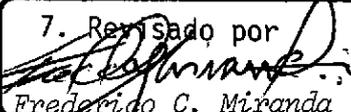
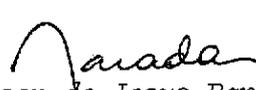


1. Classificação <i>INPE-COM. 8/RA</i>		2. Período <i>Julho 1978 a Junho 1980</i>	4. Critério de Distribuição:  interna <input type="checkbox"/>  externa <input checked="" type="checkbox"/>
3. Palavras Chaves (selecionadas pelo autor)			
5. Relatório nº <i>INPE-1883-RA/133</i>	6. Data <i>Setembro, 1980</i>	7. Remetido por  <i>Frederico C. Miranda</i>	
8. Título e Sub-Título <i>RELATÓRIO DE ACOMPANHAMENTO TÉCNICO (FINAL) CONVÊNIO 537/CT-FINEP/CNPq CIÊNCIA ESPACIAL</i>		9. Autorizado por  <i>Nelson de Jesus Parada Diretor</i>	
10. Setor <i>DCE</i>	Código	11. Nº de cópias <i>09</i>	
12. Autoria <i>Ivan Jelinek Kantor Inacio Malmonge Martin Nalin Babulal Trivedi Mangalathayil Ali Abdu Barclay Robert Clemesha Gerson Otto Ludwig</i>		14. Nº de páginas <i>69</i>	
13. Assinatura Responsável 		15. Preço	
16. Sumário/Notas  <i>O presente relatório contém informações detalhadas acerca dos resultados obtidos pelo Projeto Ciência Espacial, cujo objetivo é estudar as propriedades e o conteúdo do espaço situado acima da Terra, principalmente, as fontes de radiação externas, o meio interplanetário, a magnetosfera, o campo magnético terrestre, a precipitação de partículas carregadas nos cinturões de Van Allen, a ionosfera, a luminescência noturna, e a física dos plasmas. Para facilidade de compreensão, o presente relatório está dividido em cinco subprojetos: Astrofísica, Geomagnetismo, Ionosfera, Física da Alta Atmosfera e Física dos Plasmas. Este conjunto cobre as atividades do Projeto Ciência Espacial. Os resultados destas atividades, apresentadas a seguir, cobrem o período de julho de 1978 a junho de 1980.</i>			
17. Observações			

## INDICE

	Pág.
LISTA DE FIGURAS .....	v
TABELA .....	vi
<u>CAPÍTULO I - SUBPROJETO ASTROFÍSICA</u> .....	1
1.1 - Andamento da execução .....	1
1.1.1 - Atividade OLINDA .....	1
1.1.2 - Atividade SOURCE .....	1
1.1.3 - Atividade germânio-lítio (GeLi) .....	9
1.1.4 - Atividade propagação de partículas - PROP .....	9
1.1.5 - Atividade ultravioleta e infravermelho .....	10
1.1.6 - Atividade "Queimadas" .....	10
1.2 - Conclusão .....	11
<u>CAPÍTULO II - SUBPROJETO GEOMAGNETISMO</u> .....	17
2.1 - Andamento da execução .....	17
2.1.1 - Atividade MATE .....	17
2.1.2 - Atividade SOMAT .....	19
2.1.3 - Atividade XGAP .....	23
<u>CAPÍTULO III - SUBPROJETO IONOSFERA</u> .....	29
3.1 - Andamento da execução .....	29
3.1.1 - Coleta de dados ionosféricos .....	29
3.1.2 - Desenvolvimento de instrumentos ionosféricos .....	30
3.1.3 - Redução de dados .....	30
3.2 - Problemas científicos investigados durante o período .....	30
3.2.1 - Efeitos ionosféricos da precipitação de partículas na anomalia magnética brasileira .....	30
3.2.2 - Modelo da química iônica para a baixa ionosfera .....	31
3.2.3 - Estudo da dinâmica da ionosfera equatorial e tropi cal: irregularidades ionosféricas, TIDS, corrente do eletrojato, campos elétricos e ventos termosfê ricos .....	31
3.2.4 - Estudos de predições em telecomunicação .....	32
<u>CAPÍTULO IV - SUBPROJETO FÍSICA DA ALTA ATMOSFERA</u> .....	33
4.1 - Andamento da execução .....	33
4.1.1 - Programa observacional .....	33

4.1.2 - Desenvolvimento experimental .....	34
4.1.3 - Análise de resultados .....	36
<u>CAPÍTULO V - SUBPROJETO FÍSICA DOS PLASMAS</u> .....	43
5.1 - Andamento da execução .....	43
<u>CAPÍTULO VI - PUBLICAÇÕES</u> .....	47

## LISTA DE FIGURAS

I.1 - Intensidade da radiação gama, observada entre 0.3 - 5.0 MeV, com o detetor visando o Sol e o Centro Galáctico. ....	2
I.2 - Intensidade de fótons de raios gama em função da energia para alturas equivalentes a 5g/cm <sup>2</sup> e 72g/cm <sup>2</sup> . ....	3
I.3 - Esquema de funcionamento do telescópio SOURCE. ....	5
I.4 - Diferenças de taxas de contagens entre os dois detetores e observação da fonte SCORPIUS X-1 e do Centro Galáctico. ....	6
I.5 - Comparação dos espectros obtidos no solo e a 3.55 mb, em Juazeiro do Norte, CE. ....	7
I.6 - Comparação dos espectros obtidos a 18 km e a 39 km, em Cachoeira Paulista, SP. ....	8
I.7 - Espectro da radiação gama obtida no solo do Aeroporto de Brasília. ....	12
I.8 - Espectro da radiação gama obtida a bordo da aeronave Sabreliner N370D, entre Campinas e Brasília, a 39.000 e 41.000 pés. ....	13
I.9 - Variação da intensidade de radiação gama em função da latitude. ....	14
I.10- Variação da rigidez magnética de corte em função da latitude. ....	15
II.1- Esquema do sistema do magnetômetro em Eusébio. ....	18
II.2- Curva de resistividade $\rho \rightarrow T$ (período), onde a resistividade é escalar sem rotação de eixos das medidas de campos E e H. ....	21
II.3- Curva de $\rho$ (resistividade) $\rightarrow T$ (período), após a rotação dos eixos das medidas de campos E e H para obter resistividade tensorial. ....	22
II.4- Espectro de raios- $\gamma$ medido na altura de 6.0 g/cm <sup>2</sup> , em 29 de novembro de 1978. ....	26
II.5- Espectro de raios- $\gamma$ medido na altura de 600 g/cm <sup>2</sup> , em 11 de dezembro de 1978. ....	27
II.6- Espectro de raios- $\gamma$ medido na altura de 4.5 g/cm <sup>2</sup> , em 15 de dezembro de 1978. ....	28
V.1 - Vista interna da máquina de plasma duplo. ....	44
V.2 - Vista lateral da máquina de plasma duplo. ....	44

TABELA

IV.1 - Número de noites de medidas conseguido para cada tipo de observação. ....	34
--	----

## CAPÍTULO I

### SUBPROJETO ASTROFÍSICA

O objetivo deste subprojeto é estudar os fenômenos físicos que ocorrem no meio interplanetário, nas estrelas e no meio interestelar, nas galáxias como um todo, e no meio intergaláctico. Para tanto, são feitas observações da radiação gama e X, ultravioleta e infravermelha no espaço, através de telescópios colocados a bordo de balões estratosféricos e foguetes, desenvolvidos no INPE.

#### 1.1 - ANDAMENTO DA EXECUÇÃO

##### 1.1.1 - ATIVIDADE OLINDA

Lançamento em balão estratosférico e exploração das medidas da experiência OLINDA, em Baurú, SP.

Foi construído, no período compreendido entre o final de 1977 e 1978, um detetor para estudar as radiações gama de origem extraterrestre e provenientes do Sol durante erupções solares. No mês de julho de 1978, esse conjunto experimental, chamado OLINDA, foi lançado a bordo de um balão estratosférico do aeroporto de Baurú, SP. O vôo teve a duração de 5 h no teto máximo, a 39 km de altitude e conseguiu-se detectar a emissão gama originária de uma erupção solar. A Figura I.1 mostra o fluxo da radiação gama, entre 0.3 - 5.0 MeV, detetado durante a passagem do balão, com visada para o Centro Galáctico (C.G.) e para o Sol. Os espectros, em função da energia, medidos a alturas equivalentes a 5mb e 72mb são mostrados na Figura I.2.

Os resultados detalhados destas medidas foram publicados em forma de relatórios.

##### 1.1.2 - ATIVIDADE SOURCE

Projeto e construção de um telescópio de grande resolução angular "Source".

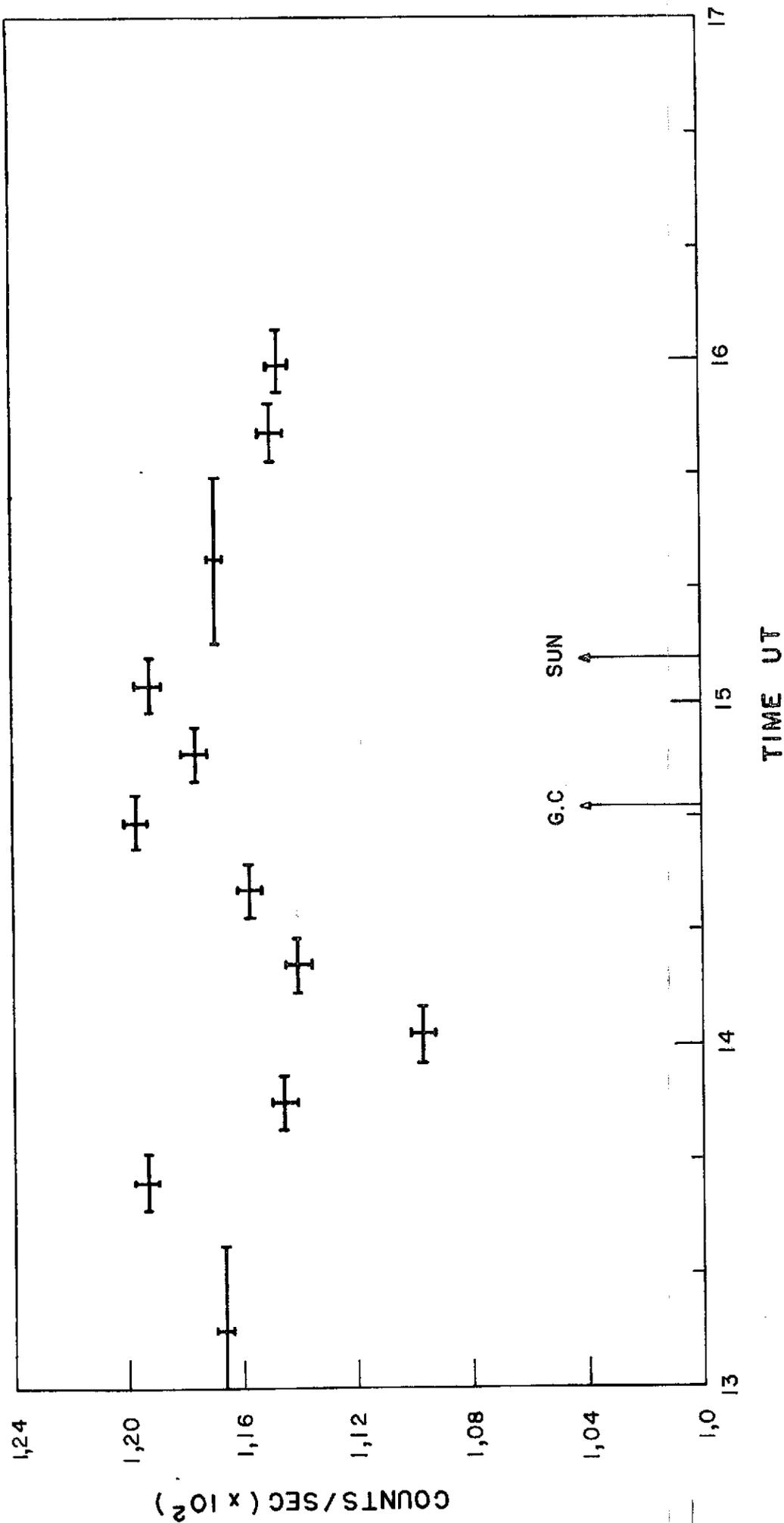


Fig. I.1 - Intensidade da radiação gama, observada entre 0.3 - 5.0 MeV, com o detector visando o Sol e o Centro Galáctico.

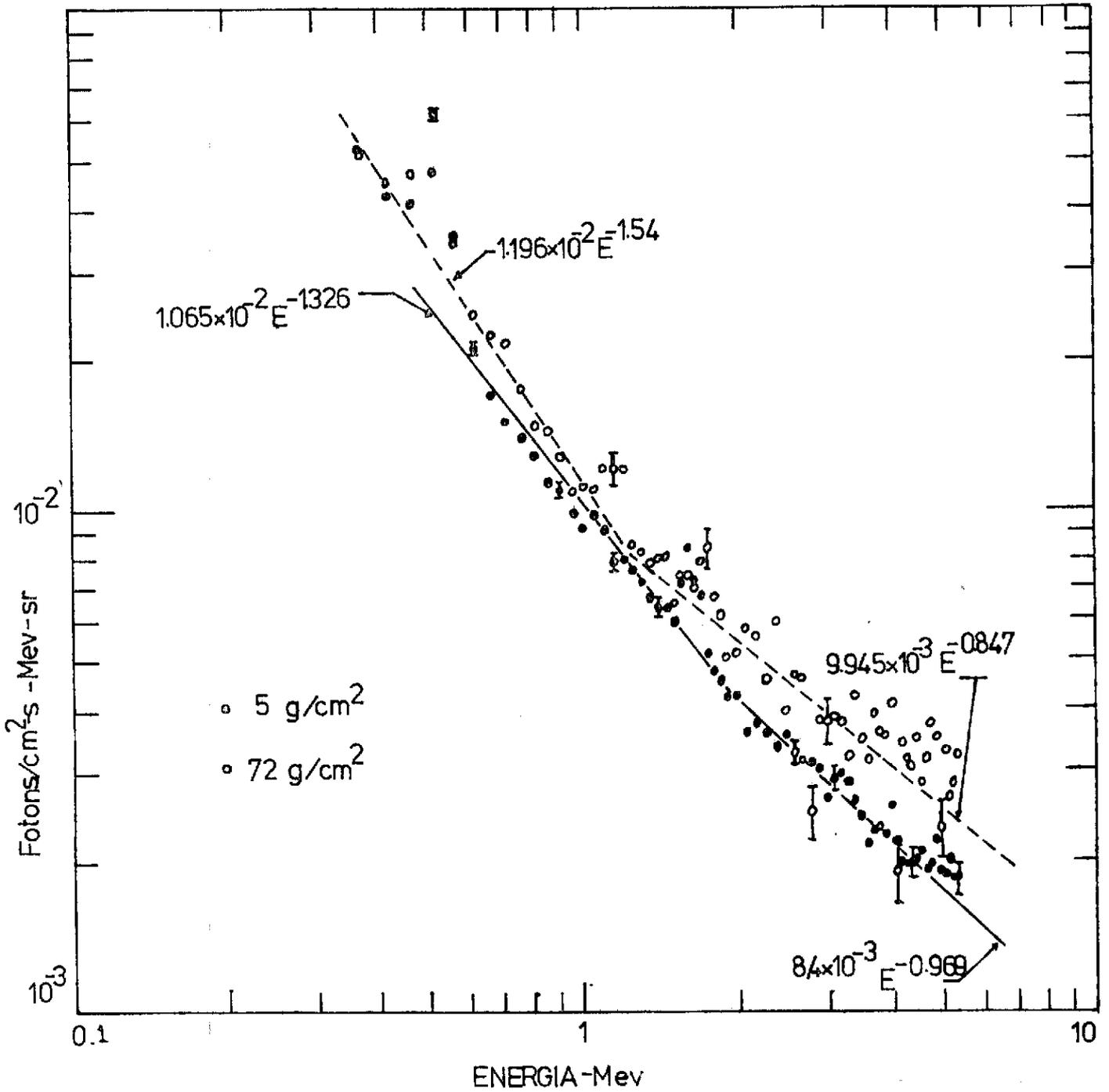


Fig. I.2 - Intensidade de fôtons de raios gama em função da energia para alturas equivalentes a 5g/cm<sup>2</sup> e 72g/cm<sup>2</sup>.

Desde julho de 1978, a equipe de pesquisadores e técnicos da Divisão de Astrofísica desenvolveu um telescópio para medir a radiação gama no intervalo de energia de 0.3 a 5.0 MeV. Esse telescópio foi projetado e construído para detectar o ruído de fundo atmosférico da radiação gama e o fluxo proveniente de fontes pontuais localizadas na região central de uma galáxia. A Figura I.3 mostra um esquema do princípio de funcionamento do telescópio. A seguir, descrever-se-ão os vôos de balões efetuados com esse telescópio e os resultados parciais obtidos.

#### Vôo de 21 de março de 1979

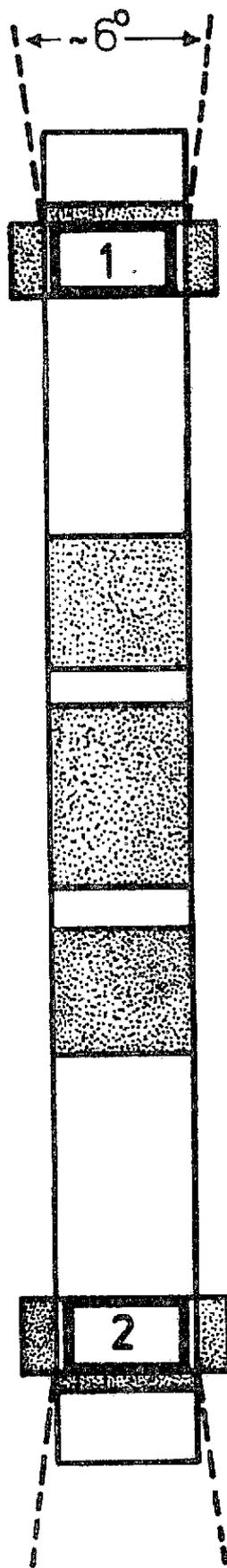
O vôo foi efetuado do campus do INPE de São José dos Campos, SP. A duração foi de 5 h de teto máximo, a 40 km de altura. A Figura I.4 mostra as diferenças de taxas de contagens entre os dois cintiladores, observada durante a passagem da fonte emissora SCORPIUS X-1 e do Centro Galáctico.

#### Vôo de 29 de novembro de 1979

Vôo efetuado na cidade de Juazeiro do Norte, CE, em colaboração com o "National Scientific Balloon Facility - NSBF" dos EUA. Por um problema surgido na telemetria de bordo do NSBF, teve-se que terminar o vôo com apenas 1 h, após ter atingido o teto máximo de 41 km. Os espectros em função da energia, obtidos no solo do aeroporto de Juazeiro do Norte e a altitude equivalente a 3.55mb, comparados às medidas efetuadas nos EUA, são mostrados na Figura I.5.

