



PROSPEC

PROSPEC S.A. PROSPECÇÕES E AEROLEVANTAMENTOS

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA
DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL
CONVENIO DNPM - CPRM

PROJETO CARAJÁS

ÁREA II

RELATÓRIO FINAL

LEVANTAMENTO E PROCESSAMENTO DOS DADOS

FASE II

TEXTO

VOLUME I

196

CPRM - DIDOTE
ARQUIVO TÉCNICO
Relatório n.º 1996 - 5
N.º de Volumes: 2 V: 1
PHL - 010518

1 9 8 8



PROJETO CARAJÁS

RELATÓRIO DO LEVANTAMENTO E PROCESSAMENTO DOS DADOS

ÁREA II

ÍNDICE DOS VOLUMES

VOLUME I - LEVANTAMENTO E PROCESSAMENTO DOS DADOS

VOLUME II - ANEXOS

MAPAS DE CONTORNO DO CAMPO MAGNÉTICO RESIDUAL
E MAPAS DE CONTORNO DOS VALORES RADIOMÉTRICOS
DE CONTAGEM TOTAL

ESCALAS: 1:100.000 E 1:250.000



APRESENTAÇÃO

Em atendimento à Solicitação de Serviço DNPM/DGM/CPRM nº 014/86, de 12.05.86, foi celebrado, em 19.08.86, o Contrato de Serviço nº 058/PR/86 entre a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais-CPRM e a PROSPEC S.A. - Geologia, Prospecções e Aerofotogrametria com vistas ao levantamento e processamento dos dados aerogeofísicos de magnetometria e gamaespectrometria da área do Projeto Carajás (Área II), a qual situa-se no Estado do Pará e abrange uma superfície de cerca de 18.408 km².

Os produtos finais obtidos são apresentados sob a forma de mapas de contorno do campo magnético residual e de contorno dos valores radiométricos de contagem total, nas escalas 1:100.000 e 1:250.000, bem como um arquivo digital contendo todos os dados geofísicos envolvidos, após as correções efetuadas.

O Volume I descreve as etapas do levantamento e processamento dos dados e o Volume II constitui os anexos dos mencionados mapas de contorno magnético e radiométrico nas escalas de 1:100.000 e 1:250.000.



LEVANTAMENTO E PROCESSAMENTO
AEROGAMAESPECTROMÉTRICO E AEROMAGNETOMÉTRICO

PROJETO CARAJÁS

ÁREA II

RELATÓRIO FINAL

ÍNDICE DO TEXTO

	PÁG.
I. INTRODUÇÃO.....	7
II. LEVANTAMENTO AEROGEOFÍSICO.....	11
1. CARACTERÍSTICAS DO AEROLEVANTAMENTO.....	11
2. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.....	12
2.1 Aeronave.....	12
2.2 Aeromagnetômetro.....	12
2.3 Registrador Analógico de Dados Aeromagnéticos.....	12
2.4 Gamaespectrômetro.....	13
2.5 Registrador Analógico de Dados Gamaespectrométricos.....	13
2.6 Registrador Digital de Dados.....	14
2.7 Câmera Fotográfica.....	15
2.8 Radioaltímetro.....	15
2.9 Sistema de Navegação Doppler.....	16
2.10 Magnetômetro Terrestre.....	16
3. PLANEJAMENTO E MOBILIZAÇÃO.....	17
3.1 Elaboração do Projeto de Vôo.....	17
3.2 Preparação dos Mosaicos e Mapas de Vôo.....	18
3.3 Testes dos Equipamentos.....	18



	PÁG.
4. OPERAÇÕES DE VÔO.....	20
4.1 Rendimento das Operações de Vôo.....	23
5. COMPILAÇÃO DE DADOS.....	23
5.1 Preparação das Bases Planimétricas.....	24
5.2 Compilação dos Dados para Processamento.....	24
5.3 Verificação de Críticas das Fitas Magnéticas Originais de Vôo.....	25
5.4 Verificação das Listagens de Valores Espúrios ou Falta de Registros nas Fitas Magnéticas....	25
III. PROCESSAMENTO DE DADOS.....	26
1. FLUXO DE PROCESSAMENTO.....	26
2. MAGNETOMETRIA.....	29
2.1 Nivelamento Magnético.....	29
2.2 Determinação do Campo Magnético Residual.....	30
2.3 Mapeamento Magnético Automático.....	31
3. GAMAESPECTROMETRIA.....	33
3.1 Background.....	33
3.2 Correção de Altura.....	34
3.3 Correção de Espalhamento Compton.....	40
3.4 Linhas não Consideradas no Processamento.....	41
3.5 Cálculo das Razões.....	41
IV. PRODUTOS FINAIS.....	50
1. MAPAS NA ESCALA DE 1:100.000.....	50



	PÁG.
2. MAPAS NA ESCALA DE 1:250.000.....	50
3. DIVERSOS.....	51
V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
VI. ANEXOS.....	53



1. INTRODUÇÃO

O presente relatório descreve a execução e os resultados do levantamento e processamento aerogeofísicos realizados para a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, na Região de Tucuruí, no Estado do Pará, de acordo com o Contrato Nº 058/PR/86 assinado com a Prospec S.A. - Geologia, Prospecções e Aerofotogrametria em 19 de Agosto de 1986. Para o levantamento e processamento da Área II a Prospec S.A. subcontratou, após consulta e aprovação da CPRM através da carta nº 179/DICONT/87 de 06 de maio de 1987, a empresa LASA-Engenharia e Prospecções S.A.

A LASA, por estar com sua aeronave PT-KCF indisponível, solicitou à CPRM sua substituição pela aeronave PT-KRO, pertencente à ENCAL, tendo a CPRM concordado conforme a carta Nº 328/DICONT/87 de 03 de Agosto de 1987.

O levantamento aerogeofísico, relativo à Área II, envolveu a realização de um total de 10.480 quilômetros de perfis, correspondendo aproximadamente à cobertura de uma área de 18.408 quilômetros quadrados, no Estado do Pará, definida pelo polígono cujos vértices possuem as seguintes coordenadas geográficas:

VÉRTICE	LATITUDE S	LONGITUDE W Gr.
D	04º 00'	49º 30'
E	04º 00'	48º 00'
F	05º 00'	48º 00'
G	05º 00'	49º 30'

Para uma melhor visualização de posicionamento, apresentaremos a seguir, na Fig. I-1, um croqui de localização da área levantada, e em seguida, um croqui de articulação das folhas na escala de 1:100.000 (Fig. I-2) e outro na escala de 1:250.000 (Fig. I-3).

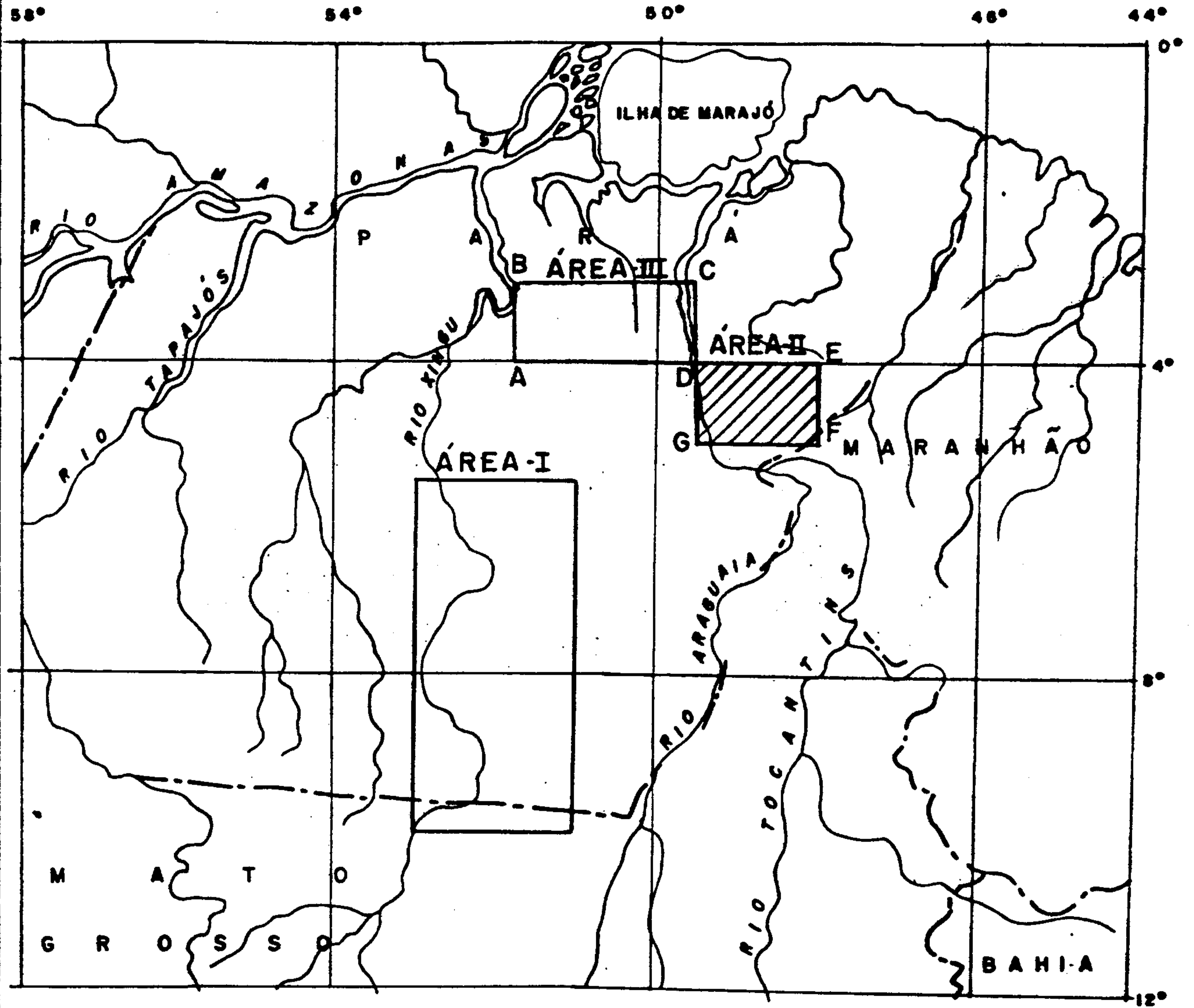


COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM

PROJETO AEROGEOFÍSICO CARAJÁS

MAPA DE LOCALIZAÇÃO

ÁREA - II



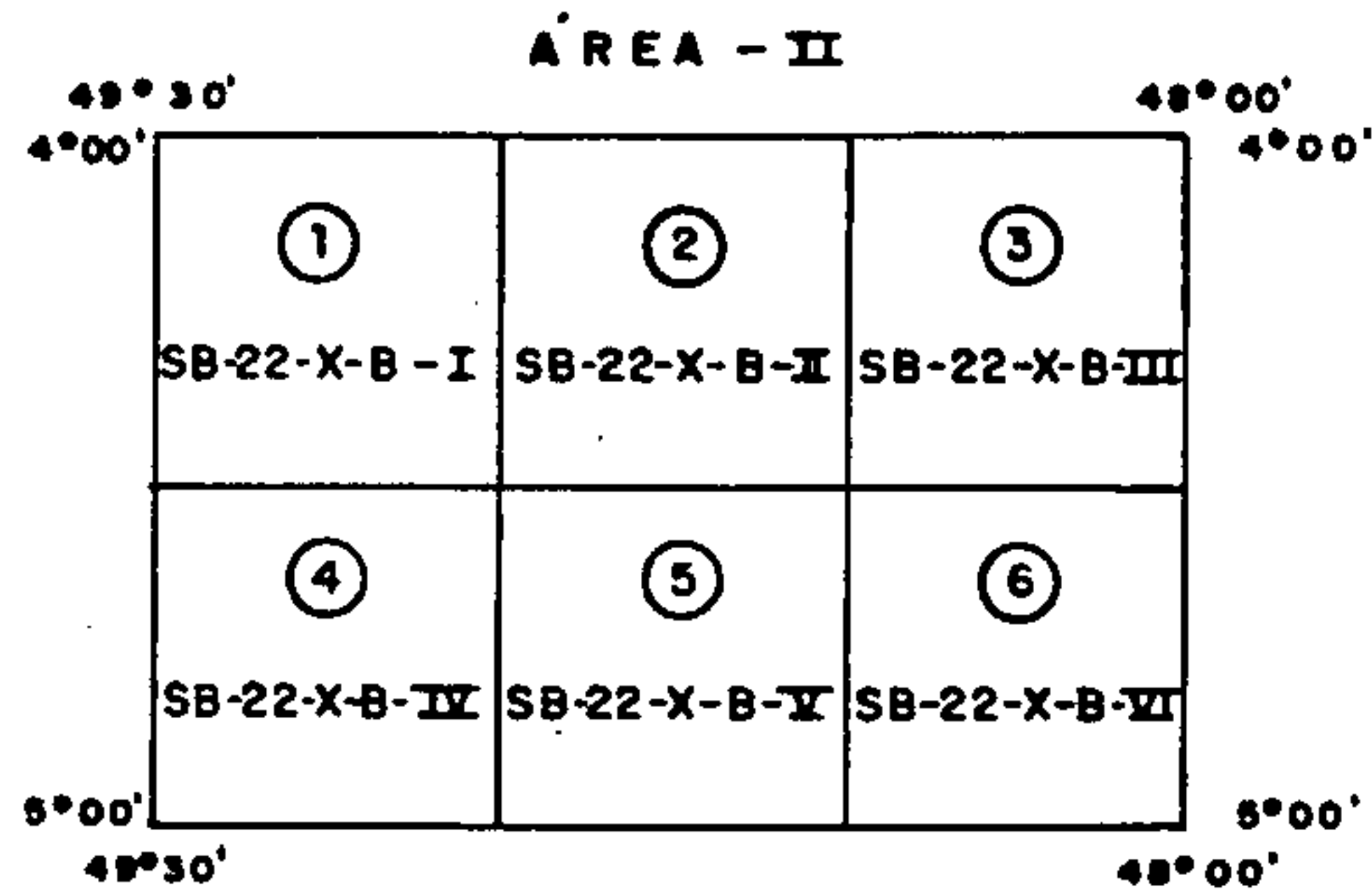
COORDENADAS GEOGRÁFICAS

VÉRTICE	LATITUDE	LONGITUDE
D	04° 00'	49° 30'
E	04° 00'	48° 00'
F	05° 00'	48° 00'
G	05° 00'	49° 30'



