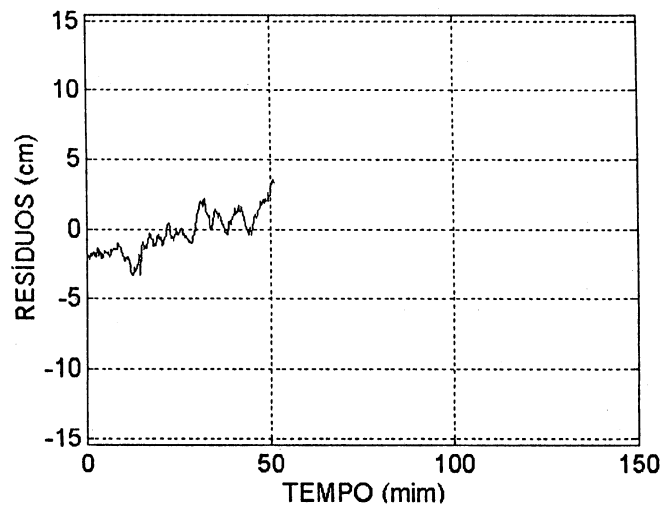


GRÁFICO I-06: DA DUPLA-DIFERENÇA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 09 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 304 DO ANO DE 1996

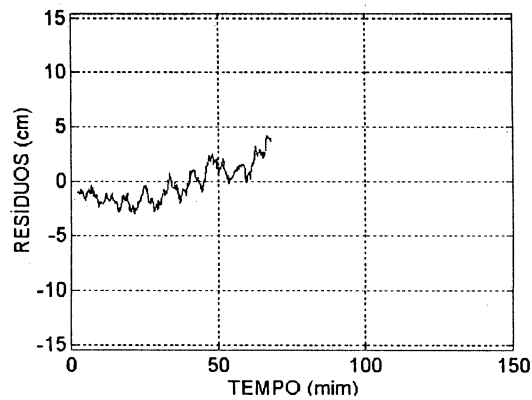


GRÁFICO I-07: DA DUPLA-DIFERÊNCIA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 10 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA A304 DO ANO DE 1996

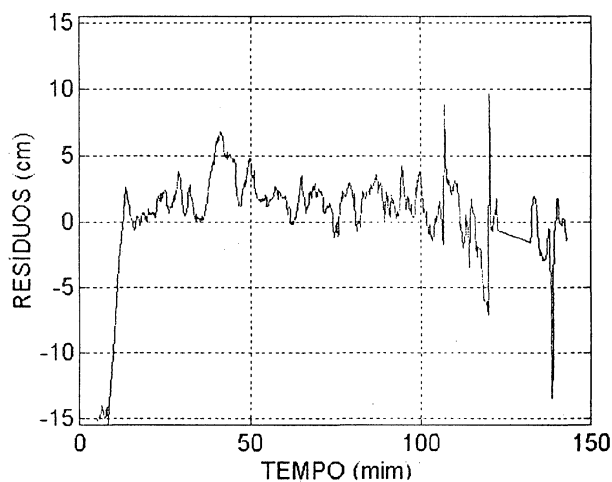


GRÁFICO I-08: DA DUPLA-DIFERÊNCIA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 10 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 304 DO ANO DE 1996

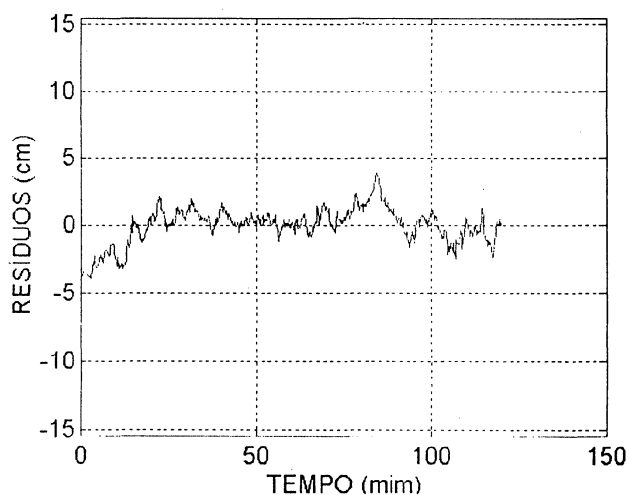


GRÁFICO I-09: DA DUPLA-DIFERÊNCIA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 10 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 304 DO ANO DE 1996

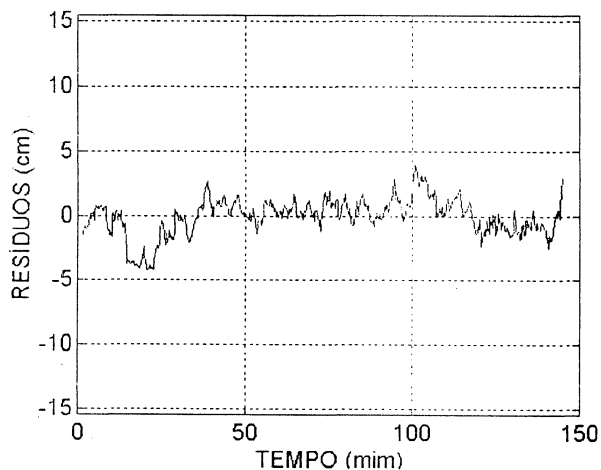


GRÁFICO I-10: DA DUPLA-DIFERENÇA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 17 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 304 DO ANO DE 1996

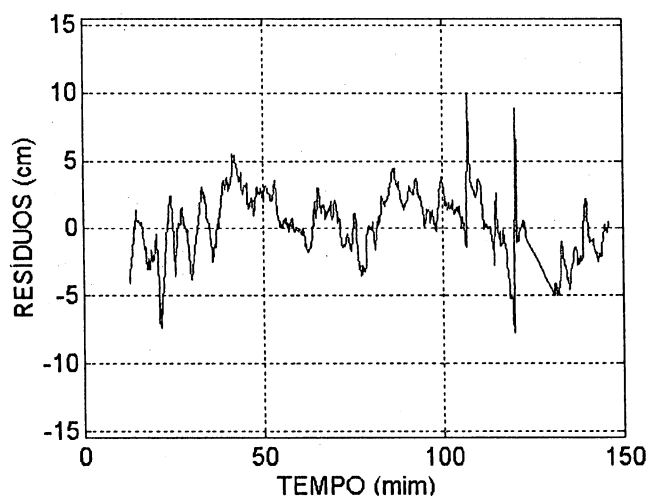


GRÁFICO I-11: DA DUPLA-DIFERENÇA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 17 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 304 DO ANO DE 1996

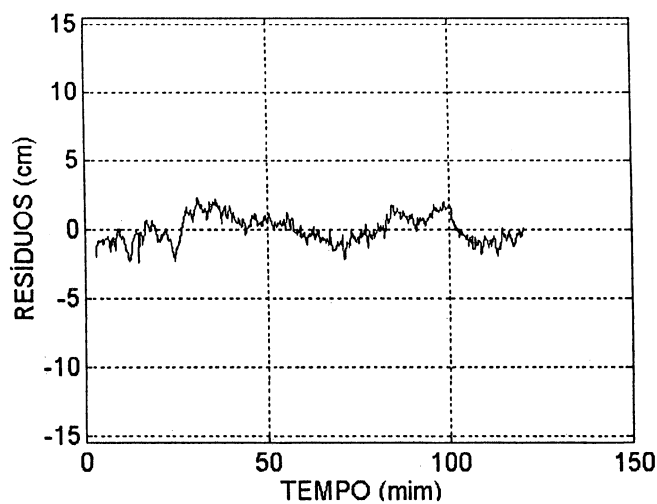


GRÁFICO I-12 DA DUPLA-DIFERENÇA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 17 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 304 DO ANO DE 1996

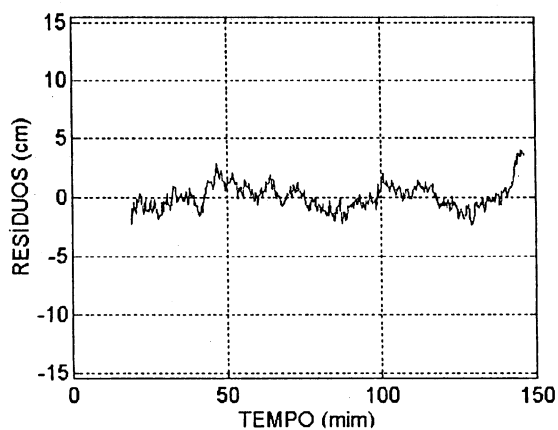


GRÁFICO I-13: DA DUPLA-DIFERENÇA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 24 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 304 DO ANO DE 1996