#### Vôo de 3 de abril de 1980

O telescópio SOURCE foi lançado nesta data, do Campo de Lançamento de Balões de Cachoeira Paulista, SP, e atingiu a altura equivalente a 4.2mb. Permaneceu nesse teto por 12 h, e na Figura I.6 apresenta-se a análise espectral do vôo com o balão em altitude de 18 km ("Pfozter Maximum") e o teto a 4.2mb.



- ① DETECTOR NaI(Tl) 4" x 4"
- ② " " " "
- BLINDAGEM

Fig. I.3 - Esquema de funcionamento do telescópio SOURCE.

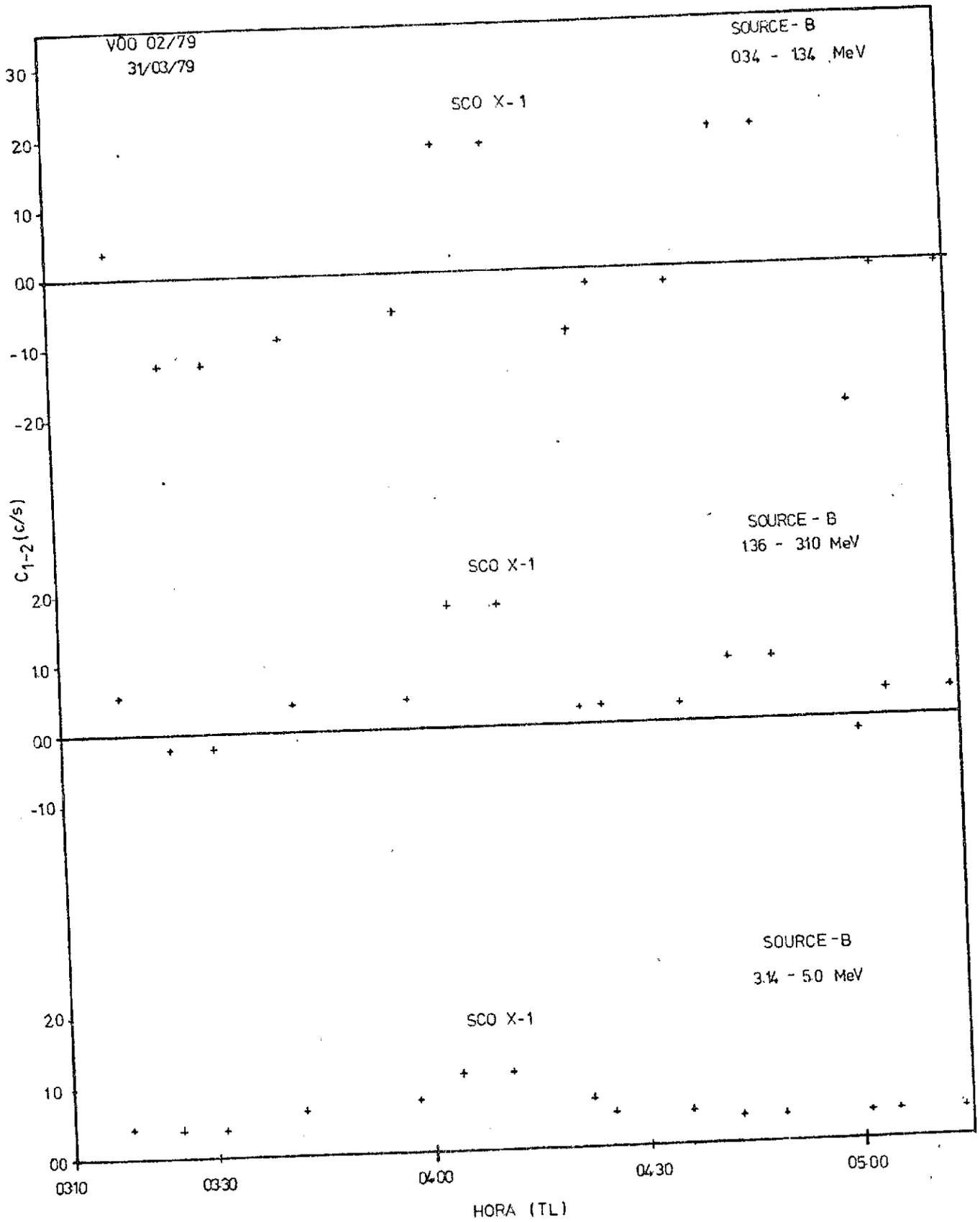


Fig. I.4 - Diferenças de taxas de contagens entre os dois detetores e observação da fonte SCORPIUS X-1 e do Centro Galáctico.

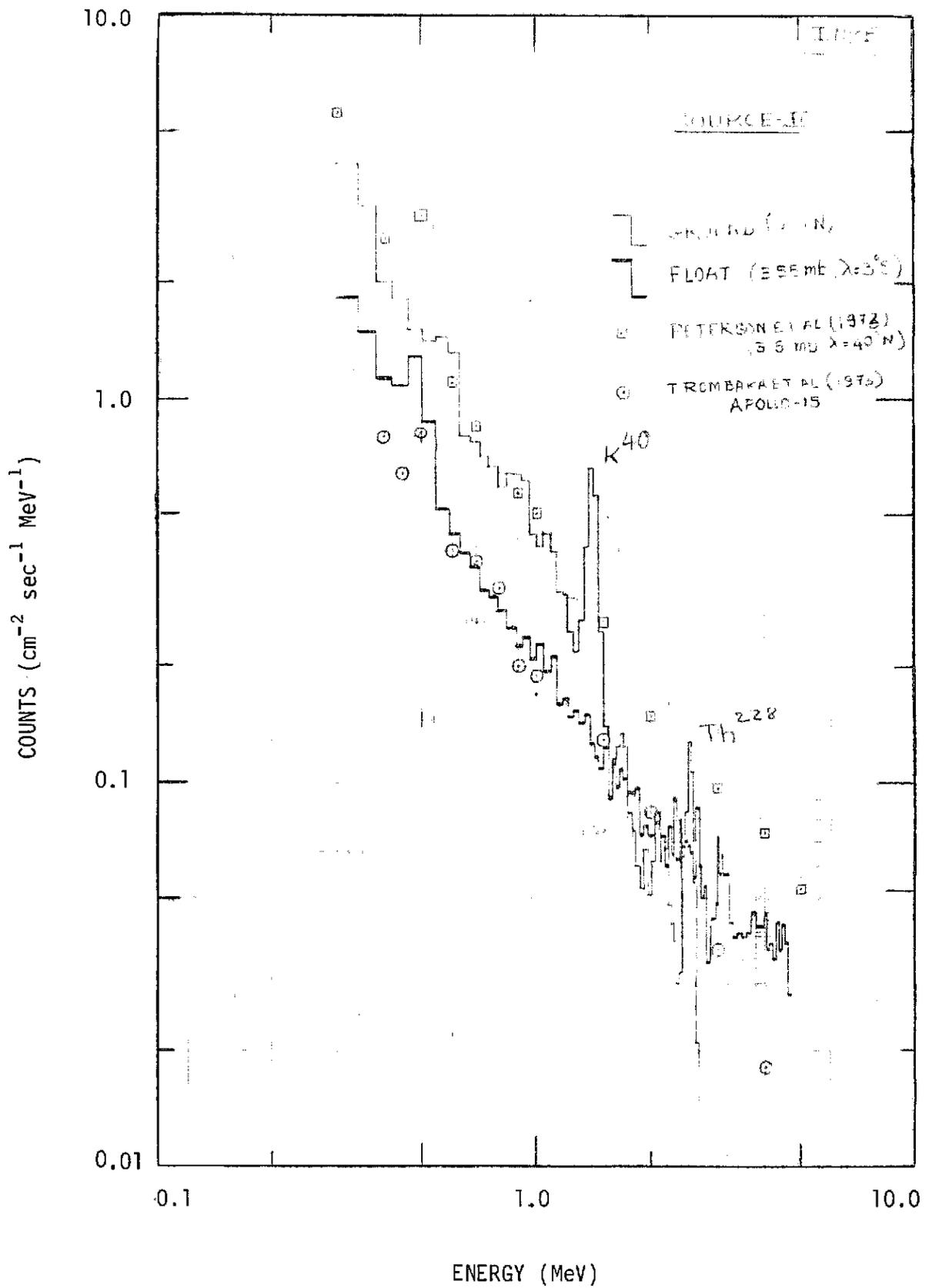


Fig. I.5 - Comparação dos espectros obtidos no solo e  $\bar{a}$  3.55 mb, em Juazeiro do Norte, CE.

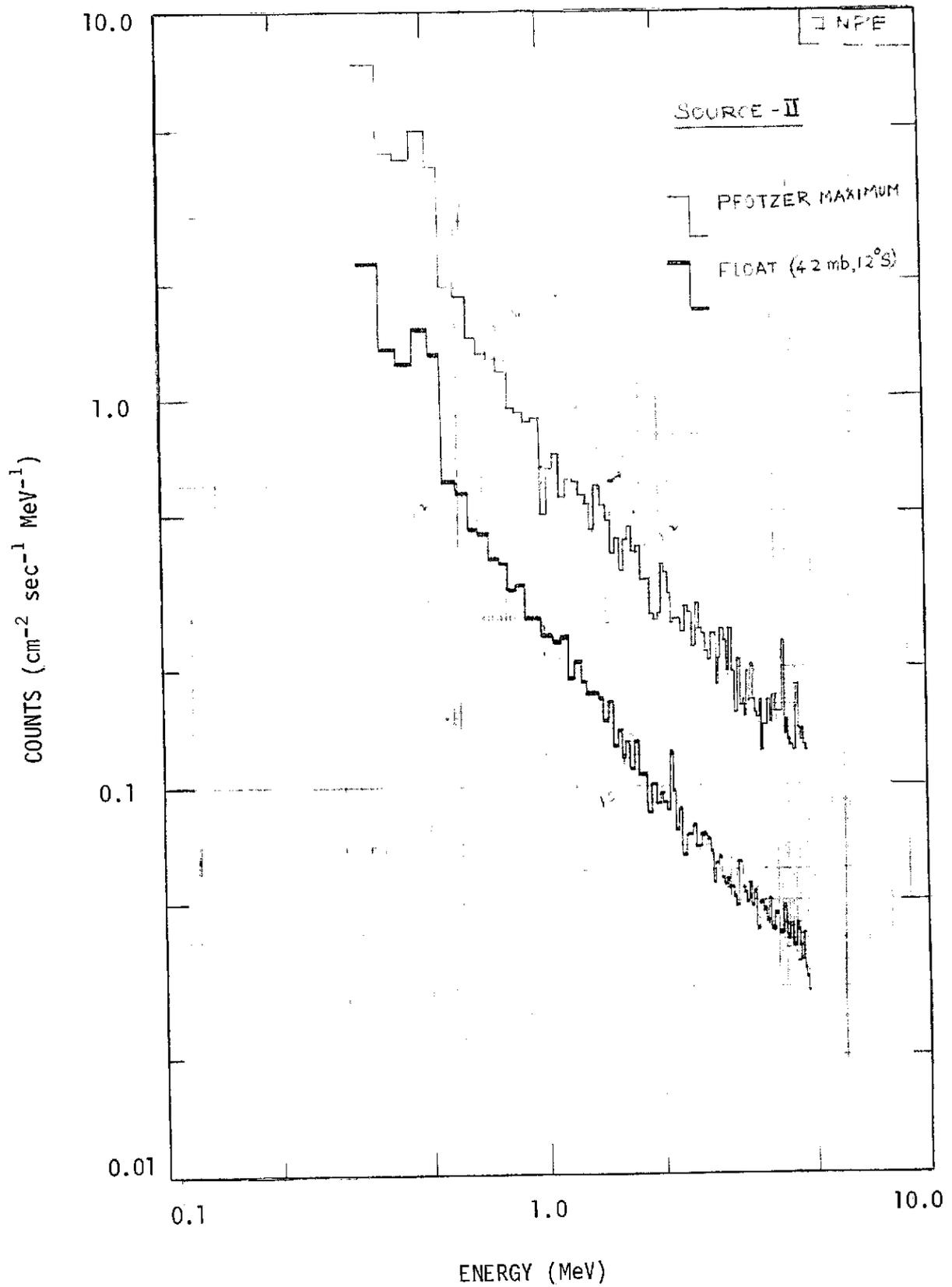


Fig. I.6 - Comparação dos espectros obtidos a 18 km e a 39 km, em Cachoeira Paulista, SP.

A análise final dos três vôos com o telescópio SOURCE está sendo processada, e uma publicação final está sendo preparada para dar conhecimento desses resultados aos cientistas internacionais que trabalham na área.

### 1.1.3 - ATIVIDADE GERMÂNIO-LÍTIUM (GeLi)

Nesse período foi iniciada uma colaboração entre o CNPq/INPE e os laboratórios franceses da Comissão de Energia Atômica CEA/SEP Saclay e do "Centre d'Études Spatiales des Rayonnements - CESR", Toulouse. Um engenheiro, pesquisador da Divisão de Astrofísica já está, a 3 meses no CESR, trabalhando na construção de um telescópio, construído por um detetor principal de GeLi de 100 cm<sup>3</sup> e com anticoincidência ativa de NaI(Tl). Este telescópio virá ao Brasil, definitivamente, em janeiro de 1981 e voará a bordo de balão estratosférico em 1981 e 1982.

Em princípio de 1981, outro telescópio começará a ser construído no CEA-Saclay com um detetor de GeLi de 300 cm<sup>3</sup>, especialmente crescido para voar em balão estratosférico. Um outro pesquisador da Divisão deverá seguir para a França, a fim de construir essa experiência durante 1981.

Os estudos iniciais e projetos desses telescópios de GeLi foram desenvolvidos no INPE, com o suporte financeiro da FINEP, nesse período. O estudo relativo a esta atividade está numa tese de doutoramento apresentada no INPE, em fevereiro de 1980.

### 1.1.4 - ATIVIDADE PROPAGAÇÃO DE PARTÍCULAS - PROP

Esta é uma atividade principalmente teórica, orientada ao estudo da propagação e interação dos plasmas existentes no espaço interplanetário.

No estudo das consequências do efeito de congelamento em plasmas espaciais foram desenvolvidos critérios e condições para di

versas configurações das linhas do campo magnético interplanetário, na interação do vento solar magnetizado com ionosferas planetárias que não possuem campo magnético intrínseco.

Visando aproveitar soluções conhecidas de interação entre o vento solar e cometas, que não incluem campos magnéticos, foi desenvolvido um método matemático de perturbações com o intuito de obter soluções mais realistas.

Desenvolveram-se, também, estudos relativos à teoria do vento solar. Todos estudos objetivam um maior conhecimento do plasma interplanetário de origem solar e visam contribuir, indiretamente, ao desvendamento da origem do sistema solar.

#### 1.1.5 - ATIVIDADE ULTRAVIOLETA E INFRAVERMELHO

Com financiamento da FINEP, efetuou-se o estudo e o esquema do projeto de um telescópio para medir, a bordo de balão, o fluxo da radiação ultravioleta e infravermelha em algumas janelas de frequência. Esse telescópio destina-se a detetar o fluxo dessa radiação, proveniente de estrelas ou aglomerados de gases, existentes na região central de nossa galáxia. A construção e calibração desse telescópio está prevista para 1981.

#### 1.1.6 - ATIVIDADE "QUEIMADAS"

Em colaboração com a "Air Quality Division" do "National Center for Atmospheric Research - NCAR", dos EUA, foram realizados, em agosto e setembro de 1979, medidas de constituintes atmosféricos a bordo de um avião a jato "Sabreliner N307D", de propriedade da "National Science Foundation - NSF" do governo norte-americano. Foram efetuadas medidas entre Brasília e Campinas, ida e volta, a 39.000 e 41.000 pés de altitude, e entre Brasília e Cuiabá em 4 vôos, em diferentes altitudes. Também foram efetuadas medidas entre Brasília, Manaus e Boa Vista. Entre a trajetória de Campinas a Brasília, Brasília-Manaus, e Manaus - Boa Vista foi medida a radiação gama de 0.3 a 5.0 MeV a alturas de 39.000 e

41.000 p̄s. O detetor consistia de um cintilador de iodeto de s̄odio NaI (TI) de 4" x 4", associado a um conjunto de eletr̄onica, especialmente constrūido para funcionar a bordo de bal̄o e avīo.

Na Figura I.7 apresenta-se o espectro da radiāo obtido no solo, abaixo da cauda da aeronave, do Aeroporto de Bras̄lia. Pode-se notar com bastante destaque a presen̄a dos nucl̄deos de  $^{40}\text{K}$  (1.46 MeV) e de  $^{208}\text{Tl}$  (2.62 MeV).

Na Figura I.8 destaca-se um dos espectros obtidos a bordo da aeronave Sabreliner, no percurso entre Bras̄lia e Campinas. Nota-se a presen̄a da linha de aniquilāo de 0.511 MeV e um espectro em lei de pot̄ncia do tipo:

$$\frac{dN}{dE} = AE^{-\gamma} \text{ f̄tons/cm}^2\text{-s},$$

onde E  $\bar{e}$  a energia do f̄ton e  $\gamma$ , o  $\bar{e}$ ndice espectral.

As medidas obtidas  $\bar{a}$  bordo do avīo, em fun̄o da latitude ou rigidez magn̄tica de corte, apresenta uma variāo que j $\bar{a}$  era esperada, ou seja, a intensidade do fluxo da radiāo  $\bar{e}$  menor na regīo pr̄xima ao equador, aumentando linearmente  $\bar{a}$  medida que aumenta a latitude sul. A Figura I.9 mostra a lei de variāo obtida pela primeira vez no Brasil. A Figura I.10 mostra a curva de variāo entre a rigidez de corte magn̄tico e a latitude, para o Brasil. Maiores detalhes sobre estas medidas est $\bar{a}$ o descritos na lista de publicāoes da Divis $\bar{a}$ o.

## 1.2 - CONCLUS $\bar{A}$ O

Al $\bar{e}$ m da formāo de pessoal t $\bar{e}$ cnico e de pesquisa, o financiamento obtido, neste per̄odo, foi imprescind̄vel para a parte experimental do Subprojeto Astrof̄sica.