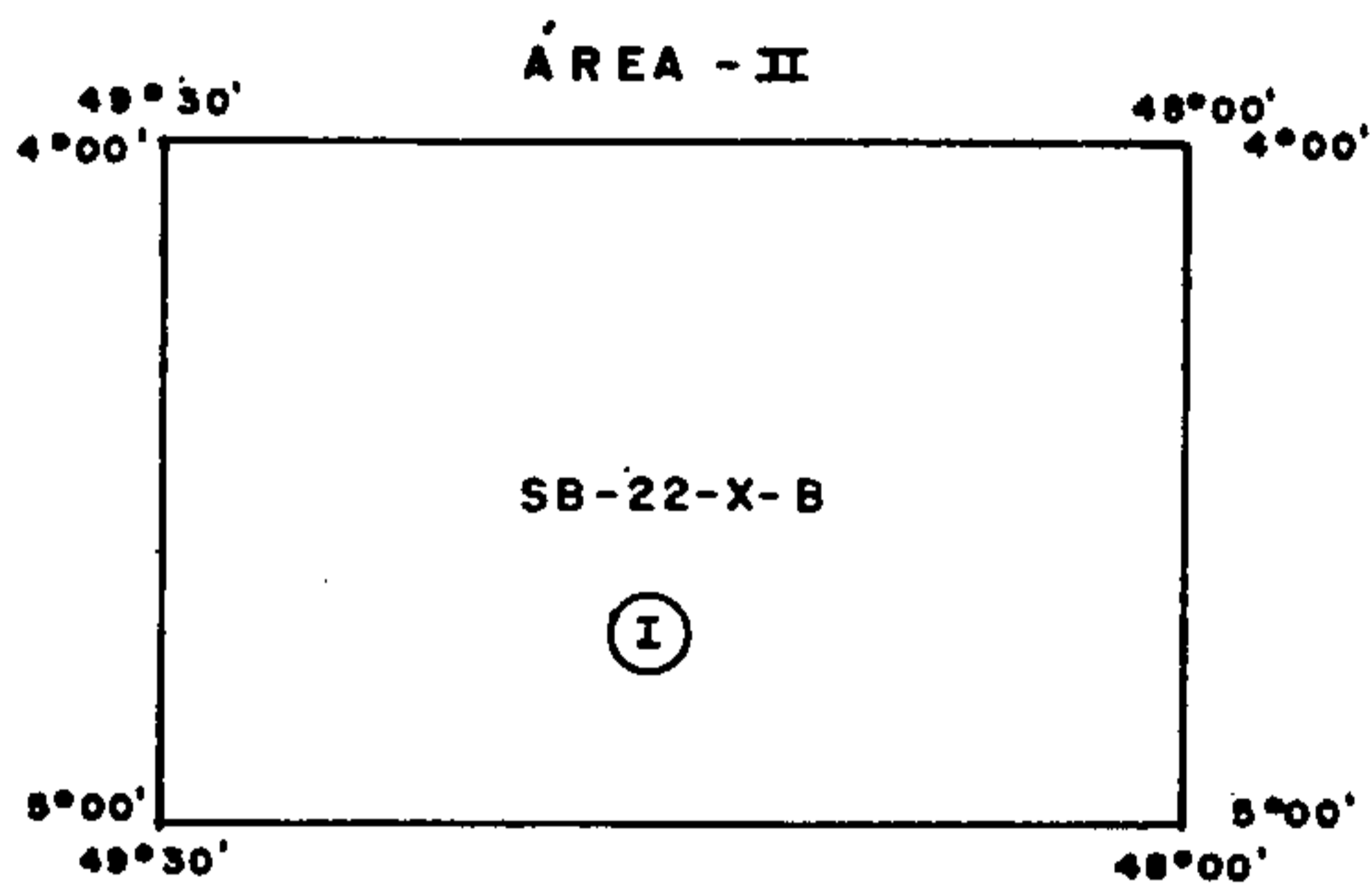
PROJETO
CARAJÁS

CROQUI DE ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS EM 1:100.000



PROJETO
CARAJÁS

CROQUI DE ARTICULAÇÃO DA FOLHA EM 1:250.000





II. LEVANTAMENTO AEROGEOFÍSICO

O levantamento aerogeofísico da Área II do Projeto Carajás constou da execução dos serviços de magnetometria e gamaespectrometria em uma região situada no Estado do Pará, tendo como base de operações de voo na primeira e segunda etapas a cidade de Tucuruí-PA e na terceira etapa a cidade de Marabá - PA.

A cobertura aerogeofísica foi realizada pela aeronave PT-KRO, pertencente à ENCAL - Consultoria e Aerolevantamentos S.A., na primeira e segunda etapas e pela aeronave PT-KCF, pertencente à LASA - Engenharia e Prospecções S.A., na terceira etapa.

Passaremos a descrever neste capítulo as especificações técnicas determinadas para a execução do Projeto, os equipamentos aerogeofísicos utilizados, os trabalhos desenvolvidos na fase de compilação e no capítulo III as técnicas de processamento dos dados aerogeofísicos.

1. CARACTERÍSTICAS DO AEROLEVANTAMENTO

Os parâmetros que nortearam a execução do aerolevante em pauta podem ser descritos resumidamente a seguir:

- Direção das linhas de voo: Norte-Sul
- Espaçamento entre linhas de voo: 2 km
- Direção das linhas de controle: Este-Oeste
- Espaçamento entre as linhas de controle: 20 km (médio)
- Intervalo entre medições geofísicas consecutivas: 60 m
- Altura média de voo: 150 m acompanhando a topografia do terreno
- Velocidade aproximada de voo: 180 km/h.
- Sistema de navegação "doppler" apoiado em navegação visual através de mapas de voo na escala de 1:100.000.
- Controle de navegação feito através da verificação por meio de filme obtido pela câmera de rastreamento.
- Volume dos cristais detetores: 1.024 polegadas cúbicas.



2. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

2.1 Aeronave

O levantamento aerogeofísico da Área II foi realizado pelas aeronaves Islander, prefixos PT-KRO e PT-KCF.

Trata-se de bimotor asa alta, equipado com dois motores Lycoming de 300 HP cada.

O voo geofísico foi realizado a uma velocidade média de 180 km/h.

2.2 Aeromagnetômetro

O instrumento utilizado no levantamento foi o magnetômetro de precessão Protônica Livre "Geometrics" modelo G-803. A sua precisão é de 1 nT para um tempo de amostragem média de 1 segundo, correspondente a 60 m de distância "doppler".

O magnetômetro possui um mostrador para leitura digital direta, saída da gravação digital e para registro analógico.

O sensor do aeromagnetômetro foi montado em configuração "Stinger", na cauda da aeronave.

2.3 Registrador Analógico de Dados Aeromagnéticos

Esta função é desempenhada por um registrador "Hewlett-Packard" modelo 7130A, de dois canais (um de alta sensibilidade com escala vertical de 4 nT por centímetro e outro, adequado para grandes variações dinâmicas, com escala vertical de 40 nT por centímetro), utilizando rolo de 25 cm com sistema de marcação de fiduciais e velocidade longitudinal de 10 cm/min.



2.4 Gamaespectrômetro

No levantamento gamaespectrométrico foi utilizado o equipamento Geometrics DIGRS-3001, acoplado aos sensores. O bloco de sensores foi formado por uma caixa de cristal de iodeto de sódio ativado a tálio (NaI-Tl), contendo um total de 1.024 polegadas cúbicas, modelo Geometrics DET. 1024.

Interfaceando o bloco de sensores com o DIGRS-3001 encontra-se um somador Geometrics GR-900. Este equipamento tem por finalidade estabilizar o nível dos sinais enviados pelas válvulas fotomultiplicadoras acopladas aos cristais (4 ao todo), amplificá-los e enviá-los ao DIGRS-3001.

O espectrômetro DIGRS-3001 decompõe o espectro da radiação gama em 4 canais: potássio, urânio, tório e contagem total. O equipamento fornece saídas em display de 3 caracteres BCD para cada grandeza T/C, K, Bi, Tl, com saídas digital e analógica, para registro, com tempo de integração ajustado em 1 segundo.

As faixas de energia do gamaespectrômetro estiveram ajustadas nos seguintes níveis:

Potássio	(K40)	1,36 à 1,56 MeV
Urânio	(Bi 214)	1,66 à 1,86 MeV
Tório	(Tl 208)	2,42 à 2,82 MeV
Contagem Total		0,40 à 2,82 MeV

2.5 Registrador Analógico de Dados Gamaespectrométricos

O registro analógico dos dados gamaespectrométricos foi efetuado por um registrador "Exploranium", modelo "Mars 6". Trata-se de um aparelho capaz de acomodar 6 canais e 2 marcadores de eventos, com pontas registradoras térmicas, podendo gravar simultaneamente os dados do altíme-



tro, do magnetômetro e dos 4 canais do gamaespectrômetro. A largura do registro de cada pista é de 50 mm. Possui, além disso, 2 marcadores de fiduciais e velocidades múltiplas de deslocamento do rolo. A velocidade adotada foi de 10 cm por minuto.

Foram adotadas as seguintes escalas verticais do registro:

R E G I S T R O S	E S C A L A
Canal de Contagem Total Teste de Solo Teste de Vôo	3.200 CPS/cm 800 CPS/cm
Canal de Urânio, Potássio e Tório Teste de Solo Teste em Vôo	160 CPS/cm 40 CPS/cm
Magnetômetro	200 nT/cm
Radioaltímetro	60 m/cm

A separação média no terreno entre medidas geofísicas consecutivas foi de 60 metros para dados magnéticos e radiométricos, correspondente a intervalos médio de medição de 1 segundo.

2.6 Registrador Digital de Dados

Os dados colhidos são enviados a uma unidade de aquisição Geocomp EA-100 e passados a um gravador Kennedy mod. 1600 de 7 trilhas, 200 BPI.

Estes aparelhos possuem chaves e teclados para uso do operador permitindo a introdução de dados fixos: nº de vôo e nº da linha, fiducial inicial e demais procedimentos de operação.



As funções convencionais de conversão análogo-digital, envio de fiduciais para a câmera de rastreio, varredura dos equipamentos etc, são executadas pelo Geocomp.

Os dados foram gravados na seguinte ordem:

Nº de voo e Nº de linha/versão.....	5	caracteres
Relógio.....	7	"
Magnetômetro.....	6	"
Fiducial.....	5	"
Contagem Total.....	5	"
Potássio.....	4	"
Urânio.....	4	"
Tório.....	4	"
Cross Track Doppler.....	4	"
Radioaltímetro.....	4	"
Altímetro Barométrico.....	4	"
Check Sum.....	2	"

2.7 Câmera Fotográfica

O posicionamento das linhas de voo e das fiduciais das medições geofísicas em relação ao terreno foi efetuado por meio de uma câmera de rastreamento Geocam 75-SF, dotada de mecanismo de sincronização de fiduciais e utilizando filmes negativos pancromáticos, preto e branco, de 35 mm.

2.8 Radioaltímetro

As aeronaves foram equipadas com radioaltímetro TRT-AHV 8, de modo a assegurar uma altura média sobre o solo de 150 metros o mais constante possível.

A percentagem de erro deste radioaltímetro varia entre uma média de 0,5 pés + 2% e um máximo de 1 pé + 5%. Esta precisão mantém



-se para oscilação em torno da linha de vôo até $\pm 50^\circ$ e para oscilação em torno do eixo transversal à linha de vôo até $\pm 35^\circ$

2.9 Sistema de Navegação "Doppler"

Como elemento auxiliar de navegação foi utilizado o sistema "Doppler" Singer modelo SKK-1000, composto dos módulos: TR/TX, Antena, Computador/Amplificador, Fonte de Alimentação, Controlador do Compasso, Controlador de Navegação, Indicador de "Ground Speed", Indicador de Giro, acoplados ao sistema Compasso Sperry C-12, composto de: Giros cópio, Flux Valve, Amplificador e Compensador.

O disparo do sistema aerogeofísico foi controlado pelo "Doppler", a fim de manter um distanciamento constante de 60 metros entre registros.

2.10 Magnetômetro Terrestre

Para controle diário das variações do campo magnético utilizou-se magnetômetro "Geometrics modelo G-826", com precisão de 1 nT.

Para o registro das variações magnéticas empregou-se um registrador "Hewlett-Packard", modelo HP-7155A, equipado com rolo de 12 cm, com cinco velocidades possíveis de operação.

Durante a execução dos vôos utilizou-se no registro gráfico a velocidade de 1 cm por minuto.



3. PLANEJAMENTO E MOBILIZAÇÃO

Para a execução do presente Projeto foram cumpridas as seguintes etapas de trabalho: Planejamento, Operações de Vão, Compilação de Dados, Processamento de Dados, Preparação e Apresentação dos Produtos Finais, as quais passaremos a descrever em detalhes a seguir.

Na fase de planejamento foram estabelecidas as diretrizes básicas para a execução de todas as etapas de operação tanto de campo como de escritório.

Durante o planejamento foram selecionadas dentre as possíveis bases de operações de campo, as que apresentassem as melhores condições de apoio logístico.

