

1. Classificação <i>INPE-COM.8/RA</i>	2. Período <i>julho/78 a junho/79</i>	4. Distribuição  interna <input type="checkbox"/>  externa <input checked="" type="checkbox"/>
3. Palavras Chaves (selecionadas pelo autor)		
5. Relatório nº <i>INPE-1615-RA/063</i>	6. Data <i>Novembro, 1979</i>	7. Revisado por <i>Frederico C. Miranda</i>
8. Título e Sub-Título <i>RELATÓRIO DE ACOMPANHAMENTO TÉCNICO (ANUAL) CONVÊNIO 536/CT - FINEP/CNPq GEODÉSIA</i>		9. Autorizado por <i>Nelson de Jesus Parada</i> Nelson de Jesus Parada Diretor
10. Setor <i>DSE</i>	Código	11. Nº de cópias <i>09</i>
12. Autoria <i>Derli Chaves Machado da Silva Luiz Danilo Damasceno Ferreira</i>		14. Nº de páginas <i>17</i>
13. Assinatura Responsável <i>Dery Cueda</i>		15. Preço
16. Sumário/Notas  <i>Este documento apresenta um relato das atividades desenvolvidas pelo projeto Geodésia, no período de julho/78 a junho/79.</i>		
17. Observações		

## ÍNDICE

1. <u>INTRODUÇÃO</u> .....	1
2. <u>ANDAMENTO DAS ATIVIDADES</u> .....	1
2.1 - Estação de Rastreamento de Satélites Artificiais (ESTARAS) ....	1
2.1.1 - Desenvolvimento .....	3
2.1.2 - Decisão Técnica .....	3
2.1.3 - Decisão Administrativa .....	4
2.2 - Previsão de Órbita (ORBAT) .....	4
2.2.1 - Pressão de Radiação .....	5
2.2.2 - Efemérides da Lua .....	5
2.3 - GEODÉSIA por Satélite (GEOSAT) .....	5
2.3.1 - Atividade DOPPLER .....	6
2.3.2 - Atividade GEOP. ....	9
3. <u>SEMINÁRIOS E CONGRESSOS</u> .....	9
4. <u>CONTACTOS CIENTÍFICOS</u> .....	11
4.1 - IME .....	11
4.2 - Estágio .....	11
5. <u>ASSESSORIA</u> .....	11
6. <u>PROGRAMA DE DOUTORAMENTO</u> .....	12
7. <u>BENEFÍCIOS INDIRETOS</u> .....	12
8. <u>TRABALHOS PUBLICADOS</u> .....	12
9. <u>CRONOGRAMAS</u> .....	13

## 1. INTRODUÇÃO

O Projeto Geodésia do INPE, prevê a utilização de dados orbitais, obtidos através de rastreamento de satélites artificiais, bem como o estudo dos modelos de forças que atuam sobre os satélites.

Este relatório apresenta os resultados, tanto teóricos como práticos, do período de julho de 1978 a junho de 1979, abrangendo o andamento das atividades propriamente dito, participação em congressos e seminários, contatos científicos, assessoria prestada, programa de formação, benefícios alcançados, além de trabalhos publicados e cronogramas.

## 2. ANDAMENTO DAS ATIVIDADES

Basicamente as atividades executadas dentro deste convênio dizem respeito à implantação da estação de rastreamento de satélites geodésicos e ao desenvolvimento de pesquisas correlatas. O andamento destas duas macro atividades são descritas a seguir:

### 2.1 - ESTAÇÃO DE RASTREAMENTO DE SATÉLITES ARTIFICIAIS (ESTARAS)

Quanto ao andamento desta atividade, vale a pena esclarecer alguns pontos que tem dificultado o seu desenvolvimento normal.

Em 1973, o Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo (IAG/USP) planejou a instalação de uma estação de rastreamento LASER de satélites artificiais para fins de pesquisas geofísicas no território nacional. O sistema de rastreamento foi encomendado à firma Group 128 de Walton, Massachussetts, E.U.A., por recomendação do "Smithsonian Astrophysical Observatory (SAO)" e do Dr. George Veis da Universidade Técnica de Atenas, que acabara de receber instrumento semelhante, fabricado por esta empresa.