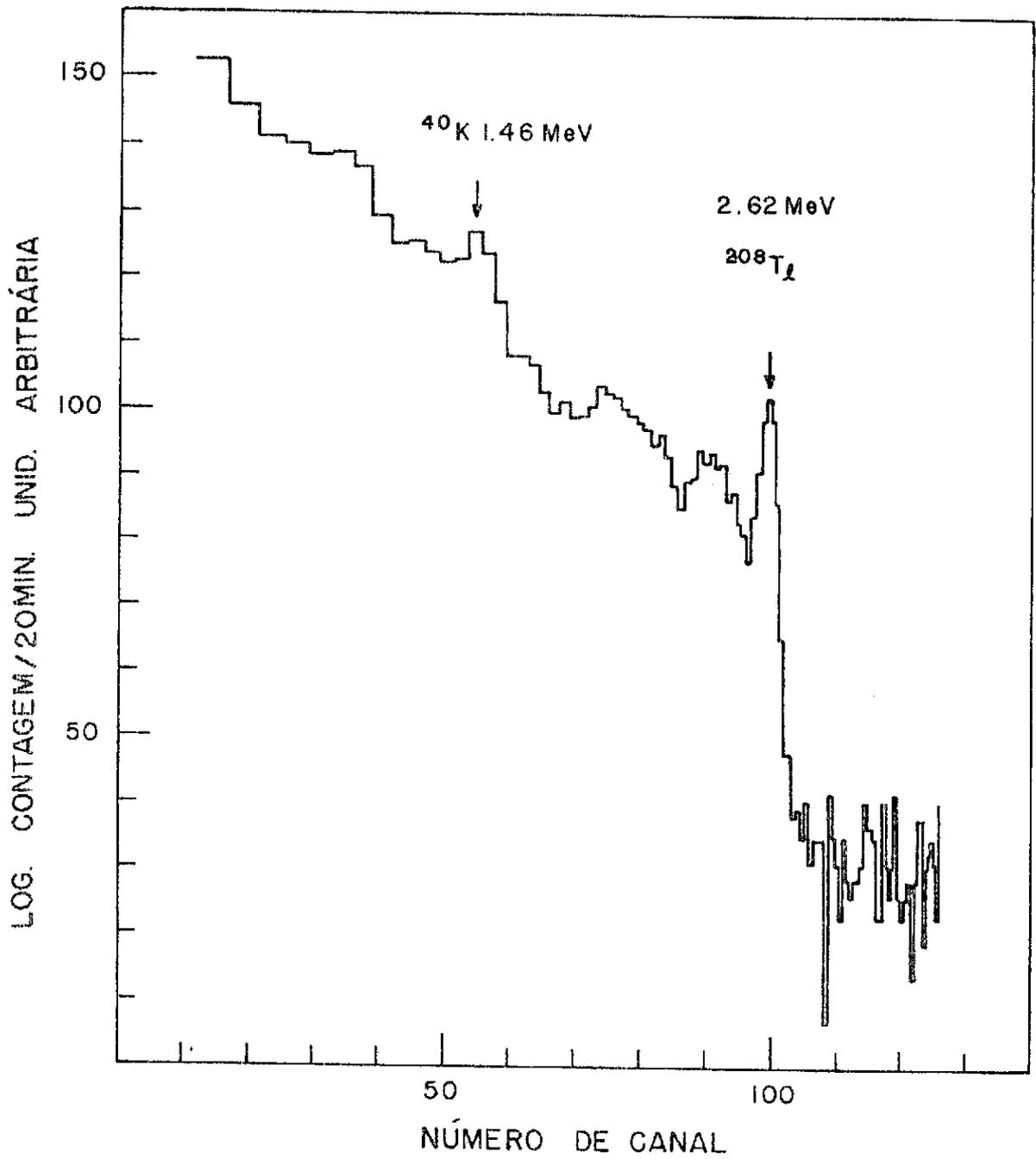


Fig. I.7 - Espectro da radiação gama obtida no solo do Aeroporto de Brasília.

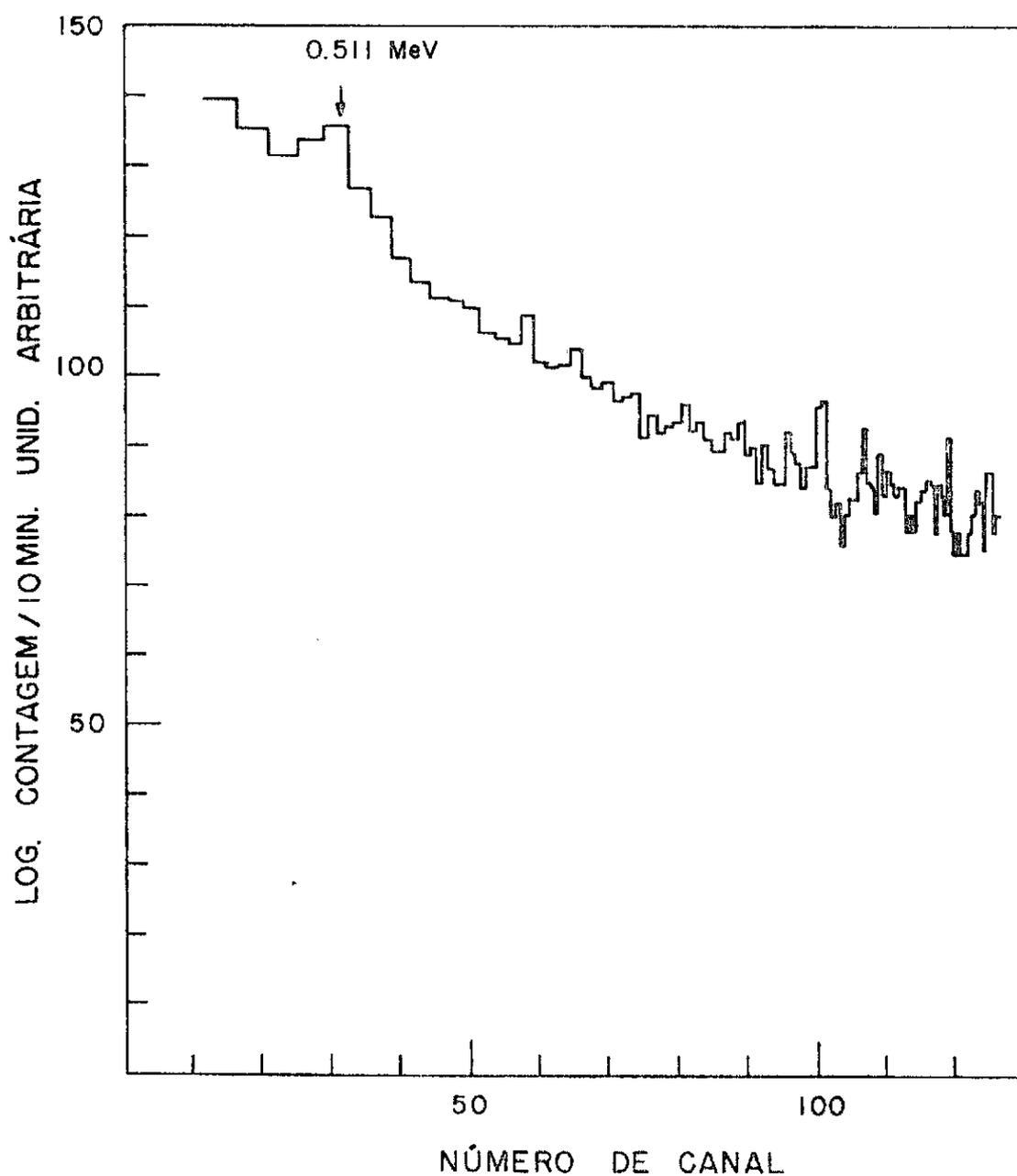


Fig. I.8 - Espectro da radiação gama obtida a bordo da aeronave Sabreliner N370D, entre Campinas e Brasília, a 39.000 e 41.000 pés.

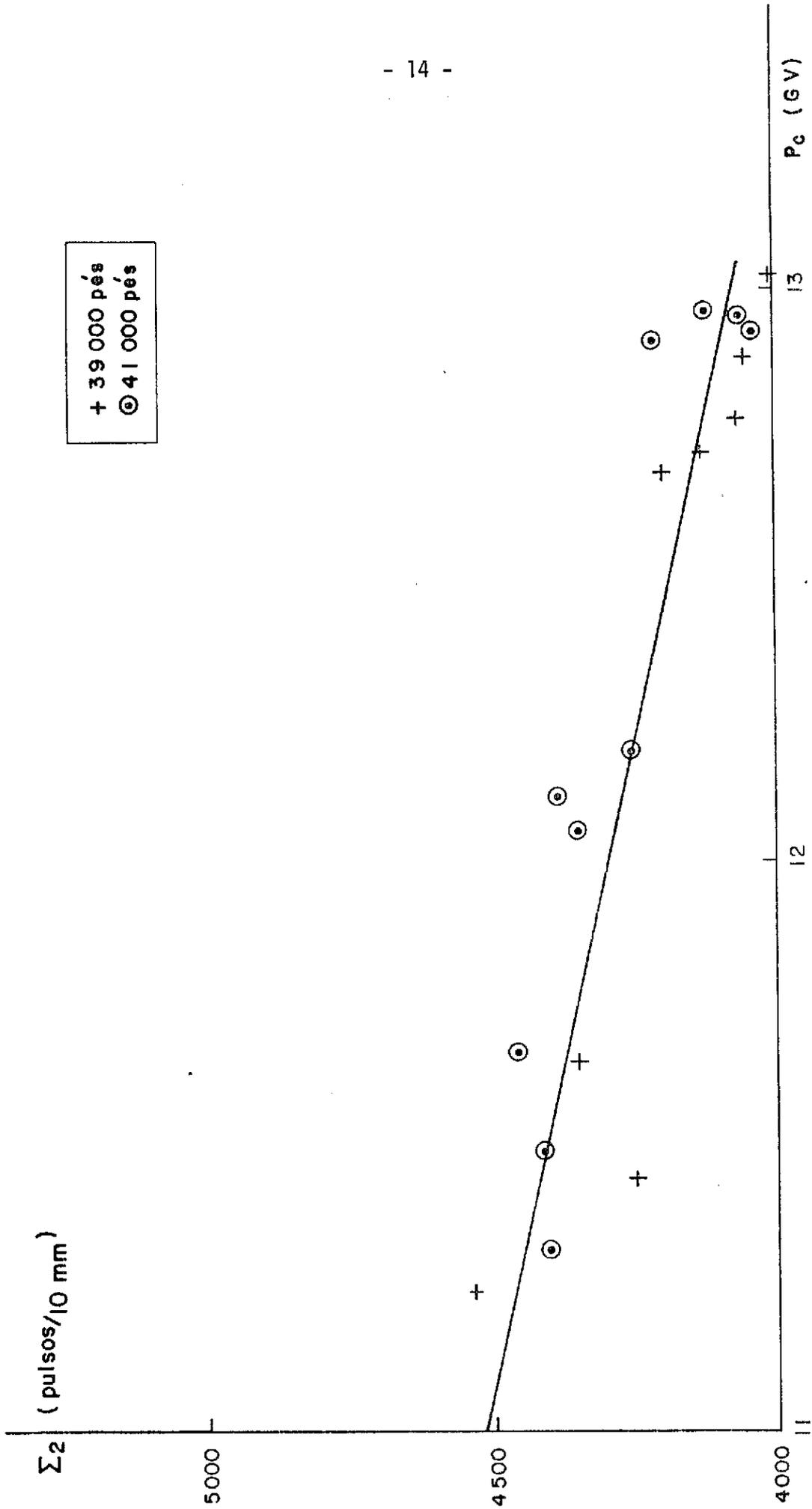


Fig. I.9 - Variação da intensidade de radiação gama em função da latitude.

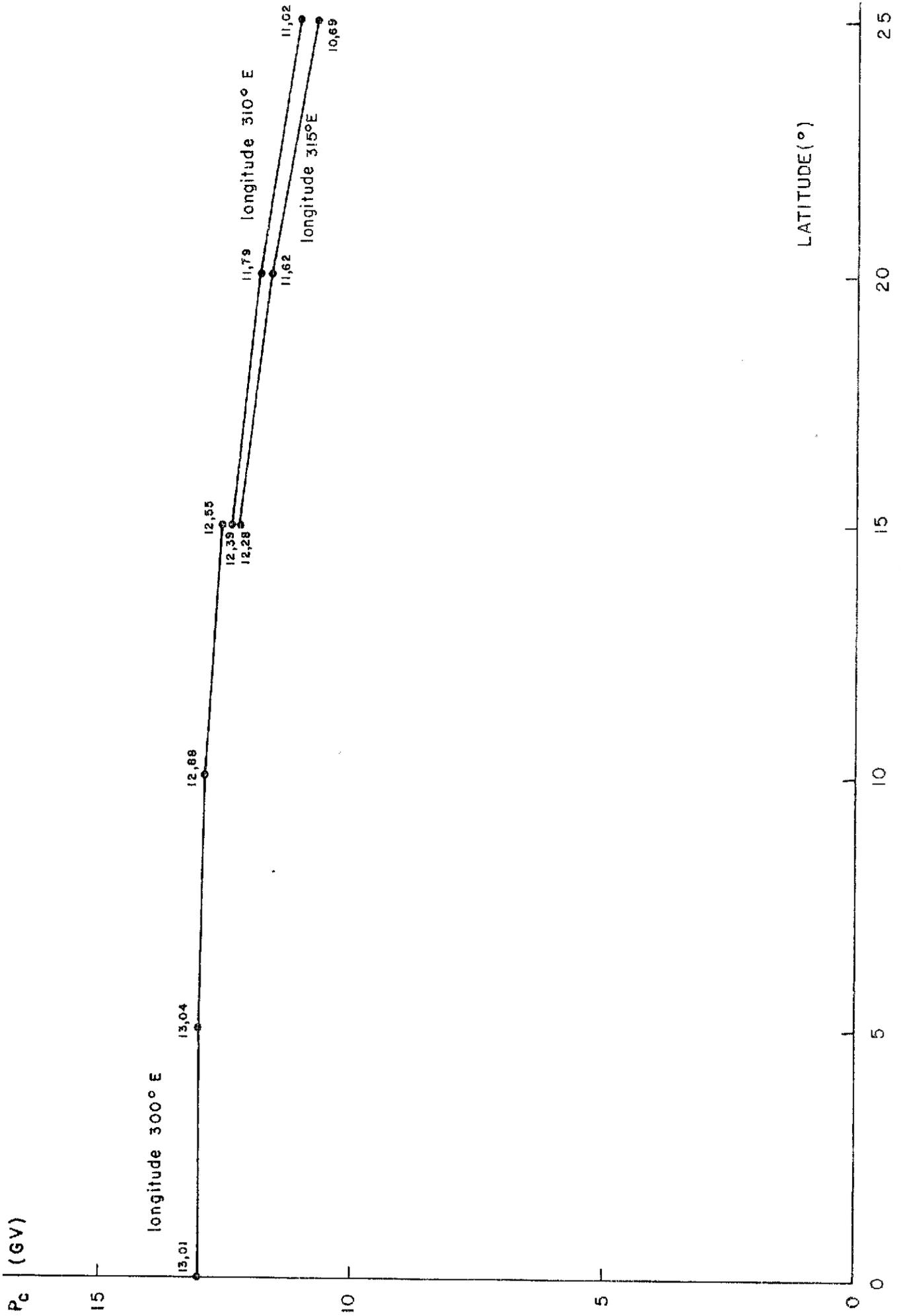


Fig. I.10 - Variação da rigidez magnética de corte em função da latitude.

## CAPÍTULO II

### SUBPROJETO GEOMAGNETISMO

Os objetivos deste subprojeto são:

- Medir as variações transientes geomagnéticas produzidas por correntes elétricas na ionosfera e magnetosfera terrestre, para estudar processos físicos que ocorram no plasma próximo à Terra;
- estudar o fenômeno de precipitação de partículas nos cinturões de radiação de Van Allen, na atmosfera da Anomalia Magnética do Atlântico Sul, e, principalmente, sua associação com eventos geomagnéticos;
- estudar a precipitação de partículas carregadas na Anomalia, através de medidas de campo elétrico à altura de 2.5 milibares;
- estudar os efeitos de indução das correntes de dínamo atmosférico e o eletrojato equatorial, através de medidas magnetotélúricas.

#### 2.1 - ANDAMENTO DA EXECUÇÃO

##### 2.1.1 - ATIVIDADE MATE

Um magnetômetro fluxgate operou em Eusébio ( $3^{\circ}53'S$ ,  $38^{\circ}26'W$ ), no Estado do Ceará, na faixa do eletrojato equatorial (Figura II.1). O sistema de medidas magnéticas em Eusébio consiste de um magnetômetro fluxgate, que mede as componentes H, D e Z, acoplado a uma plataforma de coleta de dados. Esta plataforma permite a aquisição remota dos dados geomagnéticos, com transmissão através do satélite geoestacionário GOES. Durante o período deste relatório, todo o sistema funcionou continuamente, fornecendo dados magnéticos das três componentes H, D e Z. Estes dados são gravados em fitas magnéticas na forma digital, em intervalos de um minuto. Todos os magnetogramas registrados em Eusébio estão na forma de microfimes. A estação de Eusébio é operada em colaboração com a Universidade da Califórnia, Los Angeles, USA, para o programa de Cooperação Internacional de Estudo da Magnetosfera Terrestre (IMS).