Desta maneira, foi escolhida como base de operações as cidades de Tucuruí e Marabá, pois além de possuírem pistas homologadas pelo DAC, eram as que ficavam situadas mais próximas da área levantada, evitando, com isso, os translados que outras bases de operações acarretariam.

A autorização de voo para as aeronaves PT-KCF e PT-KRO, referentes à execução do presente Projeto, foi concedida pelo EMFA no dia 22.05.87, sob o nº 095/87.

3.1 *Elaboração do Projeto de Voo*

Para uma perfeita cobertura aérea do Projeto Carajás - Área II, foram projetadas 86 linhas de voo com numeração de 126 a 211, crescente de oeste para leste, direção norte-sul e com intervalos regulares de 2 quilômetros. Foram projetadas também 6 linhas de controle com numeração de 900 a 905 crescente de sul para norte, direção este-oeste, a intervalos regulares de 20 km.



A seguir apresentamos as linhas cobertas pela aeronave PT-KRO (Etapas 1 e 2), e aeronave PT-KCF (Etapa 3).

1ª e 2ª ETAPAS: AERONAVE PT-KRO

Linhas de Vôo	126	a	193	-	7.480 km
Linhas de Controle	900	a	905	-	1.020 km

3ª ETAPA: AERONAVE PT-KCF

Linhas de Vôo	194	a	211	-	1.980 km
---------------	-----	---	-----	---	----------

A figura II-1 corresponde ao Projeto de Vôo Final.

3.2 *Preparação dos Mosaicos e Mapas de Vôo*

Os mapas de vôo foram conseguidos através de ampliações de imagens satélites Landsat (Thematic Mapper-TM), adquiridas junto ao Ministério da Ciência e Tecnologia - Instituto de Pesquisas Espaciais -MCT/INPE, e processadas na escala de 1:1.000.000, com correção geométrica completa da cena. Foram selecionadas imagens gravadas nos meses de julho de 1984, agosto de 1985 e junho de 1986.

Após a ampliação fotográfica dessas imagens de satélite, para a escala de 1:100.000, foram preparados os mapas de vôo com as linhas de vôo e de controle, para serem utilizadas na navegação aérea.

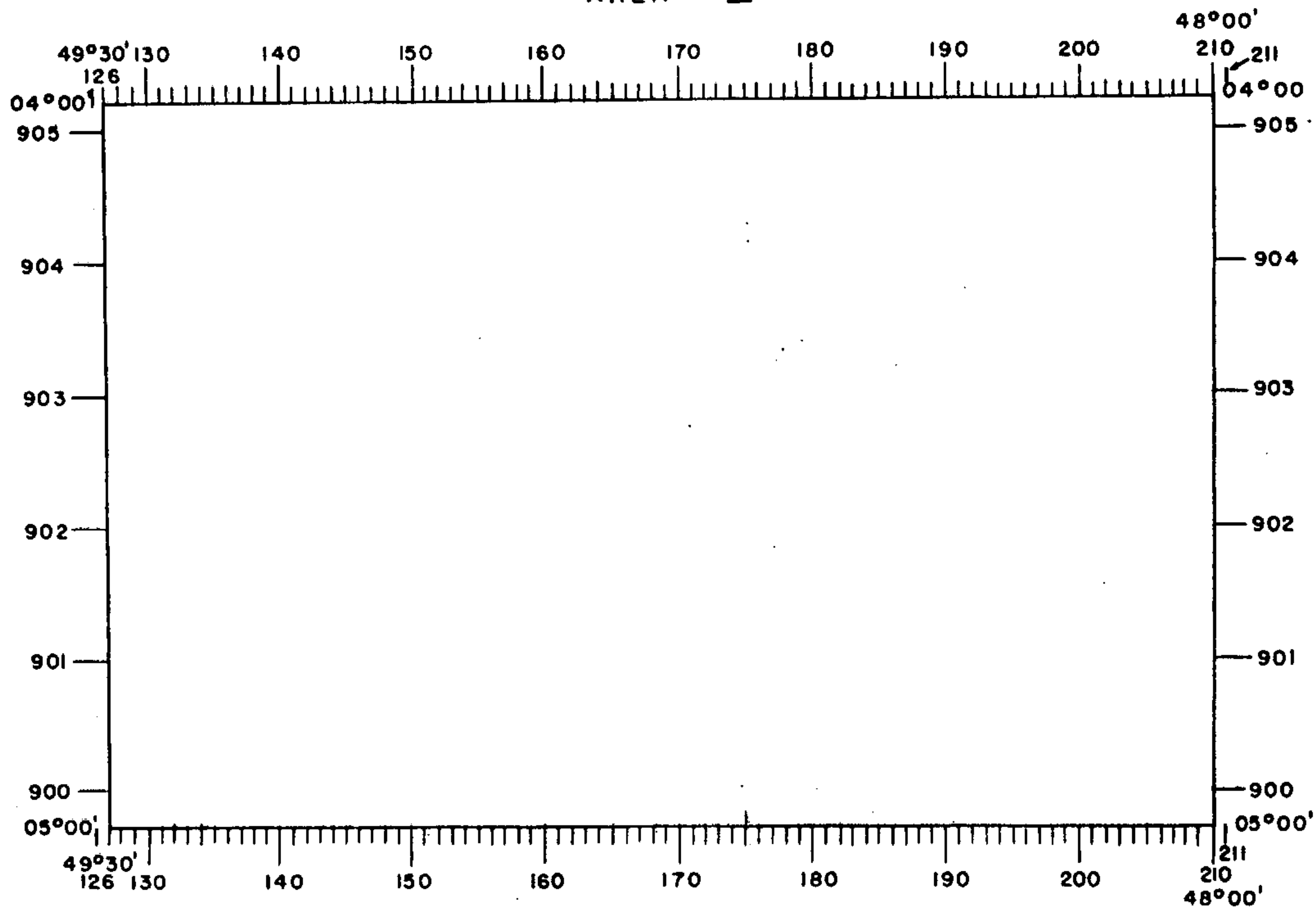
3.3 *Teste dos Equipamentos*

Durante a fase de Planejamento não foi necessário realizar os testes de calibração dos equipamentos aerogeofísicos pois estes equipamentos já haviam sido testados para a realização do Projeto Médio Tapajós para a CPRM.

Já os testes contratuais foram realizados normalmente nos arredores de Tucuruí (aeronave PT-KRO) e Marabá (aeronave PT-KCF).

PR-397-CARAJÁS
PROJETO DAS LINHAS DE VÔO

1:1.000.000
ÁREA - II



19.





4. OPERAÇÕES DE VOO

Os trabalhos relativos à Coleta de Dados da Área II foram realizados em 3 etapas:

Na 1ª etapa a aeronave PT-KRO se deslocou para a base de operações em Tucuruí no dia 23.07.87 e retornou à cidade do Rio de Janeiro no dia 15.08.87 para realizar os serviços de manutenção e execução de inspeção de 1.000 horas.

Na 2ª etapa a aeronave PT-KRO se deslocou para Tucuruí no dia 15.10.87 e retornou para o Rio de Janeiro no dia 15.11.87 devido a baixa produção realizada neste período (850 km), ocasionada por falta de visibilidade causada por constantes queimadas na região.

Na 3ª etapa, após entendimentos com a CPRM, a aeronave PT-KRO foi substituída pela aeronave PT-KCF que se deslocou para a base de operações em 24.08.88 e concluiu os trabalhos relativos a coleta de dados no dia 09.09.88.

A seguir apresentamos um resumo das três etapas com suas respectivas quilometragens.

<u>ETAPAS</u>	<u>PERÍODO</u>	<u>AERONAVE</u>	<u>BASE DE OPER.</u>	<u>KM</u>
1ª	23.07 a 15.08.87	PT-KRO	TUCURUI	7.180
2ª	15.10 a 15.11.87	PT-KRO	TUCURUI	850
3ª	24.08 a 09.09.88	PT-KCF	MARABÁ	<u>2.450</u>
			TOTAL	10.480



Nos períodos anteriores (1ª e 2ª etapas), o escritório de campo foi instalado na cidade de Tucuruí - PA. Na 3ª etapa optou-se por montar o escritório e a base de operações na cidade de Marabá-PA, pois desta maneira diminuiu-se consideravelmente a distância de traslado para a Área que faltava ser levantada.

Esta modificação de base só foi autorizada pela CPRM desde que se instalasse um magnetômetro de estação base no mesmo local que fora instalado em Tucuruí-PA, e que ficasse ligado durante um dia, das 07:00 às 18:00 hs sincronicamente a outro magnetômetro instalado em Marabá - PA, com a finalidade de relacionar os perfis aerogeofísicos levantados nesta etapa com os executados anteriormente. As bases simultâneas foram instaladas no final do aerolevanteamento no dia 12 de setembro de 1988.

Para fins de comparação de repetibilidade dos valores radiométricos e possíveis ajustes, foi necessário revoar um trecho de perfil, por ter ocorrido troca de aeronave (1ª e 2ª etapas - Aeronave PT-KRO, 3ª etapa - Aeronave PT-KCF). O perfil selecionado correspondeu à linha 138 entre as linhas de controle 905 e 904, sendo executado no dia 09 de setembro/88 no voo 20.

Participaram do Projeto os seguintes técnicos:

Engº Roberto de Souza Cunha - Coordenador Geral
José Divino F. Barbosa - Chefe de Equipe
Julio Cesar Gomes de Oliveira - Chefe de Equipe
Telmo José Ribeiro da Silva - Piloto
Paulo Rocco - Piloto
Fernando Lucas Lettré Filho - Navegador
Joaquim Meireles de A. Filho - Navegador



Esdras Garcia de Vasconcellos	- Navegador
Antonio Cesar da Fonseca	- Operador
Alexandre Tiesenhansen Rodrigues	- Operador
Luiz Alberto Mataruna Santos	- Operador
Reinaldo Pinho de Matos	- Eng ^o Eletrônico
Orlando Adão da Conceição	- Eletrônico
Elisario Ozias	- Mecânico
Juan Carlos Krost Lola	- Mecânico
José Carlos Cardoso Ramos	- Compilador
Gustavo Eugenio Libanotti	- Compilador
Carlos Alberto Lischt	- Compilador

Os vôos-teste de trevo e de manobras previstos no Contrato foram realizados no dia 25.07.87 e, após análise do supervisor técnico da CPRM, os mesmos foram aprovados.

Os vôos de produção foram iniciados no dia 27.07.87 (1ª etapa) e concluídos no dia 09.09.88 (3ª etapa). Para a cobertura aerogeofísica da área da obra foram voados 10.480 km realizados em 29 vôos produtivos.

Durante o período de operações aéreas do projeto, as aeronaves permaneceram:

29 dias em vôo de produção.
14 dias em execução de testes contratuais.
19 dias em traslado.

Os trabalhos da etapa de campo foram fiscalizados pelo geólogo da CPRM Jorge Armando Freitas do Amaral, sediado em Belém - PA, sob a supervisão técnica do Departamento de Prospecção (DEPRO) da CPRM no Escritório - Rio.



4.1 Rendimento das Operações de Voo

Os dados estatísticos mais relevantes e os quadros demonstrativos apresentados a seguir, permitem uma visualização do rendimento operacional durante a fase de execução dos vãos aerogeofísicos sobre a área do Projeto.

Período de Operação: 23.07.87 à 21.09.88

Quilometragem de produção voada:	13.399 km
Quilometragem de produção aprovada:	10.480 km
Quilometragem de revãos:	2.919 km
Tempo de operação:	90 dias
Total de dias com produção de vãos:	29 dias

Tomando-se apenas os dias produtivos, temos como média de produção diária cerca de 361,38 quilômetros.

As tabelas a seguir demonstram o progresso diário da aeronave nas operações de vãos, durante todo o período de operação (vide VI. Anexos).

5. COMPILAÇÃO DE DADOS

A compilação de dados do levantamento começou em paralelo às operações de vãos, constando da identificação e plotagem das fiduciais identificadas no filme de rastreamento com os perfis de vãos projetados nos mosaicos.

Esta etapa constou também da verificação, controle e preparação dos dados aerogeofísicos para as etapas posteriores do Processamento de Dados e Apresentação dos Produtos Finais.

As principais atividades da etapa de compilação de dados são resumidas a seguir.



5.1 *Preparação das Bases Planimétricas*

A Área II do Projeto Carajás é coberta por um total de 6 (seis) quadrículas na escala de 1:100.000 e 1 (uma) quadrícula na escala de 1:250.000.

Para se transformar o canto de coordenadas geográficas em coordenadas UTM, dessas quadrículas de 30' x 30', foi realizado o cálculo, em computador utilizando-se o Elipsóide Internacional SAD-69 (South America Datum), para o meridiano central de 51º WGR.

Estes cantos de 30' x 30' foram então plotados em folhas de cronaflex (Papel estável e transparente), com retículos de 8 x 8 cm.

A planimetria básica dos mapas finais a serem apresentados, na escala de 1:100.000, foi obtida através de ampliações, das mesmas imagens satélites utilizadas na elaboração dos mapas de voo.

Com estas ampliações foi montado um mosaico de toda a área e após o controle e verificação da escala, a drenagem principal e planimetria foram avivadas e reambuladas, utilizando-se, como apoio, as cartas do IBGE, na escala de 1:100.000, existentes na área.

Após a montagem das folhas de 30' x 30', em cronaflex, o conjunto foi colocado sobre este mosaico e depois dos ajustes os cantos em UTM foram transferidos para este mosaico, e só aí, então, as folhas de 1:100.000 marcadas neste mosaico, foram divididas nas seis quadrículas.

5.2 *Compilação dos Dados para Processamento*

Após a conclusão da fase anteriormente descrita, as fiduciais identificadas e plotadas nos mapas de voo foram transferidas, por imagem, para estes mosaicos, correspondentes à quadrícula de 30' x 30' na escala de 1:100.000.



