



FUNDAÇÃO IBGE

GEODÉSIA POR SATÉLITES NO IBGE:

Resultados Preliminares das Atividades Desenvolvidas.

JOSÉ ROBERTO DUQUE NOVAES

MAURO PEREIRA DE MELLO

**BRASIL
RIO DE JANEIRO**

1974

APRESENTAÇÃO

Uma das características do IBGE, como instituição do governo brasileiro, desde sua fundação, faz várias décadas, tem sido a de enfrentar, reiteradamente, novos desafios no cumprimento de suas missões. Isso, nos diferentes campos de sua atividade e nas formas mais diversificadas, pelas quais exerce sua atuação a Geografia, a Estatística, a Cartografia, ou, a Geodésia.

Esse fato o tem obrigado a um esforço permanente de aperfeiçoamento e superação, sem o que teria sucumbido ao peso das responsabilidades que lhe têm sido atribuídas.

Felizmente, por sua natureza de organização genuinamente brasileira, tem-lhe sido possível ultrapassar dificuldades e problemas, em proveito da vida nacional, não importa que tipos de conjuntura o hajam obrigado a reunir seus meios e esforços para bem servir ao País.

No campo das atividades geodésicas e cartográficas, da primeira grande tarefa, a de atualizar a Carta do Brasil ao Milionésimo, até os dias de hoje, em que o mapeamento sistemático em escalas grandes exige enorme esforço, o problema de estabelecimento de uma rede planoaltimétrica de primeira ordem em todo o território nacional cresceu de significação técnica e científica.

Apoiados os espaços mais francos e abertos do país, a Região Norte passou a apresentar-se como o mais difícil a ser abordada, com os meios até então disponíveis para sua adequada cobertura.

É justamente na oportunidade de enfrentar mais esse desafio que o trabalho geodésico através o uso de satélites artificiais aparece como um novo caminho a ser trilhado por suas equipes de operações.

O presente trabalho do Departamento de Geodésia e Topografia, da Superintendência de Cartografia, não pretende mais do que relatar o que está sendo essa nova experiência da vida profissional da instituição, na expectativa de contribuir para que se passe a fazer bom uso dos resultados obtidos.

Se essa meta for atingida, sentir-se-á o IBGE compensado pelo que se tem dedicado com afinco, no cumprimento de mais essa missão que sua existência lhe havia reservado.

Prof. MIGUEL ALVES DE LIMA

C O N T E Ú D O

Apresentação	i
Conteúdo	ii

1. INTRODUÇÃO

1.1. O sistema Geodésico Brasileiro	1
1.2. Área definida para atuação com equipamentos rastreadores.....	1
1.3. O equipamento utilizável	1

2. OPERAÇÃO

2.1. Introdução	3
2.2. Penetração para os pontos	3
2.3. Transportes	4
2.4. Treinamento de operadores	4
2.5. Satélites disponíveis	4
2.6. Composição das turmas	5
2.6.1. Pessoal	5
2.6.2. Veículos	5
2.7. Equipamentos adicionais	5

3. PROCESSAMENTO DAS OBSERVAÇÕES

3.1. Utilização do computador	7
3.2. Programa de observação	7
3.3. Geração do arquivo de efemérides	8
3.4. Geração do arquivo de dados de observação	8
3.5. Processamento final para definição da posição	9

4. COMPARAÇÕES

4.1. Tabelas de Ocupação.....	101
4.2. Número mínimo de passagens e de satélites.....	10
4.2.1. Número mínimo de passagens.....	10
4.2.2. Número mínimo de satélites.....	13
4.3. Conclusões.....	15

5. CUSTO

5.1 Custos das Estações ocupadas com geociver.....	17
5.1.1 Ocupação dos pontos.....	17
5.1.2 Processamento.....	17
5.1.3 Composição	19
5.2 Custos comparativos (poligonais - triangulação).....	19

6. PROGRAMA

6.1. Áreas de trabalho.....	21
6.1.1. Apoio básico.....	21
6.1.2. Apoio suplementar.....	21
6.2. Testes para comparações.....	22
6.3. Notícia.....	22

1.0 - INTRODUÇÃO

1.1 - O Sistema Geodésico Brasileiro:

O sistema geodésico brasileiro é constituído por duas redes básicas de coordenadas, desenvolvidas independentemente e com os requisitos de 1ª ordem. Na fig. (1.1-1) representamos esquematicamente as duas estruturas geodésicas básicas: a Rede Altimétrica Fundamental e a Rede Planimétrica Fundamental.

A rede planimétrica vem sendo desenvolvida recorrendo-se a todas as técnicas de determinações de posição de 1ª ordem. Destacamos como técnicas utilizadas: a triangulação em área, a triangulação em cadeia, a trilateração Hiran e Shiran e a poligonização geodésica. De todas estas, a triangulação em cadeia é a que se apresenta com maior representatividade, assegurado como é, o processo de 1ª ordem por excelência. As demais técnicas foram empregadas em épocas diferentes e sempre motivadas pela impossibilidade de se atingir determinadas áreas carentes de apoio fundamental com a triangulação clássica.

A rede altimétrica vem sendo desenvolvida estreitamente vinculada à malha rodo-ferroviária e a medida que se densifica o esquema de circulação, novos circuitos de nivelamento estão sendo e serão introduzidos.

1.2 - Área Definida Para Atuação com Equipamentos Rastreadores:

Como pode ser observado na fig. (1.1-1) as duas redes básicas apresentam um “vazio” correspondente, em linha gerais, à mesma região: a amazônica brasileira.

O nivelamento, naquela área, está sendo introduzido à medida em que se desenvolve a rede viária; contudo a conclusão do nivelamento será a longo prazo. A rede planimétrica dificilmente poderá penetrar naquela região. Contudo, pode-se fazer algumas tentativas através das técnicas de poligonização geodésica. Todavia essas poligonais não poderiam constituir a malha suficientemente densa de que se necessita para servir de apoio ao mapeamento a curto prazo.

O desenvolvimento dos modernos e portáteis rastreadores de satélites artificiais possibilitaram uma opção para penetração naquela área, dita de difícil penetração pelos processos convencionais. Os programas para os próximos anos prevêem a atuação com este tipo de equipamento na implantação de novas estações geodésicas, restritas à regiões amazônica.

1.3 - O Equipamento Utilizável:

A evolução da eletrônica tem possibilitado o desenvolvimento de uma gama relativamente grande de equipamentos rastreadores de alta precisão para geodésia e topografia. Qual deles escolher ?