A operação do magnetômetro ASMO em Cachoeira Paulista ( $23^{\circ}39'S$ ,  $46^{\circ}39'W$ ) não estava planejada no cronograma. Em vista da ne

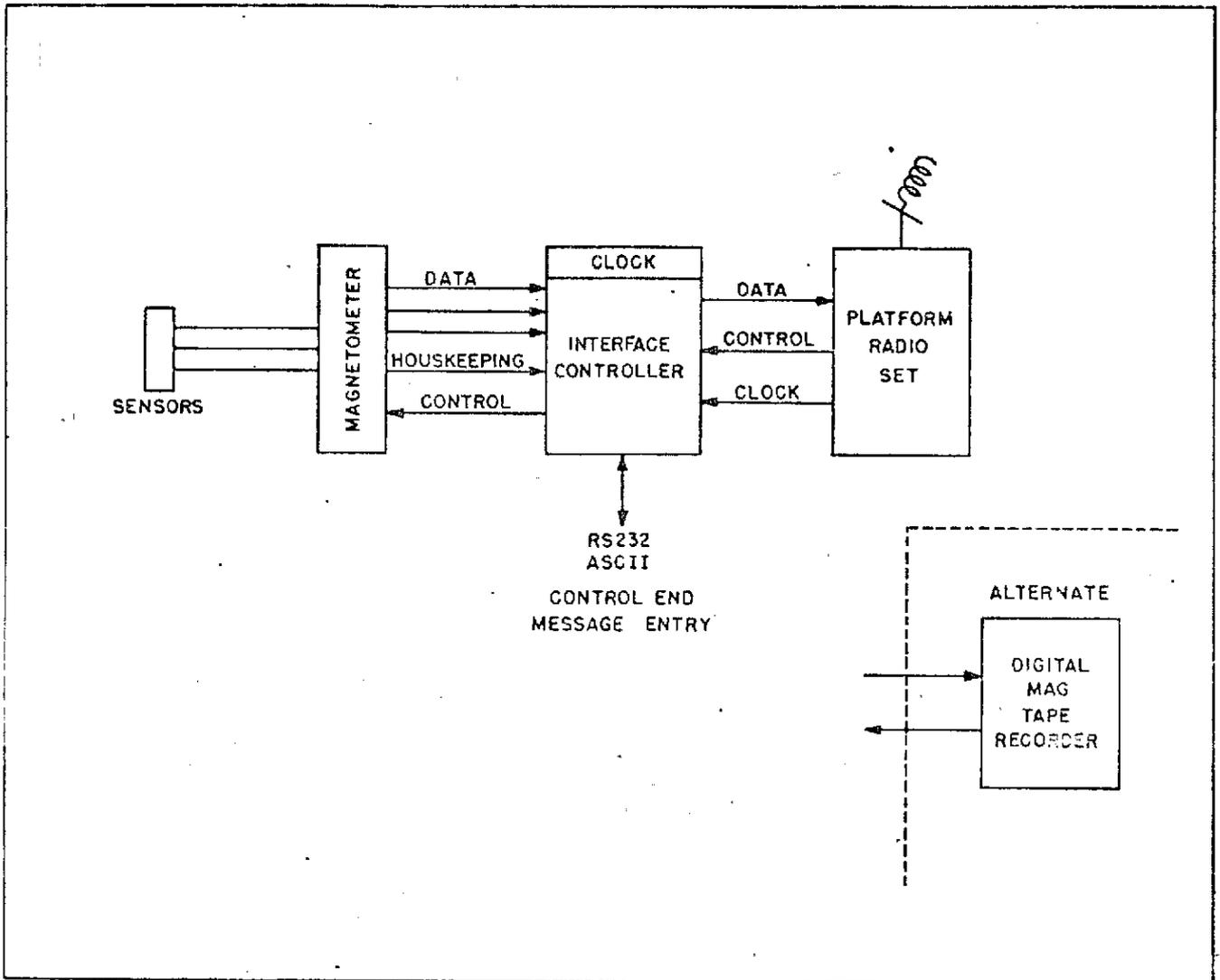


Fig. II.1 - Esquema do sistema do magnetômetro em Eusébio.

cessidade de mudança de local e dos vários problemas técnicos e logísticos, este equipamento está funcionando parcialmente, medindo apenas o campo geomagnético total (F). Em maio de 1980, iniciaram-se as medições das variações do campo geomagnético (em Cachoeira Paulista), das três componentes H, D e Z, com um magnetômetro tipo fluxgate.

As pesquisas desenvolvidas nesta atividade concentram-se nos estudos das características do eletrojato equatorial e do comportamento das variações geomagnéticas, através de dados magnéticos coletados pelo INPE, e, também, os resultados obtidos sugerem a necessidade de se aumentar o número das estações magnéticas no território brasileiro. Cerca de quinze trabalhos foram publicados, como relatórios internos do INPE e artigos em revistas científicas de circulação internacional. Vários desses trabalhos foram apresentados em seminários e congressos científicos.

As atividades acadêmicas durante este período foram bastante intensivas. O subprojeto conduziu vários seminários e um curso sobre geomagnetismo.

Com respeito à implantação do banco de dados geomagnéticos:

- (a) definiu-se um sistema com capacidade de receber todos os tipos de dados geomagnéticos, normalmente coletados por observatórios magnéticos permanentes e estações magnéticas temporárias;
- (b) trabalhou-se na elaboração de programas de armazenamento e recuperação;
- (c) trabalhou-se na elaboração do manual do usuário;
- (d) gravaram-se dados magnéticos das várias estações em fitas magnéticas;
- (e) adicionaram-se ao acervo microfílm de todos os magnetogramas registrados em Eusébio.

#### 2.1.2 - ATIVIDADE SOMAT

Estudos experimentais sobre indução eletromagnética ter

restre foram iniciados em dezembro de 1978, com instalação de equipamento para medida de correntes magnetotelúricas em Eusébio. Inicialmente, as medições telúricas/elétricas sofreram muita interferência dos cabos telefônicos e da energia elétrica. Em vista desse inconveniente, instalaram-se os eletrodos longe do prédio e de outras possíveis fontes de interferência, para se obter registros sem ruído. Somente a partir de março de 1979, obtiveram-se dados do campo magnético sem ruído elétrico. Medidas M.T. na faixa de 100-86400 segundos foram realizadas nesta estação costeira de Eusébio, na região do eletrojato equatorial. Os dados dos campos  $E(E_x, E_y)$  e  $H(H_x, H_y)$  foram analisados para obter os perfis de resistividade escalar e tensorial. Os resultados desta análise indicam uma profundidade da camada de condução intermediária entre 60km e 10 km, e a última camada de condução parece começar à profundidade, aproximadamente de 250 km. Nas Figuras II.2 e II.3 são mostradas as curvas de resistividade,  $\rho$ , versus período T.

O principal objetivo desta pesquisa é aperfeiçoar o método de obtenção do perfil de condutividade da Terra, em lugar de medidas diretas, e também estudar a corrente do eletrojato equatorial como fonte de indução eletromagnética na Terra. Um trabalho de análise, com este propósito, está sendo desenvolvido.

As variações naturais dos campos geomagnéticos e geoeletricos/telúricos estão intimamente interligados. As relações entre os campos E e H são governadas pelas equações de Maxwell. Medições simultâneas do campo geomagnético e correntes induzidas na Terra, por estas variações magnéticas, constituem o método geofísico denominado Magneto telúrico (MT), método esse muito utilizado para estudos sobre indução eletromagnética terrestre. As medidas MT também podem ser usadas para obter o perfil da condutividade no interior da Terra.

O Dr. Hugo Fournier do "Laboratoire de Géomagnétisme", da Universidade de Paris, França, está associado à atividade SOMAT desde seu início. O Dr. Hugo Fournier veio ao INPE várias vezes:

- (1) Dezembro de 1978 - uma semana.
- (2) Abril de 1979 - dez dias.
- (3) Maio de 1980 - quinze dias.

ABACQUE DES SOLUTIONS DU SYSTEME  $\rho = 0,2 T \left(\frac{E}{H}\right)^2, h = \sqrt{10 \rho T}$ .

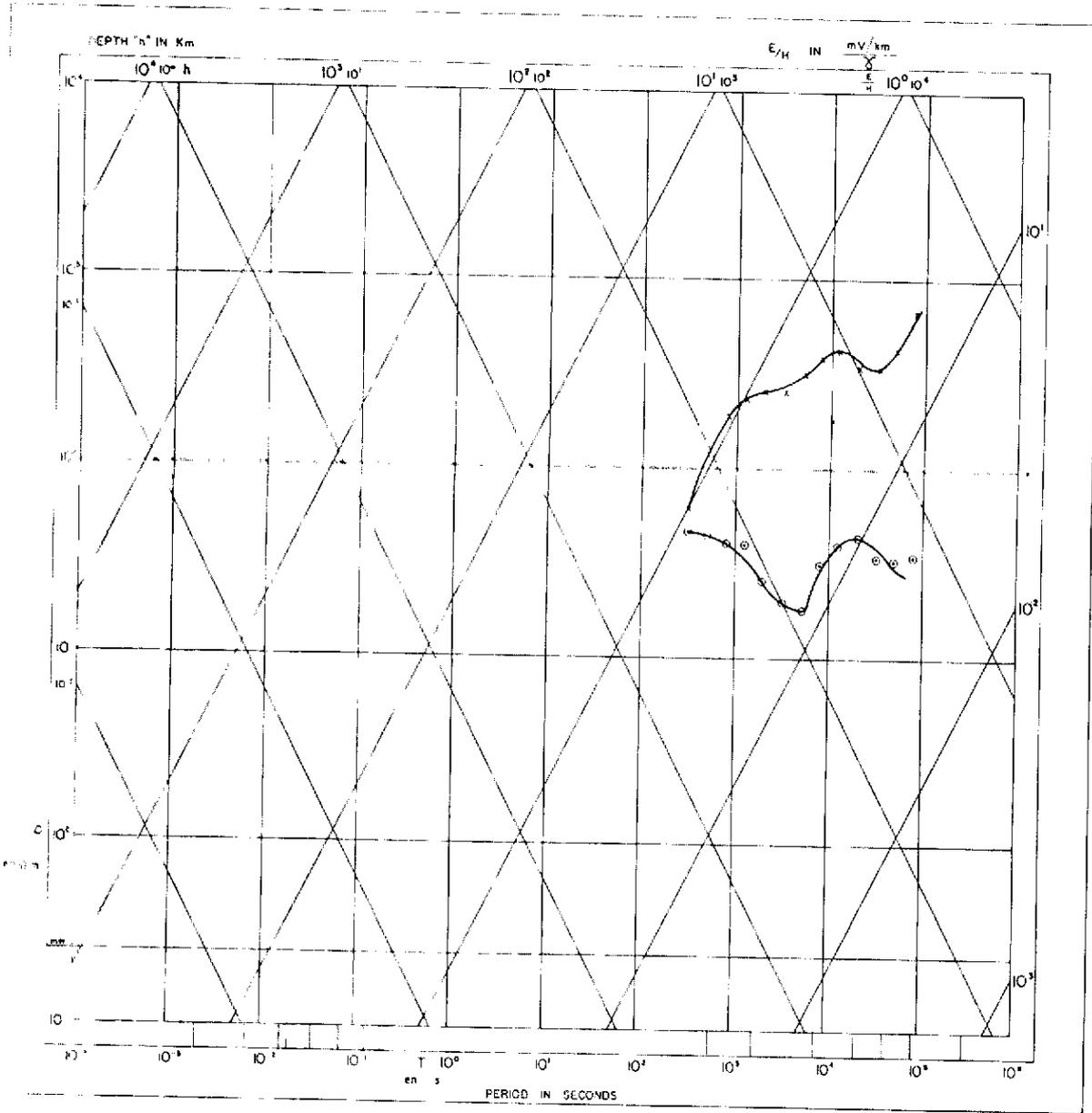


Fig. II.2 - Curva de resistividade  $\rho \rightarrow T$  (período), onde a resistividade é escalar sem rotação de eixos das medidas de campos E e H.

ABAQUE DES SOLUTIONS DU SYSTEME  $\rho = 0,2 T \left(\frac{E}{H}\right)^2, h = \frac{\sqrt{10,2 T \cdot \rho}}{8}$

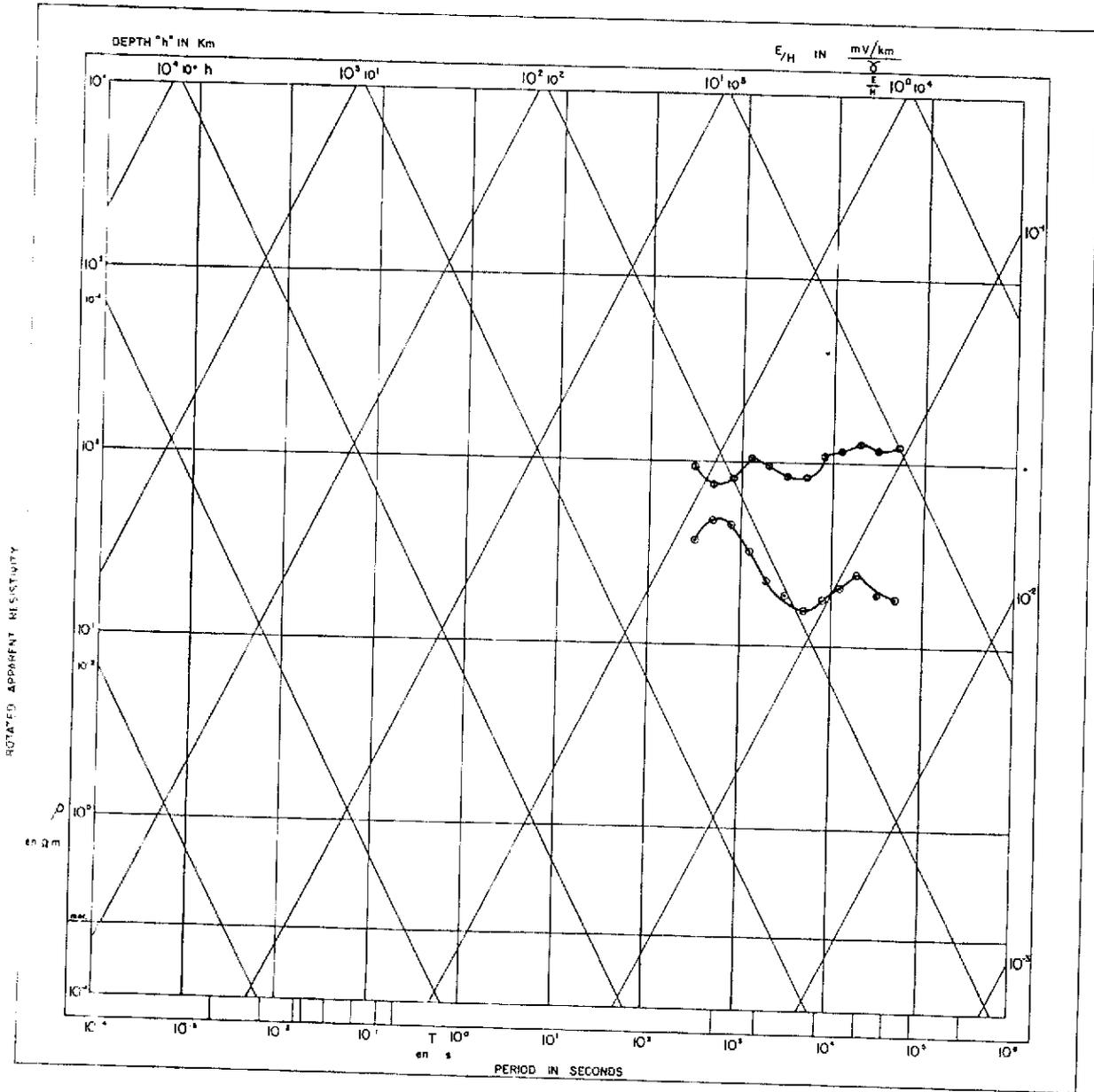


Fig. II.3 - Curva de  $\rho$  (resistividade)  $\rightarrow$  T (período), após a rotação dos eixos das medidas de campos E e H para obter resistividade tensorial.

Atualmente, projeta-se um equipamento para as medidas MT, na faixa de frequência 0.00001 até 100 HZ., que registrará os dados na forma digital em fita magnética cassete. O desenvolvimento de um equipamento portátil e confiável, é básico à atividade no campo de geofísica aplicada.

### 2.1.3 - ATIVIDADE XGAP

A atividade XGAP envolveu um grande número de pesquisadores, engenheiros e técnicos do Departamento de Ciência Espacial(DCE), Departamento de Engenharia Espacial (DEE) e Departamento de Apoio Técnico (DAT) do INPE. Durante o período deste relatório foi projetada e construída uma carga útil para efetuar medidas de radiação X e  $\gamma$ , a bordo de balões estratosféricos. Além disso, desenvolveram-se, também, vários estudos concernentes à análise dos dados obtidos nos experimentos. Com o desenvolvimento natural da atividade, ocorreram vários contatos com grupos científicos nacionais e estrangeiros, que têm demonstrado grande interesse na participação.

Realizaram-se três experimentos científicos, envolvendo medidas simultâneas das variações do campo geomagnético e da intensidade de fótons atmosféricos (40 KeV - 10.0 MeV), na Anomalia Magnética do Atlântico Sul. Foram efetuados três vôos com a carga útil do XGAP a bordo de balões estratosféricos, lançados nos dias 20 de novembro, 11 e 15 de dezembro de 1978. Os vôos dos dias 29 de novembro e 11 de dezembro foram efetuados durante períodos com pouca atividade magnética. O vôo do dia 15 de dezembro foi efetuado durante um período magneticamente ativo, iniciado com um aumento súbito da intensidade à 0127 UT do dia 14 de dezembro. Os experimentos foram realizados durante passagens dos satélites artificiais na Anomalia, com detetores de elétrons a bordo. Os três experimentos proporcionaram cerca de 10 horas de medidas, das quais, 6 horas com os detetores à altura de 4.4 mb.

Os lançamentos dos balões foram efetuados pelo grupo de Lançamento de Balões do DAT. Os dados recebidos através da telemetria foram gravados em fitas magnéticas e fitas de papel (saída da impressora multicanal), pela equipe de telemetria do grupo de Carga Útil do DEE

e pesquisadores do DCE.

O equipamento de medidas (carga útil), que voou a bordo dos balões, foi construído pelo grupo de Carga Útil do DEE e pesquisadores do DCE. A carga útil constou de dois sistemas de detecção de raios X e  $\gamma$ , com suas respectivas eletrônicas associadas, telemetria de bordo, e sensores de pressão e temperatura. Os detetores de raios X e  $\gamma$  foram cristais cintiladores NaI(Tl) de 3" x 1/2" e 4" x 4", acoplados a fotomultiplicadoras. O cristal NaI(Tl) de 4" x 4" funcionou em anticoincidência com uma blindagem de cintilador plástico, de 2 cm de espessura. Os detetores foram calibrados para medir radiação X e  $\gamma$ , nas faixas de 40 - 400 KeV e 0.3 - 10.0 MeV. Todos os equipamentos foram instalados numa gôndola de alumínio de forma cilíndrica, com 1.5 metros de altura e raio de 0.5 m. Uma caixa externa de isopor, de 10 cm de espessura, revestida com folhas de alumínio de 1 mm de espessura, garantiu a proteção térmica do equipamento durante os vôos a bordo dos balões.

Realizaram-se, também, dois experimentos de medições de campos elétricos na atmosfera, com detetores a bordo de balões: o primeiro vôo teve duração de 14 horas, com o balão no teto de 4 milibares. Começou às 21:00 horas do dia 02 de abril de 1980, e terminou às 11:00 horas do dia 03 de abril de 1980; o segundo vôo teve a duração de 11:30 horas, com balão, também, no teto de 4 mb. Teve seu início às 02:00 horas e terminou às 13:30 horas do dia 09 de abril de 1980.

Estas experiências foram efetuadas com a colaboração do Laboratório de Ciência Espacial da Universidade da Califórnia, Berkeley, e os dados coletados, nesses experimentos, estão sendo analisados no momento.

A execução da atividade XGAP proporcionou inúmeros benefícios para o desenvolvimento das atividades de pesquisas no INPE, utilizando sensores a bordo de balões estratosféricos. Do ponto de vista tecnológico, foram projetados, construídos e testados vários equipamentos eletrônicos e mecânicos, capazes de funcionar nas condições de temperatura de até  $-60^{\circ}\text{C}$ , encontrados na troposfera e estratosfera terrestre. Houve, também, treinamento de pessoal para manuseio de materiais

radiativos, métodos de calibração e estudo das funções de resposta de detetores com cristais NaI(Tl), a raios X e  $\gamma$  monoenergéticos.

