



**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL**

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME  
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

**CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL**

**PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)**

**PROJETO AEROGEOFÍSICO  
COMPLEMENTO DO TOCANTINS**

**RELATÓRIO FINAL DO LEVANTAMENTO E PROCESSAMENTO DOS DADOS  
MAGNETOMÉTRICOS E GAMAESPECTROMÉTRICOS**

**VOLUME I**

**TEXTO TÉCNICO**

**2007  
LASA ENGENHARIA E PROSPECÇÕES S/A.**

**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL**

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**

Silas Rondeau Cavalcante Silva  
Ministro de Estado

Nelson José Hubner Moreira  
Secretário Executivo

Cláudio Scliar  
Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

**CPRM - Serviço Geológico do Brasil**

Agamenon Sérgio Lucas Dantas  
Diretor-Presidente

Fernando Pereira de Carvalho  
Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento - DRI

Manoel Barretto da Rocha Neto  
Diretor de Geologia e Recursos Minerais - DGM

José Ribeiro Mendes  
Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial - DHT

Álvaro Rogério Alencar Silva  
Diretor de Administração e Finanças - DAF

Edilton José dos Santos  
Departamento de Geologia - DEGEO

Luís Marcelo Fontoura Mourão  
Divisão de Geofísica - DIGEOF

**Superintendências Regionais**

Manfredo Ximenes Ponte  
Superintendente de Belém

Hélio Pereira  
Superintendente de Belo Horizonte

Maria Abadia Camargo  
Superintendente de Goiânia

Daniel Borges Nava  
Superintendente de Manaus

José Alcides Fonseca  
Superintendente de Porto Alegre

José Wilson de C. Temoteo  
Superintendente de Recife

Ivanaldo Vieira Gomes da Costa  
Superintendente de Salvador

José Carlos Garcia Ferreira  
Superintendente de São Paulo

## APRESENTAÇÃO

No início do ano de 2004 o Governo Federal definiu, no *Plano Plurianual 2004/2007 (PPA 2004-2007)*, as políticas públicas setoriais dos seus diversos Ministérios por meio dos Programas e respectivos Subprogramas e Projetos.

No âmbito do Ministério de Minas e Energia e sua Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral (SGM/MME), compete à CPRM – Serviço Geológico do Brasil o planejamento e a execução do *Programa Geologia do Brasil (PGB)*, tendo como um de seus Subprogramas o de Levantamentos Geofísicos.

De acordo com o *Programa de Atividades Técnicas 2005 (PAT 2005)*, a CPRM – Serviço Geológico do Brasil, em 01 de Novembro de 2006, celebrou com a LASA ENGENHARIA E PROSPECÇÕES S.A. o terceiro termo aditivo ao Contrato nº 065/PR/05 para executar os serviços de aquisição e processamento de dados aeromagnetométricos e aerogamaespectrométricos do Projeto Aerogeofísico Complemento do Tocantins, o qual localiza-se na porção sul do Estado de Tocantins, junto a divisa com o Estado de Goiás.

A etapa de aquisição de dados do citado Projeto foi executada no período de 06 de Dezembro de 2006 a 12 de Janeiro de 2007.

Como base de operações para a etapa de aquisição de dados foi utilizada a cidade de Minaçu (GO), sendo usada uma aeronave Cessna, modelo C-208 B Caravan, prefixo PR-FAS, equipada com magnetômetro de bombeamento ótico de vapor de cézio da SCINTREX, modelo CS-2, gamaespectrômetro da EXPLORANIUM, modelo GR-820, de 256 canais espectrais e sistema de navegação GPS, com receptor Trimble AgGPS-132 DGPS.

Para o recobrimento do projeto foram utilizadas cerca de 105,1 horas de vôo, que resultaram no levantamento efetivo de 12.405,00 km de perfis aprovados pela Fiscalização da CPRM – Serviço Geológico do Brasil em uma área de cerca de 5.576 km<sup>2</sup>. O processamento dos dados e a elaboração do Relatório Final foram realizados entre os meses de Janeiro e Fevereiro de 2007.