O projeto original foi modificado, levando em conta as ca  
racterísticas climáticas do Brasil.

Em meados de 1975 o SAO propôs um convênio com o IAG/USP, pelo qual cederia, a este, (em comodato) uma câmara balística "Baker-Nunn" de rastreamento ótico de satélites. Estas providências foram todas aprovadas pelo Conselho Universitário da USP e, com efeito, a câmara ba  
lística se encontra (ainda não instalada) nas dependências do IAG.

Em meados de 1976, após repetidos adiamentos do prazo da data de entrega do sistema pela Group 128, a firma requereu falência, quando, então, seus bens foram bloqueados pelo seu principal credor.

Por interferência direta do SAO, o IAG conseguiu retirar da empresa todas as partes já fabricadas. O sistema, parcialmente cons  
truído, foi trazido ao Brasil e armazenado nas dependências do IAG, com exceção de algumas partes semi-acabadas que foram entregues ã firma "North American Angenieux (NAA)", novamente por sugestão do SAO, para que pudessem ser testadas e acabadas.

No início de 1977, com a mudança na Direção do IAG, deci  
diu-se interromper o projeto de estações de rastreamento.

Nesta mesma época, por considerar que a idê  
ia inicial per  
manecia válida, foi estabelecido um contacto preliminar entre o INPE e o IAG. Este se propôs a transferir ao INPE a parte do sistema LASER, lã  
existente, e o direito ãs partes semi-acabadas, em poder da firma NAA, nos E.U.A.

Por outro lado, em consequência da falta de interesse do IAG na operação da "Baker-Nunn", o SAO propôs a transferência do contra  
to de comodato do IAG para o INPE.

Para isso, foi elaborada, pela equipe do INPE, uma "Proposta de Financiamento para o Projeto Geodésia" (INPE-1247-PPr/042, de maio de 1978), incluindo a instalação e a operação de uma Estação de Rastreamento de Satélite para uso em pesquisas de Geodésia, elaborada segundo os moldes preconizados pela FINEP.

A proposta resultou na assinatura do convênio entre a FINEP e o CNPq, em 18 de outubro de 1978.

Conforme entendimentos verbais anteriores entre as Direções do IAG/USP e do INPE/CNPq, foi dado início aos entendimentos visando a assinatura de um convênio entre estas duas entidades, objetivando a transferência do equipamento existente na primeira para a segunda, em regime a ser determinado. Este convênio viria facilitar a execução das atividades previstas no Convênio Geodésia FINEP-CNPq.

#### 2.1.1 - DESENVOLVIMENTO

O convênio IAG/INPE sobre a cessão de equipamento existente na USP, foi inicialmente proposto pelo INPE e a sua minuta, aprovada pela Congregação do IAG, foi encaminhada ao INPE em janeiro de 1978. Esta minuta embora já aprovada também pelo INPE, ficou aguardando, inicialmente, a assinatura do Convênio FINEP/CNPq e, posteriormente, a liberação efetiva dos recursos previstos, que ocorreu somente no final de 1978.

Em abril de 1979, foi encaminhada ao CNPq a minuta do Convênio entre INPE e IAG onde, em anexo, constavam a relação dos equipamentos existentes no IAG/USP e do equipamento e instalações a serem fornecidos pelo INPE.

#### 2.1.2 - DECISÃO TÉCNICA

Com a definição das cláusulas do Convênio IAG/INPE, iniciou-se o estudo do equipamento existente e daqueles que faltam para a conclusão do sistema, incluindo a viabilidade de completá-lo e testá-lo para fins operacionais.

O estudo concluiu que, para se ter o sistema operacional, dentro das especificações técnicas necessárias (utilizando parte do equipamento que se encontra na USP), envolveria um custo elevado e um tempo razoavelmente grande. Além disso, como foi detalhado anteriormente, haveria uma grande dificuldade em testar os equipamentos, dada a diversidade de lugares onde foram fabricados.