Do ponto de vista científico, os estudos prévios sobre métodos de análise e correlação com outros dados geofísicos permitiram a preparação de vários trabalhos de análise. A partir das medições efetuadas durante os experimentos foi possível estudar:

- (a) os espectros contínuos de fótons atmosféricos nas faixas de 40 - 400 KeV e 0.3 - 10.0 MeV, para períodos magneticamente calmos e perturbados;
- (b) a variação da intensidade da linha de 0.511 MeV, em função da altura;
- (c) o fluxo de partículas carregadas com energia superior a 0.3 MeV, precipitantes na Anomalia.

As Figuras de II.4 a II.6 mostram os espectros de fótons atmosféricos na faixa de 0.3 - 10.0 MeV, medidos durante os experimentos de novembro/dezembro de 1978. Estudos sobre os mecanismos de precipitação, utilizando-se, também, dados sobre variações geomagnéticas do tipo PC5 e flutuações eletromagnéticas do tipo "hiss" (medidas por detetores a bordo do satélite OGO-6), mostram que os processos de ressonância na interação onda/partícula intensificam a precipitação de elétrons na Anomalia, em períodos magneticamente calmos e perturbados. Vários programas de computador, para análise de espectros de raios X,  $\gamma$  e partículas carregadas, foram testados e implementados no computador B-6700 do INPE.

Vários artigos foram publicados como relatórios internos do INPE e, também, em revistas científicas internacionais.

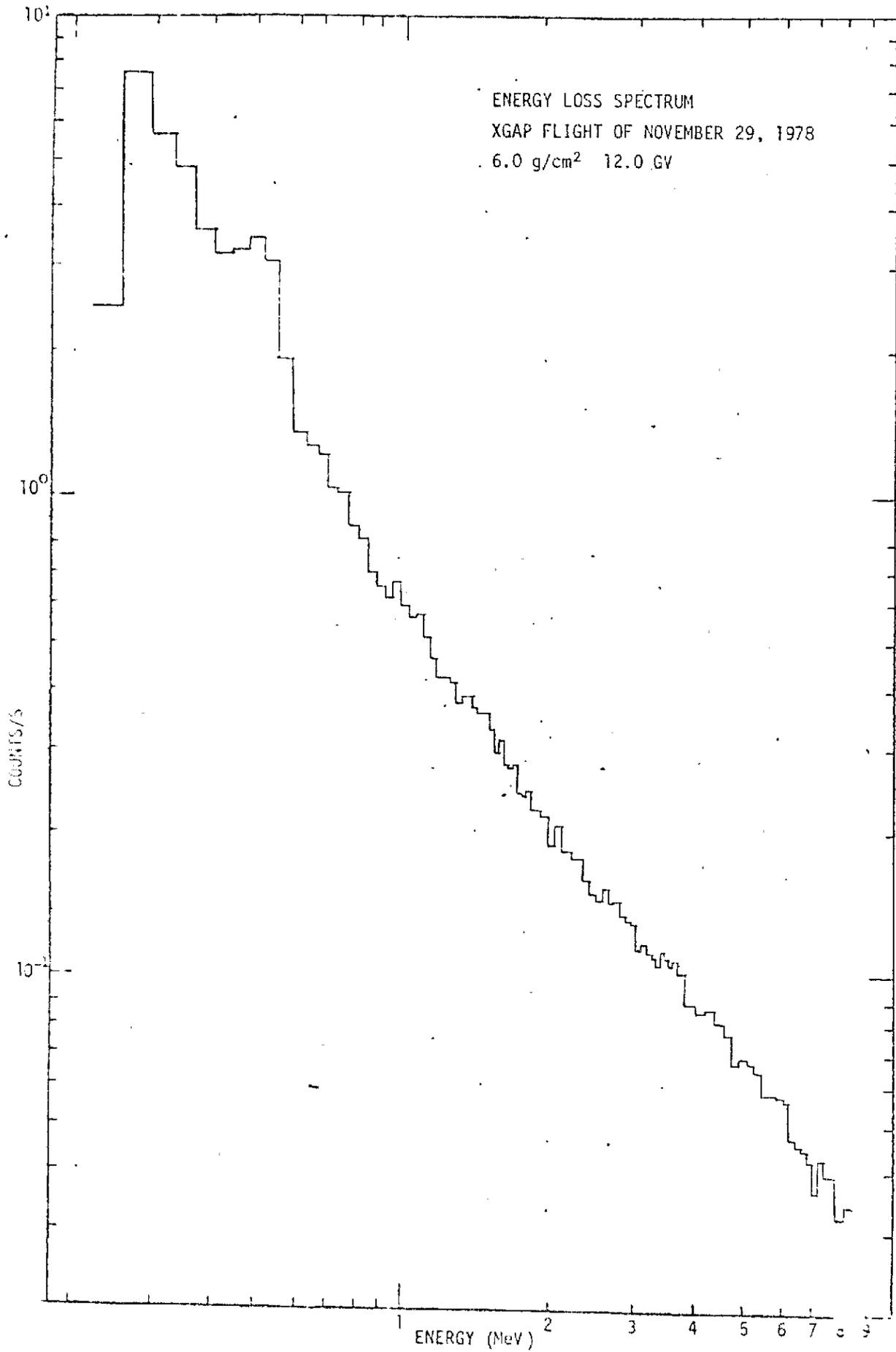


Fig. II.4 - Espectro de raios- $\gamma$  medido na altura de 6.0 g/cm<sup>2</sup>, em 29 de novembro de 1978.

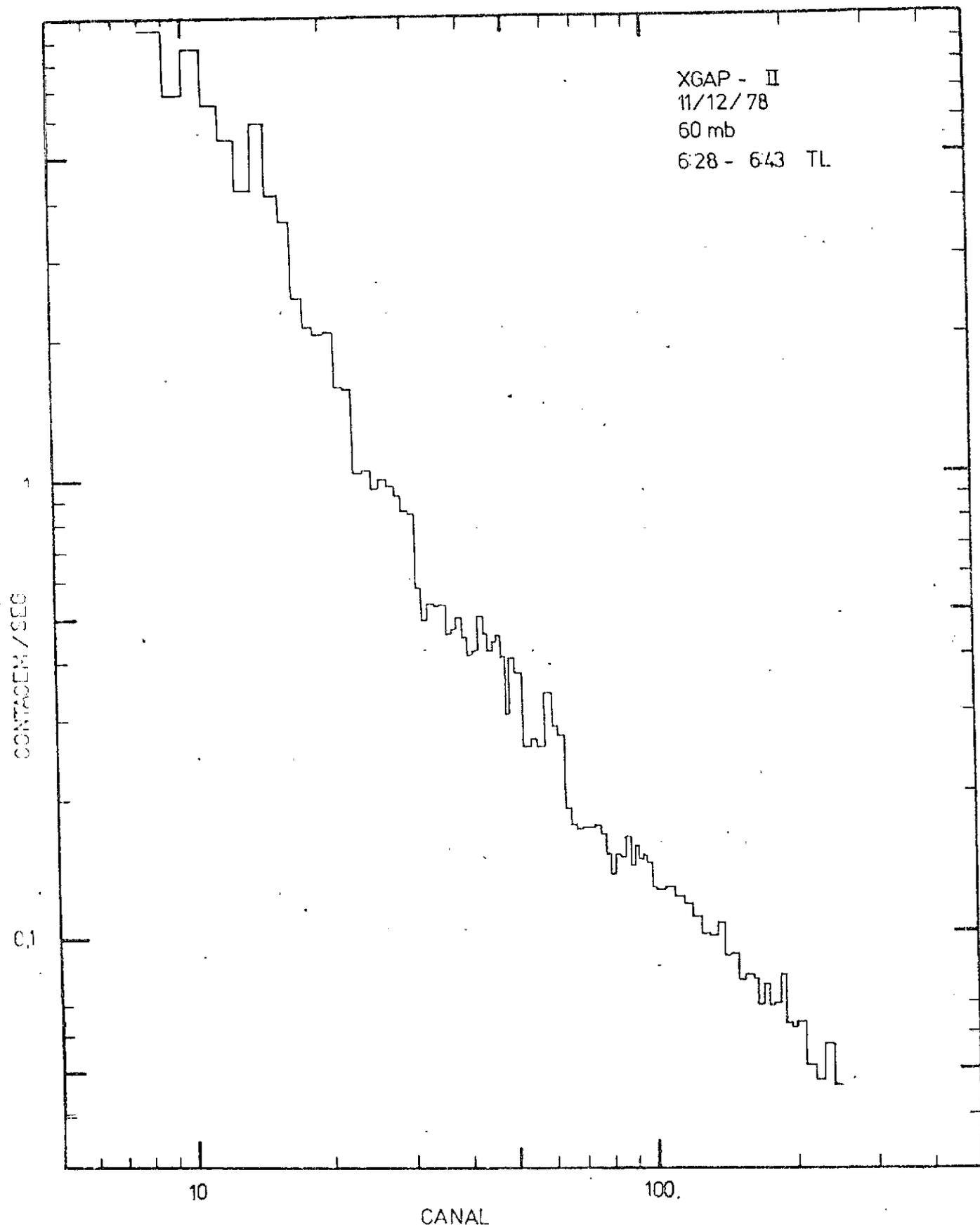


Fig. II.5 - Espectro de raios- $\gamma$  medido na altura de  $600 \text{ g/cm}^2$ , em 11 de dezembro de 1978.

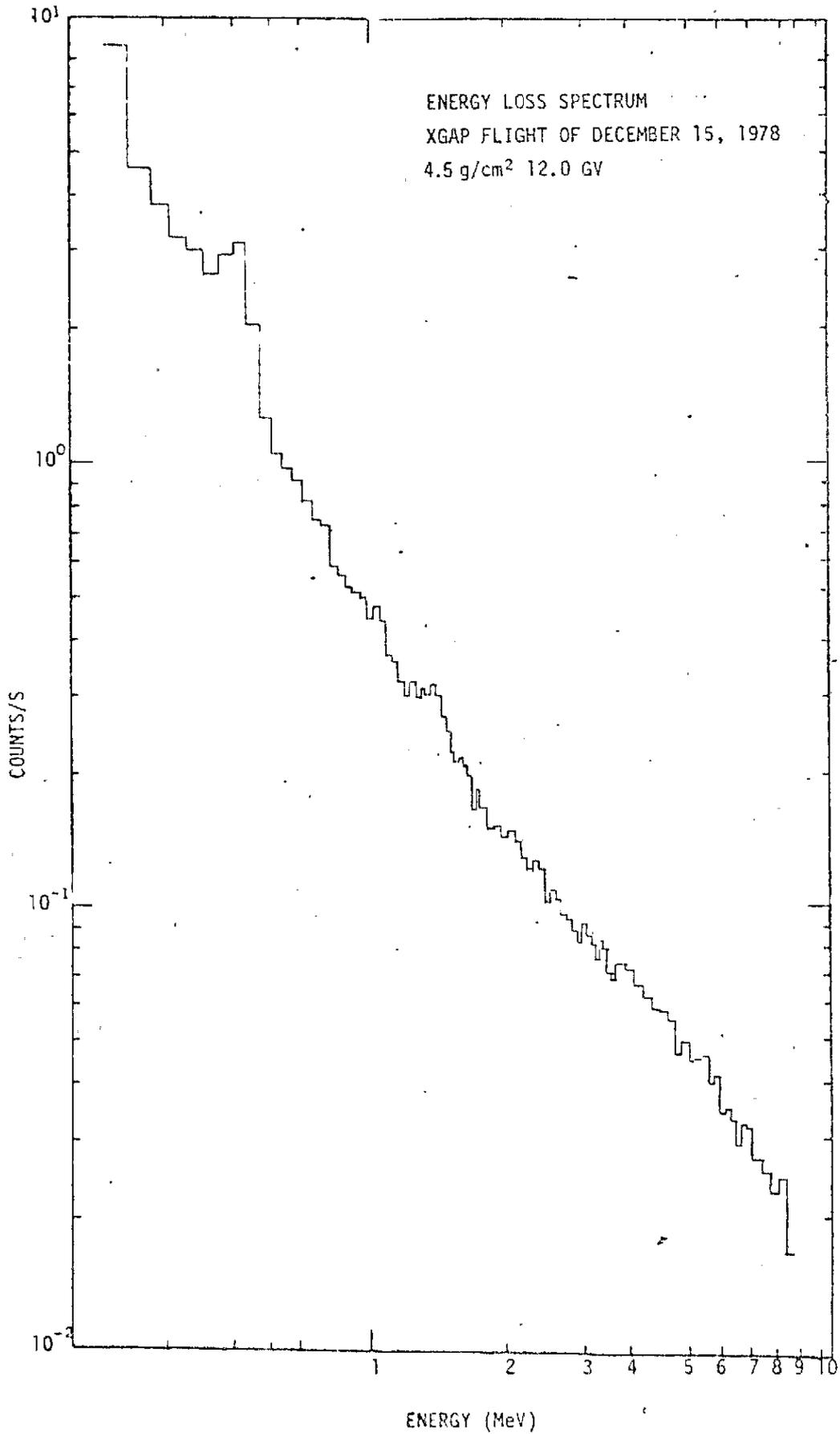


Fig. II.6 - Espectro de raios- $\gamma$  medido na altura de 4.5 g/cm<sup>2</sup>, em 15 de dezembro de 1978.

## CAPÍTULO III

### SUBPROJETO IONOSFERA

O objetivo geral deste subprojeto é estudar a física, química e dinâmica da ionosfera. Os objetivos específicos são estudar: as irregularidades equatoriais, as correntes do eletrojato equatorial e os campos elétricos, a camada E esporádica, as ondas de gravidades, os efeitos aeronômicos da precipitação de partículas na Anomalia Magnética, a química da baixa ionosfera, os ventos e as tempestades ionosféricas.

#### 3.1 - ANDAMENTO DA EXECUÇÃO

##### 3.1.1 - COLETA DE DADOS IONOSFÉRICOS

Realizaram-se sondagens ionosféricas rotineiras a cada 15 minutos, pelas ionossondas, em Cachoeira Paulista e Fortaleza, sendo que as duas estações têm fornecido dados bastante úteis.

Realizou-se, em São José dos Campos, o monitoramento do conteúdo eletrônico total da ionosfera, através da medida, pelos polarímetros, da rotação Faraday dos sinais de satélites geoestacionários. Iniciou-se a medida deste parâmetro por um segundo polarímetro localizado em Cachoeira Paulista, possibilitando desta forma as medidas de propagação das perturbações ionosféricas nesta região.

A medida de absorção ionosférica, utilizando o riômetro de 30 MHz, com antena vertical, em Cachoeira Paulista, continuou normalmente. Os testes para iniciar as medidas de absorção em direção oblíqua foram feitos por um segundo riômetro.

Para maior facilidade de operação e coleta de dados, o sistema dos riômetros e polarímetros foi instalado num novo local, próximo ao prédio da ionossonda em Cachoeira Paulista.

As medidas de fase e amplitude do sinal de VLF em 16KHz, que fornecem informações sobre as condições de propagação na baixa io

nosfera, foram feitas em São José dos Campos. O sinal de VLF é emitido pela estação de Transmissão GRR (Inglaterra).

### 3.1.2 - DESENVOLVIMENTO DE INSTRUMENTOS IONOSFÉRICOS

Completou-se um protótipo de uma carga útil de foguete (sonda capacitiva de alta frequência) para medir "in loco" a densidade eletrônica da ionosfera.

Algumas unidades, como receptores especiais, amplificador de potência com faixa larga etc., foram compradas, a fim de iniciar a montagem dos sistemas de equipamentos para recepção dos sinais de HF e para medir derivas ionosféricas.

### 3.1.3 - REDUÇÃO DE DADOS

Uma parte dos dados obtidos durante esse período foi reduzida. Foi desenvolvido um programa de computador, bem elaborado e sofisticado, para calcular alturas reais na ionosfera a partir dos dados de alturas virtuais que os ionogramas fornecem (ou seja, calcular o perfil de densidade eletrônica abaixo do pico de ionização máxima da ionosfera). O programa, já operacional, foi usado numa análise de ionogramas para estudar a resposta da ionosfera a tempestades magnéticas sobre Cachoeira Paulista.

## 3.2 - PROBLEMAS CIENTÍFICOS INVESTIGADOS DURANTE O PERÍODO

### 3.2.1 - EFEITOS IONOSFÉRICOS DA PRECIPITAÇÃO DE PARTÍCULAS NA ANOMALIA MAGNÉTICA BRASILEIRA

Concluiu-se uma análise detalhada, usando-se dados da composição iônica da baixa ionosfera medida por foguetes durante um eclipse solar, para determinar a taxa de produção de ionização devido à precipitação das partículas carregadas na Anomalia Magnética Brasileira. Alguns resultados foram apresentados no Congresso Internacional do COSPAR, realizado na Áustria em junho de 1978.

Os ionogramas de Cachoeira Paulista foram reduzidos para estudar as características da camada  $E_s$ , durante períodos geomagneticamente perturbados, a fim de complementar os estudos anteriores. Alguns dados de fluxos de partículas, medidos por satélites, foram obtidos do WDC para serem correlacionados com as ocorrências de camadas E esporádicas.

### 3.2.2 - MODELO DA QUÍMICA IÔNICA PARA A BAIXA IONOSFERA

Concluiu-se um programa de computador, baseado na química detalhada de íons, para determinar a distribuição em relação à altura, da densidade de óxido nítrico (NO) na baixa ionosfera, utilizando a composição iônica medida "in loco" por foguetes. Foi determinada a densidade de NO para alguns locais, inclusive Cassino, Brasil. Os resultados foram apresentados no Congresso Internacional do COSPAR que foi realizado em Bangalore, Índia, em junho de 1979.

### 3.2.3 - ESTUDO DA DINÂMICA DA IONOSFERA EQUATORIAL E TROPICAL: IRREGULARIDADES IONOSFÉRICAS, TIDS, CORRENTES DO ELETROJATO, CAMPOS ELÉTRICOS E VENTOS TERMOSFÉRICOS

Concluiu-se um estudo sobre as irregularidades da ionosfera equatorial, através da análise de "spread F", nos ionogramas de Fortaleza (apresentados para publicação no "Journal Geophysical Research"), e foi iniciado um estudo semelhante com os ionogramas de Cachoeira Paulista. Os resultados deste estudo serão complementados com os dados de cintilação dos sinais de satélites, registrados pelo grupo de ionosfera da UFRN, Natal. Foi concluído um estudo, utilizando os ionogramas de Cachoeira Paulista, sobre a resposta da região F da ionosfera com as ondas de gravidade TIDS, o qual foi apresentado para publicação no "Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics".

As velocidades verticais de deriva do plasma, devidas ao campo elétrico, têm sido deduzidas, usando-se os aumentos da emissão OI 6300 Å perto de meia-noite, sobre o equador magnético. Esses estudos envolveram modelagem, por computador, da região F da ionosfera tropi

cal, usando-se a solução dependente do tempo para os diferentes processos ionosféricos. Estes estudos foram publicados no "Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics".