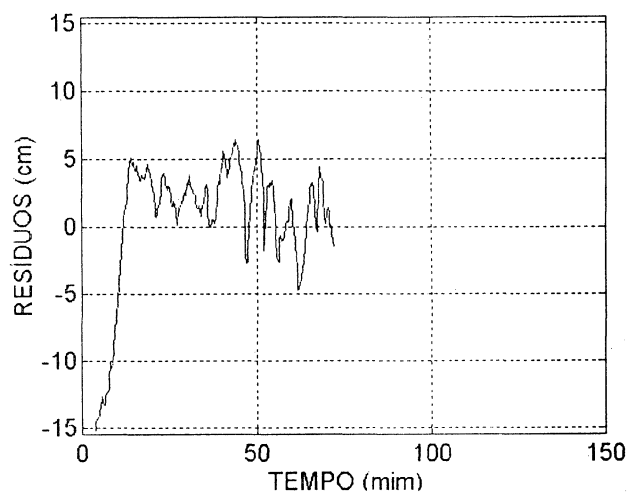


GRÁFICO I-14: DA DUPLA-DIFERENÇA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 24 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 304 DO ANO DE 1996

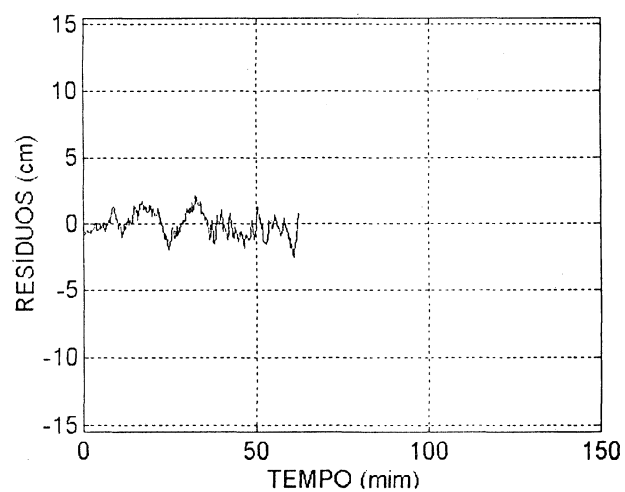


GRÁFICO I.15: DA DUPLA-DIFERENÇA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 24 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 304 DO ANO DE 1996

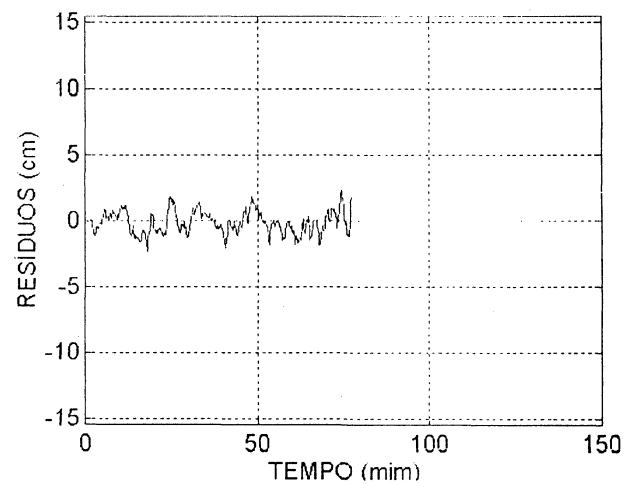


GRÁFICO I-16: DA DUPLA-DIFERENÇA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 25 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 304 DO ANO DE 1996

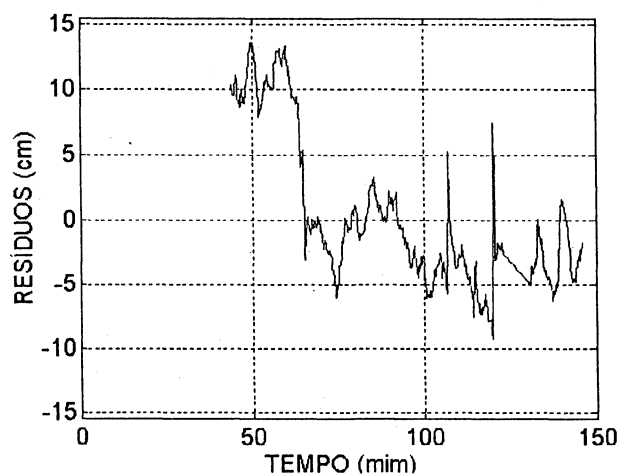


GRÁFICO I-17: DA DUPLA-DIFERENÇA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 25 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 304 DO ANO DE 1996

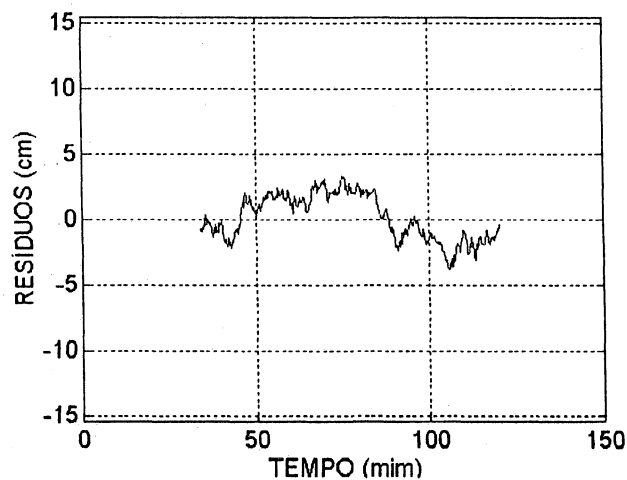


GRÁFICO I-18: DA DUPLA-DIFERENÇA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 25 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 304 DO ANO DE 1996

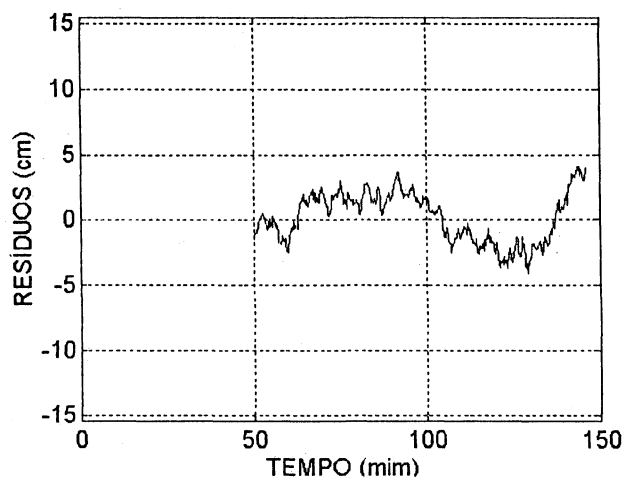


GRÁFICO I-19: DA DUPLA-DIFERÊNCIA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 30 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 304 DO ANO DE 1996

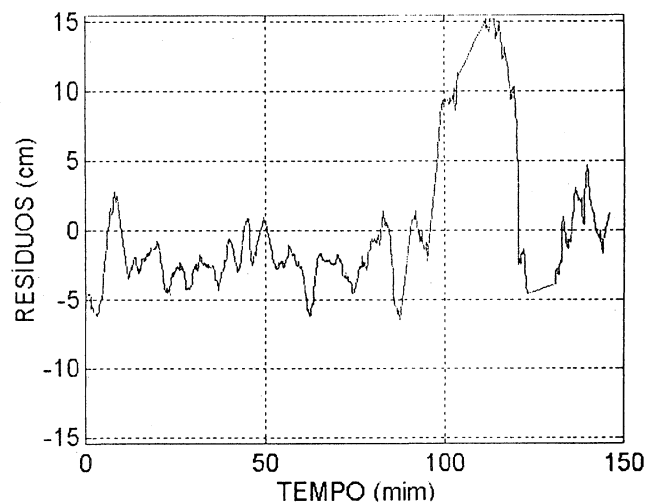


GRÁFICO I-20: DA DUPLA-DIFERÊNCIA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN30 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 304 DO ANO DE 1996

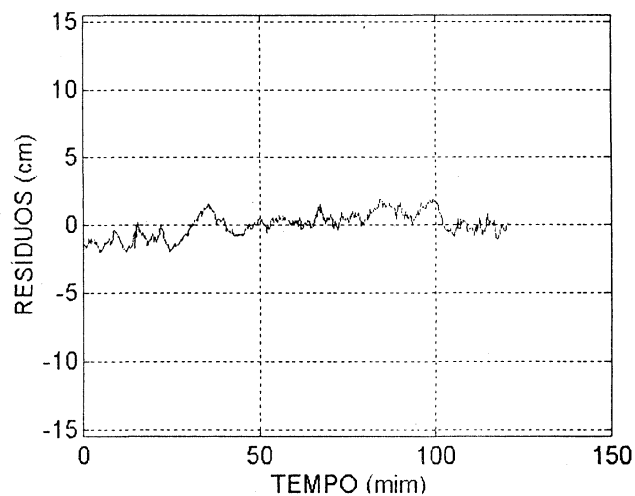


GRÁFICO I-21: DA DUPLA-DIFERÊNCIA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 30 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 304 DO ANO DE 1996

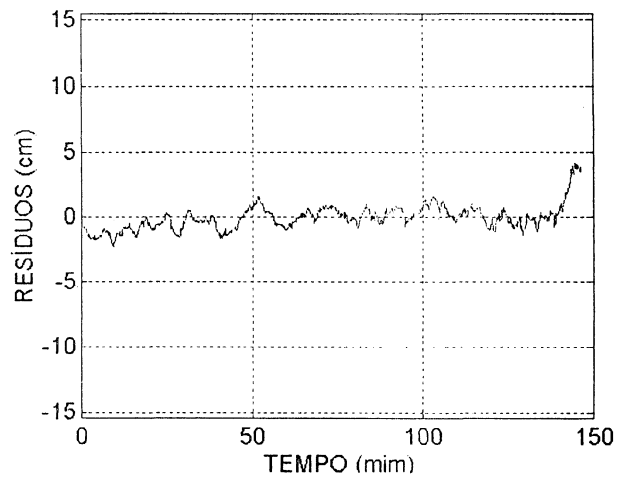


GRÁFICO 1-22: DA DUPLA-DIFERÊNCIA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 06 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 304 DO ANO DE 1996

