

JEFERSON MASSINHAN

**UTILIZAÇÃO DO GPS  
NO APOIO AO CONTROLE OPERACIONAL  
DE VEÍCULOS FERROVIÁRIOS**

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

Orientador: Prof. Dr. Milton de A. Campos

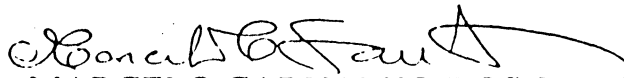
CURITIBA  
1996

# UTILIZAÇÃO DO GPS NO APOIO AO CONTROLE OPERACIONAL DE VEÍCULOS FERROVIÁRIOS

**POR**

**JEFERSON MASSINI**

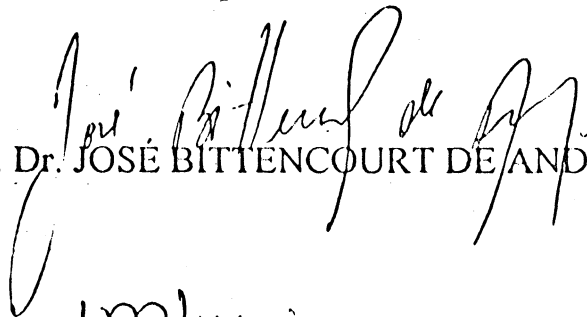
Dissertação aprovada como requisito parcial do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos professores:



Prof. Dr. MARCELO CARVALHO DOS SANTOS - Co-Orientador  
PRESIDENTE



Prof. Dr. MILTON DE AZEVEDO CAMPOS - Orientador



Prof. Dr. JOSÉ BITTENCOURT DE ANDRADE - Membro



Dr. LUIZ DANILLO DAMASCENO FERREIRA - Membro



Esta dissertação é dedicada à Prof.<sup>a</sup> Eulália Firak Massinhan, pela sua incessante busca do ensinamento aos jovens, e à minha esposa e filhos, que se demonstraram pacientes e compreensivos no decorrer deste trabalho.

## AGRADECIMENTOS

Várias pessoas contribuíram e apoiaram este trabalho de forma que os agradecimentos deverão ser feitos a muitas delas.

Primeiramente agradecemos à diretoria da Rede Ferroviária Federal S/A Superintendência Regional 5 que nos confiou esta oportunidade, particularmente aos Engenheiros Adalberto Alves de Souza, Clovis Evers Cassou, Miguel H. Guimarães e Marco A. A. Hasselmann os quais, acreditando nos avanços tecnológicos, apoiaram este trabalho.

Agradecemos ao Professor Dr. Milton de Azevedo Campos que muito além de nosso orientador, acima de idéias e sugestões, nos aconselhou e apoiou num constante incentivo a nossa pessoa no desenvolvimento desta dissertação.

Agradecimentos especiais ao Eng. Luiz Carlos de Oliveira (in memorium), pessoa que juntamente com nosso orientador não mediu esforços na concretização deste trabalho, nos envolvendo neste ideal.

À Professora Claudia Pereira Krueger que com sua dissertação de mestrado, *“POSICIONAMENTO CINEMÁTICO DE TRENS”*, nos balizou em nossas teorias.

Gostaria de agradecer ao estagiário Hilton Aron Masuko e ao Eng. Msc. Paulo de Oliveira Camargo, e também, especialmente, ao colega Eng. Fábio Campos Macedo, os quais estiveram envolvidos e sempre auxiliando nos levantamentos de campo.

Ao Eng. Msc. Júlio Menezes pelo apoio incessante dado às questões computacionais de linguagem C.

A todos os colegas engenheiros e funcionários da Rede Ferroviária Federal S.A. SR-5, que contribuíram no desenvolvimento deste trabalho.

Ao apoio dado pela Trimbase Com. Rep. e Prestação de Serv. Técnicos Ltda. não só no empréstimo de equipamentos, mas também nos esclarecimentos prestados pelo funcionário Eng. Alexandre Benevento e sua diretoria.

A todos os amigos e colegas que contribuíram direta ou indiretamente na elaboração desta dissertação.

## SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	V
LISTA DE FIGURAS .....	VII
LISTA DE TABELAS .....	VII
LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS .....	VIII
RESUMO .....	X
ABSTRACT .....	XI
<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....</b>	<b>01</b>
<b>CAPÍTULO 2 - FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....</b>	<b>04</b>
2.1 SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL (GPS) .....	04
2.1.1 GEOMETRIA DOS SATÉLITES .....	06
2.2 TÉCNICAS DE POSICIONAMENTO.....	09
2.2.1 INTRODUÇÃO .....	09
2.2.2 TÉCNICAS.....	09
2.2.2.1 O LEVANTAMENTO CINEMÁTICO.....	09
2.2.2.2 O GPS DIFERENCIAL .....	10
2.3 FORMATO DE TRANSMISSÃO DOS DADOS .....	11
2.3.1 INFORMAÇÕES DO ALMANAQUE .....	12
2.3.2 CONJUNTO DE DADOS DO SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL .....	13
2.3.3 GPS, DOP E ATIVIDADES DOS SATÉLITES .....	14
2.3.4 CONSTELAÇÃO DOS SATÉLITES GPS.....	14
2.3.5 ESPECIFICAÇÕES MÍNIMAS RECOMENDADAS DOS DADOS GPS/TRANSIT .....	15
2.3.6 TRAJETÓRIA E VELOCIDADE NA SUPERFÍCIE .....	16
2.3.7 LATITUDE E LONGITUDE DA POSIÇÃO .....	16
2.3.8 POSIÇÃO EM RELAÇÃO A UM DETERMINADO TEMPO.....	17
2.3.9 NÚMERO DOS SATÉLITES E RESPECTIVOS RUÍDOS.....	17
2.3.10 FORMATO AUTOPILOTO.....	17
2.3.11 MENSAGENS RTCM .....	18
2.3.12 “CROSS TRACK ERROR”.....	19
2.3.13 RUMO E DISTÂNCIA .....	19
2.3.14 ALMANAQUE .....	20
2.3.15 GATILHO DE PARTIDA, MENSAGENS E SAÍDA SERIAL .....	21

<b>CAPÍTULO 3 - O APOIO AO CONTROLE OPERACIONAL.....</b>	<b>22</b>
3.1 INTRODUÇÃO.....	22
3.2 O SISTEMA ATUAL.....	22
3.3 O SISTEMA PROPOSTO.....	23
<b>CAPÍTULO 4-CONTROLE OPERACIONAL NO TRECHO MODELO .</b>	<b>30</b>
4.1 INTRODUÇÃO.....	30
4.1.1 TRECHO MODELO.....	30
4.1.2 A ESTAÇÃO BASE.....	31
4.2 TRABALHOS DE CAMPO.....	31
4.2.1 LEVANTAMENTOS DE CAMPO (ALCANCE DE RÁDIO).....	32
4.2.1.1 1º LEVANTAMENTO.....	32
4.2.1.2 2º LEVANTAMENTO.....	35
4.2.1.3 3º LEVANTAMENTO.....	36
4.2.2 LEVANTAMENTO DE CAMPO (CADASTRAMENTO).....	39
4.2.2.1 LEVANTAMENTO CINEMÁTICO.....	39
4.2.3 LEVANTAMENTO DE CAMPO (NAVEGAÇÃO CONTROLADA).....	41
4.2.3.1 NAVEGAÇÃO.....	41
4.3 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.....	44
4.3.1 RECEPTORES GARMIN 40 E GARMIN 45.....	44
4.3.2 RECEPTOR TRIMBLE SST.....	47
4.3.3 RECEPTOR ASHTECH Z 12.....	47
4.3.4 SISTEMA DE COMUNICAÇÃO.....	48
4.3.5 COMPUTADORES E ACESSÓRIOS.....	50
4.3.5.1 "NOTEBOOK".....	50
4.3.5.2 MICROCOMPUTADOR PC 486.....	51
4.4 PROGRAMAS UTILIZADOS.....	52
4.4.1 PC100S2.....	52
4.4.2 GEONAP.....	52
4.4.3 PRISM.....	52
4.4.4 LOCALIZA.....	53
4.5 NAVEGAÇÃO CONTROLADA NA RFFSA / SR.5.....	57
4.5.1 CUSTO DOS EQUIPAMENTOS.....	57
<b>CAPÍTULO 5-PROCESSAMENTO E ANÁLISE DOS RESULTADOS....</b>	<b>60</b>
5.1 INTRODUÇÃO.....	60
5.2 QUANTO AOS SINAIS DE RÁDIO UHF.....	60
5.3 CADASTRO DO TRECHO MODELO.....	63
5.4 NAVEGAÇÃO CONTROLADA.....	65
<b>CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>68</b>
ANEXO 1 - TRABALHOS DE CAMPO.....	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93

## LISTA DE FIGURAS

1	PLANEJAMENTO E REPOSIÇÃO DE SATÉLITES GPS.....	05
2	GEOMETRIA DOS SATÉLITES OBSERVADOS.....	08
3	SISTEMA DGPS.....	11
4	SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL 5.....	24
5	PRIORIDADES DE IMPLANTAÇÃO.....	28
6	TRECHO MODELO - CURITIBA / RIO BRANCO DO SUL.....	30
7	ESTAÇÃO BASE (ETS) - TORRE 01.....	33
8	ESTAÇÃO MÓVEL FERROVIÁRIA - VISTA EXTERNA.....	34
9	ESTAÇÃO MÓVEL FERROVIÁRIA - VISTA INTERNA.....	34
10	ESTAÇÃO BASE (UFPr).....	35
11	ESTAÇÃO MÓVEL RODOVIÁRIA.....	36
12	PÁTIO FERROVIÁRIO DE ALMIRANTE TAMANDARÉ.....	37
13	ESTAÇÃO BASE (ETS) - TORRE 02.....	38
14	ESTAÇÃO REPETIDORA (PÁTIO DE ALMIRANTE TAMANDARÉ).....	39
15	ESTAÇÃO MÓVEL FERROVIÁRIA- LEVANTAMENTO CINEMÁTICO.....	40
16	ESTAÇÃO MÓVEL FERROVIÁRIA - VISTA EXTERNA.....	42
17	ESTAÇÃO MÓVEL FERROVIÁRIA - VISTA INTERNA.....	43
18	POSICIONAMENTO EM TEMPO REAL - PROGRAMA LOCALIZA.....	43
19	RASTREADOR DE MÃO GARMIN 40.....	45
20	RASTREADOR DE MÃO GARMIN 45.....	46
21	RECEPTOR GEODÉSICO ASHTECH Z 12.....	47
22	RÁDIO PACIFIC CREST 35/2 UNIDADE MÓVEL.....	48
23	RÁDIO PACIFIC CREST 2 ( BABY BLUE ) - BASE.....	49
24	“NOTEBOOK” E ACESSÓRIOS.....	51
25	GRÁFICO APRESENTADO NO PROGRAMA LOCALIZA.....	54
26	BOLETIM APRESENTADO NO PROGRAMA LOCALIZA.....	56
27	UNIDADE MÓVEL LÓGICA - MOTOROLA.....	58
28	DIAGRAMA FUNCIONAL DA MLU ( MOBILE LOGIC UNIT).....	59
29	PERDA DE SINAL DE RÁDIO.....	61
30	PERDA DE SINAL DE RÁDIO.....	62
31	LATITUDE : NAVEGAÇÃO EM RELAÇÃO AO CADASTRO.....	66
32	LONGITUDE : NAVEGAÇÃO EM RELAÇÃO AO CADASTRO.....	66

## LISTA DE TABELAS

1	APERFEIÇOAMENTO NO SEGMENTO ESPACIAL.....	05
2	GERENCIAMENTO ATUAL.....	23
3	PRIORIDADES DE IMPLANTAÇÃO.....	25
4	TRABALHOS DE CAMPO.....	32
5	POSICIONAMENTO PLANIMÉTRICO DOS MARCOS QUILOMÉTRICOS.....	64
6	BANCO DE DADOS DO CADASTRO (MARCOS QUILOMÉTRICOS).....	65
7	NAVEGAÇÃO NA FERROVIA E NECESSIDADES NO POSICIONAMENTO.....	67

## LISTA DE ABREVIATURAS

AS	- Anti-Spoofing
ASCII	- American Standart Code for Information Interchange
bps	- Bytes por segundo
C/A	- Código C/A - Fácil Acesso
CCO	- Centro de Controle Operacional
DGPS	- Differential Global Positioning System
DRMS	- Distance Root Mean Squared ( $2d$ ), probabilidade entre 63% e 68%
2DRMS	- Distance Root Mean Squared ( $2d$ ), probabilidade entre 95,4% e 98%
EMBRATEL	- Empresa Brasileira de Telecomunicações
ETS	- Edificio Teixeira Soares.
FRA	- Federal Railroad Administration
GEONAP	- Geodetic NAVSTAR Software
GPS	- Global Positioning System
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IODE	- Issue of Date
L1	- frequência (1575,42 MHz)
L2	- frequência (1227,60 Mhz)
Mbps	- Mega Bytes por segundo
NAVSTAR	- Navigation System with Time and Ranging
NMEA	- National Marine Eletronics Association

P	- Código P - Código de Precisão
PCR	- Pseudo Correction Random
PRISM	- Software para pós-processamento de dados GPS
RBMC	- Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo
RFESA/SR.5	- Rede Ferroviária Federal Sociedade Anônima / Superintendência Regional 5
RRC	- Range Rate Correction
RS 232	- Padrão de Transmissão de Dados para Porta Serial
RTCM	- Radio Technical Commission for Maritime Service
RXD	- Dados Recebidos pelo Terminal
SA	- Disponibilidade Seletiva
UDRE	- User Differential Range Error
UFPr/CPGCG	- Universidade Federal do Paraná/Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas.
UTC	- Tempo Universal Coordenado (TUC)
$\sigma_r$	- Desvio Padrão do Pseudodistância
$\sigma^*$	- Desvio Padrão do Posicionamento
$\sigma_h$	- Desvio Padrão do Posicionamento Horizontal
$\sigma_v$	- Desvio Padrão do Posicionamento Vertical
$\sigma_p$	- Desvio Padrão do Posicionamento Tridimensional
$\sigma_t$	- Desvio Padrão do Tempo

## RESUMO

Considerando que a RFFSA/SR.5 (Rede Ferroviária Federal S/A - Regional 5) transporta cerca de 65% da produção agrícola voltada para a exportação no Estado do Paraná a UFPr/CPGCG (Universidade Federal do Paraná / Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas) e a RFFSA/SR.5 firmaram convênio com o objetivo de implementar o atual sistema de controle de tráfego de trens, por meio do sistema GPS (Global Positioning System).

Este trabalho apresenta uma técnica de posicionamento denominada Navegação Controlada, desenvolvida valendo-se da geometria fixa que a ferrovia apresenta e que consiste em cadastrar um determinado trecho ferroviário a partir de um levantamento cinemático. Este cadastramento fica armazenado no banco de dados de um programa de localização. Assim sendo, todos os sinais enviados pelos veículos em movimento para a base, antes de serem plotados, são comparados com o banco de dados de forma a balizar as coordenadas recebidas, transformando-as no quilômetro ferroviário equivalente. Esta técnica foi desenvolvida no sentido de ajudar em parte o monitoramento dos trens, apresentando um custo relativamente baixo.



## ABSTRACT

Nearly 65% of the agricultural production of the State of Paraná, exported every year, uses the railway system maintained by the RFFSA/SR.5 (Rede Ferroviária Federal S/A - Superintendência Regional 5). An agreement between the RFFSA/SR.5 and the UFPr/CPGCG (Universidade Federal do Paraná / Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas) was signed having as main objective the establishment of the current railway monitoring system using the GPS (Global Positioning System).

This work presents the positioning technique called Controlled Navigation. This technique was developed based on the fixed geometry of the railways. First, the cadastre of a section of the railway is carried out by means of a kinematic GPS surveying. This cadastre becomes part of the data bank of the software LOCALIZA. Every coordinate of the trajectory of the moving GPS receiver on board the train is broadcast to the monitoring railway center. These coordinates, before being plotted, are compared with the software's data bank in order to define the train's position with respect to the nearest kilometer mark. This technique was developed in order to offer a cheap and straightforward way to help the monitoring of the railway system.

## CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

O crescente aprimoramento da agricultura no Estado do Paraná vem repercutindo a cada ano, com destaque na produção e exportação de grãos. A RFFSA/SR.5, hoje em nosso Estado, é responsável pela grande maioria do transporte desta produção que destina-se ao Porto de Paranaguá. As linhas que compreendem o Corredor de Exportação, muito embora balizada por um gerenciamento eficiente, necessitam de aprimoramentos que venham a modernizar o sistema atual de forma a racionalizar ainda mais o tráfego de trens.

No ano de 1994, numa iniciativa da UFPr/CPGCG, foi colocada à disposição da RFFSA/SR.5 uma estrutura voltada para desenvolvimento de ciência com cunho aplicativo de forma a abrir frentes de pesquisas que viessem a gerar dissertações e teses no campo das Geociências. A iniciativa da UFPr/CPGCG despertou o interesse da RFFSA e assim foi celebrado um convênio visando a modernização no controle do posicionamento dos veículos ferroviários, contando assim com a estrutura das duas instituições. No ano de 1994, foi apresentado o trabalho intitulado "POSICIONAMENTO CINEMÁTICO DE TRENS" (Krueger, 1994), que tinha por objetivo obter a posição do trem em tempo real. O presente trabalho vem dar continuidade à dissertação acima citada e está voltado a dar apoio ao controle operacional de trens em um segmento modelo da ferrovia de forma a estender-se a toda a Regional, onde futuramente será feito o gerenciamento do posicionamento cinemático de vários trens que percorrem os vários segmentos ferroviários.

Por tratar-se de uma continuidade do trabalho de Krueger (1994) os fundamentos teóricos já apresentados não serão aqui repetidos, o que proporciona maior espaço para abordagem técnica da normatização e padronização do formato de mensagem *NMEA*(Ashtech

Inc.,1994) e Garmin GPS 30 (Garmin Inc.,1995) bem como um melhor enfoque no programa LOCALIZA, compilado em linguagem C.

O presente trabalho tem por objetivo dar apoio ao controle operacional de trens, onde o grafista (elemento responsável pelo gerenciamento da condução dos veículos ferroviários em um determinado trecho) poderá visualizar no monitor de um computador pessoal (por exemplo, PC 486) todo trecho que gerencia e os veículos que nele trafegam. Para tanto, foi desenvolvido um software de interface para que os dados GPS que serão transmitidos dos veículos ferroviários (Estações Móveis) sejam armazenados em arquivos diários, triados e processados, visando uma saída de hardware para aplicações acessórias em aplicativo tipo MaxiCad, AutoCad, etc.

No Capítulo 2 é feita uma revisão direcionada para o GPS, onde enfoca-se padronização recente do formato de mensagem e normatização para sistemas de comunicações. Aos leitores não ligados diretamente ao sistema GPS/NAVSTAR (Navigation System with Time and Ranging / Global Positioning System) aconselhamos antecipadamente uma breve leitura na dissertação de mestrado de Krueger (1994), que deu origem a este trabalho.

O capítulo 3 apresenta os ramais passíveis de implantação imediata de apoio, utilizando o GPS no gerenciamento da condução dos veículos ferroviários; nele é feita uma abordagem específica no trecho modelo "ramal de Rio Branco do Sul" que faz parte do trecho Curitiba - Paranaguá. Também analisam-se os demais trechos ferroviários.

No capítulo 4 são enfocados os trabalhos de campo, numa apresentação do processo realizado. Por se tratar de uma dissertação de cunho aplicado apresenta-se também o custo de equipamentos possíveis de serem utilizados no caso específico da RFFSA/SR.5.

O capítulo 5 apresenta a análise dos resultados obtidos, são observadas as coordenadas cadastradas em comparação com as enviadas em tempo real a partir de uma navegação no trecho modelo.

Finalizando, apresentam-se no capítulo 6 as conclusões referentes ao presente trabalho e observam-se recomendações quanto à implantação de um sistema de apoio de controle de tráfego com o advento do GPS.

## **CAPÍTULO 2 - FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

### **2.1) SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL (GPS)**

O NAVSTAR/GPS é um sistema que através de uma constelação de satélites artificiais, os quais emitem constantemente ondas eletromagnéticas, tem por objetivo fornecer informações que permitam o posicionamento tridimensional, o controle do tempo e a prática da navegação. Estruturado de forma a se observar simultaneamente, em qualquer lugar da superfície da Terra, no mínimo 04 satélites acima do horizonte, 24 horas por dia, independentemente das condições meteorológicas.

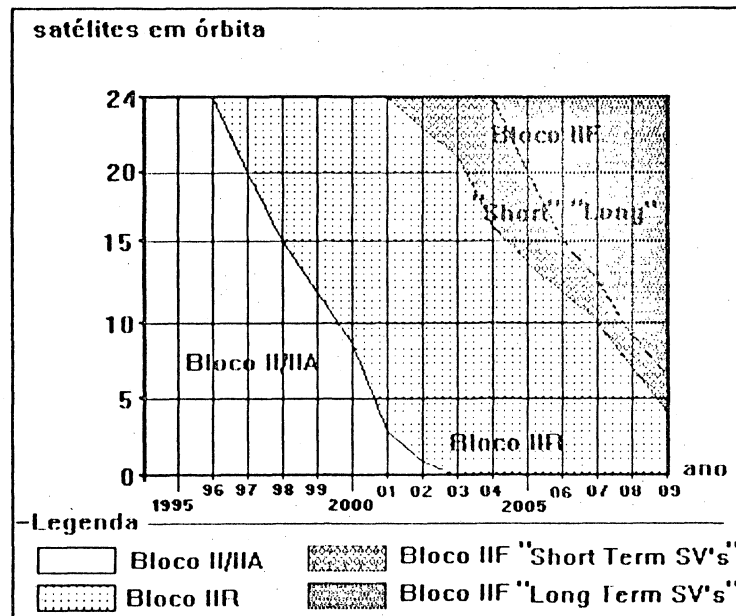
A constelação é formada por 24 satélites distribuídos em 6 planos orbitais distintos, mantendo uma geometria de repetição. Os satélites situam-se a uma altura aproximada de 20.000 km, com um período (duração de uma volta ao redor da Terra) de 12 horas (siderais) e uma inclinação de órbitas em relação ao plano do equador de 55 graus (Seeber, 1993).

Pelos satélites são emitidos sinais com duas portadoras, com modulação do código C/A, código P, e informações de navegação. As portadoras denominadas L1 e L2 possuem respectivamente frequências de 1575,42 Mhz e 1227,60 Mhz, o código P é emitido na frequência de 10,23 Mbps, e o código C/A com frequência de 1,023 Mbps (Seeber, 1993).

Com disponibilidade contínua os dados de navegação (posicionamento tridimensional, tempo e velocidade) oferecem ao usuário uma precisão absoluta de 15 metros com o Código P, sem SA e sem AS (Seeber, 1993). Quanto ao tempo, sua precisão é assegurada por relógios atômicos de Césio e Rubídio instalados nos satélites, observando-se que na nova geração de satélites dos blocos IIR e IIF, a precisão passará a ser assegurada por relógios "maser" de hidrogênio. Na figura 01, Leick (1995), se apresenta a situação atual e uma previsão dos blo-

cos de satélites GPS, bem como a tabela 01 relata os propósitos e vantagens dos investimentos realizados pelo "Dertament of Defense" no segmento espacial para os referidos blocos.

FIGURA 01 - PLANEJAMENTO DE REPOSIÇÃO DE SATÉLITES GPS



Fonte: Leick, 1995.