Os produtos finais do Projeto Aerogeofísico Complemento do Tocantins estão sendo apresentados sob a forma de Relatório Final (4 exemplares), que consiste em texto técnico (Volume I) e Anexos (Volumes II a VII), os quais incluem os seguintes temas apresentados sob a forma de mapas coloridos nas escalas 1:100.000, segundo o corte cartográfico ao milionésimo e na escala 1:250.000 em folha única:

- ❑ Escalas 1:100.000: Mapas de Contorno do Campo Magnético Total Reduzido do IGRF (Campo Total, Primeira Derivada Vertical e Sinal Analítico) e de Contorno Radiométrico em Concentração de Elementos (Contagem Total, Potássio, Urânio, Tório e Razões eU/eTh, eU/K e eTh/K).
- ❑ Escala 1:250.000 (Folha Única): Mapas de Pseudo-Iluminação do Campo Magnético Total Reduzido do IGRF (Campo Total, Primeira Derivada Vertical e Sinal Analítico) e Radiométrico em Concentração de Elementos (Contagem Total, Potássio, Urânio, Tório, Razões eU/eTh, eU/K, eTh/K e Distribuição Ternária de Potássio, Urânio e Tório) e Mapa de Pseudo-Iluminação do Modelo Digital do Terreno.

Complementando os produtos finais, estão sendo também entregues 04 (quatro) coleções de 05 Mapas Digitais de Traço de Linhas de Vôo (escala 1:100.000), bem como dos arquivos digitais referentes aos metadados, dos arquivos XYZ (perfis) e em malhas (*grids*), estes últimos no tamanho de 125 x 125 m, ambos no formato GEOSOFT, como também arquivos digitais de todos os mapas do projeto nas citadas escalas e o arquivo do texto, figuras e tabelas do Volume I do Relatório Final do Projeto em formato PDF, todos os arquivos gravados em DVD-ROM.

**RELATÓRIO FINAL DO LEVANTAMENTO E PROCESSAMENTO DOS DADOS  
MAGNETOMÉTRICOS E GAMAESPECTROMÉTRICOS**

**PROJETO AEROGEOFÍSICO COMPLEMENTO DO TOCANTINS**

**ÍNDICE DOS VOLUMES**

<b>VOLUME I</b>	<b>TEXTO TÉCNICO E ANEXOS</b>
<b>VOLUME II</b>	<b>ANEXOS – ESCALA: 1:100.000</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• MAPA DE CONTORNO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF) (Folhas 1 a 5)</li><li>• MAPA DE CONTORNO DA 1ª DERIVADA VERTICAL DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF) (Folhas 1 a 5)</li></ul>
<b>VOLUME III</b>	<b>ANEXOS – ESCALA: 1:100.000</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• MAPA DE CONTORNO DO SINAL ANALÍTICO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF) (Folhas 1 a 5)</li><li>• MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA TAXA DE EXPOSIÇÃO DO CANAL DE CONTAGEM TOTAL (Folhas 1 a 5)</li></ul>
<b>VOLUME IV</b>	<b>ANEXOS – ESCALA: 1:100.000</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO (Folhas 1 a 5)</li><li>• MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE URÂNIO (Folhas 1 a 5)</li></ul>
<b>VOLUME V</b>	<b>ANEXOS – ESCALA: 1:100.000</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE TÓRIO (Folhas 1 a 5)</li><li>• MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/TÓRIO (Folhas 1 a 5)</li></ul>
<b>VOLUME VI</b>	<b>ANEXOS – ESCALA: 1:100.000</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/POTÁSSIO (Folhas 1 a 5)</li><li>• MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA RAZÃO TÓRIO/POTÁSSIO (Folhas 1 a 5)</li></ul>

**VOLUME VII**

**ANEXOS – ESCALA: 1:250.000**

- MAPA DE PSEUDO-ILUMINAÇÃO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF)  
(Folha Única)
- MAPA DE PSEUDO-ILUMINAÇÃO DA 1ª DERIVADA VERTICAL DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF)  
(Folha Única)
- MAPA DE PSEUDO-ILUMINAÇÃO DO SINAL ANALÍTICO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF)  
(Folha Única)
- MAPA RADIOMÉTRICO DA TAXA DE EXPOSIÇÃO DO CANAL DE CONTAGEM TOTAL  
(Folha Única)
- MAPA RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO  
(Folha Única)
- MAPA RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE URÂNIO  
(Folha Única)
- MAPA RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE TÓRIO  
(Folha Única)
- MAPA RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/TÓRIO  
(Folha Única)
- MAPA RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/POTÁSSIO  
(Folha Única)
- MAPA RADIOMÉTRICO DA RAZÃO TÓRIO/POTÁSSIO  
(Folha Única)
- MAPA RADIOMÉTRICO DA DISTRIBUIÇÃO TERNÁRIA DE POTÁSSIO, URÂNIO E TÓRIO  
(Folha Única)
- MAPA DE PSEUDO-ILUMINAÇÃO DO MODELO DIGITAL DO TERRENO  
(Folha Única)