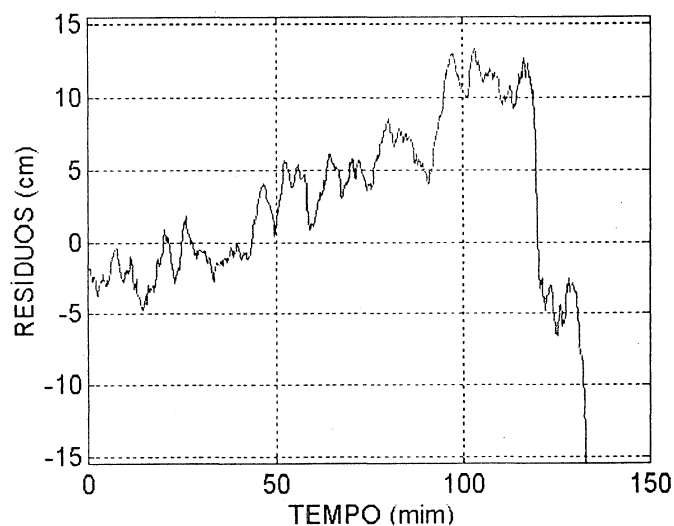


GRÁFICO 1-23: DA DUPLA-DIFERÊNCIA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 06 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 305 DO ANO DE 1996

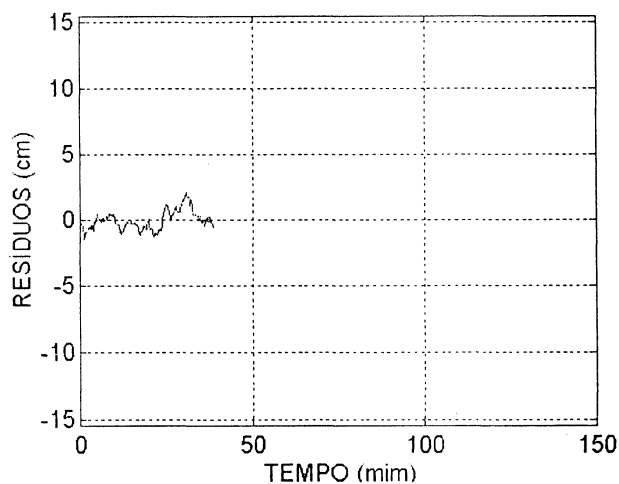


GRÁFICO 1-24: DA DUPLA-DIFERÊNCIA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 06 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 305 DO ANO DE 1996

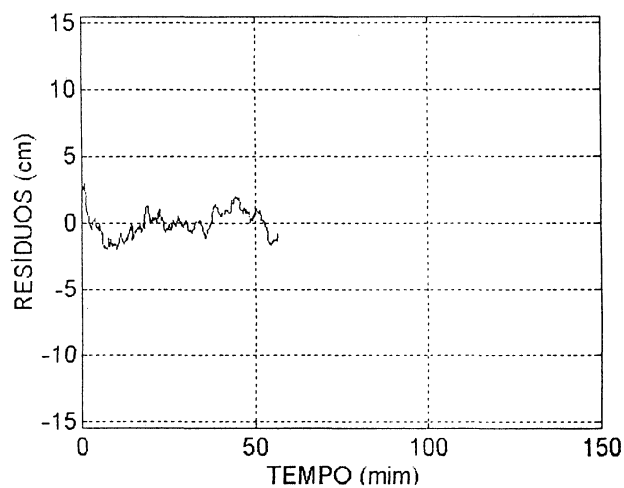


GRÁFICO I-25: DA DUPLA-DIFERÊNCIA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 09 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 305 DO ANO DE 1996

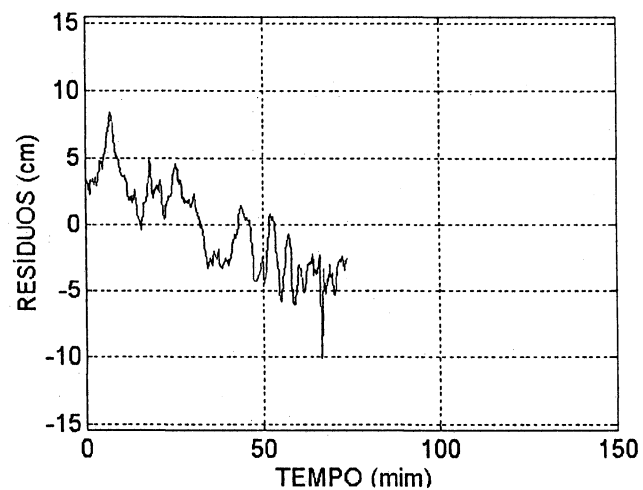


GRÁFICO I-26: DA DUPLA-DIFERÊNCIA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 09 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 305 DO ANO DE 1996

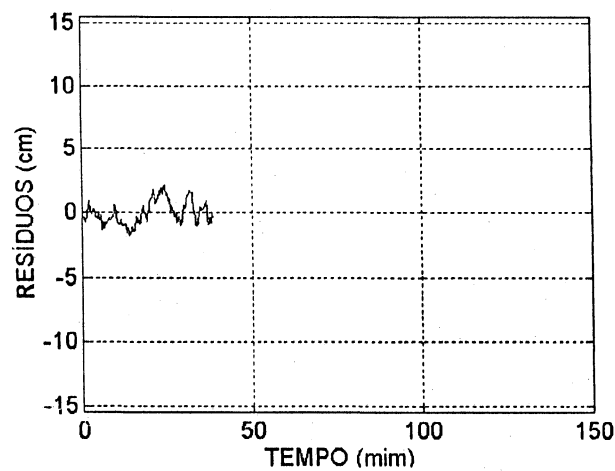


GRÁFICO I-27: DA DUPLA-DIFERÊNCIA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 09 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 305 DO ANO DE 1996

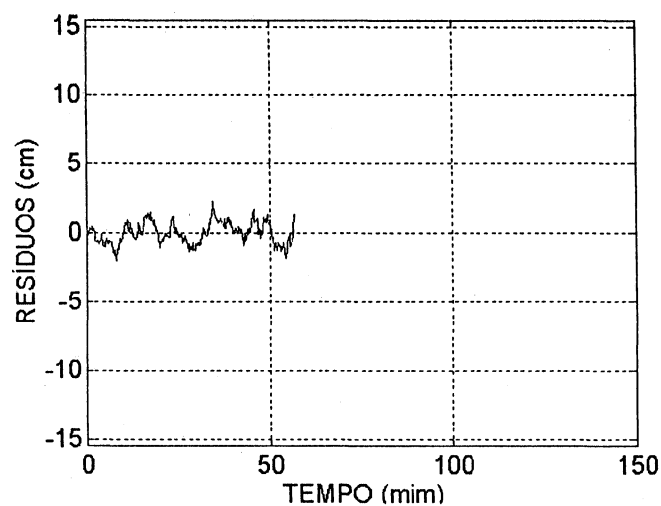


GRÁFICO I-31: DA DUPLA-DIFERÊNCIA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 17 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 305 DO ANO DE 1996

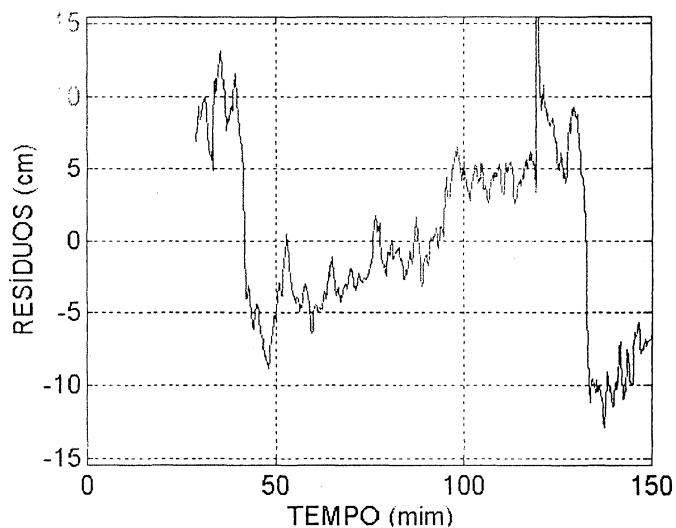


GRÁFICO I-32: DA DUPLA-DIFERÊNCIA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 17 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 305 DO ANO DE 1996