Um estudo preliminar da dinâmica da ionosfera tropical foi concluído através de medidas feitas pelo fotômetro OI 6300 Å. Os resultados da varredura meridional pelo fotômetro, têm mostrado a propagação dos distúrbios ionosféricos, dirigida do equador para o polo. Estes resultados foram interpretados como evidência da propagação vertical das bolhas de plasma na ionosfera equatorial (um trabalho foi aceito para publicação no "Annales de Géophysique"). Um estudo sobre a frequência da ocorrência destes distúrbios em "airglow", junto com os de "spread F", mostrou que estes dois fenômenos estão fortemente correlacionados (trabalho apresentado para publicação no "Geophysical Research Letters").

Iniciou-se um estudo detalhado de problemas da região E da ionosfera equatorial, tais como: formação e comportamento das camadas E esporádicas, efeitos de ventos e campos elétricos nas camadas irregulares de plasma, e corrente do eletrojato. Com este objetivo foram reduzidos dados da ionossonda de Fortaleza, de vários meses. Alguns dados de ionossonda e magnetômetro de Huancayo, Peru, foram comprados e reduzidos como parte deste estudo.

#### 3.2.4 - ESTUDO DE PREDIÇÕES EM TELECOMUNICAÇÃO

Concluiu-se a análise dos parâmetros  $f_0F_2$  e  $h_p F_2$ , reduzidos dos ionogramas, a fim de verificar as predições destes parâmetros obtidos pelo modelo CCIR. O estudo foi feito através dos dados ionosféricos obtidos em 1978 em Cachoeira Paulista e Fortaleza, e possibilitou uma avaliação dos erros associados nas predições destes parâmetros, pelo modelo CCIR. Este trabalho foi apresentado na Reunião da SBPC, realizada em Fortaleza em julho de 1979.

## CAPÍTULO IV

### SUBPROJETO FÍSICA DA ALTA ATMOSFERA

O objetivo deste subprojeto é estudar os processos que controlam o comportamento da alta atmosfera.

Suas atividades têm se concentrado nas áreas de composição, fotoquímica e dinâmica da estratosfera, mesosfera e baixa termosfera, onde são desenvolvidos estudos experimentais sobre aerossóis estratosféricos, distribuição de sódio na mesosfera e estudo das emissões quimiluminescentes de oxigênio atômico, hidroxila e sódio. Os resultados são interpretados em termos da fotoquímica e dinâmica da atmosfera. Utilizam-se um radar de laser e uma série de fotômetros, todos desenvolvidos e construídos no INPE.

#### 4.1 - ANDAMENTO DA EXECUÇÃO

##### 4.1.1 - PROGRAMA OBSERVACIONAL

A maioria das pesquisas desenvolvidas dentro da Física da Alta Atmosfera se baseia em medidas experimentais de uma série de parâmetros atmosféricos. Durante o período coberto por este relatório foram realizadas observações do perfil de espalhamento atmosférico, através do radar de laser instalado em São José dos Campos, e das emissões de oxigênio atômico, hidroxila e sódio em Cachoeira Paulista, e no caso de sódio, também em São José dos Campos. Todas estas observações exigem condições de céu limpo e baixa iluminação, e por isso, são geralmente feitas durante as épocas de lua nova e, no caso do radar de laser, principalmente durante o inverno. Na Tabela IV.1 mostra-se o número de noites de observações conseguidas, para cada tipo de medidas, em cada trimestre entre julho de 1978 e junho de 1980.

TABELA IV.1

NÚMERO DE NOITES DE MEDIDAS CONSEGUIDO PARA CADA TIPO DE OBSERVAÇÃO

FOTÔMETROS	1978		1979				1980	
	3	4	1	2	3	4	1	2
OI 6300	29	19	13	25	26	13	17	29
OI 5577	29	19	13	25	26	13	17	29
OI 7774	32	20	13	26	14	-	-	10
NaD (C.P.)	32	20	13	26	25	13	17	29
OH (9,4)	32	20	13	26	25	13	17	29
OH (8,3)	32	20	13	19	-	-	-	-
OH (7,2)	32	20	13	19	-	-	-	-
OH (6,2)	32	20	13	19	-	-	-	-
OH (5,1)	32	20	13	26	25	13	17	29
N <sub>2</sub> <sup>+</sup> 4278	-	-	-	-	11	13	17	19
NaD (S.J.C.)	17	3	0	27	27	10	12	15
<u>RADAR DE LASER</u>								
Sódio	11	0	3	23	12	1	0	7
Sódio, 3 pontos	-	-	-	2	17	-	-	-
Aerossóis	11	0	3	25	29	1	0	7

4.1.2 - DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL

A maioria dos instrumentos utilizados no programa experimental são desenvolvidos e construídos no INPE. No período coberto por este relatório foram realizadas diversas modificações no radar de laser, com a finalidade de melhorar seu desempenho e de possibilitar novos tipos de medidas, e foram construídos vários novos fotômetros.

RADAR DE LASER

Fizeram-se as seguintes modificações e desenvolvimentos:

- 1) aumento da memória do computador de aquisição de dados e controle;

2) etalon com controle de temperatura a ângulo remoto; 3) novo tipo de lâmpada de descarga para o laser de corante; 4) unidade eletrônica de programação em altura do analisador digital multicanal, utilizada na aquisição de dados do radar de laser; 5) instalação de um segundo fotomultiplicador no receptor do radar, para aumentar a faixa dinâmica; 6) novo sistema de monitoramento de energia e largura de banda do laser de corante; 7) sistema de controle remoto e programação dos ângulos azimutal e de elevação de feixe do radar, para possibilitar medidas em três pontos; 8) sistema de preaquecimento ("simmer") para melhorar a precisão do laser de corante; 9) nova fonte de potência para o laser de corante, a fim de aumentar a frequência de disparo, em fase final de construção.

O desenvolvimento do sistema para medir a temperatura da mesosfera, utilizando o radar de laser, não foi completado durante o período coberto por este relatório. Além de uma série de modificações necessárias (itens 1, 2, 4, 6 e 9 da lista anterior), é necessário diminuir a largura da banda do laser para aproximadamente  $2 \times 10^{-3} \text{ \AA}$ . As providências tomadas para alcançar este objetivo se comprovaram inadequadas, e atualmente está sendo projetado um novo tipo de filtro birrefringente. Espera-se que o tempo necessário para desenvolver e construir este filtro seja relativamente curto, uma vez que o Laboratório de Óptica do INPE, atualmente, oferece condições para fabricação de componentes ópticos de alta precisão.

### FOTÔMETROS

Durante o período coberto por este relatório, foi construído um fotômetro de varredura zonal. Este instrumento está instalado em Cachoeira Paulista, onde funciona em conjunto com um fotômetro de varredura meridional. Dois fotômetros do tipo multicanal com filtros inclináveis, estão em fase final de construção, juntamente com seus sistemas eletrônicos de aquisição de dados e controle.

O fotômetro com interferômetro Fabry Perot continua em desenvolvimento. A finalidade deste instrumento é medir a temperatura e

os ventos na região F da ionosfera, através de uma determinação do alargamento e desvio Doppler da emissão OI 6300 Å. Depois de um estudo cuidadoso dos parâmetros físicos necessários ao instrumento, foi adquirido um etalon com placas de 15 cm, com espaçamento casado em  $\lambda/100$  e espaçadores piezoelétricos, estando em andamento seus testes iniciais de laboratório. Ao mesmo tempo estão sendo projetados os sistemas ópticos e eletrônicos do fotômetro. O andamento do projeto depende, futuramente, do desenvolvimento ou aquisição da unidade de controle e estabilização das placas.

Até recentemente, os fotômetros instalados em Cachoeira Paulista funcionavam precariamente no prédio do Departamento de Meteorologia do INPE. Em abril de 1980 terminou-se a construção do novo observatório de luminescência, que agora oferece ótimas condições para operação dos instrumentos. O prédio, com 150 m<sup>2</sup>, tem aberturas no teto para operação dos fotômetros zenitais, sem necessidade de tirá-los do observatório, e um patamar onde funcionam os fotômetros de varredura.

O sistema de aquisição e gravação de dados geofísicos continua em desenvolvimento. A unidade de aquisição, composta por um freqüencímetro com intervalo de amostragem de alta precisão e um teclado para entrada manual de dados de identificação, já está pronta. A parte de gravação de dados em fita cassete ainda não foi terminada devido, principalmente, a dificuldades encontradas na compra de unidades de transporte de fita. Tais unidades chegaram em abril de 1980, e prosseguiu-se o projeto do gravador. Inicialmente, serão construídas três unidades para uso com fotômetros, e uma para o radar de laser. Futuramente pretende-se utilizar o mesmo sistema, com pequenas modificações, para outros instrumentos geofísicos.

#### 4.1.3 - ANÁLISE DE RESULTADOS

Os resultados das observações experimentais são analisados em termos da física e química da alta atmosfera. Segue-se uma descrição resumida das pesquisas realizadas; informações detalhadas se encontram nos trabalhos referenciados na lista de publicações.

## MEDIDAS DE VENTOS MESOSFÉRICOS, A PARTIR DE OBSERVAÇÕES DE SÓDIO MESOSFÉRICO

Observações da camada atmosférica de sódio, feitas por vários grupos de pesquisadores durante os últimos dez anos, têm mostrado a existência de uma estrutura que varia com o tempo. Os resultados de observações horizontalmente espaçadas desta estrutura foram usados para calcular velocidades horizontais na faixa de altura entre 82 e 99 km. As medidas foram feitas com um radar de laser rastreável, funcionando com um ângulo zenital fixo de  $20,9^{\circ}$ , alinhado sequencialmente, em três azimutes cuja sequência completa leva 5 minutos. Os azimutes foram escolhidos de tal maneira que as intersecções do feixe do radar com a camada de sódio formaram um triângulo com lados de aproximadamente 60 km. Apresenta-se aqui os resultados de observações feitas durante um período de 10 horas, na noite de 21 de julho de 1979. Depois de uma filtragem passa-baixo para remover variações rápidas, não correlacionadas, foi feita uma análise de correlação para cada altura entre 82 e 99 km. As velocidades calculadas, baseadas nos deslocamentos de tempo, variam com altura de uma maneira oscilatória, com amplitudes decrescentes em relação à altura. O componente L-O mostrou um comprimento de onda vertical de aproximadamente 10 km., o componente N-S um comprimento de onda de 5 km., e a magnitude da velocidade variou entre 6 e  $146 \text{ m s}^{-1}$ .

## VARIAÇÃO SAZONAL DO OZÔNIO NA MESOSFERA

A densidade do ozônio mesosférico a uma altura de 88 km é deduzida a partir de observações simultâneas, feitas do solo, da densidade de sódio neutro e da intensidade de luminescência noturna do sódio, usando-se um modelo de equilíbrio fotoquímico, sendo que os dados foram obtidos em São José dos Campos ( $23^{\circ}\text{S}$ ,  $46^{\circ}\text{W}$ ). A densidade de sódio é medida em função da altura, entre 76 e 106 km, por radar de laser, e a intensidade de luminescência, por um fotômetro de filtro inclinável. A densidade de ozônio mostra uma forte variação sazonal com máximos bem definidos nos equinócios, e um valor anual médio de  $8 \times 10^7 \text{ cm}^{-3}$ . A variação noturna média indica um aumento de um fator de 2, entre o pôr e o nascer do sol.

OBSERVAÇÕES ESPAÇADAS POR UM RADAR DE LASER E FOTÔMETROS, DE UM AUMENTO REPENTINO DA DENSIDADE DE SÓDIO ATMOSFÉRICO

Durante a noite de 25-26 de agosto de 1979 observou-se um grande aumento na densidade de sódio atmosférico numa altura de 95 km. O aumento, com duração de aproximadamente 15 minutos e extensão vertical de 2 km, foi observado em três posições separadas por aproximadamente 50 km. Aumentos na luminescência de sódio, ocorrendo quase simultaneamente, foram observados em dois pontos separados por 107 km. Baseando-se nos intervalos de tempo entre as ocorrências do aumento nos vários pontos de observações, concluiu-se que este aumento foi causado pela translação horizontal de uma nuvem de sódio, com densidade aproximadamente 10 vezes maior que a densidade normal do pico da camada de sódio. Aparentemente, a nuvem se deslocava na direção SW com velocidade de  $200 \text{ m s}^{-1}$ . Supondo-se o sódio de origem meteórica, concluiu-se que era necessário um mínimo de 10 kg de material meteórico para a sua formação. Baseando-se nos aumentos observados na abundância e na luminescência de sódio, foi derivado o valor de  $3 \times 10^{13} \text{ m}^{-3}$  para a densidade de ozônio na altura de 95 km.

OBSERVAÇÕES SIMULTÂNEAS DA DENSIDADE DE SÓDIO E DAS EMISSÕES DE NaD, OH (8,3), E 5577 Å

Observações simultâneas da distribuição vertical de sódio e das intensidades das emissões 5577 Å, NaD e OH(8,3) mostram que as variações noturnas das emissões são bem correlacionadas às variações da densidade de sódio nas alturas de 91, 87 e 84 km, respectivamente. Nos casos de NaD e OH estas alturas correspondem bem às alturas esperadas da emissão máxima, embora no caso de 5577 Å espera-se a emissão máxima de uma altura de aproximadamente 4 km mais alta. Aparentemente, as variações correlacionadas são produzidas por ondas atmosféricas com comprimentos de onda vertical entre 10 a 16 km, cujas velocidades de fase se propagam no sentido de alturas superiores para inferiores, com velocidade entre 1 e 2  $\text{km hr}^{-1}$ . A amplitude das variações da densidade de sódio, do lado inferior da camada, normalmente é muito grande para ser explicada como resultado direto de variações da densidade atmosférica.

Estas grandes variações talvez resultem de movimentos verticais da camada, ou, alternativamente, poderiam resultar de mudanças no equilíbrio entre sódio e seus compostos. Em várias ocasiões foram observadas grandes variações na densidade de sódio, bem correlacionadas à temperatura rotacional de OH, sugerindo um efeito térmico sobre o equilíbrio químico. Aumentos na densidade de sódio, observados em dias de temperatura rotacional excepcionalmente alta, ou poderiam ser o resultado de um aumento na taxa de sublimação de aerossóis contendo sódio, ou poderiam resultar de um efeito da temperatura sobre o equilíbrio químico.

#### UMA COMPARAÇÃO ENTRE MEDIDAS DE AEROSSÓIS ESTRATOSFÉRICOS NOS HEMISFÉRIOS NORTE E SUL

Perfis da camada estratosférica de aerossóis obtidos por radar de laser em Hampton VA (41°N, 105°W) e em São José dos Campos, SP (23°S, 46°W), foram comparados com perfis obtidos por contadores de partículas levados em balões, para partículas com raio  $\geq 0.15 \mu\text{m}$  e  $\geq 0.25 \mu\text{m}$ , em Laramie, Wyoming (41°N, 105°W) e Mildura, Australia (34°S, 141°E) entre 1972 e 1978. Foram comparadas a razão de espalhamento aerossol ao espalhamento Rayleigh, e a razão de mistura em partículas por miligrama. Em ambos os casos, a característica principal evidenciada pelas variações com o tempo, foi o aumento por um fator de 10 no Hemisfério Norte, causado pela erupção do Vulcão Fuego em outubro de 1974. Ambos os tipos de medidas acusaram um atraso de 6 meses na introdução de poeira vulcânica no Hemisfério Sul. O decaimento da poeira do Fuego sugere que o radar de laser responde, principalmente, às partículas com raio maior que  $0.25 \mu\text{m}$ .

#### PERTURBAÇÕES NA TERMOSFERA NOTURNA E SUAS VELOCIDADES DE FASE NO CENTRO DA ANOMALIA GEOMAGNÉTICA BRASILEIRA

Dados recentes da emissão noturna de OI 6300 Å e de ionosonda revelaram interessantes perturbações termosféricas em forma de onda, propagando-se ao longo do meridiano geomagnético. As medidas em varredura da linha 6300 Å possibilitaram determinar a velocidade média aparente de fase dos "picos" e "vales" da distribuição espacial da

emissão, cujo valor foi da ordem de 200 - 300 m/s. Tais perturbações foram as primeiras a serem detetadas nesta região.

#### DINÂMICA DA IONOSFERA EM BAIXAS LATITUDES, ESTUDADA ATRAVÉS DE OBSERVAÇÕES DE LUMINESCÊNCIA ATMOSFÉRICA

Baseando-se em dados recentes de luminescência ( $\lambda=6300\text{\AA}$ ) obtidos em Cachoeira Paulista, estudou-se a dinâmica da ionosfera noturna. O fotômetro de varredura mediu a luminescência entre os ângulos  $75^{\circ}\text{S}$  e  $75^{\circ}\text{N}$  em relação ao zênite. Essas medidas mostraram fortes formas de ondas nos perfis de intensidade de luminescência versus latitude, que se propagavam para o Sul a uma velocidade média de  $240 \pm 70$  m/s, supondo-se a camada emissora a 250 km de altura. As perturbações apresentavam comprimentos de onda da ordem de algumas centenas de quilômetros e foram associadas ao "spread-F" nos ionogramas.

#### ASSOCIAÇÃO ENTRE BOLHAS DE PLASMA E PERTURBAÇÕES NA LUMINESCÊNCIA ATMOSFÉRICA EM BAIXAS LATITUDES NO BRASIL

Perfis meridionais da intensidade da luminescência  $6300\text{\AA}$ , utilizando-se um fotômetro de varredura em Cachoeira Paulista, frequentemente mostram grupos de perturbações na luminescência, que se propagam de Norte para Sul e de Oeste para Leste durante o período noturno que antecede a meia noite. Cerca de 132 experiências, feitas em noites diferentes durante o período de 26 meses começando em janeiro de 1978, mostram uma dependência significativa entre a ocorrência dessas perturbações e as estações do ano. Elas ocorrem quase que exclusivamente durante a primavera e o verão, sendo ainda mais frequentes durante os equinócios de março e outubro, e quase não ocorrem durante o inverno e outono. A velocidade de propagação de Norte para Sul é da ordem de 150 a 350 m/s. Tais perturbações são, invariavelmente, acompanhadas de "spread-F" tipo "range spread" nos ionogramas, e os resultados parecem corroborar a hipótese que a geração dessas perturbações de luminescência é consequência da dinâmica das bolhas ionosféricas da região equatorial.

## PERTURBAÇÕES ONDULATÓRIAS E DEPLEÇÕES DE PLASMA NA IONOSFERA DE BAIXA LATITUDE

Estudou-se a ocorrência de uma perturbação ionosférica que resultou em grandes oscilações tanto da intensidade da luminescência OI 6300 Å, como do nível de absorção ionosférica na frequência de 30 MHz, ocorrido em Cachoeira Paulista. De tais resultados pode-se inferir, pelo menos duas ordens de grandeza nas oscilações: (a) uma de maior escala, claramente identificada nos dados de absorção (obtidos com um riômetro) com característica de TID (perturbações viajantes na ionosfera) e (b) oscilações de menor escala, observadas exclusivamente pelos dados de luminescência durante a fase ascendente das oscilações de grande escala, descritas no item (a). A análise de Fourier, dos dados de luminescência zênite, revela um período dominante de cerca de 104 minutos, que parece corresponder ao período de oscilação de maior escala, ao passo que não se constatou nenhuma frequência dominante para as oscilações de menor escala. Sugere-se que as perturbações de menor escala sejam originadas no equador durante o processo de geração de bolhas ionosféricas, ao passo que as de maior escala parecem ser TIDs intimamente relacionadas com a geração de perturbações de menor escala.