**RELATÓRIO FINAL DO LEVANTAMENTO E PROCESSAMENTO DOS DADOS  
MAGNETOMÉTRICOS E GAMAESPECTROMÉTRICOS**

**PROJETO AEROGEOFÍSICO COMPLEMENTO DO TOCANTINS**

VOLUME I - TEXTO TÉCNICO

**SUMÁRIO**

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2. AQUISIÇÃO DE DADOS</b>	<b>3</b>
2.1 - Características do Levantamento	3
2.2 - Equipamentos Utilizados	3
2.2.1 - Aeronave	4
2.2.2 - Aeromagnetômetro	4
2.2.3 - Aerogamaespectrômetro	5
2.2.4 - Sistema de Aquisição de Dados	5
2.2.5 - Sistema de Vídeo	6
2.2.6 - Altímetros	7
2.2.7 - Sistema de Navegação e Posicionamento	7
2.2.8 - Magnetômetro Terrestre	7
2.3 - Planejamento e Mobilização	8
2.3.1 - Elaboração do Plano de Vôo	8
2.3.2 - Estatística das Operações	9
2.3.3 - Mapa do Projeto de Vôo	10
2.3.4 - Testes dos Equipamentos	10
2.3.5 - Cálculo da Resolução dos Cristais Detectores ( <i>Downward</i> e <i>Upward</i> )	15
2.3.6 - Calibração dos Detectores <i>Downward Looking</i>	16
2.3.7 - Calibração dos Detectores <i>Upward Looking</i>	18
2.4 - Compilação de Dados	18
2.5 - Equipe Técnica na Base de Operações	19

<b>3. PROCESSAMENTO DE DADOS</b>	<b>20</b>
3.1- Fluxo de Processamento	20
3.1.1 - Preparação do Banco de Dados do Levantamento	20
3.1.2 - Processamento dos Dados Magnetométricos	20
3.1.2.1 - Correção do Erro de Paralaxe	20
3.1.2.2 - Remoção da Variação Magnética Diurna	21
3.1.2.3 - Nivelamento dos Perfis	21
3.1.2.4 - Micronivelamento dos Perfis	22
3.1.2.5 - Remoção do IGRF	22
3.1.3 - Processamento dos Dados Radiométricos	22
3.1.3.1 - Correção do Tempo Morto	23
3.1.3.2 - Aplicação de Filtragem	23
3.1.3.3 - Correção do Erro de Paralaxe	23
3.1.3.4 - Cálculo da Altura Efetiva de Vôo	23
3.1.3.5 - Remoção do <i>Background</i> da Aeronave e Cósmico	23
3.1.3.6 - Remoção do <i>Background</i> do Radônio	24
3.1.3.7 - Estimativa dos Coeficientes <i>Skyshine</i> ( $a_1$ e $a_2$ )	25
3.1.3.8 - Correção do Efeito Compton	26
3.1.3.9 - Correção Altimétrica	26
3.1.3.10 - Conversão para Concentração de Elementos	27
3.1.4 - Determinação das Razões $eU/eTh$ , $eU/K$ e $eTh/K$	28
3.2 - Interpolação e Contorno	28
3.3 - Arquivo Final de Dados	28
3.4 - Equipe Envolvida no Processamento dos Dados	29
<b>4. CRONOGRAMA GERAL DAS OPERAÇÕES</b>	<b>31</b>

<b>5. PRODUTOS FINAIS</b> -----	<b>32</b>
5.1 - Mapas de Contorno do Campo Magnético Total, da 1ª Derivada Vertical e do Sinal Analítico do Campo Magnético Total (Reduzidos do IGRF)-	-----34
5.2 - Mapas Radiométricos dos Canais de Potássio, Urânio, Tório e Contagem Total -----	34
5.3 - Mapa Radiométrico Ternário -----	34
5.4 - Mapas das Razões Radiométricas eU/eTh, eU/K e eTh/K -----	34
5.5 - Mapa Pseudo-iluminado do Modelo Digital do Terreno -----	35
5.6 - Relatório Final -----	35
5.7 - Arquivos Digitais Finais -----	35
5.8 - Produtos Originais -----	37
<b>6. PARTICIPAÇÃO DA CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL</b> -----	<b>41</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> -----	<b>42</b>



