



GEOMAG

PHL
014479
2007



**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL
CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL**

PROJETO GEMAS DE MINAS GERAIS

**LEVANTAMENTO AÉREO MAGNETOMÉTRICO E GAMAESPECTROMÉTRICO
DA FAIXA ITABIRA FERROS**

RELATÓRIO FINAL DE LEVANTAMENTO E PROCESSAMENTO DE DADOS

TEXTO

VOLUME I

1996



GEOMAG

APRESENTAÇÃO

Em 28.12.95 foi firmado o Contrato de Prestação de Serviços nº 128/PR/95 entre a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e a GEOMAG S.A. - Prospecções Aerogeofísicas, tendo por objetivo a execução do levantamento e processamento dos dados aerogeofísicos de magnetometria e gamaespectrometria do Projeto Gemas de Minas Gerais, faixa Itabira Ferros, no Estado de Minas Gerais.

No período de 13 de fevereiro a 17 de abril de 1996 foram voados 9.344 km de perfis, dos quais foram faturados 9.170 km, contidos em uma área de aproximadamente 4.600 km².

O relatório Final está sendo apresentado à CPRM na forma de Texto Técnico (Volume I) e Anexos (Volumes II a VI).

Os Volumes II, III e IV contêm os mapas de contorno do campo magnético total (reduzido da variação do IGRF), do gradiente vertical do campo magnético total (reduzido da variação do IGRF), da radiação total e da radiação do potássio, do urânio e do tório nas escalas de 1:50.000, 1:100.000 e 1:250.000.

Os Volumes V e VI contêm os mapas coloridos de contorno da radiação total, da radiação do potássio, do urânio e do tório, do campo magnético total (reduzido da variação do IGRF), do gradiente vertical do campo magnético total (reduzido da variação do IGRF), de pseudo-iluminação do campo magnético total e de distribuição ternária dos canais de tório, urânio e potássio.



GEOMAG

PROJETO GEMAS DE MINAS GERAIS

**LEVANTAMENTO AÉREO MAGNETOMÉTRICO E GAMAESPECTROMÉTRICO
DA FAIXA ITABIRA FERROS**

RELATÓRIO FINAL

ÍNDICE DOS VOLUMES

VOLUME I - TEXTO TÉCNICO

VOLUME II - ANEXOS

ESCALAS 1:50.000, 1:100.000 e 1:250.000

MAPAS DE CONTORNO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DA VARIAÇÃO DO IGRF)

MAPAS DE CONTORNO DO GRADIENTE VERTICAL DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DA VARIAÇÃO DO IGRF)

VOLUME III - ANEXOS

ESCALAS 1:50.000, 1:100.000 e 1:250.000

MAPAS DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONTAGEM TOTAL

MAPAS DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DO POTÁSSIO

VOLUME IV - ANEXOS

ESCALAS 1:50.000, 1:100.000 e 1:250.000

MAPAS DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DO URÂNIO

MAPAS DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DO TÓRIO

VOLUME V - ANEXOS

ESCALAS 1:100.000 E 1:250.000 COLORIDOS

MAPAS DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONTAGEM TOTAL

MAPAS DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DO POTÁSSIO

MAPAS DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DO URÂNIO

MAPAS DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DO TÓRIO



GEOMAG

VOLUME VI - ANEXOS

ESCALAS 1:100.000 E 1:250.000 COLORIDOS

MAPAS DE CONTORNO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DA VARIAÇÃO DO IGRF)

MAPAS DE CONTORNO DO GRADIENTE VERTICAL DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DA VARIAÇÃO DO IGRF)

MAPAS DE PSEUDO-ILUMINAÇÃO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL

MAPAS DA DISTRIBUIÇÃO TERNÁRIA DOS CANAIS RADIOMÉTRICOS DO POTÁSSIO, URÂNIO E TÓRIO



GEOMAG

PROJETO GEMAS DE MINAS GERAIS

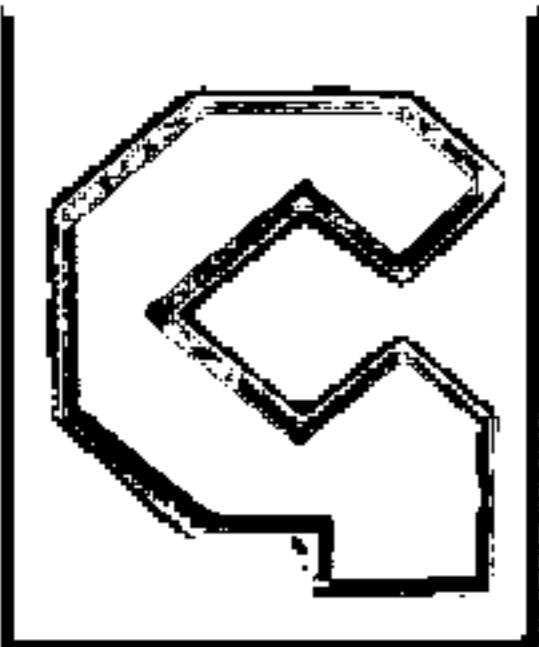
LEVANTAMENTO AÉREO MAGNETOMÉTRICO E GAMAESPECTROMÉTRICO DA FAIXA ITABIRA FERROS

RELATÓRIO FINAL

VOLUME I

ÍNDICE

| | | |
|-----------|--|----------|
| 1. | INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. | CARACTERÍSTICAS DO AEROLEVANTAMENTO | 2 |
| 3. | AQUISIÇÃO DE DADOS | 3 |
| 3.1 | Localização da Área | 3 |
| 3.2 | Planejamento das Operações | 3 |
| 3.3. | Equipamentos Utilizados | 4 |
| 3.3.1 | Aeronave | 4 |
| 3.3.2 | Aeromagnetômetro | 4 |
| 3.3.3 | Compensador Magnético Digital | 4 |
| 3.3.4 | Aerogamaespectrômetro | 4 |
| 3.3.5 | Sistema de Aquisição de Dados | 5 |
| 3.3.6 | Radar Altímetro | 5 |
| 3.3.7 | Câmara de Rastreo | 5 |
| 3.3.8 | Sistema de Navegação GPS | 5 |
| 3.3.9 | Magnetômetro Terrestre | 6 |
| 3.3.10 | Altímetro Barométrico | 6 |
| 3.4 | Coleta dos Dados Geofísicos | 6 |
| 3.5 | Testes Geofísicos | 8 |



GEOMAG

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 3.5.1 | Calibração do Sistema Aeromagnético | 8 |
| 3.5.2 | Calibração do Sistema Aerogamaespectrométrico | 8 |
| 3.5.2.1 | Resolução do Espectrômetro | 8 |
| 3.5.2.2 | Determinação dos coeficientes de <i>Background</i> da Aeronave e Cósmico | 9 |
| 3.5.2.3 | Calibração do detector <i>upward</i> e coeficientes de <i>background</i> de radônio | 10 |
| 3.5.2.4 | Determinação dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica | 12 |
| 3.5.2.5 | Calibração e Verificação da Estabilização do Espectro | 14 |
| 3.5.3 | Verificação do Radar Altimetro | 14 |
| 3.5.4 | Testes Diários | 15 |
| 3.5.4.1 | Repetibilidade dos Dados | 15 |
| 3.6 | Pré-Processamento de Campo | 15 |
| 3.7 | Estatística da Produção | 16 |
| 4. | PROCESSAMENTO DOS DADOS | 17 |
| 4.1 | Preparação dos Dados | 17 |
| 4.1.1 | Tratamento dos Dados Digitais | 17 |
| 4.1.2 | Determinação dos Traços de Vôo | 17 |
| 4.1.3 | Obtenção da Variação Magnética Diurna | 18 |
| 4.2 | Correções Aplicadas aos Dados Geofísicos | 18 |
| 4.2.1 | Magnetometria | 18 |
| 4.2.1.1 | Remoção da Variação Magnética Diurna | 18 |
| 4.2.1.2 | Nivelamento | 18 |
| 4.2.1.3 | Remoção da Variação do IGRF | 18 |
| 4.2.1.4 | Cálculo do Gradiente Vertical do Campo Magnético | 19 |
| 4.2.2 | Gamaespectrometria | 20 |
| 4.2.2.1 | Correção do "Tempo Morto" | 20 |
| 4.2.2.2 | Filtragem do Canal Cósmico e do Urânio <i>Upward</i> | 20 |
| 4.2.2.3 | Remoção do background da aeronave e cósmico | 20 |
| 4.2.2.4 | Remoção do <i>Background</i> de Radônio | 21 |
| 4.2.2.5 | Cálculo da Altura Efetiva | 23 |
| 4.2.2.6 | Correção do Efeito do Espalhamento Compton | 24 |
| 4.2.2.7 | Correção Altimétrica | 26 |
| 4.3 | Determinação das Razões U/Th, U/K e Th/K | 26 |
| 4.4 | Apresentação das Informações Geofísicas | 27 |



GEOMAG

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 4.4.1 | Mapas de Contorno do Campo Magnético Total (Reduzido da variação do IGRF) | 27 |
| 4.4.2 | Mapas de Contorno do Gradiente Vertical do Campo Magnético Total (Reduzido da variação do IGRF) | 27 |
| 4.4.3 | Mapas de Contorno Radiométrico da Contagem Total | 27 |
| 4.4.4 | Mapas de Contorno Radiométrico do Potássio, do Urânio e do Tório | 28 |
| 4.4.5 | Mapas de Pseudo-Iluminação do Campo Magnético Total | 28 |
| 4.4.6 | Mapas da Distribuição Ternária dos Canais Radiométricos do Potássio, Urânio e Tório | 28 |
| 4.5 | Arquivos Digitais | 28 |
| 4.5.1 | Informações das Linhas | 29 |
| 4.5.2 | Informações dos Cruzamentos | 29 |
| 4.5.3 | Arquivos padrão GEOSOFT | 29 |
| 5. | ORIGINAIS DO AEROLEVANTAMENTO | 30 |
| 5.1 | Gráficos das Linhas de Vôo | 30 |
| 5.2 | Registros Digitais de Vôo | 30 |
| 5.3 | Fitas de Vídeo | 30 |
| 6. | APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS | 31 |
| 6.1 | Mapas de Contorno Branco e Preto | 31 |
| 6.2 | Mapas Coloridos | 31 |
| 6.3 | Arquivos Digitais | 32 |
| 7. | PESSOAL | 33 |
| 7.1 | Equipe Técnica | 33 |
| 7.1.1 | Aquisição de Dados | 33 |
| 7.1.2 | Processamento dos Dados | 33 |
| 7.1.3 | Apoio e Supervisão | 34 |
| 8. | FISCALIZAÇÃO | 35 |
| 9. | BIBLIOGRAFIA | 36 |

PROJETO GEMAS DE MINAS GERAIS

**LEVANTAMENTO AÉREO MAGNETOMÉTRICO E GAMAESPECTROMÉTRICO
DA FAIXA ITABIRA FERROS**

**RELATÓRIO FINAL
VOLUME I**

ÍNDICE DAS ILUSTRAÇÕES E ANEXOS

FIGURAS

- | | |
|----|--|
| 1 | Situação da Área |
| 2 | Curvas de Calibração Cósmica para as Janelas Radiométricas |
| 3 | Curvas de Calibração do Detector <i>upward</i> |
| 4 | Perfil Terra-Água |
| 5 | Teste de Atenuação Atmosférica |
| 6 | Evolução Diária da Produção de Campo |
| 7 | Estatística Mensal |
| 8 | Fluxogramas do Processamento |
| 9 | Formato dos Arquivos com Informações das Linhas de Vôo |
| 10 | Formato do Arquivo com Informações dos Cruzamentos |
| 11 | Formato dos Arquivos Padrão XYZ da GEOSOFT |

ANEXOS

- | | |
|----|---|
| I | Articulação das Folhas em 1:50.000, 1:100.000 e 1:250.000 |
| II | Listagem das Linhas Aprovadas e Utilizadas no Processamento |



GEOMAG

1. INTRODUÇÃO

O levantamento aerogeofísico do Projeto Gemas de Minas Gerais, faixa Itabira Ferros, no estado de Minas Gerais, objeto do Contrato nº 128/PR/95, abrange o levantamento de uma área com aproximadamente 4.600km², definida pelos vértices cujas coordenadas geográficas são as seguintes:

| VÉRTICE | LATITUDE | LONGITUDE |
|---------|------------|------------|
| A | 19°50'06"S | 43°26'20"W |
| B | 18°52'14"S | 42°59'50"W |
| C | 19°08'55"S | 42°45'29"W |
| D | 20°06'47"S | 43°12'06"W |

A situação da área está representada na Figura 1.

Os trabalhos de processamento de dados envolveram o tratamento das informações coletadas e a obtenção dos mapas de contorno do campo magnético total reduzido da variação do IGRF e de contorno do gradiente vertical do campo total, mapas radiométricos dos canais de contagem total, potássio, urânio e tório, bem como dos mapas de pseudo-iluminação do campo magnético total reduzido da variação do IGRF e da distribuição ternária dos canais de potássio, urânio e tório.

O aerolevantamento teve a autorização nº 018/96 do Estado-Maior das Forças Armadas - EMFA.

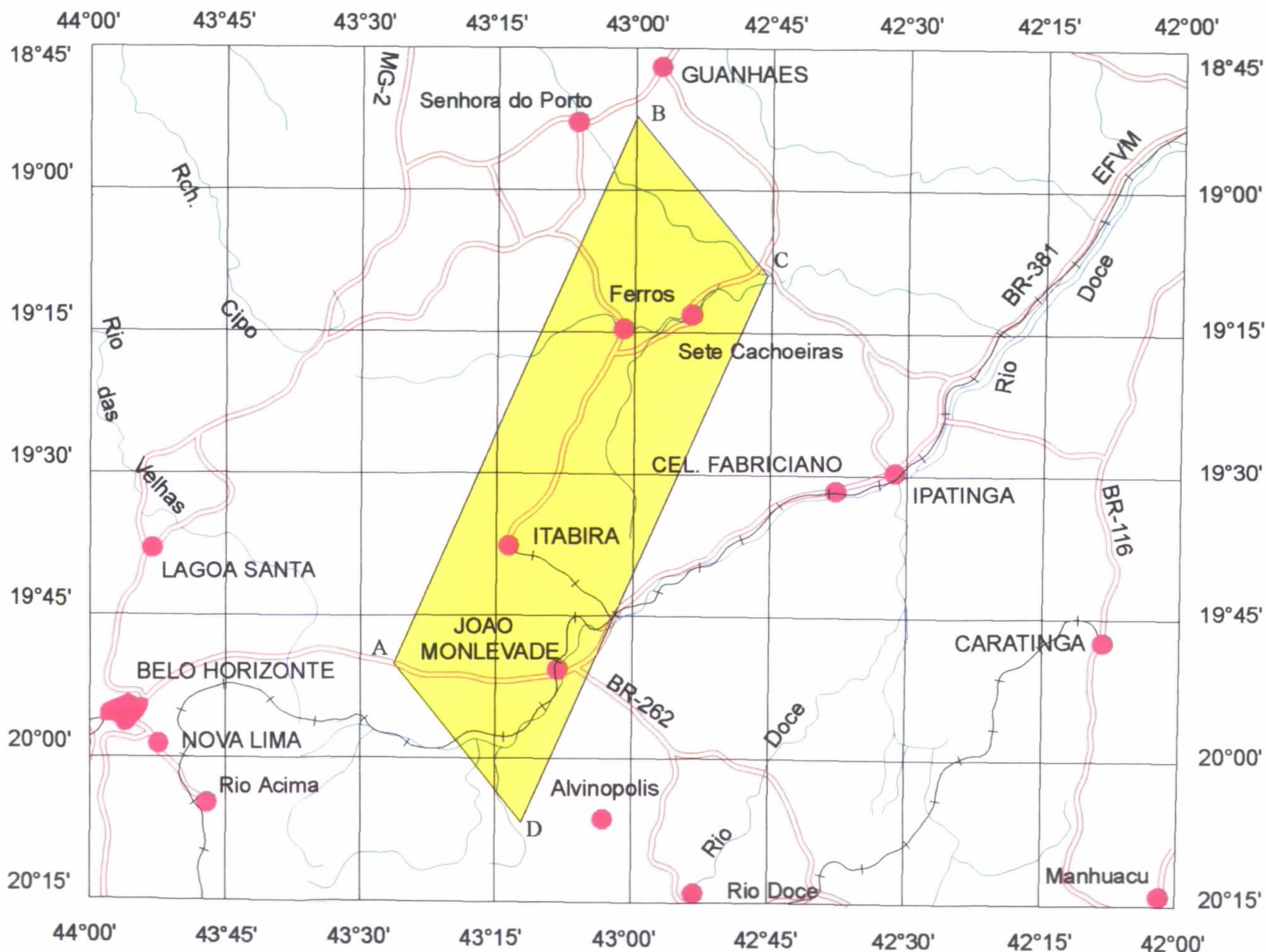


PROJETO GEMAS DE MINAS GERAIS LEVANTAMENTO AÉREO MAGNETOMÉTRICO E GAMAESPECTOMÉTRICO DA FAIXA ITABIRA FERROS

SITUAÇÃO DA ÁREA



| VÉRTICES | LATITUDE SUL | LONGITUDE OESTE |
|----------|--------------|-----------------|
| A | 19°50'06" | 43°26'20" |
| B | 18°52'14" | 42°59'50" |
| C | 19°08'55" | 42°45'29" |
| D | 20°06'47" | 43°12'06" |





GEOMAG

2. CARACTERÍSTICAS DO AEROLEVANTAMENTO

Os parâmetros que nortearam o aerolevanteamento, conforme definido no Contrato nº 128/PR/95, são resumidos no seguinte:

- | | |
|---|---|
| - Direção das linhas de vôo: | N40°W |
| - Espaçamento entre as linhas de vôo: | 0,5km |
| - Direção das linhas de controle: | N24°E |
| - Espaçamento entre as linhas de controle: | 12km |
| - Intervalo entre medições geofísicas sucessivas: | 60m |
| - Altura média do vôo sobre o terreno: | 150m |
| - Velocidade de operação: | 180km/h |
| - Volume dos detectores: | 2048 polegadas cúbicas (<i>downward</i>) 256 polegadas cúbicas (<i>upward</i>) |



GEOMAG

3. AQUISIÇÃO DE DADOS

3.1. Localização da Área

A área do Projeto Gemas de Minas Gerais, faixa Itabira Ferros, está localizada na região de Itabira, no Estado de Minas Gerais.

3.2. Planejamento das Operações

Para recobrimento da área foram planejadas 207 linhas de vôo, orientadas na direção N40°W, e 4 linhas de controle, com direção N24°E. As linhas de vôo foram numeradas de SW para NE de 001 até 207 e as linhas de controle numeradas de NW para SE de 901 a 904.

Os perfis foram codificados com quatro dígitos, obedecendo a seguinte correlação:

1º ao 3º dígito = número de linha

4º dígito = versão de linha

O espaçamento médio utilizado entre as linhas foi de 0,5km e de 12km, para as linhas de vôo e de controle, respectivamente.

A base de operações foi implantada na cidade de Barão de Cocais (MG), assim como o magnetômetro monitor, instalado no aeroporto dessa cidade.



GEOMAG

3.3. Equipamentos Utilizados

3.3.1. Aeronave

Como plataforma aerogeofísica foi utilizada a aeronave Islander, prefixo PT-KAB, da GEOMAG.

3.3.2. Aeromagnetômetro

Foi utilizado um sensor de bombeamento ótico de vapor de césio GEOMETRICS G-822A, com sensibilidade limite de 0,005nT, com ciclo de amostragem de 10 por segundo, registradas na forma digital e analógica a bordo.

A instalação do sensor do magnetômetro foi do tipo esporão, montado na ponta da cauda da aeronave.

3.3.3. Compensador Magnético Digital

Foi utilizado um compensador digital RMS modelo AADCII, com capacidade de 10 leituras por segundo.

3.3.4. Aerogamaespectrômetro

Para as medições radiométricas foi utilizado espectrômetro EXPLORANIUM, modelo GR-820, equipado com cristais detectores EXPLORANIUM GPX, totalizando 2048 polegadas cúbicas de NaI (TI) para os detectores *downward* e 256 polegadas cúbicas de NaI (TI) para o detector *upward* para monitorar a presença do radônio (nível de energia do urânio de 1660 a 1860 KeV).

As janelas do espectrômetro foram ajustadas nos seguintes níveis de energia para os detectores *downward* (IAEA, 1991):

| | |
|-----------------|--------------------|
| Contagem Total: | de 410 a 2810 keV |
| Potássio: | de 1370 a 1570 keV |
| Urânio: | de 1660 a 1860 keV |



GEOMAG

Tório: de 2410 a 2810 keV
Rad. Cós mica de 3000 keV a ∞

3.3.5. Sistema de Aquisição de Dados

Empregou-se o sistema digital de aquisição de dados RMS-DGR-33 acoplado à unidade de gravação HDS-150.