TABELA 01 - APERFEIÇOAMENTOS NO SEGMENTO ESPACIAL

PROPÓSITO DO INVESTIMENTO	BLOCO DE SATÉLITES	DATA DE IMPLANTAÇÃO	VANTAGEM DO INVESTIMENTO
torna SA para zero	Bloco II / II A, Bloco II R, Bloco II F.	imediate	Aproximadamente 30 m (2 drms) estático uso civil
Acrescenta um novo sinal ( band - L)	Bloco II R, Bloco II F.	o mais rápido possível	Aproximadamente 12 m (2 drms) estático uso civil fornece integridade no monitoramento
Intercomunicação entre satélites: informações da saúde dos satélites	Bloco II R, Bloco II F.	o mais rápido possível	Aperfeiçoa um sistema global de integridade e validade
Intercomunicação entre satélites: monitoramento na integridade de informações e comandos	Bloco II R, Bloco II F.	o mais rápido possível	Aperfeiçoa o GPS com sinais de integridade para todos os usuários

Fonte: Leick, 1995.

Na obtenção das pseudodistâncias está baseado o princípio fundamental da navegação. As pseudodistâncias fornecem a medida compreendida entre o usuário (antena) e o satélite (antena), três destas medidas possibilitam o cálculo da posição geométrica do usuário e uma quarta medida se faz necessária para determinar o não-sincronismo entre os relógios do receptor e do satélite.

Alguns fatores de erros deverão ser considerados na medida das pseudodistâncias, os quais estão abaixo relacionados. Inúmeros trabalhos sobre estes fatores existem na literatura científica, dentre eles Aquino (1990), Campos e Wanninger (1993) e Seeber (1993):

- 1 - Estado do relógio do satélite em relação ao tempo GPS;
- 2 - estado do relógio do receptor em relação ao tempo GPS;
- 3 - disponibilidade seletiva;
- 4 - efeito multicaminho - "multipath";
- 5 - propagação na atmosfera;
- 6 - efemérides;
- 7 - ruídos no receptor.

### **2.1.1) GEOMETRIA DOS SATÉLITES**

A precisão do posicionamento GPS depende de dois fatores:

- a) A precisão na medida da pseudodistância, expressa pelo seu desvio padrão ( $\sigma_1$ ), e,
- b) a configuração dos satélites usados.

A relação entre o desvio padrão da pseudodistância ( $\sigma_r$ ) e o desvio padrão do posicionamento ( $\sigma^*$ ), é descrita pela quantidade escalar que é usada em navegação e é chamada de DOP (diluição da precisão), ver Andrade (1988):

$$DOP = \frac{\sigma^*}{\sigma_r}$$

São usadas as diferentes designações na prática:

$$HDOP = \frac{\sigma_H}{\sigma_r}, \text{ para o posicionamento horizontal, sendo } \sigma_H \text{ o desvio padrão do posi-}$$

cionamento horizontal;

$$VDOP = \frac{\sigma_V}{\sigma_r}, \text{ para o posicionamento vertical, sendo } \sigma_V \text{ o desvio padrão do posicio-}$$

namento vertical;

$$PDOP = \frac{\sigma_P}{\sigma_r}, \text{ para o posicionamento tridimensional, sendo } \sigma_P \text{ o desvio padrão do}$$

posicionamento tridimensional;

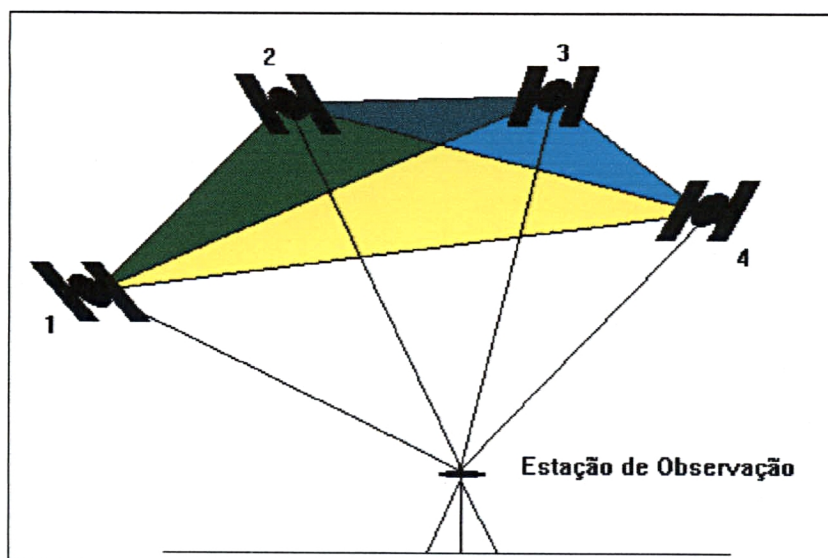
$$TDOP = \frac{\sigma_T}{\sigma_r}, \text{ para a determinação do tempo, sendo } \sigma_T \text{ o desvio padrão do tempo.}$$



O PDOP pode ser interpretado pelo inverso do valor do volume  $V$  (fig.02) do tetraedro que é formado pelos 4 satélites em observação, a partir de uma estação (Seeber, 1993).

$$PDOP = \frac{1}{V}$$

FIGURA 02 - GEOMETRIA DOS SATÉLITES OBSERVADOS



A melhor geometria acontece quando o volume é máximo, enquanto o PDOP é mínimo. O problema da configuração sempre é muito importante sendo que, antes do trabalho de campo, deve-se analisar a “janela de observação”. Isto é muito importante para a navegação diferencial porque os mesmos satélites devem ser usados pela estação de referência e pela estação móvel.

## **2.2) TÉCNICAS DE POSICIONAMENTO**

### **2.2.1) INTRODUÇÃO**

Muitos fatores influenciam a metodologia a ser aplicada em um levantamento GPS, sendo a precisão um fator preponderante. Os principais fatores que afetam a precisão consistem no tipo de equipamento GPS disponível e as técnicas de posicionamento.

### **2.2.2) TÉCNICAS**

Atualmente, destacam-se algumas técnicas de posicionamento que são apresentadas em várias literaturas científicas, dentre elas Gemael (1991) e Seeber (1993). Neste trabalho foram abordadas duas técnicas: o levantamento cinemático e o GPS diferencial.

#### **2.2.2.1) O LEVANTAMENTO CINEMÁTICO .**

Diversos métodos de levantamento tem sido criados, sendo que o IBGE procura dar um cunho normativo a eles. Na literatura científica existem inúmeros autores que descrevem estes métodos, dentre eles Aquino (1990), Seeber (1993) e Kleusberg (1992).

Este trabalho procura dar ênfase ao método cinemático puro (Seeber, 1993) em que o receptor efetua as medidas durante o movimento, de forma a se obter as coordenadas da trajetória. Com a necessidade de resolver as ambigüidades iniciais pode-se empregar alguns métodos tais como: intercâmbio de antenas, ocupação de uma base conhecida ou determinação de uma linha de base com um levantamento estático, sendo que não poderá haver perdas do sinal durante o percurso. Mesmo hoje, com uma constelação de satélites GPS completa, algumas vezes é impossível manter as ambigüidades iniciais durante o percurso devido a eventuais perdas de sinais e para tanto pode-se empregar as técnicas "on the fly" ou "on the way" as

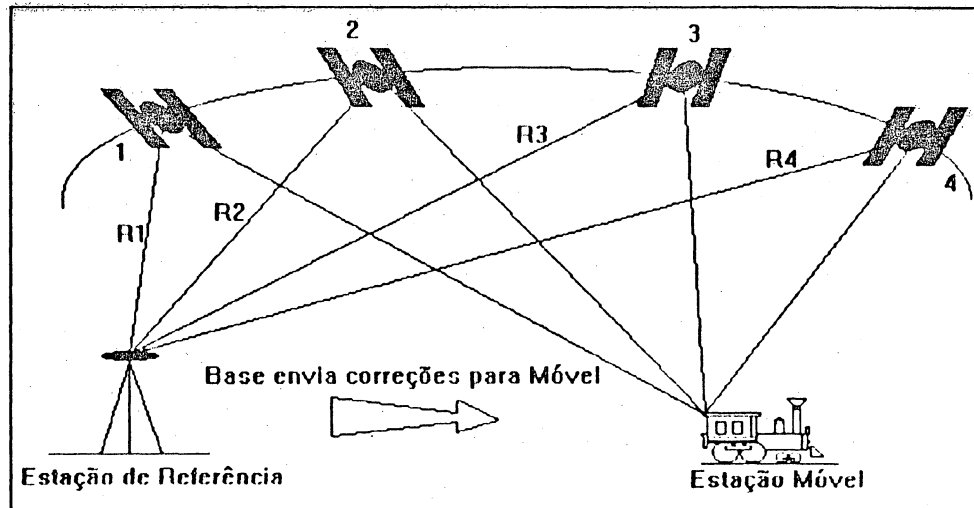
quais possibilitam a recuperação das ambigüidades com o receptor em movimento. Para maiores detalhes ver Wübbena (1989) e Abidin et al. (1992). Existem métodos que resolvem as ambigüidades quando o receptor encontra-se em movimento, por exemplo Seeber (1993) apresenta a combinação linear das freqüências L1 e L2 (“wide line” e “narrow line”), ou mesmo a investigação da ambigüidade em função de seis ou mais satélites. Porém, pode-se obter resultados mais precisos através do pós-processamento dos dados utilizando softwares comerciais como o PRISM, da ASHTECH (Ashtech Inc., 1994), ou mesmo científicos como o GEONAP-K (Geonap Referenz Handbuch, 1992).

#### **2.2.2.2) O GPS DIFERENCIAL**

No estudo do deslocamento relativo entre dois corpos vários fatores são considerados (Hoppe, 1992 e Krakiwsky, 1996) efetivando um sistema dinâmico, onde a ação de componentes geram resultantes que se caracterizam em deslocamentos dos corpos envolvidos. Quando deseja-se analisar somente a trajetória de um corpo em relação a outro são desconsideradas as causas dos movimentos do sistema, caracterizando assim o posicionamento cinemático, de forma que a diferença entre as observações de um corpo fixo em relação ao corpo em movimento são definidas no Differential Global Positioning System (DGPS).

O sistema diferencial, ilustrado na figura 03, necessita de dois receptores sendo que um é posicionado na base ou estação fixa com as coordenadas conhecidas de onde gera-se as correções para o outro receptor. Este segundo receptor é posicionado no veículo em movimento. As correções geradas são emitidas, da base para a estação móvel, a partir de um sistema de comunicação (rádio de transmissão, linha telefônica, satélite de comunicação, etc.) em um formato apropriado (RTCM - Radio Technical Commission for Maritime Service, NMEA - National Marine Electronics Association) ver Burens (1993), Chase (1992) e Frieden (1993).

FIGURA 03 - SISTEMA DGPS.



A posição do veículo móvel pode ser obtida através de um pós-processamento dos dados ou em tempo real (Talbot, 1991). A escolha será definida de acordo com o objetivo a que se destina o posicionamento (Krueger, 1994).

### 2.3) FORMATOS PARA TRANSMISSÃO DE DADOS

Os dados GPS transmitidos por um sistema de comunicação (BDLC, 1992) possuem dois tipos de formatos padronizados (Langley, 1993 e 1994): o RTCM SC 104 (Special Committee 104) e o NMEA. Visto a completa abordagem dada por Krueger (1994) com relação ao formato RTCM (Kalafus, 1986) e a constante utilização do formato NMEA no campo da navegação, como complemento, este trabalho relata exclusivamente a padronização dos protocolos de interface NMEA 0183, completamente definidos na Versão 2.0, que poderão ser obtidas na Mobile, AL, 36605, U.S.A. Estes protocolos são recebidos em RXD1 no sistema

RS 232, fornecendo os dados no padrão ASCII (American Standard Code for Information Interchange).

A título de ilustração são apresentados a seguir estes protocolos, os quais foram extraídos dos manuais dos Receptores Ashtech Z 12 (Ashtech Inc., 1994) e Garmin GPS 30 (Garmin Inc., 1995), observando-se que neste trabalho, para o processamento de dados visando o posicionamento, somente foi utilizado o protocolo \$GPRMC.

### 2.3.1 Informações do Almanaque (GPALM - Rev. 1.30 ou mais antigo)

\$GPALM,<1>,<2>,<3>,<4>,<5>,<6>,<7>,<8>,<9>,<10>,<11>,<12>,<13>,<14>,<15>\*hh<CR><LF>.

A sentença \$GPALM pode ser empregada para inicializar as informações armazenadas para o almanaque no sensor de bordo.

<1> Número total de sentenças do ALM para serem transmitidas pelo sensor de bordo durante falha de carregamento do almanaque. Os campos podem ser nulos ou com qualquer número quando o almanaque é enviado para o sensor de bordo.

<2> Número da sentença corrente do ALM. Este campo pode ser nulo ou com qualquer outro número quando o almanaque é enviado para o sensor de bordo.

<3> Número PRN do satélite (de 01 à 32).

<4> Número da semana GPS.

<5> Saúde do satélite, bits de 17 a 24 de cada página do almanaque.

<6> Excentricidade.

<7> Referência de tempo do almanaque.

<8> Inclinação da Órbita.

<9> Taxa de variação da ascensão reta do nodo ascendente.

- <10> Origem do semi-eixo maior.
- <11> Argumento do perigeu (omega).
- <12> Longitude do nodo Ascendente.
- <13> Anomalia média.
- <14> Parâmetro do relógio (afo).
- <15> Parâmetro do relógio (afl).

### 2.3.2 Conjunto de Dados do Sistema de Posicionamento Global (GPGLGA)

\$GPGLGA,<1>,<2>,<3>,<4>,<5>,<6>,<7>,<8>,<9>,M,<10>,M,<11>,  
 <12>\*hh<CR><LF>.

- <1> Tempo UTC de uma posição fixada, formato hhmmss (hh = horas; mm = minutos; ss segundos).
- <2> Latitude no formato ddmm.mmmm (dd = graus; mm = minutos; mmmm = décimos de minuto, zeros serão transmitidos).
- <3> Latitude, hemisfério N ou S.
- <4> Longitude no formato dddmm.mmmm (ddd = graus; mm = minutos; mmmm = décimos de minuto, zeros serão transmitidos).
- <5> Longitude, hemisfério E ou W.
- <6> Indicação da Qualidade GPS: 0 = conjunto não avaliado; 1 = Sem fixar GPS diferencial; 2 = Fixando GPS diferencial.
- <7> Número do satélite em uso, de 00 a 08 (zero serão transmitidos).
- <8> HDOP, de 1,0 a 99,9.
- <9> Altitude da antena acima ou abaixo do nível médio dos mares, de -9999,9 até 99999,9 metros.

- <10> Altitude geoidal de - 999,9 até 9999,9 metros.
- <11> Época de dados do GPS Diferencial (RTCM-SC 104), número dos segundos desde a última transmissão RTCM (campo será nulo se não for DGPS).
- <12> Identificação (ID) da Estação de Referência Diferencial, de 0000 a 1023 (os zeros serão transmitidos e o campo será nulo se não for DGPS).

### 2.3.3 GPS DOP e Atividade dos Satélites (GPGGSA)

\$GPGGSA,<1>,<2>,<3>,<3>,<3>,<3>,<3>,,,,,,,<4>,<5>,<6>\*hh<CR><LF>.

- <1> Modo: M = manual; A = automático.
- <2> Fixa o Tipo: 1 = Sem avaliação; 2 = 2D; 3 = 3D.
- <3> Número PRN dos satélites (de 01 a 32) utilizados na solução, transmitidos acima de 8 (zeros serão transmitidos).
- <4> PDOP de 1,0 a 99,9.
- <5> HDOP de 1,0 a 99,9.
- <6> VDOP de 1,0 a 99,9.

### 2.3.4 Constelação dos Satélites GPS (GPGSV)

\$GPGSV,<1>,<2>,<3>,<4>,<5>,<6>,<7>,...<4>,<5>,<6>,<7>\*hh<CR><LF>.

- <1> Número total de sentenças dos satélites que estão transmitindo.
- <2> Número da corrente sentença do satélite.
- <3> Número total de satélites visíveis, de 00 a 08 (zeros serão transmitidos).
- <4> Número PRN do satélite de 01 a 32 (zeros serão transmitidos).
- <5> Elevação do satélite, 00 a 90 graus (zeros serão transmitidos).
- <6> Azimute do satélite, 000 a 359 graus (zeros serão transmitidos).

<7> Nível de ruído (C/No) de 00 a 99 dB, Nulo quando não em rastreamento (zeros serão transmitidos).

NOTA: Os itens <4>, <5>, <6> e <7> repetem para cada satélite visível para um máximo de 4 satélites por sentença. Informações adicionais de satélites visíveis serão transmitidas nas sentenças seqüentes. Os campos deverão estar nulos, se não utilizados.

### 2.3.5 Especificações Mínimas Recomendadas dos Dados GPS/TRANSIT (GPRMC)

\$GPRMC,<1>,<2>,<3>,<4>,<5>,<6>,<7>,<8>,<9>,<10>,<11>\*hh<CR><LF>.

<1> Tempo UTC de uma posição fixada, formato hhmmss (hh = horas; mm = minutos; ss = segundos).

<2> Status: A = Posição válida; V = NAV advertência.

<3> Latitude, formato ddm.mmmm (dd = graus; mm = minutos; mmmm = décimos de minuto, zeros serão transmitidos).

<4> Latitude, hemisfério N ou S.

<5> Longitude, formato dddmm.mmmm (ddd = graus; mm = minutos; mmmm = décimos de minuto, zeros serão transmitidos).

<6> Longitude, hemisfério E ou W.

<7> Velocidade na superfície de 0,0 a 999,9 nós.

<8> Percorso na superfície 000,0 a 359,9 graus (zeros serão transmitidos).

<9> Data UTC da posição fixada, formato ddmmyy (dd = dia; mm = mês; yy = ano).

<10> Variação magnética 000,0 a 180,0 graus (zeros serão transmitidos).

<11> Direção da Variação magnética, E ou W.



### 2.3.6 Trajetória e Velocidade na Superfície (GPVTG)

A sentença GPVTG fornece informações de rastreamento e velocidade com verificação de dados.

\$GPVTG,<1>,T,<2>,M,<3>,N,<4>,K\*hh<CR><LF>.

- <1> Percurso através da superfície, 000 a 359 graus (zeros serão transmitidos).
- <2> Percurso magnético sobre a superfície, 000 a 359 graus (zeros serão transmitidos).
- <3> Velocidade sobre a superfície 00,0 a 99,9 nós (zeros serão transmitidos).
- <4> Velocidade sobre a superfície 00,0 a 99,9 quilômetros (zeros serão transmitidos).

### 2.3.7 Latitude e Longitude da Posição (GPGLL)

A sentença GPGLL fornece informações de posicionamento e tempo, com verificação de dados.

\$GPGLL,<1>,<2>,<3>,<4>,<5>,<6>,<CR><LF>.

- <1> Latitude, em graus e décimos de minutos.
- <2> Hemisfério, N ou S.
- <3> Longitude em graus e décimos de minutos.
- <4> Hemisfério, E ou W.
- <5> Horas, minutos e segundos do posicionamento (UTC).
- <6> Status do sinal recebido: A= válido; V = inválido.

### 2.3.8 Posição determinada em relação ao um tempo determinado (GPGXP)

A sentença GPGXP fornece informações de posicionamento, em relação ao tempo.

\$GPGXP,<1>,<2>,<3>,<4>,<5>,<CR><LF>.

- <1> Horas, minutos e segundos do posicionamento ( UTC).
- <2> Latitude, em graus e décimos de minutos.
- <3> Hemisfério, N ou S.
- <4> Longitude, em graus e décimos de minutos.
- <5> Hemisfério, E ou W.

### 2.3.9 Número de satélites rastreados e respectivos ruídos (GPGSN)

A sentença GPGSN fornece informações da quantidade de satélites rastreados e os respectivos níveis de ruído, bem como a época.

\$GPGSN,<1>,<2>,<3>,<4>,<5>,<último campo><CR><LF>.

- <1> Número de satélites rastreados.
- <2> Número do satélite.
- <3> Nível de ruído do satélite enumerado no campo anterior.
- <4>,<5> Dois campos para cada satélite rastreado, conforme os campos <2>,<3>,<último campo> Época dos dados.

### 2.3.10 Formato Autopiloto (GPAPA)

\$GPAPA,<1>,<2>,<3>,<4>,<5>,<6>,<7>,<8>,<9>,<10>,<CR><LF>.

- <1> Ambiguidade suspeita: A = válido; V = inválido.
- <2> Ciclo fechado: A = válido; V = inválido.
- <3> "Cross-track error".

- <4> Sentido: quando L = esquerda; quando R = direita.
- <5> N, para milhas náuticas.
- <6> Chegada de ciclo: A = válido; V = inválido.
- <7> Para chegada perpendicular (percorrendo a linha na qual a linha de curso é perpendicular, passando através de um ponto destinado).
- <8> Rumando do destino para origem.
- <9> Norte, M para magnético, T para verdadeiro.
- <10> Destino de um ponto identificado.

### 2.3.11 Mensagens RTCM (GPMSG)

\$GPMSG,<1>,<2>,<3>,<4>,<5>,<6>,<7>,<8>,<9>,<10>,<11>,<12>,<13>,<14>,  
<15>,<16>,<17>,<CR><LF>.

- <1> Tipo da mensagem RTCM.
- <2> Identificação da estação.
- <3> Contador Z.
- <4> Número da seqüência.
- <5> Saúde da estação.
- <6> Número total de caracteres depois do item do tempo.
- <7> Tempo GPS corrente fixado em horas, minutos e segundos.
- <8> Para tipo 1 : usa "Differential range error 9" (UDRE).
- <8> Para tipo 3 : coordenada X da estação.
- <8> Para tipo 16 : texto.
- <9> Para tipo 1: número do satélite (PRN).
- <9> Para tipo 3: coordenada Y da estação em metros.

<10> Para tipo 1: correção da pseudodistância (PRC), em metros.

<10> Para tipo 3: coordenada Z da estação em metros.

<11> Para tipo 1: “Range Rate Correction” (RRC) em metros.

<12> Para tipo 1: IODE (emissor de data).

<13><14><15><16><17> Para tipo 1: O mesmo que <8><9><10><11><12>, para o próximo satélite.

### 2.3.12 “Cross-Track Error”(GPXTE)

\$GPXTE,<1>,<2>,<3>,<4>,<5>,<CR><LF>.

<1> SNR: quando A = válido; quando V = inválido.

<2> “Cycle lock”: quando A = válido; quando V = inválido.

<3> “Cross-Track error”.

<4> Direção esquerda ou direita, quando L = esquerda, quando R = direita.

<5> Unidade em milhas náuticas.

### 2.3.13 Rumo e Distância (GPBWC)

\$GPBWC,<1>,<2>,<3>,<4>,<5>,<6>,<7>,<8>,<9>,<10>,<11>,<12>,<CR><LF>.

<1> Tempo UTC, com hora, minuto, segundos e décimos de segundos.

<2> Latitude, em graus e décimos de minutos.

<3> Hemisfério, N ou S.

<4> Longitude, em graus e décimos de minutos.

<5> Hemisfério, E ou W.

<6>,<7> Rumo: T para norte verdadeiro.

<8>,<9> Rumo: M para norte magnético.

- <10>,<11> Distância : N para milhas náuticas.
- <12> Identificador de ponto.
- <8> Para tipo 16 : texto.
- <9> Para tipo 1: número do satélite (PRN).
- <9> Para tipo 3: coordenada Y da estação em metros.
- <10> Para tipo 1: correção da pseudodistância (PRC) em metros.
- <10> Para tipo 3: coordenada Z da estação em metros.
- <11> Para tipo 1: “Range Rate Correction” (RRC) em metros.
- <12> Para tipo 1: IODE (emissor de data).