## ÍNDICE DOS ANEXOS

- ANEXO I** - Resumo do Processo de Calibração dos Gamaespectrômetros
- Anexo I-a** - Resultado dos Testes da Resolução dos Cristais Detectores (*downward e upward*)
  - Anexo I-b** - Resultado do Teste sobre os Tanques de Calibração Portáteis para Determinação dos Coeficientes de Espalhamento Compton
  - Anexo I-c** - Determinação dos *Backgrounds* da Aeronave e Cósmico
  - Anexo I-d** - Determinação das Constantes de Calibração do Radônio
  - Anexo I-e** - Calibração Dinâmica – Resultados dos Testes
  - Anexo I-f** - Atenuação Atmosférica – Resultados dos Testes
- ANEXO II** - Testes Contratuais
- Anexo II-a** - Teste de Altímetros
  - Anexo II-b** - Compensação Magnética
  - Anexo II-c** - Teste de Paralaxe
- ANEXO III** - Quadros Sinópticos das Operações de Campo
- ANEXO IV** - Conteúdo do DVD-ROM
- ANEXO V** - Formato de Gravação dos Dados do Projeto
- ANEXO VI** - Listagem das Linhas Aprovadas e Utilizadas no Processamento

## ÍNDICE DAS FIGURAS

- Figura 1** - Localização da Área do Projeto Aerogeofísico Complemento de Tocantins ---- 1
- Figura 2** - Vértices do Projeto ----- 2
- Figura 3** - Aeronave Cessna C208B Caravan – PR-FAS----- 2
- Figura 4** - Exemplo de Registro de Magnetômetro de Base ----- 7
- Figura 5** - Mapa das Linhas de Vôo----- 8
- Figura 6** - Gráfico da Estatística das Operações ----- 9
- Figura 7** - Movimentos de *ROLL, PITCH* e *YAW*-----11
- Figura 8** - Fluxograma do Processamento de Dados-----30
- Figura 9** - Cronograma Geral das Operações -----31
- Figura 10** - Articulação das Folhas na Escala 1:100.000-----33

<b>Figura 11</b> - Mapa Pseudo-Iluminado do Campo Magnético Total (reduzido do IGRF) -----	38
<b>Figura 12</b> - Mapa Pseudo-Iluminado do Sinal Analítico do Campo Magnético Total (reduzido do IGRF)-----	38
<b>Figura 13</b> - Mapa Radiométrico da Taxa de Exposição do Canal de Contagem Total -----	39
<b>Figura 14</b> - Mapa Radiométrico Ternário (K-U-Th) -----	39
<b>Figura 15</b> - Mapa Radiométrico da Razão Tório/Potássio -----	40
<b>Figura 16</b> - Mapa de Pseudo-Iluminação do Modelo Digital do Terreno -----	40

### ÍNDICE DAS TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Coordenadas Geográficas do Projeto -----	2
<b>Tabela 2</b> - Equipamentos Utilizados -----	4
<b>Tabela 3</b> - Faixas Energéticas do Gamaespectrômetro e os Canais Correspondentes -----	5
<b>Tabela 4</b> - Quilometragem Produzida e Área Levantada-----	8
<b>Tabela 5</b> - Estatística das Operações -----	9
<b>Tabela 6</b> - Teste de Manobras -----	12
<b>Tabela 7</b> - Testes Diários com Amostras Radioativas no Solo-----	13
<b>Tabela 8</b> - Testes Diários de Repetibilidades Radioativas -----	15
<b>Tabela 9</b> - Concentração dos Tanques de Calibração Portáteis -----	16
<b>Tabela 10</b> - Coeficientes de Espalhamento <i>Compton</i> -----	17
<b>Tabela 11</b> - <i>Background</i> da Aeronave e <i>Cosmic Stripping Ratios</i> -----	17
<b>Tabela 12</b> - Constantes de Calibração do Radônio -----	25
<b>Tabela 13</b> - Coeficientes <i>Skyshine</i> -----	25
<b>Tabela 14</b> - Coeficientes de Atenuação Atmosférica-----	27
<b>Tabela 15</b> - Coeficientes de Sensibilidade -----	27
<b>Tabela 16</b> - Valores Mínimos para Cálculo das Razões Radiométricas -----	28
<b>Tabela 17</b> - Características da Apresentação dos Mapas Aerogeofísicos -----	32
<b>Tabela 18</b> - Características dos Intervalos de Contorno dos Mapas Aerogeofísicos-----	33
<b>Tabela 19</b> - Banco de Dados <i>Geosoft</i> (GDB) - Magnetometria-----	36
<b>Tabela 20</b> - Banco de Dados <i>Geosoft</i> (GDB) - Gamaespectrometria -----	37
<b>Tabela 21</b> - Arquivos de Cruzamentos XYZ - Magnetometria -----	37

## 1. INTRODUÇÃO

A área do levantamento aerogeofísico está contida na parte sul do Estado do Tocantins, junto a divisa com o Estado de Goiás, Região Centro-Oeste brasileira (Figura 1).