3.3.6. Radar-Altímetro

Foi usado o sistema KING, modelo KRA 10A, composto de transceptor, indicador visual e duas antenas, para medir a distância entre o terreno sobrevoado e a aeronave, produzindo um registro digital a cada segundo.

Este sistema está capacitado para medição da altura até 2.500 pés sobre o terreno, com precisão da ordem de 1 pé.

3.3.7. Câmara de Rastreo

Na aeronave PT-KAB foi empregada uma câmara SONY, modelo DXC 107-A, interligada a um vídeo-cassete SHARP, modelo HD-752, usados para gravação, em fita de vídeo do sistema VHS, dos trajetos percorridos em cada perfil, mostrando ainda os números das fiduciais a cada amostra.

3.3.8. Sistema de Navegação GPS

Foi empregado o sistema de posicionamento GPS (*Global Positioning System*) com o rastreador de satélite **Trimble Advanced Navigation Sensor**, modelo TANS II de 6 canais, utilizando o código C/A e frequência L1 (Canadian GPS Associates 1986).

A bordo da aeronave o receptor TANS é acoplado a um microcomputador PNAV dotado da programação adequada para proporcionar aos pilotos as informações de posição, trajetória, velocidade e deriva da aeronave em relação à linha planejada. As informações de posição a bordo foram atualizadas a intervalos de 1 segundo.



GEOMAG

Para a aplicação de correção diferencial aos dados GPS das linhas de vôo foi colocado um receptor TANS acoplado a um coletor de dados POLYCORDER no aeroporto de Barão de Cocais. As informações de posição no local foram atualizadas a intervalos de 1 segundo. A correção é feita através do método *pseudo-ranger* segundo o manual do fabricante (TRIMBLE, 1992).

3.3.9. Magnetômetro Terrestre

Para registrar a variação diurna do campo e monitorar eventuais tempestades magnéticas ocorridas durante as operações, foi utilizado o magnetômetro monitor de precessão protônica GEOMETRICS, modelo G-856, operando com ciclo de polarização de 5 segundos.

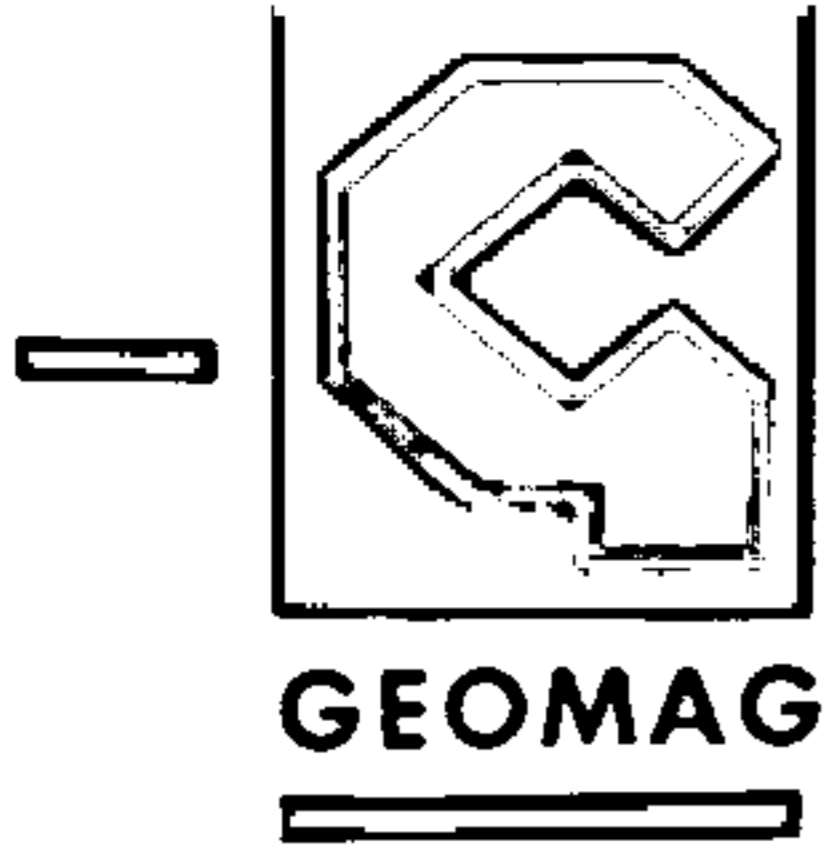
No registro digital foram gravadas a hora da medição (segundos do dia) e a intensidade total do campo magnético terrestre a intervalos de 5 segundos, sendo posteriormente transferidos para um micro PC-AT 386, onde foram gerados os gráficos analógicos.

3.3.10. Altímetro Barométrico

Para medir a altitude barométrica utilizou-se o altímetro barométrico modelo ROSEMOUNT. Este equipamento fornece um registro digital, com precisão de 7m, a cada segundo.

3.4. Coleta dos Dados Geofísicos

A aquisição de dados geofísicos envolveu medições da intensidade e natureza da radiação gama e da intensidade total do campo magnético terrestre, a intervalos de 1 segundo (aproximadamente 60 metros) e 10 vezes por segundo ao longo dos perfis levantados no projeto, respectivamente.



A cada amostra coletada foram registradas a bordo as seguintes informações: hora de amostragem, número e versão de linha, número de vôo, fiducial, tempo GPS, data, rumo, altura e altitude de vôo, intensidade dos canais radiométricos de potássio, urânio, tório, contagem total, cósmico e urânio "up", coordenadas Norte e Este da amostra e campo magnético total.

O posicionamento foi feito com sistema de observação de satélites, tipo GPS. Um *backup* do trajeto das linhas voadas foi também obtido com câmara de vídeo, através de imagens tomadas continuamente, sincronizadas com as medições geofísicas por meio de fiduciais impressas a cada segundo.

O levantamento foi efetuado à altura média de 150m sobre o terreno (admitindo-se variações entre 135 e 165m), continuamente pelas indicações analógicas do radar altímetro a bordo.

A amostragem realizada durante a coleta de dados foi registrada digitalmente e posicionada no tempo e no espaço através de *clock* interno do sistema de aquisição e do sistema GPS.

Um magnetômetro monitor registrou a variação diurna e as eventuais perturbações do campo magnético terrestre, ocorridas durante os vôos. Os segmentos dos perfis em que ocorreram gradientes superiores a 8nT, em uma ordenada de tempo de 4 minutos, foram impugnados e revoados.

Da mesma forma, os trechos dos perfis que não atenderam às especificações técnicas quanto à navegação, altura de vôo e ao perfeito funcionamento dos equipamentos, foram cancelados e revoados posteriormente.

A listagem contendo as linhas aprovadas e utilizadas no processamento, incluindo a identificação do perfil e do vôo, data, horário e fiduciais inicial e final, é apresentada no Anexo II.



GEOMAG

3.5. Testes Geofísicos

3.5.1. *Calibração do Sistema Aeromagnético*

A calibração do sistema aeromagnético é sempre feita imediatamente antes do início do levantamento, sendo refeita quando da ocorrência de problemas elétricos nos alternadores ou magnetos, consertos e/ou troca desses equipamentos da aeronave.

O processo de calibração consiste em quatro etapas:

- orientação adequada do sensor magnético para obtenção do melhor acoplamento entre a direção das linhas de vôo e o campo magnético local;
- vôo de manobras nas direções N e E para a determinação da primeira solução matemática;
- vôo de manobras nas direções S e W para a determinação da segunda solução matemática;
- determinação da solução matemática única, para as quatro direções.

A figura de mérito do sistema foi de 1,0 nT.

3.5.2. *Calibração do Sistema Aerogamaespectrométrico*

3.5.2.1 Resolução do Espectrômetro

A resolução do espectrômetro é obtida através de teste com fonte de césio. Neste teste o aparelho fornece digitalmente o valor da *FWHM* (*full width at half maximum*), que é definida pela largura da meia amplitude do pico do canal do césio (662 keV). A expressão da resolução é dada abaixo:

$$R = \frac{FWHM}{n^{\circ} \text{ canal}} \times 100$$



O aparelho vem calibrado de fábrica de modo a funcionar somente com valor de resolução menor que 10%. O monitoramento desse valor é feito continuamente durante os vôos. Caso o valor de resolução seja maior que o valor citado, o aparelho envia mensagem de erro, devendo haver nova calibração.

3.5.2.2 Determinação dos coeficientes de *Background* da Aeronave e Cósmico

Para a remoção de *background* da aeronave e cósmico utiliza-se uma janela (radiação cósmica) que registra partículas com energia de 3000keV a infinito. Da fórmula adaptada de IAEA, 1991, tem-se:

$$N_i = a + bC_i$$

onde,

N_i é a taxa de contagem para determinada janela em vôo teste

a é o *background* da aeronave para determinada janela

b é razão entre contagem em determinada janela e contagem no canal cósmico.

C_i é a contagem na janela cósmica em vôo teste.

Para a aplicação da expressão acima, é necessário primeiramente se estimar os coeficientes a e b a serem utilizados na remoção do *background* da aeronave e cósmico (seção 4.2.2.3). Estes coeficientes foram determinados experimentalmente através de uma série de vôos em diferentes altitudes, realizados sobre o lago da represa de Três Marias. A série inicia-se a uma altitude de 1000 a 8000 pés, com intervalos de 1000 pés.

Primeiramente corrige-se o "Tempo Morto" (com exceção do cristal *upward*) (seção 4.2.2.1) e faz-se a filtragem no canal cósmico e urânio *upward* para redução do ruído estatístico (seção 4.2.2.2). Calcula-se então, o valor médio de altitude para cada vôo realizado sobre o lago da represa de Três Marias. Os coeficientes a e b de cada canal são obtidos por regressão linear (Figura 2).

Faixa Itabira Ferros Calibração C3smica

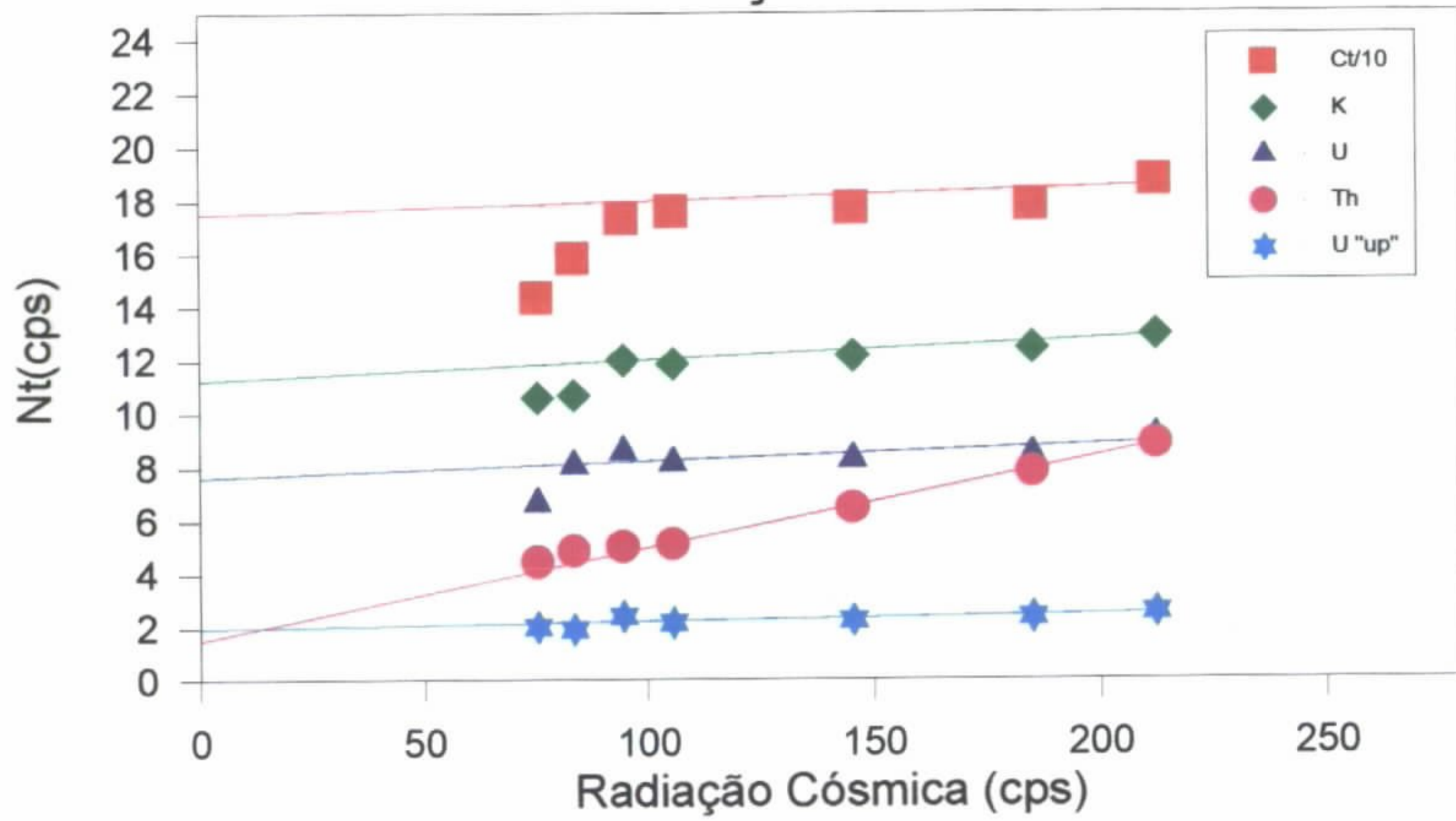


Figura 2- Curvas de calibração c3smica para os canais radiom3tricos.

Coeficientes de *background* da aeronave (*a*) e cósmico (*b*)

| | <i>a</i> (cps) | <i>b</i> |
|-----------|----------------|----------|
| C.Total | 174.96 | 0.051096 |
| Potássio | 11.26 | 0.007785 |
| Urânio | 7.63 | 0.006229 |
| Tório | 1.52 | 0.034644 |
| Urânio Up | 1.96 | 0.002761 |

3.5.2.3 Calibração do detector *upward* e coeficientes de *background* de radônio

Para a determinação da contribuição do radônio nos canais utilizou-se a metodologia de voar uma linha teste (teste de repetibilidade) na altura do levantamento. Segundo Grasty e Minty (1995) as mudanças temporais ou espaciais em cada janela serão devidas somente às variações na concentração de radônio no ar. Dessa maneira, as janelas de tório, urânio *upward*, potássio e contagem total, variam linearmente com a janela de urânio *downward*.

As relações entre a contagem da janela de urânio *downward* e as outras janelas, devido ao radônio atmosférico, podem ser determinadas por regressão linear:

$$\begin{aligned}
 u_{ri} &= a_u U_{ri} + b_u \\
 T_{ri} &= a_T U_{ri} + b_T \\
 K_{ri} &= a_k U_{ri} + b_k \\
 CT_{ri} &= a_{CT} U_{ri} + b_{CT}
 \end{aligned}$$

onde,

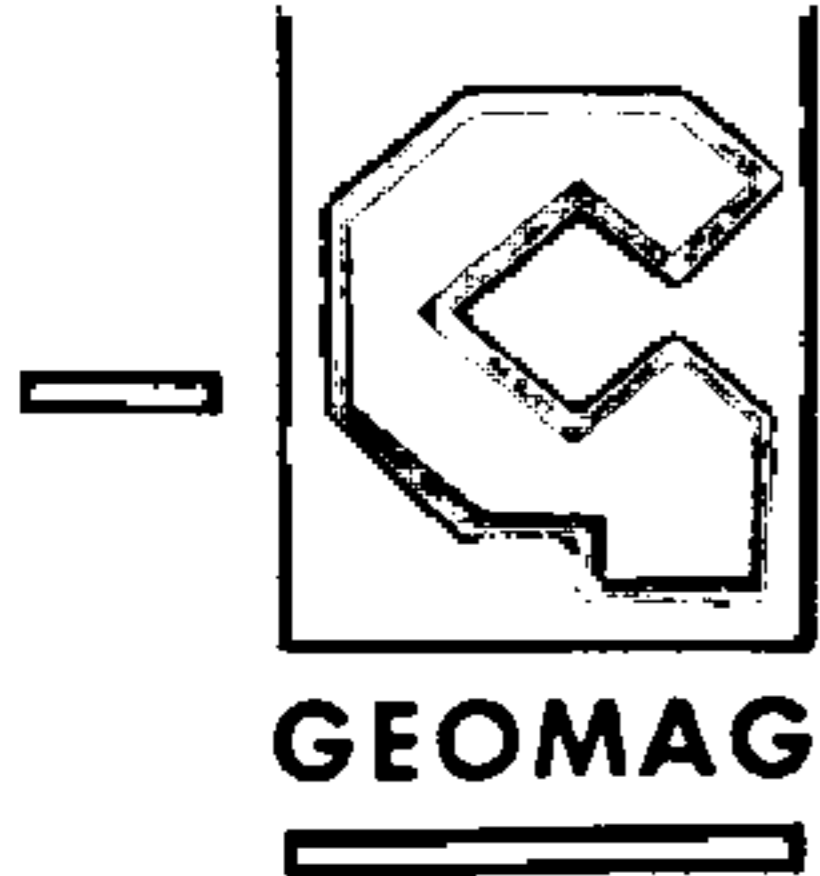
u_{ri} é a componente de radônio na janela urânio *upward* no vôo teste

CT_{ri} é a componente de radônio na janela contagem total no vôo teste

K_{ri} é a componente de radônio na janela potássio no vôo teste

U_{ri} é a componente de radônio na janela urânio *downward* no vôo teste

T_{ri} é a componente de radônio na janela tório no vôo teste



os diversos a e b são as constantes de calibração.

As constantes de calibração foram obtidas através da utilização de detector *upward* em vôos realizados sobre uma linha teste sobre o aeroporto de Barão de Cocais, sempre no mesmo sentido e altura de vôo do levantamento (Grasty e Minty 1995). Para a aplicação desta metodologia corrigiu-se em primeiro lugar o "Tempo Morto" (seção 4.2.2.1), fez-se a filtragem do canal cósmico e Urânio *upward* (seção 4.2.2.2) e retirou-se o efeito do *background* da aeronave e cósmico (seção 4.2.2.3).

Os valores encontrados para essas constantes de calibração são:

| | |
|--------------------|----------------------------------|
| Contagem Total: | $a_{CT} = 16.6, b_{CT} = 149.28$ |
| Potássio: | $a_k = 0.91, b_k = 9.8$ |
| Urânio <i>Up</i> : | $a_u = 0.2, b_u = -1.09$ |
| Tório: | $a_T = 0.2, b_T = 16.08$ |

As curvas de calibração para os quatro elementos podem ser encontradas na Figura 3. Os altos valores obtidos para as constantes b são devido ao fato destas estarem sendo estimadas em vôos sobre solo, onde a contribuição dos elementos radioativos é significativa. Entretanto, as constantes a estão próximas dos valores típicos fornecidos pelo IAEA (1991). Segundo Grasty (1996, comunicação pessoal) quando o teste de calibração do detector *upward* é feito em vôos sobre solo, considerando a remoção prévia dos *backgrounds* da aeronave e cósmico, o que permanece em todos os canais são radiações devidas ao radônio e ao solo. Dessa maneira, não é possível saber se a contribuição do radônio é nula porque haverá sempre contagens provenientes do solo em todas as janelas. Entretanto, as declividades das linhas de regressão linear da Figura 3 estão corretas porque as variações observadas nos valores dos canais é devida somente às mudanças ocasionadas pelo radônio. Na fase de processamento as constantes b são desprezadas.

O próximo estágio de calibração é determinar a relação entre a taxa de contagem do detector *upward* e as do *downward*, para radiações provenientes do solo.