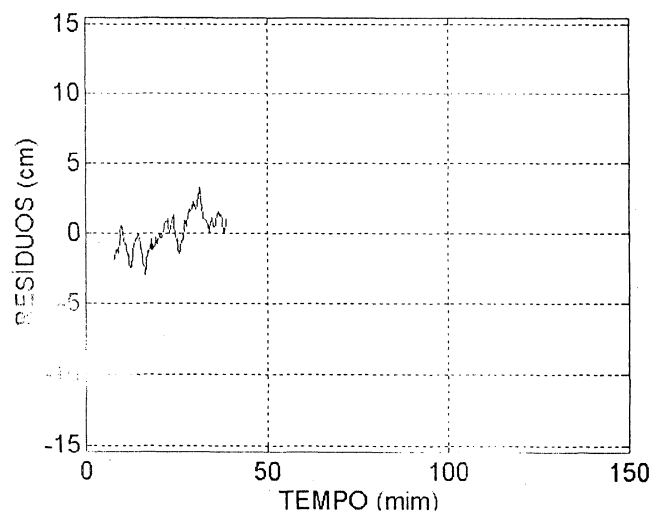


GRÁFICO I-33: DA DUPLA-DIFERÊNCIA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 17 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 305 DO ANO DE 1996

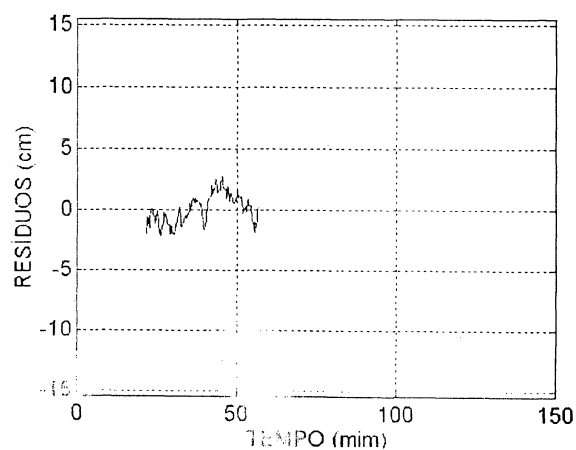


GRÁFICO I-34: DA DUPLA-DIFERENÇA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 24 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 305 DO ANO DE 1996

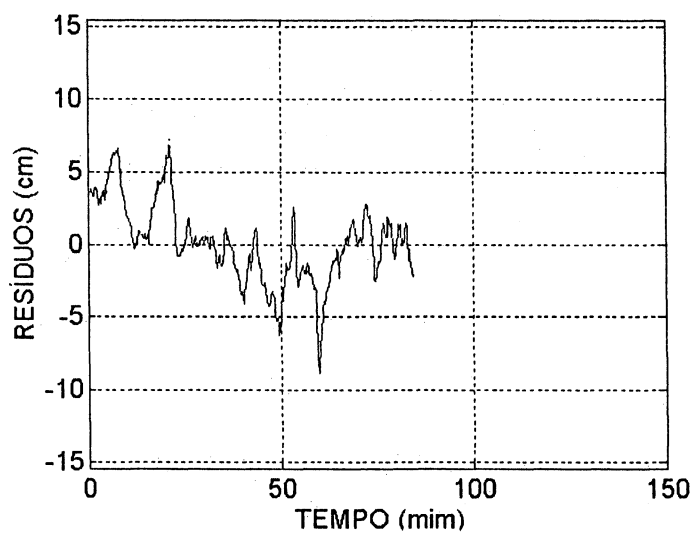


GRÁFICO I-35: DA DUPLA-DIFERENÇA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 24 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 305 DO ANO DE 1996

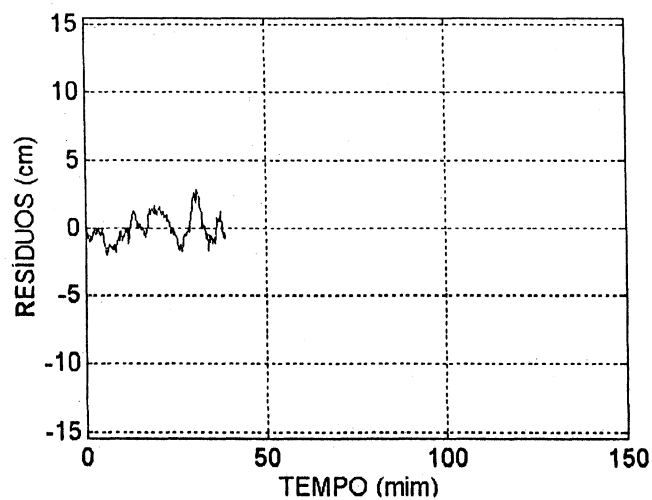


GRÁFICO I-36: DA DUPLA-DIFERENÇA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 24 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 305 DO ANO DE 1996

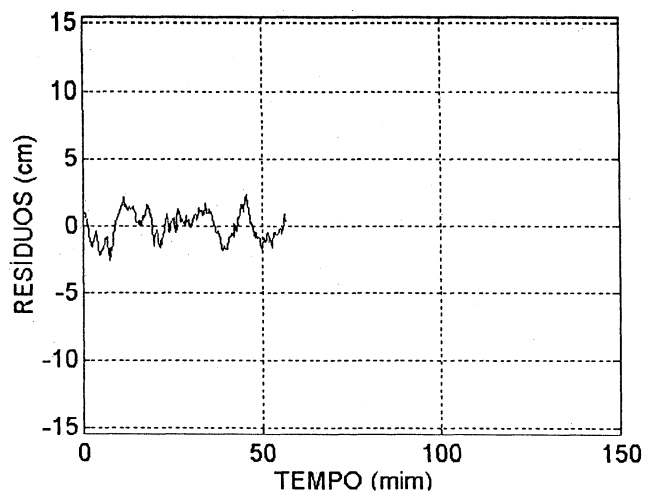


GRÁFICO I-37: DA DUPLA-DIFERÊNCIA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 25 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 305 DO ANO DE 1996

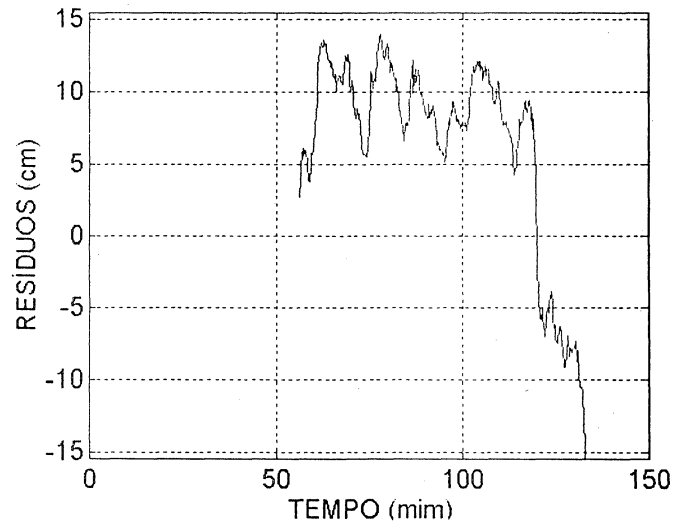


GRÁFICO I-38: DA DUPLA-DIFERÊNCIA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 25 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 305 DO ANO DE 1996

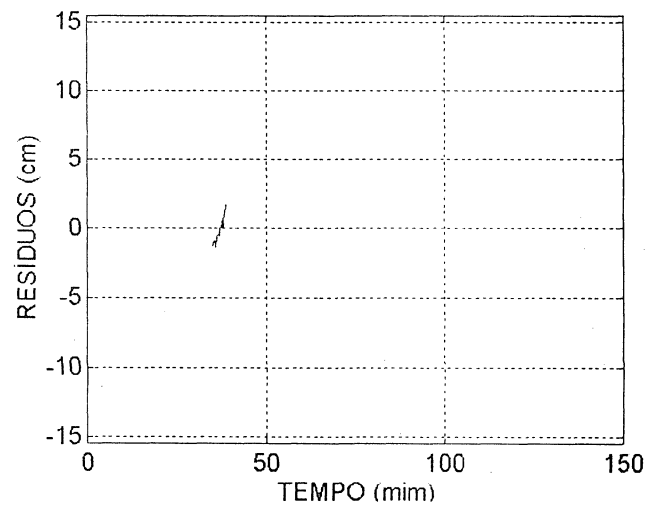


GRÁFICO I-39: DA DUPLA-DIFERÊNCIA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 25 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 305 DO ANO DE 1996

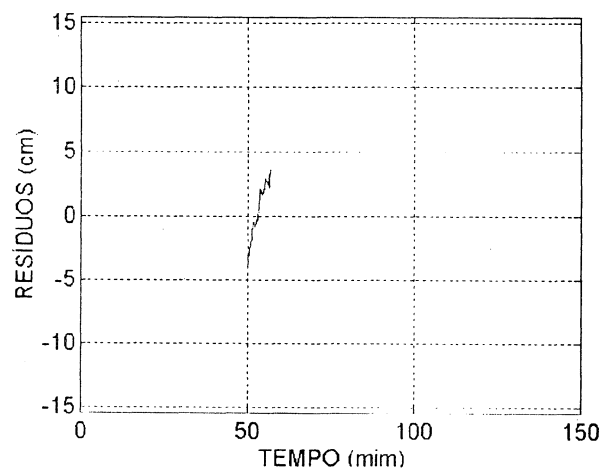


GRÁFICO I-40: DA DUPLA-DIFERENÇA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 30 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 305 DO ANO DE 1996