Tratando-se de um sistema com componentes que devem trabalhar integrados e com alta confiabilidade, concluiu-se que a melhor alternativa técnica seria a de se estudar um projeto de um sistema que contivesse as mesmas características do atualmente proposto, com componentes fabricados de acordo com as especificações do projeto. Com isso, evitar-se-ia que o sistema fosse projetado em função de componentes pré-existent, reduzindo a confiabilidade operacional.

### 2.1.3 - DECISÃO ADMINISTRATIVA

Em julho de 1979, o INPE recebeu do CNPq, o Convênio IAG/USP-INPE/CNPq, referente à cooperação entre as duas entidades para instalação e operação do Sistema LASER. Pelas razões expostas anteriormente, a administração do Projeto Geodésia, do INPE, em virtude do parecer técnico, decidiu que não seria conveniente prosseguir com este convênio e sim desenvolver um projeto completo do Sistema, com a equipe existente e os recursos disponíveis, alocados pela FINEP.

Em virtude desta decisão, encontra-se em andamento a transferência do comodato do "Smithsonian Astrophysical Observatory (SAO)" da USP para o INPE.

### 2.2 - PREVISÃO DE ÓRBITA (ORBAT)

Estão sendo desenvolvidos modelos físicos de forças que atuam sobre os satélites artificiais. Dentre estes, o modelo que atualmente está sendo elaborado é o referente à pressão de radiação solar. Paralelamente, está sendo desenvolvido um programa que irá gerar as efemérides da Lua.

### 2.2.1 - PRESSÃO DE RADIAÇÃO

O Modelo de força para a pressão de radiação, devido ao Sol, é dividido em direto, pelo efeito da radiação solar incidente sobre o satélite, e indireto devido à radiação refletida pela superfície terrestre (ALBEDO) e a reirradiação daquela anteriormente absorvida pela Terra.

Dos modelos físicos de forças, este se encontra na fase de revisão, após o que passará para a fase de publicação e posteriormente a de programação.

### 2.2.2 - EFEMÉRIDES DA LUA

Está sendo desenvolvido um programa semi-analítico para a previsão de órbita da Lua. Este programa utiliza as funções da excentricidade da órbita (funções de Hansen) e função da inclinação (função de Kaula).

Este estudo, encontra-se na fase de programação em linguagem FORTRAN, para o B-6700.

### 2.3 - GEODÉSIA POR SATÉLITE (GEOSAT)

Tendo em vista a grande utilização de dados oriundos de satélites artificiais, o subprojeto GEOSAT, através do rastreamento de satélites, tem como finalidades:

- a) determinação de coordenadas geodésicas;
- b) obtenção de dados orbitais;
- c) elaboração de um modelo para o geopotencial.

Para atingir estes objetivos, dividiu-se o subprojeto GEOSAT em três atividades, as quais estão descritas a seguir:

### 2.3.1 - ATIVIDADE DOPPLER

O INPE possui um sistema Doppler de posicionamento (MX-702), e através de seu uso a atividade Doppler tem por objetivos:

- realizar experiências de aplicação do método de translocação;
- determinar coordenadas geodésicas, a fim de dar apoio às imagens do satélite LANDSAT;

#### a) Coordenadas Geodésicas:

As Coordenadas Geodésicas obtidas com o equipamento MX-702 estão relacionadas ao Sistema Geodésico Mundial (WGS-72), sendo necessário transformá-las para o Sistema Geodésico Sul-Americano (SAD-69), que é adotado pelo Brasil. Foi desenvolvido um programa em linguagem FORTRAN (WGS/SAD), que faz a transformação do WGS-72 para o SAD-69; nesta transformação as coordenadas geodésicas perdem um pouco de precisão, pois a transformação de sistemas envolve translação e rotação, e estes parâmetros ainda são objetos de estudo. Apesar de tudo, as coordenadas obtidas são confiáveis e atendem plenamente aos propósitos estabelecidos.

A precisão do MX-702, segundo os fabricantes, é, aproximadamente, de 10 m (0,38) na obtenção das coordenadas (latitude, longitude e altura).