A taxa de contagem no detector *upward* proveniente do solo u_x , vai depender da concentração de urânio e tório no solo, assim como as taxas de contagem desses dois

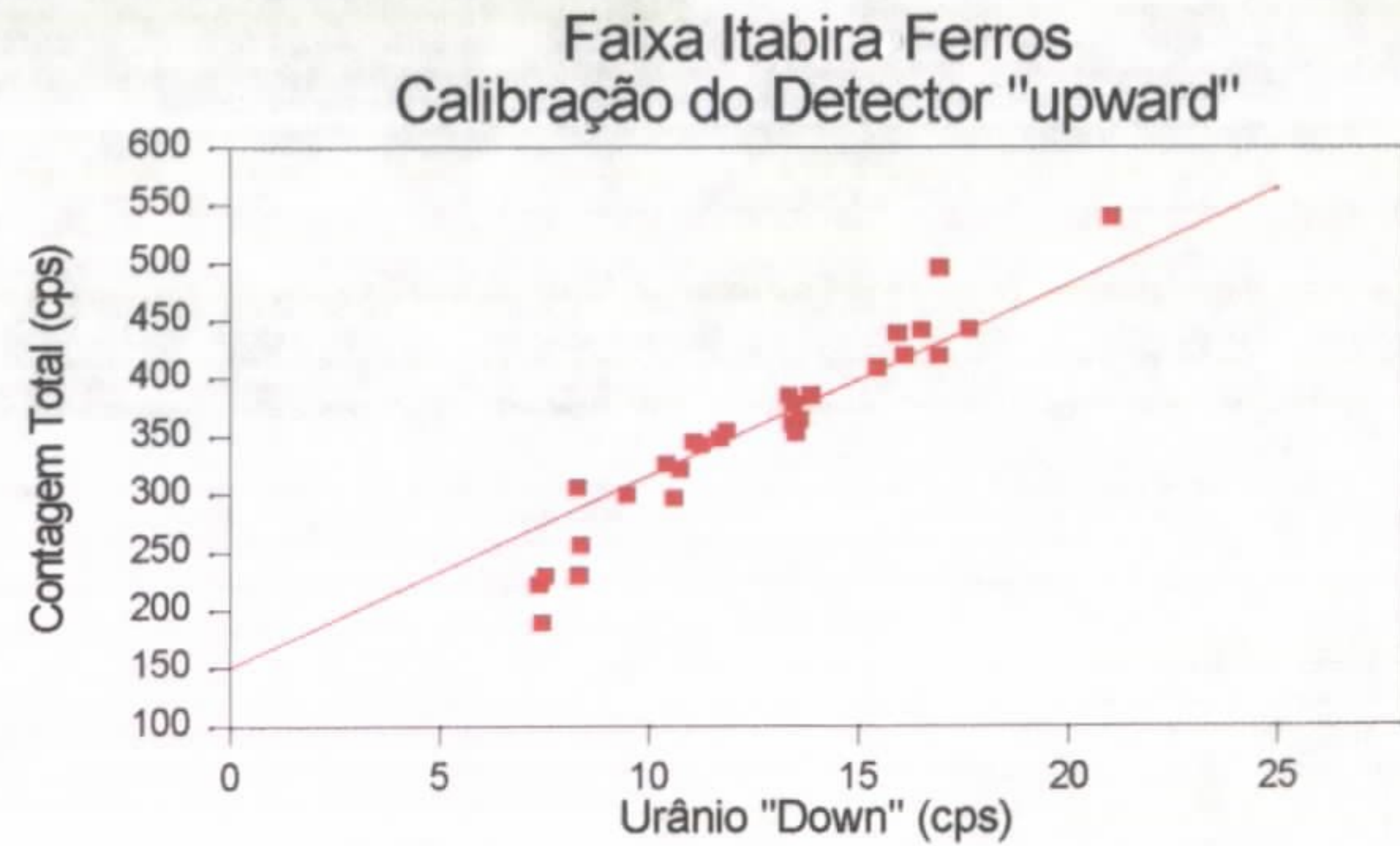
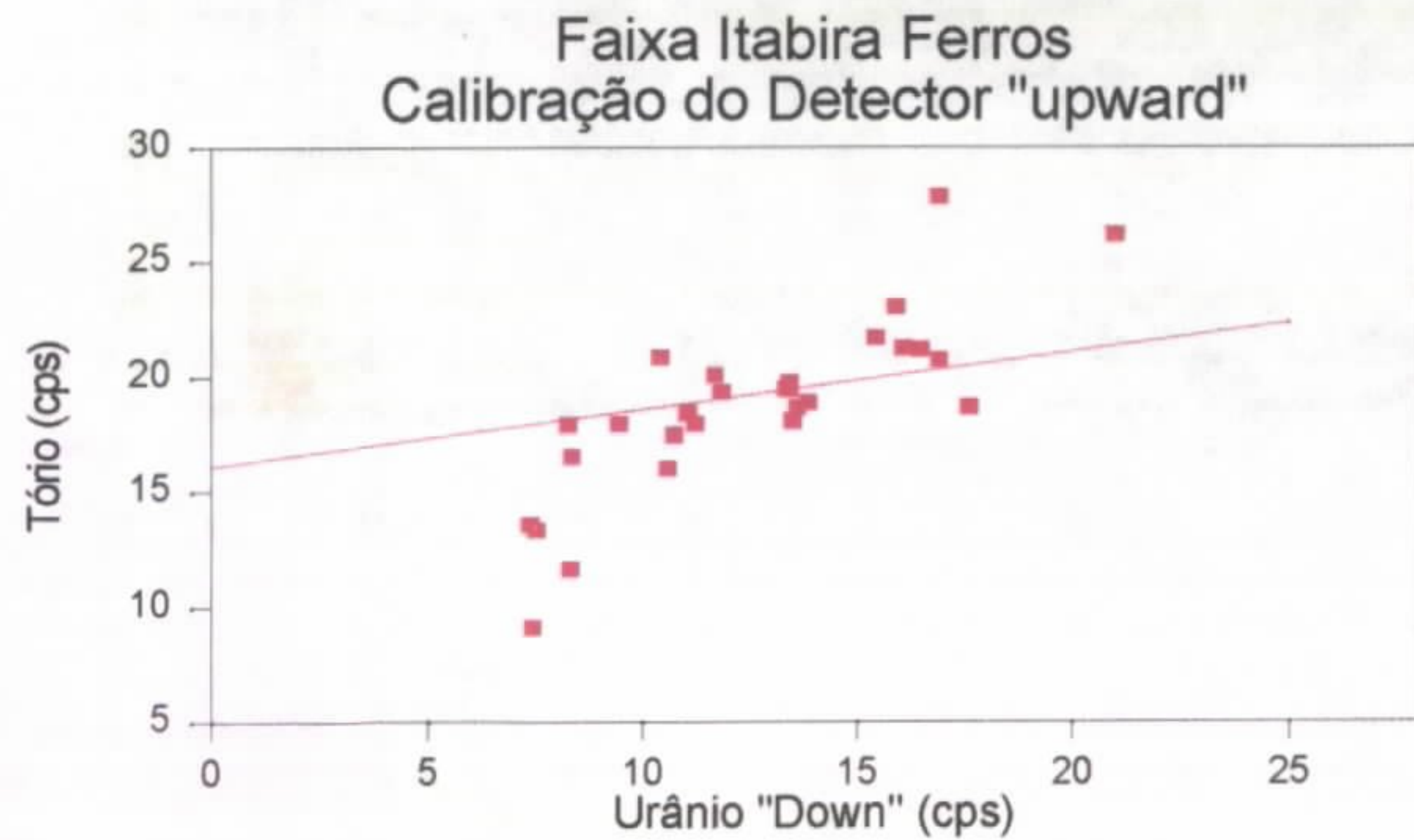
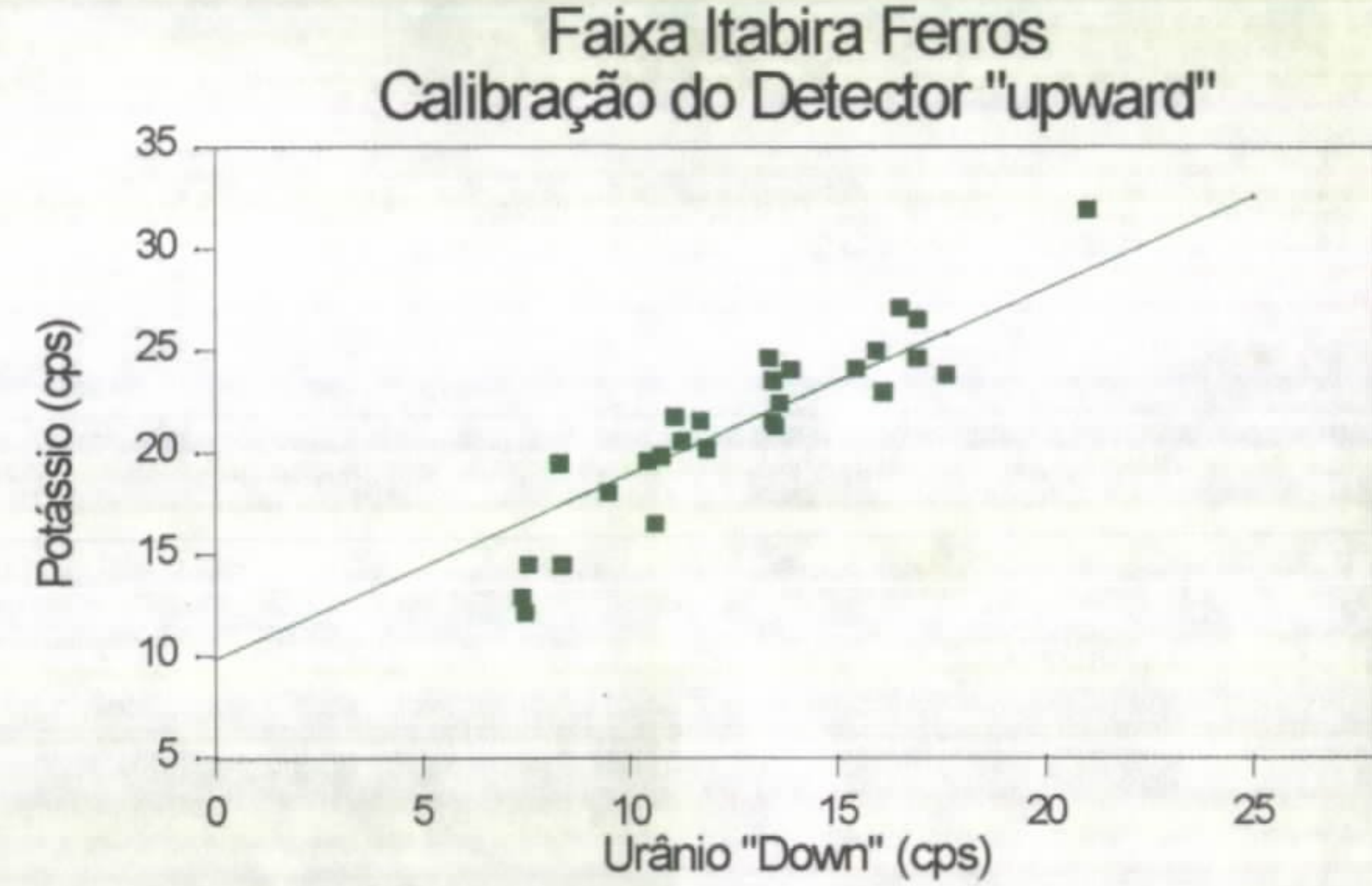
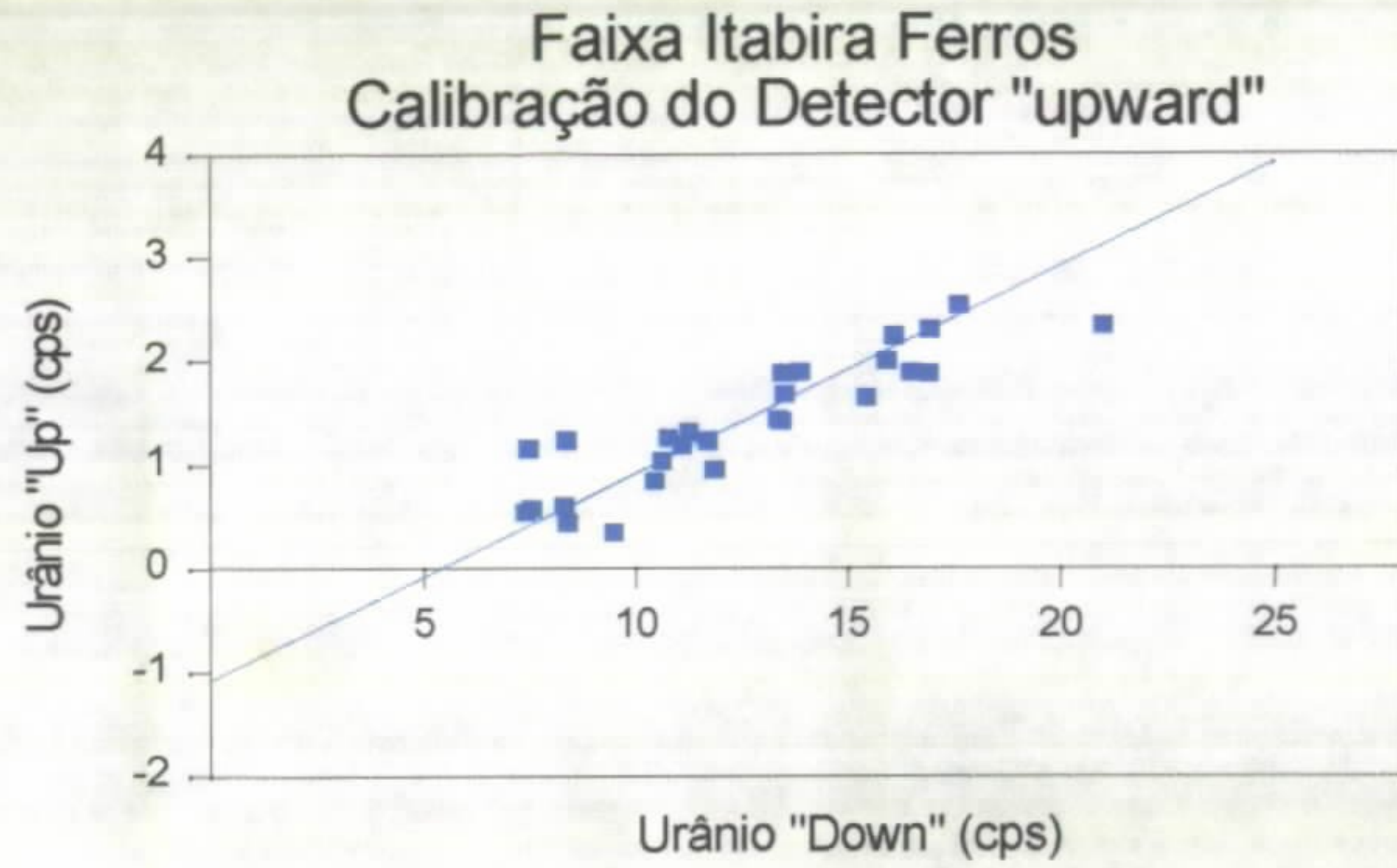


Figura 3- Curvas de calibração do detector *upward*



GEOMAG

elementos no detector *downward* U_g e T_g . A componente do solo no detector *upward* está relacionada as do detector *downward* pela relação linear (IAEA, 1991):

$$u_g = a_1 U_g + a_2 T_g$$

os coeficientes a são fatores de calibração que devem ser determinados.

Para se avaliar os fatores a deve-se remover as componentes do *background* cósmico, aeronave e radônio, dos detectores *downward* e *upward*, permanecendo somente a contribuição do solo. Voou-se uma área teste sobre e adjacente ao lago da represa de Três Marias (Figura 4). Esse procedimento presume que o *background* sobre o solo é o mesmo que sobre a água.

Os valores obtidos, por regressão linear, para os fatores são: $a_1 = 0.0$ e $a_2 = 0.0575$. Esses valores serão utilizados na remoção do *background* de radônio (seção 4.2.2.4).

3.5.2.4 Determinação dos coeficientes de atenuação atmosférica

Esta correção é conduzida com o objetivo de referir os valores radiométricos à altura padrão do levantamento (150m), eliminando, com isso, falsas anomalias radiométricas ocasionadas por elevações do terreno.

A atenuação das radiações em relação ao afastamento da fonte pode ser expressa, de forma aproximada pela fórmula (IAEA, 1991):

$$N_H = N_0 e^{-\mu H} \quad (1)$$

onde:

N_H é a radiação à distância H da fonte

N_0 é a radiação na superfície do terreno

μ é o coeficiente de atenuação atmosférica

Faixa Itabira Ferros
 Contribuição do Terreno nos Canais Radiométricos

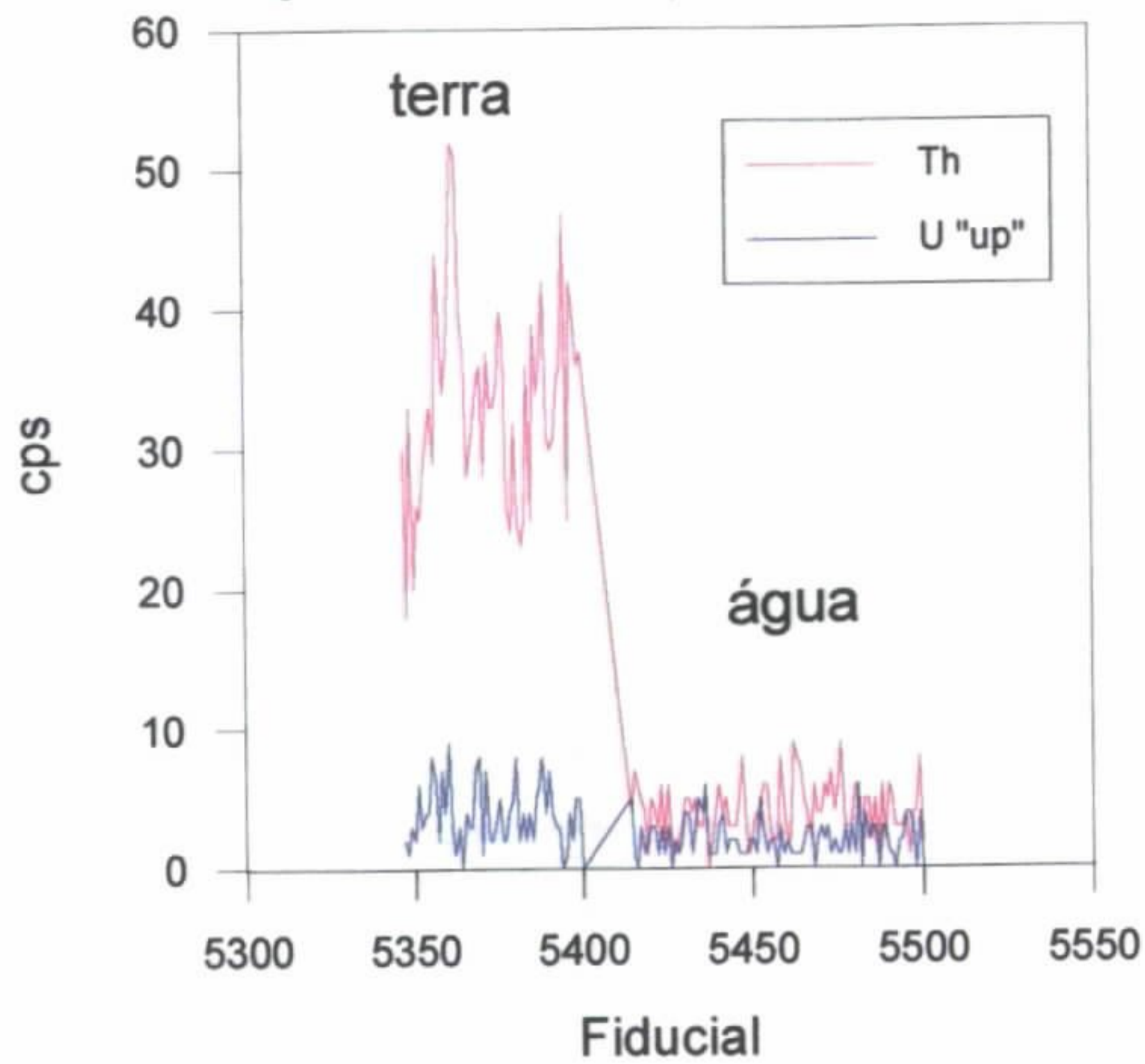


Figura 4- Perfil terra-água realizado em linha de vôo sobre e adjacente a represa de Três Marias. Este tipo de teste é feito para a calibração do detector *upward*. Note que o canal do urânio *up*, ao contrário do canal do tório, sofre muito pouca influência do terreno, o que é indicativo do perfeito funcionamento do sistema. Teste realizado no dia 02/03/96.



GEOMAG

Extraindo-se o logaritmo neperiano na relação acima, tem-se:

$$\text{Ln}(N_H) = -\mu H + \text{Ln}(N_0)$$

que é a equação de uma reta de coeficiente angular $-\mu$ e coeficiente linear $\text{Ln}(N_0)$. Na determinação dos coeficientes de atenuação atmosférica (μ) para cada um dos canais radiométricos são efetuadas regressões lineares dos logaritmos neperianos dos valores radiométricos $\text{Ln}(N_H)$ em relação às alturas de vôo. Os vôos foram realizados sobre uma linha teste próxima à cidade de Itabira, na faixa de altura de 100 a 300m em intervalos de 50m. Esta faixa cobre a quase totalidade dos aerolevamentos.