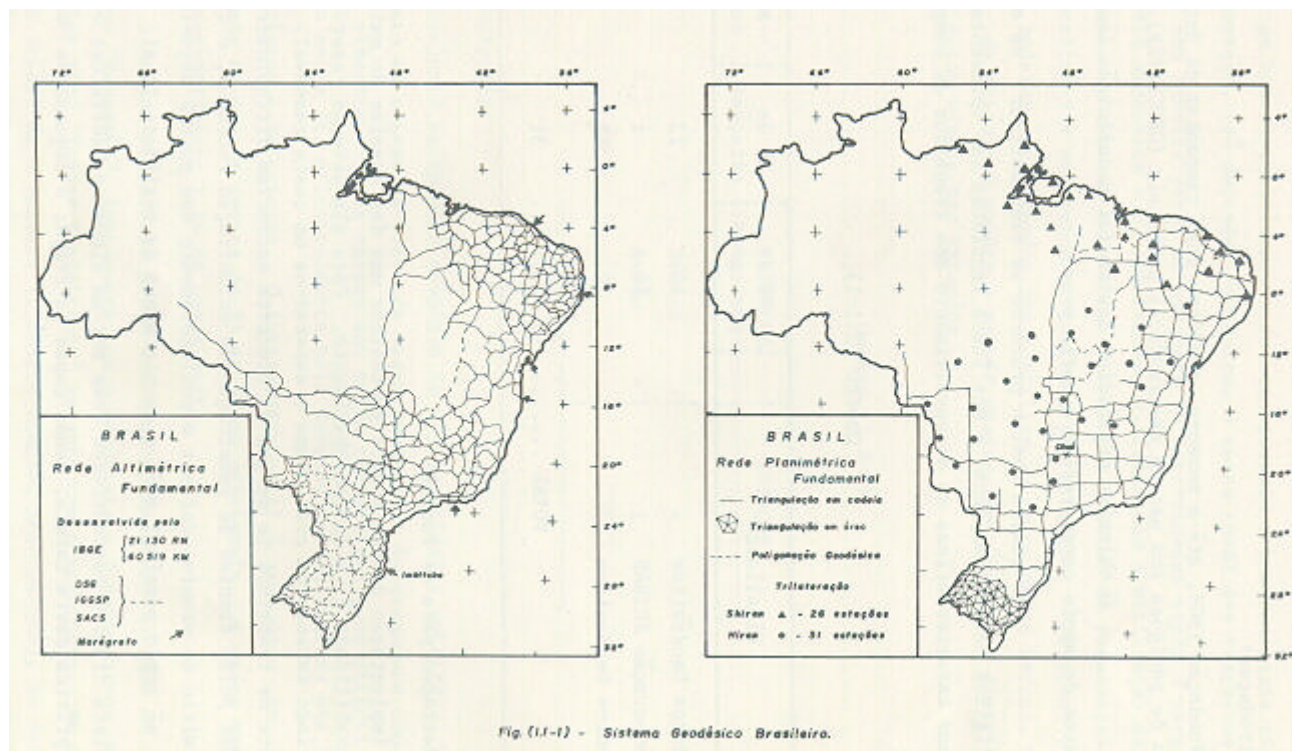
Inicialmente foram fixadas como características essenciais para aquisição do equipamento:

- a- alta precisão no posicionamento de estações geodésicas.
- b- ter sido extensivamente testado em condições diferentes de operação.
- c- ser versátil, robusto e de fácil operação.
- d- possibilidade de manutenção no Brasil.
- e- possibilidade de treinamento de pessoal, em operação e manutenção.

De uma maneira geral os receptores escolhidos apresentam-se dentro das características mencionadas.

O equipamento MAGNAVOX AN-PRR/14 – GEOCEIVER , apresenta maior número de testes realizados; desta forma foi escolhido para aquisição, por parte da Fundação IBGE.

Outra característica importante do equipamento é a antena independente do receptor, possibilitando a fácil ocupação de pontos, sem que haja necessidade da equipe de medição permanecer ao seu redor. Este aspecto é importante principalmente, em ocupações a margem de rios.



2.0 - OPERAÇÃO

2.1 - Introdução:

A Fundação IBGE, até o momento, realizou duas campanhas de determinação de posições com uso de rastreadores portáteis (GEOCEIVER).

O objetivo primordial destas foi a definição imediata de pontos de apoio cartográfico a curto prazo.

No quadro abaixo procurou-se esquematizar os elementos coligidos nessas campanhas e nos itens seguintes são apresentadas algumas características dos trabalhos de campo.

Quadro (2.1-1)

Finalidade	Nº de Passagens	Nº de estações	Ano de ocupação
Pontos Geodésicos	40	13	1973
Comparação SHIRAN	40	1	1974
Pontos Geodésicos	12	17	1974
TOTAL.....	31	

2.2 - Penetração para os Pontos:

Na implantação desses pontos geodésicos uma das tarefas de maior responsabilidade é a do reconhecimento. Para ela deve-se reservar um período extenso do cronograma e esperar-se um custo razoável. Atualmente os trabalhos na margem da floresta encontram dificuldades causadas pelas frentes de penetração de colonização recentes, o que não permitiu de pronto, definir o posicionamento dos pontos naquela região, só sendo possível após o conhecimento da realidade local.

À vista disso o reconhecedor deve ser um elemento habilidoso e com muita prática desta tarefa, sendo capaz de traçar o esquema de ocupação, roteiros e meios de transportes para um conjunto de pontos, pensando na segurança e época melhores para o deslocamento na área a trabalhar. De um bom reconhecimento e de uma oportuna e bem realizada escala de ocupação, irá depender, em muito, o custo dos trabalhos.

De uma maneira geral as estações já determinadas estão à margem da floresta amazônica e o reconhecimento, feito com a utilização de pequenos aviões de turismo (com dois motores por questão de segurança), procurou localizá-las em pontos acessíveis por estradas. Entretanto, alguns só puderam ser ocupados com a utilização de pequenos barcos, ou mesmo de avião. O quadro a seguir mostra, em números, a distribuição de veículos usados nas estações

Quadro (2.2-1)

VEÍCULOS	ESTAÇÕES
Carros	26
Barcos	4
Avião	<u>1</u>
	31

2.3 - Transporte:

O conjunto receptor é composto de várias unidades embaladas separadamente em caixas de fibra de vidro revestidas internamente com espuma de plástico. Estas caixas são muito resistentes e de difícil acomodação entre si, principalmente pelo desenho das saliências nas faces superiores e inferiores. O instrumento em si é acomodado em 3 caixas, sendo as demais (cerca de 9) de itens adicionais. A caixa maior tem aproximadamente 1,5m de comprimento.

As 3 caixas principais podem ser transportadas em veículo de passeio, tipo “Veraneio”, Juntamente com o motorista e 2 passageiros, ou em veículos tipo “Toyota Bandeirante”. somente com o motorista. Em ocupações por aviões de 4 lugares (1 sempre ocupado pelo piloto), em duas viagens poderão ser transportados os operadores e o equipamento.

Na utilização de embarcações, deve-se procurar aquelas com capacidade para 8 passageiros no mínimo. Em todos os casos mencionou-se o transporte do equipamento e não de uma turma de operação, caso em que se tem de acrescentar vários itens. No caso de transporte por barco, há necessidade de se alugar chatas para alojamento de pessoal e cozinha, além de se dispor de uma lancha para rebocá-las. Na ocupação por avião encontrou-se condições favoráveis no ponto, não sendo necessário o transporte de todo material suplementar.

2.4 - Treinamento de Operadores:

O treinamento de operadores de GEOCEIVER pode ser feito em uma semana de observações contínuas, durante a determinação de uma estação, se o candidato tiver alguma prática em trabalhos geodésicos, caso contrário serão necessárias 2 ou 3 semanas. Nos dois casos, estamos admitindo que tenham cursado o 2º ciclo. É interessante um período adicional, que poderá estender-se por 1 mês, para o conhecimento de pequenas partes do instrumento. A operação pode ser dividida em 2 partes: observação das passagens e os testes de funcionamento. Estes últimos constituem a parte mais complexa da operação e a que apresenta maior dificuldade no aprendizado.