#### 2.3.14 Almanaque (GPSHR,DAL)

\$GPSHR,DAL,<1>,<2>,<3>,<4>,<5>,<6>,<7>,<8>,<9>,<10>,<11>,  
<12>,<13>,<CR><LF>.

- <1> Número do satélite (PRN).
- <2> Saúde do satélite.
- <3> Excentricidade.
- <4> toe, tempo de referência das efemérides (em segundos).
- <5> i0, ângulo de inclinação no tempo referenciado (semi-círculo).
- <6> ômegadot, taxa da ascensão reta do nodo ascendente (semi-círculos/segundo).
- <7> raiz quadrada do semi-eixo maior “a”.
- <8> ômega0, a longitude da ascensão reta do nodo ascendente no tempo de referência (semi-círculo).
- <9> ômega, o argumento do perigeu no tempo de referência (semi-círculo).
- <10> m0, a anomalia média a um tempo referenciado (semi-círculo).

- <11> af0, parâmetro do relógio (em segundos).
- <12> afl, parâmetro do relógio (segundos/segundos).
- <13> wn, número da semana GPS.

### **2.3.15 Gatilho de partida, mensagem de saída serial (GPSHR,TTT)**

**\$GPSHR,TTT,<1>,<2>,<CR><LF>.**

- <1> Dia da semana, com 1 para Domingo e 7 para Sábado.
- <2> Tempo GPS, fixado em horas, minutos, segundos e décimos de segundos.

## **CAPÍTULO 3 - O APOIO AO CONTROLE OPERACIONAL**

### **3.1) INTRODUÇÃO**

O GPS, voltado à ferrovia, possibilita várias aplicações. Este trabalho visa dar apoio ao controle operacional dos veículos que trafegam em várias linhas da RFFSA/SR.5, que compreendem os estados do Paraná e Santa Catarina, tendo como modelo o Trecho Curitiba - Rio Branco do Sul.

Este sistema é aplicável em toda a Regional, a qual atualmente é dividida em trechos, sendo necessário focar as dificuldades técnicas e econômicas que cada trecho apresenta, de forma a priorizar a implantação de um sistema visando o apoio ao controle operacional dos veículos ferroviários utilizando os satélites GPS.

### **3.2) O SISTEMA ATUAL**

Hoje, o CCO (Centro de Controle Operacional) que administra o movimento dos veículos ferroviários utiliza comunicação própria telefônica em cabos físicos ou, em alguns casos, com apoio da Empresa de Telecomunicações do Paraná. Esta comunicação atende ao gerenciamento de grafistas que obedecem uma programação do deslocamento dos veículos, bem como acompanham o movimento destes nas linhas que gerenciam. A tabela 02 apresenta os 6 grupos distintos de gerenciamento em que a regional está dividida.

TABELA 02 - GERENCIAMENTO ATUAL.

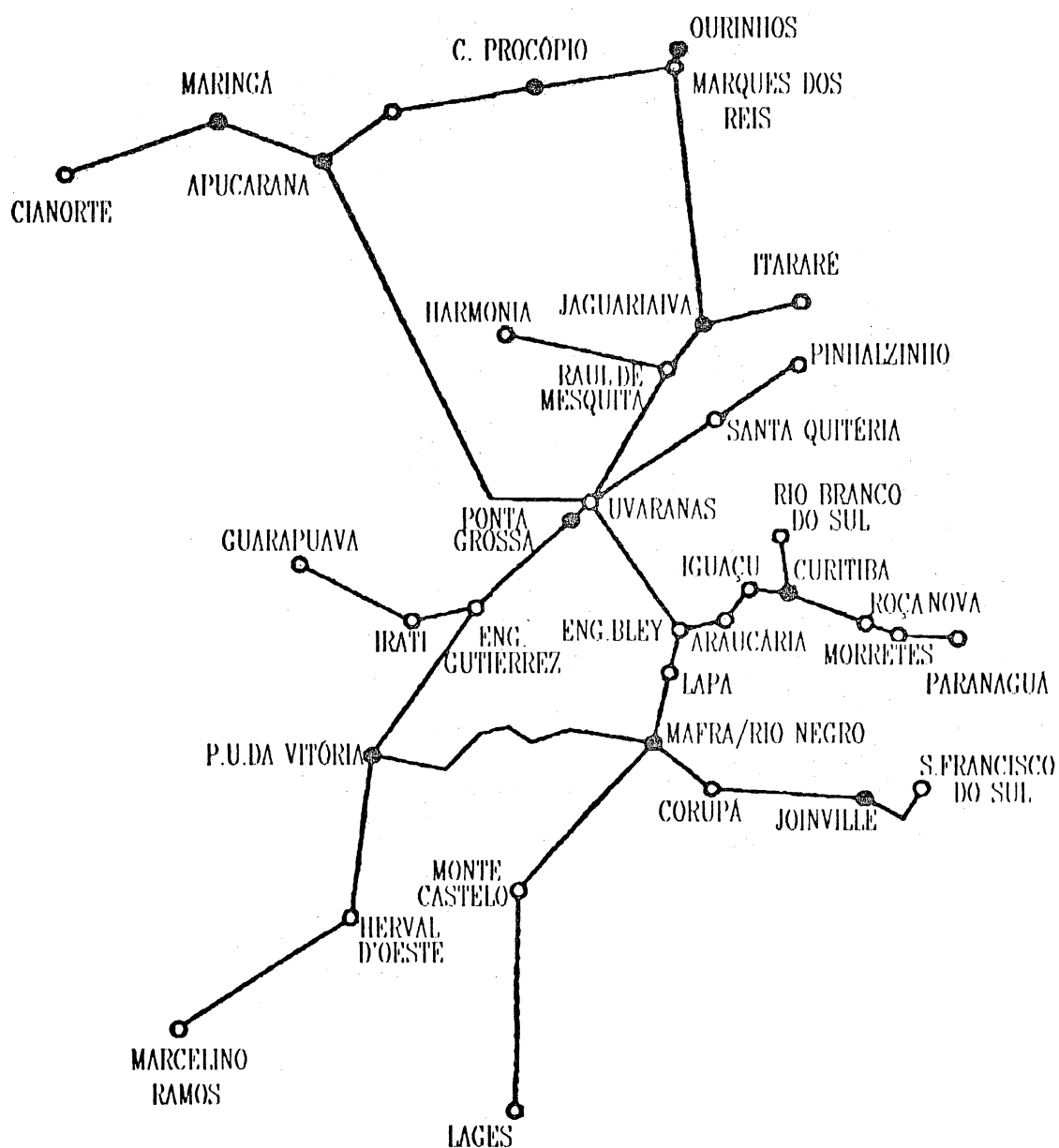
<b>GERENCIAMENTO</b>	<b>TRECHOS FERROVIÁRIOS</b>
MALHA CATARINENSE	MAFRA - S.FRANCISCO DO SUL
	MAFRA - LAGES
	MAFRA - UNIÃO DA VITÓRIA
NORTE VELHO	UVARANAS - OURINHOS
	UVARANAS - PINHALZINHO
	RAUL DE MESQUITA - HARMONIA
CENTRAL	UVARANAS - APUCARANA
	CARÁ CARÁ - GUARAPUAVA
SERRA DO MAR	IGUAÇU - D. PEDRO
	CURITIBA - RIO BRANCO DO SUL
	MORRETES - ANTONINA
CAMPOS GERAIS	IGUAÇU - UVARANAS
	ENG.BLEY - MAFRA
NORTE DO PARANÁ	APUCARANA - OURINHOS
	APUCARANA - CIANORTE

### 3.3) O SISTEMA PROPOSTO

Visto a abrangência da RFFSA/SR.5, ilustrada na figura 04, com limites que ao Norte se estendem de Cianorte-Pr à Ourinhos-SP e ao Sul de Marcelino Ramos-RS à Lages-SC, e visto ainda que o CCO está localizado no ETS (Edifício Teixeira Soares) em Curitiba - Pr, alguns fatores devem ser observados na implantação do sistema de apoio ao controle operacional utilizando o sistema GPS:



FIGURA 04 - SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL. 5



a) Distância entre a estação de Referência (Curitiba) e as diversas estações móveis que circulam simultaneamente nos vários trechos ferroviários, conforme acima citado;

b) dificuldades de transmissão dos sinais de comunicação devido às grandes distâncias e diferentes localidades;

c) aproveitamento de equipamentos de comunicação já instalados nos veículos ferroviários (Rádios de comunicação com 66 Watts); e,

d) implantação imediata a custos baixos, versátil e de simples manutenção.

Mantendo as formas atuais de gerenciamento porém incrementando as inovações que o sistema GPS oferece, este trabalho está voltado para o gerenciamento por trecho ferroviário. A tabela 03 apresenta as prioridades de implantação levando em consideração os fatores acima relacionados.

TABELA 03 - PRIORIDADES DE IMPLANTAÇÃO

GERENCIAMENTO	TRECHO FERROVIÁRIO	PRIORIDADE
MALHA CATARINENSE	MAFRA - S.FRANCISCO DO SUL	3
	MAFRA - LAGES	2
	MAFRA - UNIÃO DA VITÓRIA	4
NORTE VELHO	UVARANAS - OURINHOS	3
	UVARANAS - PINHALZINHO	2
	RAUL DE MESQUITA - HARMONIA	4
CENTRAL	UVARANAS - APUCARANA	*
	CARÁ CARÁ - GUARAPUAVA	1
SERRA DO MAR	IGUAÇU - D. PEDRO	**
	CURITIBA - RIO BRANCO DO SUL	***
	MORRETES - ANTONINA	4
CAMPOS GERAIS	IGUAÇU - UVARANAS	*
	ENG.BLEY - MAFRA	2
NORTE DO PARANÁ	APUCARANA - OURINHOS	3
	APUCARANA - CIANORTE	3

\* Sistema Terra Trem em implantação

\*\* Comunicação por Fibra Ótica em implantação

\*\*\* Trecho modelo para testes com GPS

Para atender a prerrogativa de se ter baixos custos de implantação analisou-se o custo dos equipamentos que seriam necessários para desenvolver a técnica DGPS, sendo que para cada trecho a ser gerenciado a base contaria com um receptor de alta precisão enviando correções RTCM para todas as estações móveis, com comunicação de rádio no sentido do móvel para a base, o que acarretaria em um sistema de comunicação ainda mais oneroso. Visto o exposto, foi necessário desenvolver um projeto inovador que concilia a navegação com o posicionamento cinemático e que sem maiores gastos atendesse a uma precisão de 10 a 30 metros quanto ao posicionamento de trens, conforme prescreve a FRA (Federal Railroad Administration) dos Estados Unidos, Debolt et al. (1994).

Para tanto o sistema proposto está voltado para a Navegação Controlada, o qual consiste em uma navegação monitorada através de um banco de dados elaborado com um cadastro realizado no trecho a ser gerenciado. Este cadastro originou-se de um pós-processamento dos dados coletados no posicionamento cinemático. Com isto cada trecho ferroviário a ser gerenciado deverá ter um cadastramento, o que é viável visto que a ferrovia possui geometria definida e padronizada.

Os veículos que trafegam neste trecho cadastrado possuem um sensor GPS e através de comunicação de rádio transmitem constantemente para a base sua posição no formato NMEA. Estes dados chegam à base sem qualquer tipo de refinamento quanto a correções RTCM porém, antes de serem plotados em tela, são analisados e comparados com o cadastro do trecho que se encontra no banco de dados de forma a serem corrigidos, mantendo o padrão de precisão alcançado pelo cadastro.

Desta forma reduzem-se custos na implantação, ou seja, na base só é necessário a instalação de um receptor de grande precisão quando na elaboração do cadastro, e este receptor pode ser utilizado para todos os trechos a serem cadastrados. Para cada trecho a

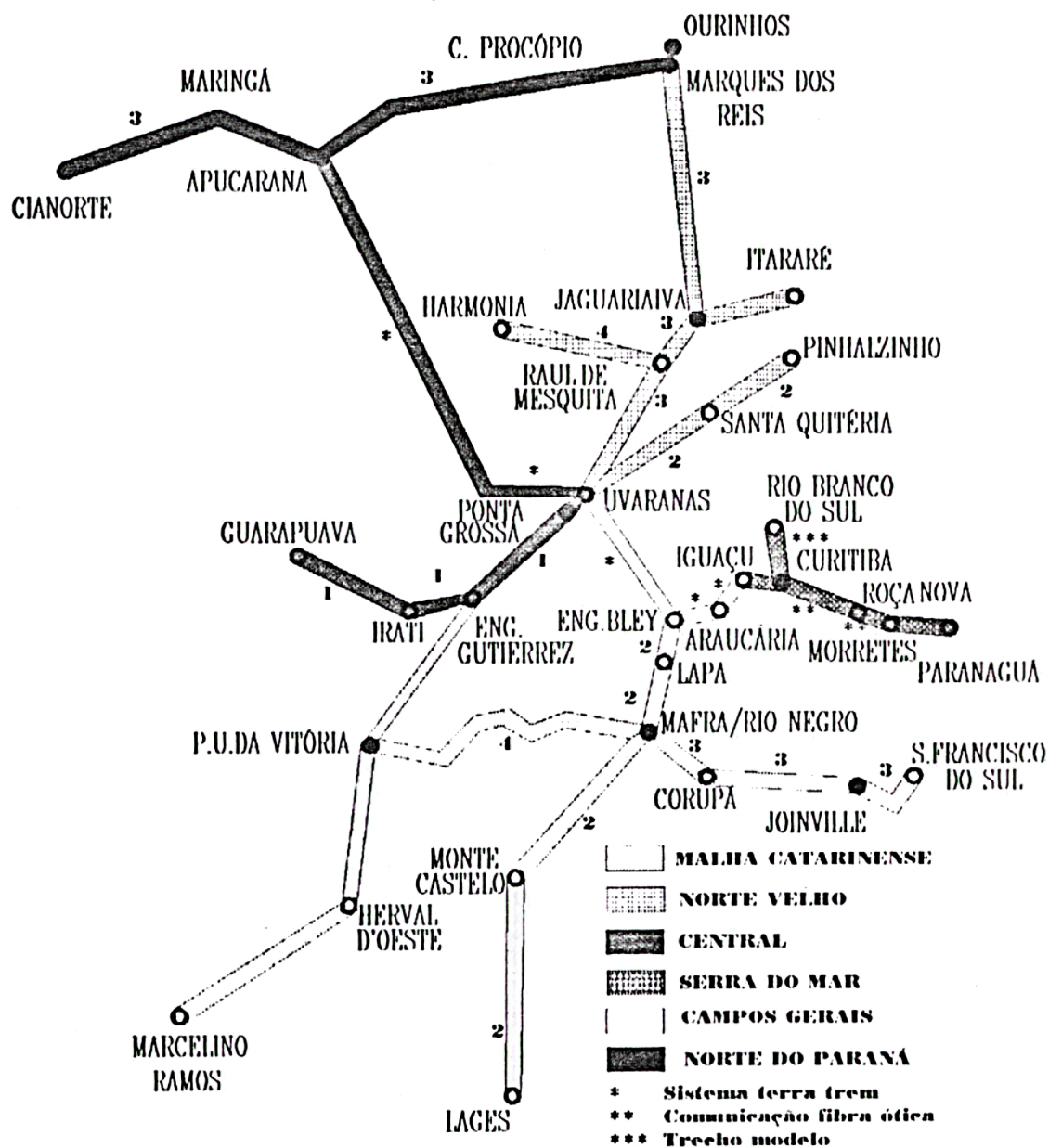
ser gerenciado é necessário somente um rádio receptor dos sinais de comunicação (salvo o número de repetidoras que o trecho necessita). Estes dados poderão ser enviados via EMBRATEL (Empresa Brasileira de Telecomunicações) como já ocorre em algumas comunicações do sistema atual e para cada veículo a ser gerenciado é necessário um sensor GPS, visto que já possuem rádio para transmitir suas coordenadas à base situada no CCO. Exemplifica-se abaixo uma proposta de apoio ao gerenciamento na malha do NORTE DO PARANÁ.

TRECHO: OURINHOS - APUCARANA

TRECHO: CIANORTE - APUCARANA

Apucarana tem qualidades geométricas e topográficas para se estabelecer uma subestação de referência a qual, por sinais de rádio, receberia dados dos veículos que trafegam quer no sentido de Ourinhos quer no sentido de Cianorte (não fica descartada a necessidade de se construir torres repetidoras de sinal de rádio, dependendo da topografia de cada trecho). Estas informações centralizadas em Apucarana são retransmitidas via EMBRATEL ao CCO em Curitiba. O grafista que gerencia a malha do Norte do Paraná, através de um micro computador PC 486, visualiza os movimentos e informações no monitor, registrando no sistema todas as ocorrências e deliberações pertinentes ao gerenciamento. Da mesma forma ao exemplificado, os outros gerenciamentos podem ser atendidos. A figura 05 enfoca os gerenciamentos dos trechos em prioridades.

FIGURA 05 - PRIORIDADES DE IMPLANTAÇÃO



Há trechos onde está sendo implantado o Sistema Terra Trem, que se trata de um sistema que possibilita a comunicação (voz) entre os veículos móveis e as estações ferroviárias. O Sistema de Navegação Controlada vem a ser um complemento, possibilitando fornecer o posicionamento e velocidade dos veículos nos momentos em que os sinais de voz não estão sendo utilizados. Nos trechos onde estão sendo implantados o Sistema de Comunicação através

de cabos de fibra ótica, a Navegação Controlada, atenderia como uma alternativa na possibilidade de rompimento dos cabos de fibra ótica ou qualquer outra falha no sistema atuante.



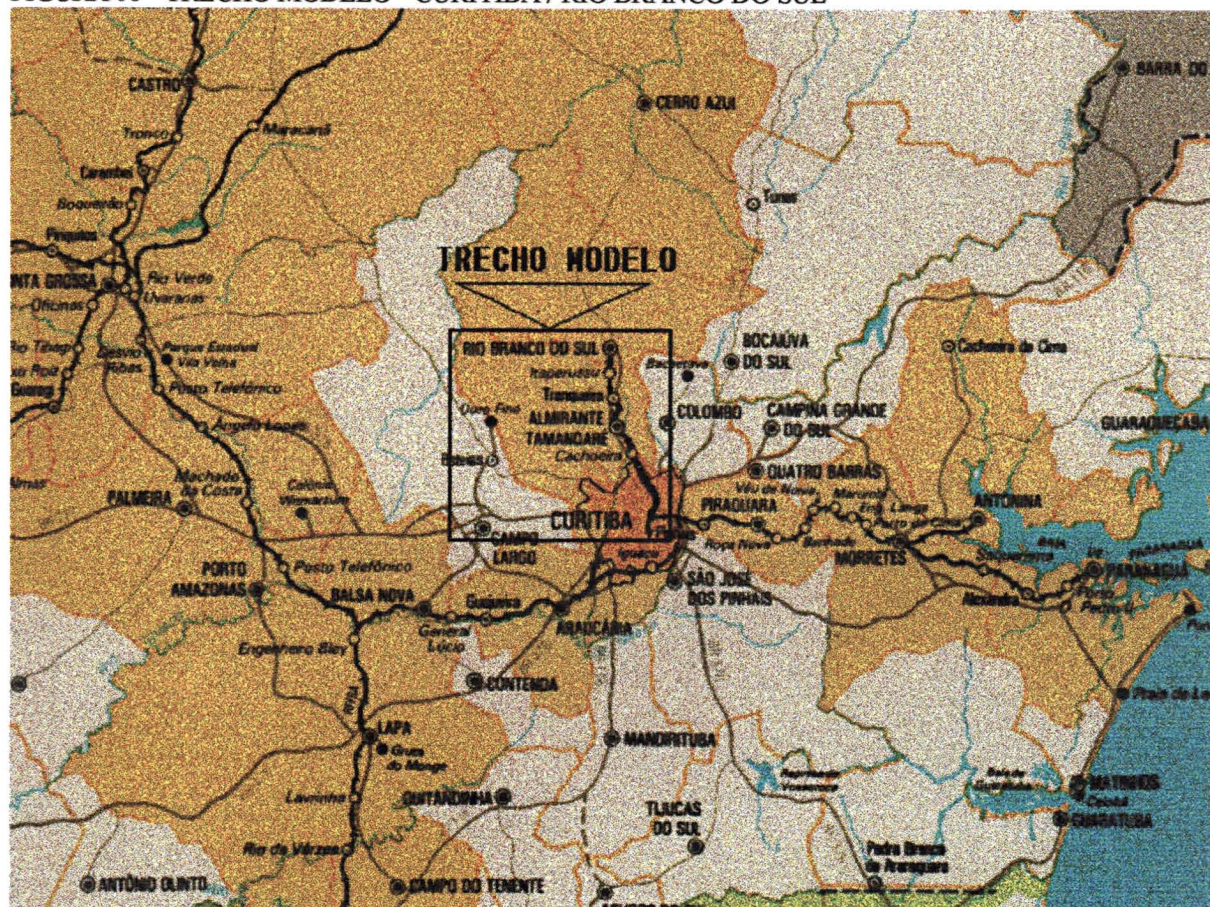
## CAPÍTULO 4 - CONTROLE OPERACIONAL NO TRECHO MODELO

### 4.1) INTRODUÇÃO

Tendo por objetivo a aplicação do Sistema de Navegação Controlada optou-se por realizar testes em um trecho ferroviário que apresentasse dificuldades nos dois itens principais em que o sistema é vulnerável, quais sejam, a transmissão de sinais de rádio e a perda de sinal GPS. Para tanto optou-se pela análise e controle de circulação de trens no trecho ferroviário entre Curitiba e Rio Branco do Sul.

**4.1.1) O TRECHO MODELO:** O Trecho ferroviário Curitiba - Rio Branco do Sul (fig. 06) é hoje responsável pelo escoamento da produção de cimento e cal das fábricas instaladas naquela região. Os vagões carregados neste trecho têm como destinos diversos locais do estado do Paraná. Porém, as locomotivas, salvo avarias, ficam cativas ao trecho.

FIGURA 06 - TRECHO MODELO - CURITIBA / RIO BRANCO DO SUL



O trecho em questão possui um traçado antigo, com curvas de raios pequenos e desenvolvido em uma região muito dobrada, apresentando cortes com alturas consideráveis, o que cria condições para perdas de sinais GPS, bem como muitas montanhas, as quais propiciam temporárias perdas de sinais de comunicação na transmissão de rádio UHF.

**4.1.2) A ESTAÇÃO BASE:** A estação base que está localizada no ETS da RFFSA/SR.5 opera o CCO, que centraliza o gerenciamento de todo o movimento e circulação de trens nos estados do Paraná e Santa Catarina.

O ETS, situado na Rua João Negrão nº. 940, em Curitiba-Pr, foi construído na década de 40. Possuindo uma forma irregular com 4 e 5 andares está hoje rodeado por grandes edifícios que criam dificuldades no recebimento de sinais de rádio UHF. Para contornar este problema a RFFSA/SR.5 construirá no local uma torre visando o recebimento dos sinais de comunicação de rádio.

## **4.2) TRABALHOS DE CAMPO**

Os trabalhos de campo no trecho modelo descritos detalhadamente nos itens 4.2.1, 4.2.2 e 4.2.3, foram voltados para os tipos de levantamentos resumidos na tabela 04.