Os valores de μ obtidos foram corrigidos do *background* (seção 3.5.2.2) e do efeito de espalhamento Compton (seção 4.2.2.6) como a seguir, cujo gráfico está ilustrado na Figura 5.

| CANAL | μ em m^{-1} |
|----------------|--------------------------|
| Contagem Total | 0.00415 |
| Potássio | 0.00344 |
| Urânio | 0.00338 |
| Tório | 0.00434 |

A aplicação da correção é feita conforme mostrado a seguir:

Fazendo na equação (1) $H = H_{150} = 150\text{m}$ (altura padrão do levantamento)

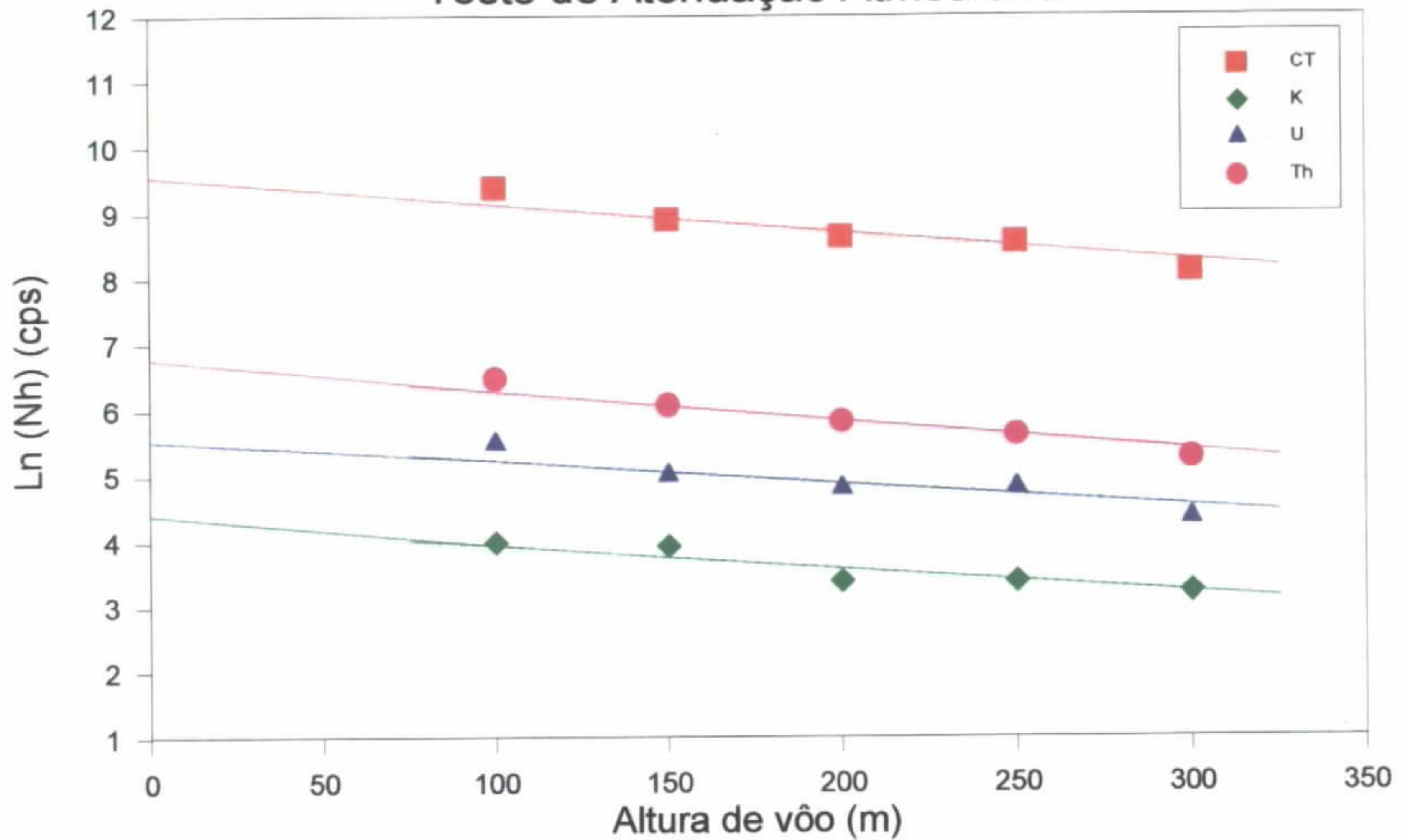
Fica:

$$N_{150} = N_0 e^{-\mu H_{150}} \quad (2)$$

Dividindo-se (2) por (1), obtém-se

$$N_{150} = N_H e^{-\mu(H_{150} - H)} \quad (3)$$

Faixa Itabira Ferros Teste de Atenuação Atmosférica



| Alt(m) | CT (cps) | K (cps) | U (cps) | Th (cps) |
|--------|----------|---------|---------|----------|
| 100 | 12042.5 | 54.7 | 248.1 | 662.3 |
| 150 | 7417.28 | 51.5 | 151.5 | 440.8 |
| 200 | 5682.24 | 30.2 | 123.7 | 344.5 |
| 250 | 5235.64 | 30 | 124.7 | 282.4 |
| 300 | 3362.98 | 25.8 | 78.8 | 196.4 |

Figura 5- Variação da taxa de contagem dos canais radiométricos com a altura da aeronave. Teste realizado dia 21/04/96 sobre região de calibração próxima à cidade de Itabira (MG).



GEOMAG

Onde:

N_{150} é a taxa de contagem normalizada para a altura do levantamento (150m) para determinado canal;

N_H é a taxa de contagem corrigida do *background* e do Efeito do Espalhamento Compton para determinado canal;

μ é o coeficiente de atenuação atmosférica para determinado canal;

H_{150} é a altura nominal do vôo (150m);

H é altura medida.

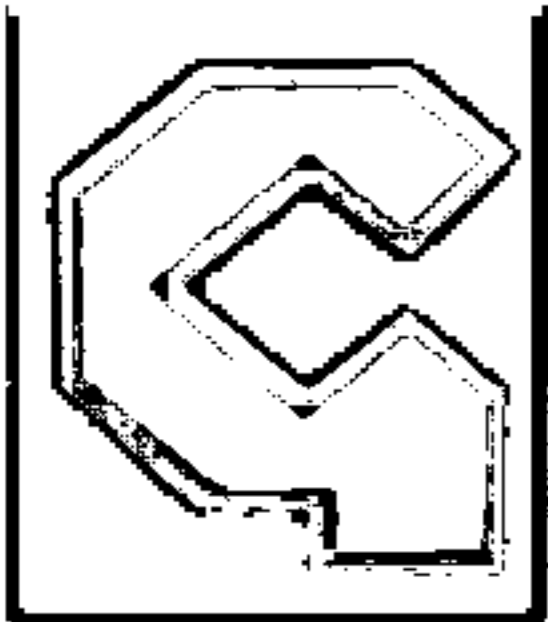
3.5.2.5 Calibração e Verificação da Estabilização do Espectro

No início e ao término de cada jornada de produção, com a aeronave estacionada sempre no mesmo local, introduz-se a bordo amostras-padrão de tório e urânio, em local pré-determinado junto aos cristais detectores do espectrômetro, de modo a verificar a calibração do espectrômetro. Ocorrendo variação maior que 5% entre os testes do início e final da jornada, os vôos de produção são repetidos.

Antes de cada vôo é feita a calibração do espectro utilizando-se para isso uma amostra de Césio.

3.5.3. Verificação do Radar-Altímetro

Este teste foi realizado durante o levantamento, envolvendo passagens sobre a pista de pouso do aeroporto de Barão de Cocais, em alturas que variaram de 200 a 800 pés, com incrementos de 100 pés.



GEOMAG

3.5.4. Testes Diários

3.5.4.1 Repetibilidade dos Dados

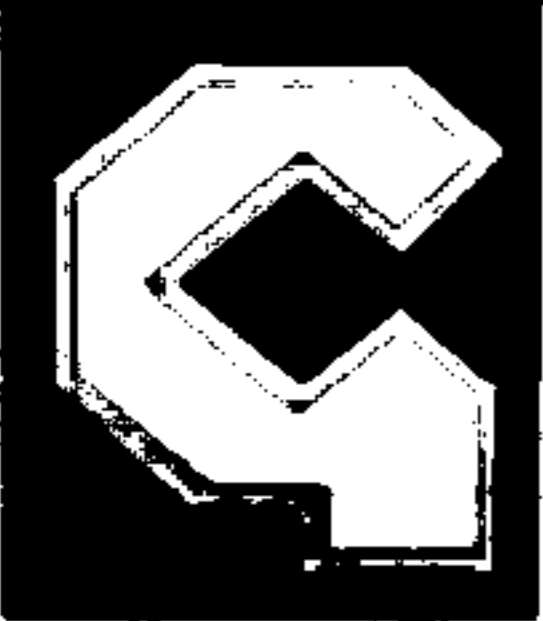
Os testes de repetibilidade dos dados foram realizados diariamente, com a finalidade de verificar a repetibilidade e a consistência das medições dos equipamentos geofísicos, e também para observar a existência ou não de supressão na radioatividade local.

O perfil de repetibilidade foi obtido no início e ao final de cada vôo, com extensão mínima de 5km, ao longo das pistas de pouso do aeroporto de Barão de Cocais, sempre na mesma direção e altura de vôo do levantamento (150m).

3.6. Pré-Processamento de Campo

Nesta fase os dados coletados em cada jornada de produção foram submetidos ao tratamento de campo que consiste em:

- a) Verificação da qualidade da gravação, identificação e separação dos trechos válidos dos perfis e testes, gravados em cada fita de campo;
- b) Edição e regravação do vôo em disquete para envio ao CPD da sede;
- c) Correção das coordenadas fornecidas pelo sistema GPS através do software PFINDER da TRIMBLE. Estas coordenadas corrigidas são originalmente referenciadas ao *Datum* WGS-84, sendo então, transformadas para o *Datum* SAD-69 obedecendo a metodologia especificada no Boletim de Serviço nº 1602, de 01.08.83, do IBGE.
- d) Reprodução do posicionamento da aeronave, com a plotagem dos percursos de cada perfil;
- e) Regravação dos dados de variação diurna do campo magnético;
- f) Verificação do comportamento do campo magnético, para controle de tempestades magnéticas ou gradiente anormal.



GEOMAG

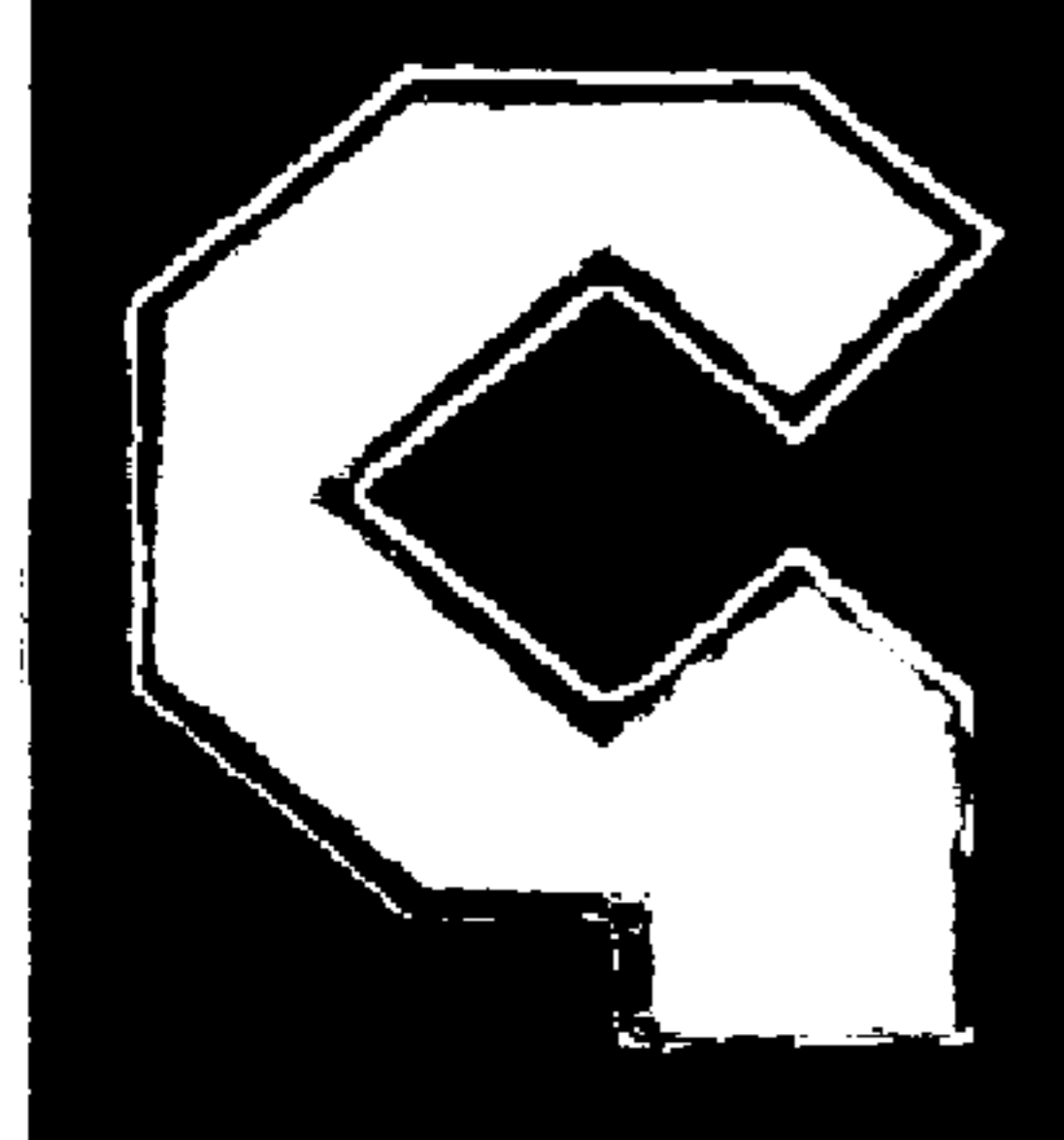
Os dados de campo verificados e aprovados pela CPRM foram transferidos para processamento no CPD da GEOMAG.

3.7. Estatística da Produção

A fase de campo foi iniciada em 10.02.96, com a chegada da aeronave PT-KAB à base de operações. Em 11.02.96 foi dado início à calibração dos equipamentos e aos testes contratuais previstos. Os vôos de produção foram iniciados em 13.02.96 e concluídos em 17.04.96.

Durante todo o período de campo os trabalhos foram demasiadamente prejudicados pelas condições meteorológicas muito adversas (24 dias), bem como pela inesperada necessidade da troca de um motor da aeronave (15 dias).

As Figuras 6 e 7 representam a evolução diária da produção de campo e a estatística mensal da produção de campo, respectivamente.

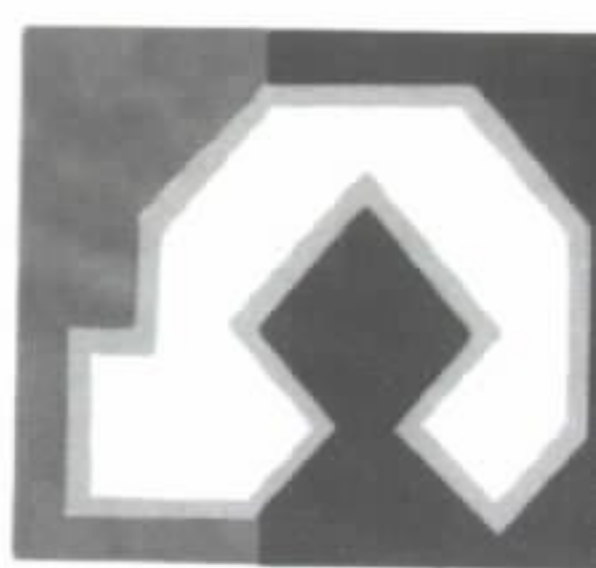


GEOMAG

EVOLUÇÃO DIÁRIA DA PRODUÇÃO DE CAMPO

| DATA | VÔO Nº | PRODUÇÃO DIÁRIA | | | COMENTÁRIOS |
|-----------|-----------|-----------------|----------|-------------|----------------------------|
| | | HORAS VOADAS | KM VOADO | KM APROVADO | |
| 10-Feb-96 | 4031/33 | 1.42 | | | Chegada em Barão de Cocais |
| 11-Feb-96 | 4034/35 | 2.17 | | | Testes |
| 12-Feb-96 | | | | | Testes |
| 13-Feb-96 | 4036 | 2.00 | 280 | 280 | |
| 14-Feb-96 | 4037/38 | 1.42 | 104 | 84 | |
| 15-Feb-96 | 4039 | 4.50 | 756 | 756 | |
| 16-Feb-96 | 4040 | 1.08 | 104 | 84 | Problema motor |
| 17-Feb-96 | | | | | Problema motor |
| 18-Feb-96 | | | | | Problema motor |
| 19-Feb-96 | 4041 | 0.75 | | | Problema motor |
| 20-Feb-96 | 4042 | 1.68 | 188 | 168 | Problema motor |
| 21-Feb-96 | | | | | Troca Motor |
| 22-Feb-96 | | | | | Troca Motor |
| 23-Feb-96 | | | | | Troca Motor |
| 24-Feb-96 | | | | | Troca Motor |
| 25-Feb-96 | | | | | Troca Motor |
| 26-Feb-96 | | | | | Troca Motor |
| 27-Feb-96 | | | | | Troca Motor |
| 28-Feb-96 | | | | | Troca Motor |
| 29-Feb-96 | | | | | Troca Motor |
| 01-Mar-96 | | | | | Troca motor |
| 02-Mar-96 | 4043/4044 | 1.60 | | | Testes |
| 03-Mar-96 | 4045 | 0.90 | | | Testes, teto baixo |
| 04-Mar-96 | | | | | Teto baixo |
| 05-Mar-96 | 4046 | 1.20 | | | Teto baixo |
| 06-Mar-96 | 4047 | 1.30 | | | Testes, teto baixo |
| 07-Mar-96 | 4048/49 | 1.60 | | | Testes, teto baixo |
| 08-Mar-96 | 4050 | 2.60 | 272 | 272 | |
| 09-Mar-96 | 4051 | 0.40 | | | Manutenção equipamento |
| 10-Mar-96 | | | | | Teto baixo, chuva |
| 11-Mar-96 | | | | | Teto baixo, chuva |
| 12-Mar-96 | | | | | Teto baixo, chuva |
| 13-Mar-96 | | | | | Teto baixo, chuva |
| 14-Mar-96 | 4052/53 | 2.70 | 253 | 253 | Teto baixo |
| 15-Mar-96 | 4054 | 2.60 | 336 | 336 | |
| 16-Mar-96 | 4055 | 4.60 | 652 | 652 | |
| 17-Mar-96 | 4056 | 2.80 | 336 | 336 | |
| 18-Mar-96 | 4057 | 1.00 | | | Pane aeronave |
| 19-Mar-96 | 4058 | 2.20 | 210 | 210 | |
| 20-Mar-96 | 4059 | 1.60 | 111 | 111 | |
| 21-Mar-96 | | | | | Teto baixo |
| 22-Mar-96 | | | | | Teto baixo |
| 23-Mar-96 | 4060 | 0.70 | | | Teto baixo |
| 24-Mar-96 | 4061 | 4.80 | 672 | 672 | |
| 25-Mar-96 | 4062/64 | 2.80 | 126 | 126 | |
| 26-Mar-96 | 4065 | 2.60 | 294 | 294 | |
| 27-Mar-96 | | | | | Teto baixo |
| 28-Mar-96 | 4066 | 2.50 | 294 | 294 | Teto baixo |
| 29-Mar-96 | | | | | Teto baixo |
| 30-Mar-96 | | | | | Pane estação base |
| 31-Mar-96 | 4067 | 2.50 | 203 | 203 | |
| 01-Apr-96 | 4068/69 | 2.50 | 157 | 70 | Teste de atenuação |
| 02-Apr-96 | | | | | Pane equipamento |
| 03-Apr-96 | 4070 | 2.00 | | | Testes, teto baixo |
| 04-Apr-96 | 4071 | 1.50 | | | Testes, teto baixo |
| 05-Apr-96 | 4072/74 | 2.90 | | | Testes, teto baixo |
| 06-Apr-96 | 4075/76 | 6.60 | 846 | 819 | |
| 07-Apr-96 | 4077 | 4.40 | 672 | 672 | |
| 08-Apr-96 | 4078 | 2.30 | 252 | 252 | |
| 09-Apr-96 | 4079 | 4.70 | 672 | 672 | |
| 10-Apr-96 | 4080 | 5.10 | 756 | 756 | |
| 11-Apr-96 | | | | | Teto baixo, chuvas |
| 12-Apr-96 | | | | | Teto baixo, chuvas |
| 13-Apr-96 | | | | | Teto baixo, chuvas |
| 14-Apr-96 | | | | | Teto baixo, chuvas |
| 15-Apr-96 | | | | | Teto baixo, chuvas |
| 16-Apr-96 | 4081 | 4.10 | 462 | 462 | |
| 17-Apr-96 | 4082 | 4.00 | 336 | 336 | |
| TOTAIS... | | 98.12 | 9,344 | 9,170 | |

Figura 6



ESTATÍSTICA MENSAL DO PROJETO GEMAS DE MINAS GERAIS
FAIXA ITABIRA FERROS
(KM APROVADO)