2.5 - Satélites Disponíveis:

A operação com o GEOCEIVER tem sido prejudicada pela constante modificação do número de satélites disponíveis por ocasião das observações, assim como pela permutação e retirada de um antigo e entrada em serviço de um novo.

As causas desta modificação são várias, mas retardam a determinação dos pontos, acarretando uma certa insegurança na turma de campo, os operadores estabelecem margens de segurança bem maiores que as necessárias.

Em certos casos a equipe de campo procura acelerar o trânsito entre estações, objetivando a ocupação de uma nova estação a tempo de registrar determinadas passagens, pois, ao final dos trabalhos poderá ser necessário permanecer mais 8 ou 10 horas no ponto para se obter uma passagem complementar. As vezes ocorre, desta passagem final ter lugar no fim da tarde e como se deve procurar evitar deslocamentos à noite, principalmente na mata, perde-se cerca de 24 horas a mais num ponto. Entretanto, estes deslocamentos rápidos em estradas sem condições é perigoso e deve ser evitado.

Outro fator a considerar; a necessidade de se obter observações com todas as posições na mesma data TU, por problemas de cálculos, sendo que, nos casos de dúvida no campo, devemos observar uma passagem suplementar.

2.6 - Composição das Turmas:

2.6.1 - Pessoal

Uma turma de operação poderá ser composta de 2 equipes, sendo uma de reconhecimento e construção de marcos e outra de medição.

A de reconhecimento deverá ter ao menos elemento com boa noção de orientação, conhecimento de fotos aéreas, utilização dos pontos em trabalhos geodésicos e topográficos, operação com o GEOCEIVER, e outros reconhecimentos gerais. Esta turma pode ser composta por 2 pessoas capazes de realizar vôos de reconhecimento e que possam dirigir veículos de qualquer tipo.

A turma de medição deve ser composta por 4 pessoas sendo 3 operadores que se revezem (3x8 horas) e o quarto que atenderá na parte de mecânica dos veículos, manutenção dos geradores, baterias e outras atividades de apoio.

Eventualmente estas equipes poderão ter seus efeitos ampliados em função dos serviços braçais complementares para ocupação ou acesso às estações.

2.6.2 - Veículos

Na região prevista para atuação poderá ser utilizado o seguinte conjunto de viaturas:

- 1 - Jipe “Willys”
- 1 - Jipão militar (1250 kg)
- 1 - Jipe “Toyota Bandeirante”
- 1 - Caminhão para 1 500 kg.

É interessante a instalação do segundo tanque de combustível em todos veículos e que, pelo menos os 3 primeiros, tenham também tração dianteira.

No caso de se utilizar avião há necessidade de duas viagens (avião de 4 lugares), isto se não for preciso transportar o material de acampamento, situação em que o número de viagens será bem maior.

Na utilização de barcos é interessante o uso de pequenos rebocadores e chatas para instalação do equipamento (operação na embarcação em lugares de desembarque difícil) e alojamento da equipe de medição.

2.7 - Equipamentos Adicionais:

Na primeira fase dos trabalhos, o reconhecimento às necessidades são poucas e de equipamentos leves: binóculos, bússola, pasta de reambulação, facão, foice e outros. É indispensável, entretanto, uma moto-serra. Existem vários tipos e de sabres de comprimentos diversos. Uma com sabre de 40cm poderá ser utilizada.

Para operação com o GEOCEIVER, que trabalha com corrente de 24v fornecida por duas baterias comuns de veículos, devemos ter, por segurança, pelo menos 6 em boas condições, permanentemente. O fornecimento de carga para as baterias poderá ser garantido por um conjunto de grupo gerador e

carregador ou somente pelo grupo gerador, quando este possuir sistema para carregamento de baterias. O grupo HONDA – 1.500W com dispositivo de carregamento (acompanhado de um densímetro e um voltímetro), tem sido utilizado com sucesso.

A construção de marcos necessita de pequenas ferramentas: martelo, enxada, picareta, etc... . Já o estabelecimento do acampamento, nos obriga ao transporte de grande volume de itens (residindo aí uma das razões na redução da equipe de trabalho) barracas, fogão, panelas, gás, lampiões, camas, material de limpeza e higiene, malas e outros. Quanto ao material de escritório e comunicações: rádio transceptor, máquina de escrever e calcular, formulários, cadernetas, fichas e outros. Finalmente há a considerar peças para veículos e ferramentas para consertos.

3.0 - PROCESSAMENTO DAS OBSERVAÇÕES

3.1 - Utilização do Computador

O volume e a complexidade dos cálculos envolvidos em todas as faces da preparação e processamento das observações, requerem a utilização dos modernos ordenadores eletrônicos de grande capacidade operacional e rapidez de cálculo. No IBGE o sistema utilizado é o IBM 370/145. Para a computação das observações com o GEOCEIVER quatro fases de processamento, e portanto quatro programas principais, são empregados.

O sistema de processamento segue em linhas gerais o disposto na figura abaixo:

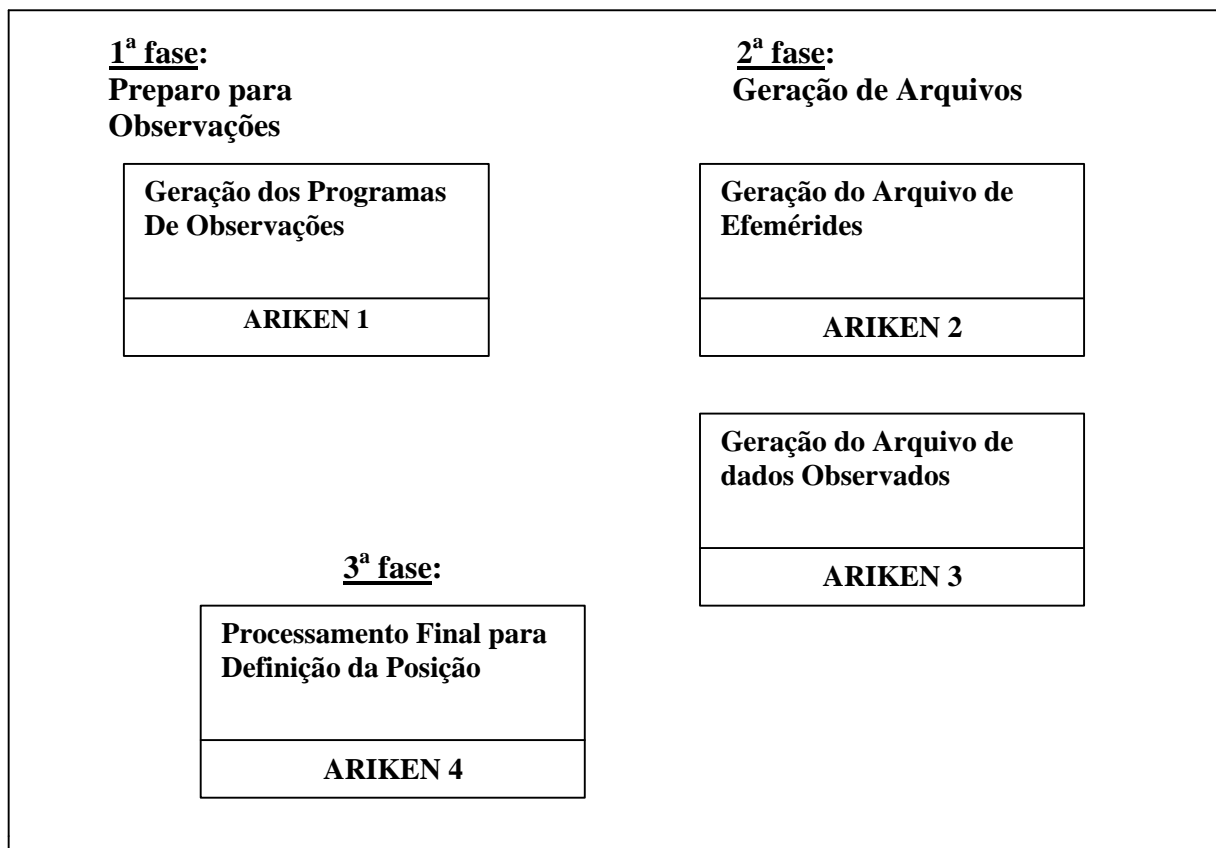


Fig. (3.1 – 1) Diagrama das fases de processamento

3.2 – Geração do Programa de Observações:

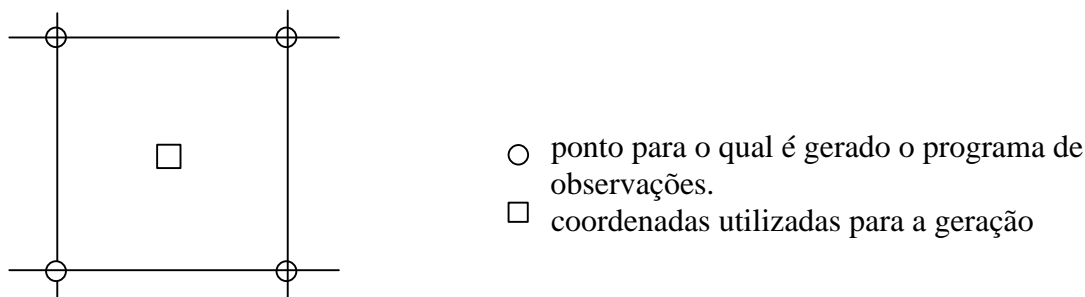
O programa ARIKEN 1 gera os elementos necessários a programação das observações em campanha.

Os dados iniciais para formação dos programas são:

- Coordenadas aproximadas da estação (latitude e longitude)
- Período em dias que enquadram as épocas previstas para observação
- Efemérides dos satélites a serem observados.

Na geração dos programas de observação adota-se um sistema de trabalho baseado na experiência das campanhas referidas no item 2 deste trabalho.

Para as coordenadas aproximadas utiliza-se as da área central de trabalho, normalmente o centro da área de $1^\circ \times 1^\circ$, e as determinações processam-se em quatro ou mais pontos, nas bordas ou interior desta delimitação, utilizando um só programa de observação, conforme o ilustrado na figura abaixo.



Devido principalmente as dificuldades de deslocamento não se pode prever um período restrito na geração da programação.

A programação é realizada para 30-45 dias.

As efemérides utilizadas são as que antecedem o período de observação de no máximo 15 dias.

Os elementos constantes das tabelas são:

- número da estação (estação central codificada para a área de trabalho);
- dia juliano;
- número do satélite;
- elevação do satélite em relação ao horizonte;
- horas e minutos do nascer;
- horas e minutos da culminação;
- horas e minutos do ocaso;
- retardos de propagação previstos para 4 e 2 segundos que antecedem e sucedem a culminação;
- desvio em frequência previsto para o nascer.

3.3- Geração do Arquivo de Efemérides:

No momento as efemérides vem sendo fornecidas com repasse através do IAGS – Serviço Geodésico Interamericano. Estas são fornecidas em fitas magnéticas de acordo com as solicitações do IBGE.

O programa ARIKEN 2, foi estruturado para receber as informações de fitas e ordená-las para gravação do disco de arquivamento, sistema adotado para o armazenamento de todos os dados necessários e ou oriundos das observações e experiências com o Geociever.

3.4 – Geração do Arquivo de dados Observados:

Um conjunto de dados de observação remetido pelas turmas de medições é constituído por:

- Fitas perfuradas de papel em cinco canais de registro, correspondentes ao rastreamento automático;
- Caderneta de ocorrências;
- Caderneta de caracterização das observações;

- Informações para caracterização dos pontos ocupados (itinerários, descrições, croquis, fotos aéreas ou imagens ERTS com a perfuração ou localização dos pontos).

As fitas perfuradas são decodificadas em equipamento teletipo e os elementos perfurados em cartões, que constituem a alimentação do programa ARIKEN 3.

Os objetivos deste programa são: ordenação dos dados e geração do arquivo, em disco, dos elementos observados.

3.5 - Processamento Final para Definição da Posição:

O programa ARIKEN 4 foi estruturado para realizar o processamento final das observações efetuadas pelo método das posições isoladas (“point positioning”).

Como valores iniciais para processamento são considerados:

- hora, minutos e segundos do início do acompanhamento;
- leituras do contador doppler;
- leituras do contador de refração;
- caracterização da estação (número da estação);
- caracterização dos satélites observados (nº do satélite);
- caracterização das condições meteorológicas (temperatura seca em °C, pressão em mb, unidade relativa);

O ARIKEN 4 é dividido num programa principal e numa série de subrotinas. O programa principal realiza muito pouco cálculo, sua função principal é a supervisão das subrotinas, estas realizam todo processamento via disco.

Pode-se definir duas fases no programa; - uma de pré-processamento que tem como objetivo a avaliação e filtragem dos dados observados; e uma de processamento final, que ajusta os valores pré-processados procurando a definição dos valores mais prováveis para as coordenadas da estação.

No pré-processamento são analisados os dados de contagem e calculadas as diferenças de distâncias para cada posição pertencente a um bloco de informações. A correção da refração ionosférica é aplicada com base nos elementos do contador correspondente e a correção da refração troposférica é calculada com base no modelo desenvolvido por HOPFIELD para os valores observados de temperatura, pressão e umidade. As diferenças de distâncias observadas e calculadas são comparadas e é realizada uma filtragem com base no desvio padrão. Os resíduos são controlados para o limite de 2,5 vezes o desvio padrão.

No processamento final são conjugados todos os blocos de informações. O modelo matemático utilizado nesta solução tem sido extensamente abordado na literatura geodésica, vide KRAWKINSKY (1972).

O controle das soluções é realizado seguindo o fixado no relatório “DOD GEOCEIVER REPORT – DMA – USA”. Para a solução latitude – longitude o erro médio quadrático de 0”,1 é considerado como limite.

4.0 - COMPARAÇÕES

O objetivo das comparações introduzidas neste item é o estabelecimento de certos aspectos importantes para o planejamento de ocupações futuras.

O número de estações estabelecidas e processadas pelo IBGE é pequeno, o que não dá margem ao desenvolvimento de testes mais realísticos e preciosos. O que se almeja é o estabelecimento de características operacionais para a fixação de estações para uso imediato em mapeamento.