TABELA 04 - TRABALHOS DE CAMPO

DATA	TIPO DE LEVANTAMENTO	EQUIPAMENTO
27/11/95	SINAIS DE RÁDIO	PACIFIC CREST
30/11/95	SINAIS DE RÁDIO	PACIFIC CREST
03/05/96	CADASTRO	ASHTECH / TRIMBLE
14/05/96	SINAIS DE RÁDIO	PACIFIC CREST
20/05/96	NAVEGAÇÃO	GARMIN 40 / 45

#### 4.2.1) LEVANTAMENTOS DE CAMPO (ALCANCE DE RÁDIO)

##### 4.2.1.1) 1º LEVANTAMENTO

a) Objetivo: Avaliar as dificuldades que o trecho modelo apresentaria quanto a recepção e transmissão de sinais de rádio UHF entre a estação base adaptada no ETS e a estação móvel instalada em um veículo ferroviário percorrendo o trecho Curitiba - Rio Branco do Sul.

b) Equipamentos: Um receptor de mão GARMIN 40, incluindo antena externa modelo 18334-20 para receptor GPS TRIMBLE. Rádios transmissores PACIFIC CREST 35W e 2W-modelo RFM96W, incluindo antenas, cabos e acessórios. Microcomputador PC - 486 e veículo ferroviário.

c) Descrição: No ETS foi adaptada uma estação base utilizando uma antiga torre situada no telhado do quarto andar, conforme mostra a figura 07, onde foi instalada uma antena com um cabo coaxial de 30 metros, interligando a antena ao rádio receptor que descarregava os dados recebidos a um microcomputador PC 486, instalado no quarto andar do referido edifício.

FIGURA 07 - ESTAÇÃO BASE (ETS) - TORRE 01



A estação móvel foi adaptada em um veículo ferroviário que tinha por objetivo percorrer o trecho Curitiba - Rio Branco do Sul. Rastreado através de um sensor GARMIN 40 os

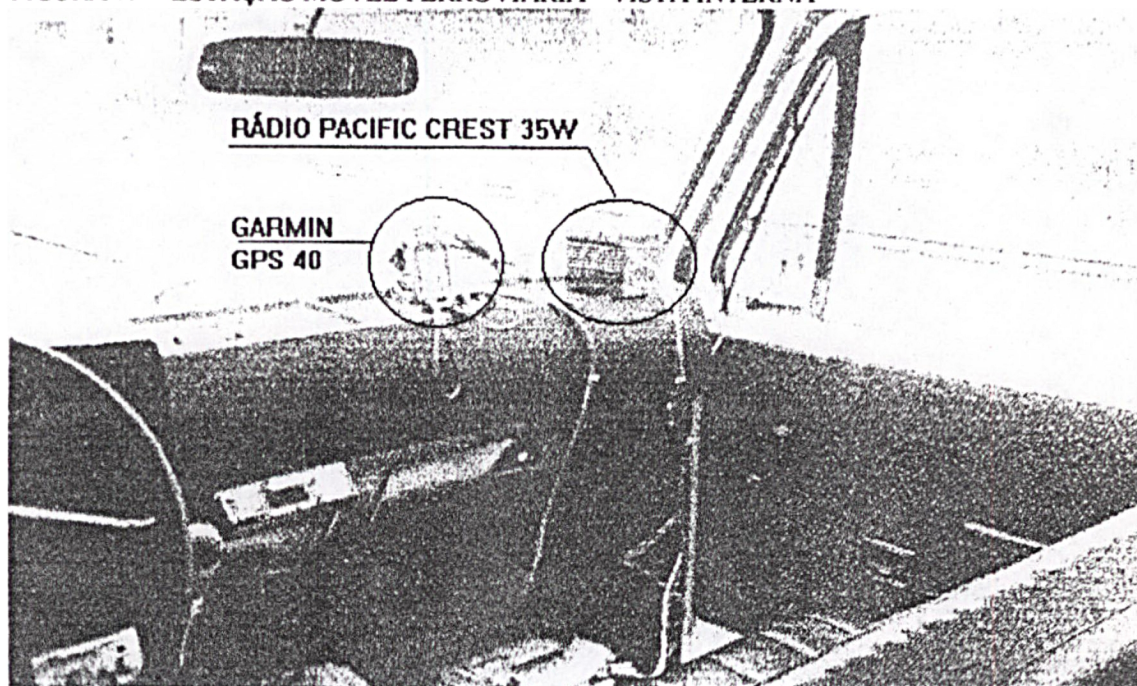


sinais de satélite GPS eram transmitidos via rádio UHF para a estação base, conforme mostram as figuras 08 e 09.

FIGURA 08 - ESTAÇÃO MÓVEL FERROVIÁRIA - VISTA EXTERNA



FIGURA 09 - ESTAÇÃO MÓVEL FERROVIÁRIA - VISTA INTERNA





#### 4.2.1.2) 2º LEVANTAMENTO

a) Objetivo: Confirmar as dificuldades que o trecho modelo apresentaria quanto à recepção e transmissão de sinais de rádio UHF mudando a estação base para o Prédio da Administração da Universidade Federal do Paraná, localizada no Centro Politécnico, e adaptando a estação móvel em um automóvel.

b) Equipamentos: Um receptor de mão GARMIN 40, incluindo cabo serial e antena externa modelo 18334-20 para receptor GPS TRIMBLE. Rádios transmissores PACIFIC CREST 35W e 2 W- modelo RFM96W, incluindo antenas, cabos e acessórios. Microcomputador “notebook” e veículo rodoviário.

c) Descrição: No Prédio da Administração da Universidade Federal do Paraná, localizado no Centro Politécnico, foi adaptada uma estação base junto a caixa d’água, conforme mostra a figura 10.

FIGURA 10 - ESTAÇÃO BASE (UFPr)





Na figura 11 observa-se a estação móvel, que foi adaptada em um automóvel, com a finalidade de percorrer um traçado pré-definido pela Rua Anita Garibaldi, a qual é constantemente cruzada pela ferrovia do trecho Curitiba - Rio Branco do Sul. Rastreamento através de um sensor GARMIN 40 os sinais de satélite GPS eram transmitidos via rádio para a estação base, que coletava os dados recebidos em um microcomputador “notebook”.

FIGURA 11 - ESTAÇÃO MÓVEL RODOVIÁRIA



#### 4.2.1.3) 3º LEVANTAMENTO

a) Objetivo: Visto as dificuldades que o trecho modelo apresentou quanto a recepção e transmissão de sinais de rádio a RFFSA/SR.5 construiu no município de Almirante Tamandaré, no pátio ferroviário da Estação de Almirante Tamandaré, uma torre com 30 metros de altura. Esta torre é observada na figura 12, e tem por finalidade servir como repetidora que viabiliza a



retransmissão de sinais dos veículos que percorrem o trecho Curitiba - Almirante Tamandaré. O objetivo deste levantamento foi testar os sinais de rádio emitidos do topo da torre, com recepção na estação base que fora montada no 5º andar do ETS utilizando uma antiga torre de 5 metros de altura.

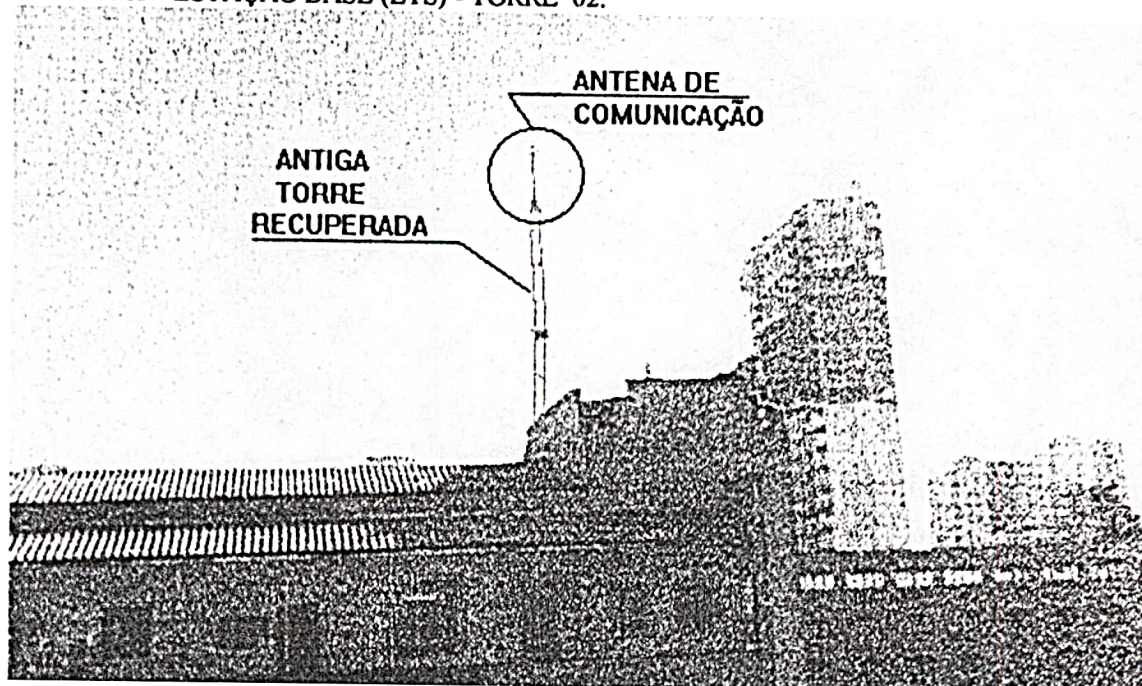
**FÍGURA 12 - PÁTIO FERROVIÁRIO DE ALMIRANTE TAMANDARÉ**



b) Equipamentos: Um receptor de mão GARMIN 40, incluindo cabo serial e antena externa modelo 18334-20 para receptor GPS TRIMBLE. Rádios transmissores PACIFC CREST 35W e 2W/modelo RFM96W, incluindo antenas e acessórios. Microcomputador PC-486 e um automóvel.

c) Descrição: Na cobertura do quinto andar do ETS existe uma antiga torre que possui um pára-raio (ponto mais alto do edifício) onde foi adaptada uma estação base (rádio e antena), conforme figura 13, que descarregava dados recebidos através de um cabo RS232 com 15 metros de comprimento para um computador PC 486 (equipado com no-break), instalado em uma sala do quinto andar do prédio.

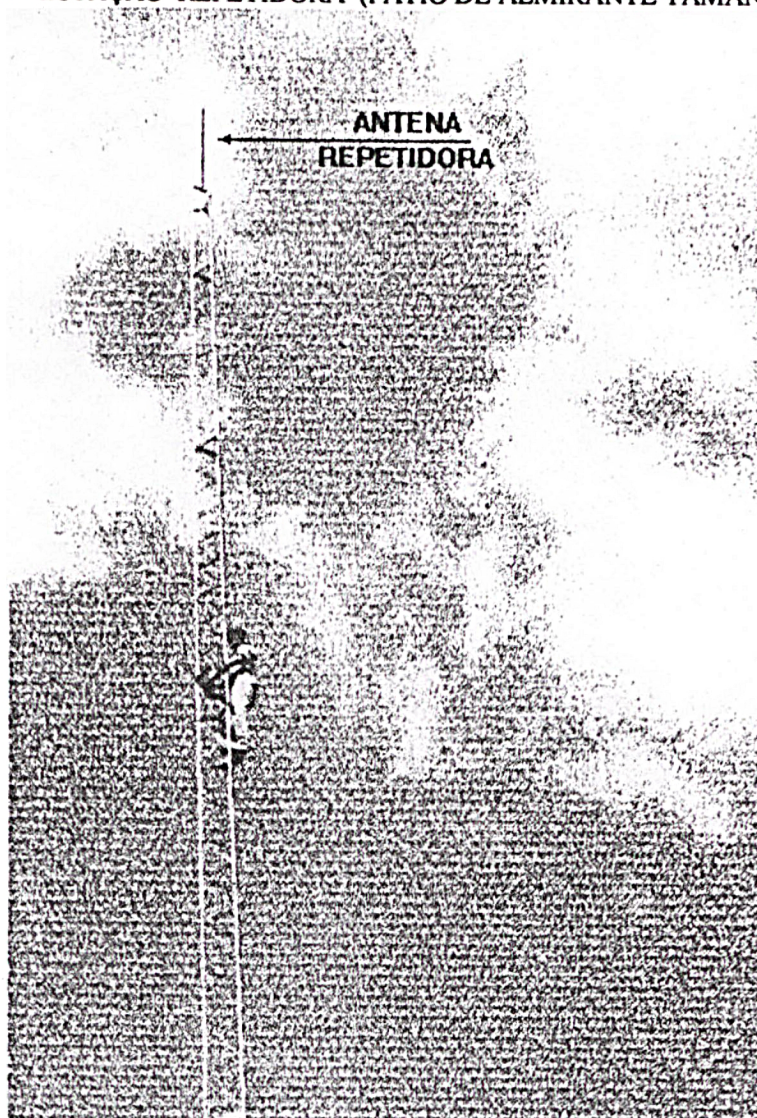
FIGURA 13 - ESTAÇÃO BASE (ETS) - TORRE 02.



A estação móvel foi adaptada em um automóvel, da mesma forma que citado no item 4.2.1.2 - figura 11, com a finalidade de percorrer um traçado pré-definido pela Rua Anita Garibaldi (constantemente cruzada pelo trecho modelo) com destino ao pátio ferroviário de Almirante Tamandaré. A estação móvel rastreava constantemente, através de um sensor GARMIN 40, os sinais de satélite GPS, transmitindo-os via rádio UHF para a estação base. No pátio ferroviário de Almirante Tamandaré os equipamentos do veículo foram instalados no alto da torre, ilustrado na figura 14, com o objetivo de enviar sinais de um rastreamento de 15 minutos.



FIGURA 14 - ESTAÇÃO REPETIDORA (PÁTIO DE ALMIRANTE TAMANDARÉ)



Decorrido este tempo os equipamentos foram novamente instalados no veículo, que retornou à estação base.

#### **4.2.2) LEVANTAMENTOS DE CAMPO (CADASTRAMENTO)**

##### **4.2.2.1) LEVANTAMENTO CINEMÁTICO**

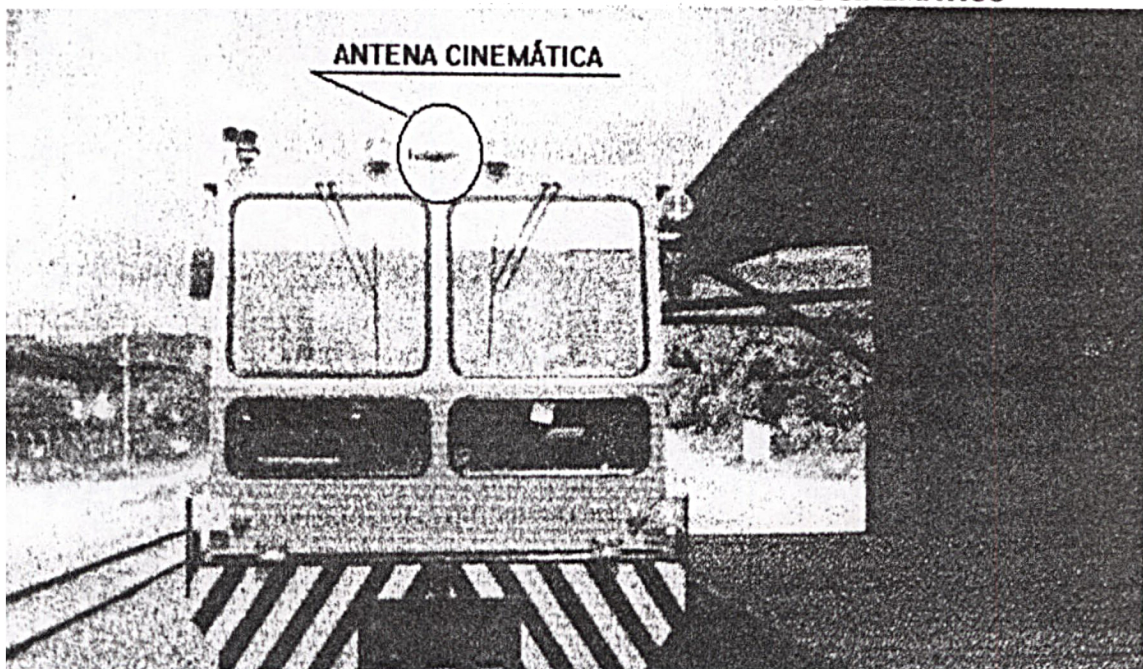
a) Objetivo: Cadastramento das coordenadas do trecho modelo visando a elaboração de banco de dados.



b) Equipamentos: Dois receptores geodésicos TRIMBLE 4000 SST e ASHTECH Z 12, incluindo antenas e acessórios. Um receptor de mão GARMIN 40, incluindo antena externa modelo 18334-20 para receptor GPS TRIMBLE. Microcomputador PC 486 com software Prisma e software Geonap instalados, para comparações do pós-processamento de dados. Veículo ferroviário.

c) Descrição: Junto ao Laboratório de Geodésia por Satélites, localizado no Centro Politécnico, existe um marco geodésico, que faz parte da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) do IBGE, denominado pela sigla PARA, que foi utilizado como estação de referência para um levantamento cinemático em pós-processamento. Este levantamento deu origem ao cadastramento de todas as coordenadas obtidas no deslocamento da estação móvel (fig.15) no sentido de Curitiba para Rio Branco do Sul e retornando para Curitiba.

FIGURA 15 - ESTAÇÃO MÓVEL FERROVIÁRIA - LEVANTAMENTO CINEMÁTICO



Além do levantamento cinemático do trecho o percurso foi acompanhado com um receptor de mão GARMIN 40 através do qual eram consultadas as coordenadas nas passagens por pontos de interesse como marcos quilométricos, viadutos, passagens de nível e pontes. O

levantamento cinemático, em pós-processamento, teve como característica particular o fato de aparelhos rastreadores diferentes terem sido utilizados na estação de referência (Trimble 4000 SST) e na estação móvel (Ashtech Z 12). Os dados deste levantamento foram pós-processados em um microcomputador PC 486, do Laboratório de Geodésia por Satélite.

### **4.2.3) LEVANTAMENTOS DE CAMPO (NAVEGAÇÃO CONTROLADA)**

#### **4.2.3.1) NAVEGAÇÃO**

a) Objetivo: Testar em tempo real o programa de localização de veículos, já com o cadastro do trecho em banco de dados. Avaliar os sinais recebidos na estação base, os quais foram retransmitidos da estação móvel por uma repetidora instalada no alto da torre construída no pátio de Almirante Tamandaré.

b) Equipamentos: Um receptor de mão GARMIN 45, incluindo cabo serial, um receptor de mão GARMIN 40, incluindo cabo serial e antena externa modelo 18334-20 para receptor GPS TRIMBLE. Dois rádiotransmissores PACIFIC CREST 35W e um rádio de 2W, incluindo antenas e cabos. Microcomputadores "notebook" e PC-486. Veículo ferroviário.

c) Descrição: Na cobertura do quinto andar do ETS existe uma antiga torre que possui um pára-raios (ponto mais alto do edifício) onde foi adaptada uma estação base (rádio e antena), semelhante ao item 4.2.1.3 - figura 12, que descarregava dados recebidos através de um cabo RS232 com 15 metros de comprimento para um computador PC 486 (equipado com "no-break") instalado em uma sala do quinto andar do prédio. A estação móvel (apresentada nas figuras 16 e 17) foi adaptada em um veículo ferroviário com o objetivo de percorrer o trecho Curitiba - Rio Branco do Sul. Rastreamento através de um GARMIN 40 os sinais de satélite GPS



eram transmitidos, via rádio, para a repetidora em Almirante Tamandaré que retransmitia para a estação base em Curitiba.

FIGURA 16 - ESTAÇÃO MÓVEL FERROVIÁRIA - VISTA EXTERNA

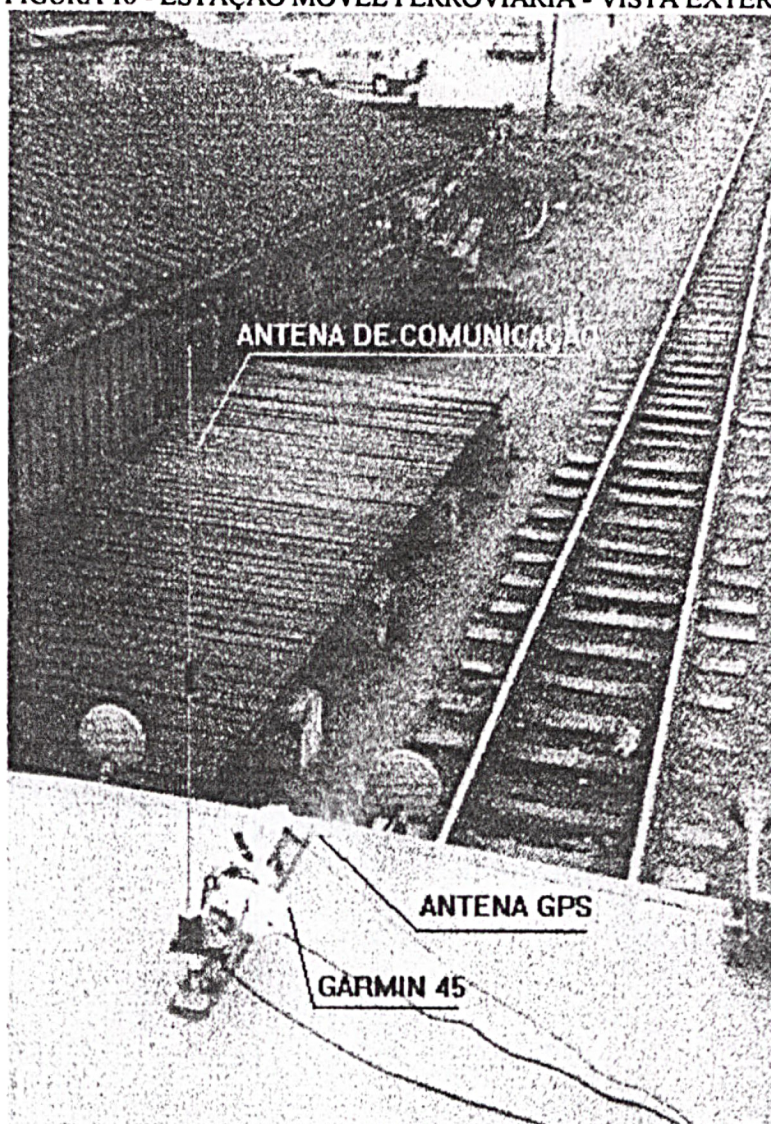
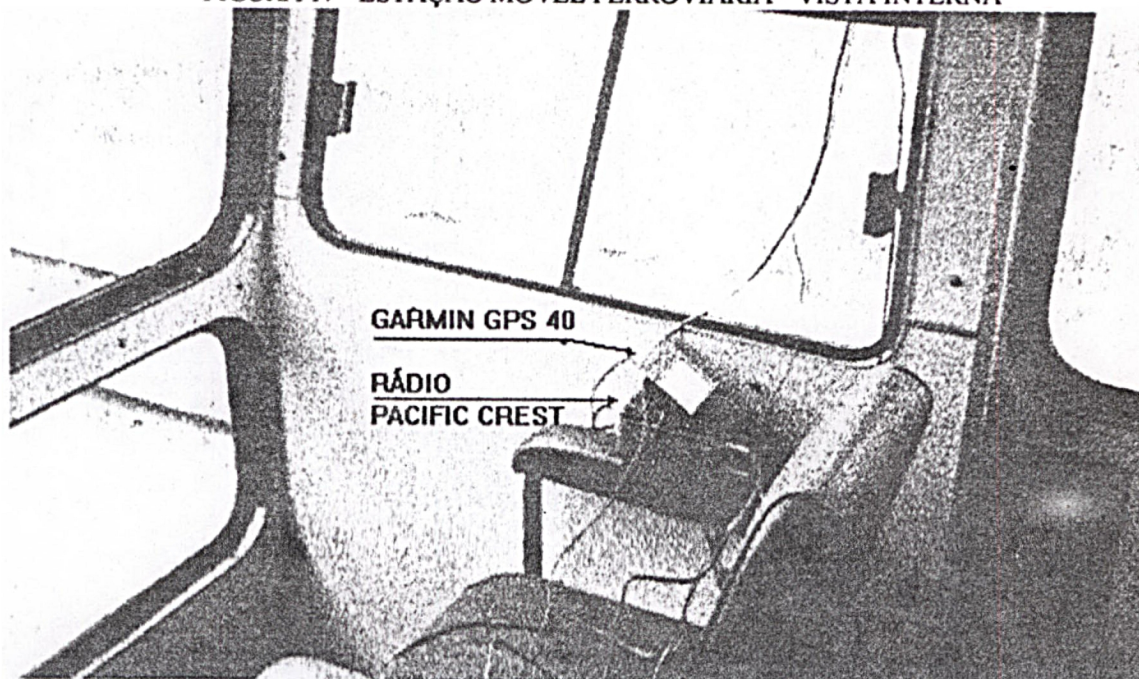