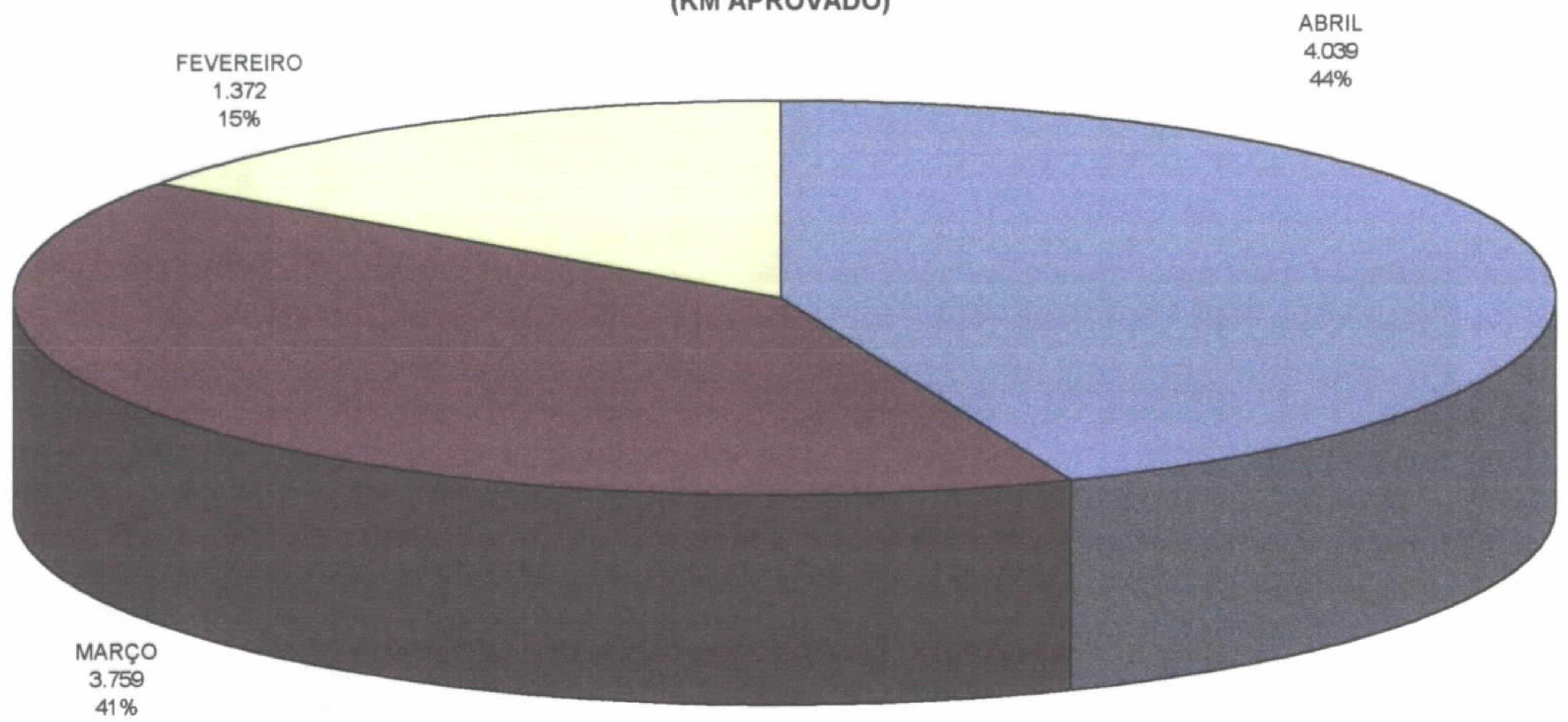


Figura 7



GEOMAG

4. PROCESSAMENTO DOS DADOS

O processamento dos dados do Projeto Gemas de Minas Gerais, faixa Itabira Ferros, foi executado pela GEOMAG, em seu centro de computação, localizado no Rio de Janeiro, constituído por computador Micro Vax 3180-90 da DIGITAL, microcomputadores tipo PENTIUM, mesa digitalizadora modelo Van Gogh da DIGIGRAF, plotadora *Drawing Master Plus* da Calcomp e plotadoras DesignJet 650C e 750C da HEWLETT PACKARD e *software* especialmente desenvolvido para compilação de dados aerogeofísicos. Os fluxogramas do processamento estão representados na Figura 8.

4.1. Preparação dos Dados

4.1.1. *Tratamento dos Dados Digitais*

Inicialmente os dados digitais dos perfis foram transferidos dos disquetes originais de campo para arquivo em disco no sistema VAX.

Nesta fase, os dados foram classificados por voo, perfil e fiducial, isolando-se os registros que, por várias razões, deveriam ser descartados, tais como trechos fora dos limites, rejeitados por navegação, mau funcionamento dos instrumentos ou por tempestade magnética.

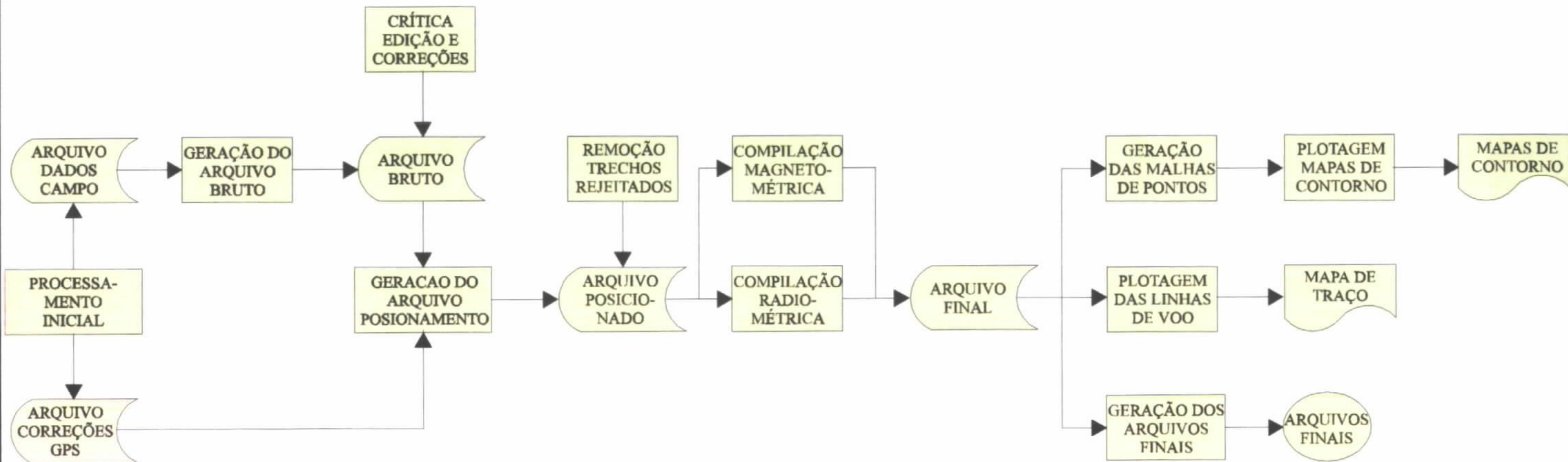
Simultaneamente, eventuais erros de gravação e valores anormais foram identificados e corrigidos.

4.1.2. *Determinação dos Traços de Voo*

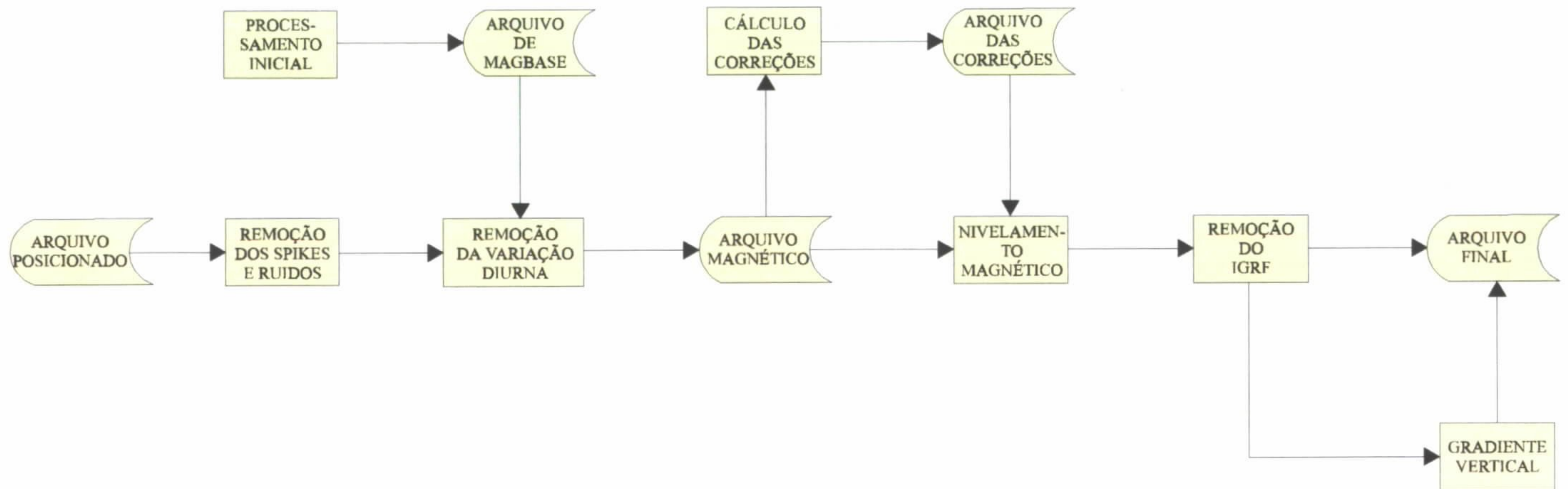
Os traços de voo foram obtidos, automaticamente, por plotagem direta dos arquivos de locações fornecidas pelo sistema GPS a bordo da aeronave, pós-processados no campo, a intervalos de 1s em média.

As interseções entre as linhas de voo e de controle foram determinadas automaticamente por interpolação das locações dos fiduciais anteriores e posteriores aos cruzamentos desses dois perfis.

FLUXOGRAMA DO PROCESSAMENTO



COMPILAÇÃO MAGNETOMÉTRICA



COMPILAÇÃO RADIOMÉTRICA





GEOMAG

4.1.3. Obtenção da Variação Magnética Diurna

Os dados do campo magnético total obtidos na base de operações foram registrados digitalmente e copiados para disquetes, com recobrimento de todo o período de aquisição observado em cada voo. A amostragem do campo terrestre foi obtida a intervalos de 5s.

4.2. Correções Aplicadas aos Dados Geofísicos

4.2.1. Magnetometria

4.2.1.1. Remoção da Variação Magnética Diurna

Os valores da variação diurna do Campo Magnético terrestre foram obtidos por subtração aos valores amostrados de um *Datum* Magnético, determinado para todo o período de observação do magnetômetro monitor.

Os valores obtidos foram interpolados linearmente e somados algébricamente aos valores amostrados ao longo das linhas de voo, tendo como base comum a hora de medição do campo a bordo ou em terra.

4.2.1.2. Nivelamento

O nivelamento magnético entre as linhas de voo e de controle foi efetuado em duas etapas distintas: na primeira, todos os pontos medidos foram corrigidos da variação diurna observada na estação base, seguindo-se então, a eliminação do desnível residual, utilizando-se dos valores observados nos cruzamentos das linhas de voo com as linhas de controle. O método descrito por Green (1983) foi adotado para eliminação das diferenças residuais.

4.2.1.3. Remoção da Variação do IGRF

O programa de remoção da variação do IGRF adota os coeficientes de 1995 atualizados para a época do levantamento, e para a altitude média de 1200m, obtidos a partir de programa e parâmetros fornecidos pelo NOAA-NGDC (1987).



GEOMAG

O cálculo da variação do IGRF é feito através de um conjunto de pontos distribuídos regularmente no interior da área, determinada uma superfície de tendência que expresse o comportamento do campo geomagnético da região.

A fórmula matemática obtida para definir o IGRF na área foi a seguinte:

$$T(nT) = A_{00} + A_{10} * \Delta X + A_{01} * \Delta Y + A_{11} * \Delta X * \Delta Y + A_{20} * \Delta X^2 + A_{02} * \Delta Y^2$$

onde:

$$A_{00} = 0,23784 \times 10^{+5}$$

$$A_{10} = -0,81738 \times 10^{-3}$$

$$A_{01} = 0,63520 \times 10^{-3}$$

$$A_{11} = -0,13959 \times 10^{-8}$$

$$A_{20} = 0,17579 \times 10^{-8}$$

$$A_{02} = 0,39787 \times 10^{-9}$$

$$\Delta X = X - 709123$$

$$\Delta Y = Y - 7848093$$

4.2.1.4. Cálculo do Gradiente Vertical do Campo Magnético

Para o cálculo do gradiente vertical do campo magnético (reduzido da variação do IGRF), os dados na forma de *grid* foram convertidos para o domínio da frequência, onde foi aplicada a fórmula abaixo:

$$L_{DV}(r) = 2\pi r$$

onde:

$$r = (u^2 + v^2)^{1/2} = \text{número de onda}$$

4.2.2. *Gamaespectrometria*

4.2.2.1 Correção do "Tempo Morto"

Define-se "Tempo Morto" como o tempo levado para processar todos os pulsos chegando ao detector em um segundo. Todas as janelas de dados gamaespectrométricos dos detectores *downward* devem ser corrigidas utilizando-se a expressão abaixo:

$$N = \frac{n}{1 - t}$$

onde N = contagens corrigidas em cada segundo

n = total de contagens processadas em cada segundo

t = "Tempo Morto" registrado pelo instrumento

4.2.2.2 Filtragem do Canal Cósmico e do Urânio *Upward*

Deve-se filtrar o canal cósmico e a leitura do urânio *upward* para redução do ruído estatístico. Essa filtragem foi feita utilizando-se um filtro média móvel de 21 pontos.

4.2.2.3 Remoção do *background* da aeronave e cósmico

Os *background* da aeronave e cósmico para cada canal são descritos pela fórmula abaixo (IAEA, 1991):

$$N = a + bC$$

onde: N é o *background* da aeronave e cósmico para cada canal

C é a contagem no canal cósmico registrada durante o levantamento

a é o *background* da aeronave em cada canal

b é o fator *stripping* cósmico para a janela

Os valores de a e b para cada canal foram calculados em vôos de calibração (seção 3.5.2).

Coeficientes de *background* da aeronave (a) e cósmico (b)

| | <i>a</i> (cps) | <i>b</i> |
|----------------|----------------|-----------|
| Contagem Total | 174.96 | 0.0051096 |
| Potássio | 11.26 | 0.007785 |
| Urânio | 7.63 | 0.006229 |
| Tório | 1.52 | 0.034644 |
| Urânio Up | 1.96 | 0.002761 |

Desta forma, o valor de N para cada canal é calculado a partir dos coeficientes *a* e *b* e do canal cósmico registrado em cada marca fiducial ao longo dos perfis. Os valores de N para cada canal são, em seguida, subtraídos dos respectivos valores registrados na altura do vôo, fiducial a fiducial.

A remoção do background da aeronave e cósmico, em cada canal radiométrico, é dada por

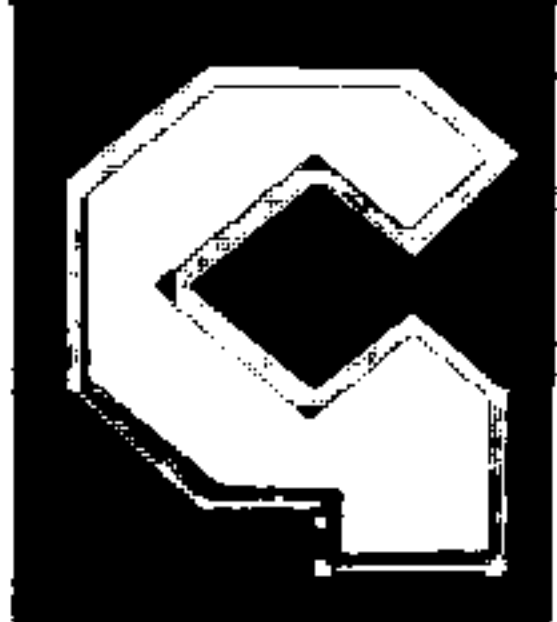
$$\begin{aligned}
 CT_{ac} &= CT_{bru} - N_{CT} \\
 K_{ac} &= K_{bru} - N_K \\
 U_{ac} &= U_{bru} - N_U \\
 Th_{ac} &= Th_{bru} - N_T \\
 Up_{ac} &= Up_{bru} - N_u
 \end{aligned}$$

onde o subscrito *ac* significa canal corrigido do *background* da aeronave e cósmico, o subscrito *bru* significa canal bruto corrigido do "Tempo Morto" (menos o canal do urânio *upward*) e os diversos *N* nas expressões acima são os *backgrounds* da aeronave e cósmico para os canais.

4.2.2.4 Remoção do *background* de radônio

A componente de radônio é obtida através da expressão abaixo (Grasty & Minty, 1995):

$$\begin{aligned}
 U_r &= \frac{u - a_1 U - a_2 T}{a_u - a_1 - a_2 a_T}
 \end{aligned}$$



GEOMAG

onde U_r é o *background* de radônio na janela de urânio *downward*

u é a contagem medida na janela de urânio *upward*

U é a contagem medida na janela de urânio *downward*

T é a contagem medida na janela de tório

As contagens de u , U , e T devem ser previamente corrigidas do efeito do *background* cósmico e de aeronave. a_1 e a_2 são fatores de proporcionalidade que relacionam as contribuições de urânio e tório do solo no detector *upward*, a_u é a razão entre as janelas de urânio *upward* e *downward* para um espectro puro de radônio, a_T é a razão entre as janelas de tório e a de urânio *downward* para um espectro puro de radônio. Todos esses fatores foram obtidos a partir de testes de calibração de *background* de radônio (seção 3.5.2.3).

Os valores das constantes são:

$$a_u = 0.2$$

$$a_1 = 0.0$$

$$a_2 = 0.0575$$

$$a_T = 0.2$$

Após determinar as constantes de calibração a a partir de regressão linear (Figura 3) e considerando que as constantes b são desprezadas (Grasty, 1996, comunicação pessoal), deve-se calcular o valor de *background* de radônio nos diversos canais de urânio *up*, tório, potássio e contagem total, fiducial a fiducial, de cada perfil (linhas de vôo e de controle) como a seguir:

$$u_r = a_u U_r$$

$$T_r = a_T U_r$$

$$K_r = a_K U_r$$

$$CT_r = a_{CT} U_r$$

onde U_r é o *background* de radônio no canal do urânio *downward*

u_r é o *background* de radônio no canal do urânio *upward*

T_r é o *background* de radônio no canal do tório

K_r é o *background* de radônio no canal do potássio

CT_r é o *background* de radônio no canal da contagem total

O *background* de radônio é removido da taxa de contagem de cada canal, já previamente corrigido do "Tempo Morto" e dos *backgrounds* da aeronave e cósmico (seção 4.2.3), por:

$$CT_{bg} = CT_{ac} - CT_r$$

$$K_{bg} = K_{ac} - K_r$$

$$U_{bg} = U_{ac} - U_r$$

$$Th_{bg} = Th_{ac} - T_r$$

onde:

CT_{bg} é o canal de contagem total removido dos *backgrounds* da aeronave e cósmico (CT_{ac}) e radônio (CT_r).

K_{bg} é o canal de potássio removido dos *backgrounds* da aeronave e cósmico (K_{ac}) e radônio (K_r).

U_{bg} é o canal de urânio removido dos *backgrounds* da aeronave e cósmico (U_{ac}) e radônio (U_r).

Th_{bg} é o canal de tório removido dos *backgrounds* da aeronave e cósmico (Th_{ac}) e radônio (T_r).

4.2.2.5 Cálculo da altura efetiva

Em áreas de topografia acidentada, os dados de altímetro devem ser previamente filtrados de modo a suavizar saltos repentinos, que aparecem quando se voa sobre esse tipo de terreno, quando se faz a correção de altitude nos dados. Assim, foi aplicado um filtro média móvel de 9 pontos ao canal. Os dados devem ser convertidos para uma altura efetiva (h_e) a uma temperatura e pressão padrão (CNTP) através da expressão (Grasty & Minty, 1995):

$$h_e = \frac{h \times P \times 273}{1013 \times (T+273)}$$

onde:

h é a altura de vôo (em m) medida pelo radar altímetro

T é a temperatura média local (em °C) estimada na época do levantamento

P é a pressão média obtida (em mbar), a partir da medida de altitude barométrica, pela fórmula a seguir (Grasty & Minty, 1995):

$$P = 1013 \exp(-H / 8581)$$

onde H é altitude barométrica em metros.

4.2.2.6 Correção do Efeito do Espalhamento Compton

A correção do espalhamento Compton tem por objetivo a eliminação das influências das radiações gama de energia mais alta nas janelas de energia mais baixa, proporcionando a elevação das contagens nos canais de urânio e potássio por influência do tório, assim como nas contagens do potássio pelas radiações de urânio.