4.1 - Tabela de Ocupação

Na tabela (4.1.1) é apresentada uma distribuição de horas de operação em função do número de satélites a serem rastreados e do número de passagens a serem observadas. Esta distribuição é extremamente importante, principalmente nas operações em áreas de cobertura vegetal exuberante, praticamente inesploradas.

De posse dessa tabela pode-se hierarquizar com racionalidade os deslocamentos, evitando-se o desperdício de horas de trabalho, mas não se pode perder de vista que a maior limitação é o número de satélites disponíveis para operação.

Analisando a tabela (4.1.1), principalmente as duas últimas colunas, observa-se que o acréscimo do número de satélite rastreados reduz sensivelmente o período de operação. Entretanto, acima de 3 satélites observados e até 30 passagens, as reduções do tempo de ocupação variam numa razão tão pequena que o custo operacional é desprezível em relação ao acréscimo do custo de aquisição de efemérides para processamento, vide item 5.2.

Conclui-se do exposto anteriormente que o número de satélites ideal para ocupações na atual conjuntura é três.

TABELA (4.1 – 1)

Nº de Passagens \ Nº de Satélites						Redução de tempo pelo Acréscimo de satélites	
	12	20	30	35	40	No tempo total	Por satélite
1	72 h	130 h	200 h	228 h	263 h	1	1/2
2	36	62	100	120	132	1/2	1/6
3	25	38	60	74	86	1/3	1/12
4	18	30	50	58	65	1/4	1/12
5	16	26	38	46	53	1/5	

4.2 - Número Mínimo de Passagens e Número de Satélites

4.2.1 – Número mínimo de passagens;

Tendo por fim o estabelecimento do número mínimo de passagens, para um determinado nível de precisão, realizou-se uma série de testes, que consistiram principalmente na subtração de observações e análise dos erros médios quadráticos. Dois dos testes mais significativos são apresentados em continuação.

O primeiro foi realizado com base no conjunto de observações da estação SAT-MT-11. Nesta estação foram observadas 14 passagens dos satélites 59 e 68. O teste consistiu na eliminação de duas passagens por vez, uma de cada extremo do conjunto de observações, e o processamento através do programa ARIKEN 4.

Na tabela (4.2.1.1) e figura (4.2.1.1) são apresentados os resultados obtidos:

TABELA (4.2.1.1)
ESTAÇÃO SAT-MT – 11

Nº de Passagens	SAT.59	SAT.68	j	S_j''	l	S_l''	H (m)	S_H (m)
14	7	7	40'',768	$\pm 0,004$	20'',846	$\pm 0,008$	582,28	$\pm 0,163$
12	6	6	40'',818	$\pm 0,005$	20'',853	$\pm 0,009$	582,06	$\pm 0,197$
10	5	5	40'',814	$\pm 0,005$	20'',847	$\pm 0,009$	582,31	$\pm 0,216$
8	4	4	40'',800	$\pm 0,006$	20'',820	$\pm 0,010$	581,74	$\pm 0,236$
6	3	3	40'',816	$\pm 0,006$	20'',765	$\pm 0,013$	580,87	$\pm 0,263$
4	2	2	40'',869	$\pm 0,007$	20'',778	$\pm 0,014$	581,30	$\pm 0,286$
2	1	1	40'',828	$\pm 0,009$	20'',543	$\pm 0,045$	577,93	$\pm 0,631$

Considerando simultaneamente a tabela e as figuras, pode-se observar:

- a) Os resultados correspondentes a cada coordenada apresentam uma dispersão em relação a um valor base, tendendo a agrupar-se ao longo da reta de representação do valor mais provável, a medida que se aumenta o número de passagens. As menores diferenças são observadas para os conjuntos com 8, 10, 12 e 14 passagens.

No caso analisado para a latitude, o valor calculado para 14 passagens apresenta uma distorção ocasionada por uma posição fraca no início do conjunto.

- b) Os erros médios quadráticos quando representados graficamente em função do número de passagens tendem a agrupar-se em torno da parábola melhor adaptada ao conjunto. O deslocamento assintótico começa a se esboçar a partir do conjunto de 8 passagens.
- c) A precisão da altitude apresenta uma distribuição diversa da planimetria. Ao que indica o gráfico, há necessidade de se aumentar o número de passagens para se obter uma maior estabilidade dos resultados.

Três dos pontos estabelecidos foram tocados pelo nivelamento geométrico de alta precisão, cujos resultados comparativos são apresentados na tabela (4.2.1-2).