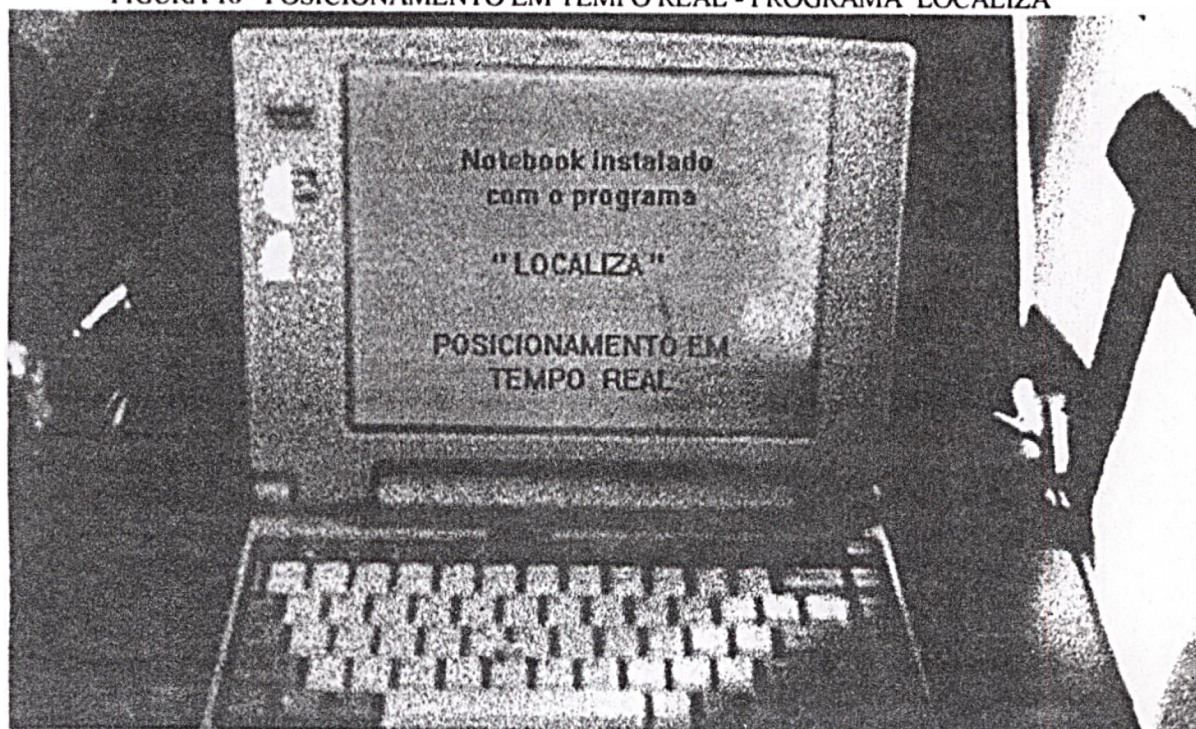


FIGURA 17 - ESTAÇÃO MÓVEL FERROVIÁRIA - VISTA INTERNA



A estação móvel rastreava os sinais de satélite GPS com outro GARMIN 45 descarregando os dados para um "notebook", que possuía instalado o programa de localização de veículos. O programa estava equipado com o banco de dados do do trecho modelo, estilizado na figura 18.

FIGURA 18 - POSICIONAMENTO EM TEMPO REAL - PROGRAMA LOCALIZA



### **4.3) EQUIPAMENTOS UTILIZADOS**

Descreve-se a seguir os equipamento que foram citados nos itens anteriores;

a) 01 receptor de mão GARMIN 40;

b) 01 receptor de mão GARMIN 45;

c) 01 receptor TRIMBLE SST;

d) 01 receptor ASHTECH Z 12;

e) sistema de comunicação;

f) computadores e acessórios.

#### **4.3.1) RECEPTORES GARMIN 40 E GARMIN 45**

Estes aparelhos, ilustrados nas figuras 19 e 20, são auxiliares eletrônicos de navegação. Possuem antena embutida, tela gráfica para situação dos satélites, posicionamento, plotagem e navegação. Pesam 284 gramas e possuem a dimensão de 15,6 x 5,1 x 3,1 cm, sintonizam até 8 satélites simultaneamente. Operam apenas o código C/A sendo que, de acordo com o fabricante, oferecem precisão de 15 metros no posicionamento absoluto (GARMIN, 1995).



FIGURA 19 - RASTREADOR DE MÃO GARMIN 40

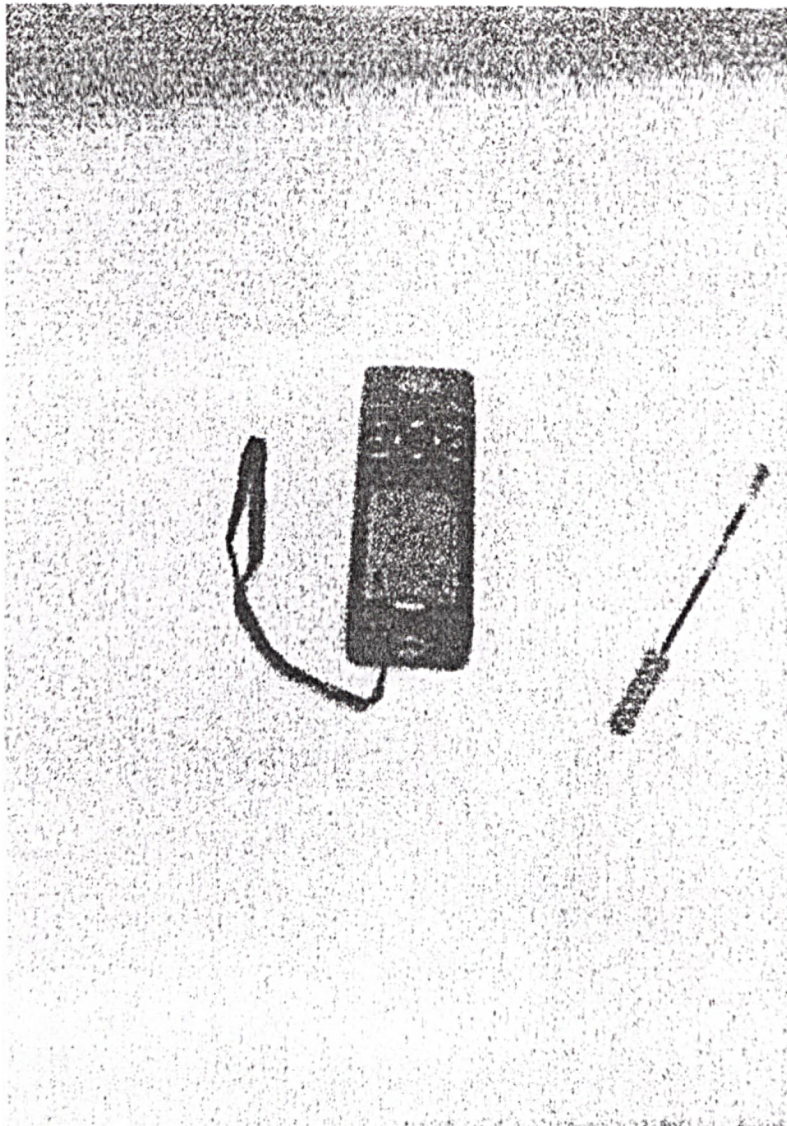
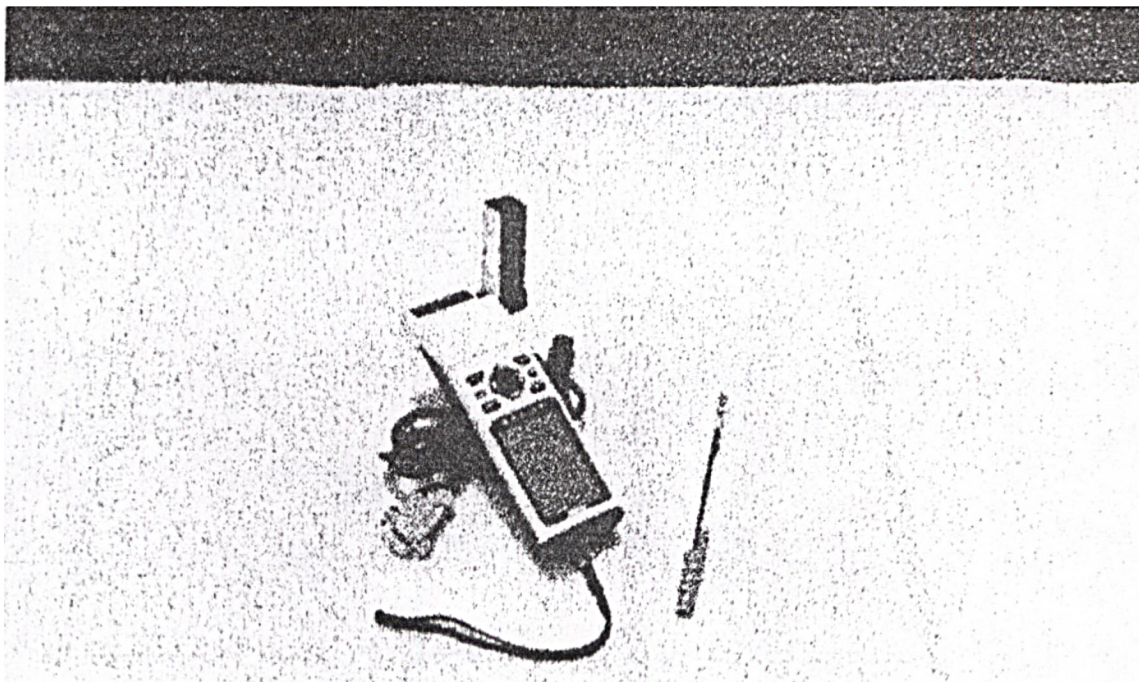


FIGURA 20 - RASTREADOR DE MÃO GARMIN 45



Com interfaces para o padrão NMEA 180, 182, 183GC estes rastreadores permitem intercâmbio de informações através de uma porta serial RS 232, para saída de dados ou recebimento de correções RTCM. São alimentados por 4 pilhas alcalinas e têm uma autonomia de 20 horas de utilização.

#### **4.3.2) RECEPTOR TRIMBLE SST**

Um receptor da série 4000 Trimble que possui alta precisão, pertence à UFPr/CPGCG, e permanece constantemente rastreando no ponto PARA, que faz parte da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) do IBGE. Trata-se de um receptor do tipo multicanal, operando com 8 canais, que possui L1, L2, código C/A e o código P. Possui comunicação por duas portas seriais RS-232 e permite a utilização de antenas geodésicas para dupla frequência.



### 4.3.3) RECEPTOR ASHTECH Z 12

Este é um receptor de alta precisão, pode ser observado na figura 21, que pertence a UFPr/GPGCG e possui as seguintes características:

- 12 canais de recepção para portadora L1; códigos C/A, P e Y;
- 12 canais para portadora L2, código P e Y;
- 1 MB de memória interna;
- Duas portas de comunicação RS-232 com cabo para microcomputador;
- Leitura estática, cinemática, pseudo-estática e “fast static”;
- Precisão estática de 5 mm +/- 1 PPM vezes o comprimento da base;
- Dupla entrada de energia;
- Seleção de configuração de antena;
- Display de 40 caracteres por 8 linhas;
- Antena L1/L2 com cabo de 10 m, cabo de bateria e cabos RS 232;
- Saída para dados em tempo real (dados brutos);
- Entrada e saída RTCM;
- Cinemático em tempo real.

FIGURA 21 - RASTREADOR GEODÉSICO ASHTECH Z 12.

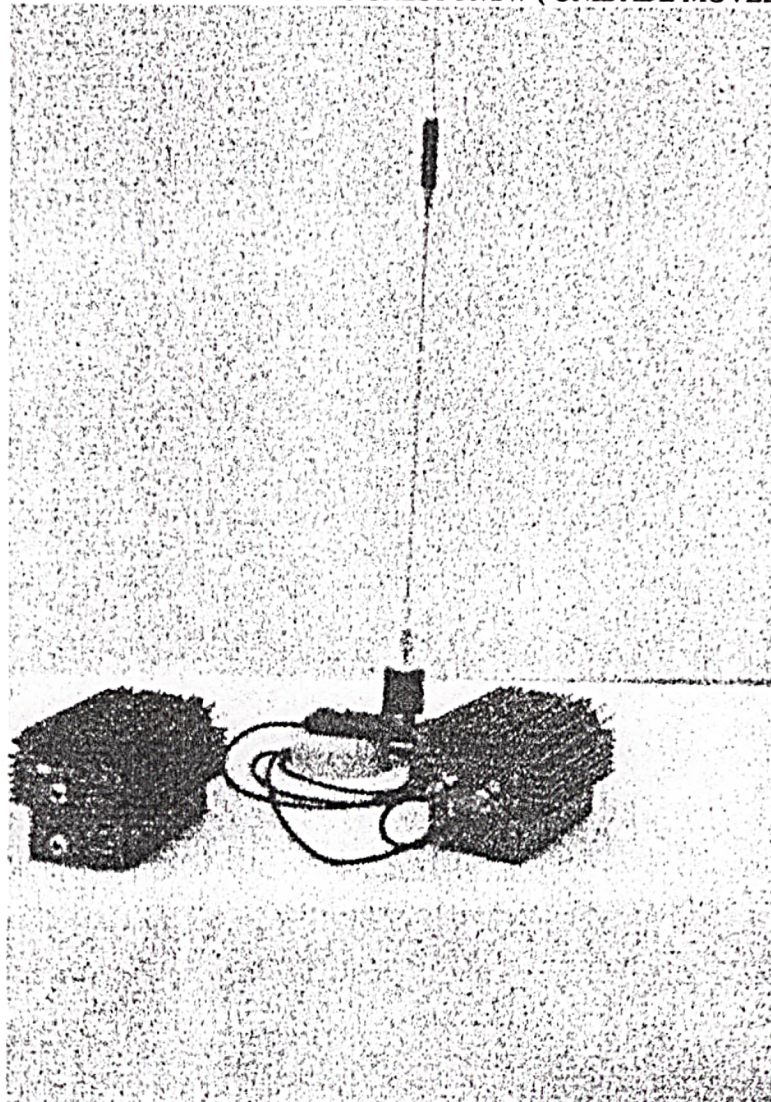




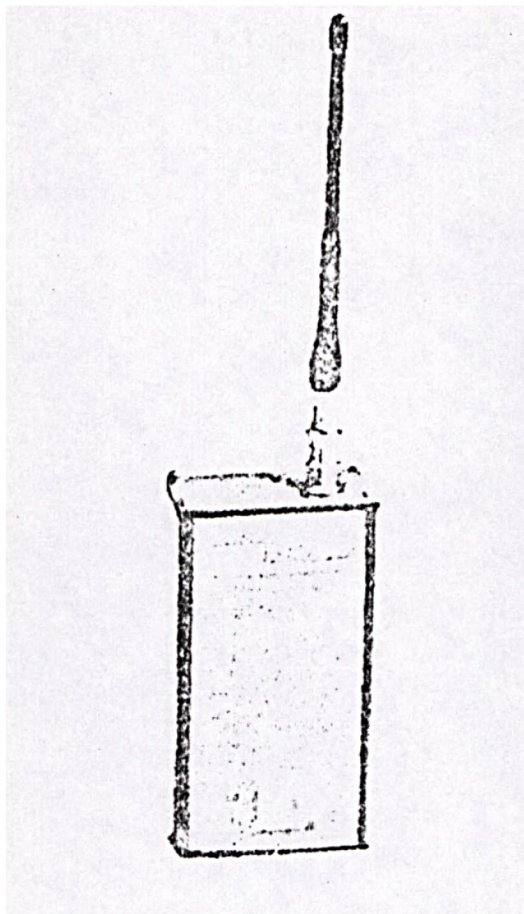
#### 4.3.4) SISTEMA DE COMUNICAÇÃO

O sistema de comunicação consiste de um “link” de rádio composto de duas unidades com potência de 35W (fig.22) e 2W ( fig.23), respectivamente, e pertencem a UFPr/CPGCG, com as características abaixo:

FIGURA 22 - RÁDIO PACIFIC CREST 35/2W ( UNIDADE MÓVEL)



**FIGURA 23 - RÁDIO PACIFIC CREST 2W ( BABY BLUE) - BASE**



- “Link” de dados PACIFIC CREST C.O. para alcance de 5-10 km e 30-40 km com rádio integrado e cabos de conexões com as seguintes características:

Rádio:

- Faixa de frequência em UHF;
- Potência de saída 2W e 35 W;
- Antena tipo vertical com cabos de 10 m;
- Porta de comunicação para trabalhar acoplado ao modulador / demodulador especificado;

dulador especificado:

- Cabo de alimentação;

**Modulador:**

- Porta de Comunicação via RS 232 para comunicação com micro ou entrada de dados digitais com velocidade de 9600 bps;
- Porta de comunicação para controle de rádios especificados;
- Capacidade de modulação em MSK e FSK;
- Ajuste de operações via software compatível com micro PC;

**Demodulador:**

- Porta de comunicação com rádio;
- Porta de comunicação via RS 232 para conexão a micro PC ou saída de dados digitais com velocidade de 9600 bps;
- Porta de comunicação para recebimento de dados modulados;
- Capacidade de trabalhar com modulações tipo MSK e FSK;
- Ajuste de operação via software compatível com micro PC;

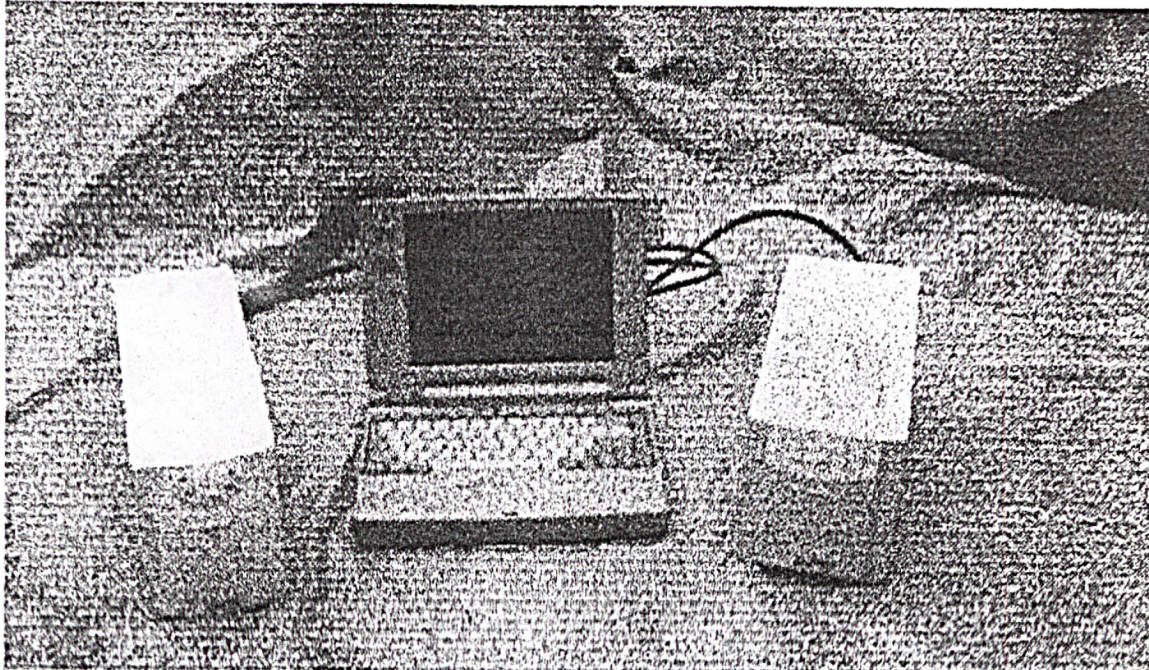
### **4.3.5) COMPUTADORES E ACESSÓRIOS**

#### **4.3.5.1) "NOTEBOOK"**

Nos levantamentos de campo foi utilizado um notebook, com co-processador matemático, drive de 3½", disco rígido de 400 Mb, 8Mb de memória RAM. Este computador possui autonomia de energia de 2 horas. Além desta autonomia foi utilizado um aparelho No-Break que fornece tensão de 110 V por um período de 3½ horas. Estes equipamentos, ilustrados na figura 24, foram instalados dentro de um auto de linha (veículo ferroviário) e forneciam o posicionamento do veículo em um gráfico do programa de localização.



FIGURA 24 - "NOTEBOOK" E ACESSÓRIOS



#### 4.3.5.2) MICROCOMPUTADOR PC 486

Nos trabalhos de pós-processamento dos dados de campo, bem como elaboração do programa de localização em linguagem C, foi utilizado um computador PC 486, pertencente a UFPr/CPGCG, com as seguintes características:

- 2 Drives A, B (3½" e 5¼");
- MSDOS e Compilador em Linguagem C, do Departamento de Informática;
- 6 Mb de memória RAM;
- 400 Mb de disco rígido;
- Monitor VGA color.

Por algumas vezes equipamentos similares a este serviram de estação base na RFFSA/SR.5.

#### **4.4) PROGRAMAS UTILIZADOS**

Nos levantamentos foram necessárias a utilização de programas comerciais, programas científicos e mesmo desenvolver programa específico para o posicionamento dos veículos, como é comentado nos itens a seguir:

##### **4.4.1) PC100S2**

Programa comercial que acompanha os receptores GARMIN 40 e GARMIN 45. Tem como objetivo descarregar os dados recebidos pelos receptores em tempo real, plotando em tela as rotas desenvolvidas pelos veículos em movimento.

##### **4.4.2) GEONAP**

É um programa científico, desenvolvido em módulos, pelo "Institut für Erdmessung" (Wübbena, 1989) e (GEONAP Referenz Handbuch, 1992) da Universidade de Hannover, Alemanha; este pacote de programas está sendo aperfeiçoado pela empresa Geospace apresentando três módulos distintos: Geonap S, Geonap K e Geonap KS. No cadastro do trecho ferroviário Curitiba - Rio Branco do Sul, o programa Geonap K foi utilizado para o pós-processamento dos dados do levantamento cinemático.

##### **4.4.3) PRISM**

Com a aquisição dos equipamentos Ashtech Z 12, pela UFPr/CPGCG, em complemento adquiriu-se o programa PRISM que é um programa comercial voltado para o processamen-

to de dados dos equipamentos Ashtech. Este software foi utilizado no pós-processamento dos dados no levantamento cinemático realizado no trecho Curitiba - Rio Branco do Sul. Este levantamento destinou-se à elaboração do cadastro da linha férrea naquele trecho.