As correções são feitas sobre os valores já corrigidos do "Tempo Morto" e do *background*, por aplicação das fórmulas (IAEA, 1991):

$$NU_{corr} = \frac{NTh (g\beta - \alpha) + NU (1 - b\beta) + NK (b\alpha - g)}{A}$$

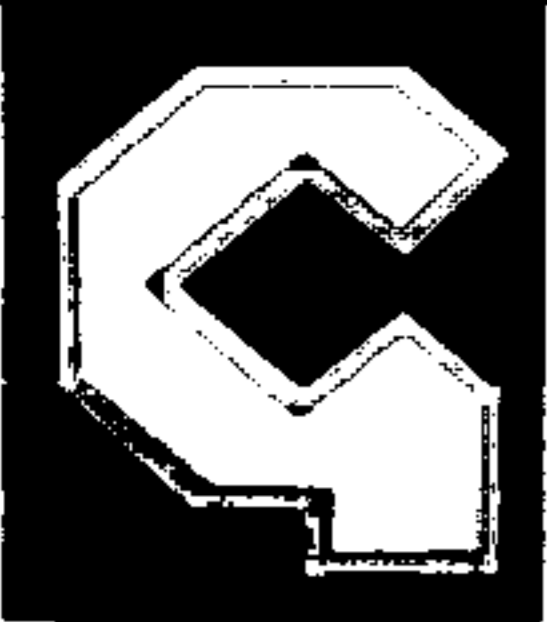
$$NTh_{corr} = \frac{NTh (1 - g\gamma) + NU (b\gamma - a) + NK (ag - b)}{A}$$

$$NK_{corr} = \frac{NTh (\alpha\gamma - \beta) + NU (\alpha\beta - \gamma) + NK (1 - a\alpha)}{A}$$

$$A = 1 - g\gamma - a(\gamma - gb) - b(\beta - \alpha\gamma)$$

onde, NU , NTh e NK são os valores das radiações dos canais de U , Th e K já corrigidos do *background*, e NU_{corr} , NTh_{corr} e NK_{corr} são os valores das radiações do Urânio, Tório e Potássio corrigidos do efeito do espalhamento Compton.

As constantes α , β e γ são os coeficientes de espalhamento Compton, definidas como:



GEOMAG

- α = número de cps no canal do urânio por contagem no canal do tório;
 a = número de cps no canal do tório por contagem no canal do urânio;
 β = número de cps no canal do potássio por contagem no canal do tório;
 b = número de cps no canal do tório por contagem no canal do potássio;
 γ = número de cps no canal do potássio por contagem no canal do urânio.
 g = número de cps no canal do urânio por contagem no canal do potássio.

Os valores de α , a , β , b , γ e g foram fornecidos pelo fabricante do sistema, a partir das medições realizadas com tanques-padrão, em 27 de setembro de 1995, considerando-se o volume total dos cristais detectores de 2048 polegadas cúbicas.

Foram determinadas e utilizadas no processamento as seguintes constantes:

| | | | |
|----------|----------|-----|---------|
| α | = 0,266, | a | = 0,053 |
| β | = 0,415, | b | = 0,003 |
| γ | = 0,750, | g | = 0,003 |

Esses coeficientes são determinados para o nível do solo. Entretanto, devido ao espalhamento dos raios gamas na atmosfera os coeficientes α , β e γ aumentam com a altura de voo, devendo, portanto, ser corrigidos desse efeito. As constantes a , b , g não sofrem correções de acréscimo por metro por serem muito pequenas e causarem pouco efeito na correção dos canais.

Aumento do Coeficiente Compton com altura da aeronave (IAEA, 1991):

| Coeficiente | Acréscimo por metro |
|-------------|---------------------|
| α | 0,00049 |
| β | 0,00065 |
| γ | 0,00069 |

Os valores de α , β e γ foram corrigidos, fiducial a fiducial, para a altura efetiva de voo.



GEOMAG

4.2.2.7 Correção Altimétrica

Esta correção foi conduzida com objetivo de referir os valores radiométricos à altura padrão do aerolevamento (150m) eliminando, com isso, falsas anomalias radiométricas, ocasionadas por elevações do terreno.

A aplicação da correção é feita pela fórmula a seguir, obtida no item 3.5.2.4:

$$N_{150} = N_H \cdot e^{-\mu (H_{150} - H)}$$

Como para cada leitura são medidos N_H e H , calcula-se pela fórmula acima o valor de N_{150} para a altura de 150m. Os valores obtidos para μ (seção 3.5.2.4) foram :

| CANAL | μ em m^{-1} |
|----------------|--|
| Contagem Total | 0.00415 |
| Potássio | 0.00344 |
| Urânio | 0.00338 |
| Tório | 0.00434 |

A correção de altura foi feita sobre os valores radiométricos corrigidos do "Tempo Morto", *background* e Efeito do Espalhamento Compton.

4.3. Determinação das Razões U/Th, U/K e Th/K

As razões foram calculadas a partir dos valores radiométricos corrigidos, conforme descrito no item 4.2.2. Para evitar distorções causadas por valores próximos de zero no denominador foi adotado um limite inferior para os valores dos canais de Th e K, correspondentes a 5% do valor médio do canal, conforme a seguir:

$$\text{Th} = 1,7$$

$$\text{K} = 0,5$$

4.4. Apresentação das Informações Geofísicas

4.4.1. *Mapas de Contorno do Campo Magnético Total (Reduzido da variação do IGRF)*

Na geração do *grid* de contorno foram interpolados valores nos vértices de malhas quadradas, com dimensões de 100m x 100m.

A escolha dessas dimensões para o *grid* implica na filtragem automática de anomalias de semi-comprimento de onda menor que 100 metros, antes de iniciado o processo de interpolação.

O método utilizado para interpolação ao longo dos perfis foi o linear, enquanto que na direção normal a estes usou-se o método *Akima*.

As curvas de contorno foram traçadas segundo os intervalos de 2, 10 e 50nT nos mapas em 1:50.000, 1:100.000 e em 1:250.000.

Este tema, na escala de 1:250.000, também foi plotado em cores.

4.4.2. *Mapas de Contorno do Gradiente Vertical do Campo Magnético Total (Reduzido da Variação do IGRF)*

O *grid* de contorno foi gerado a partir do *grid* magnético de 100 x 100m.

As curvas de contorno foram traçadas a cada 0,02nT/m, 0,10nT/m e 0,50nT/m para as escalas de 1:50.000, 1:100.000 e 1:250.000.

Este tema também foi plotado em cores nas escalas de 1:100.000 e 1:250.000.

4.4.3. *Mapas de Contorno Radiométrico da Contagem Total*

Os mapas radiométricos de contagem total foram também elaborados a partir de *grids* regulares, com dimensões de 100m, tal como adotado nos mapas magnéticos.



GEOMAG

Os intervalos de contorno foram fixados em 50, 250 e 1.250cps para os mapas em 1:50.000, 1:100.000 e 1:250.000.

Este tema, também foi plotado em cores, nas escalas de 1:100.000 e 1:250.000.

4.4.4. Mapas de Contorno Radiométrico do Potássio, do Urânio e do Tório

Os mapas radiométricos de Potássio, Urânio e Tório, foram elaborados a partir de *grids* regulares, com dimensões de 100 x 100m, tal como adotado nos mapas magnéticos.

Os intervalos de contorno foram fixados em 5, 25 e 125cps para os mapas em 1:50.000, 1:100.000 e 1:250.000.

Estes temas também foram plotados em cores, nas escalas de 1:100.000 e 1:250.000.

4.4.5. Mapas de Pseudo-iluminação do Campo Magnético Total

Os mapas de pseudo-iluminação do campo magnético residual foram elaborados a partir do *grid*, com iluminação na direção de 50° e inclinação de 50°, nas escalas de 1:100.000 e 1:250.000.

4.4.6. Mapas da Distribuição Ternária dos Canais Radiométricos do Potássio, Urânio e Tório

Os mapas da distribuição ternária dos canais radiométricos do Potássio, Urânio e Tório foram elaborados, nas escalas de 1:100.000 e 1:250.000, atribuindo-se uma cor primária ao *grid* de cada elemento, e superpondo os *grids* no mesmo mapa. Cada cor foi distribuída pelo método de *Equal Area*, com a intensidade maior representando os valores mais altos. Para representar o urânio foi utilizada a cor ciano, para o tório a cor amarela e para o potássio a cor magenta.

4.5. Arquivos Digitais

Os arquivos digitais estão sendo apresentados em CD-ROM, gravados segundo o padrão ISO 9660.



GEOMAG

4.5.1. Informações das Linhas

Os dados registrados nas linhas de vôo e de controle estão gravados em arquivos denominados MAG.DAT (dados magnetométricos) e GAMA.DAT (dados gamaespectrométricos), cujo formato é especificado na Figura 9.

4.5.2. Informações dos Cruzamentos

Todas as informações dos cruzamentos entre linhas de vôo e de controle estão sendo também apresentadas em arquivo denominado CRUZAM.DAT cujo formato é especificado na Figura 10.

4.5.3. Arquivos padrão GEOSOFT

Estão sendo apresentados também, arquivos nos padrões XYZ e GRD da GEOSOFT (GEOSOFT, 1994). Os arquivos no padrão XYZ, denominados MAG.XYZ (dados magnetométricos) e GAMA.XYZ (dados gamaespectrométricos) têm seu formato descrito na Figura 11. Todas as coordenadas UTM estão referenciadas ao Meridiano Central 45°.

Os arquivos no padrão GRD foram denominados:

- MAG.GRD - Campo magnético total reduzido do IGRF
- MAGGV.GRD - Gradiente vertical do campo magnético
- CT.GRD - Contagem Total
- K.GRD - Potássio
- U.GRD - Urânio
- TH.GRD - Tório

**LEVANTAMENTO AEREO MAGNETOMETRICO E GAMAESPECTROMETRICO
DA FAIXA ITABIRA FERROS
FORMATO DOS ARQUIVOS COM INFORMACOES DAS LINHAS DE VOO**

| REGISTRO | NOME DO PROJETO | | | | | | | | | | DATA DO PROJETO | | | NOME DA EMPREITEIRA | CONTRATO | BLOCO | QUANTIDADE DE LINHAS | | ESPACAMENTO ENTRE LINHAS | |
|----------|-----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------------|-----|----|---------------------|----------|-------|----------------------|----------|--------------------------|----------|
| | | | | | | | | | | | INICIO | FIM | | | | | VOO | CONTROLE | VOO | CONTROLE |
| | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | |
| 01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| REGISTRO | ← DISPONIVEL → | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| REGISTRO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| REGISTRO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| REGISTRO | TIPO DO REGISTRO | COMPRIMENTO | FATOR DO BLOCO | OBSERVACOES |
|----------|----------------------------|-------------|----------------|---|
| 01 | REGISTRO-MESTRE DO PROJETO | 200 | | LRECL = 200, BLKSIZE = 8000, RECFM = FB |
| 02 | REGISTRO-MESTRE DA LINHA | | | (TODOS OS CAMPOS EM CARATER) |
| 03 | REGISTRO DE DETALHE | | | (TODOS OS CAMPOS EM CARATER) |
| | | | | |
| | | | | |

**LEVANTAMENTO AEREO MAGNETOMETRICO E GAMAESPECTROMETRICO
DA FAIXA ITABIRA FERROS
FORMATO DO ARQUIVO COM INFORMACOES DOS CRUZAMENTOS**

| FORMATO | 16 | F 8.1 | 312.2x | F 8.1 | F 10.0 | F 8.1 | F 8.1 | F 8.5 | DADOS DO CRUZAMENTO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|-----------------|--------------------|------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------------------|-------------------------|----------------|---------------------|--------------|------------------|------|-----|------|-----------------|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| DESCRICAO DO CAMPO | NUMERO DA LINHA | NUMERO DA FIDUCIAL | TEMPO (HHMMSS00) | ALTURA DO VOO | COORDENADAS UTM | INTENSIDADE DO CAMPO MAGNETICO TOTAL | DADOS DE ESPECTROMETRIA | RAZÕES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 8 | 16 | 24 | 32 | 52 | 68 | 132 | 156 | 172 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| UTM-E | UTM-N | VALOR BRUTO | VALOR RESIDUAL | CONTAGEM TOTAL BRUTA | CONTAGEM TOTAL CORRIGIDA | TORIO BRUTO | TORIO CORRIGIDO | POTASSIO BRUTO | POTASSIO CORRIGIDO | URANIO BRUTO | URANIO CORRIGIDO | U/Th | U/K | Th/K | NUMERO DA LINHA | NUMERO DA FIDUCIAL | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | 42 | 52 | 52 | 60 | 68 | 68 | 76 | 76 | 84 | 84 | 92 | 92 | 100 | 100 | 108 | 108 | 116 | 116 | 124 | 124 | 132 | 132 | 140 | 140 | 148 | 148 | 156 | 156 | 164 | 164 | 172 | 172 |

TAMANHO DO REGISTRO: 172 BYTES. FATOR DE BLOCO: 100.

Figura 10



GEOMAG

5. ORIGINAIS DO AEROLEVANTAMENTO

De acordo com as Instruções Reguladoras de Aerolevamento - IRA, Portaria nº 4172/FA-51 do EMFA, os registros originais do levantamento permanecerão sob a guarda e conservação da GEOMAG.

5.1. Gráficos das Linhas de Vôo

São os gráficos contendo as medições do aeromagnetômetro, aerogamaespectrômetro, altímetro e do magnetômetro terrestre, obtidos na área do levantamento.

Os perfis aéreos estão classificados por vôo e arquivados em caixas apropriadas. Um cabeçalho em cada gráfico fornece as informações necessárias ao seu entendimento. Os registros do magnetômetro terrestre estão classificados em ordem cronológica, em volume separado.

5.2. Registros Digitais de Vôo

As informações dos vôos foram gravadas em fitas *streamer*, em blocos de 4096bytes, e copiadas, vôo por vôo, para disquetes de 3½ polegadas.

5.3. Fita de Vídeo

As fitas de vídeo contendo as gravações dos percursos efetuados pela aeronave ao longo dos vôos de produção estão arquivadas em embalagens apropriadas e identificadas por grupos de vôos.



GEOMAG

6. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

6.1. Mapas de Contorno Branco e Preto

Estão sendo apresentados em anexo os seguintes mapas de contorno, nas escalas de 1:50.000, 1:100.000 e 1:250.000:

- . Campo Magnético Total (Reduzido da variação do IGRF).
- . Gradiente Vertical do Campo Magnético Total (Reduzido da variação do IGRF).
- . Radiométrico da Contagem Total.
- . Radiométrico do Potássio.
- . Radiométrico do Urânio.
- . Radiométrico do Tório.

A articulação das folhas, nas escalas de 1:50.000 e 1:100.000, é mostrada no anexo I, bem como inserida em cada volume de mapas.

Todos os mapas incluem a planimetria básica. Os mapas na escala de 1:50.000 incluem também o traço das linhas de vôo.

6.2. Mapas Coloridos

Estão sendo apresentados os seguintes temas de mapas coloridos, nas escalas de 1:100.000 e de 1:250.000:

- . Contorno do Campo Magnético Total (Reduzido da variação do IGRF).
- . Contorno do Gradiente Vertical do Campo Magnético Total (Reduzido da variação do IGRF).
- . Pseudo-Iluminação do Campo Magnético Total (Reduzido da variação do IGRF)
- . Contorno Radiométrico da Contagem Total.
- . Contorno Radiométrico do Potássio.
- . Contorno Radiométrico do Urânio.
- . Contorno Radiométrico do Tório.



GEOMAG

. Distribuição Ternária do Potássio, Urânio e Tório

Todos os mapas incluem a planimetria básica.

6.3. Arquivos Digitais

Na forma digital está sendo apresentado CD-ROM no padrão ISO 9660, contendo os dados magnéticos (campo total reduzido do IGRF) e radiométricos relativos ao levantamento, e os dados relativos aos pontos de interseção entre os perfis de medida e de controle.

Estão sendo apresentados também, em CD-ROM, os arquivos do tipo XYZ e GRD da GEOSOFT, contendo todos os dados processados.



GEOMAG

7. PESSOAL

7.1. Equipe Técnica

7.1.1. *Aquisição de Dados*

Os trabalhos de aquisição de dados contaram com a participação da seguinte equipe técnica:

| | |
|--------------------------|---|
| . Chefe de Equipe: | Júlio César Gomes Oliveira |
| . Eng.º Eletrônico: | Rubens José Ferreira |
| . Pilotos: | Maurício Vasconcellos Renato de Andrade Castro |
| . Operadores de Bordo: | Almir Luiz de Moura Antonio César da Fonseca Roberto Cláudio Araújo |
| . Mecânicos de Aeronave: | Jorge Eduardo Jesus Santos Luis Carlos Costa |

7.1.2. *Processamento dos Dados*

O processamento dos dados foi executado por:

| | |
|-------------|--|
| . Geólogos: | Maria Filipa da Gama, Carmem Silvia de Petribú Guimarães e Luiz Paulo Moura. |
| . Técnico: | Élcio Wilson Silva |

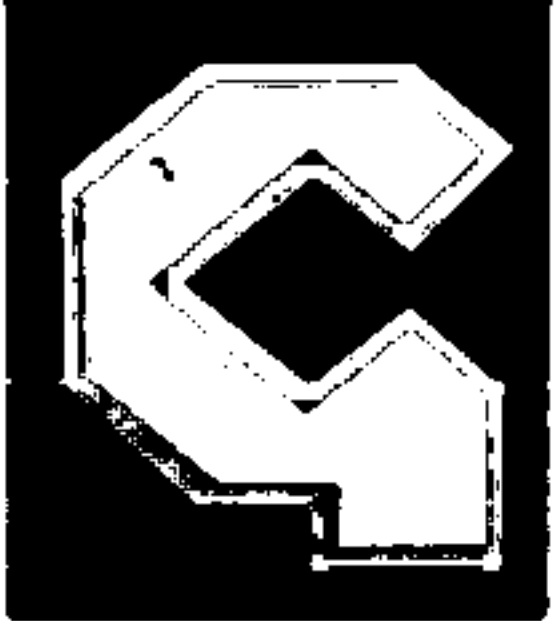


GEOMAG

7.1.3. Apoio e Supervisão

O apoio técnico e a montagem final estiveram a cargo dos técnicos Roberto Rocha e Cláudio Galhardo.

A supervisão geral e responsabilidade técnica do serviço esteve a cargo do geofísico Antonio Carlos Godoy.



GEOMAG

8. FISCALIZAÇÃO

Os trabalhos de campo foram acompanhados pelo técnico Michael Gustav Peter Drews, da Superintendência Regional de Belo Horizonte da CPRM (SUREG-BH), tendo a Divisão de Geofísica (DIGEOF) da CPRM, através do geólogo Luis Marcelo Fontoura Mourão, procedido ao controle de qualidade dos resultados obtidos e apresentados no Relatório Final do projeto.



GEOMAG

9. BIBLIOGRAFIA

Canadian GPS Associates, 1986, Guide to GPS positioning. Canadian Institute of Surveying and Mapping, Ottawa, Ontario, Canada.

GEOSOFT, 1994, Geosoft mapping and processing system. Geosoft, Inc., Toronto.

Grasty, R.L, Minty, B.R.S., 1995, A guide to the technical specifications for airborne gamma-ray surveys. Australian Geological Survey Organization. Record 1995/60. 89p.

Green, A.A. 1983, A comparison of adjustment procedures for leveling aeromagnetic survey data. *Geophysics*, **48**, 745-753.

IAEA, 1991, Airborne gamma ray spectrometer surveying. International Atomic Energy Agency, Vienna. Technical report series n° 323. 97p.

IBGE, 1993, Boletim de serviço n° 1602. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro.

NOAA-NGDC, 1987, Programa GEOMAG. W.Flanagan (programador). National Geophysical Data Center - World Data Center - A for Solid Earth Geophysics. Boulder, CO.

TRIMBLE, 1992, Pathfinder Professional System. TRIMBLE NAVIGATION LTD., Ontario.