### A DESATIVAÇÃO DA OH\* NA ATMOSFERA

Os resultados e as conclusões de Llewellyn et al. (Llewellyn, E.E., Long, B.H. and Solheim, B.H., "The Quenching of H\* in the Atmosphere", Planetary Space Science, 26, 525, 1978) foram comparados com dados publicados sobre luminescência atmosférica e os conseguidos recentemente pelo INPE. As observações experimentais não apoiam as altas taxas de relaxação vibracional determinadas por Llewellyn et al. Concluiu-se que a reação química da OH com o oxigênio atômico deve ser significativa, e que somente o processo  $H + O_3$  para a produção da OH excitada não explica a razão da intensidade observada.

## CAPÍTULO V

### SUBPROJETO FÍSICA DOS PLASMAS

O subprojeto de Física dos Plasmas foi iniciado em 1978, propondo a implantação de um grupo voltado para a realização de pesquisa fundamental e aplicada na área. Em se tratando de pesquisa fundamental, o objetivo geral é estudar a propagação de ondas em plasmas e a evolução de instabilidades, resultantes da interação das ondas com o plasma.

#### 5.1 - ANDAMENTO DA EXECUÇÃO

Para a realização do objetivo acima, foi necessário iniciar-se a construção de dispositivos que permitam, em laboratório, a geração, a excitação e o diagnóstico de plasmas. Assim, o primeiro dispositivo desenvolvido pelo grupo de plasma, para esse fim, foi uma máquina de plasma duplo, que permite, especificamente, o estudo da propagação de ondas longitudinais em plasmas homogêneos e não-homogêneos (não-magnetizados). Esta máquina foi projetada e construída no INPE. Sua montagem já foi concluída, conforme mostram as Figuras V.1 e V.2, e a máquina está, atualmente, na fase de testes de vedação e testes elétricos, conforme previsto no cronograma atualizado. A Figura V.1 mostra uma vista interna da máquina, onde se podem identificar, junto à parede, os suportes para os ímãs permanentes e para os filamentos de tungstênio. A Figura V.2 mostra uma vista lateral da máquina, com as passagens estas destinadas a levar a alimentação elétrica dos filamentos (catodos), dos anodos e da grade, para dentro da câmara de vácuo. Ao fundo estão as fontes de alimentação e os cilindros de gás, e abaixo da câmara fica situada a bomba de vácuo.

A máquina de plasma duplo consiste, essencialmente, de dois plasmas separados eletricamente por uma grade polarizada negativamente, porém, contidos numa câmara de vácuo comum (aproximadamente 30cm de diâmetro por 60 cm de comprimento). O plasma é gerado através do bombardeamento de um gás (hélio e argônio são empregados) pelos elétrons emitidos termoionicamente por uma série de filamentos de tungstênio, tam

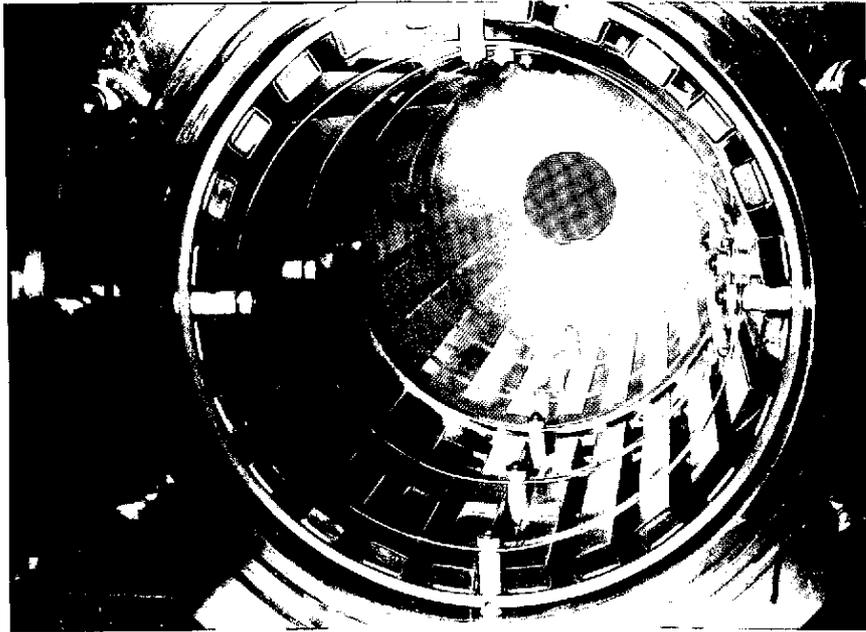


Fig. V.1 - Vista interna da máquina de plasma duplo.

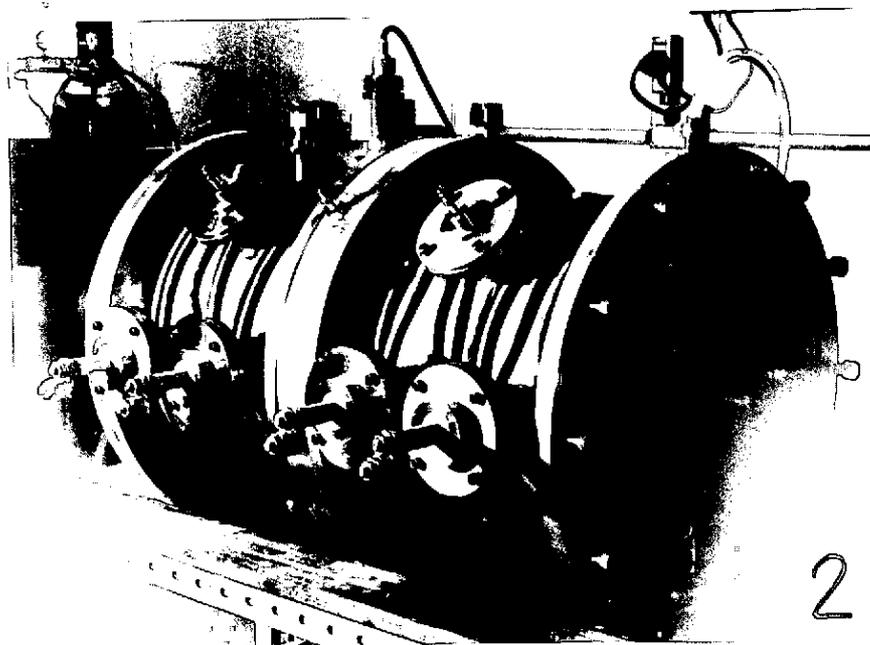


Fig. V.2 - Vista lateral da máquina de plasma duplo

bem polarizados negativamente em relação aos anodos aceleradores. O potencial aplicado à grade de separação é suficientemente negativo para evitar a livre circulação dos elétrons do plasma, mas não a dos íons. Desta maneira, é possível aplicar uma diferença de potencial entre os dois plasmas. Um dos plasmas pode atuar como excitador e o outro como alvo, através da aplicação de pulsos de tensão apropriados na grade de separação (a excitação de ondas também pode ser obtida por meio de antenas ou sondas imersas no plasma).

Logo após concluída a fase de testes, que deverá durar cerca de um mês, será iniciada a fase de diagnóstico, com a determinação dos parâmetros característicos do plasma. Espera-se obter uma densidade de plasma em torno de  $10^9 \text{ cm}^{-3}$  e uma temperatura eletrônica em torno de 1eV. Os ímãs permanentes foram incluídos numa tentativa de se melhorar a eficiência de geração do plasma (os elétrons são refletidos pelo campo magnético multipolar, antes de colidirem com as paredes da câmara, o que aumenta a probabilidade de ocorrência de uma colisão com um átomo neutro), assim como a quiescência e a uniformidade do sistema. A produção de gradientes longitudinais de densidade pode ser realizada controlando-se a corrente nos dois sistemas independentes de filamentos.

Finalmente, a fase de operação da máquina deverá ser iniciada ainda no terceiro trimestre de 1980, com a excitação de ondas iônicas-acústicas, ondas de choque e ondas solitárias; porém, a montagem dos sistemas de diagnóstico destas ondas (constituídos principalmente de componentes e equipamentos eletrônicos) depende da aprovação da verba de manutenção de projetos para o segundo semestre de 1980.

Outra série de experimentos, planejada pelo grupo de plasma, diz respeito ao estudo da propagação de ondas transversais e instabilidades em plasmas magnetizados, de média densidade ( $\sim 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ ) e média temperatura ( $\sim 3\text{eV}$ ), isto é, em plasmas de beta finito, para os quais a pressão cinética do plasma é uma fração apreciável da densidade de energia do campo magnético confinante. A excitação das ondas será feita numa coluna de plasma produzida por uma fonte do tipo arco magne

toplasmadinâmico (MPD), e confinada por um campo magnético de simetria axial.

Inicialmente, planejava-se construir uma fonte de plasma que pudesse operar em regime permanente, porém este tipo de fonte apresenta sérios problemas de refrigeração, preferindo-se optar pela fonte tipo MPD, que tem caráter pulsado. A configuração do campo magnético confinante foi também modificada, preferindo-se uma configuração do tipo garrafa magnética, em vez de um campo magnético uniforme. A redução do campo magnético no centro do sistema implicará numa redução da densidade de plasma, em comparação com a densidade num sistema a campo uniforme; porém, espera-se com isto diminuir o amortecimento colisional de ondas compressivas de Alfvén. Este amortecimento resulta das colisões entre íons num plasma em temperatura relativamente baixa e densidade elevada, e é prejudicial ao estudo da propagação não-linear de ondas, tendo seus efeitos sido observados em sistemas semelhantes ao que se pretende construir e que operam com campo uniforme. O anteprojeto deste sistema linear já foi executado, permitindo a especificação do equipamento periférico. Parte do equipamento já foi adquirida, mas o projeto detalhado e a construção da câmara experimental, bem como a compra do equipamento restante, estão aguardando a liberação de financiamento.

## CAPÍTULO VI

### PUBLICAÇÕES

A seguir, apresenta-se a lista dos trabalhos publicados durante o período do Convênio 537/CT-CNPq/INPE.

- ABDU, M.A.; BATISTA, I.S.; BITTENCOURT, J.A. Some Characteristics of Spread F at Magnetic Equatorial Station of Fortaleza. J.Geophys. Res., Jun. 1980 (INPE-1758-RPE).
- ABDU, M.A.; BATISTA, I.S.; KANTOR, I.J.; SOBRAL, J.H.A. Gravity Wave induced Ionization Layers in the Night F Region at Low Latitudes. Ann. Geophys., Jun. 1980 (INPE-1759-RPE).
- AGUIAR, O.D.; MARTIN, I.M. Telescópio para Astronomia de Fótons Gama pouco Energéticos (~ 4 MeV) por Método da Diferença com "Veneziana" In: XXXII Reunião Anual da SBPC, Rio de Janeiro, jul. 1980 (INPE-1807-RPE).
- BATISTA, I.S.; ABDU, M.A. Concentração de Óxido Nitroso e Taxa de Produção Iônica na Baixa Ionosfera, Determinadas usando Dados de Composição Iônica obtidos com Foguetes. In: XXXI Reunião Anual da SBPC, Fortaleza, 11-18 jul. 1979 (INPE-1525-RPE).
- BITTENCOURT, J.A. Fundamentals of Plasma Physics: An Introduction. Apr. 1979 (INPE-1450-RPE).
- BITTENCOURT, J.A. Average Values and Macroscopic Variables. Apr. 1979 (INPE-1451-RPE).
- BITTENCOURT, J.A. Elements of Plasma Kinetic Theory. Apr. 1979 (INPE-1452-RPE).
- BITTENCOURT, J.A. Macroscopic Transport Equations. Apr. 1979 (INPE-1471-RPE).

- BITTENCOURT, J.A. Electromagnetic Waves in Free Space. May 1979 (INPE-1475-RPE).
- BITTENCOURT, J.A. Some Basic Plasma Phenomena. Jun. 1979 (INPE-1502-RPE).
- BITTENCOURT, J.A. Plasma Conductivity and Diffusion. Jul. 1979 (INPE-1503-RPE).
- BITTENCOURT, J.A. Motion of Charged Particles in Time-Varying Electromagnetic Fields. Jul. 1979 (INPE-1504-RPE).
- BITTENCOURT, J.A. Motion of Charged Particles in Nonuniform Magnetostatic Fields. Jul. 1979 (INPE-1505-RPE).
- BITTENCOURT, J.A. Motion of Charged Particles in Constant and Uniform Electromagnetic Fields. Jul. 1979 (INPE-1506-RPE).
- BITTENCOURT, J.A. Macroscopic Equations for a Conducting Fluid. Jul. 1979 (INPE-1515-RPE).
- BITTENCOURT, J.A. Simple Applications of Magnetohydrodynamics. Jul. 1979 (INPE-1516-RPE).
- BITTENCOURT, J.A. The Equilibrium State. Jul. 1979 (INPE-1518-RPE).
- BITTENCOURT, J.A. The Pinch Effect. Jul. 1979 (INPE-1520-RPE).
- BITTENCOURT, J.A. Waves in Cold Plasma. Aug. 1979 (INPE-1546-RPE).
- BITTENCOURT, J.A. Waves in Hot Magnetized Plasma. Sep. 1979 (INPE-1575-RPE).
- BITTENCOURT, J.A. Particle Interactions in Plasmas. Oct. 1979 (INPE-1589-RPE).

- BITTENCOURT, J.A. Magnetohydrodynamic Waves. Jul. 1979 (INPE-RPE).
- BITTENCOURT, J.A. Waves in Warm Plasmas. Oct. 1979 (INPE-1547-RPE).
- BITTENCOURT, J.A. Waves in Hot Isotropic Plasmas. Sep. 1979 (INPE-1563-RPE).
- BITTENCOURT, J.A. The Boltzmann and the Fokker-Planck Equations. Oct. 1979 (INPE-1606-RPE).
- BITTENCOURT, J.A. Transport Processes in Plasmas. Dec. 1979 (INPE-1638).
- BUIVAN, N.A.; RAO, K.R.; MARTIN, I.M. Atmospheric Gamma-Rays at High Rigidity Region. Oct. 1978 (INPE-1367-PE).
- BUIVAN, N.A.; RAO, K.R.; MARTIN, I.M. Gamma-Ray Lines observed in Balloon Flights at High Rigidity. Atmos. Space Sci. Feb. 1979 (INPE-1366-PE).
- CHIAN, A.C.L. On the Propagation of Relativistic Nonlinear Electromagnetic Waves in a Cold Plasma. Rev. Bras. de Física. Nov. 1979 (INPE-1624-RPE).
- CHIAN, A.C.L.; MIRANDA, R.B. Relativistic Nonlinear Electron Cyclotron Waves in Plasmas. Il Nuovo Cimento. Nov. 1979 (INPE-1625-RPE).
- CHIAN, A.C.L. The Interaction of Large-Amplitude Plasma Waves with a Moving Electron Plasma. Phys. Lett. Nov. 1979 (INPE-1626-RPE).
- CHIAN, A.C.L. Effect of Ion Dynamics on Relativistic Nonlinear Plasma Oscillations. Plasma Phys. Apr. 1980 (INPE-1704-RPE).
- CHIAN, A.C.L. Relativistic Nonlinear Cyclotron Waves in a Hot Electron-Ion Plasma. Lett. al Nuovo Cimento. Apr. 1980 (INPE-1723-RPE).

CHIAN, A.C.L. Influence of Ion Motion in the Inverse Faraday Effect.  
Res. Notes of Phys. of Fluids. Jun. 1980 (INPE-1764-RPE).

CLEMESHA, B.R.; KIRCHHOFF, V.W.J.H.; SIMONICH, D.M.; BATISTA, P.P.  
Mesospheric Winds from Lidar Observations of Atmospheric Sodium.  
Jun. 1980 (INPE-1811-RPE).

CLEMESHA, B.R.; KIRCHHOFF, V.W.J.H.; SIMONICH, D.M.; TAKAHASHI, H.;  
BATISTA, P.P. Spaced Lidar and Nightglow Observations of an Atmos-  
pheric Sodium Enhancements. J. Geophys. Res. Feb. 1980 (INPE-1675-  
RPE).

COSTA, J.M.; DUTRA, S.L.G.; BOCLET, D.; CLAISSE, J.; DUROUCHOUX, PH.;  
OLIVIER, E.; PAGNIER, P.; ROCCHIA, R.; ALBERNHE, F.; FRABEL, M.;  
VEDRENE, G. Background Radiation in some Recent High Resolution  
Measurements in Gamma Ray Astronomy. In: XXX Reunião Anual da SBPC,  
São Paulo, 9-15 Jul. 1978 (INPE-1474-RPE).

COSTA, J.M.; BATISTA, I.S.; SOUZA, E.G.; TRIVEDI, N.B. Geomagnetic  
Measurements at São José dos Campos for the Period December 1971 -  
January 1975. Dec. 1979 (INPE-1643-RPE).

FERNANDES, M.F. Boletim de Dados Geofísicos, Número 2, Julho 1979 - Se  
tembro 1979. Nov. 1979 (INPE-1612-NTI).

FERNANDES, M.F. Boletim de Dados Geofísicos, Número 3, Outubro 1979 -  
Dezembro 1979. Mar. 1980 (INPE-1690-NTI).

FERNANDES, M.F. Boletim de Dados Geofísicos, Número 4, Janeiro 1980 -  
Março 1980. Jun. 1980 (INPE-1796-NTI).

GONZALEZ-A, W.D.; GONZALEZ, A.L.C. Periodicities in the Interplanetary  
Magnetic Field Polarity. Feb. 1979 (INPE-1425-RPE).

GONZALEZ-A, W.D.; GONZALEZ, A.L.C. Influence of the Bx Component of the  
Interplanetary Magnetic Field on Magnetopause Reconnection. Geophys.  
Res. Lett. Dec. 1979 (INPE-1645-RPE).