A seguir, cada folha de cronaflex reticulada (transparente), foi superposta sobre cada mosaico correspondente já contendo as fiduciais identificadas posicionadas, sendo então transferidas para esta base que chamamos de manuscrito.

Os manuscritos então foram listados e codificados para, na fase de processamento de dados, serem digitalizados.

5.3 *Verificação das Críticas das Fitas Magnéticas Originais de Vão.*

Esta verificação constou do acompanhamento e controle de qualidade dos dados gravados durante a fase de vão.

5.4 *Verificação da Listagem de Valores Espúrios ou Falta de Registros nas Fitas Magnéticas.*

Os dados defeituosos verificados na fase de controle foram posteriormente listados, corrigidos, ou complementados.

Após a correção, foi obtida nova crítica por computador e verificado se as correções haviam sido introduzidas conforme previsto.

As duas últimas fases descritas então diretamente ligadas à fase de processamento e serão descritas mais detalhadamente a seguir.



III. PROCESSAMENTO DE DADOS

1. FLUXO DE PROCESSAMENTO

No processamento dos dados obtidos no aerolevanteamento utilizou-se o que denominamos Sistema Geofísico, sistema este constituído integralmente por programas desenvolvidos na LASA para aplicação em dados aerogeofísicos.

Na figura III.1 apresentamos o fluxograma de bloco de processamento, onde estão indicadas as diferentes etapas de trabalho, desde a conversão da fita original de voo até a preparação dos produtos finais.

Para a sistematização das operações efetuadas durante o processamento, podemos considerá-las divididas em seis fases distintas:

a) Fase 1 - Formação dos Arquivos de Dados Originais

Esta fase é iniciada com a conversão da fita magnética original obtida no voo, em caracteres, para outra de trabalho, de 9 trilhas e 800 BPI, compactada numericamente no "lay-out" já na fase dois, próprio do Sistema Geofísico.

A partir de críticas e "dumpings" dos blocos de dados defeituosos são detetados a maioria dos eventuais problemas de gravação da fita de voo, proporcionando os elementos necessários à sua correção ou até, nos piores casos, o revoo das linhas defeituosas.

b) Fase 2 - Formação do Arquivo Planimétrico

Paralelamente ao estágio anteriormente descrito, os manuscritos contendo o posicionamento das linhas de voo e de controle são digitalizados. Esses dados dão entrada no arquivo planimétrico,



após o que são determinadas as interseções entre as linhas de vôo e de controle. O arquivo resultante serve à introdução dos elementos planimétricos no registro aerogeofísico e também, para a plotagem planimétrica, ou seja, plotagem dos mapas de posicionamento das linhas de vôo com as respectivas fiduciais.

c) Fase 3 - *Processamento Magnetométrico*

Este estágio utiliza os dados na forma de saída da fase 1. O processamento é efetuado por ajuste das linhas ao nível geomagnético da estação magnética terrestre.

d) Fase 4 - *Processamento Gamaespectrométrico*

Nesta fase são procedidas as correções das contagens originais de radiação, em 3 etapas:

- Remoção da contribuição de radiação atmosférica ("Background"), através da subtração das medições feitas à maior altura (2.500 pés).

- Correção da atenuação de radiação provocada pelas pequenas variações da altura de vôo.

- Correção do efeito Compton nos cristais detetores, nos canais de potássio e urânio.

e) Fase 5 - *Processamento Gráfico*

Nesta fase, após as plotagens preliminares para controle de qualidade do andamento dos trabalhos, são realizadas as plotagens definitivas que originarão os produtos finais a serem entregues tais como:

- Mapas de contorno do campo magnético residual.

- Mapas de contorno dos valores radiométricos de contagem total.



f) Fase 6 - Arquivo Final de Processamento

Esta fase, consiste na conversão para caracteres da fita final de processamento, contendo os registros de acordo com o "lay-out" correspondente às figuras III.2.1 , III.2.2. e III.2.3.



2. MAGNETOMETRIA

2.1 Nivelamento Magnético

O procedimento de nivelamento magnético que passamos a descrever segue uma das sistemáticas reconhecidas internacionalmente e que estamos adotando já há alguns anos em diversos projetos realizados.

A intensidade do campo magnético terrestre varia não só durante o dia como de dia para dia. Portanto, ao serem determinadas as interseções das linhas de vôo com as linhas de controle (fase 2 do fluxo de processamento), no ponto de cruzamento observam-se valores magnéticos diferentes na linha de vôo e na linha de controle.

O primeiro passo no nivelamento magnético consiste em corrigir a variação magnética diurna nas linhas de controle, utilizando para esse fim a variação observada entre o valor calculado do IGRF e o registro de magnetômetro terrestre. As linhas de controle passam então a definir uma superfície de referência.

Após esta operação as linhas de vôo de produção ficam a níveis magnéticos diferentes sobre as linhas de controle, nos respectivos cruzamentos. São então calculadas as diferenças de valor magnético, em cada cruzamento, entre as linhas de vôo e as linhas de controle, diferenças essas que designamos por deltas. Além de diferença no cruzamento, que chamamos de delta central, são também calculadas todas as diferenças entre os dois registros imediatamente anteriores e posteriores ao central entre as linhas de vôo e as linhas de controle. Essas diferenças consituem uma matriz de 5 x 5 cujo elemento central é o delta central. A matriz de cruzamento define a natureza do relevo do campo magnético em redor do cruzamento onde se determinou o delta central.

O procedimento seguinte consiste em calcular a curva que melhor se ajuste aos valores dos deltas obtidos em cada vôo, isto é, en



tre uma decolagem e aterrissagem. A ordenada da curva é o valor em na noteslas dos deltas e a abcissa o tempo em horas. Esta curva é obtida através de uma sucessão de filtragens ponderadas dos deltas de cruzamento, tendo como peso o inverso da diferença máxima entre os 25 valores determinados de cada cruzamento, isto é, quanto mais suave for o campo magnético no ponto, maior será considerado o seu valor delta.

Além disso, a fim de reduzir mais ainda o efeito dos deltas eventualmente anormais, a filtragem é obtida por um processo iterativo, de modo a suavizar a forma da curva de correção. A prática tem demonstrado que os melhores resultados são obtidos com cerca de 10 iterações.

Os valores dos deltas determinados na forma que acabamos de descrever são, então, utilizados para corrigir os valores magnéticos das linhas de vôo nos cruzamentos. Para verificação dos resultados obtidos, ainda se efetua um cálculo residual das diferenças entre as linhas de vôo, já corrigidas, e linhas de controle, cujo resultado deve ser muito pequeno.

A análise comparativa dos valores magnéticos obtidos simultaneamente nas estações - base de Tucuruí e Marabá demonstrou não haver defasagem de tempo nos registros. Foi observada uma diferença média de 515 nT entre as estações. Estes dados foram considerados no procedimento de nivelamento magnético e como base de referência a estação magnética instalada na cidade de Tucuruí.

2.2 *Determinação do Campo Magnético Residual*

Para a remoção do campo magnético regional (IGRF) foi utilizada a subrotina FIELDG, publicada em maio de 1968 pelo National Space Science Data Center - NSSDC 68-11 (NASA), com dados tabelados de 1980, atualizado para a data média do aerolevanteamento (1988,13), na altitude média de vôo (300 m).

Para o cálculo do campo geomagnético de cada ponto medido utilizamos a parábola do segundo grau, do tipo:



$T \text{ (nT)} = A_{00} + A_{10} \Delta E + A_{01} \times \Delta N + A_{20} \Delta E^2 + A_{02} \times \Delta N^2 + A_{11} \Delta E \times \Delta N$
tendo como termo geral A_{ij} .

Os coeficientes (A_{ij}) foram obtidos por regressão linear, a partir de pontos calculados pelo IGRF, numa malha de 6 x 6 tendo como extremos as coordenadas UTM 9.565.00 N, 9.445.000 S, 840.000 E 660.000 W, para o meridiano central de 51º WRG resultando nos seguintes valores:

$$\begin{aligned} A_{00} &= 26.663,64 \\ A_{10} &= -0,5345343 \\ A_{01} &= 2,739824 \\ A_{20} &= 0,299013 \times 10^{-3} \\ A_{02} &= 0,578865 \times 10^{-3} \\ A_{11} &= -0,638611 \times 10^{-3} \\ \Delta E &= E - 740 \\ \Delta N &= N - 9.500 \end{aligned}$$

O campo magnético anômalo foi obtido pela equação $F_A = F_N - F$ onde F_N é o campo nivelado e F o IGRF.

A partir da subrotina FIELDG, também foi calculado o quadro a seguir para o ano de 1988,13 na altitude média de voo 300 m, para o centro de cada folha.

2.3 Mapeamento Magnético Automático

A partir dos dados magnéticos residuais, devidamente filtrados e assim espaçados de uma distância média de 1000 m, foi processado o reticulado regular.

No processamento do mapeamento do campo magnético residual foi utilizado o seguinte critério, por etapas:

- Redução dos dados residuais a 1/16, ao longo das linhas de voo, através de um filtro de Gauss, resultando num espaçamento de aproximadamente 1000 m, entre os pontos de cada linha.



- Geração de um reticulado regular quadrático com 1000 m por unidade, interpolados através de "Spline" ponderada, sobre os pontos filtrados.
- Geração das curvas de isovalor, através da interpolação, também por "Splien" ponderada, sobre o reticulado regular e plotagem em Plotter de Pena.

FOLHAS NA ESCALA 1:100.000

FOLHA	LATTITUDE (S)	LONGITUDE (W)	DECLINAÇÃO MAGNÉTICA (W)	VAR. ANUAL (+)	INCLINAÇÃO MAGNÉTICA (-)	VAR. ANAUL (+)	CAMPO TOTAL (nT)	VAR. ANUAL (-) (nT)
1	4915'00"	49915'00"	18941'02"	10'11"	4925'33"	19'56"	26.772,4	50,70
2	4915'00"	48945'00"	18954'54"	10'11"	3953'11"	19'56"	26.740,6	50,70
3	4915'00"	48915'00"	19908'16"	10'11"	3920'25"	19'56"	26.710,6	50,70
4	4945'00"	49915'00"	18940'39"	10'11"	3932'55"	19'56"	26.619,2	50,70
5	4945'00"	48945'00"	18954'45"	10'11"	3900'31"	19'56"	26.589,4	50,70
6	4945'00"	48945'00"	19908'20"	10'11"	2927'43"	19,56"	26.561,3	50,70

FOLHA NA ESCALA 1:250.000

FOLHA	LATTITUDE (S)	LONGITUDE (W)	DECLINAÇÃO MAGNÉTICA (W)	VAR. ANUAL (+)	INCLINAÇÃO MAGNÉTICA (-)	VAR. ANUAL (+)	CAMPO TOTAL (nT)	VAR. ANUAL (-) (nT)
I	4930'00"	48945'00"	18954'50"	10'11"	3926'52"	19'56"	26.664,5	50,70



3. GAMAESPECTROMETRIA

O levantamento aerogamaespectrométrico tem por objetivo o mapeamento de níveis radiométricos das diferentes unidades geológicas. Para tal torna-se necessário eliminar dos registros as interferências e contribuições de outros fatores que possam introduzir distorções nos resultados. Para os equipamentos utilizados, os efeitos susceptíveis de correção limitam-se à eliminação da radiação atmosférica ("Background"), da interferência proveniente do espalhamento Compton nos cristais detétores e das distorções resultantes da variação de altura de vôo. A seguir descrevemos as técnicas utilizadas para correção destes efeitos.

3.1 "Background"

No cálculo do nível de radiação atmosférica foram usados os resultados das médias de medições nos quatro canais obtidos diariamente em vôos-testes à altura de 2.500 pés, realizados no princípio e no fim das operações.

MÉDIA DE "BACKGROUND" EM CADA VÔO

1ª ETAPA

VÔO	C.TOTAL	POTÁSSIO	URÂNIO	TÓRIO	VÔO	C.TOTAL	POTÁSSIO	URÂNIO	TÓRIO
02	284	17	14	8	15	287	19	15	9
04	297	21	16	9	16	266	19	14	9
05	291	23	16	8	17	278	19	15	9
06	272	20	16	8	20	274	19	15	8
08	275	22	15	8	24	267	16	14	7
09	271	18	14	8	26	278	18	14	8
10	290	19	16	9	27	278	17	15	7
11	279	19	15	8	28	269	18	15	7
13	280	19	15	9	29	259	18	12	7
14	268	20	14	8	30	290	17	15	7



2ª ETAPA

VÔO	C. TOTAL	POTÁSSIO	URÂNIO	TÓRIO	VÔO	C. TOTAL	POTÁSSIO	URÂNIO	TÓRIO
107	258	15	13	6	115	256	16	12	6
109	255	15	12	6	117	243	15	12	6
112	251	20	12	6	127	244	15	12	6
113	248	15	12	6	128	236	14	11	6

3ª ETAPA

VÔO	C. TOTAL	POTÁSSIO	URÂNIO	TÓRIO	VÔO	C. TOTAL	POTÁSSIO	URÂNIO	TÓRIO
206	237	13	11	10	213	249	14	12	10
207	260	14	13	10	214	285	15	15	10
208	256	14	13	10	215	260	14	13	10
209	258	14	13	10	216	253	14	13	10
211	268	15	13	10	219	258	14	13	10
212	272	15	14	10	220	269	14	12	8

3.2 Correção de Altura

a) Modelos de Atenuação

Idealmente, o voo gamaespectrométrico deve ser efetuado a altura constante sobre o solo. Evitam-se, desse modo, as oscilações de contagens radiométricas relacionadas com as variações no afastamento das fontes de radiação no terreno. Tais oscilações marcaram as contagens provenientes de maior ou menor concentração de rádio-elemento nas rochas. Como geralmente as condições topográficas não o permitem, torna-se necessário determinar a correção de altura de forma a uniformizar os dados gamaespectrométricos como se fossem todos originados em fontes a distância constante do detetor.