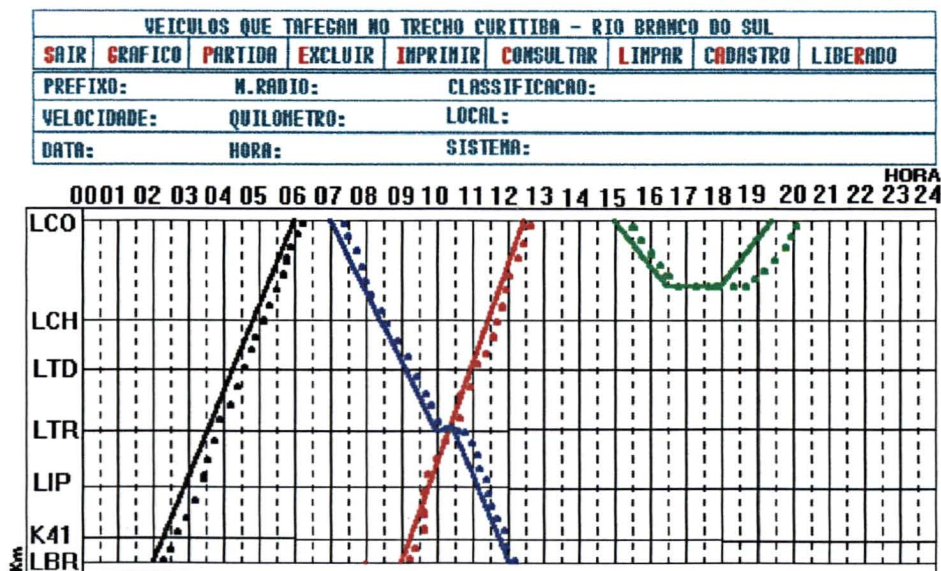
#### **4.4.4) LOCALIZA**

É um programa desenvolvido em linguagem C (Cabral, 1989) e (Schildt,1991) tendo por objetivo apresentar em tela (monitor VGA colorido) um gráfico que é utilizado pelos grafistas (funcionários responsáveis pelo controle do movimento de trens).

O gráfico apresenta no eixo das ordenadas os quilômetros das diversas estações que estão compreendidas no trecho gerenciado, e no eixo das abcissas a contagem do tempo em horas e minutos, contados de 0:00 hs a 24:00 hs. Neste gráfico o grafista executa diariamente a programação dos veículos ferroviários e assinala em cores específicas, traços que demonstram os veículos em deslocamento.

O programa LOCALIZA, apresentado na figura 25, permite ao grafista realizar o mesmo trabalho, gerenciando em um PC 486 os veículos que deverão circular em um determinado trecho. Os traços coloridos que demonstram os veículos em deslocamento são plotados automaticamente pelos sinais GPS recebidos das estações móveis. Desta forma, pode-se fazer uma análise se o veículo está atrasado ou antecipado, sempre em relação ao deslocamento previsto na programação diária. No caso de ocorrerem paralisações com o veículo, detecta-se a que hora e local elas ocorreram.

FIGURA 25 - GRÁFICO APARESENTADO NO PROGRAMA LOCALIZA

**R.F.F.S.A. - SR5****GRÁFICO**

A figura 25 apresenta vários exemplos de veículos programados e seus respectivos deslocamentos durante o intervalo de um dia de operação. Por exemplo, a linha azul representa uma composição ferroviária que partiu de Curitiba transportando vagões vazios de cimento para serem carregados em Rio Branco do Sul. A previsão de viagem foi:

Primeiro segmento:

Origem: Estação de Curitiba (LCO).

Partida: 7:00 h.

Destino: Estação de Tranqueira (LTR).

Chegada: 10:00h.

Intervalo de Cruzamento: das 10:00 as 10:30 h.

Segundo segmento:

Origem: Estação de Tranqueira (LTR).

Partida: 10:30 h.

Destino: Estação de Rio Branco do Sul (LRB).

Chegada: 12:00 h.

Na viagem realizada ocorreram atrasos e nas linhas pontilhadas observa-se:

- Ao partir das origens previstas a linha realizada afastou-se da programada e, para compensar o atraso, o maquinista aumentou a velocidade da composição;
- No Gráfico onde é representada a estação de Tranqueira (LTR) as linhas pontilhadas representam o tempo que a composição (na cor azul) ficou paralizada, a ponto de se tornar uma linha cheia, permitindo o cruzamento de uma outra composição, representada na cor vermelha, naquela estação.

Além de um traçado gráfico em tempo real o programa fornece na tela alguns dados como:

- Prefixo do veículo ferroviário;
- identificação do rádiotransmissor instalado no veículo ferroviário;
- classificação em que o veículo se enquadra em função do que está transportando;
- velocidade em km/h em tempo real que o veículo está desenvolvendo, com alarme se a velocidade ultrapassar os valores permitidos no trecho que circula;
- a posição do quilômetro ferroviário em tempo real;
- o local, se está no trecho, em pátio, parado em estação, sobre passagem de nível, ponte ou viaduto, ou demais pontos de interesse;
- a data e hora oficial;
- alarme se o Sistema GPS estiver fora do ar (confiabilidade e integridade);
- boletim de ocorrência em casos imprevistos decorrentes do tráfego dos veículos, conforme figura 26.



FIGURA 26 - BOLETIM APRESENTADO NO PROGRAMA LOCALIZA.

R.F.F.S.A. - SR5		BOLETIM	
BOLETIM DOS VEICULOS QUE TRAFEGAM NO TRECHO CURITIBA - RIO BRANCO DO SUL			
DATA: __/__/__		HORARIO: __:__:__	
DADOS DO VEICULO			
PREFIXO: _____	N. RADIO: _____	ORIGEM: _____	DESTINO: _____
HORARIO PREVISTO DE PARTIDA: _____		HORARIO PREVISTO DE CHEGADA: _____	
CLASSIFICACAO: _____			
DADOS DE PARTIDA			
LIBERACAO DE: _____		PARA: _____	HORARIO DA LIBERACAO: _____
FUNCIONARIOS			
GRAFISTA: _____		CONDUTOR: _____	
AGENTE DE ORIGEM: _____		AGENTE DE DESTINO: _____	
JUSTIFICATIVA: _____			
DADOS DE OCORRENCIA			
DESCRICAO DA OCORRENCIA: _____			
L1: _____			
L2: _____			
L3: _____			

Além destes dados fornecidos no monitor o programa permite saída para impressão do boletim e gráfico em cores. Do mesmo modo cria três arquivos nomeados com a data corrente destinados a:

- Arquivo dos dados GPS: registra as coordenadas e as velocidades, no tempo GPS;
- arquivo de gerenciamento: registra as pessoas envolvidas na liberação do tráfego como o nome do grafista, os nomes dos agentes de estação de origem e destino, o nome do condutor do veículo, os horários de partida e previsão de chegada, o nome dos locais de origem e de destino;
- arquivo de ocorrência: registra todos os dados fornecidos no boletim de ocorrência preenchido nos casos imprevistos decorrentes do tráfego dos veículos.

Estes arquivos possibilitam a RFFSA/SR.5 resgatar acontecimentos passados seja para estudos de operação ferroviária, comissões de inquéritos que analisem eventuais acidentes, ou

mesmo causas de direito envolvendo procedimentos trabalhistas. O programa está estruturado para receber os dados por uma porta de comunicação serial (COM 1), permitindo que as coordenadas após processadas sejam enviadas para outra porta serial de comunicação (COM 2) visando aplicações acessórias em aplicativos (Maxicad, Autocad, etc.). Está sendo desenvolvida uma biblioteca exclusiva que receberá as correções RTCM, de um receptor que esteja na base, visando utilizar a técnica DGPS.

#### **4.5) NAVEGAÇÃO CONTROLADA NA RFFSA/SR.5**

Tomando como base a implantação da navegação controlada realizada para um veículo, a nível de testes realizados no trecho modelo com o objetivo de uma idéia preliminar, a seguir descreve-se o custo dos equipamentos que atualmente são oferecidos no mercado e atendem as necessidades da RFFSA/SR.5. Não está sendo considerado o custo de possíveis torres repetidoras que são peculiares a cada trecho. A utilização do GPS é aberta à comunidade civil, não representando atualmente custos.

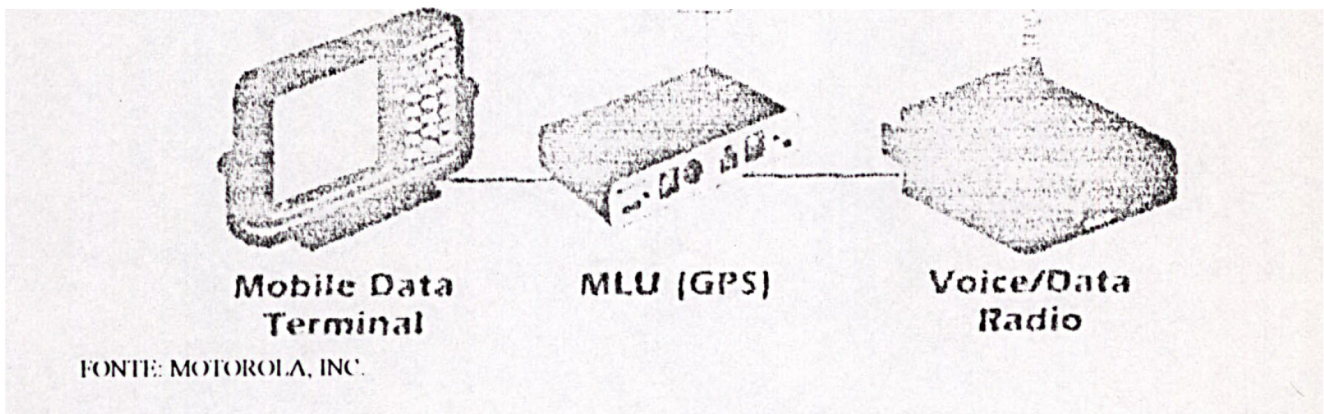
##### **4.5.1) CUSTO DOS EQUIPAMENTOS**

O sistema proposto tem como fundamento a construção de um banco de dados que armazena as coordenadas (latitude, longitude e altitude) de um trecho a ser gerenciado. Para a construção deste banco de dados é necessária a utilização de um equipamento com capacidade de fornecer maior precisão nos resultados de seu rastreamento. Porém, este equipamento só é utilizado quando da realização do cadastramento de um determinado trecho ou qualquer outra alteração no posicionamento da via férrea que este trecho porventura venha a sofrer, de forma a atualizar o banco de dados.

O equipamento utilizado para a elaboração do banco de dados do trecho modelo foi o receptor geodésico ASHTECH Z-12, conforme características citadas no item 4.3.3. Em resposta à consulta realizada em 03 de junho de 1996, a empresa TRIMBASE informou que o preço de um par deste equipamento é de R\$ 85.000,00. Evidentemente que, uma vez cadastrado um trecho no banco de dados do programa gerenciador, o equipamento não será mais utilizado, tornando desnecessária a aquisição deste equipamento, sendo que esta etapa de cadastramento pode ser feita por locação de equipamento similar. No caso do cadastramento das linhas férreas da RFFSA/SR.5 torna-se possível contar com o apoio da UFPr/CPGCC, valendo-se do convênio existente entre as duas entidades.

A comunicação de rádio para a transmissão dos dados, do veículo móvel para a base, é mais um investimento a ser considerado. A RFFSA/SR.5 possui hoje em seus veículos o rádio modelo SPECTRA - A5, marca MOTOROLA. A própria MOTOROLA oferece hoje no mercado uma unidade móvel típica (MLU - Mobile Logic Unit), conforme figura 27, que faz a interface entre o rádio e um terminal de dados móvel. O terminal de dados, no caso da RFFSA/SR.5, é dispensável visto que todos os dados recebidos pelo rádio são gerenciados no CCO.

FIGURA 27 - UNIDADE MÓVEL LÓGICA - MOTOROLA

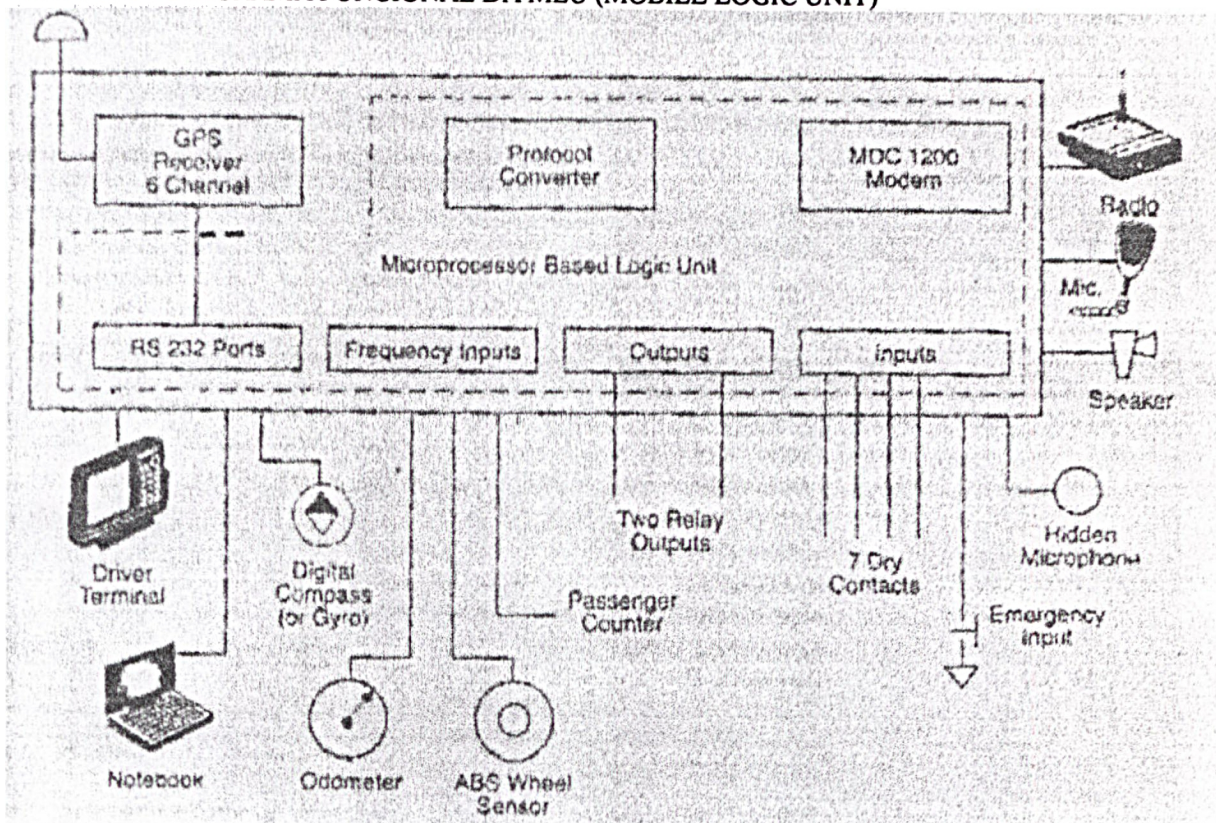




O sistema proposto dispensa a necessidade de um terminal móvel de dados (Mobile Data Terminal). Para a utilização dos rádios atualmente já instalados nos veículos ferroviários é necessário a instalação da unidade lógica móvel (MLU - fig.28) que já possui sensor de satélites GPS e faz a interface com várias unidades voltadas para os rádios modelo SPECTRA.

Em consulta direta com o fabricante (Motorola Inc. SPS Department - Telephone: 972-3-5658141, Fax: 972-3-5658733) o conjunto da figura 28 sai de fábrica pelo preço de US\$ 2.000,00. No Brasil este acessório está sendo comercializado na faixa de R\$ 4.000,00.

FIGURA 28 - DIAGRAMA FUNCIONAL DA MLU (MOBILE LOGIC UNIT)



FONTE: MOTOROLA INC.

## **CAPÍTULO 5 - PROCESSAMENTO E ANÁLISE DOS RESULTADOS**

### **5.1) INTRODUÇÃO**

No processamento dos trabalhos de campo descritos no capítulo 4 três etapas distintas foram definidas:

a) Quanto aos sinais de rádio, visando obter na base (CCO) os sinais transmitidos pelos veículos em movimento;

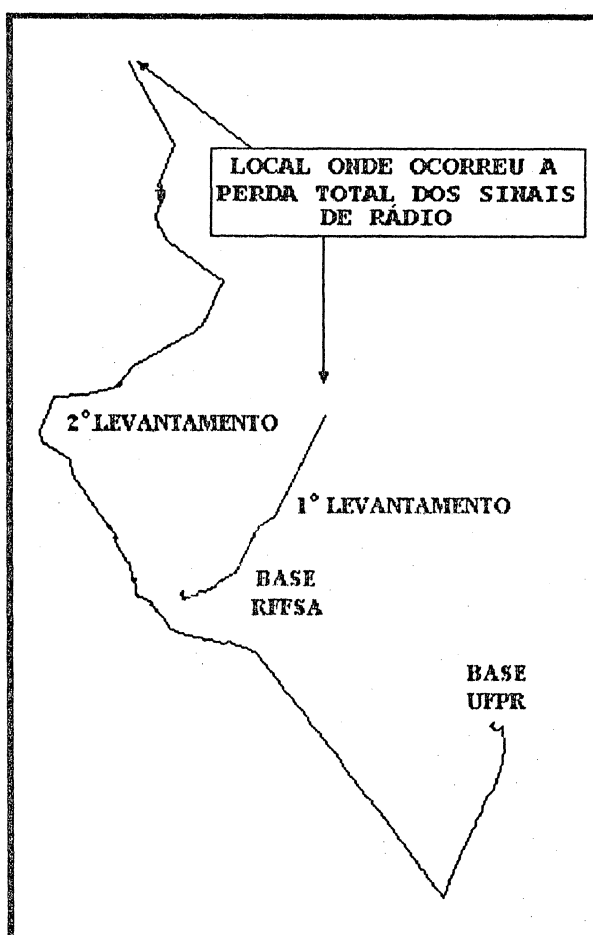
b) O cadastramento do trecho modelo, consistindo em cadastrar o trecho com suas coordenadas (latitude, longitude e altitude) relacionadas com os respectivos quilômetros ferroviários;

c) A navegação controlada no trecho modelo, sendo que no CCO, através do programa de localização respaldado pelo banco de dados do cadastrado, foi acompanhado em tempo real o deslocamento da estação móvel.

### **5.2) QUANTO AOS SINAIS DE RÁDIO UHF**

Nos 1º e 2º levantamentos (itens 4.2.1.1 e 4.2.1.2) os dados obtidos foram processados no programa PC110S2 e como pode ser visto na figura 29 este processamento limita-se em fornecer a trajetória realizada e os pontos de perda de sinal. Em complemento a figura 30 apresenta esta trajetória vinculada a uma parte do mapa da cidade de Curitiba de forma a melhor elucidar a região percorrida.

FIGURA 29 e 30 - PERDA DE SINAL DE RÁDIO









No primeiro levantamento confirmaram-se as dificuldades de recebimento de sinais de rádio no ETS, visto que a base adaptada em uma torre no quarto andar não conseguiu captar os sinais enviados a uma distância além de 2,20 kms, o que já não ocorreu no segundo levantamento, onde o alcance chegou a 7,40 kms.

O 3º levantamento (item 4.2.1.3) apresentou resultado positivo pois os sinais enviados pela torre construída no município de Almirante Tamandaré foram recebidos na torre do 5º andar do ETS. Entre estes dois locais existe uma distância em linha reta de aproximadamente 14,5 kms, o que indicou a possibilidade de utilizar a torre do pátio de Almirante Tamandaré para instalar uma repetidora dos sinais enviados pelos veículos que percorrem o trecho modelo.

### **5.3) CADASTRO DO TRECHO MODELO**

No cadastramento do trecho modelo foi executado um levantamento cinemático com um receptor geodésico (descrito no item 4.3.2) TRIMBLE SST na estação de referência. Na estação móvel foi utilizado outro receptor geodésico (descrito no item 4.3.3) ASHTECH Z 12 que em deslocamento registrava os dados GPS da trajetória. Estes equipamentos foram configurados para aceitar os sinais de no mínimo um satélite, na elevação de 10º e taxa de coleta de dados de um sinal GPS por segundo, o que permitiu a uma velocidade de deslocamento constante de 40 km/h, um cadastro com o registro das coordenadas a cada 11 metros.

Resumidamente apresenta-se na tabela 05, uma comparação das coordenadas obtidas em tempo real com um equipamento, a princípio, sem muita precisão (GARMIN 40) e as coordenadas obtidas com um receptor de alta precisão Ashtech Z 12, pós-processados com o programa PRISM.



TABELA 05 - POSICIONAMENTO PLANIMÉTRICO DOS MARCOS QUILOMÉTRICOS

KM	PÓS-PROCESSADO - Z 12		TEMPO REAL - GARMIN 40	
	LATITUDE	LONGITUDE	LATITUDE	LONGITUDE
00	25°26,305'	49°15,446'	25°26,292'	49°15,433'
01	25°25,759'	49°14,926'	25°25,757'	49°14,910'
02	25°25,214'	49°14,684'	25°25,218'	49°14,698'
03	25°24,894'	49°14,544'	25°24,890'	49°14,552'
04	25°24,297'	49°14,759'	25°24,307'	49°14,743'
05	25°23,949'	49°15,168'	25°23,965'	49°15,155'
06	25°23,686'	49°15,339'	25°23,680'	49°15,323'
07	25°23,178'	49°15,612'	25°23,167'	49°15,598'
08	25°22,626'	49°15,784'	25°22,612'	49°15,788'
09	25°22,207'	49°15,687'	25°21,217'	49°15,675'
10	25°21,758'	49°15,799'	25°21,757'	49°15,810'
11	25°21,248'	49°15,812'	25°21,260'	49°15,813'
12	25°20,766'	49°15,865'	25°20,781'	49°15,861'
13	25°20,340'	49°16,240'	25°20,352'	49°16,233'
14	25°19,910'	49°16,376'	25°19,922'	49°16,385'
15	25°19,583'	49°16,619'	25°19,593'	49°16,608'
16	25°19,096'	49°16,345'	25°19,112'	49°16,357'
17	25°18,854'	49°16,662'	25°18,856'	49°16,653'
18	25°18,838'	49°17,149'	25°18,852'	49°17,163'
19	25°18,657'	49°17,507'	25°18,663'	49°17,517'
20	25°18,406'	49°17,631'	25°18,393'	49°17,637'
21	25°17,902'	49°17,770'	25°17,893'	49°17,785'
22	25°17,601'	49°17,451'	25°17,592'	49°17,445'
23	25°17,290'	49°17,527'	25°17,303'	49°17,511'
24	25°16,969'	49°17,433'	25°16,974'	49°17,437'
25	25°16,577'	49°17,176'	25°16,568'	49°17,163'
26	25°16,398'	49°17,371'	25°16,405'	49°17,365'
27	25°16,044'	49°18,128'	25°16,055'	49°18,132'
28	25°15,579'	49°18,368'	25°15,568'	49°18,352'
29	25°15,267'	49°18,794'	25°15,278'	49°18,787'
30	25°14,892'	49°19,164'	25°14,907'	49°19,172'
31	25°14,612'	49°19,707'	25°14,622'	49°19,695'
32	25°14,352'	49°20,143'	25°14,368'	49°20,158'
33	25°14,122'	49°20,379'	25°14,130'	49°20,385'
34	25°13,693'	49°20,153'	25°13,703'	49°20,155'
35	25°13,414'	49°20,361'	25°13,422'	49°20,628'
36	25°13,115'	49°20,238'	25°13,108'	49°20,225'
37	25°13,030'	49°19,856'	25°13,017'	49°19,855'
38	25°12,978'	49°19,347'	25°12,963'	49°19,337'
39	25°12,751'	49°19,281'	25°12,758'	49°19,268'
40	25°12,472'	49°19,205'	25°12,488'	49°19,207'
41	25°12,055'	49°19,069'	25°12,047'	49°19,059'

## 5.4) NAVEGAÇÃO CONTROLADA

Os trabalhos de campo realizados no item 4.2.3 mostraram que a Navegação Controlada teve resultado positivo no posicionamento em tempo real. A tabela 06 apresenta separadamente para a latitude e longitude, parte do banco de dados cadastrado no programa de localização voltado exclusivamente para a posição do quilômetro. As diferenças no posicionamento são apresentados da mesma forma nas figuras 31 e 32, observando-se que os erros ficaram dentro de uma faixa de aproximadamente 30 metros.