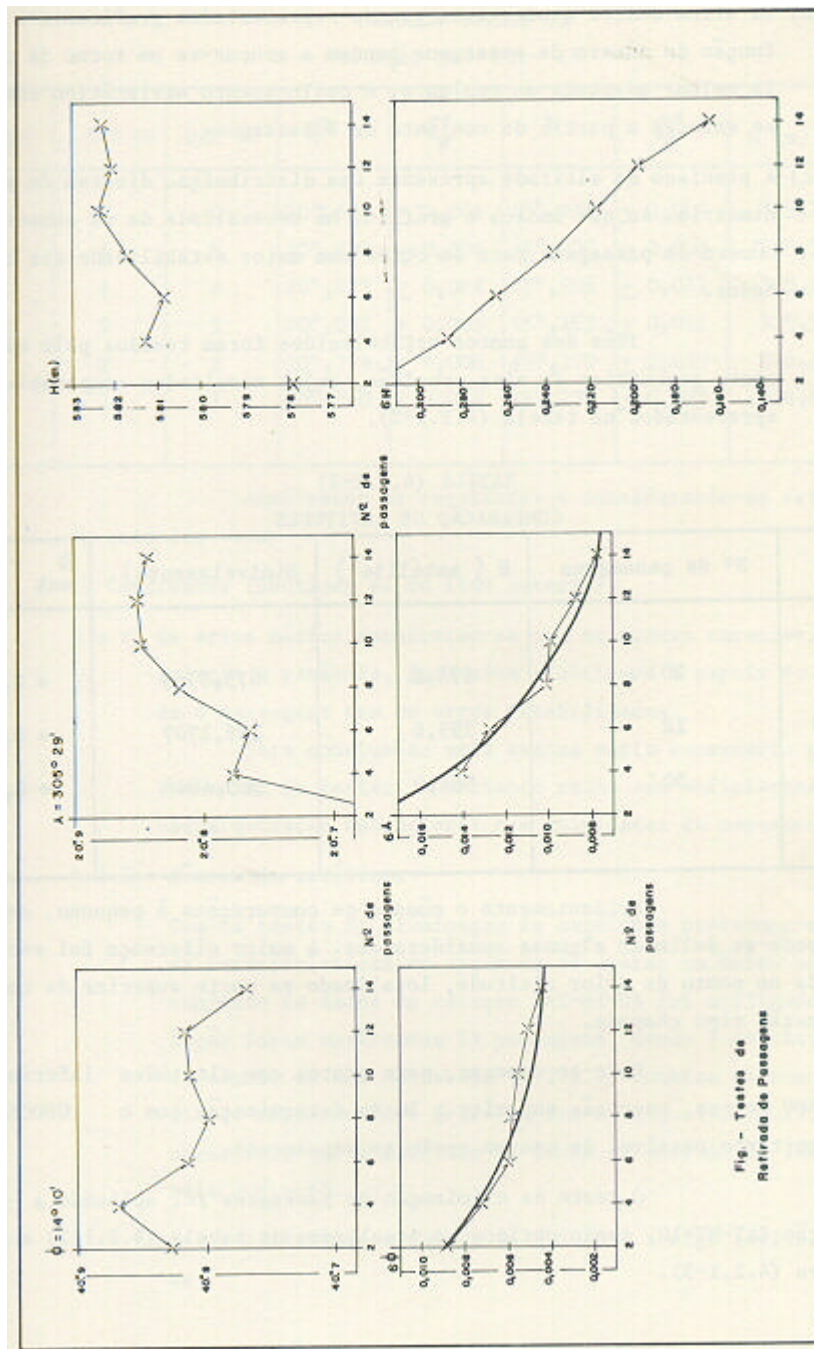


Fig - Testes de Retirada de Passageiros

TABELA (4.2.1-2)**COMPARAÇÃO DE ALTITUDES**

Estação	Nº de passagens	H (satélite)	H (nivelamento)	H – H Sat ng
SAT-MT-01	20	676,1	673,7769	+ 2,2
RO –10	12	195,6	195,1767	+ 0,5
RO – 11	30	364,0	363,4845	+ 0,4

Evidentemente o número de comparações é pequeno, contudo pode-se delinear algumas considerações. A maior diferença foi encontrada no ponto de maior altitude, localizado na parte superior de uma formação tipo chapada.

Pode-se esperar, para pontos com altitudes inferiores a 400 metros, precisão superior a 1m na determinação com o GEOCEIVER, portanto passível de uso em apoio ao mapeamento.

O teste de eliminação de passagens foi aplicado a estação SAT-MT-10, sendo obtidos os resultados da tabela (4.2.1-2) e figura (4.2.1-3).

TABELA (4.2.1-3)
ESTAÇÃO SAT-MT-10

Nº de Passagens	SAT. 59	SAT. 58	j	S_j"	l	S_l"	H (m)	S_H (m)
11	5	6	20",683	± 0,004	45",243	± 0,009	325,10	± 0,151
10	4	6	20",688	± 0,004	45",220	± 0,009	325,37	± 0,149
8	4	4	20",677	± 0,004	45",201	± 0,011	325,35	± 0,157
6	3	3	20",691	± 0,005	45",163	± 0,016	325,98	± 0,211
4	2	2	20",774	± 0,006	45",170	± 0,020	326,31	± 0,275
2	1	1	20",560	± 0,014	45",179	± 0,023	326,81	± 0,762

Analisando os resultados e considerando-se as referências da anterior vem:

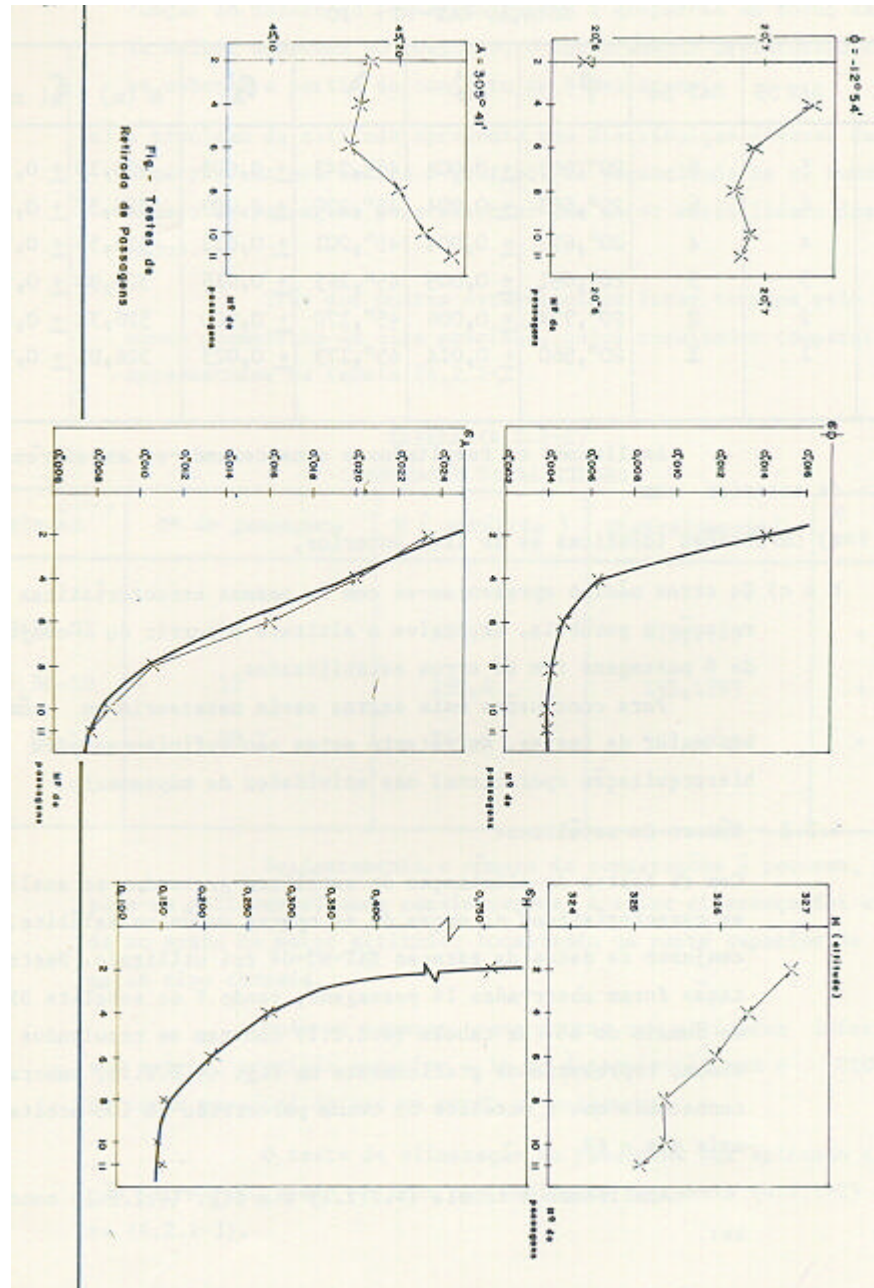
a) Conclusões idênticas as do item anterior.

b e c) Os erros médios apresentam-se com as mesmas características em relação a parábola, inclusive a altitude a partir do conjunto de 8 passagens tem os erros estabilizados.

Para conclusões mais exatas seria necessário um número bem maior de testes, entretanto estes são suficientes para a hierarquização operacional nas atividades de mapeamento.

4.2.2 – Número de satélites:

Com os testes de eliminação de satélites pretendeu-se analisar as características da opção de se operar um único satélite. O conjunto de dados da estação SAT-MT-04 foi utilizado. Nesta estação foram observadas 14 passagens, sendo 7 do satélite 59 e as demais do 68. Na tabela (4.2.2.1) constam os resultados obtidos, representados graficamente na fig. (4.2.2.1), embora reconhecendo que o satélite 59 tenha percorrido 16 100 órbitas a mais que o 68.