GEOMAG

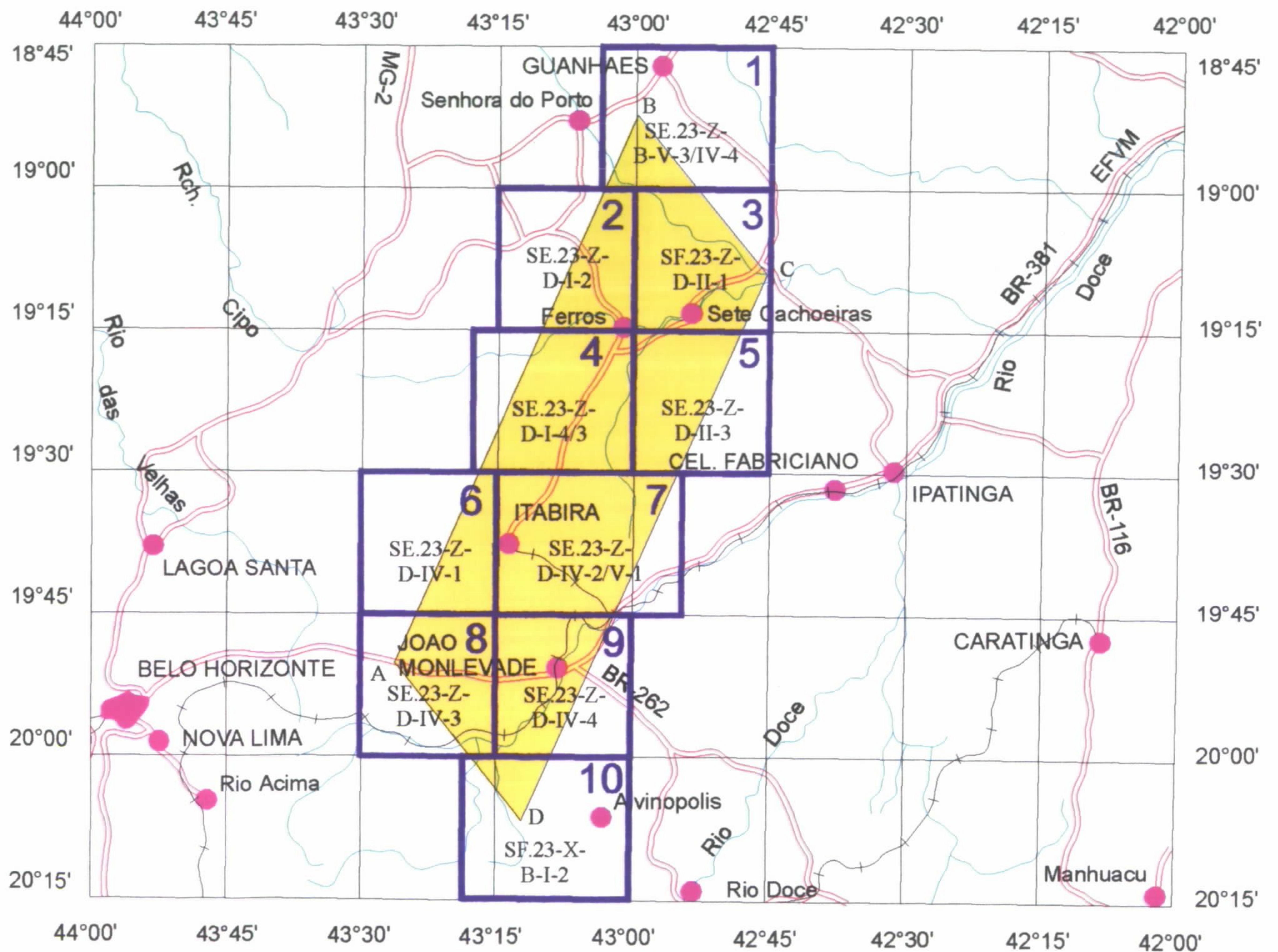
ANEXO I

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS EM 1:50.000, 1:100.000 E 1:250.000



PROJETO GEMAS DE MINAS GERAIS LEVANTAMENTO AÉREO MAGNETOMÉTRICO E GAMAESPECTOMÉTRICO DA FAIXA ITABIRA FERROS

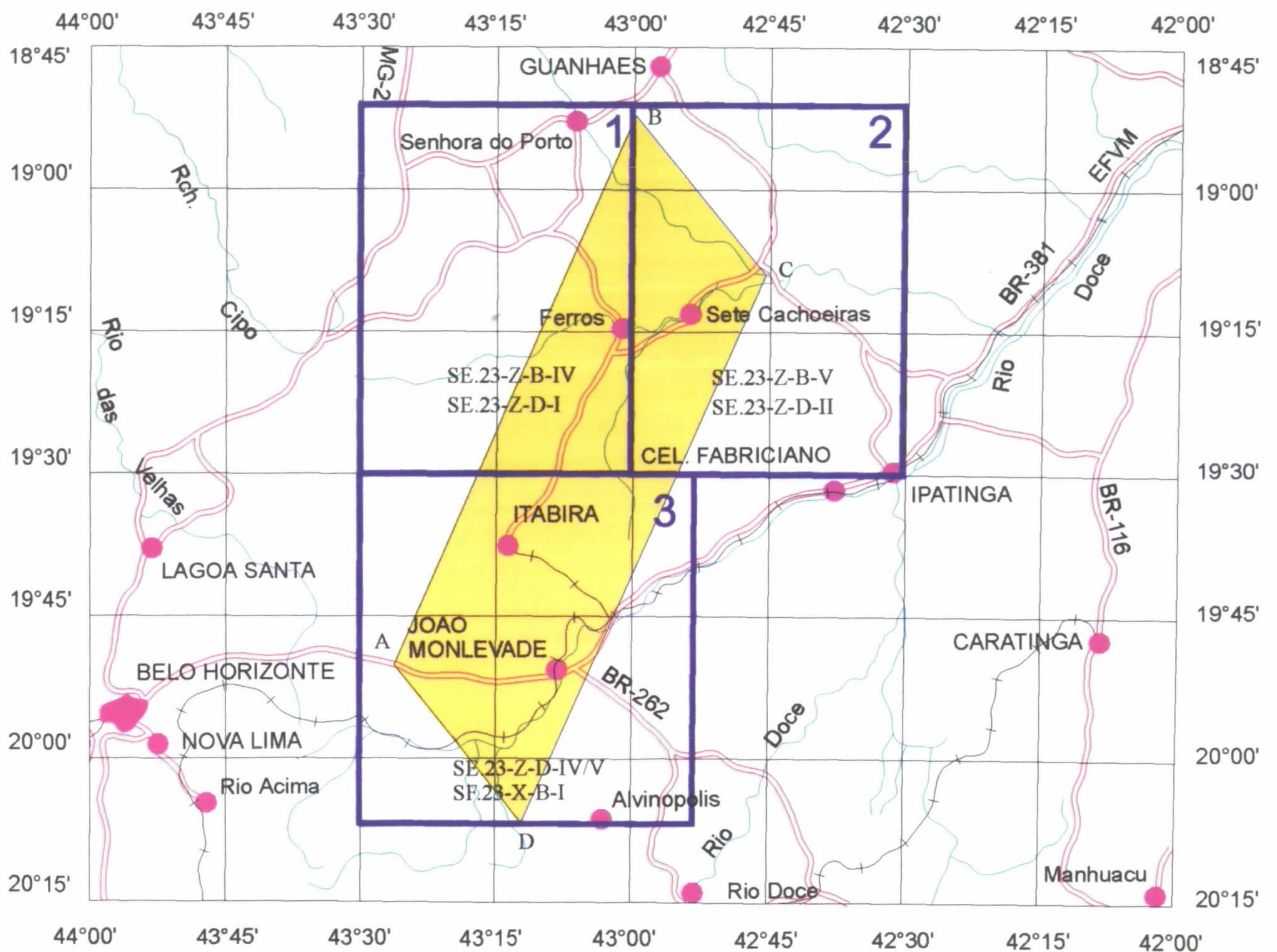
ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS NA ESCALA DE 1/50.000





PROJETO GEMAS DE MINAS GERAIS LEVANTAMENTO AÉREO MAGNETOMÉTRICO E GAMAESPECTOMÉTRICO DA FAIXA ITABIRA FERROS

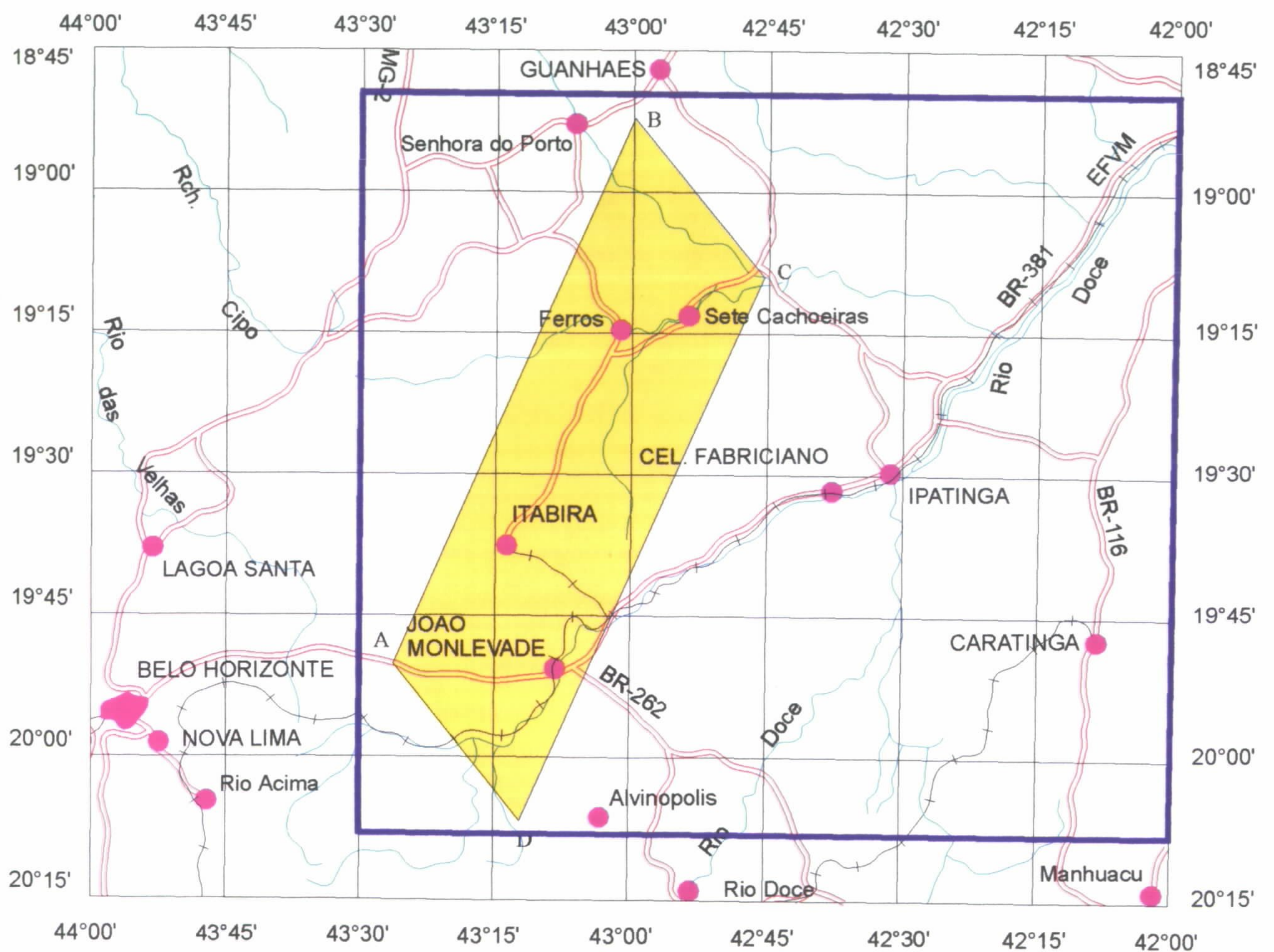
ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS NA ESCALA DE 1/100.000





PROJETO GEMAS DE MINAS GERAIS LEVANTAMENTO AÉREO MAGNETOMÉTRICO E GAMAESPECTOMÉTRICO DA FAIXA ITABIRA FERROS

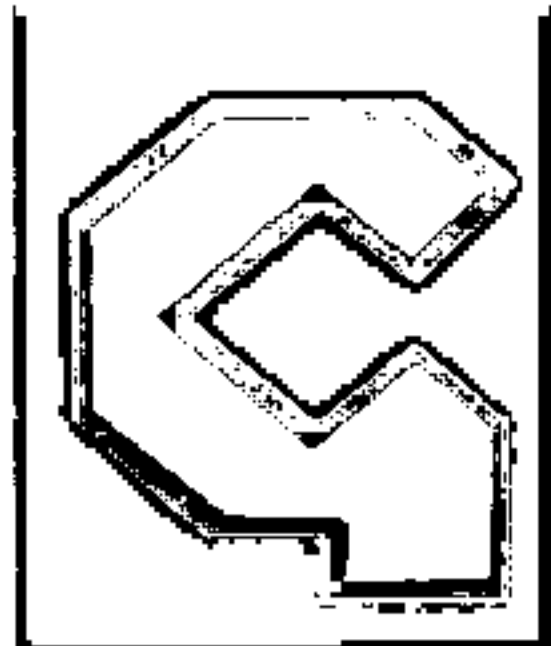
ARTICULAÇÃO DA FOLHA NA ESCALA DE 1/250.000





ANEXO II

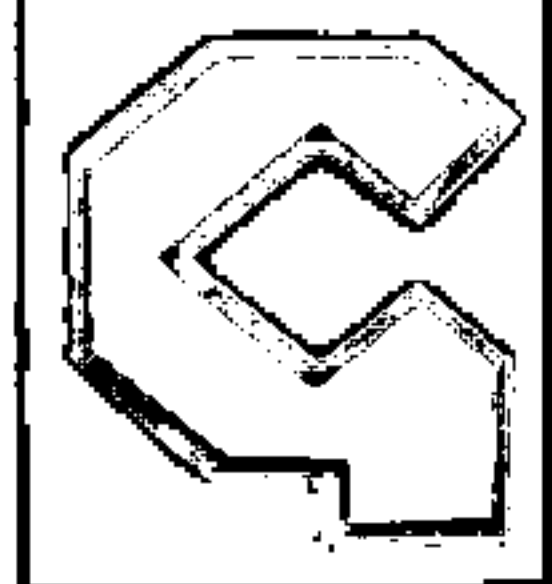
LISTAGEM DAS LINHAS APROVADAS E UTILIZADAS NO PROCESSAMENTO



GEOMAG

RELAÇÃO DE LINHAS VOADAS E APROVADAS

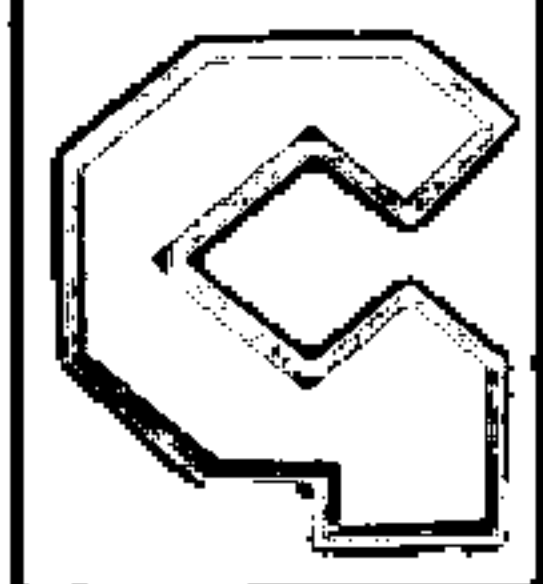
| LINHA | VÔO | DATA | HORA | | FIDUCIAL | |
|-------|-----|----------|----------|----------|----------|-------|
| | | | INICIAL | FINAL | INICIAL | FINAL |
| 10 | 37 | 14 05 96 | 18 00 34 | 18 11 23 | 376 | 1025 |
| 20 | 37 | 14 05 96 | 18 13 12 | 18 23 30 | 1109 | 1727 |
| 31 | 39 | 15 02 96 | 14 59 20 | 15 10 17 | 820 | 1477 |
| 40 | 39 | 15 02 96 | 15 12 16 | 15 22 24 | 1596 | 2204 |
| 50 | 39 | 15 02 96 | 15 24 23 | 15 35 34 | 2323 | 2994 |
| 60 | 39 | 15 02 96 | 15 37 37 | 15 47 51 | 3117 | 3731 |
| 70 | 39 | 15 02 96 | 15 49 46 | 16 00 55 | 3846 | 4515 |
| 80 | 39 | 15 02 96 | 16 02 55 | 16 13 04 | 4635 | 5244 |
| 90 | 39 | 15 02 96 | 16 15 28 | 16 26 35 | 5388 | 6055 |
| 100 | 39 | 15 02 96 | 16 28 20 | 16 38 24 | 6160 | 6764 |
| 110 | 39 | 15 02 96 | 16 39 52 | 16 51 18 | 6852 | 7538 |
| 120 | 39 | 15 02 96 | 16 53 10 | 17 03 15 | 7650 | 8255 |
| 130 | 39 | 15 02 96 | 17 04 44 | 17 15 42 | 8344 | 9002 |
| 140 | 39 | 15 02 96 | 17 17 32 | 17 27 24 | 9112 | 9704 |
| 150 | 39 | 15 02 96 | 17 29 19 | 17 40 14 | 9819 | 10474 |
| 160 | 39 | 15 02 96 | 17 42 08 | 17 52 03 | 10588 | 11183 |
| 170 | 39 | 15 02 96 | 17 53 49 | 18 04 46 | 11289 | 11946 |
| 180 | 39 | 15 02 96 | 18 06 27 | 18 16 22 | 12047 | 12642 |
| 190 | 39 | 15 02 96 | 18 17 59 | 18 29 12 | 12739 | 13412 |
| 200 | 39 | 15 02 96 | 18 38 54 | 18 48 43 | 13760 | 14349 |
| 210 | 40 | 16 02 96 | 18 44 15 | 18 55 06 | 874 | 1525 |
| 220 | 40 | 16 02 96 | 18 57 04 | 19 07 31 | 1643 | 2270 |
| 230 | 42 | 20 02 96 | 12 26 43 | 12 37 04 | 1004 | 1625 |
| 240 | 42 | 20 02 96 | 12 39 12 | 12 49 55 | 1753 | 2396 |
| 251 | 42 | 20 02 96 | 12 51 25 | 13 01 58 | 2486 | 3119 |
| 260 | 42 | 20 02 96 | 13 04 11 | 13 14 48 | 3252 | 3889 |
| 270 | 50 | 09 03 96 | 13 22 47 | 13 26 35 | 1470 | 1698 |
| 272 | 50 | 09 03 96 | 13 26 36 | 13 33 26 | 1699 | 2109 |
| 280 | 50 | 09 03 96 | 13 35 46 | 13 46 04 | 2249 | 2867 |
| 290 | 50 | 09 03 96 | 13 48 30 | 13 59 12 | 3013 | 3655 |
| 301 | 50 | 09 03 96 | 14 01 05 | 14 11 16 | 3768 | 4379 |
| 311 | 50 | 09 03 96 | 14 26 12 | 14 37 09 | 222 | 879 |
| 320 | 50 | 09 03 96 | 14 39 01 | 14 49 11 | 991 | 1601 |
| 330 | 53 | 15 03 96 | 17 58 04 | 18 01 40 | 1379 | 1595 |
| 331 | 50 | 09 03 96 | 14 51 35 | 14 59 10 | 1745 | 2200 |
| 340 | 53 | 15 03 96 | 18 07 58 | 18 18 36 | 1973 | 2611 |
| 350 | 53 | 15 03 96 | 18 21 02 | 18 31 29 | 2757 | 3384 |
| 360 | 53 | 15 03 96 | 18 33 29 | 18 44 08 | 3504 | 4143 |
| 370 | 53 | 15 03 96 | 18 46 15 | 18 57 12 | 4270 | 4927 |