Dentro do período coberto por este relatório, o equipamento ocupou marcos geodésicos com coordenadas conhecidas. As coordenadas obtidas via satélite são comparadas com as dos marcos, e, por isso, é possível saber aproximadamente a precisão. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela II.1.

TABELA II.1

RESULTADOS DA COMPARAÇÃO DAS COORDENADAS DETERMINADAS  
VIA SATÉLITE COM OS MARCOS GEODÉSICOS

LOCAL	LATITUDE	LONGITUDE	ALTURA
INPE (SJC)	0,34" (10,0 m)	1,18" (35,0 m)	5,0 m
B.INFERNO (RN)	1,63" (49,0 m)	2,64" (79,0 m)	4,0 m
P.MACACO/SP	0,44" (13,0 m)	1,03" (31,0 m)	7,0 m

Conforme mostra a Tabela II.1, o teste efetuado em Natal não foi de boa qualidade, devido à constante falta de energia elétrica, ao passo que os outros estão de uma precisão de 2a. ordem (1" - 30 m).

Na Figura II.1, o raio da circunferência maior corresponde a 30 m em escala (1cm = 9 m) e o raio da menor a 10 m; os pontos plotados nesta Figura correspondem à diferença entre as coordenadas obtidas via satélite e as coordenadas conhecidas de uma estação. Os números que acompanham cada ponto correspondem ao número de passagem do satélite, utilizados para a obtenção das coordenadas geodésicas.

Como é de se esperar, quanto maior é o número de passagens do satélite, mais precisão se terá nas coordenadas obtidas; a Figura II.1 confirma este fato.

b) Método de Translocação:

Efetuarão-se contatos com o prof. Camil Gemael da Universidade Federal do Paraná, com vistas à aplicação do método de translocação. Serão propostos estudos para a compatibilização dos programas de redução de dados, pois os equipamentos de rastreamento a serem envolvidos não