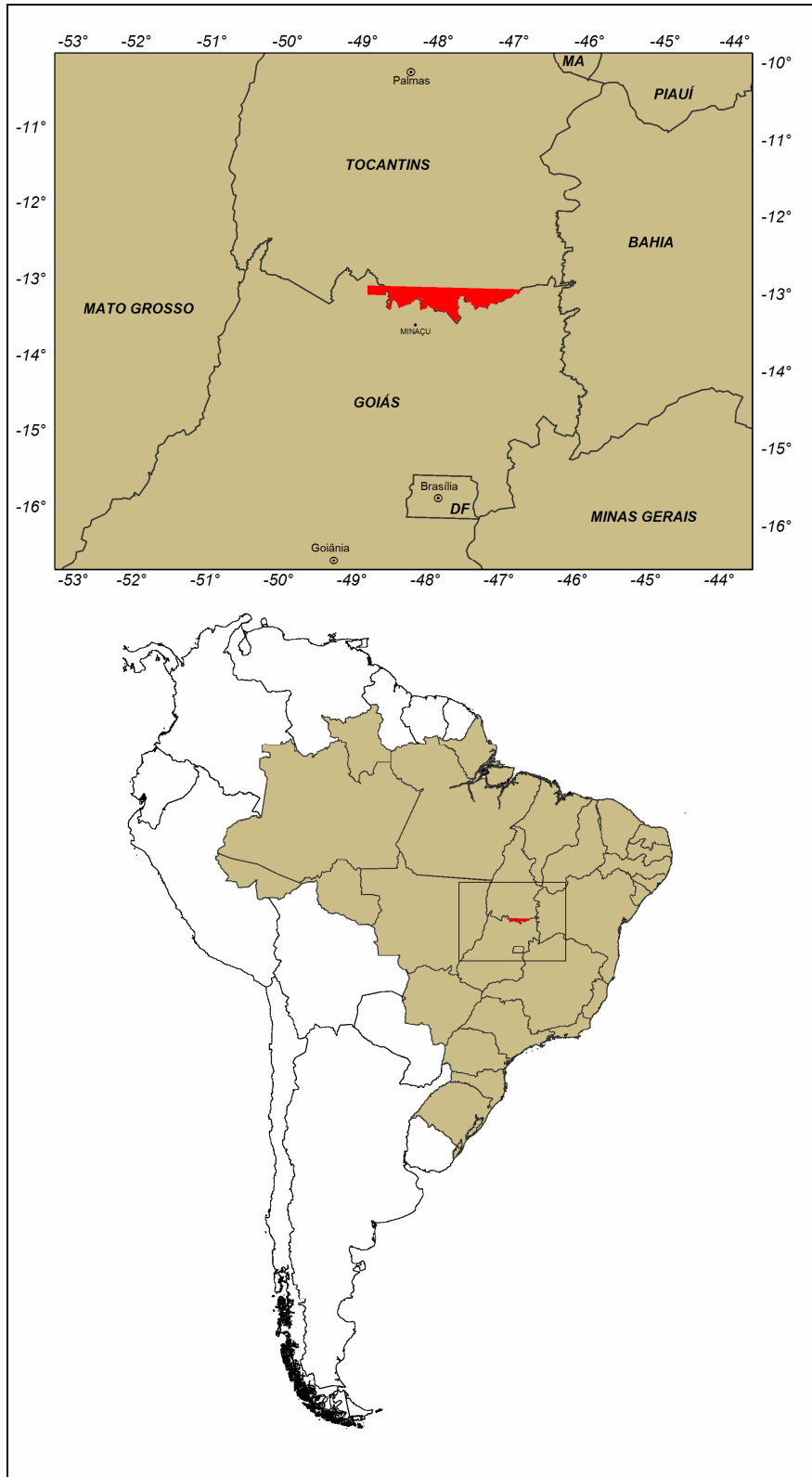


Figura 1 - Localização da Área do Projeto Aerogeofísico Complemento do Tocantins

O levantamento aerogeofísico constou do recobrimento de 12.405,00 km de perfis aeromagnetométricos e aerogamaespectrométricos de alta resolução, com linhas de vôo e controle espaçadas de 0,5 km e 10,0 km, respectivamente, orientadas nas direções N-S e E-W. A Figura 2 e a Tabela 1 apresentam as coordenadas geográficas que definem o polígono que envolve a área pesquisada. A altura de vôo foi fixada em 100 m sobre o terreno. Os trabalhos desenvolveram-se no período entre 06/12/2006 e 12/01/2007.