A geometria mais simples para o cálculo de atenuação de raios gama no ar seria o modelo de fonte pontual. Não tem, no entanto, aplicação prática, não só por se afastar demasiadamente das situações geológicas, como também pelos problemas relacionados com a necessidade de se conhecer a posição da concentração pontual.

Um modelo mais concordante com a distribuição geológica de radioelementos seria a superfície circular. Variando o diâmetro desta fonte, pode-se formar uma idéia da atenuação em função da altura, ângulo de resposta de cristais e dimensão da área radiante. No entanto, para evitar cálculos árduos, é preciso, neste caso, supor que durante o tempo de integração, o sensor permanece parado no ápice do centro da fonte circular.

DARNLEY (1970) apresenta uma solução deste problema, considerando que cada elemento da superfície radiante pode ser considerado como uma pequena esfera emitindo com a mesma intensidade em todas as direções. Assim se dN for a densidade de radiação à distância R do elemento de superfície ds com densidade de radiação superficial N_0 , ter-se-ia, admitindo que a eficiência do detetor é de 100%:

$$dN = N_0 \frac{e^{-\mu R}}{4\pi R^2}$$

onde μ é o coeficiente de atenuação.

No caso do sensor parado à altura h no ápice do centro de uma fonte circular de raio r , obtém-se:

$$N = \frac{N_0}{2} \int_h^{\sqrt{h^2 + r^2}} \frac{e^{-\mu R}}{R} dR$$
$$N = \frac{N_0}{2} \left[E_1(\mu h) - E_2\left(\mu \sqrt{h^2 + r^2}\right) \right]$$



onde E_1 é a integral exponencial de ordem 1.

Esta expressão apresenta um grave inconveniente, pelo fato de N ser infinito para h nulo, quando na realidade devia ser então igual a N_0 . Acredita-se que esta discrepância é relacionada com a hipótese original, considerando o elemento da superfície radiante como sendo uma esfera.

Se for considerado que o elemento da superfície radiante não é uma esfera mas um disco, a densidade de radiação no ponto P , localizado à distância R do elemento de superfície ds , vai ser proporcional ao ângulo sólido $d\Omega$ sob o qual o elemento de superfície é visto do ponto P :

$$dN = N_0 \frac{d\Omega}{2\pi} e^{-\mu R}$$

No caso do sensor parado à altura h no ápice do centro de uma fonte circular de raio r , obtém-se:

$$N = N_0 h \int_h^{\sqrt{h^2 + r^2}} \frac{e^{-\mu R}}{R^2} dR$$

Praticando uma integração por partes, obtém-se:

$$\frac{N}{N_0} = e^{-\mu h} - \frac{h}{\sqrt{h^2 + r^2}} e^{-\mu \sqrt{h^2 + r^2}} + \mu h \left[E_1(\mu \sqrt{h^2 + r^2}) - E_1(\mu h) \right]$$

Quando h tende para 0, o primeiro termo do membro da direita tende para 1, enquanto os outros termos tendem para zero. Deste modo, N tende para N_0 , conforme era esperado.

No gráfico da figura III-3 foram representadas, sobre papel monologarítmico as curvas de N/N_0 em função de h variando de 0 a 1.200 pés, para diversos raios da fonte circular, desde 30 pés (fonte praticamente pontual) até 10.000 pés (fonte praticamente infinita).



O valor de μ utilizado é $1,5 \times 10^{-3} \text{ ft}^{-1}$. Foi representada também a curva da função $N/N_0 = e^{-\mu h}$, que corresponde à fórmula de correção de altura até agora utilizada, e é na realidade uma reta por causa da escala logarítmica das ordenadas. Por comodidade esta última função será chamada daqui em diante de "exponencial simples".

Constata-se que a curva de N/N_0 para $r = 10.000$ pés, que corresponde a um fonte planar praticamente infinita, não coincide com a curva da exponencial simples. Tal discrepância poderia levar a pensar que a fórmula usada para calcular as curvas está errada ou então que a exponencial simples não corresponde exatamente ao caso de uma fonte planar infinita. Este problema, no entanto, pode ser resolvido de maneira simples, se for admitido que um cristal não focalizado ou colimado possui um ângulo de 90° a partir do seu centro, sob o qual pode receber qualquer radiação eletromagnética; esse ângulo sólido teria como bissetriz a vertical traçada a partir do plano do detetor. A área total examinada seria portanto um círculo de diâmetro igual a duas vezes a altura de vôo (BARRETTO, 1969). No caso de uma fonte planar infinita, a densidade da radiação superficial N_0 dentro do círculo analisado vai ser constante, e a lei da atenuação em função da altura vai obedecer à fórmula:

$$\frac{N}{N_0} = e^{-\mu h} - \frac{e^{-\mu h \sqrt{2}}}{\sqrt{2}} + \mu h \left[E_1(\mu h \sqrt{2}) - E_1(\mu h) \right]$$

Em papel semi-logarítmico, a curva representativa desta função (curva $r = h$) é aproximadamente uma reta paralela à reta representativa da exponencial simples. Isto significa que a aplicação da fórmula exponencial simples para a correção de altura equivale a supor que dentro da área "vista" pelo sensor, equivalente a um círculo de raio igual à altura de vôo, as radiações são distribuídas de maneira homogênea. Não se deve esquecer, todavia, que o N_0 obtido por extrapolação com a fórmula exponencial simples é aproximadamente igual à 30% do N_0 verdadeiro. Isto se constata pondo $h = 0$ na fórmula acima,



o que tem por resultado:

$$\frac{N}{N_0} = 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0,293$$

b) *Correção de Altura*

Pelas razões que acabamos de enunciar resumidamente, foi utilizada neste Projeto a correção de altura em termos de uma exponencial simples. Como o que se quer determinar não é a radiação que seria registrada no chão (N_0) mas aquela que seria registrada na altura de 150 metros (N_{150}), a fórmula usada passa a ser a seguinte:

$$N_{150} = N e^{-\mu(h-150)}$$

onde N é a radiação registrada no gamaespectrômetro na altura h e o coeficiente de atenuação para hipótese exponencial simples, expresso em m^{-1} . Note-se que a contagem N corresponde à radiação medida menos o "background".

Para determinação dos coeficientes das diversas radiações registradas, é voada uma linha a diversas alturas entre 60 e 270 metros.

As atenuações das médias dos valores dos quatro canais, nas passadas da aeronave a sucessivas alturas, são plotadas em reticulado monologarítmico (Fig. III-4 e III-5) para se obter uma idéia gráfica da posição das retas de atenuação. O cálculo destas retas é realizado pelo método da regressão linear.

Ao analisarmos as figuras III-4 e III-5 pode-se facilmente constatar que a passagem realizada a 70 metros de altura não se alinha com as demais, o que indica não ter sido realizada exatamente sobre o mesmo trecho. Em face disto, resolvemos eliminá-la do cálculo dos coeficientes.



Desta maneira, os coeficientes de atenuação obtidos por este método foram:

COEFICIENTES:

$$\text{Contagem Total } C_T = -7,49 \times 10^{-3} \text{ m}^{-1}$$

$$\text{Potássio } K = -7,57 \times 10^{-3} \text{ m}^{-1}$$

$$\text{Urânio } U = -5,97 \times 10^{-3} \text{ m}^{-1}$$

$$\text{Tório } Th = -6,00 \times 10^{-3} \text{ m}^{-1}$$

A tabela a seguir resultou da aplicação dos coeficientes de atenuação aplicados sobre as médias de altura e contagem original obtidos em cada passagem de voo.

A análise desta tabela nos permite verificar que os coeficientes de atenuação calculados introduzem a correção de altura desejada, no caso, 150 m.

Aplicação dos coeficientes de atenuação obtidos no teste com passagens a várias alturas (voo 220)

ALTURA (m)	C. T O T A L (CPS)		POTÁSSIO (CPS)		URÂNIO (CPS)		T Ó R I O (CPS)	
	ORIG.	CORRIG.	ORIG.	CORRIG.	ORIG.	CORRIG.	ORIG.	CORRIG.
90	646	413	40	26	30	21	31	22
119	504	400	31	25	23	19	24	20
149	385	382	24	24	20	20	19	19
182	309	393	19	24	16	20	16	20
209	254	396	16	25	13	19	14	20
228	223	400	15	28	12	20	12	20
263	175	409	10	24	11	22	11	22

OBS.: Os valores de altura e contagem original foram obtidos da média em cada passagem de voo.



3.3 Correção do Espalhamento Compton

A correção Compton destina-se a eliminar do registro radiométrico dos canais do urânio e potássio, a contribuição proveniente da radiação gama originada em colisões de partículas de níveis mais energéticos do que aqueles que se pretendem medir. A correção refere-se, portanto, ao espalhamento havido no cristal do detetor gamaespectrométrico.

Para um sistema de fonte, geometria e volume constante, a correção pode ser expressa pelas seguintes equações:

$$\begin{aligned}U \text{ corr.} &= U - \alpha Th \\K \text{ corr.} &= K - \beta Th - \gamma.U \text{ corr.}\end{aligned}$$

Nestas expressões U, K e Th são os valores observados de radiação gama nesses canais, já subtraídos dos respectivos "back-ground", ou seja,

$$\begin{aligned}Th &= Th \text{ (lido)} - Th \text{ (BG)} \\U &= U \text{ (lido)} - U \text{ (BG)} \\K &= K \text{ (lido)} - K \text{ (BG)}\end{aligned}$$

Os coeficientes de espalhamento Compton obtidos dependem da natureza da fonte de radiação, da geometria do sistema e do volume do cristal. Utilizando fontes que aproximam a radiação uniforme de um plano infinito (que corresponde às condições predominantes no vôo gamaespectrométrico) e mantendo a geometria constante, torna-se possível determinar um conjunto de curvas representando os coeficientes de espalhamento em função do volume do cristal, conforme fig. III.6.

Para o sistema de detecção usado no presente projeto, com volumes de cristal igual a 1024 polegadas cúbicas, os coeficientes são respectivamente:



$$\alpha = 0,365,$$

$$\beta = 0,50 ,$$

$$\gamma = 0,77$$

O instrumento utilizado, o gamaespectrômetro Exploranium, modelo DIGRS 3001, possui um circuito analógico permitindo a introdução automática de uma correção Compton aproximada. A calibração desse circuito analógico é efetuada com fontes pontuais.

Durante o projeto aplicou-se a correção Compton automática apenas ao registro analógico; o registro digital foi gravado sem correção, sendo esta introduzida durante o processamento seguindo o método acima descrito.

Nos casos onde as correções Compton e as correções de B.G. resultaram valores negativos, consideramos o valor do campo corrigido igual a zero.

3.4 *Linhas não Consideradas no Processamento*

Durante a fase de nivelamento e plotagem das curvas de isovalores, algumas linhas voadas foram desconsideradas do processamento em face dos dados geofísicos nestes trechos não estarem compatíveis com os das linhas contíguas. A seguir apresentamos a relação dessas linhas.

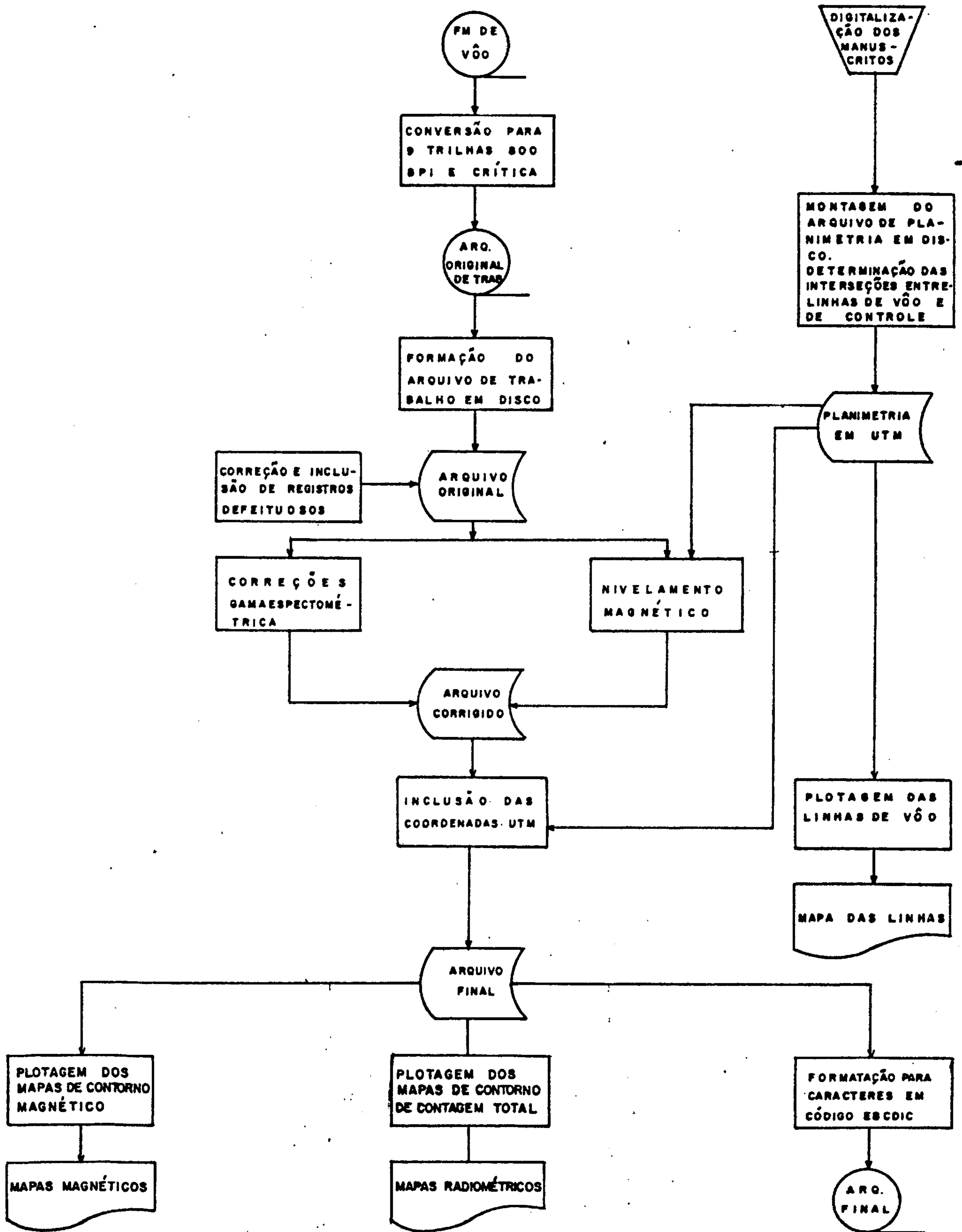
LINHA	VÔO	FIDUCIAL	A	FIDUCIAL
131	216	2.545		3.539
135	216	3.665		4.251
135	220	3.528		4.186
138	220	2.785		3.471
174	029	9.244		9.800

3.5 *Cálculo das Razões*

As razões U/K, U/Th e Th/K foram gravadas nas fitas magnéticas finais, com duas casas decimais.