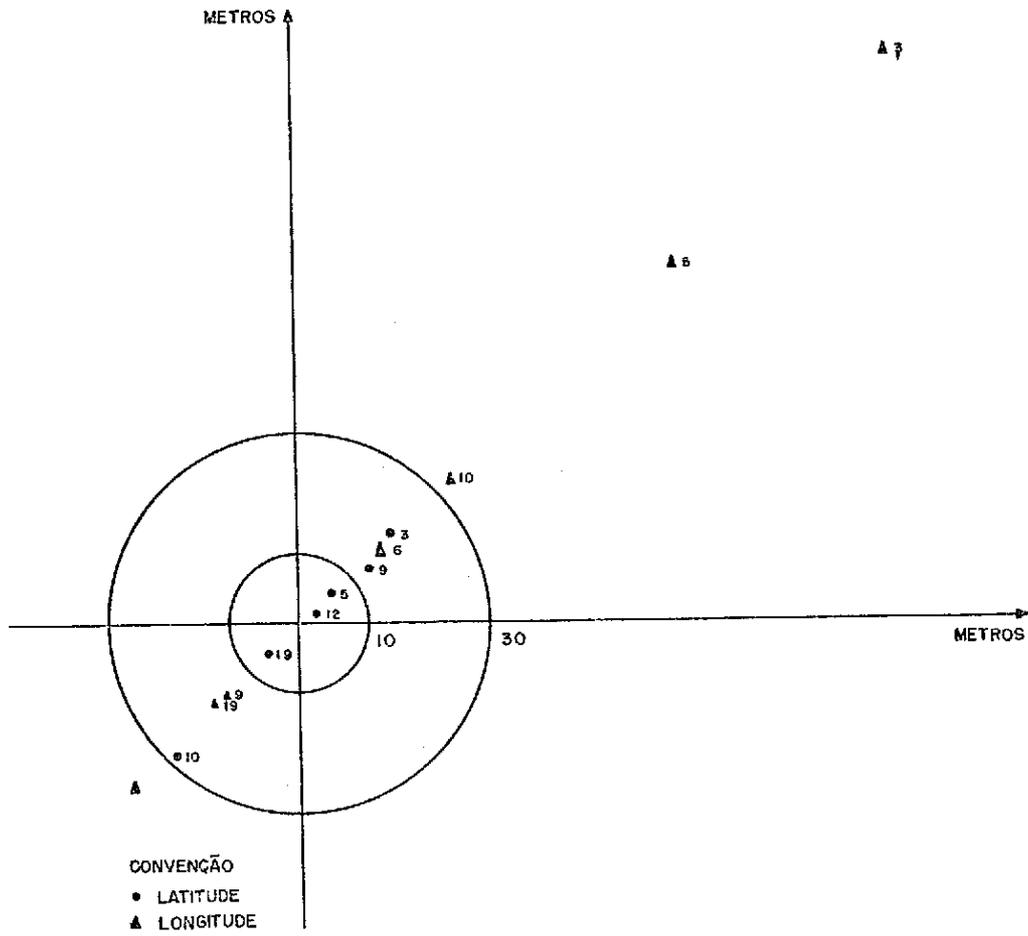


Fig. II.1 - Diferença entre as coordenadas obtidas via satélite e as coordenadas conhecidas de uma estação.

tem a mesma procedência, i.é, o INPE possui um MX-702 e um JMR-1\*, e a UFPR um CMA-722. O início deste método está previsto para princípios de 1980.

### 2.3.2 - ATIVIDADE GEOP.

Um modelo para o geopotencial pode ser obtido através da combinação de *dados gravimétricos e dados orbitais*, relacionando-os com os coeficientes dos harmônicos esféricos.

A Figura II.2 mostra uma carta do Brasil, dividida em quadrículos de 10 x 10 e dentro da qual foram inseridos dados gravimétricos. Nota-se o grande vazio na região Centro Oeste e em muitos quadrículos existem pouco mais de uma estação gravimétrica. A região Sul está bem levantada, só que ainda não se recebeu os dados gravimétricos correspondentes. Outro fato é que a maioria destes dados não estão amarrados à rede gravimétrica brasileira. Dispõe-se de aproximadamente 10.000 dados.

Os dados orbitais estão sendo obtidos com o MX-702 e, também, através do projeto MEDOC\*\*, o qual é dirigido pelo CNES\*\*\*. Em contatos que se manterá com instituições estrangeiras, obter-se-ã dados de satélites que possuem diferentes inclinações.

### 3. SEMINÁRIOS E CONGRESSOS

I Seminário de Cartografia Temática, Belo Horizonte, 12/7 a 15/7/78.  
Trabalho: Estudo do imageamento e distorções geométricas das imagens LANDSAT-INPE-1286-PE/140.

IX Congresso Brasileiro de Cartografia em Curitiba, 4/2 a 9/2/79.  
Trabalhos: Transformation of Spherical Harmonics and applications to Geodesy and satellite Theory - INPE-1453-RPE/018.

Reavaliação dos coeficientes do geopotencial INPE-1427-RPE/006.