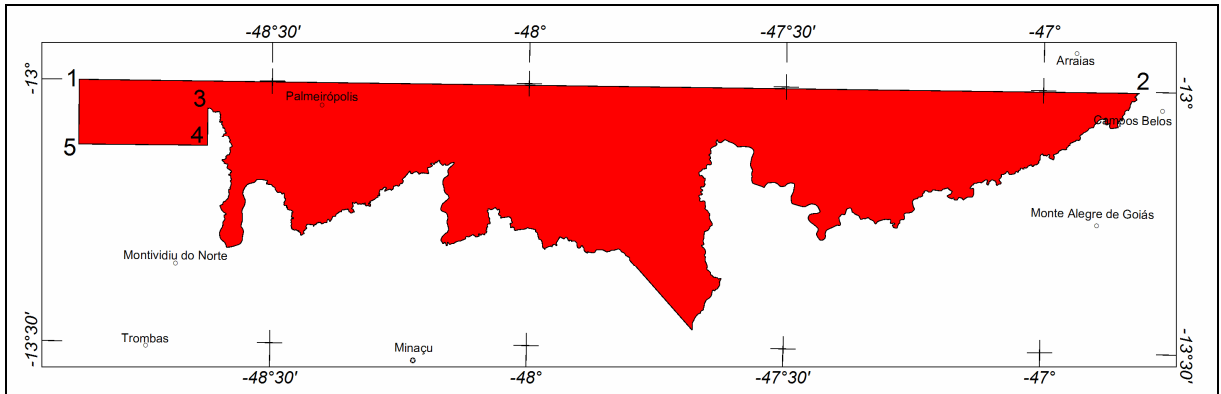


Figura 2 – Vértices do Projeto

VÉRTICE	LATITUDE	LONGITUDE
1	-13°00'01.56"	-48°52'31.57"
2	-13°00'07.46"	-46°48'51.28"
Divisa Tocantins/Goiás		
3	-13°03'10.61"	-48°37'30.37"
4	-13°07'29.99"	-48°37'30.01"
5	-13°07'29.65"	-48°52'32.32"

Tabela 1 - Coordenadas Geográficas do Projeto

A aeronave Cessna C208B Caravan, prefixo PR-FAS (Figura 3), de propriedade da Lasa Engenharia e Prospecções S/A para a aquisição de dados, foi utilizada para a execução deste projeto.



Figura 3 - Aeronave Cessna C208B Caravan –PR-FAS

A metodologia para a aquisição dos dados seguiu a sistemática descrita adiante. Ao longo dos perfis foram realizadas dez leituras do aeromagnetômetro e uma leitura do gamaespectrômetro por segundo, posicionadas com sistema de observação de satélite GPS, de precisão melhor do que 10 m. Duas estações fixas para controle da variação diurna do campo magnético terrestre foram instaladas no aeroporto de Minaçu (GO).

A calibração do sistema detector aerogamaespectrométrico foi realizada em duas etapas. A primeira, estática, com emprego de fontes padronizadas (tanques de calibração transportáveis ou *transportable calibration pads* para o *background*, potássio, urânio e tório), foi conduzida no aeroporto de Jacarepaguá, Rio de Janeiro (RJ), antes da fase de coleta de dados. A calibração dinâmica foi executada na região de Maricá (RJ), sobre a pista de calibração dinâmica (*dynamic calibration range - DCR*) que resultou de levantamento terrestre.

O processamento dos dados foi desenvolvido no escritório sede da Lasa Engenharia e Prospecções S/A, no Rio de Janeiro, e envolveu a aplicação das rotinas do sistema *GEOSOFT Oasis Montaj* (versão 6.4), utilizado para a compilação das informações coletadas e apresentação dos resultados na forma de mapas nas escalas 1:100.000 e 1:250.000, arquivos de banco de dados e *grids*.