Analisando a tabela (4.2.2.1) e a fig. (4.2.2.1) conclui-se:

TABELA (4.2.2.1)
ESTAÇÃO SAT-MT-04

	Solução combinada	Soluções isoladas	
	Sat. 59 e 68	Sat. 59	Sat. 68
LONGITUDES	302° 14' 35",538	35",583	35",502
DIFERENÇAS		-0",045	+0",081
EMQ	± 0",0147	+0",036	± 0",0206
LATITUDE	12° 59' 51",484	51",444	51",526
DIFERENÇAS		-0",040	+0",082
EMQ	± 0",0050	+0",042	± 0",0072
ALTITUDE	376,7911	376,7128	376,8384
DIFERENÇAS		+0,0783	-0,1256
EMQ	± 0,241	-0,0473	± 0,335

- O uso simultâneo de dois ou mais satélites aumenta a precisão dos resultados finais. Deve-se observar que no caso de pontos de apoio cartográfico pode-se observar um único satélite sem comprometer sensivelmente a precisão.

4.3 - Conclusões

Encerrando este item pode-se estabelecer os seguintes pontos:

- O número mínimo de passagens para cálculo será 8, contudo para segurança deve ser adotado o limite de 12 passagens;
- Ao uso de um só satélite deve corresponder um número maior de passagens, entretanto é recomendável que se proceda ao teste do item anterior, em estações na qual o satélite tenha sido observado em conjunto com outros para verificar o seu comportamento;
- O uso de três satélites representa o compromisso ideal na atual conjuntura, entre precisão e economia em horas de ocupação.

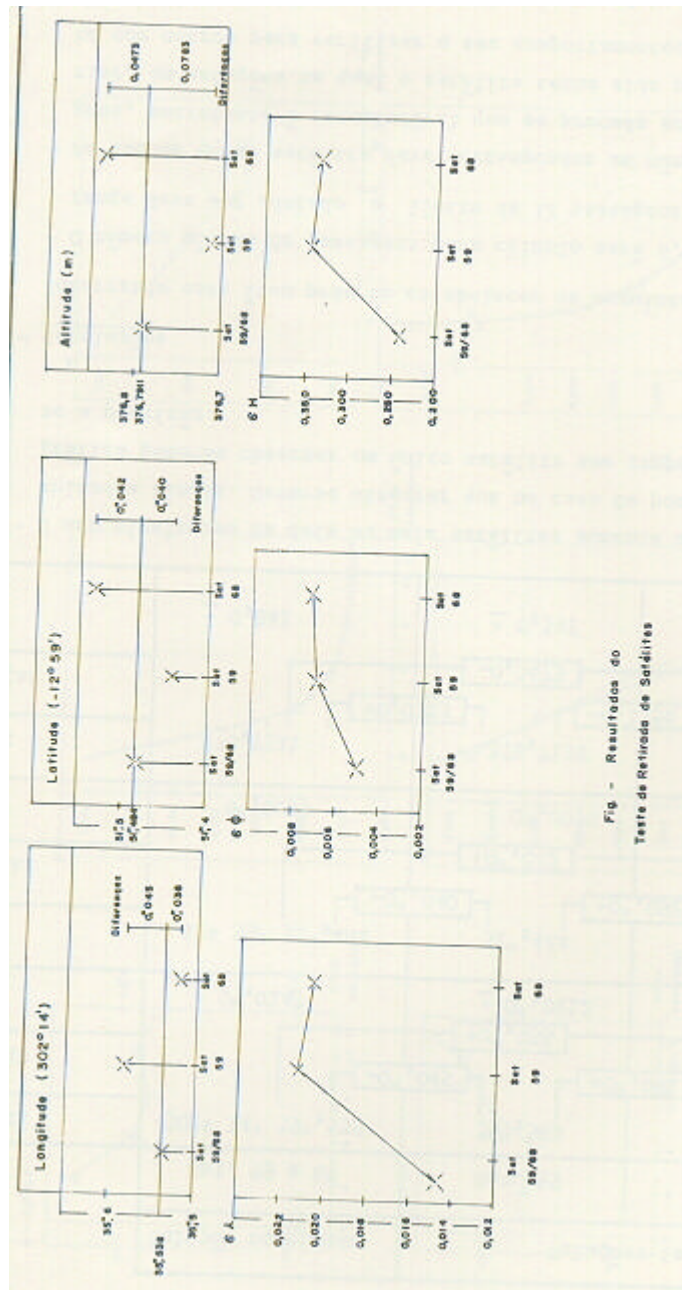


Fig - Resultados do
Teste de Retirada de Satélites

5.0 - CUSTO

5.1 - Custo das Estações Ocupadas com Geociever:

Na composição dos custos estação, na campanha realizada este ano, foram fixadas duas faixas de avaliação: ocupação de campo e processamento.

5.1.1 – Ocupação de campo

As atividades de campo grupam-se em duas fases : o reconhecimento e a medição, com composição de custo independentes.

Nas dezessete estações determinadas este ano, o custo direto médio foi de:

- Reconhecimento	Cr\$	4.000,00
- Medição	Cr\$	17.000,00
TOTAL	Cr\$	21.000,00

No futuro o custo de medição deverá continuar em torno do valor anterior, contudo o custo do reconhecimento deverá subir, devido as dificuldades de penetração e circulação.

5.1.2.- Processamento:

O custo do processamento é baseado no número de horas ou fração desta, consumidas no uso do computador.

Outro elemento importante na composição do custo de processamento refere-se a aquisição das efemérides necessárias ao processamento do programa de observações (ARIKEN 1), já que os parâmetros iniciais para este poderão ser as efemérides de qualquer época que anteceda as datas previstas para ocupação.

As efemérides adquiridas com repasse do IAGS, saem a razão de Cr\$ 1.775,00 (US\$ 250) para cada satélite por dois dias de cálculo. O custo anterior é aplicado somente no caso de se observar um satélite não liberado. Estas efemérides baseiam-se em dados coligidos por 18 estações da rede mundial de rastreio, durante dois dias. Os parâmetros fornecidos são calculados para os dois dias segundo o modelo de Cowell. Para cada estação o custo total com efemérides será:

QUADRO (5.1.2-1) – ESTAÇÃO COM 12 PASSAGENS

	2 SAT Cr\$	3 SAT Cr\$	4 SAT Cr\$
EFEMÉRIDES	3.550,00	5.325,00	7.100,00
GERAÇÃO DO PROGRAMA DE OBSERVAÇÕES	87,50	87,50	87,50
GERAÇÃO DO ARQUIVO DE EFEMÉRIDES	280,00	420,00	560,00
GERAÇÃO DO ARQUIVO DE DADOS	70,00	110,00	150,00
PROCESSAMENTO FINAL	350,00	500,00	650,00
PREPARO DE ELEMENTOS PARA ARQUIVO	140,00	140,00	140,00
TOTAL.....	4.477,50	6.582,50	8.687,50

QUADRO (5.1.2-2) – ESTAÇÃO COM 40 PASSAGENS

	2 SAT Cr\$	3 SAT Cr\$	4 SAT Cr\$
EFEMÉRIDES	10.650,00	10.650,00	13.200,00
GERAÇÃO DO ARQUIVO DE EFEMÉRIDES	87,50	87,50	87,50
GERAÇÃO DO ARQUIVO DE DADOS	210,00	420,00	630,00
PROCESSAMENTO FINAL	420,00	630,00	840,00
PREPARO DE ELEMENTOS PARA ARQUIVO	140,00	140,00	140,00
TOTAL.....	11.507,50	11.327,50	14.897,50

$$\text{Cr\$ 1.775,00} \times \frac{\text{nº de dias} \times \text{nº de satélites}}{2}$$

O preço-hora do IBM 370 é da ordem de Cr\$ 5.730,00.