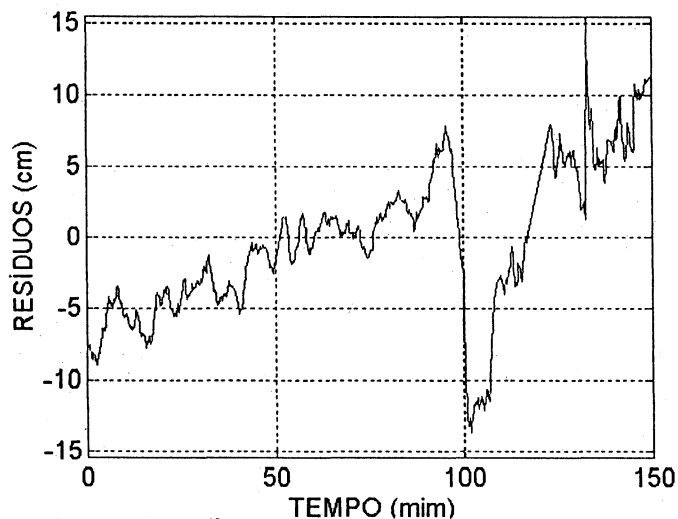


GRÁFICO I-41: DA DUPLA-DIFERENÇA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 30 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 305 DO ANO DE 1996

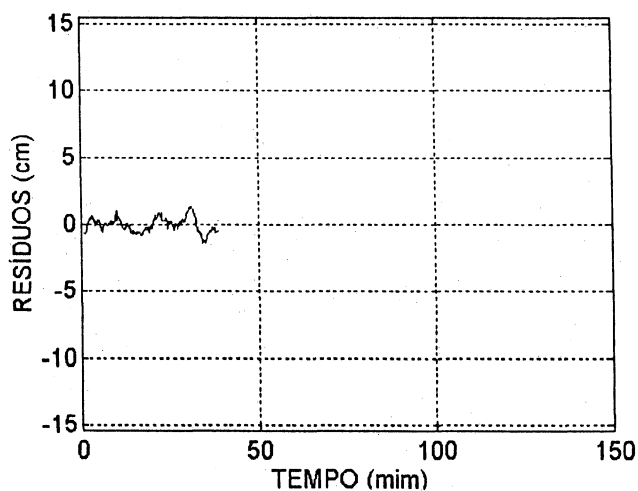


GRÁFICO I-42: DA DUPLA-DIFERENÇA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 30 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 305 DO ANO DE 1996

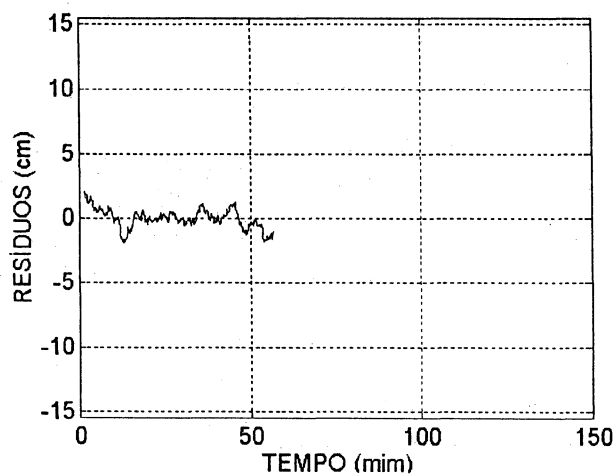


GRÁFICO I-43: DA DUPLA-DIFERÊNCIA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 06 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 305 DO ANO DE 1996

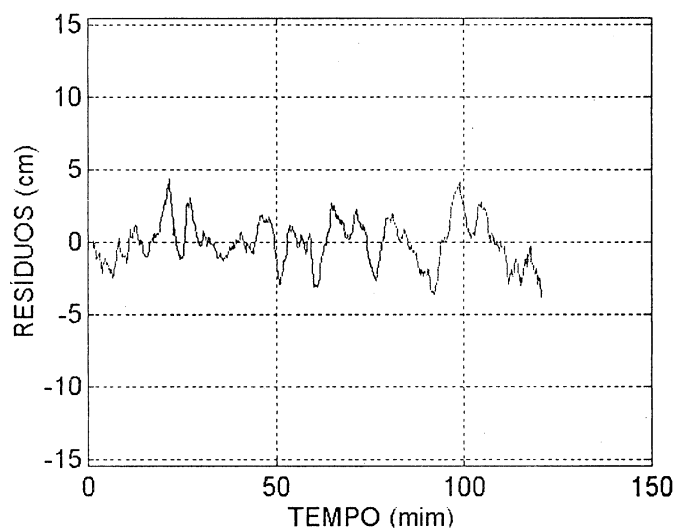


GRÁFICO I-44: DA DUPLA-DIFERÊNCIA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 06 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 305 DO ANO DE 1996

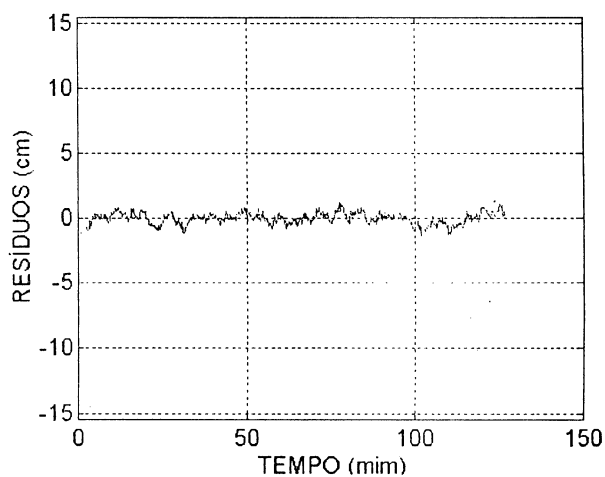


GRÁFICO I-45: DA DUPLA-DIFERÊNCIA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 06 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 305 DO ANO DE 1996

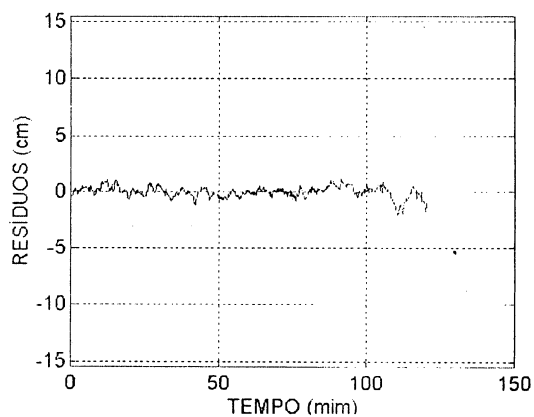


GRÁFICO I-46: DA DUPLA-DIFERÊNCIA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 09 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 305 DO ANO DE 1996

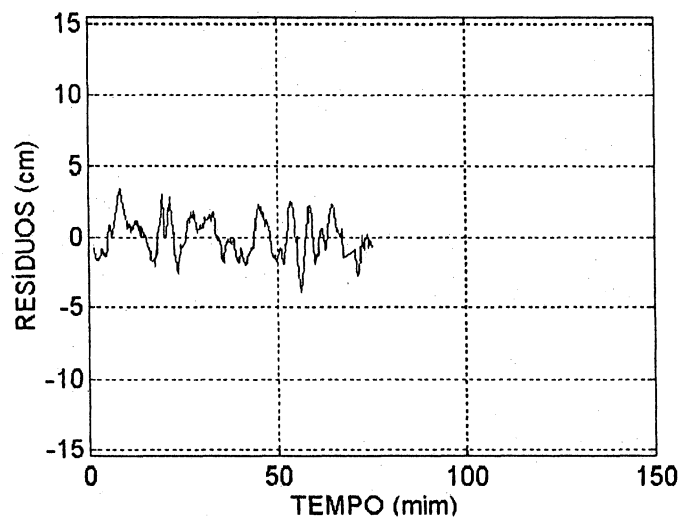


GRÁFICO I-47: DA DUPLA-DIFERÊNCIA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 09 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 305 DO ANO DE 1996

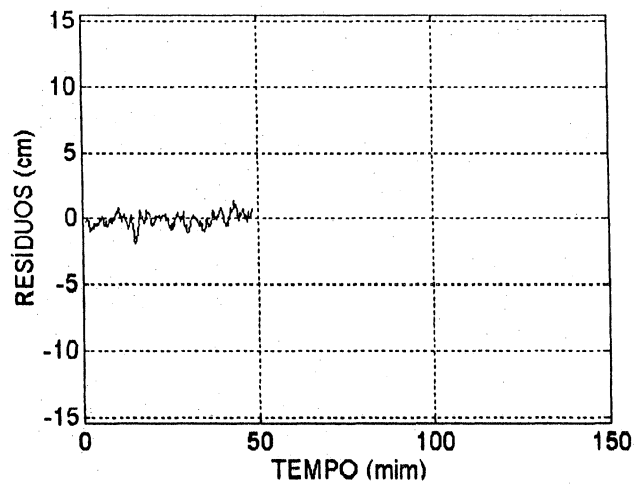


GRÁFICO I-48: DA DUPLA-DIFERÊNCIA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 09 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 305 DO ANO DE 1996