GEOMAG

RELAÇÃO DE LINHAS VOADAS E APROVADAS

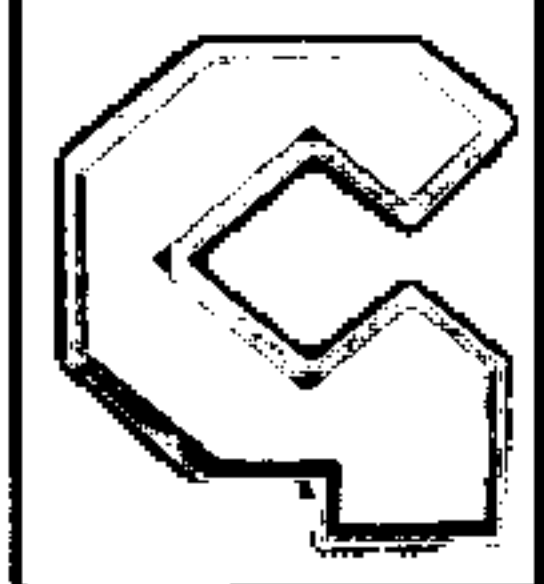
| LINHA | VÔO | DATA | HORA | | FIDUCIAL | |
|-------|-----|----------|----------|----------|----------|-------|
| | | | INICIAL | FINAL | INICIAL | FINAL |
| 380 | 53 | 15 03 96 | 18 59 36 | 19 10 16 | 5071 | 5711 |
| 391 | 55 | 17 03 96 | 16 32 20 | 16 36 10 | 9947 | 10177 |
| 392 | 53 | 15 03 96 | 19 12 30 | 19 20 29 | 5845 | 6324 |
| 400 | 54 | 16 03 96 | 17 55 17 | 18 05 44 | 2030 | 2657 |
| 410 | 54 | 16 03 96 | 18 07 38 | 18 18 38 | 2771 | 3431 |
| 420 | 54 | 16 03 96 | 18 20 25 | 18 30 50 | 3538 | 4163 |
| 430 | 54 | 16 03 96 | 18 33 02 | 18 43 54 | 4295 | 4947 |
| 440 | 54 | 16 03 96 | 18 45 43 | 18 56 07 | 5056 | 5680 |
| 450 | 54 | 16 03 96 | 18 57 59 | 19 08 51 | 5792 | 6444 |
| 460 | 54 | 16 03 96 | 19 10 53 | 19 21 36 | 6566 | 7209 |
| 470 | 54 | 16 03 96 | 19 23 35 | 19 34 27 | 7328 | 7980 |
| 480 | 55 | 17 03 96 | 13 04 14 | 13 14 23 | 1553 | 2162 |
| 490 | 55 | 17 03 96 | 13 16 27 | 13 27 23 | 2286 | 2942 |
| 500 | 55 | 17 03 96 | 13 29 34 | 13 40 08 | 3073 | 3707 |
| 511 | 55 | 17 03 96 | 13 55 57 | 14 06 23 | 564 | 1190 |
| 520 | 55 | 17 03 96 | 14 08 41 | 14 19 49 | 1328 | 1996 |
| 530 | 55 | 17 03 96 | 14 22 13 | 14 32 48 | 2140 | 2775 |
| 540 | 55 | 17 03 96 | 14 34 40 | 14 45 30 | 2887 | 3537 |
| 550 | 55 | 17 03 96 | 14 47 34 | 14 58 04 | 3661 | 4291 |
| 560 | 55 | 17 03 96 | 15 00 21 | 15 11 10 | 4428 | 5077 |
| 570 | 55 | 17 03 96 | 15 13 34 | 15 23 53 | 5221 | 5840 |
| 580 | 55 | 17 03 96 | 15 26 11 | 15 36 58 | 5978 | 6625 |
| 590 | 55 | 17 03 96 | 15 38 54 | 15 49 17 | 6741 | 7364 |
| 600 | 55 | 17 03 96 | 15 51 31 | 16 02 27 | 7498 | 8154 |
| 610 | 55 | 17 03 96 | 16 04 28 | 16 14 42 | 8275 | 8889 |
| 620 | 55 | 17 03 96 | 16 16 58 | 16 27 55 | 9025 | 9682 |
| 631 | 56 | 18 03 96 | 17 31 28 | 17 42 02 | 1726 | 2360 |
| 640 | 56 | 18 03 96 | 17 44 02 | 17 54 46 | 2480 | 3124 |
| 650 | 56 | 18 03 96 | 17 56 52 | 18 07 57 | 3250 | 3915 |
| 660 | 56 | 18 03 96 | 18 10 24 | 18 21 12 | 4062 | 4710 |
| 670 | 56 | 18 03 96 | 18 23 28 | 18 34 29 | 4846 | 5507 |
| 680 | 56 | 18 03 96 | 18 36 28 | 18 46 53 | 5626 | 6251 |
| 690 | 56 | 18 03 96 | 18 48 55 | 18 59 36 | 6373 | 7014 |
| 700 | 56 | 18 03 96 | 19 01 37 | 19 12 05 | 7135 | 7763 |
| 710 | 58 | 20 03 96 | 15 06 28 | 15 16 59 | 1826 | 2457 |
| 720 | 58 | 20 03 96 | 15 18 53 | 15 29 58 | 2571 | 3236 |
| 730 | 58 | 20 03 96 | 15 31 59 | 15 42 23 | 3357 | 3981 |
| 740 | 58 | 20 03 96 | 15 44 34 | 15 55 28 | 4112 | 4766 |
| 750 | 58 | 20 03 96 | 15 57 43 | 16 07 58 | 4901 | 5516 |



GEOMAG

RELAÇÃO DE LINHAS VOADAS E APROVADAS

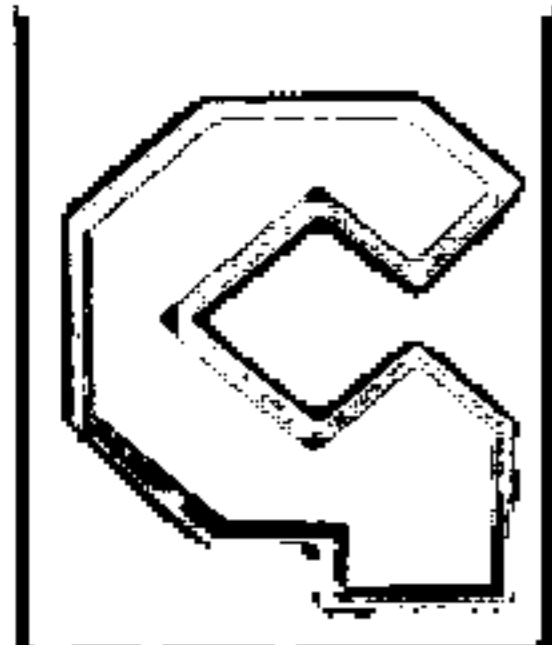
| LINHA | VÔO | DATA | HORA | | FIDUCIAL | |
|-------|-----|----------|----------|----------|----------|-------|
| | | | INICIAL | FINAL | INICIAL | FINAL |
| 760 | 59 | 21 03 96 | 14 23 48 | 14 34 23 | 1461 | 2096 |
| 770 | 59 | 21 03 96 | 14 35 52 | 14 46 43 | 2185 | 2836 |
| 781 | 76 | 07 04 96 | 18 41 10 | 18 52 16 | 1303 | 1968 |
| 790 | 61 | 25 03 96 | 13 18 14 | 13 28 24 | 1216 | 1826 |
| 800 | 61 | 25 03 96 | 13 30 59 | 13 42 12 | 1981 | 2654 |
| 810 | 61 | 25 03 96 | 13 44 56 | 13 54 42 | 2818 | 3404 |
| 820 | 61 | 25 03 96 | 13 56 59 | 14 08 09 | 3541 | 4211 |
| 830 | 61 | 25 03 96 | 14 10 07 | 14 20 07 | 4329 | 4929 |
| 840 | 61 | 25 03 96 | 14 22 10 | 14 33 06 | 5052 | 5708 |
| 850 | 61 | 25 03 96 | 14 34 56 | 14 45 04 | 5818 | 6426 |
| 860 | 61 | 25 03 96 | 14 47 19 | 14 58 10 | 6561 | 7212 |
| 870 | 61 | 25 03 96 | 14 59 40 | 15 09 46 | 7302 | 7908 |
| 880 | 61 | 25 03 96 | 15 11 39 | 15 22 35 | 8021 | 8677 |
| 890 | 61 | 25 03 96 | 15 24 20 | 15 34 43 | 8782 | 9405 |
| 900 | 61 | 25 03 96 | 15 36 40 | 15 47 19 | 9522 | 10161 |
| 910 | 61 | 25 03 96 | 15 57 01 | 16 07 25 | 149 | 773 |
| 920 | 61 | 25 03 96 | 16 09 15 | 16 19 47 | 883 | 1515 |
| 930 | 61 | 25 03 96 | 16 21 29 | 16 32 07 | 1617 | 2255 |
| 940 | 61 | 25 03 96 | 16 33 50 | 16 44 12 | 2358 | 2980 |
| 950 | 64 | 26 03 96 | 17 55 05 | 18 05 48 | 1311 | 1954 |
| 960 | 64 | 26 03 96 | 18 07 40 | 18 17 50 | 2066 | 2676 |
| 970 | 64 | 26 03 96 | 18 19 48 | 18 30 40 | 2794 | 3446 |
| 980 | 65 | 27 03 96 | 16 27 58 | 16 38 46 | 2059 | 2707 |
| 990 | 65 | 27 03 96 | 16 41 13 | 16 51 30 | 2854 | 3471 |
| 1000 | 65 | 27 03 96 | 16 54 12 | 17 04 55 | 3633 | 4276 |
| 1010 | 65 | 27 03 96 | 17 07 27 | 17 17 30 | 4428 | 5031 |
| 1020 | 65 | 27 03 96 | 17 19 40 | 17 30 19 | 5161 | 5800 |
| 1030 | 65 | 27 03 96 | 17 32 38 | 17 42 45 | 5939 | 6546 |
| 1040 | 65 | 27 03 96 | 17 44 35 | 17 55 06 | 6656 | 7287 |
| 1050 | 66 | 29 03 96 | 19 02 48 | 19 13 52 | 1734 | 2399 |
| 1060 | 66 | 29 03 96 | 19 15 55 | 19 25 53 | 2522 | 3120 |
| 1070 | 66 | 29 03 96 | 19 27 32 | 19 38 49 | 3219 | 3896 |
| 1080 | 66 | 29 03 96 | 19 40 54 | 19 50 57 | 4021 | 4624 |
| 1090 | 66 | 29 03 96 | 19 52 40 | 20 04 00 | 4727 | 5407 |
| 1100 | 66 | 29 03 96 | 20 06 28 | 20 16 27 | 5555 | 6154 |
| 1110 | 66 | 29 03 96 | 20 18 17 | 20 29 11 | 6264 | 6918 |
| 1120 | 76 | 07 04 96 | 18 59 09 | 19 09 23 | 2381 | 2995 |
| 1130 | 76 | 07 04 96 | 19 11 36 | 19 22 58 | 3128 | 3810 |
| 1140 | 76 | 07 04 96 | 19 24 59 | 19 35 07 | 3931 | 4539 |



GEOMAG

RELAÇÃO DE LINHAS VOADAS E APROVADAS

| LINHA | VÔO | DATA | HORA | | FIDUCIAL | |
|-------|-----|----------|----------|----------|----------|-------|
| | | | INICIAL | FINAL | INICIAL | FINAL |
| 1150 | 76 | 07 04 96 | 19 36 55 | 19 48 18 | 4647 | 5330 |
| 1160 | 77 | 08 04 96 | 12 13 10 | 12 23 55 | 1753 | 2398 |
| 1170 | 77 | 08 04 96 | 12 25 41 | 12 36 57 | 2504 | 3180 |
| 1180 | 77 | 08 04 96 | 12 38 52 | 12 49 28 | 3295 | 3931 |
| 1190 | 77 | 08 04 96 | 12 51 09 | 13 02 25 | 4032 | 4708 |
| 1200 | 77 | 08 04 96 | 13 04 13 | 13 14 32 | 4816 | 5435 |
| 1210 | 77 | 08 04 96 | 13 16 33 | 13 27 26 | 5556 | 6209 |
| 1220 | 77 | 08 04 96 | 13 29 28 | 13 39 42 | 6331 | 6945 |
| 1230 | 77 | 08 04 96 | 13 41 41 | 13 52 38 | 7064 | 7721 |
| 1240 | 77 | 08 04 96 | 13 54 39 | 14 05 24 | 7842 | 8488 |
| 1250 | 77 | 08 04 96 | 14 07 02 | 14 17 59 | 8586 | 9243 |
| 1260 | 77 | 08 04 96 | 14 19 43 | 14 30 02 | 9347 | 9966 |
| 1270 | 77 | 08 04 96 | 14 31 46 | 14 43 08 | 10070 | 10752 |
| 1280 | 77 | 08 04 96 | 14 44 55 | 14 55 22 | 10859 | 11486 |
| 1290 | 77 | 08 04 96 | 14 57 50 | 15 09 09 | 11634 | 12313 |
| 1300 | 77 | 08 04 96 | 15 10 58 | 15 21 39 | 12422 | 13063 |
| 1310 | 77 | 08 04 96 | 15 23 26 | 15 34 41 | 13170 | 13845 |
| 1320 | 78 | 09 04 96 | 18 10 48 | 18 21 12 | 1739 | 2363 |
| 1330 | 78 | 09 04 96 | 18 22 40 | 18 34 04 | 2451 | 3135 |
| 1340 | 78 | 09 04 96 | 18 35 58 | 18 46 22 | 3249 | 3873 |
| 1350 | 78 | 09 04 96 | 18 48 23 | 18 59 36 | 3994 | 4667 |
| 1360 | 78 | 09 04 96 | 19 01 22 | 19 12 07 | 4773 | 5413 |
| 1370 | 78 | 09 04 96 | 19 13 57 | 19 25 15 | 5523 | 6201 |
| 1380 | 79 | 10 04 96 | 13 01 43 | 13 12 38 | 1233 | 1888 |
| 1390 | 79 | 10 04 96 | 13 15 06 | 13 25 59 | 2036 | 2689 |
| 1400 | 79 | 10 04 96 | 13 27 34 | 13 38 30 | 2784 | 3440 |
| 1411 | 79 | 10 04 96 | 13 42 58 | 13 54 30 | 3705 | 4397 |
| 1420 | 79 | 10 04 96 | 13 56 48 | 14 07 39 | 4535 | 5186 |
| 1430 | 79 | 10 04 96 | 14 09 57 | 14 21 10 | 5324 | 5997 |
| 1440 | 79 | 10 04 96 | 14 23 15 | 14 34 10 | 6122 | 6777 |
| 1450 | 79 | 10 04 96 | 14 36 06 | 14 47 04 | 6893 | 7551 |
| 1460 | 79 | 10 04 96 | 14 49 05 | 14 59 57 | 7668 | 8320 |
| 1470 | 79 | 10 04 96 | 15 01 40 | 15 13 24 | 8423 | 9127 |
| 1480 | 79 | 10 04 96 | 15 15 35 | 15 20 03 | 9258 | 9526 |
| 1481 | 79 | 10 04 96 | 15 26 40 | 15 33 55 | 122 | 557 |
| 1490 | 79 | 10 04 96 | 15 36 04 | 15 46 52 | 686 | 1334 |
| 1500 | 79 | 10 04 96 | 15 48 51 | 15 59 17 | 1453 | 2079 |
| 1510 | 79 | 10 04 96 | 16 00 40 | 16 11 29 | 2162 | 2811 |
| 1520 | 79 | 10 04 96 | 16 13 40 | 16 24 12 | 2942 | 3574 |



GEOMAG

RELAÇÃO DE LINHAS VOADAS E APROVADAS

| LINHA | VÔO | DATA | HORA | | FIDUCIAL | |
|-------|-----|----------|----------|----------|----------|-------|
| | | | INICIAL | FINAL | INICIAL | FINAL |
| 1530 | 79 | 10 04 96 | 16 26 02 | 16 36 54 | 3684 | 4336 |
| 1540 | 80 | 17 04 96 | 12 11 09 | 12 21 37 | 915 | 1543 |
| 1550 | 80 | 17 04 96 | 12 23 40 | 12 35 03 | 1666 | 2349 |
| 1560 | 80 | 17 04 96 | 12 37 02 | 12 47 52 | 2468 | 3118 |
| 1570 | 80 | 17 04 96 | 12 49 34 | 13 00 31 | 3220 | 3877 |
| 1580 | 80 | 17 04 96 | 13 02 37 | 13 13 39 | 4001 | 4663 |
| 1590 | 80 | 17 04 96 | 13 15 18 | 13 26 12 | 4762 | 5416 |
| 1600 | 80 | 17 04 96 | 13 28 16 | 13 39 16 | 5540 | 6200 |
| 1610 | 80 | 17 04 96 | 13 41 49 | 13 52 46 | 6353 | 7010 |
| 1620 | 80 | 17 04 96 | 13 54 27 | 14 05 44 | 7111 | 7788 |
| 1630 | 80 | 17 04 96 | 14 07 31 | 14 18 16 | 7895 | 8540 |
| 1640 | 80 | 17 04 96 | 14 20 40 | 14 31 48 | 8684 | 9352 |
| 1650 | 80 | 17 04 96 | 14 33 52 | 14 44 43 | 9476 | 10127 |
| 1660 | 80 | 17 04 96 | 14 46 33 | 14 57 44 | 10237 | 10908 |
| 1670 | 80 | 17 04 96 | 14 59 38 | 15 10 32 | 11022 | 11676 |
| 1680 | 80 | 17 04 96 | 15 12 13 | 15 23 07 | 11777 | 12431 |
| 1690 | 80 | 17 04 96 | 15 24 40 | 15 35 27 | 12524 | 13171 |
| 1700 | 80 | 17 04 96 | 15 37 28 | 15 48 53 | 13292 | 13977 |
| 1710 | 80 | 17 04 96 | 15 50 41 | 16 01 28 | 14085 | 14732 |
| 1720 | 81 | 17 04 96 | 14 05 05 | 14 15 55 | 2031 | 2681 |
| 1730 | 81 | 17 04 96 | 14 18 01 | 14 28 26 | 2807 | 3432 |
| 1740 | 81 | 17 04 96 | 14 30 40 | 14 41 38 | 3566 | 4224 |
| 1750 | 81 | 17 04 96 | 14 44 00 | 14 54 26 | 4366 | 4992 |
| 1760 | 81 | 17 04 96 | 14 56 38 | 15 07 50 | 5124 | 5796 |
| 1770 | 81 | 17 04 96 | 15 09 46 | 15 20 20 | 5912 | 6546 |
| 1780 | 81 | 17 04 96 | 15 22 43 | 15 33 42 | 6689 | 7348 |
| 1790 | 82 | 21 04 96 | 17 11 06 | 17 21 27 | 1561 | 2182 |
| 1800 | 81 | 17 04 96 | 15 48 34 | 15 59 30 | 64 | 720 |
| 1810 | 81 | 17 04 96 | 16 02 04 | 16 12 24 | 874 | 1494 |
| 1820 | 81 | 17 04 96 | 16 14 33 | 16 25 10 | 1623 | 2260 |
| 1830 | 81 | 17 04 96 | 16 27 30 | 16 38 01 | 2400 | 3031 |
| 1840 | 82 | 21 04 96 | 17 23 11 | 17 34 16 | 2286 | 2951 |
| 1850 | 82 | 21 04 96 | 17 36 15 | 17 46 40 | 3070 | 3695 |
| 1860 | 82 | 21 04 96 | 17 48 56 | 17 59 56 | 3831 | 4491 |
| 1870 | 82 | 21 04 96 | 18 01 58 | 18 12 18 | 4613 | 5233 |
| 1880 | 82 | 21 04 96 | 18 14 32 | 18 25 51 | 5367 | 6046 |
| 1890 | 82 | 21 04 96 | 18 27 50 | 18 38 06 | 6165 | 6781 |
| 1900 | 82 | 21 04 96 | 18 40 27 | 18 51 32 | 6922 | 7587 |
| 1910 | 75 | 07 04 96 | 15 09 55 | 15 21 12 | 13183 | 13860 |



GEOMAG

RELAÇÃO DE LINHAS VOADAS E APROVADAS

| LINHA | VÔO | DATA | HORA | | FIDUCIAL | |
|-------|-----|----------|----------|----------|----------|-------|
| | | | INICIAL | FINAL | INICIAL | FINAL |
| 1920 | 75 | 07 04 96 | 14 56 58 | 15 08 08 | 12406 | 13076 |
| 1930 | 75 | 07 04 96 | 14 44 39 | 14 55 32 | 11669 | 12320 |
| 1940 | 75 | 07 04 96 | 14 31 51 | 14 42 50 | 10901 | 11560 |
| 1950 | 75 | 07 04 96 | 14 19 26 | 14 30 16 | 10156 | 10806 |
| 1960 | 75 | 07 04 96 | 14 06 15 | 14 17 21 | 9365 | 10031 |
| 1970 | 75 | 07 04 96 | 13 53 26 | 14 03 51 | 8596 | 9221 |
| 1980 | 75 | 07 04 96 | 13 40 53 | 13 52 13 | 7843 | 8523 |
| 1990 | 75 | 07 04 96 | 13 29 15 | 13 39 58 | 7148 | 7791 |
| 2000 | 75 | 07 04 96 | 13 16 24 | 13 27 34 | 6377 | 7047 |
| 2010 | 75 | 07 04 96 | 13 03 53 | 13 14 29 | 5626 | 6262 |
| 2020 | 75 | 07 04 96 | 12 51 37 | 13 02 26 | 4890 | 5539 |
| 2030 | 75 | 07 04 96 | 12 38 01 | 12 48 24 | 4074 | 4697 |
| 2040 | 75 | 07 04 96 | 12 25 28 | 12 36 20 | 3324 | 3976 |
| 2050 | 67 | 01 04 96 | 14 36 22 | 14 46 52 | 4588 | 5218 |
| 2060 | 67 | 01 04 96 | 14 24 06 | 14 34 42 | 3852 | 4488 |
| 2070 | 36 | 13 02 96 | 15 23 54 | 15 34 45 | 2993 | 3644 |
| 9010 | 36 | 13 02 96 | 14 50 00 | 15 21 24 | 959 | 2843 |
| 9020 | 67 | 01 04 96 | 13 43 22 | 14 16 59 | 1408 | 3425 |
| 9031 | 69 | 02 04 96 | 17 19 14 | 17 51 57 | 685 | 2648 |
| 9040 | 36 | 13 02 96 | 15 38 23 | 16 09 42 | 3862 | 5741 |