---

\* *Este equipamento pertence ao CNES.*

\*\* *MEDOC - Motion of the Earth by Doppler Observation on Computation.*

\*\*\* *CNES - Centre National d'Études Spatiales.*

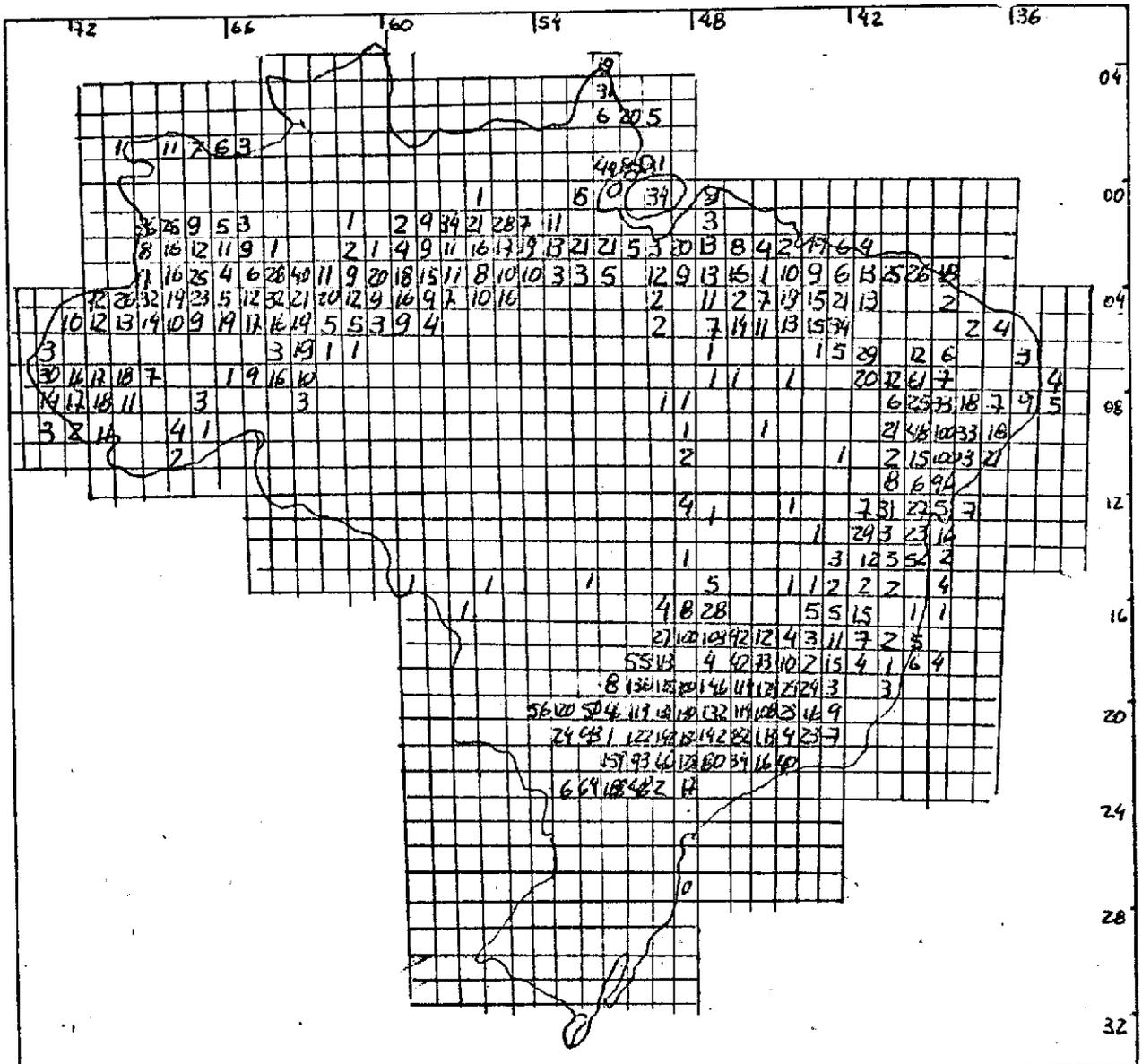


Fig. II.2 - Dados gravimétricos disponíveis.

#### 4 - CONTACTOS CIENTÍFICOS

Dois pesquisadores da geodésia estiveram em Curitiba e mantiveram contacto com o Dr. I.I. Mueller, geodesta da Ohio State University, com a finalidade de assistirem às conferências proferidas pelo visitante, bem como discutirem alguns problemas que envolvem projetos do grupo, tais como o subprojeto Doppler e o projeto Marés-Terrestres.

##### 4.1 - IME

O Cel. Henrique Araújo, chefe do Departamento de Geodésia do Instituto Militar de Engenharia, RJ., em visita ao INPE-SJC, mostrou-se bastante interessado nas atividades do grupo de geodésia, principalmente pelo subprojeto Doppler.

##### 4.2 - ESTÁGIO

Por ocasião do Estágio de sensoriamento remoto para oficiais do Departamento de Serviço Geográfico do Exército, o grupo de Geodésia apresentou um Seminário sobre o "Precision", e suas aplicações cartográficas.

Um aluno do ITA, está sendo orientado pelo grupo de Geodésia, em seu trabalho de Graduação (TG) final de curso.