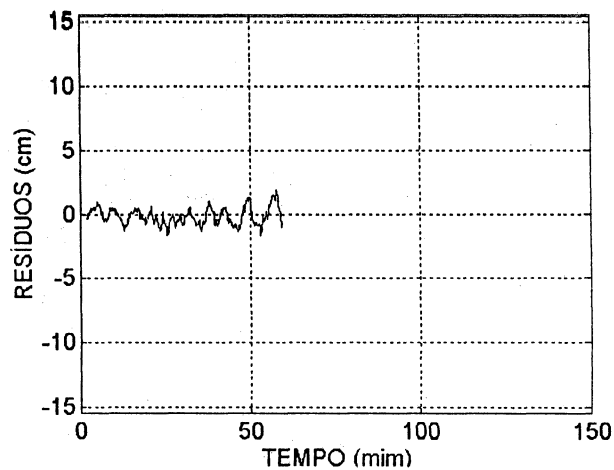


GRÁFICO I-49: DA DUPLA-DIFERÊNCIA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 10 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 305 DO ANO DE 1996

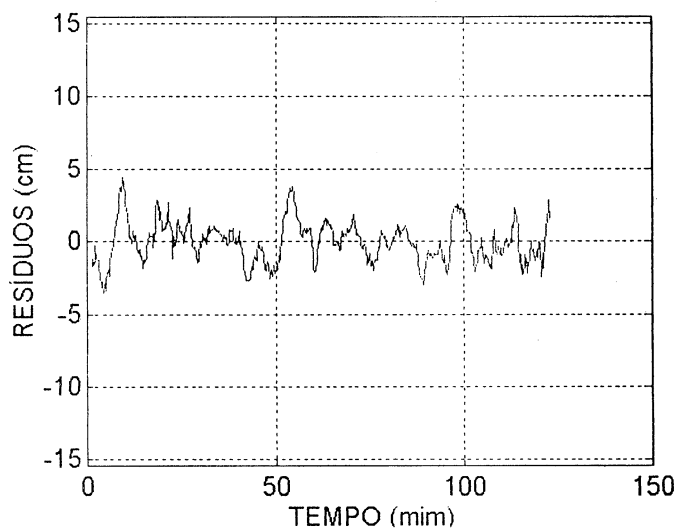


GRÁFICO I-50: DA DUPLA-DIFERÊNCIA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 10 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 305 DO ANO DE 1996

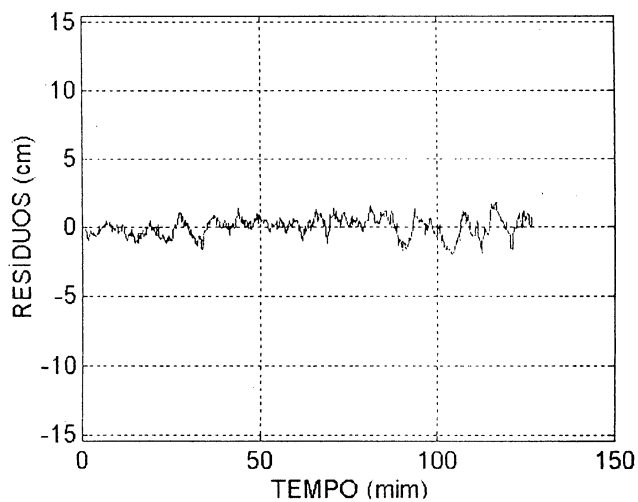
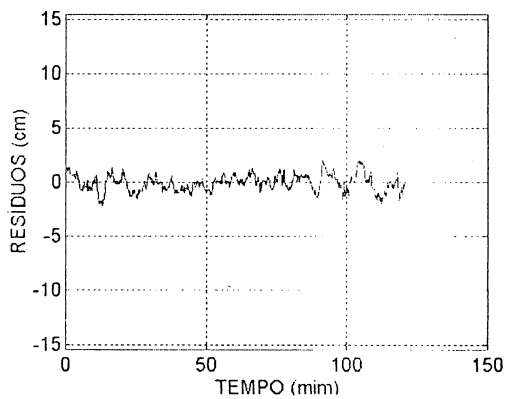


GRÁFICO I-51: DA DUPLA-DIFERÊNCIA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 10 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 305 DO ANO DE 1996



G

GRÁFICO I-52: DA DUPLA-DIFERÊNCIA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 17 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 305 DO ANO DE 1996

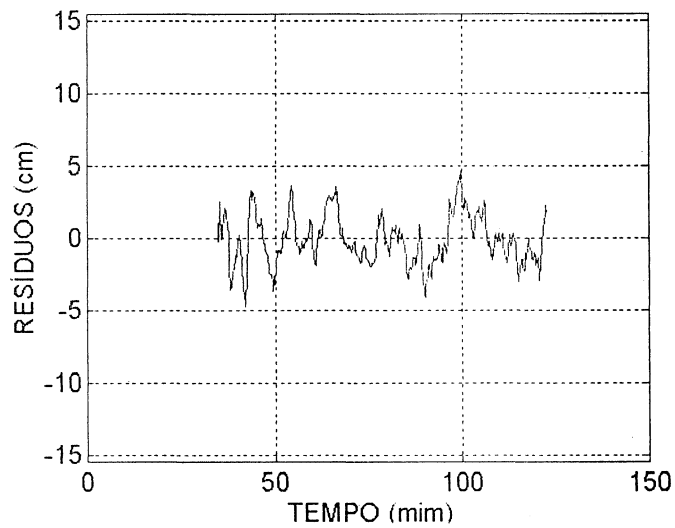


GRÁFICO I-53: DA DUPLA-DIFERÊNCIA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 17 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 305 DO ANO DE 1996

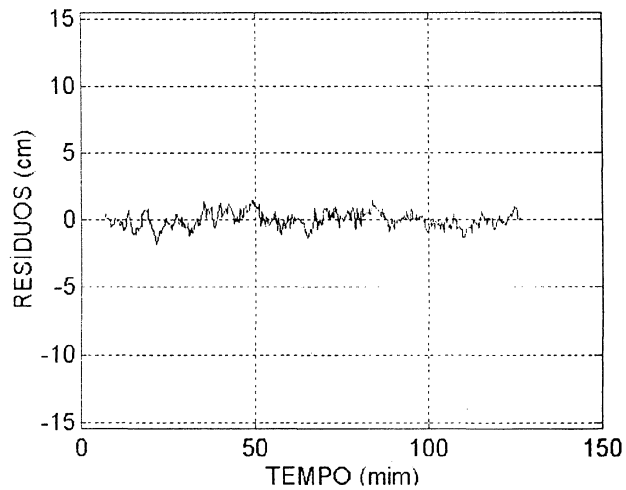


GRÁFICO I-54: DA DUPLA-DIFERÊNCIA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 17 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 305 DO ANO DE 1996

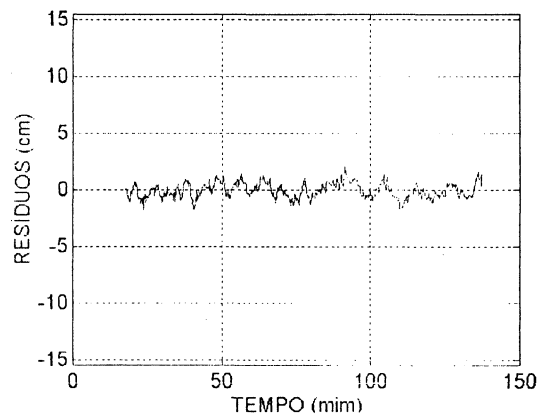


GRÁFICO 1-55: DA DUPLA-DIFERENÇA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 24 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 305 DO ANO DE 1996

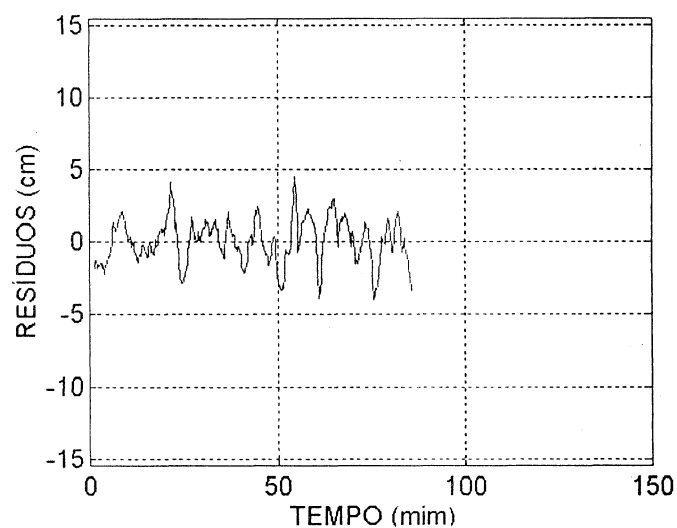


GRÁFICO 1-56: DA DUPLA-DIFERENÇA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 24 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 305 DO ANO DE 1996