## **2. AQUISIÇÃO DE DADOS**

### **2.1 Características do Levantamento**

Os parâmetros que nortearam a execução do levantamento são descritos, resumidamente, a seguir:

- Direção das linhas de vôo: N-S
- Espaçamento entre as linhas de vôo: 0,5 km
- Direção das linhas de controle: E-W
- Espaçamento entre as linhas de controle: 10,0 km
- Intervalo entre medições geofísicas consecutivas: 0,1 s (magnetômetro) e 1,0 s (espectrômetro)
- Altura média de vôo: 100 m
- Velocidade aproximada de vôo: 240 km/h

### **2.2 Equipamentos Utilizados**

A Tabela 2, a seguir, apresenta os equipamentos utilizados pela aeronave PR-FAS durante a execução do Projeto Aerogeofísico Complemento do Tocantins.

CARACTERÍSTICAS	
Prefixo da Aeronave	PR-FAS
Modelo da Aeronave	Caravan C-208B
Fabricante da Aeronave	Cessna
Aeromagnetômetro (Vapor de Césio)	Scintrex CS-2
Gamaespectrômetro	Exploranium GR-820
Volume dos Cristais Detectores de NaI (Iodeto de Sódio)	2.048 pol <sup>3</sup> ( <i>down</i> ) e 512 pol <sup>3</sup> ( <i>up</i> )
Sistema de Navegação GPS	Trimble AgGPS 132 12 Canais
Sistema de Aquisição GPS	Trimble AgGPS 132 12 Canais
Câmera de Vídeo	Panasonic AG-32
Radar Altímetro	Collins ALT 50
Radar Barométrico	Rosemount, 1241M
Magnetômetro Terrestre de Prótons <i>Overhauser</i>	GEM GSM-19
Sistema de Aquisição de Dados	FASDAS

Tabela 2 - Equipamentos Utilizados

### 2.2.1. Aeronave

O levantamento foi efetuado pela aeronave Cessna, modelo C-208B Caravan, prefixo PR-FAS. O Cessna C-208B é uma aeronave turbo-hélice, monomotor, de asa alta, trem de pouso fixo, equipada com turbina PT6-114A Pratt-Whitney, de 675 HP. Opera a uma velocidade média de 240 km/h, e possui autonomia de 6:30 h.

### 2.2.2. Aeromagnetômetro

Sistema aeromagnético acoplado a um sensor de vapor de césio montado na cauda (tipo *stinger*) da aeronave. O sinal é recebido através de um pré-amplificador, localizado na base do cone de cauda da aeronave, e enviado ao sistema de aquisição/compensação aeromagnética contido no sistema FASDAS:

Sensor: Scintrex CS-2  
 Resolução: 0,001 nT  
 Faixa: 20.000 - 100.000 nT  
 Montagem: *Stinger*

As leituras do magnetômetro são realizadas a cada 0,1 segundo, o que equivale, para a velocidade de 240 km/h da aeronave, a aproximadamente 6,7 metros no terreno.

### 2.2.3. Aerogamaespectrômetro

Foi utilizado o gamaespectrômetro EXPLORANIUM, modelo GR-820, de 256 canais espectrais, onde o espectro de cada um dos cristais detectores é analisado individualmente para determinação precisa dos fotopicos de potássio, urânio e tório. Uma correção linear é aplicada individualmente a cada cristal, mantendo o espectro permanentemente alinhado. As radiações gama detectadas são somadas e as leituras reduzidas a uma única saída de 256 canais espectrais.

A correspondência entre as janelas do gamaespectrômetro e os picos de energia respectivos é mostrada na tabela abaixo.

Canal Radiométrico	Faixa de Energia (MeV)		Canais Correspondentes	
Contagem Total	0,41	2,81	34	233
Potássio	1,37	1,57	115	131
Urânio	1,66	1,86	139	155
Tório	2,41	2,81	202	233
Cósmico	3,00	∞	256	-

Tabela 3 - Faixas Energéticas do Gamaespectrômetro e os Canais Correspondentes

As leituras do gamaespectrômetro são realizadas a cada segundo, representando medições a intervalos de aproximadamente 67 m no terreno.

O sistema detector voltado para baixo (*downward looking*) é constituído por dois conjuntos de cristais de iodeto de sódio (NaI) de 1024 polegadas cúbicas totalizando 2048 polegadas cúbicas (33,6 l).

O sistema detector voltado para cima (*upward looking*) é constituído por dois cristais de 256 polegadas cúbicas, totalizando 512 polegadas cúbicas (8,4 l).