TABELA 06 - BANCO DE DADOS DO CADASTRO (MARCOS QUILOMÉTRICOS)

KM	LATITUDE			LONGITUDE		
	CADASTRO	NAVEGAÇÃO	DIFERENÇA (m)	CADASTRO	NAVEGAÇÃO	DIFERENÇA (m)
00	25°26,305'	25°26,292'	23.975	49°15,446'	49°15,433'	23.975
01	25°25,759'	25°25,757'	3.688	49°14,926'	49°14,910'	29.507
02	25°25,214'	25°25,218'	-7.377	49°14,684'	49°14,698'	-25.819
03	25°24,894'	25°24,890'	7.377	49°14,544'	49°14,552'	-14.753
04	25°24,297'	25°24,307'	-18.442	49°14,759'	49°14,743'	29.507
05	25°23,949'	25°23,965'	-29.507	49°15,168'	49°15,155'	23.975
06	25°23,686'	25°23,680'	11.065	49°15,339'	49°15,323'	29.507
07	25°23,178'	25°23,167'	20.286	49°15,612'	49°15,598'	25.819
08	25°22,626'	25°22,612'	25.819	49°15,784'	49°15,788'	-7.376
09	25°22,207'	25°21,217'	-18.442	49°15,687'	49°15,675'	22.130
10	25°21,758'	25°21,757'	1.844	49°15,799'	49°15,810'	-20.286
11	25°21,248'	25°21,260'	-22.130	49°15,812'	49°15,813'	-1.844
12	25°20,766'	25°20,781'	-27.663	49°15,865'	49°15,861'	7.377
13	25°20,340'	25°20,352'	-22.130	49°16,240'	49°16,233'	12.909
14	25°19,910'	25°19,922'	-22.130	49°16,376'	49°16,385'	-16.598
15	25°19,583'	25°19,593'	-18.442	49°16,619'	49°16,608'	20.286
16	25°19,096'	25°19,112'	-29.507	49°16,345'	49°16,357'	-22.130
17	25°18,854'	25°18,856'	-3.688	49°16,662'	49°16,653'	16.598
18	25°18,838'	25°18,852'	-25.819	49°17,149'	49°17,163'	-25.819
19	25°18,657'	25°18,663'	-11.065	49°17,507'	49°17,517'	-18.442
20	25°18,406'	25°18,393'	23.975	49°17,631'	49°17,637'	-11.065
21	25°17,902'	25°17,893'	16.598	49°17,770'	49°17,785'	-27.663
22	25°17,601'	25°17,592'	16.598	49°17,451'	49°17,445'	11.065
23	25°17,290'	25°17,303'	-23.975	49°17,527'	49°17,511'	29.507
24	25°16,969'	25°16,974'	-9.221	49°17,433'	49°17,437'	-7.377
25	25°16,577'	25°16,568'	16.598	49°17,176'	49°17,163'	23.975
26	25°16,398'	25°16,405'	-12.909	49°17,371'	49°17,365'	11.065
27	25°16,044'	25°16,055'	-20.286	49°18,128'	49°18,132'	-7.377
28	25°15,579'	25°15,568'	20.286	49°18,368'	49°18,352'	29.507
29	25°15,267'	25°15,278'	-20.286	49°18,794'	49°18,787'	12.909
30	25°14,892'	25°14,907'	-27.663	49°19,164'	49°19,172'	-14.753
31	25°14,612'	25°14,622'	-18.442	49°19,707'	49°19,695'	22.130
32	25°14,352'	25°14,368'	-29.507	49°20,143'	49°20,158'	-27.663
33	25°14,122'	25°14,130'	-14.753	49°20,379'	49°20,385'	-11.065
34	25°13,693'	25°13,703'	-18.442	49°20,153'	49°20,155'	-3.688
35	25°13,414'	25°13,422'	-14.753	49°20,361'	49°20,628'	5.532
36	25°13,115'	25°13,108'	12.909	49°20,238'	49°20,225'	23.975
37	25°13,030'	25°13,017'	23.975	49°19,856'	49°19,855'	1.844
38	25°12,978'	25°12,963'	27.663	49°19,347'	49°19,337'	18.442
39	25°12,751'	25°12,758'	-12.909	49°19,281'	49°19,268'	23.975
40	25°12,472'	25°12,488'	-29.507	49°19,205'	49°19,207'	-3.688
41	25°12,055'	25°12,047'	14.753	49°19,069'	49°19,059'	18.442

Estes resultados tornam possível o incremento de informações no banco de dados tais como pontes, viadutos, passagens de nível, etc., lembrando que as composições que percorrem o trecho modelo possuem o comprimento mínimo de 800 metros (40 vagões).

FIGURA 31 - LATITUDE : DIFERENÇAS DA NAVEGAÇÃO EM RELAÇÃO AO CADASTRO

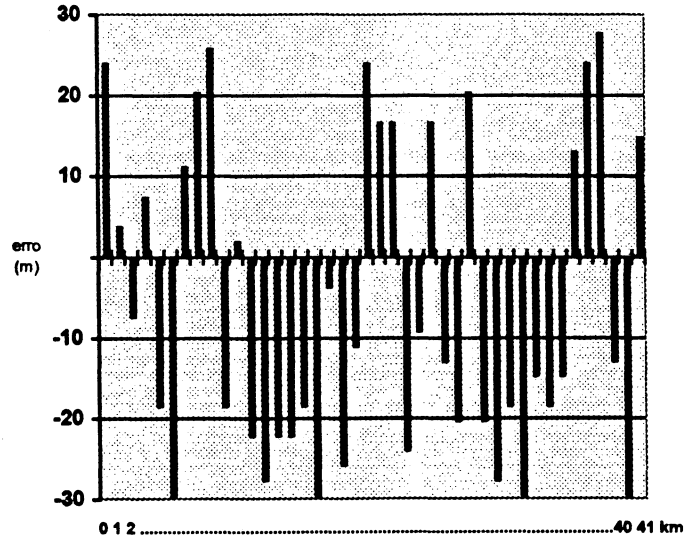
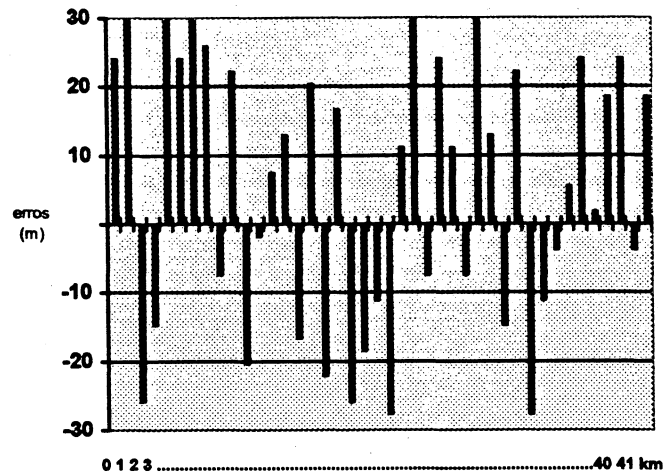


FIGURA 32 - LONGITUDE : DIFERENÇAS DA NAVEGAÇÃO EM RELAÇÃO AO CADASTRO



Debolt et al. (1994) apresenta na tabela 07 as recomendações da Federal Railroad Administration (FRA) - U.S.A., na qual pode-se observar que a precisão alcançada com a técnica de Navegação Controlada se enquadra com os limites necessários visando o posicionamento na navegação por trens. Porém, não permite que se tenha o posicionamento para a formação de composições ferroviárias que é preconizada em uma precisão de um metro. Visto que a distância entre as linhas paralelas em um pátio é de 4 m (entrevia), neste caso, é aconselhado futuramente a utilização de outras técnicas GPS (Seeber, 1993). A RFFSA/SR.5 possui pátios exclusivos de formação de trens (Uvaranas, Rio Negro, Iguaçu, Ourinhos, Apucarana, Morretes, Km 5) onde as manobras são gerenciadas pela agência local e não pelo CCO em Curitiba, o que permite que futuramente cada pátio tenha o seu próprio sistema de controle na formação dos trens.

TABELA 07 - NAVEGAÇÃO NA FERROVIA E NECESSIDADES NO POSICINAMENTO

<b>APLICAÇÕES NA FERROVIA</b>	<b>PRECISÃO (2 drms)</b>	<b>TEMPO PARA ALARME</b>	<b>AVALIAÇÃO</b>	<b>ÁREA DE COBERTURA</b>
Navegação	10-30 metros	5 segundos	99,7%	território nacional
Determinação da velocidade	+/- 1 km/h para velocidades menores que 20 km/h	5 segundos	99,7%	território nacional
	+/- 5% para velocidades maiores ou iguais a 20 km/h			
Formação de Trens	1 metro	menos que 5 segundos	100%	território nacional
Alarme automático de veículos rodoviários na borda da grade ferroviária/rodovia	1 metro	menos que 5 segundos	100%	território nacional

FONTE: Debolt et al., 1994

## **CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

Neste trabalho deu-se continuidade ao trabalho de Krueger (1994) com o objetivo de proporcionar a RFFSA/SR.5, Regional Curitiba - SR.5, uma forma versátil de se obter através de técnicas baseadas no sistema GPS o posicionamento dos vários veículos que circulam em sua malha ferroviária e assim dar apoio ao controle operacional.

Inicialmente os fundamentos teóricos apontavam para a utilização da técnica conhecida por DGPS, de forma a posicionar os veículos móveis. Porém, esta técnica exige um receptor na base, rastreando continuamente, de modo a comparar as coordenadas conhecidas da base com as coordenadas rastreadas, gerando correções que são aplicadas nas coordenadas recebidas dos veículos em movimento, o que exige muito do sistema de comunicação. Isto comprometeu o lado econômico, não só pela necessidade de um sistema de comunicação muito oneroso, bem como pela aquisição de equipamentos rastreadores de alta precisão instalados na base, gerando correções.

Visando a implantação de um sistema com baixos custos, optou-se por desenvolver uma técnica voltada com exclusividade para a via férrea. A via férrea, por ter uma geometria definida, permite a elaboração de um cadastro gerado em banco de dados através de um levantamento cinemático puro. Neste cadastro ficam registrados todos os fatores de interesse tais como estações, marcos quilométricos, pátios, pontes, passagens de nível, viadutos, regiões com perdas localizadas de sinal de comunicação ou sinais GPS.

Conclui-se que o cadastro deverá ser realizado para cada trecho a ser monitorado, conforme gerenciamento atual, agindo como um balizador das informações que chegam das estações móveis para o CCO. Esta técnica, denominada Navegação Controlada, necessita de um sistema de comunicação menos solicitado, sem intercâmbio de correções com a base e

fornece a precisão recomendada pela FRA no tocante a circulação dos trens (conforme tabela 07).

No caso da RFFSA/SR.5, para implantação do sistema, além de cadastrar os trechos a serem gerenciados é necessário conectar uma unidade MLU (que já possui o sensor GPS) nos veículos ferroviários que já estão equipados com rádio de comunicação MOTOROLA, modelo SPECTRA A7, bem como no centro de controle operacional (base). Para cada trecho a ser gerenciado é necessário um microcomputador PC-486 com o programa de localização "LOCALIZA" instalado, recebendo dados através de um rádio receptor.

Recomenda-se para o caso dos pátios, em que é praticado a formação de trens, o monitoramento pelo agente da estação através da técnica de DGPS. Este sistema de gerenciamento poderá ser desenvolvido exclusivamente para os pátios de formação de trens em segunda etapa, com o aproveitamento dos equipamentos já instalados nos veículos ferroviários.

É necessário dizer ainda que o GPS é uma tecnologia de ponta, desenvolvido na década de 70 e operante nos anos 80, que conta com um atendimento ininterrupto e que na década de 90 vem gerando uma vasta comunidade de usuários. No campo da localização, voltado para a ferrovia, possibilita desenvolver muitas aplicações e para tanto é necessário se voltar para a ciência, estudos e equipamentos, visando o desenvolvimento e acompanhamento das inovações tecnológicas, as quais trazem retorno se não de imediato pelo menos a médio prazo.

## **ANEXO 1 - TRABALHOS DE CAMPO**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS

REDE FERROVIÁRIA FEDERAL S/A  
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL 5

TRIMBASE

TRABALHO DE CAMPO

RELATÓRIO N. 01

Alunos:  
Jeferson Massinhan  
Fábio Campos Macedo

Novembro 1995



## 1.0 - OBJETIVO:

### 1.1 - Definição do Trecho Modelo:

- Opção N.01 - Trecho Ferroviário Morretes - Paranaguá.
- Opção N.02 - Trecho Ferroviário Curitiba - Rio Branco do Sul.

## 2.0 - VIABILIDADE:

### 2.1 - Determinação do Mapa de Sombras de Sinal de Rádio.

Em virtude da proximidade do trecho ferroviário Curitiba - Rio Branco do Sul, os trabalhos iniciais foram voltados para essa opção, ficando em posterior análise a opção N.01.

## 3.0 - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.

Os equipamentos a serem utilizados, nesta pesquisa consistem de:

- Um receptor de mão GARMIN 45, incluindo cabo serial e software PCX5 (emprestado pelo orientador ).
- Um receptor de mão GARMIN 40, incluindo cabo serial e software PC100S (emprestado pela empresa Trimbase).
- Uma antena externa para receptor GPS, TRIMBLE, modelo 18334-20 (emprestado pela empresa Trimbase).
- Duas antenas externas para rádio transmissor ANTENEX, haste simples com base (emprestado pela empresa Trimbase).
- Dois cabos completos, conjunto: serial DB9-conexão rádio transmissor, e alimentação de bateria (emprestados pela empresa Trimbase).
- Dois rádios transmissores PACIFC CREST 35W - modelo RFM96W (emprestados pela empresa Trimbase).
- Microcomputador PC - 386 da Secretaria do Departamento de Logística (Ligado em rede Novell).
- Micro-computador PC - 486 do aluno Fábio Campos Macedo.
- Veículo ferroviário e apoio de campo da RFFSA.

## 4.0 - CRONOGRAMA DOS TRABALHOS:

Data de realização:.....17/11/95

08:00 hs: .....início dos trabalhos

Local: Rede Ferroviária Federal S/A-1º Residência de Via Permanente (rodoferroviária).

Objetivo: Alocação de unidade móvel (Auto de Linha Chevrolet C20) com previsão de viagem para Rio Branco do Sul - horário de saída as 13:30 hs.

09:00 hs:.....Adaptações no veículo ferroviário (Auto de Linha Chevrolet C20 ).

10:00 hs:.....Definição e Adaptações da Estação de Referência.

Local: .....Rede Ferroviária Federal S/A - Prédio da Administração.  
 Estação de Referência:.....3º Andar - Sala da Secretaria do Departamento de Logística.

10:15 hs:.....Falta de energia elétrica na Estação de Referência.

11:30 hs:.....Retorno de energia elétrica na Estação de Referência.

11:30 hs:.....Instalação do Software PC100S2 no Computador PC-386 da Secretaria do Departamento de Logística (Ligado em rede Novell). Observou-se falta de memória de disco rígido, para instalação do software. Contatado o Departamento de Informática, alocou-se 3 Mbyte de memória para instalação do software. Porém após a instalação do aplicativo, o aparelho apresentou falta de memória RAM, inviabilizando a utilização do equipamento previsto.

12:20 hs: .....Deslocamento para apanhar o equipamento PC - 486 de uso pessoal do aluno Fábio Campos Macedo.

13:00 hs:.....Instalação do equipamento acima citado e equipamentos da estação de referência.

13:30 hs:....Montagem dos equipamentos necessários na Estação Móvel (Auto de Linha).

13:45 hs:....Estação Móvel aguardando:

Liberação de viagem pelo controle de tráfego.

Liberação de viagem pela Estação de Referência - Sinal de Rádio.

14:00 hs:....Constatou-se que o rádio da Estação de Referência não estava operando.

14:15 hs:.... Determinação do término dos trabalhos e recolhimento dos equipamentos .

## 5.0 - ANÁLISE FINAL

Constatou-se que os agravantes imprevistos da falta de energia elétrica na Estação de Referência, bem como a utilização do equipamento inadequado PC-386 da Sala da Secretaria do Departamento de Logística, poderiam ser contornados com a utilização de um Laptop com os devidos aplicativos já instalados.

Observou-se que também se fazem necessários, acumuladores de energia apropriados, novos e portáteis para utilização dos equipamentos.

Curitiba 17 de novembro de 1995.

Alunos:

---

Jeferson Massinhan

---

Fábio Campos Macedo

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS

REDE FERROVIÁRIA FEDERAL S/A  
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL 5

TRIMBASE

TRABALHO DE CAMPO  
RELATÓRIO N. 02

Alunos:  
Jefferson Massihian  
Fábio Campos Macedo

Novembro 1995

## **1.0 - OBJETIVO:**

### **1.1 - Definição do Trecho Modelo:**

- Opção N.01 - Trecho Ferroviário Morretes - Paranaguá.
- Opção N.02 - Trecho Ferroviário Curitiba - Rio Branco do Sul.

## **2.0 - VIABILIDADE:**

### **2.1 - Determinação do Mapa de Sombras de Sinal de Rádio.**

Em virtude da proximidade do trecho ferroviário Curitiba - Rio Branco do Sul, os trabalhos iniciais foram voltados para essa opção, ficando em posterior análise a opção N.01.

## **3.0 - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.**

Os equipamentos a serem utilizados, nesta pesquisa consistem de:

- Um receptor de mão GARMIN 40, incluindo cabo serial e software PC100S (emprestado pela empresa Trimbase).
- Uma antena externa para receptor GPS, TRIMBLE, modelo 18334-20 (emprestado pela empresa Trimbase).
- Duas antenas externas para rádio transmissor ANTENEX, haste simples com base (emprestado pela empresa Trimbase).
- Dois cabos completos, conjunto: serial DB9-conexão rádio transmissor, e alimentação de bateria (emprestados pela empresa Trimbase).
- Um rádio transmissor PACIFIC CREST 35W - modelo RFM96W (emprestados pela empresa Trimbase).
- Um rádio transmissor PACIFIC CREST 2W - modelo RFM96W (emprestados pela empresa Trimbase).
- Micro-computador PC - 486 do Departamento de Via Permanente.
- Veículo ferroviário e apoio de campo da RFFSA.

**4.0 - CRONOGRAMA DOS TRABALHOS:**

Data de realização:.....27/11/95

15:00 hs:.....início dos trabalhos.

**Local:**.. Rede Ferroviária Federal S/A - Edifício Teixeira Soares, Rua João Negrão n.940.

**Objetivo:**.....Instalação da Estação de Referência

Com o aproveitamento de uma torre existente no quarto andar do edifício, situada na cobertura da caixa do elevador, adaptou-se a antena de recepção dos sinais de rádio, interligada a sala de controle, por um cabo coaxial com a extensão de 35 metros.

A sala de controle foi equipada com um computador PC 486 emprestado pelo Departamento de Via Permanente visando processar os dados recebido pelo rádio.

17:00 hs:.....Programação de viagem para Rio Branco do Sul.

Alocação de Auto de Linha junto a 1º Residência de Via Permanente (rodoferroviária), visando viagem para o dia seguinte, 28/11/95, com partida prevista para as 13:30hs.

**Dia 28/11/95**

08:00 hs:.....início dos trabalhos.

**Local:**..Rede Ferroviária Federal S/A - Edifício Teixeira Soares, Rua João Negrão n.940

**Objetivo:**.....Teste da Estação de Referência.

Visando testar a Estação de Referência, foi adaptado uma estação móvel no veículo Passat, do aluno Jeferson Massinhan.

09:30hs :.....Teste da Estação Móvel.

Saída com a Estação Móvel pelo centro da cidade de Curitiba, e imediações do bairro Cachoeira.

10:30 hs:.....Retorno da Estação Móvel à Estação de Referência.

13:00 hs:.....Adaptações no veículo ferroviário (Auto de Linha Chevrolet C20 ).

13:30 hs:.....Estação Móvel aguardando:

Liberação de viagem pelo controle de tráfego.

Liberação de viagem pela Estação de Referência - Sinal de Rádio.

13:45 hs:.....Saída do Auto Linha com destino a Rio Branco do Sul.

14:23 hs:.....Chegada a Estação de Cachoeira (primeira estação após Curitiba ).

Entrando em contato com a Estação de Referência, constatou-se que houve perdas de sinal de rádio no trecho em quase sua totalidade, razão pelo qual optou-se pelo retorno da Estação Móvel para Curitiba.

16:25 hs:.....Saída da Estação de Cachoeira com destino a Curitiba.

16:55 hs:.....Chegada da Estação Móvel a Estação de Curitiba.

17:15 hs:.....Encerramento dos trabalhos de campo.

## 5.0 - ANÁLISE FINAL

Os resultados apresentados neste trabalho nos mostraram que o Edifício Teixeira Soares, sede do Centro de Controle Operacional, localiza-se em uma área desfavorável para recepção dos sinais de rádio enviados pela Estação Móvel no trecho Curitiba - Rio Branco do Sul. Em quase todo percurso entre Curitiba e Cachoeira, houve perdas constantes de sinal de rádio.

Visto o exposto, estas dificuldades nos levaram a optar pelo trecho Curitiba Rio Branco do Sul como trecho modelo para os trabalhos de pesquisa, sugerimos que para atender as deficiências de transmissão de sinais de rádio, os trabalhos deverão ter apoio de uma retransmissora a ser localizada em ponto apropriado, de forma a permitir que o Edifício Teixeira Soares ( Estação de Referência ) não apresente perda de sinais de rádio.

Curitiba 29 de novembro de 1995.

Alunos:

---

Jeferson Massinhan

---

Fábio Campos Macedo

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS

REDE FERROVIÁRIA FEDERAL S/A  
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL 5

TRIMBASE

TRABALHO DE CAMPO

RELATÓRIO N. 03

Alunos:  
Jeferson Massinhan  
Fábio Campos Macedo

Novembro 1995



## **1.0 - OBJETIVO:**

### **1.1 - Mapa de sombra de sinal de rádio:**

Estação de Referência: Prédio da Administração da Universidade Federal do Paraná, localizado no Centro Politécnico.

Estação Móvel: Veículo Passat do Aluno Jeferson Massinhan percorrendo o Trecho Rodoviário Curitiba - Rio Branco do Sul.