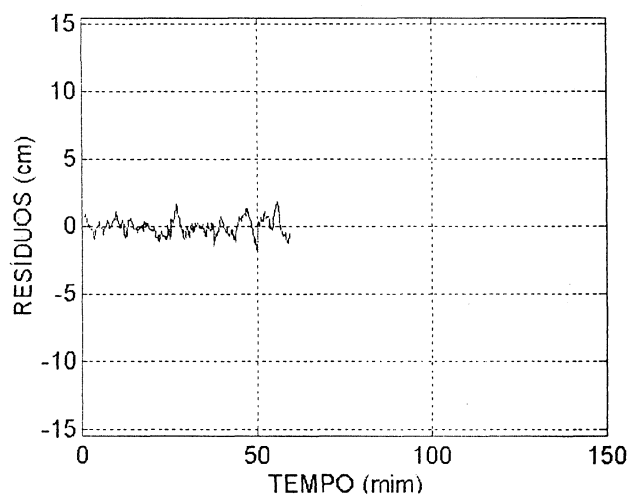


GRÁFICO 1-57: DA DUPLA-DIFERENÇA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 24 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 305 DO ANO DE 1996

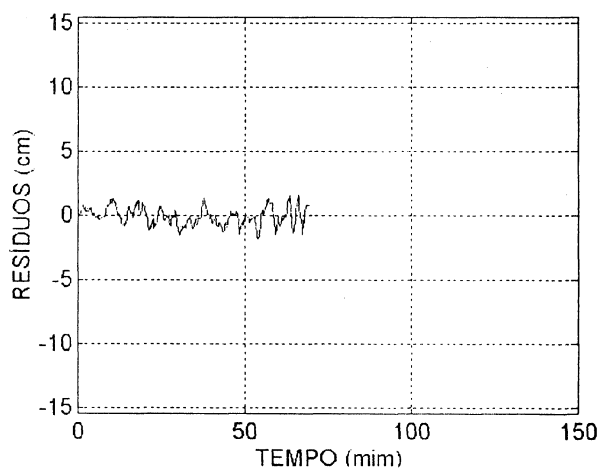


GRÁFICO 1-58: DA DUPLA-DIFERÊNCIA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 25 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 305 DO ANO DE 1996

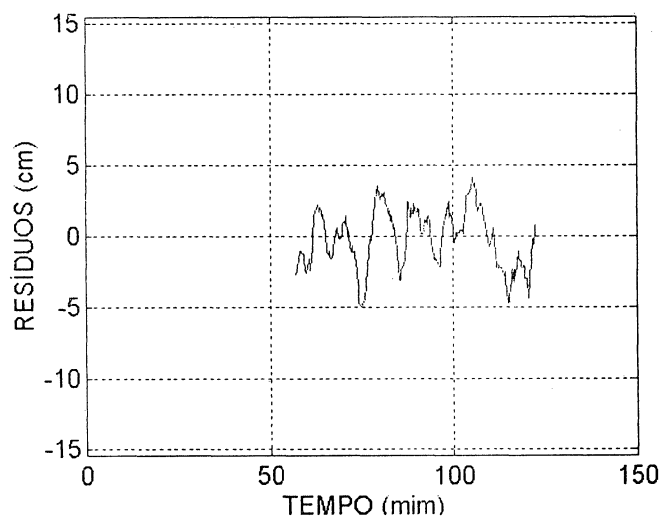


GRÁFICO 1-59: DA DUPLA-DIFERÊNCIA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 25 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 305 DO ANO DE 1996

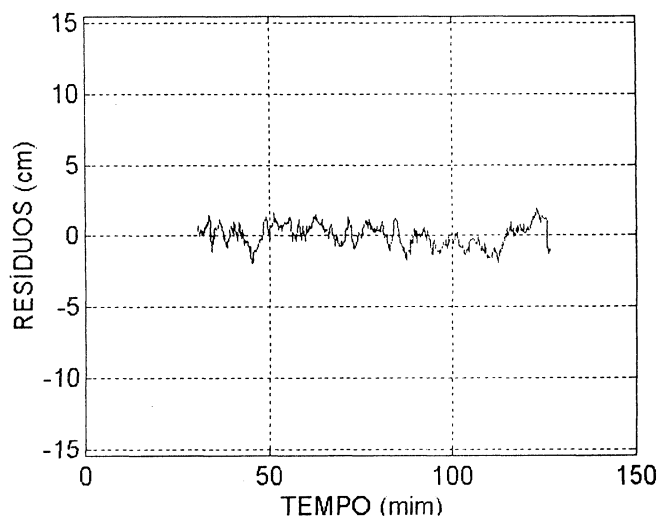


GRÁFICO 1-60: DA DUPLA-DIFERÊNCIA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 25 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 305 DO ANO DE 1996

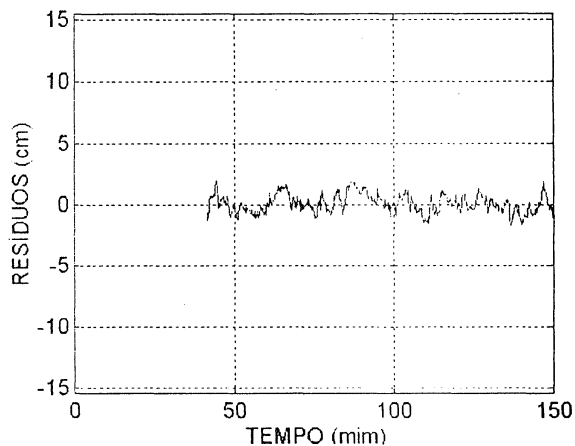


GRÁFICO I-61: DA DUPLA-DIFERÊNCIA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 30 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 305 DO ANO DE 1996

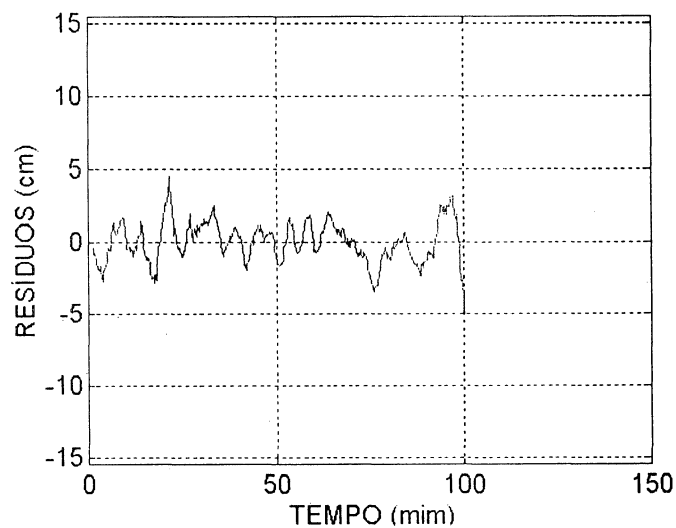


GRÁFICO I-62: DA DUPLA-DIFERÊNCIA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 30 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 305 DO ANO DE 1996

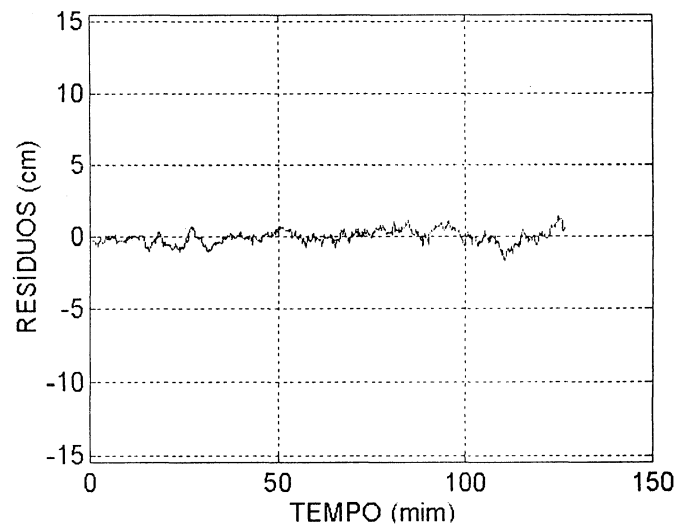
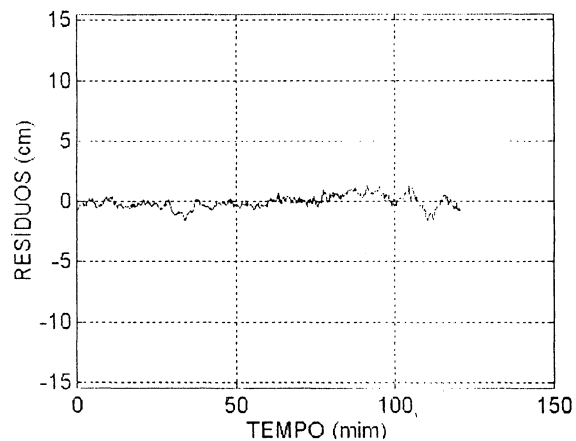


GRÁFICO I-63: DA DUPLA-DIFERÊNCIA DE FASE DA PORTADORA L1 PARA O SATÉLITE PRN 30 COM RELAÇÃO AO SATÉLITE PRN 05, NO DIA 305 DO ANO DE 1996



A NEXO III

Gemael [1994] define ajustamento paramétrico com introdução de novas observações como sendo:

Considere as observações da primeira seção:

$$\begin{aligned} L_1^a &= F_1(X^a), & A_1X + L_1 &= V_1, \\ A_1^T P_1 A_1 X + A_1^T P_1 L_1 &= 0. \end{aligned} \quad (\text{III.1})$$

Sendo:

A: Matriz dos coeficientes; P: Matriz dos Pesos; X: Vetor das correções;
L: Vetor das observações; V: Vetor dos resíduos. σ_0^2 : Variância *a priori*

Σ_{x^a} : Matriz Variância-Covariância dos valores observados ajustados

Admita agora, numa segunda etapa, as observações da segunda seção:

$$\begin{aligned} L_2^a &= F_2(X^a), & A_2X + L_2 &= V_2, \\ A_2^T P_2 A_2 X + A_2^T P_2 L_2 &= 0. \end{aligned} \quad (\text{III.2})$$

e que

$$P = \begin{bmatrix} P_1 & 0 \\ 0 & P_2 \end{bmatrix},$$

isto é, que não exista correlação entre os dois conjuntos de observações. As duas matrizes P_1 e P_2 devem ser calculadas com o mesmo σ_0^2 .