No caso em que o valor do campo era zero no denominador da fração o critério usado foi torná-lo um (1). Desta forma o valor máximo da razão é o próprio valor do numerador.

FLUXO DE PROCESSAMENTO



LAY - OUT
DE
ARQUIVOS

NOME
PROJETO CARAJÁS - ÁREA - II

CÓDIGO
EBCDIC

RESIDÊNCIA
FITA DE PAPEL CARTÃO FITA MAG. DISCO OUTROS

TIPO REG.
1

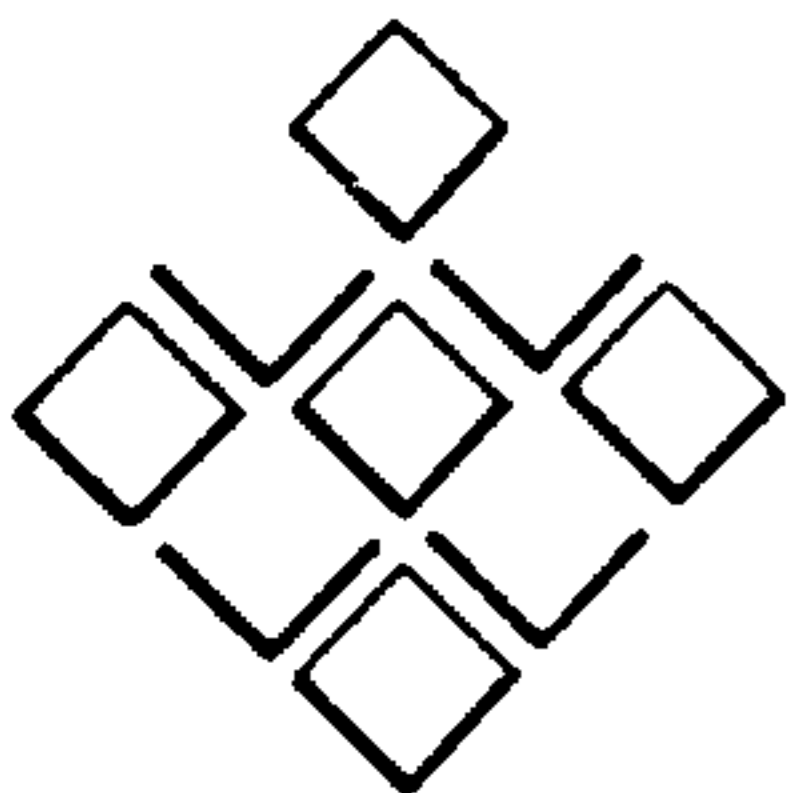
OBSERVAÇÕES
REGISTRO MESTRE DE PERFIL

PÁGINA
1/3

FATOR BLOCO
100

TAMANHO
160

TIPO	PERFIL	AZIMUTE NOMI- NAL			DATA			FIDUCIAL INICIAL			HORA INI- CIAL			FIDUCIAL FINAL			HORA FINAL			TOTAL DE FIDUCIAIS NA LINHA																						
		NUM. DO VOO	VERSÃO DA LINHA	DIA	MÊS	ANO	HORA	MIN	SEG	HORA	MIN	SEG	HORA	MIN	SEG	HORA	MIN	SEG																								
1	1	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
DISPONÍVEL																																										
43																																										
DISPONÍVEL																																										
FIG-III.2.1																																										



LAY - OUT
DE
ARQUIVOS

NOME
PROJETO CARAJÁS - ÁREA - II.

CÓDIGO
EBCDIC

RESIDÊNCIA
FITA DE PAPEL CARTÃO FITA MAG. DISCO OUTROS

TIPO REG.
CARACTER

OBSERVAÇÕES
LAY OUT DA FITA DE ARQUIVO FINAL

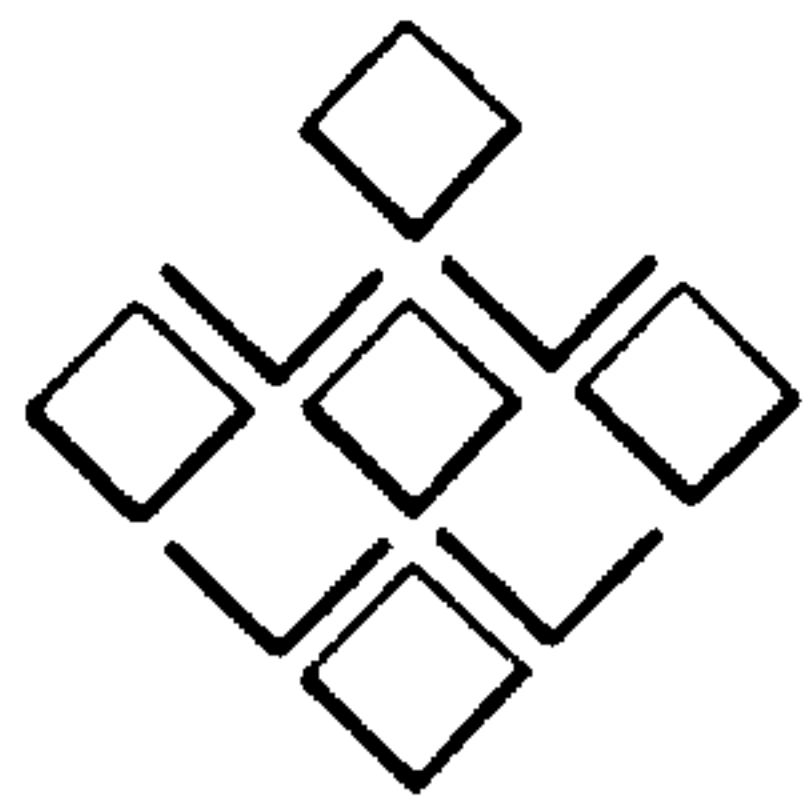
PÁGINA
2/3

FATOR BLOCO
100

TAMANHO
160

NÚMERO DA LINHA DE VÔO		TEMPO			NÚMERO DA FIDUCIAL		ALTURA DE VÔO		COORDENADAS																																								
		HORA	MIN.	SEG.					ESTE																																								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
DADOS DE ESPECTROMETRIA											DADOS DE ESPECTROMETRIA																																						
INTENSIDADE DO CAMPO MAGNÉTICO											RAZÕES																																						
UTM											44.																																						
NORTE											RIO RIGIDO																																						
TOTAL BRUTO											POTÁSSIO BRUTO																																						
RESIDUAL NIVELADO											POTÁSSIO CORRIGIDO																																						
CONTAGEM TOTAL BRUTA											URÂNIO BRUTO																																						
CONTAGEM TOTAL CORRIGIDA											URÂNIO CORRIGIDO																																						
TÓRIO BRUTO											U/Th																																						
TÓRIO CORRIGIDO											U/K																																						
51											101																																						
52											102																																						
53											103																																						
54											104																																						
55											105																																						
56											106																																						
57											107																																						
58											108																																						
59											109																																						
60											110																																						
61											111																																						
62											112																																						
63											113																																						
64											114																																						
65											115																																						
66											116																																						
67											117																																						
68											118																																						
69											119																																						
70											120																																						
71											121																																						
72											122																																						
73											123																																						
74											124																																						
75											125																																						
76											126																																						
77											127																																						
78											128																																						
79											129																																						
80											130																																						
81											131																																						
82											132																																						
83											133																																						
84											134																																						
85											135																																						
86											136																																						
87											137																																						
88											138																																						
89											139																																						
90											140																																						
91											141																																						
92											142																																						
93											143																																						
94											144																																						
95											145																																						
96											146																																						
97											147																																						
98											148																																						
99											149																																						
100											150																																						
101											151																																						
102											152																																						
103											153																																						
104											154																																						
105											155																																						
106											156																																						
107											157																																						
108											158																																						
109											159																																						
110											160																																						
111											161																																						
112											162																																						
113											163																																						
114											164																																						
115											165																																						
116											166																																						
117											167																																						
118											168																																						
119											169																																						
120											170																																						
121											171																																						
122											172																																						
123											173																																						
124											174																																						
125											175																																						
126											176																																						
127											177																																						
128											178																																						
129											179																																						
130											180																																						
131											181																																						
132											182																																						
133											183																																						
134											184																																						
135											185																																						
136											186																																						
137											187																																						
138											188																																						
139											189																																						
140											190																																						
141											191																																						
142											192																																						
143											193																																						
144											194																																						
145											195																																						
146											196																																						
147											197																																						
148											198																																						
149											199																																						
150											200																																						

FIG. III.2.2



LAY - OUT
DE
ARQUIVOS

NOME **PROJETO CARAJÁS** **ÁREA - II**

CÓDIGO
EBCDIC

RESIDÊNCIA
FITA DE PAPEL CARTÃO FITA MAG. DISCO OUTROS

TIPO REG.
CARACTER

OBSERVAÇÕES
LAY OUT DAS FITAS COM DADOS DOS CRUZAMENTOS

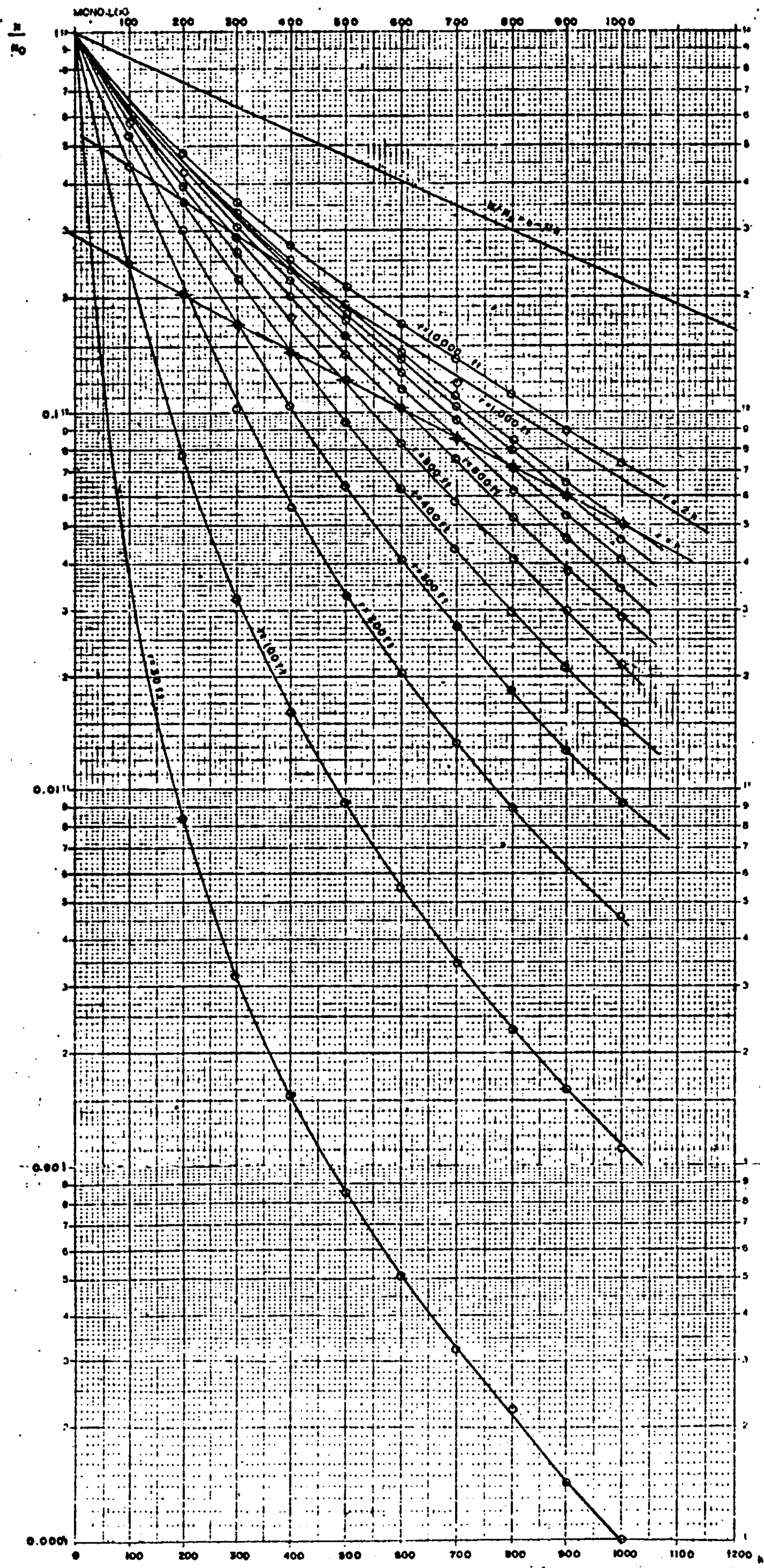
PÁGINA
3/3

FATOR BLOCO
100

TAMANHO
168

NÚMERO DA L.VOC/L.CONTROLE		NÚMERO DA FIDUCIAL				TEMPO		ALTURA DO VOO		COORDENADAS UTM																																							
		HORA	MIN.	SEG.	Ø Ø			ESTE	NORTE																																								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
DADOS DE ESPECTROMETRIA												DADOS DE ESPECTROMETRIA																																					
INTENSIDADE DO CAMPO MAGNÉTICO						CONTAGEM TOTAL BRUTA						CONTAGEM TOTAL CORRIGIDA						TÓRIO BRUTO						TÓRIO CORRIGIDO						PO-BRU																			
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
DADOS DE ESPECTROMETRIA												RAZÕES																																					
POTÁSSIO CORRIGIDO						URÂNIO BRUTO						URÂNIO CORRIGIDO						U/Th						U/K						Th/K																			
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150
DADOS DE ESPECTROMETRIA												RAZÕES																																					
POTÁSSIO CORRIGIDO						URÂNIO BRUTO						URÂNIO CORRIGIDO						U/Th						U/K						Th/K																			
151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200