#### 5. ASSESSORIA

Durante o período coberto por este relatório, o Grupo de Geodésia Espacial assessorou grupos de pesquisas do Departamento de Sensoriamento Remoto, tanto na parte de cartografia, como na parte relacionada à previsão de passagem do LANDSAT.

## 6. PROGRAMA DE DOUTORAMENTO

Três pesquisadores do Grupo estão inscritos no programa de pós-graduação em nível de doutoramento, com vistas à obtenção do grau de Doutor em Ciência Espacial, opção Mecânica Orbital.

## 7. BENEFÍCIOS INDIRETOS

Instituições, como o IBGE, a DSG, o IME e a UFPr/INST. Geociências, após contactadas, mostraram-se interessadas no subprojeto Doppler, uma vez que estas fazem o levantamento geodésico do Brasil e o resultado deste projeto lhes será de grande utilidade.

## 8. TRABALHOS PUBLICADOS

SILVA, W.C.C.; MAIA, J.C.; FERREIRA, L.D.D. "Estudo do imageamento e distorções geométricas das imagens LANDSAT". INPE-1286-PE/140. Julho. I Seminário de Cartografia Temática. Belo Horizonte, de 12 a 15 de julho de 1978.

GIACAGLIA, G.E.O. "Transformation of Spherical Harmonics and applications to Geodesy and Satellite Theory". INPE-1453-RPE/018. Fevereiro. IX Congresso Brasileiro de Cartografia. Curitiba, de 4 a 9 de fevereiro de 1979.

SILVA, W.C.C.; PILCHOWSKI, H.U.; FERREIRA, L.D.D. "Reavaliação do Coeficiente do Geopotencial". INPE-1427-RPE/006, Fev. IX - Congresso Brasileiro de Cartografia - Curitiba, de 4 a 9 de fevereiro de 1979.

SILVA, W.C.C.; PILCHOWSKI, H.U.; FERREIRA, L.D.D. "Angular Dislocation of the Earth principal axes of inertia. junho de 1979 (submetido para a revista Bulletin Geodésique) no prelo.

## 9. CRONOGRAMAS

A seguir são apresentados dois cronogramas, sendo o primeiro referente à Estação de Rastreamento de Satélites, onde mostra os principais eventos e atividades do projeto ESTARAS, e o segundo, referente às outras atividades de pesquisas.

CRONOGRAMA MESTRE DAS ATIVIDADES DO PROJETO PARA A FINEP

PROJETO: GEODÉSIA SATELITE/ESTAÇÃO DE RASTREAMENTO LASER

DATA: JULHO/79

CÓDIGO: CONVENIO 536/CT

CNPq/INPE

PRINCIPAIS EVENTOS/ATIVIDADES	1978			1979				1980	
	3º TRIM.	4º TRIM.	1º TRIM.	2º TRIM.	3º TRIM.	4º TRIM.	1º TRIM.	2º TRIM.	
1 - Definição do Sistema (1977)									
2 - Aquisição de Equipamentos									
3. Obras Civis: a) Projeto									
b) Construção									
4. Treinamento de Pessoal									
5. Instalação de equipamentos									
6. Testes e Ajustes									

CONVENÇÃO: PREVISÃO INICIAL 

REALIZADO 

PREVISÃO ATUALIZADA 

CRONOGRAMA MESTRE DAS ATIVIDADES DO PROJETO PARA A FINEP

PROJETO: GEODESIA ESPACIAL

DATA: JULHO/79

CÓDIGO: CONVENIO 536/CT

CNPq/INPE

PRINCIPAIS EVENTOS/ATIVIDADES	1978		1979			1980	
	3º TRIM.	4º TRIM.	1º TRIM.	2º TRIM.	3º TRIM.	4º TRIM.	1º TRIM.
GEOSAT/DOPPLER { Translocação Coordenadas Dados Orbitais (MX-702)                 }							
GEOSAT/GEOP { Dados Gravimétricos Dados Orbitais Geopotencial                 }							

CONVENÇÃO: PREVISÃO INICIAL 

REALIZADO 

PREVISÃO ATUALIZADA 