Pode-se obter uma solução geral admitindo que as equações normais (III.1) e (III.2) formam um sistema simultâneo com a mesma incógnita X :

$$X = -(A_1^T P_1 A_1 + A_2^T P_2 A_2)^{-1} (A_1^T P_1 L_1 + A_2^T P_2 L_2); \quad (\text{III.3})$$

ou de maneira mais concisa:

$$X = -(N_1 + N_2)^{-1} (U_1 + U_2); \quad (\text{III.4})$$

$$X^a = X_0 + X, \quad (\text{III.5})$$

$$\sum_{X^a} = \sigma_0^2 (N_1 + N_2)^{-1}. \quad (\text{III.6})$$

Porém será conveniente, em alguns problemas, utilizar o valor de X_1 da primeira fase e adicionar a influência das novas observações (ΔX):

$$X = X_1 + \Delta X, \quad (\text{III.7})$$

$$X^a = X_0 + X, \quad (\text{III.8})$$

o que constitui uma forma de ajustamento sequencial (caso do FILLNET).

A função de Lagrange a ser minimizada assume a forma:

$$\phi = V_1^T P_1 V_1 + V_2^T P_2 V_2 - 2k_1^T (A_1 X + L_1 - V_1) - 2k_2^T (A_2 X + L_2 - V_2) = \text{mim}, \quad (\text{III.9})$$

sendo :

k = operador de Lagrange

Da anulação das derivadas parciais em relação a V_1 , V_2 , X , k_1 e k_2 resultam as equações normais:

$$P_1 V_1 + k_1 = 0, \quad (\text{III.10})$$

$$P_2 V_2 + k_2 = 0, \quad (\text{III.11})$$

$$A_1^T k_1 + A_2^T k_2 = 0, \quad (\text{III.12})$$

$$A_1 X + L_1 - V_1 = 0, \quad (\text{III.13})$$

$$A_2 X + L_2 - V_2 = 0. \quad (\text{III.14})$$

Introduzindo os valores de V_1 e V_2 extraídas da III.10 e III.11:

$$V_1 = -P_1^{-1} k_1, \quad (\text{III.15})$$

$$V_2 = -P_2^{-1} k_2, \quad (\text{III.16})$$

respectivamente nas III.10 e III.11, resulta:

$$A_1 X + L_1 + P_1^{-1} k_1 = 0, \quad (\text{III.17})$$

$$A_2 X + L_2 + P_2^{-1} k_2 = 0. \quad (\text{III.18})$$

Da III.17:

$$k_1 = -P_1 A_1 X - P_1 L_1; \quad (III.19)$$

valor que introduzido na III.12 produz:

$$A_1^T P_1 A_1 X + A_1^T P_1 L_1 - A_2^T k_2 = 0. \quad (III.20)$$

Isolando X:

$$X = -(A_1^T P_1 A_1)^{-1} A_1^T P_1 L_1 + (A_1^T P_1 A_1)^{-1} A_2^T k_2, \quad (III.21)$$

$$X = X_1 + (A_1^T P_1 A_1)^{-1} A_2^T k_2, \quad (III.22)$$

$$X = X_1 + N_1^{-1} A_2^T k_2. \quad (III.23)$$

Ou

$$X = X_1 + \Delta X, \quad (III.24)$$

com

$$\Delta X = N_1^{-1} A_2^T k_2, \quad (III.25)$$

combinando a (III.18) com a (III.22) obtem-se:

$$k_2 = -(A_2 N_1^{-1} A_2^T + P_2^{-1})^{-1} (A_2 X_1 + L_2), \quad (III.26)$$

finalmente : $X^a = X^o + X.$ (III.27)

Maiores detalhes consultar Gemael [1994].

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- AALDRES, H.J.G.L. Land Information Systems: Data Theory: Technical University, Faculty Geodesy, Delft Netherlands. Enseland, 1991.
- ANANGA, N., R. Coleman, C. Rizos. Variance Covariance Estimation of GPS Net Works: Bulletin Géodésique, VOL.68, N° 02. 1993.
- ASHTECH. Ashtech Process User's Guide: Document Number 600188, Rev. B, Sunnyvale, CA. 1994.
- BEUTLER, G. Exemplary Processing of a 1989 GPS Campaign in the Swiss Alps: Sidlerstrasse 5, Astronomical Institute. University of Berne. Sidlerstrasse 5, Switzerland. 1989.
- BIN Y., G. Chai. Improving Cadastral Survey Controls Using GPS Surveying in Singapore: Nanyang Technological University Republic of Singapore, Survey Review, Vol. 33, N°261, jul., 1996.
- COPEL. Norma Técnica 861-005 - Mapeamento Urbano e Rural:, Curitiba, 1995
- DERENYI, Eugene E. Fotogrammetry the Concepts: Departament of Surveying Engineering. University of New Brunswick. Frederiction, 1990.
- FORTES, L.P.S. Implantação da RBMC - Estágio Atual: Anais do XVII Congresso Brasileiro de Cartografia, VOL. “ Astronomia, Geodésia e Topografia”, Salvador, 1995.
- GEMAEL, Camil. Introdução ao Ajustamento: Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.
- GILLONE, A. Ramon. A Buenos Aires Survey: GISWORLD, Applications Contest. Agust., 1996.

- IAP. Rede GPS de Alta Precisão do Estado Paraná: Secretaria de Estado do Meio Ambiente - SEMA, Coordenadoria de Terras, Cartografia e Cadastro Técnico Rural., Curitiba. 1995.
- IBGE. Especificações e Normas Técnicas Gerais para Levantamentos GPS: Departamento de Geodésia, Diretoria de Geociências, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística., 1995.
- LUGNANI, João Bosco. Introdução à Fototriangulação: Universidade Federal do Paraná., Curitiba, 1987.
- MARQUES, Ary Luis et al. Utilização de Receptores GPS para o Cadastro de Redes de Distribuição de Energia Elétrica Urbana e Rural: Companhia Paranaense de Energia - COPEL, II GIS BRASIL, Módulo Concessionária - 167, Curitiba, 1996.
- MARQUES, Ary Luis: Comunicação Pessoal: _ Eng. Cartógrafo - COPEL, 1996
- McARTHUR,D.J., D. Hutchison, K. Doucet: Planning a Differential GPS Campaign. Systems Development Section: Geodetic Survey of Canadá Surveys & Mapping Branch. Ottawa, Ontário. 1992.
- MERMINOD, B., C. Rizos. Optimisation of Rapid Static GPS Surveys: Manuscripta Geodaetica. VOL.04, N° 4. 1994.
- MUNIZ, Daniel et al. Implantação do Cadastro Técnico Multifinalitário em uma Rede Teste: II COBRAC, II-13, 1996.
- ORLANDO, P. Comunicação Pessoal: Técnico de Cadastro - COPEL, 1996.
- SANTOS, Marcelo Carvalho dos. Analysis of Erros in GPS Orbit Determination: Department of Geodesy and Geomatics Engineering. University of New Bruswck. Frederiction, Nb., Canadá, 1994.

- SANTOS, Marcelo Carvalho dos. Real-Time Orbit Improvement: Department of Geodesy and Geomatics Engineering Technical Report N° 178 (Ph.D. Thesis), University of New Brunswick. Fredericton, Nb., Canadá, 1994.
- SILVA, F., L. Oliveira. Estudo Sistemático das Transformações Geométricas: Seminário Do Curso de Doutorado da Universidade de São Paulo. Escola Politécnica- PTR, São Paulo. 1995.
- SILVA, Tarcísio Ferreira. Um Conceito de Cadastro Metropolitano: Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1979.
- SIRGAS. Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul: Boletim Informativo N°03, IAG/IPGH/DMA, 1995.
- SLONECKER, T., B. Groskinsky: GPS Applications in the U.S. Environmental Protection Agency: Surveying and Land Information Systems, VOL.53, N° 2, 1993.
- SNAY A. Network Design Strategies Applicable to GPS Surveys Using Three or four Receivers: National Geodetic Survey, Charting and Geodetic Services, National Ocean Service, NOAA- Rockville, Maryland, 1986.
- SOMERS, R., Y. Singh: Developing an Accurate Database Using GPS. GIS Nord, Feb., 1992.