FIG. III.2.3



CURVAS DE ATENUAÇÃO PARA FONTES CIRCULARES

FIG. III.3

PROJETO CARAJÁS - ÁREA II
 AERONAVE PT-KCF
 TESTE DE ATENUAÇÃO VÔO 220

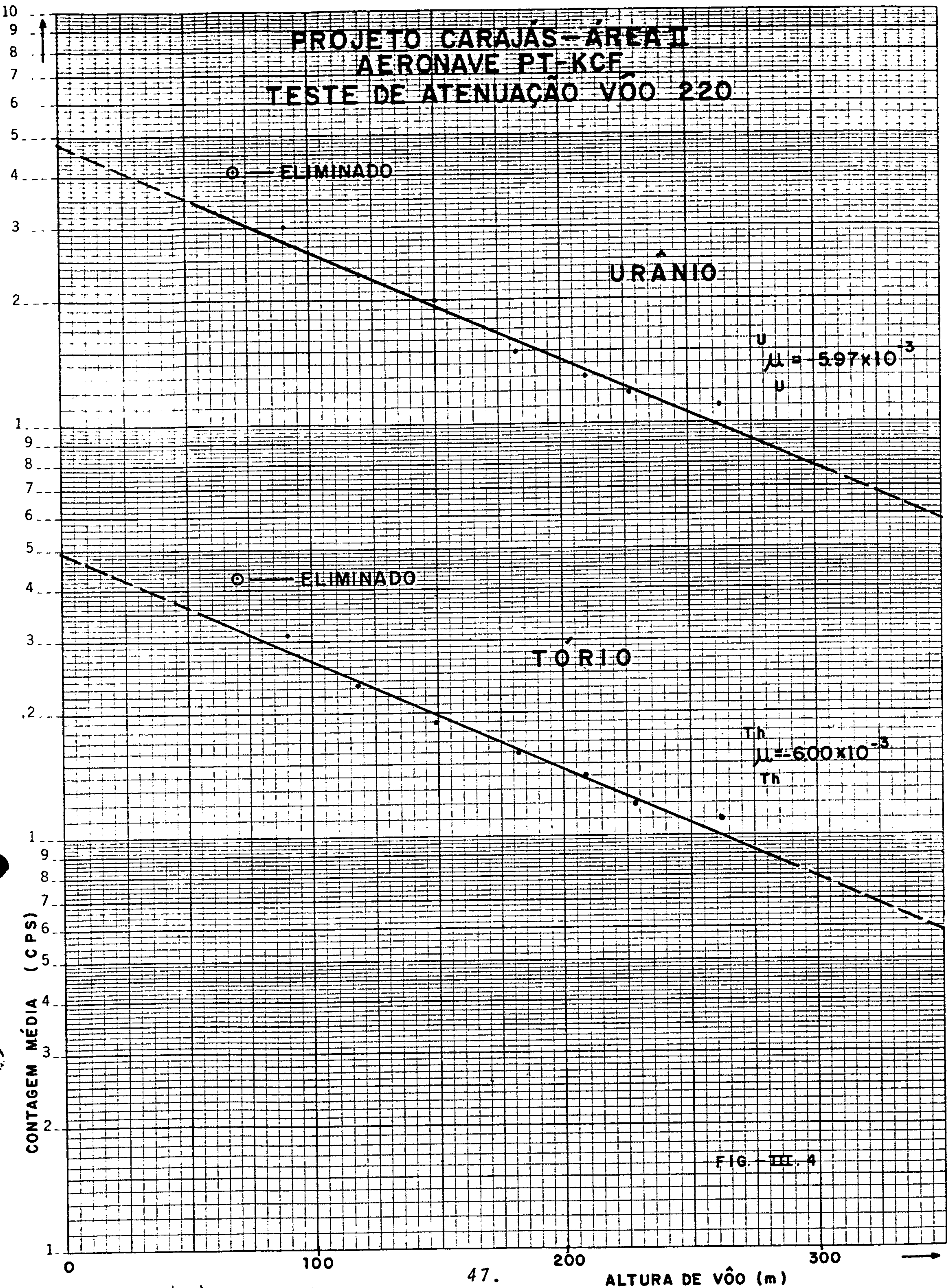


FIG. - III. 4

46 5490

SEMI-LOGARITMICO • 3 CYCLES X 70 DIVISIONS
 KEUFFEL & ESSER CO. MADE IN U.S.A.

K&E

PROJETO CARAJÁS - ÁREA II
 AERONAVE PT-KCF
 TESTE DE ATENUAÇÃO VÔO 220

46 5490

K&E SEMI-LOGARITHMIC • 3 CYCLES X 70 DIVISIONS
 KEUFFEL & ESSER CO. MADE IN U.S.A.

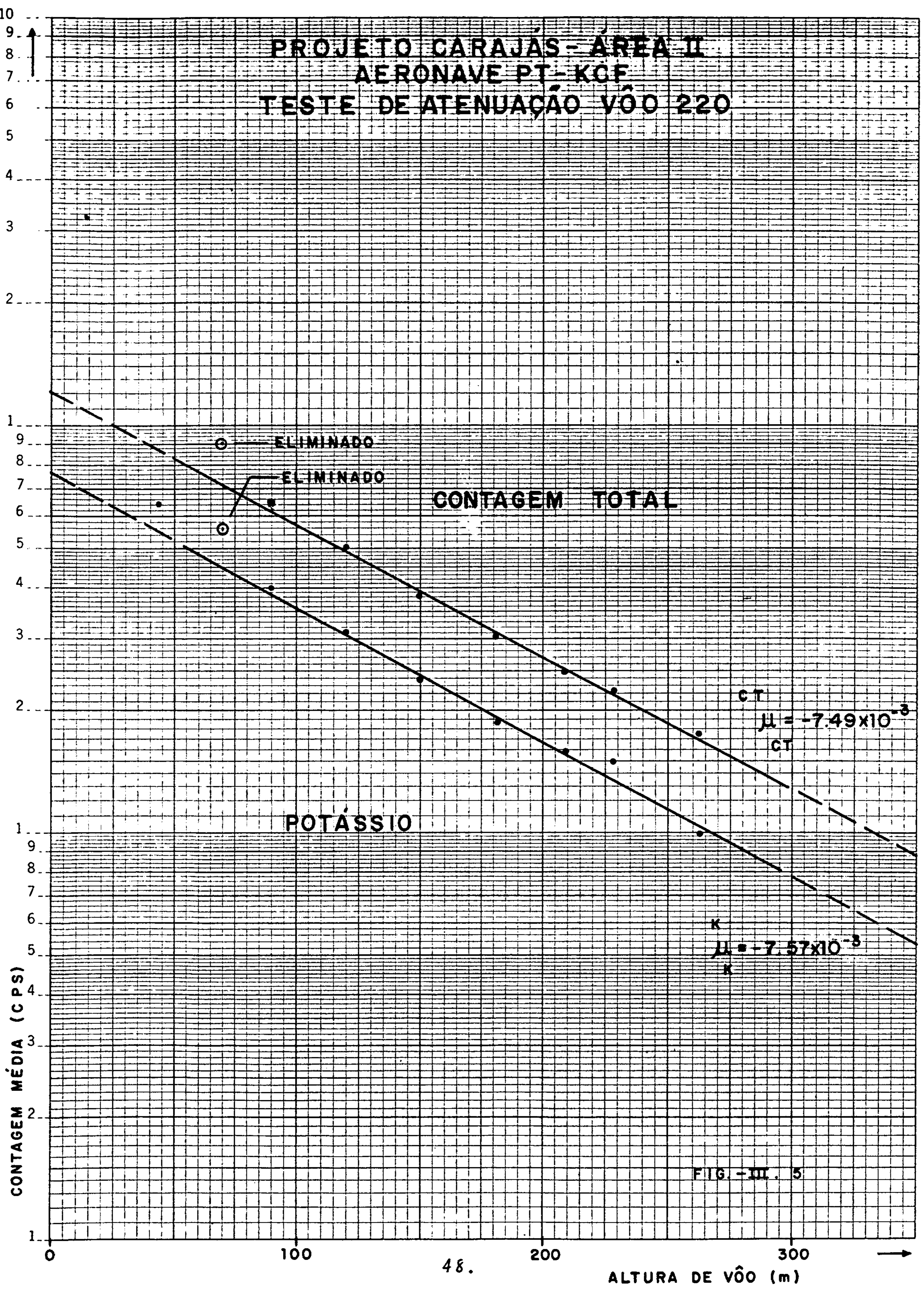


FIG. - III. 5

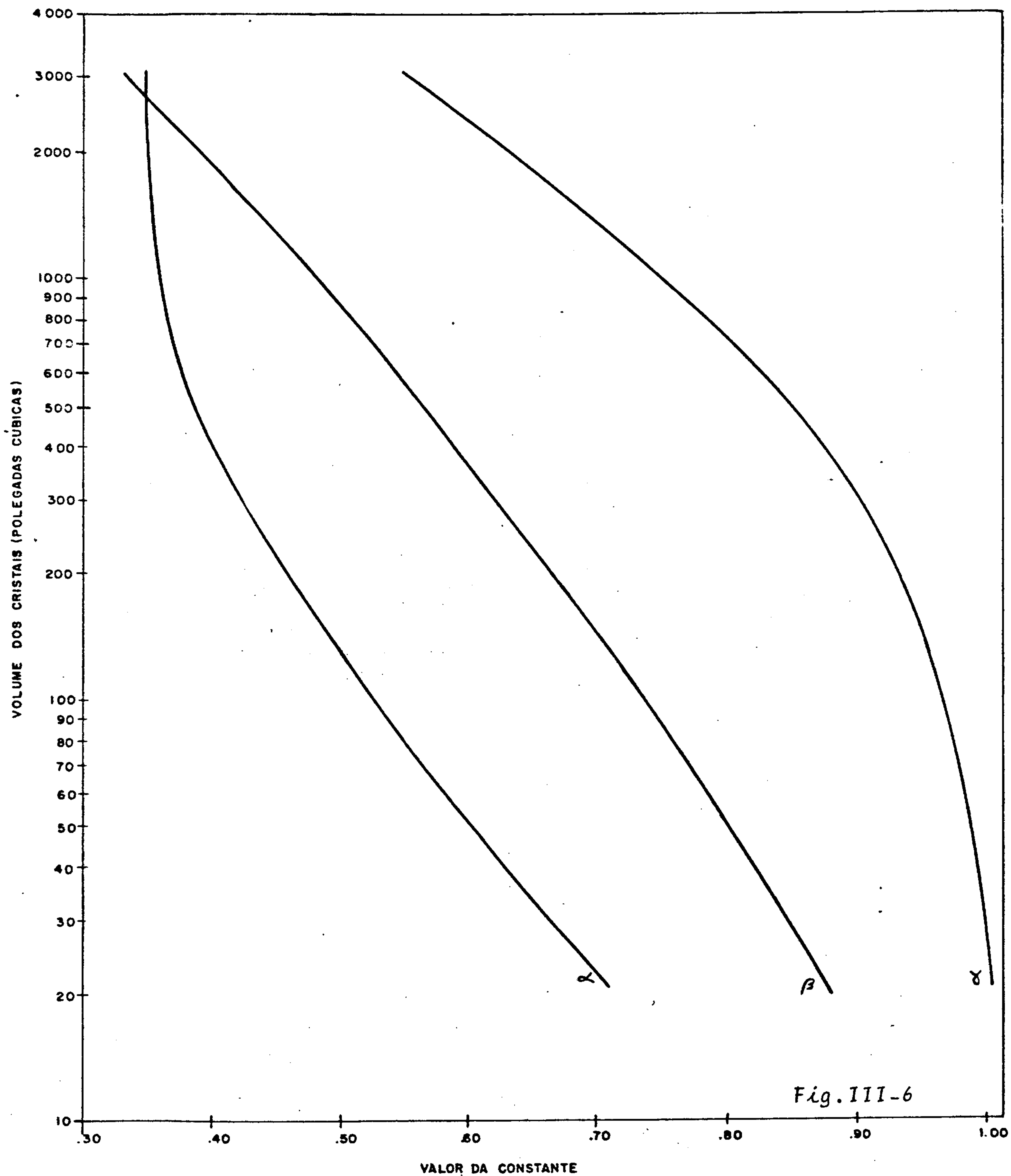


Gráfico para determinação das constantes utilizadas na correção do espalhamento Compton nos cristais (Fonte: Preliminary Technical Memo - GEOMETRICS)



IV. PRODUTOS FINAIS

Os produtos finais correspondentes ao levantamento aeromagnético e aerogamaespectrométrico são os enumerados a seguir.