## **2.0 - VIABILIDADE:**

### **2.1 - Determinação do Mapa de Sombras de Sinal de Rádio.**

Em virtude da deficiência na captação de sinais de rádio do trecho ferroviário Curitiba - Rio Branco do Sul, observados na realização do trabalho de campo N.02, onde tínhamos como Estação de Referência o Edifício João Negrão, Sede da Administração da Rede Ferroviária Federal S/A, Regional 5, e visando localizar um ponto de apoio de retransmissão de sinais de rádio, que nos fornecesse uma cobertura do trecho modelo, em primeira tentativa, optamos por instalar a Estação de Referência no Prédio da Administração da Universidade Federal do Paraná, localizado no Centro Politécnico.

## **3.0 - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.**

Os equipamentos a serem utilizados, nesta pesquisa consistem de:

- Um receptor de mão GARMIN 40, incluindo cabo serial e software PC100S (emprestado pela empresa Trimbase).
- Uma antena externa para receptor GPS, TRIMBLE, modelo 18334-20 (emprestado pela empresa Trimbase).
- Duas antenas externas para rádio transmissor ANTENEX, haste simples com base (emprestado pela empresa Trimbase).
- Dois cabos completos, conjunto: serial DB9-conexão rádio transmissor, e alimentação de bateria (emprestados pela empresa Trimbase).
- Um rádio transmissor PACIFIC CREST 35W - modelo RFM96W (emprestados pela empresa Trimbase).
- Um rádio transmissor PACIFIC CREST 2W - modelo RFM96W (emprestados pela empresa Trimbase).
- Micro-computador Notebook - Toshiba, do laboratório de Astronomia.
- Veículo rodoviário Passat, do Aluno: Jeferson Massinhan.

#### 4.0 - CRONOGRAMA DOS TRABALHOS:

Data de realização:.....30/11/95  
 08:00 hs:.....início dos trabalhos.

**Local:**..Centro Politécnico, Edifício da Administração da Universidade Federal do Paraná.

**Objetivo:**.....Instalação da Estação de Referência

Com o aproveitamento de uma torre existente na cobertura do edifício, situada na caixa d'água, adaptou-se a antena de recepção dos sinais de rádio, interligada a sala de controle, por um cabo coaxial com a extensão de 15 metros.

A sala de controle foi equipada com um Microcomputador Notebook emprestado pelo Laboratório de Astronomia visando processar os dados recebido pelo rádio.

09:00hs :.....Adaptação da Estação Móvel.

Para Estação de Móvel, adaptou-se os equipamentos no veículo Passat, do aluno Jeferson Massinhan.

09:30hs :.....Saída da Estação Móvel.

Saída com a Estação Móvel pelo centro da cidade de Curitiba, e imediações do bairro Cachoeira.

11:00 hs:.....Retorno da Estação Móvel à Estação de Referência.

#### 5.0 - ANÁLISE FINAL

Os resultados apresentados neste trabalho nos mostraram que o Edifício da Administração da Universidade Federal do Paraná, nos forneceu um alcance máximo de 7 quilômetros na rota prevista, muito aquém da primeira estação ferroviária Cachoeira, embora os sinais provenientes do centro da cidade, tenham sido todos registrados. Isto nos levou a concluir que, a princípio a Estação de Referência deve ser melhor estudada, utilizando-se um rádio com potência suficiente para vencer a distância de 43 km entre Curitiba e Rio Branco do Sul.

Curitiba 30 de novembro de 1995.

Alunos:

---

Jeferson Massinhan

---

Fábio Campos Macedo

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS

REDE FERROVIÁRIA FEDERAL S/A  
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL 5

TRIMBASE

TRABALHO DE CAMPO

RELATÓRIO N. 04

Alunos:  
Jeferson Massinhan  
Fábio Campos Macedo

MAIO 1996

## **1.0 - OBJETIVO:**

### **1.1 - Cadastramento do Trecho Ferroviário Curitiba Rio Branco do Sul:**

**Estação de Referência:** Coordenadas do marco geodésico denominado como PARA, junto ao laboratório de astronomia da Universidade Federal do Paraná, localizado no Centro Politécnico.

**Estação Móvel:** Veículo ferroviário Auto de linha AM - GEOVIA percorrendo o Trecho Ferroviário Curitiba - Rio Branco do Sul.

## **2.0 - VIABILIDADE:**

### **2.1 - Levantamento Cinemático em Pós Processamento.**

Visando uma navegação controlada no trecho Curitiba - Rio Branco do Sul, em que os veículos enviam suas coordenadas a partir de um sensor de sinais GPS, padrão GRAMIN 30, o qual fornece uma margem de erro, na pior hipótese de 100 metros, o programa de localização dos veículos trata os sinais recebidos baseado em um cadastro do trecho em que eles trafegam, de forma a condicionar o posicionamento, comparando os dados recebidos, com os dados cadastrados. Este cadastramento é realizado a partir de um levantamento cinemático com pós processamento, onde os receptores geodésicos foram configurados para receber um sinal a cada minuto, elevação mínima de 15 graus e o mínimo de um satélite de forma a não haverem perdas de sinais.

## **3.0 - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.**

Os equipamentos a serem utilizados, nesta pesquisa consistem de:

- Um receptor geodésico TRIMBLE 4000, incluindo antena e acessórios (equipamento da Universidade Federal do Paraná).
- Um receptor geodésico ASITECH Z 12, incluindo antena e acessórios (equipamento da Universidade Federal do Paraná).
- Um receptor de mão GARMIN 40, incluindo cabo serial (Equipamento emprestado pela empresa Trimbase).
- Uma antena externa para receptor GPS, TRIMBLE, modelo 18334-20 (equipamento emprestado pela empresa Trimbase).
- Micro-computador PC-486, do laboratório de Astronomia, incluindo software Prisma, e Geonap para comparações do pós processamento de dados.
- Veículo ferroviário e apoio de campo da RFFSA.

#### 4.0 - CRONOGRAMA DOS TRABALHOS:

Data de realização:.....03/05/96

08:30 hs:.....início dos trabalhos.

**Local:**.....Estação Rodoferroviária - Curitiba.

**Objetivo:**.....Instalação da Estação Móvel.

09:00hs :.....Saída da Estação Móvel da Estação de Curitiba.

14:00hs :.....Chegada da Estação Móvel da Estação de Rio Branco do Sul.

14:30hs :.....Saída da Estação Móvel da Estação de Rio Branco do Sul.

18:00 hs:.....Retorno da Estação Móvel à Estação de Curitiba.

#### 5.0 - AGRADECIMENTOS

Participaram deste trabalho Claudia Pereira Krueger, Paulo de Oliveira Camargo e Hilton Aron Masuko, aos quais aqui fica firmado os nossos agradecimentos pela colaboração prestada em campo e no pós processamento dos dados.

#### 6.0 - ANÁLISE FINAL

Este trabalho teve como particular o rastreamento do marco geodésico PARA com um equipamento TRIMBLE, e o rastreamento do trecho ferroviário com um equipamento ASPECT, o que nos levou a encontrar algumas dificuldades no pós processamento, porém tanto o software GEONAP, como o software PRISMA, nos forneceram resultados aceitáveis, nos levando a adotar para o cadastro de coordenadas do trecho as medidas que apresentaram menor desvio padrão nas medidas da latitude.

Curitiba 05 de maio de 1996.

Alunos:

.....  
Jeferson Massinhan

.....  
Fábio Campos Macedo

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS

REDE FERROVIÁRIA FEDERAL S/A  
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL 5

TRIMBASE

TRABALHO DE CAMPO

RELATÓRIO N. 05

Alunos:  
Jefferson Massinhan  
Fábio Campos Macedo

MAIO 1996



## **1.0 - OBJETIVO:**

1.1 - Teste de alcance de sinal de rádio, na antena repetidora de Almirante Tamandaré:

Estação de Referência: Prédio da Administração da Rede Ferroviária Federal S/A, localizado na Rua João Negrão n. 940.

Estação Móvel: Veículo Passat do Aluno Jeferson Massinhan percorrendo o Trecho Rodoviário Curitiba - Rio Branco do Sul.

## **2.0 - VIABILIDADE:**

### **2.1 - Recebimento de Sinal de Rádio.**

Em virtude da deficiência na captação de sinais de rádio, a Rede Ferroviária Federal S/A, construiu provisoriamente uma torre localizada no ponto geograficamente mais elevado e geometricamente central do trecho ferroviário Curitiba Rio Branco do Sul, ou seja a Estação Ferroviária de Almirante Tamandaré.

Com 30 metros de altura a torre recebeu no seu ápice uma antena omnidirecional, plano terra, que por 15 minutos ficou enviando dados para a Estação de Referência o Edifício João Negrão, Sede da Administração da Rede Ferroviária Federal S/A, Regional 5.

## **3.0 - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.**

Os equipamentos que foram utilizados, nesta pesquisa consistem de:

- Um receptor de mão GARMIN 40, incluindo cabo serial e software PC100S (emprestado pela empresa Trimbase).

- Uma antena externa para receptor GPS, TRIMBLE, modelo 18334-20 (emprestado pela empresa Trimbase).

- Uma antena externas para rádio transmissor ANTENEX, haste simples com base (emprestado pela empresa Trimbase).

- Uma antena externas para rádio transmissor ANTENEX, haste simples com base (equipamento da Universidade Federal do Paraná).

- Dois cabos completos, conjunto: serial DB9-conexão rádio transmissor, e alimentação de bateria (acessório da Universidade Federal do Paraná).

- Um rádio transmissor PACIFIC CREST 35W - modelo RFM96W (equipamento da Universidade Federal do Paraná).

- Um rádio receptor PACIFIC CREST 2W - modelo RFM96W (equipamento da Universidade Federal do Paraná).

- Microcomputador PC-486, do Departamento de Via Permanente / RFFSA.

- Veículo rodoviário Passat, do Aluno: Jeferson Massinhan.

#### 4.0 - CRONOGRAMA DOS TRABALHOS:

Data de realização:.....14/05/96

08:00 hs:.....início dos trabalhos.

**Local:**.. Rede Ferroviária Federal S/A - Edifício Teixeira Soares, Rua João Negrão n.940.

**Objetivo:**.....Instalação da Estação de Referência

Com o aproveitamento de uma torre existente no quinto andar do edifício, situada na cobertura do Departamento de Segurança Industrial, adaptou-se a antena de recepção dos sinais de rádio.

Para evitar o comprometimento de potência no recebimento dos sinais, o rádio foi instalado junto a antena e fixado a torre, sendo que os dados foram transmitidos ao computador através de um cabo DB9 com 15 metros de extensão.

A sala de controle foi equipada com um computador PC 486 emprestado pelo Departamento de Via Permanente visando processar os dados recebido pelo rádio.

10:30hs :.....Adaptação da Estação Móvel.

Para Estação de Móvel, adaptou-se os equipamentos no veículo Passat, do aluno Jeferson Massinhan.

11:00hs :.....Saída da Estação Móvel.

Saída com a Estação Móvel pelo centro da cidade de Curitiba, e imediações do bairro Cachoeira.

12:15hs:.....Chegada a Estação de Almirante Tamandaré.

12:45hs:....Instalação de antena no ápice da torre, juntamente com rádio transmissor de 35 Watts, e baterias.

13:00hs:.....Término de rastreio, e retirada dos equipamentos.

14:30hs:.....Retorno da Estação móvel à Curitiba.

## 5.0 - ANÁLISE FINAL

Os resultados mostraram que a Estação Base, adaptada no Edifício Teixeira Soares, muito embora não tenha recebido os dados enviados no percurso até a Estação ferroviária de Almirante Tamandaré, recebeu dados quando o rádio de 35 Watts foi instalado na torre construída naquele local, de forma a comprovar que um equipamento de repetição uma vez instalado na torre pode atender o fornecimento de sinais de rádio no trecho Curitiba - Almirante Tamandaré.

Curitiba 14 de maio de 1996.

Alunos:

---

Jeferson Massinhan

---

Fábio Campos Macedo

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS

REDE FERROVIÁRIA FEDERAL S/A  
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL 5

TRIMBASE

TRABALHO DE CAMPO

RELATÓRIO N. 06

Alunos:  
Jeferson Massinhan  
Fábio Campos Macedo

Maio 1996

## **1.0 - OBJETIVO:**

1.1 - Transmissão de Sinais de rádio pela torre construída no Pátio da Estação de Almirante Tamandaré:

Estação de Referência: Prédio da Administração da Rede Ferroviária Federal S/A, localizado na Rua João Negrão n. 940.

Estação Móvel: Veículo ferroviário Auto de linha AM - GEOVIA percorrendo o Trecho Ferroviário Curitiba - Rio Branco do Sul.

1.2 - Teste de precisão do cadastro inserido no programa de localização.

## **2.0 - VIABILIDADE:**

2.1 - Recebimento de Sinais de Rádio na Estação de Referência, com utilização de torre repetidora instalada no Pátio ferroviário de Almirante Tamandaré.

Em Almirante Tamandaré foi instalado na torre uma repetidora de 35 Watts com antena omnidirecional, tendo por finalidade enviar os sinais de rádio provenientes do veículo móvel para a estação de referência. No Auto de linha, foi instalado um rádio transmissor de 35 Watts, enviando para a repetidora os sinais de satélite GPS recebidos por um receptor GARMIN 45.

2.2 - Verificação da precisão do programa de localização "LOCALIZA", equipado com o cadastramento do trecho Curitiba - Rio Branco do Sul.

Na Estação móvel foi adaptado um receptor GARMIN 40, que rastreando continuamente, enviando as informações para o programa LOCALIZA, instalado em um LAP-TOP, que processava os dados e mostrava a localização do veículo em tempo real.

## **3.0 - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.**

Os equipamentos a serem utilizados, nesta pesquisa consistem de:

- Um receptor de mão GARMIN 45, incluindo cabo serial (emprestado pela Professora Cláudia Pereria Krueger).

- Um receptor de mão GARMIN 40, incluindo cabo serial e software PC100S (emprestado pela empresa Trimbase).

- Uma antena externa para receptor GPS, TRIMBLE, modelo 18334-20 (emprestado pela empresa Trimbase).

- Uma antena externa para rádio transmissor ANTENEX, haste simples com base (emprestado pela empresa Trimbase).

- Um cabo completo, conjunto: serial DB9-conexão rádio transmissor, e alimentação de bateria (emprestados pela empresa Trimbase).

- Um rádio transmissor PACIFC CREST 35W - modelo RFM96W (emprestados pela empresa Trimbase).

- Um rádio transmissor PACIFC CREST 2W - modelo RFM96W (equipamento da Universidade Federal do Paraná).

- Um rádio transmissor PACIFC CREST 35W - modelo RFM96W (equipamento da Universidade Federal do Paraná).

- Dois cabos completos, conjunto: serial DB9-conexão rádio transmissor, e alimentação de bateria (acessórios da Universidade Federal do Paraná).

- Duas antenas externas para rádio transmissor ANTENEX, haste simples com base (equipamento da Universidade Federal do Paraná).

- Microcomputador Notebook - Toshiba , do laboratório de Astronomia.

- Microcomputador PC - 486 do Departamento de Via Permanente / RFFSA.

- Veículo ferroviário e Apoio de Campo da Rede Ferroviária Federal S/A.

#### 4.0 - CRONOGRAMA DOS TRABALHOS:

Data de realização:.....20/05/96

08:00 hs:.....início dos trabalhos.

**Local:**.. Rede Ferroviária Federal S/A - Edifício Teixeira Soares, Rua João Negrão n.940.

**Objetivo:**.....Instalação da Estação de Referência

Com o aproveitamento de uma torre existente no quinto andar do edifício, situada na cobertura do Departamento de Segurança Industrial, adaptou-se a antena de recepção dos sinais de rádio.

Para evitar o comprometimento de potência no recebimento dos sinais, o rádio foi instalado junto a antena e fixado a torre, sendo que os dados foram transmitidos ao computador através de um cabo DB9 com 15 metros de extensão.

A sala de controle foi equipada com um computador PC 486 emprestado pelo Departamento de Via Permanente visando processar os dados recebido pelo rádio.

10:10hs:..Deslocamento para a cidade de Almirante Tamandaré, pátrio da Estação Ferroviária.

10:45hs:....Instalação de antena no ápice da torre, juntamente com rádio transmissor de 35 Watts, e baterias.

11:30hs:.....Retorno para cidade de Curitiba.



13:00hs :.....Adaptação da Estação Móvel.

Para Estação de Móvel, adaptou-se os equipamentos no Auto de Linha GEOVIA gerenciado pela 1º Residência de Via Permanente da RFFSA.

14:30hs :.....Saída da Estação Móvel com destino à Rio Branco do Sul.

16:30hs:.....Chegada a entrada de Rio Branco do Sul, com Retorno para Curitiba.

19:15hs:.....Chegada da Estação Móvel à Estação de Curitiba.

## 5.0 - AGRADECIMENTOS

Participou deste trabalho Claudia Pereira Krueger, e aqui fica firmado os nossos agradecimentos pela colaboração prestada em campo e no pós processamento dos dados.

## 6.0 - ANÁLISE FINAL

a) Quanto aos sinais de rádio:

Os resultados apresentados neste trabalho foram positivos, visto que comprovadamente os sinais de rádio emitidos pelo veículo móvel, quando em deslocamento entre Curitiba e Almirante Tamandaré, tiveram acesso sem perdas significativas à estação repetidora que de fato retransmitiu com sucesso os sinais para o Edifício Teixeira Soares em Curitiba, estes sinais foram armazenados em banco de dados no computador da estação base, que em análise, conforme tabela abaixo é demonstrado:

Perdas se sinais, transmissão entre Estação Móvel e Estação Repetidora:

LOCAL	TEMPO	INÍCIO DA PERDA		FINAL DA PERDA	
		LATITUDE	LONGITUDE	LATITUDE	LONGITUDE
KM 02	10"	25°23,945'	49°15,046'	25°23,952'	49°15,109'
KM 04/05	12"	25°23,168'	49°15,623'	25°23,135'	49°15,659'
KM 04/05	40"	25°22,820'	49°15,722'	25°22,668'	49°15,785'
KM 05/6	42"	25°22,333'	49°15,799'	25°22,187'	49°15,692'
KM 05/6	42"	25°22,043'	49°15,645'	25°21,862'	49°15,649'
ESTAÇÃO	CACHOEIRA	25°20,732'	49°15,962'	25°20,478'	49°16,176'
KM 13/14	26"	25°19,000'	49°16,545'	25°18,876'	49°16,641'
KM 13/14	36"	25°18,861'	49°16,663'	25°18,786'	49°16,845'

b) Quanto ao programa de localização:

O programa de localização, através do cadastro do trecho, mostrou o posicionamento do auto de linha a cada quilômetro percorrido, descrevendo alguns eventos distintos como passagens de nível, pontes e viadutos. O erro apresentado, na grande maioria ficou na ordem de 30 metros, mas em alguns pontos distintos este erro apresentou uma distorções de no máximo 100 metros, o que nos leva a concluir que o cadastro deve ser reprocessado para uma melhor distinção dos eventos.

Curitiba 30 de novembro de 1995.

Alunos:

---

Jeferson Massinhan

---

Fábio Campos Macedo

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ABIDIN, H. Z.; WELLS, D. E.; KLEUSBERG, A. Some Aspect of "On the Fly" Ambiguity resolution. **Proceedings of the Sixth International Geodetic Symposium on Satellite Positioning**, p. 660 à 669, 1992.
- 2 ANDRADE, J. B. **NAVSTAR - GPS**. Curitiba : Universidade Federal do Paraná, Curso de Pós - Graduação em Ciências Geodésicas, 1988.
- 3 AQUINO, M. H. O. **Improving GPS Position Accuracies by Orbit Relaxation. Dissertação em Philosophy in Engineering Surveying - University of Nottingham Institute of Engineering Surveying and Space Geodesy**, may, 1990.
- 4 ASHTECH Inc. **Z 12 Receiver Operating Manual**. U.S.A., may, 1994.
- 5 BDLC - BASE STATION DATA LINK CONTROLLER. **Technical Manual**, rev. 1.3 Dataradio, nov., 1992.
- 6 BURENS, J. A. J. Fleet Monitoring with GPS and Satellite Communications. **GPS WORLD**, p.42 à 46, apr., 1993.
- 7 CABRAL, F. **A Linguagem C e o PC-BIOS**. Rio de Janeiro: Campus, 1989.
- 8 CAMPOS, M. A.; WANNINGER, L. Limitations of GPS in Brazil Due to the Ionosphere. In: **International Association of Geodesy General Meeting**, 8 à 13. Beijin, China, aug., 1993.
- 9 CHASE, S. The Mobile Satellite Communications Revolution. **Via Satellite**, p.26 à 30, sept., 1992.
- 10 DEBOLT, R. O. ; ROGER, A. D. ; RONALD, R. K. **A technical report to the secretary of transportation on a national approach to augmented GPS seVICES**. Springfield, 1994.
- 11 FRIEDEN, R. M. WARC - 92, LEO's nd the New Telecommunications World Order. **Via Satellite**, p.44 à 50, mar., 1993.
- 12 GARMIN International Inc. **GPS 30 TrackPack Owner's Manual**, Kansas, mar., 1995.
- 13 GEMAEL, C. **Geodésia Celeste: Introdução**. Curitiba : Universidade Federal do Paraná, Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, 1991.
- 14 GEONAP REFERENZ HANDBUCH. **Geospace gesellschaft für satellitengestützte Geodätische und Navigatiorische Technologien MbH**, Germany, 1992.

- 15 HOPPE, T. **Konzepte und Einsatzmöglichkeiten Operationeller Relativer GPS - Systeme (Differential GPS)**. Diplomaufgabe - Institut für Erdmessung, Universität Hannover. Hannover, 1992.
- 16 KALAFUS, R. M.; DIERENDONCK, A. J. V.; PEARLER, N. A. Special Committee 104. Recommendations for Differential GPS Service. *Navigation : Journal of the Institute of Navigation*. U.S.A., v.33, n.1, p26 à 41, spring, 1986.
- 17 KLEUSBERG, A. Precise Differential Positioning and Surveying. **GPS WORLD**, p.50 à 52, jul./aug., 1992.
- 18 KRAKIWSKEY, E. J. Heading This Way : Affordable Security on the road. **GPS WORLD**, p. 55 à 59, apr., 1996.
- 19 KRUEGER, P. C. **Posicionamento Cinemático de Trens**. Curitiba, 1994. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.
- 20 LANGLEY, R. B. Communications Links for DGPS. **GPS WORLD**, p. 47 à 51, may, 1993.
- 21 LANGLEY, R. B. RTCM SC - 104 DGPS Standards. **GPS WORLD**, p.48 à 54, may, 1994.
- 22 LEICK, A. **GPS : Status Improvements Enhancement**. Department of Transpotion Meeting, São Carlos, nov., 1995.
- 23 MOTOROLA RADIUS M-SPECTRA. **Owner's Manual**, Mobile Radios.
- 24 SCHILDT, H. C **Total e Completo**. São Paulo : McGraw-Hill do Brasil, 1991.
- 25 SEEGER, G. **Satellite Geodesy : foundations, methods and applications**. Berlin, Walter de Gruiter, 1993.
- 26 SEEGER, G. HEIMBERG, F. The Development of a GPS Based Real Time Differential Positioning System. **DGPS'91**, p. 334 à 342, sep., 1991.
- 27 TALBOT, N. C. High - Precision Real - Time GPS Positioning Concepts : Modeling and Results. *Navigation: Journal the Institute of Navigation*. U.S.A. v.38, n.2, p.147 à 161, summer, 1991.
- 28 WÜBBENA,G. The GPS Adjustment software Package GEONAP Concepts and Models. **PROCEEDING 5th INTERNATIONAL GEODETIC SYMPOSIUM ON SATELLITE POSITIONING**, Las Cruces, 1989. **Proceedings...**, vol. 1, p. 452 - 461.