- GONZALEZ-A, W.D. Magnetopause Reconnection. J. Geophys. Res. Jan. 1980 (INPE-1667-RPE).
- JARDIM, J.O.D. Introdução aos Processos de Integração Onda-Partícula e Partícula-Partícula. Out. 1978 (INPE-1370-NTI).
- JARDIM, J.O.D. On the Origin of the Elements - A Brief Review. Ciência e Cultura. Apr. 1979 (INPE-1466-RPE).
- JARDIM, J.O.D.; RAO, K.R.; AGUIAR, O.D.; MARTIN, I.M. Observações de Fontes de Raios Gama Extraterrestres com um Telescópio de Alta Resolução Angular. In: VI Reunião da SAB, São Paulo, 4-6 de julho de 1979. Jul. 1979 (INPE-1498-RPE).
- JARDIM, J.O.D. Linhas Gama Nucleares produzidas em Supernovas e possibilidade de Detecção. In: XXXI Reunião Anual da SBPC, Fortaleza, 11-18 de julho de 1979. Jul. 1979 (INPE-1517-RPE).
- JARDIM, J.O.D. Nuclear Gamma Ray Lines from Supernova. Jan. 1980 (INPE-1665-RPE).
- KANE, R.P.; TRIVEDI, N.B. Influence on Northern and Southern Hemisphere Sq Current Systems on the Equatorial Region. J. Atmos. Terr. Phys. Apr. 1979 (INPE-1434-RPE).
- KANE, R.P.; TRIVEDI, N.B. Relationship between Sunspot Number during Years of Sunspot Maximum and Sunspot Minimum. Solar Physics. May 1979 (INPE-1485-RPE).
- KANE, R.P.; TRIVEDI, N.B. Are the Equatorial Electrojet and Counter-electrojet centered Invariably on the Dip Equator? Jun. 1979 (INPE-1500-RPE).
- KANE, R.P.; TRIVEDI, N.B. Equatorial Enhancement of DP2 Fluctuations. Planet. Space Sci. Jul. 1979 (INPE-1519-RPE).

KANE, R.P. Irregularities in the Global Distribution of Total Electron Content. Radio Sci. Aug. 1979 (INPE-1524-RPE).

KANE, R.P.; TRIVEDI, N.B. Effects of Linear Trend and mean Value on Maximum Entropy Spectral Analysis. J. Geophys. Res. Sept. 1979 (INPE-1568-RPE).

KANE, R.P. True Height Calculation from Ionograms. J. Atmos. Terr. Phys. Oct. 1979 (INPE-1360-PE).

KANE, R.P.; TRIVEDI, N.B. Implication of Z Variation during a Near-Neon Equatorial Counterelectrojet on March 6, 1967, in the Indian zone. J. Geophys. Res. Nov. 1979 (INPE-1613-RPE).

KANE, R.P. Equatorial Counterelectrojet - Two Distinct Categories. J. Geophys. Res. Feb. 1980 (INPE-1683-RPE).

KANE, R.P. Maximum Entropy Spectral Analysis of Geomagnetic Disturbance Indices. Geophys. J. Royal Astron. Soc. Mar. 1980 (INPE-1693-RPE).

KANE, R.P. Longitudinal and Latitudinal Anomalities in the Daily Variation of  $F_0F_2$  in the South-American Region. J. Atmos. Terr. Phys. Apr. 1980 (INPE-1722-RPE).

KANE, R.P. Comparison of  $F_0F_2$  Characteristics at Nearby Equatorial Locations in the South American Region. Radio Sci. May 1980 (INPE-1737-RPE).

KANE, R.P. Comparison of Changes in the Ionospheric Total Electron at Mid-Latitude Locations Few Hundred Kilometers Apart. Radio Sci. Jun. 1980 (INPE-1798-RPE).

KANTOR, I.J.; PAULA, E.R. Comparação entre a Previsão para Propagação em HF e Dados obtidos por Ionossonda. In: XXXI Reunião Anual da SBPC, Fortaleza, 11-18 de julho de 1979.

- KIRCHHOFF, V.W.J.H. Comments on "Equatorial F-Region Motions deduced from Sq Currents" by Tom Beer. J. Geophys. Res. Aug. 1978 (INPE-1155-PE).
- KIRCHHOFF, V.W.J.H.; CLEMESHA, B.R.; SIMONICH, D.M. Laser Radar Mesospheric Temperature Measurements: Preliminary Results. In: XXX Reunião Anual da SBPC, São Paulo, 9-15 de julho de 1978. Apr. 1978 (INPE-1231-PE).
- KIRCHHOFF, V.W.J.H.; CLEMESHA, B.R.; SIMONICH, D.M. Seasonal Variation of Ozone in the Mesosphere. J. Geophys. Res. Jun. 1980 (INPE-1800-RPE).
- LUDWIG, G.O. Two-Dimensional Equilibrium of Field-reversed Ion Rings Plasma Physics. Apr. 1980 (INPE-1724-RPE).
- MARTIN, I.M.; SENADOR, R. Levantamento Aeroespacial da Radiatividade Natural. Out. 1979 (INPE-1590-RPE).
- MARTIN, I.M.; NORDEMANN, D.J.R.; BLANCO, F.G.; SENADOR, R.; NERI, J.A. C.F. Medidas da Radiação Cômica Secundária a Bordo de Avião a Jato em Altitudes de 12 e 12,5 km entre Boa Vista e Campinas. In: XXXII Reunião Anual da SBPC, Rio de Janeiro, julho de 1980. Jun. 1980 (INPE-1808-RPE).
- MEDRANO-B., R.A. Métodos Matemáticos da Física I - Vetores, Campos e Coordenadas. Out. 1978 (INPE-1372-PE).
- MEDRANO-B., R.A. Métodos Matemáticos da Física II - Operadores Lineares, Matrizes e Autovalores. Mar. 1979 (INPE-1449-RPE).
- MEDRANO-B., R.A. Métodos Matemáticos da Física IV: Funções de Variável Complexa. Mai. 1979 (INPE-1494-RPE).
- MEDRANO-B., R.A. Método de Perturbações no Estudo da Interação do Vento Solar com Cometas. In: XXXI Reunião Anual da SBPC, Fortaleza, 11 - 18 de julho de 1979. Jul. 1979 (INPE-1529-RPE).

- MEDRANO-B., R.A. Efeito do Congelamento ("Frozen-in") em Plasmas Espaciais. In: XXXI Reunião Anual da SBPC, Fortaleza, 11-18 de julho de 1979. Jul. 1979 (INPE-1530-RPE).
- MEDRANO-B., R.A. Aspects of Solar Wind Theories. Dec. 1979 (INPE-1636-RPE).
- MEDRANO-B., R.A. Métodos Matemáticos da Física: III - Análise Tensorial. Dec. 1979 (INPE-1648-RPE).
- MEDRANO-B., R.A. Equações Diferenciais Ordinárias. Mai. 1980 (INPE-1753-RPE).
- MEDRANO-B., R.A. Sobre o Modelo Comentário de Biermann et al. In: XXXII Reunião Anual da SBPC, Rio de Janeiro, julho de 1980. Jun. 1980 (INPE-1805-RPE).
- NORDEMANN, D.J.R.; COSTA, J.M.; MARTIN, I.M. Telescópio Gama a Absorção Total e Análise Multiparamétrica. In: XXXII Reunião Anual da SBPC, Rio de Janeiro, julho de 1980. Jun. 1980 (INPE-1804-RPE).
- PICQUENARD, A.A.E.; PAULA, E.R. A Simplified Computer Method for Long Term Calculation of HF Sky-Waves Circuits. In: Internacional Solar Terrestrial Predictions, Boston, April 23-27, 1979. Oct. 1978 (INPE-1377-PE).
- RAO, K.R. Four Year Statistics of Active Prominences. In: Iau Colloquium, N. 44 "Physics of Solar Prominences". Jan. 1979 (INPE-1417-RPE).
- SCHNEIDER, E.M.; SENADOR, R.; GONZALEZ-B., F. Telecomando Operacional para Balões Estratosféricos. Out. 1979. (INPE-1582-NTI).
- SOBRAL, J.H.A. Optical Measurements of the Quenching Coefficient of the ( $^1D$ ) State by Collision with Nitrogen Molecules utilizing the Ionosphere Heating Experiment. J. Atmos. Terr. Phys. Jul. 1978 (INPE-982-PE).

- SOBRAL, J.H.A. Variações no Fluxo de Eletrons introduzidos nas Experiências de modificações da Ionosfera por meio de Ondas de Alta Frequência. Rev. Bras. de Física, 9:499-507, 1979. Set. 1979. (INPE-1035-PE).
- SOBRAL, J.H.A.; ZAMLUTTI, C.J. A Semi-Experimental Estimation of the Location of the F-Region Maximum Intensity Emission Layer. Dec. 1978 (INPE-1410-PE).
- SOBRAL, J.H.A.; ABDU, M.A.; BATISTA, I.S.; SAHAI, Y.; ZAMLUTTI, C.J. Perturbações na Termosfera Noturna e suas Velocidades de Fase no Centro da Anomalia Geomagnética Brasileira. In: XXXI Reunião Anual da SBPC, Fortaleza, 11-18 de Julho de 1979. Jul. 1979. (INPE-1531-RPE).
- SOBRAL, J.H.A.; ABDU, M.A.; BATISTA, I.S. Airglow Studies on the Ionosphere Dynamics over Low Latitude in Brazil. Planet. Space Science. Dec. 1979. (INPE-1644-RPE).
- SOBRAL, J.H.A.; ABDU, M.A.; ZAMLUTTI, C.J.; BATISTA, I.S. Association Between Plasma Bubble Irregularities and Airglow Disturbances over Brazilian Low Latitudes. Mai. 1980. (INPE-1748-RPE).
- SOBRAL, J.H.A.; ABDU, M.A.; BATISTA, I.S.; ZAMLUTTI, C.J. Wave Disturbances in the Low Latitude Ionosphere and Equatorial Ionospheric Plasma Depletions. In: XXXII Reunião Anual da SBPC, Rio de Janeiro, Julho de 1980. Jun. 1980. (INPE-1806-RPE).
- TAKAHASHI, H.; BATISTA, P.P. Simultaneous Measurements of OH(9,4), (8,3), (7,2), (6,2) and (5,1) Bands in the Airglow. Journal of Geophysical Research. Jun. 1980. (INPE-1801-RPE).
- TEIXEIRA, N.R. Boletim de Dados Geofísicos Número 1, Julho de 1978 - Junho de 1979. Out. 1979. (INPE-1593-NTI).

TRIVEDI, N.B.; KANE, R.P. Solar and Lunar Daily Variation at Low Latitudes During Quiet and Disturbed Days. J. Geomag. Geoelect. Mar. 1979. (INPE-1435-RPE).

TRIVEDI, N.B.; FOURNIER, H.; SOUZA, E.G.; PAULA, E.R.; COSTA, J.M. Magnetotelluric Measurements at Eusebio, an Equatorial Station. In: XXXI Reunião Anual da SBPC, Fortaleza, 11-18 de Julho de 1979. Jul. 1979. (INPE-1527-RPE).

CRONOGRAMA MESTRE DAS ATIVIDADES DO PROJETO PARA A FINEP

PROJETO: CIÊNCIA ESPACIAL

DATA:

CÓDIGO: 537/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.
<u>FÍSICA DA ALTA ATMOSFERA</u>								
1 - Previsão de observações e de medidas de:								
- perfil vertical de sódio	15 N*	12 N	12 N	15 N	12 N	12 N	12 N	15 N
- perfil vertical de aerossóis	15 N	12 N	12 N	15 N	12 N	12 N	12 N	15 N
- emissão de sódio em S.J.C.	20 N	12 N	12 N	20 N	20 N	12 N	12 N	20 N
- emissões mesoféricas	20 N	12 N	12 N	20 N	20 N	12 N	12 N	20 N
- emissões termosféricas	20 N	12 N	12 N	20 N	20 N	12 N	12 N	20 N
(a cada trimestre será apresentado o relatório das observações realizadas no trimestre n-2) (*N = Noites de Observação).								
2 - Equipamento para medir a temperatura de sódio na mesosfera:								
- construção								
- teste e calibração								
- operação e realização de medidas								
3 - Fotômetro de varredura meridional								
- projeto								

CONVENÇÃO: PREVISÃO INICIAL   
 REALIZADO   
 PREVISÃO ATUALIZADA 

CRONOGRAMA MESTRE DAS ATIVIDADES DO PROJETO PARA A FINEP

PROJETO: CIENCIA ESPACIAL

CÓDIGO: 537/CT

CNPq/INPE

DATA:

PRINCIPAIS EVENTOS/ATIVIDADES	1978			1979			1980		
	3º TRIM.	4º TRIM.	1º TRIM.	2º TRIM.	3º TRIM.	4º TRIM.	1º TRIM.	2º TRIM.	
- construção									
- teste e calibração									
- realização de medidas (relatórios sobre as observações no trimestre n-2)									
4 - Fotômetros multicanais com filtro indinável									
- projeto									
- construção									
- testes e calibração									
(relatórios sobre as observações no trimestre n-2)									
5 - Interferômetro tipo Fabri-Perot									
- estudo preliminar									

CONVENÇÃO:  PREVISÃO INICIAL  
 REALIZADO  
 PREVISÃO ATUALIZADA

CRONOGRAMA MESTRE DAS ATIVIDADES DO PROJETO PARA A FINEP

PROJETO: CIENCIA ESPACIAL CNPq/INPE  
 DATA: CÓDIGO: 537/CT

PRINCIPAIS EVENTOS/ATIVIDADES	1978		1979			1980	
	3º TRIM.	4º TRIM.	1º TRIM.	2º TRIM.	3º TRIM.	4º TRIM.	1º TRIM.
- projeto							
- construção							
- testes e calibração							
- (relatório sobre as observações no trimestre n-2)							
<u>FÍSICA DE PLASMAS</u>							
6 - máquina de Plasma Duplo							
- construção							
- montagem							
- teste de vedação							
- teste elétrico							
- determinação dos parâmetros característicos do plasma (densidade e temperatura dos elétrons).							

CONVENÇÃO: . PREVISÃO INICIAL   
 REALIZADO   
 PREVISÃO ATUALIZADA 

CRONOGRAMA MESTRE DAS ATIVIDADES DO PROJETO PARA A FINEP

CNPq/INPE

CÓDIGO: 537/CT

PROJETO: CIENCIA ESPACIAL

DATA:

PRINCIPAIS EVENTOS/ATIVIDADES	1978				1979				1980	
	3º TRIM.	4º TRIM.	1º TRIM.	2º TRIM.	3º TRIM.	4º TRIM.	1º TRIM.	2º TRIM.	3º TRIM.	4º TRIM.
- construção do sistema de diagnóstico por feixes de elétrons										
- definição da programação da experimentação (excitação e detecção de ondas ion-acústicas, produção de cavitons, etc.).										
- Realização de pesquisas, segundo a programação estabelecida.										
7 - Sistemas para pesquisas em Plasmas Magnetizados.										
- projeto										
- construção										
- montagem (indicadores de andamento a serem determinados durante o projeto).										
<u>GEOMAGNETISMO</u>										
8 - Previsão de realização de observações e de medidas:										
- no Eletrojato Equatorial										
- na Anomalia Magnética do Atlântico Sul (D* = jornadas diárias de 24 horas).										
9 - Equipamento de sondagem magneto-teiúricas.										

CONVENÇÃO: . PREVISÃO INICIAL

REALIZADO

PREVISÃO ATUALIZADA

CRONOGRAMA MESTRE DAS ATIVIDADES DO PROJETO PARA A FINEP

CNPq/INPE

CÓDIGO: 537/CT

PROJETO: CIENCIA ESPACIAL

DATA:

PRINCIPAIS EVENTOS/ATIVIDADES	1978			1979			1980	
	3º TRIM.	4º TRIM.	1º TRIM.	2º TRIM.	3º TRIM.	4º TRIM.	1º TRIM.	2º TRIM.
- projeto								
- construção								
- montagem								
- testes e cronograma de utilização								
- medidas segundo o cronograma estabelecido.								
10 - Detetores de raios X e raios γ atmosféricos								
- construção								
- montagem								
- teste								

CONVENÇÃO: . PREVISÃO INICIAL   
 REALIZADO   
 PREVISÃO ATUALIZADA 

CRONOGRAMA MESTRE DAS ATIVIDADES DO PROJETO PARA A FINEP

CNPq/ INPE

CÓDIGO: 537/CT

PROJETO: CIENCIA ESPACIAL

DATA:

PRINCIPAIS EVENTOS/ATIVIDADES	1978			1979			1980	
	3º TRIM.	4º TRIM.	1º TRIM.	2º TRIM.	3º TRIM.	4º TRIM.	1º TRIM.	2º TRIM.
11 - Realização de medidas de raios X e raios $\gamma$ , e partículas carregadas através de detectores instalados a bordo de balões estratosféricos.								
12 - Redução e análise de dados (a cada trimestre será apresentado o relatório do trimestre n-2)								
13 - Implantação do Banco de Dados Geomagnéticos. - definição do sistema - elaboração do programa de armazenamento e recuperação.								
- processamento e armazenamento dos dados já existentes no INPE (formato da Associação Internacional de Geomagnetismo e Aeronomia). - elaboração do Manual do Usuário.								
<u>IONOSFERA</u>								
14 - Observações Ionossonda (relatórios sobre as observações no trimestre n-2)	92 D	92 D	91 D	91 D	92 D	92 D	90 D	91 D

CONVENÇÃO: PREVISÃO INICIAL   
 REALIZADO   
 PREVISÃO ATUALIZADA 

CRONOGRAMA MESTRE DAS ATIVIDADES DO PROJETO PARA A FINEP

PROJETO: CIENCIA ESPACIAL

DATA:

CÓDIGO: 537/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.
15 - Instalação de riômetro em Cachoeira Paulista.								
16 - Compra de registradores e riômetros nacionais.								
17 - Compra de riômetros e registradores importados.								
18 - Instalação de um riômetro em Fortaleza.								
19 - Instalação de um riômetro em Gaspar-SC.								
20 - Compra de um receptor HF.								
21 - Instalação de um receptor HF em Cachoeira Paulista.								
22 - Compra e instalação de um oscilador padrão.								
23 - Compra de dados ionosféricos.								
24 - Medidas com os equipamentos instalados e análise dos dados (relatórios sobre as observações no trimestre n-2)								

CONVENÇÃO: . . PREVISÃO INICIAL 

REALIZADO 

PREVISÃO ATUALIZADA 

CRONOGRAMA MESTRE DAS ATIVIDADES DO PROJETO PARA A FINEP

PROJETO: CIENCIA ESPACIAL

DATA:

CÓDIGO: 537/CT

CNPq/INPE

PRINCIPAIS EVENTOS/ATIVIDADES	1978		1979			1980	
	3º TRIM.	4º TRIM.	1º TRIM.	2º TRIM.	3º TRIM.	4º TRIM.	1º TRIM.
<u>ASTROFISICA</u>							
25 - Compra de balões e materiais para construção de detectores de raios X e raios $\gamma$ , e partículas carregadas.							
26 - Construção dos detectores							
27 - Teste dos detectores							
28 - Realização de observações através de detectores instalados a bordo de balões.							
29 - Redução e análise dos dados. (a cada trimestre será apresentado o relatório do trimestre n-2)							

CONVENÇÃO: . PREVISÃO INICIAL

REALIZADO

PREVISÃO ATUALIZADA