1. MAPAS DE CONTORNO DO CAMPO MAGNÉTICO RESIDUAL E DOS VALORES RADIOMÉTRICOS DE CONTORNO TOTAL, NA ESCALA 1:100.000.

Nomenclatura das folhas: (Fig. I-2)

- 1 - SB - 22 - X - B - I
- 2 - SB . 22 - X - B - II
- 3 - SB . 22 - X - B - III
- 4 - SB . 22 - X - B - IV
- 5 - SB . 22 - X - B - V
- 6 - SB . 22 - X - B - VI

Duas cópias em material estável e transparente, de cada mapa de contorno do campo magnético residual e dos valores radiométricos de contagem total, com rede de coordenadas geográficas e UTM e segundo modelo, legenda e inscrição aprovados pela CPRM (com traços de linhas de voo).

2. MAPAS DE CONTORNO DO CAMPO MAGNÉTICO RESIDUAL E DOS VALORES RADIOMÉTRICOS DE CONTAGEM TOTAL, NA ESCALA 1:250.000.

Nomenclatura das folhas: (Fig. I-3)

- I - SB¹. 22 - X - B



Duas cópias em material estável e transparente de cada mapa de contorno do campo magnético residual e dos valores radiométricos de contagem total, com rede de coordenadas geográficas e UTM e segundo modelo, legenda e inscrições aprovadas pela CPRM.

3. DIVERSOS

- Relatório Final: 6 (seis) vias.
- Cópias heliográficas dos mapas nas escalas 1:100.000 e 1:250.000 em 6 (seis) vias.
- Fitas magnéticas de acordo com as especificações estabelecidas pelo EMFA.

Os produtos originais do presente aerolevanteamento, tais como, mosaicos, mapas de vôo, filmes, originais dos produtos finais, fitas magnéticas originais utilizados nos processamentos, etc..., permanecerão sob a guarda e conservação da LASA-ENGENHARIA E PROSPECÇÕES S. A. de acordo com a portaria nº 4172/FA-51 de 3 de dezembro de 1980.



V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRETO, P.M.C; (1969 - Aplicação da Espectrometria Gama na Prospecção Aérea de Minerais Nucleares, Publicação nº 7, Comissão Nacional de Energia Nuclear, Ministério das Minas e Energia, Brasil.

DARNLEY; A.G.; (1970) - Airborne Gama-Ray Spectrometry, Canadian Mining and Metallurgical Bulletin; pp 20-29.

DARNLEY, A.G.; (1971) - Airborne Gama-Ray Survey Techniques, Department of Energy, Mines and Resources, Canadá

SAKAKURA, A.Y.; (1957) - Scattered Gamma-Ray From Thick Uranium Sources, U.S.G.S., Bulletin 1052, U.S.G.V.T. Printing Office.



VI. A N E X O S

PR - 397
 PROJETO CARAJÁS
 ÁREA II - PT-KRO

PERÍODO: 19.08. A 16.08.87

CPRM.							
DATA	VÔO	HORAS DE VÔO	KMS VOADOS	LINHAS VOADAS	KMS ACE TCS	LINHAS REJEITADAS	OBSERVAÇÕES
01.08.87	13	04:30	110	L147 (Completa)	110	-	Vôo de Produção
02.08.87	14	04:20	440	Ls148,149,150,151 (Completas)	440	-	Vôo de Produção
03.08.87	15	03:00	220	Ls152,153 (Completas)	195	L-153(904/905)	Vôo de Produção-Meia Taxa de Esp.dev.Temp.Maç.
04.08.87	16-17	05:10	440	Ls154,155,156,157 (Completas)	440	-	Vôo de Produção
05.08.87	18-19	01:15	-	-	-	-	Vôo interrompido dev.pane no equipamento
06.08.87	20-21	04:05	340	Lcs905,904 (Completas)	304	Lc904(193/211)	Vôo de Produção
07.08.87	-	-	-	-	-	-	Inativo devido pane no equipamento
08.08.87	22-23	02:25	-	-	-	-	Vôo interrompido dev.pane no equipamento.
09.08.87	24-25	07:20	722	Lcs903,902,901,900 (Compl.), 904 (211/190)	716	Lc904(193/190)	Vôo de Produção
10.08.87	26	06:20	685	Ls159,158,160,161,162,163 (Compl.), 153 (904/905)	660	L-153(904/905)	Vôo de Produção
11.08.87	27	06:15	685	Ls164,165,166,167,168,169 (Compl.), 153 (904/905)	685	-	Vôo de Produção
12.08.87	28	05:00	660	Ls170,171,172,173,174,175 (Completas).	635	L-174 (901/900).	Vôo de Produção
13.08.87	29	06:05	355	Ls176,177,178, (Completas), 174 (901/900)	355	-	Vôo de Produção
14.08.87	30	05:50	380	Ls179,180,181 (Completas), 134 (901/900), 143 (900/901)	380	-	Vôo de Produção
15.08.87	-	06:35	-	-	-	-	Desmobilização da base-Translado Tucuruí-Brasília
16.08.87	-	04:30	-	-	-	-	Translado Brasília-Rio.
TOTAL	-	72:40	5.037	-	4.920	-	-

PR-397
 PROJETO CARAJÁS
 ÁREA II - PT-KRO

PERÍODO: 11.10 A 31.10.87

CPRM		HORAS	KMS	LINHAS	KMS	LINHAS	OBSERVAÇÕES
DATA	VÔO	DE VÔO	Voados	Voadas	Aceites	Rejeitadas	
11.10.87	-	04:25	-	-	-	-	Translado Rio - Belo Horizonte - Brasília
12.10.87	-	06:10	-	-	-	-	Translado Brasília - Porto Nacional - Tucuruí
13.10.87	-	-	-	-	-	-	Instalação da Base
14.10.87	-	-	-	-	-	-	Instalação da Base
15.10.87	01-02	00:40	-	-	-	-	Vôo Teste do Sistema Geofísico
16.10.87	03-04 05-06	05:40	-	-	-	-	Vôo Compensação Magnética e Testes Contratuais
17.10.87	07	05:00	330	Ls182,183,184 (Completas)	-	Ls182,183,184 (Completas)	Vôo de Produção afetado por navegação
18.10.87	08-09	07:00	390	Ls185(904/900)-186,188 (Completas)-187(904/900)	280	L188 (Completa)	Vôo de Produção interrompido por visibilidade
19.10.87	10	02:00	-	-	-	-	Vôo interrompido dev.fumaça na área-Taxa de Espera
20.10.87	11-12	04:35	-	-	-	-	Tentativa de Produção-improdutivo fumaça na área Taxa de Espera
21.10.87	13-14	05:40	305	Ls188(904/900)-189,190 (Completas)	195	L190 (Completa)	Vôo de Produção - Regresso devido fumaça
22.10.87	15-16	04:10	110	L184 (completa)	110	-	Vôo de Produção - Regresso devido névoa seca
23.10.87	17-18-19	07:05	330	Ls191,193 (completas)-192(903/900)-(905/903)	265	L191 (902/905)	Vôo de Produção-Regresso devido névoa seca
24.10.87	20-21	04:50	-	-	-	-	Regresso devido névoa seca - taxa de espera
25.10.87	-	-	-	-	-	-	Inativo devido névoa seca na área - taxa de espera
26.10.87	-	-	-	-	-	-	Inativo devido névoa seca na área - taxa de espera
27.10.87	22-23	00:35	-	-	-	-	Regresso devido névoa seca - taxa de espera
28.10.87	24	02:05	-	-	-	-	Regresso devido névoa seca - taxa de espera
29.10.87	-	-	-	-	-	-	Inativo devido névoa seca - taxa de espera
30.10.87	-	-	-	-	-	-	Inativo devido névoa seca - taxa de espera
31.10.87	25	00:50	-	-	-	-	Regresso devido névoa seca - taxa de espera.
AL		60:45	1.465	-	850	-	-

PR-397
 PROJETO CARAJÁS
 ÁREA II - PT-KRO

PERÍODO: 01.11 A 15.11.87

CPRM

DATA	VÔO	HORAS DE VÔO	KMS VOADOS	LINHAS VOADAS	KMS ACEITOS	LINHAS REJEITADAS	OBSERVAÇÕES
01.11.87	-	-	-	-	-	-	Inativo devido névoa seca na área-Taxa de Espera
02.11.87	-	-	-	-	-	-	Inativo devido névoa seca na área-Taxa de Espera
03.11.87	-	-	-	-	-	-	Inativo devido névoa seca na área-Taxa de Espera
04.11.87	-	-	-	-	-	-	Inativo devido névoa seca na área-Taxa de Espera
05.11.87	26	00:45	-	-	-	-	Regresso devido névoa seca na área-Taxa de Espera
06.11.87	-	-	-	-	-	-	Inativo devido névoa seca na área-Taxa de Espera
07.11.87	-	-	-	-	-	-	Inativo devido névoa seca na área-Taxa de Espera
08.11.87	27	03:45	-	-	-	-	Revões da 1ª Fase -Linhas já faturadas
09.11.87	28	04:10	-	-	-	-	Revões da 1ª Fase -Linhas já faturadas
10.11.87	29	00:10	-	-	-	-	Regresso devido névoa seca - Taxa de Espera
11.11.87	-	-	-	-	-	-	Inativo devido névoa seca - Taxa de Espera
12.11.87	-	-	-	-	-	-	Inativo devido névoa seca - Taxa de Espera
13.11.87	-	-	-	-	-	-	Inativo devido névoa seca - Taxa de Espera
14.11.87	-	-	-	-	-	-	Desmobilização da Equipe
15.11.87	-	-	-	-	-	-	Desmobilização da Aeronave
TOTAL	-	08:50	-	-	-	-	-

PROJETO CARAJÁS
ÁREA II-PT-KCF

PERÍODO: 24.08 A 21.09.88

CPR1

PR-397

DATA	VÔO	HORAS DE VÔO	KMS VOADOS	LINHAS VOADAS	KMS ACEITOS	LINHAS REJEITADAS	OBSERVAÇÕES
24.03.88	-	05:00	-	-	-	-	Translado Rio-Brasília (Aeron. Retida p/pane até 27.08)
27.08.88	-	05:30	-	-	-	-	Translado Brasília-Marabá
28.08.88	01-02-03	03:05	-	-	-	-	Testes contratuais (Trevo-Radar Altimetro-Temperatura)
29.08.88	04-05	05:45	-	-	-	-	Testes contratuais (Manobras)
30.08.88	06	03:50	440	LS208,210 (Lim.Norte/Lim.Sul)-209,211 (Lim.Sul/Lim.Norte)	440	-	Vôo de Produção
31.08.88	07	04:50	660	LS202,204,206 (Lim.Norte/Lim.Sul)-203,205,207 (Lim.Sul/Lim.Norte)	445	LS202 (905/902)-203 (901/903)-204 (901/903)-205 (902/904)-206 (903/905)	Vôo de Produção
01.09.88	-	-	-	-	-	-	Aeronave no solo - Pane no alternador
02.09.88	08-09	07:35	880	LS201,199,195 (S/N)-200,198,194 (N/S)-196,197 (903/N)-196,197 (903/S)	835	LS201 (904/905)-195 (901/902)	Vôo de Produção
03.09.88	10	00:45	-	-	-	-	Regresso devido chuva - Taxa de Espera
04.09.88	11-12	07:30	470	LS182,183 (N/S)-185,187,188 (905/904)-190 (905/900)-191 (902/905)	470	-	Vôo de Produção
04.09.88	11-12	07:30	175*	LS180 (902/900)-181 (Lim.Sul/Lim.Norte)-186 (901/902)	155*	L181 (901/902)	*Linhas revoadas
05.09.88	13	04:20	330*	LS160 (900/905)-162 (904/900)-165 (901/902)-174 (901/900)-179,178 (900/902)	330*	-	*Linhas revoadas
06.09.88	14-15	06:45	515*	LS150,151 (S/N) L153 (900/901)-157,147 (903/905)-153,149 (904/905)-157,156 (903/900)	515*	-	*Linhas revoadas
07.09.88	16	05:00	485*	LS133,140,141 (N/S)-131,135 (903/905)-128 (902/905)	460*	L135 (904/905)	*Linhas revoadas
08.09.88	17-18-19	05:25	260	LS195 (901/902)-201 (904/905)-202 (905/902)-204 (901/900)-203 (901/903)-205 (902/904)-206 (905/903)	260	-	Vôo de Produção-Vôos 17 e 18 interrompidos c/pane altern
08.09.88	17-18-19	05:25	102*	Lc903 (Lim.Oeste/Lim.Este)	102*	-	*Linha revoadas
09.09.88	20-21	04:55	270*	LS145,146 (N/S)-138,135 (904/905)	245*	-	*Linhas revoadas-teste comparação L138-Vôo21 trevo final
10.09.88	-	-	-	-	-	-	Instalação estação base em Tucuruí
11.09.88	-	-	-	-	-	-	Teste de paralelismo Tucuruí/Marabá rejeitado por temp. má. - taxa de espera.
12.09.88	-	-	-	-	-	-	Teste de paralelismo Tucuruí/Marabá aprovado.
13.09.88	-	04:00	-	-	-	-	Desmobilização - Translado Marabá-Porto Nacional.
14.09.88	-	02:00	-	-	-	-	Translado Porto Nacional-Porangatu
15.09.88	-	02:45	-	-	-	-	Translado Porangatu-Goiânia (aeronave retida p/pane até 26.09)
20.09.88	-	03:30	-	-	-	-	Translado Goiânia - Belo Horizonte
21.09.88	-	02:15	-	-	-	-	Translado Belo Horizonte - Rio.
TOTAL		84:45	4.587	-	2.450	-	-