Os custos calcados nas observações anteriores estão expostos nos quadros (5.1.2-1) e (5.1.2-2).

5.1.3 - Composição

O custo direto total de uma estação determinada com GEOCEIVER encontra-se esquematizado no quadro (5.1.3-1).

QUADRO (5.1.3-1) - CUSTO TOTAL

	1 12 PASSAGENS			40 PASSAGENS		
FASES	2 SAT	3 SAT	4 SAT	2 SAT	3 SAT	4 SAT
RECONHECIMENTO	4.000,00	4.000,00	4.000,00	4.000,00	4.000,00	4.000,00
MEDIÇÃO	17.000,00	12.750,00	12.750,00	34.000,00	25.500,00	21.250,00
PROCESSAMENTO	4.477,50	6.582,50	8.687,50	11.507,50	11.327,50	14.897,50
TOTAL.....	25.477,50	23.332,50	25.437,50	49.507,50	40.827,50	40.147,50

Os custos anteriores consideram as efemérides como sendo pagas, se a observação se der com satélites com efemérides liberadas, estes custos serão reduzidos. Da mesma forma, se for utilizado dois ou mais equipamentos, os custos de efemérides serão repartidos.

5.2 - Custo comparativos:

A título de comparação no quadro (5.2.1-1) encontra-se exposto o custo das operações clássicas.

QUADRO (5.2.1-1)

CUSTO COMPARATIVO

ESTAÇÃO POLIGONAL	17.000,00
PONTO ASTRONÔMICO DE 1ª ORDEM	20.000,00
VÉRTICE DE TRIANGULAÇÃO	35.000,00

Comparativamente o GEOCEIVER apresenta um custo mais elevado que a estação poligonal, contudo não se pode perder de vista o fato de que para a determinação de uma estação tem que se desenvolver uma malha geométrica de transporte de coordenadas, que ao final, concentrando o custo numa só, será em média quatro vezes mais elevado que o GEOCEIVER (o mesmo se aplicando a triangulação).

O ponto astronômico apresenta uma série de inconvenientes, sendo o principal a dependência das condições atmosféricas, normalmente desfavoráveis no Brasil central e Amazônia.

O período de tempo necessário a uma determinação astronômica naquela área fica em torno de 30 dias, no qual pode-se chegar ao estabelecimento de até 6 estações de GEOCEIVER.

Considerando-se estes fatos conclui-se ser o custo da determinação com o GEOCEIVER inferior ao da determinação por outros métodos.

6.0 - PREVISÕES

6.1 – Áreas de Trabalho:

Na definição das áreas de trabalho em que se pretende utilizar em larga escala o GEOCEIVER, deve-se distinguir duas classes de apoio: - o fundamental ou básico e o suplementar.

6.1.1 – Apoio básico

A região reservada a este tipo de utilização é a correspondente aproximadamente, a Amazônia legal, onde se planeja o mapeamento na escala de 1/250 000 e em menor número de folhas a de 1/100 000.

Diante da impossibilidade de penetração com os métodos geodésicos clássicos a única possibilidade que se antevê, para mapear esta região a curto prazo, é através do uso intensivo do GEOCEIVER na determinação do apoio necessário.

6.1.2 – Apoio suplementar:

Na classe de apoio suplementar existe um plano definido e em andamento.

A área a ser apoiada encontra-se, parcialmente, na Amazônia e abrange parte dos estados de Goiás e Mato Grosso, conforme o representado na figura (6.1.2-1). Esta área está subdividida para atuação do IBGE e da Diretoria do Serviço Geográfico do Exército. A escala de mapeamento prevista é a de 1/100 000 utilizando-se fotos aéreas na de 1/60 000.

O primeiro programa envolve a determinação de 60 pontos, com a utilização de um GEOCEIVER, em três etapas, estando previsto para cada uma a determinação de 20 pontos.

A primeira etapa iniciou-se em 21 de junho do presente ano e foi concluída a 27 de setembro, deixando um saldo de 17 pontos determinados.

O GEOCEIVER utilizado foi cedido por empréstimo pelo “Defense.Mapping Agency - USA” através do IAGS.

As campanhas seguintes estão previstas para desenvolver-se de novembro/74 a fevereiro/75.

Foram fixadas como normas de trabalho para este primeiro programa:

- registro de 12 passagens
- o período de permanência em cada ponto será de aproximadamente 40 horas, suficiente para o registro das 12 passagens;
- devem ser rastreados todos os satélites disponíveis;
- os pontos devem ser localizados, sempre que possível, em locais que possam ser utilizados com pontos fotogramétricos ou que localizem em suas proximidades;

- devem objetivar o mapeamento acima de qualquer outra utilização; como no desenvolvimento do apoio haverá necessidade da determinação de quatro ou mais pontos em torno da estação GEOCEIVER, distante num círculo de aproximadamente 30km, estas deverão ser escolhidas de tal maneira que possam permitir saídas por irradiação ou qualquer outro método topográfico.

Como tem ficado demonstrado neste curto período de tempo em que se utilizou o GEOCEIVER, a tendência de se adotar esta técnica no apoio suplementar nas áreas em que a penetração dos métodos clássicos é dita impraticável, se estenderá criteriosa e intensamente.

Até o momento as operações se desenvolvem com equipamentos cedidos por empréstimo. Contudo a Fundação IBGE recebeu no mês de outubro do corrente, o primeiro de uma partida de três GEOCEIVER adquiridos. Este primeiro equipamento está sendo utilizado no treinamento das turmas de operação e manutenção.

Os dois equipamentos restantes tem a chegada prevista para dezembro/74 e fevereiro/75.

6.2 - Testes para Comparações:

Embora se tenha tido em vista na aquisição destes equipamentos a utilização imediata em apoio as atividades de mapeamento, não se poderia deixar de estabelecer um plano mínimo de testes; objetivando comparações de precisão e enriquecimento de informações geodésicas.

Com estes objetivos encontra-se em estudo um plano que visa a ocupação com GEOCEIVER dos marégrafos instalados no litoral atlântico. Outro aspecto que não poderia ser negligenciado é o da ocupação de pontos comuns aos diversos desenvolvimentos do sistema geodésico brasileiro, desta forma planeja-se a ocupação de pontos Shiran, Hiran, de triangulação e poligonação, objetivando comparações de precisão entre estas determinações e entre estas e as realizadas por métodos orbitais.

6.3 - Notícias:

Os resultados até o momento obtidos nas comparações com o nivelamento geométrico, levam ao estudo da possibilidade de se estabelecer cotas em locais inacessíveis por nivelamento convencional, tais como: elevações, cidades, ilhas, assim como o rápido controle de alterações ocasionadas por movimentações da crosta, e outros.