O detector (*upward looking*) monitora as radiações decorrentes da influência do radônio na faixa energética do canal do urânio (1,66 a 1,86 MeV).

### 2.2.4. Sistema de Aquisição de Dados

O computador do sistema de aquisição de dados FASDAS é a principal unidade do sistema aeromagnético instalado a bordo da aeronave. Todos os dados adquiridos são armazenados no disco rígido e posteriormente transferidos para o disco magnético, para efeito de *backup* e transferência dos dados para o computador de processamento.

O formato de gravação relativo aos dados de campo comporta as seguintes informações:

Taxa de Amostragem (Hz)	Parâmetro	Unidade
1	Fiducial	s
1	Número da Linha	-
10	Campo magnético compensado	nT
10	Campo magnético bruto	nT
10	Componente X <i>fluxgate</i>	mV
10	Componente Y <i>fluxgate</i>	mV
10	Componente Z <i>fluxgate</i>	mV
10	Radar altímetro	μV
10	Temperatura	μV
10	Barômetro	μV
10	Temperatura	°C
10	Altura de vôo	ft
10	Altitude barométrica	ft
1	Horário UTC (GPS)	s
1	Latitude (GPS)	Graus decimais
1	Longitude (GPS)	Graus decimais
1	Qualidade da correção GPS	-
1	Número de satélites	-
1	<i>Horizontal Dilution of Precision</i>	-
1	Altitude (GPS)	m
1	Código de erro do gamaespectrômetro	-
1	Número de detectores <i>Down</i>	-
1	Número de detectores <i>Up</i>	-
1	<i>Sample Time</i>	ms
1	<i>Live Time</i>	ms
1	Radiação cósmica	cps
1	Resolução do sistema	-
1	Contagem Total	cps
1	Potássio	cps
1	Urânio	cps
1	Tório	cps
1	Urânio <i>Up</i>	cps
1	256 canais <i>Down</i>	cps
1	256 canais <i>Up</i>	cps

### 2.2.5. Sistema de Vídeo

A aeronave utiliza um sistema de vídeo comercial VHS Panasonic AG-32, constituído por uma câmara de alta definição acoplada ao gravador de cassete. Um monitor de 5" está disponível na cabine. A câmara é instalada em uma janela especialmente projetada no piso da aeronave para permitir completa visibilidade do terreno, através da lente tipo Auto Iris.

O sistema FASDAS possibilita a gravação do número do vôo, número da linha e valores das fiduciais na imagem de vídeo coletada.



### 2.2.6. Altimetros

A altura de vôo da aeronave foi monitorada através dos altímetros de radar e do barômetro de precisão, incluídos no sistema aerogeofísico. O radar altímetro utilizado é o Collins, modelo ALT50, que apresenta precisão de 5 pés e alcance de 2.500 pés. O barômetro é um transdutor de pressão que registra a altitude de vôo em relação ao nível do mar. O sistema utiliza barômetro Rosemount 1241M, de precisão e alcance equivalentes ao do radar altímetro.

### 2.2.7. Sistema de Navegação e Posicionamento

A navegação da aeronave foi efetuada por um sistema GPS, com receptor Trimble AgGPS 132 de 12 canais. As informações de posicionamento são processadas pelo sistema de aquisição de dados FASDAS e enviadas ao computador de navegação, ficando disponíveis ao piloto através do indicador analógico e da tela do computador.

O posicionamento dos pontos do levantamento foi armazenado no sistema de aquisição de dados e os pontos transferidos ao escritório de campo já corrigidos, uma vez que o sistema de aquisição está equipado com um GPS Trimble AgGPS 132, de correção em tempo real (DGPS *real time*).

### 2.2.8. Magnetômetro Terrestre

Para controle diário das variações do campo magnético terrestre foi utilizado um magnetômetro portátil GEM, modelo GSM-19 de resolução de 0,01 nT e envoltória de ruídos em nível equivalente. As leituras do campo magnético total foram realizadas a intervalos de 3 segundos e armazenadas na memória do próprio equipamento. Para fins de *backup* foi montado também uma estação magnetométrica tipo Fugro CF-1

Os magnetômetros foram instalados no aeroporto de Minaçu (GO), em local de gradiente magnético suave, livres de objetos móveis e de interferência cultural.

Ao término de cada jornada de produção os arquivos contendo os dados da variação diurna eram transferidos ao computador instalado na base de campo para uso no pré-processamento. A Figura 4 mostra um exemplo do registro do magnetômetro.

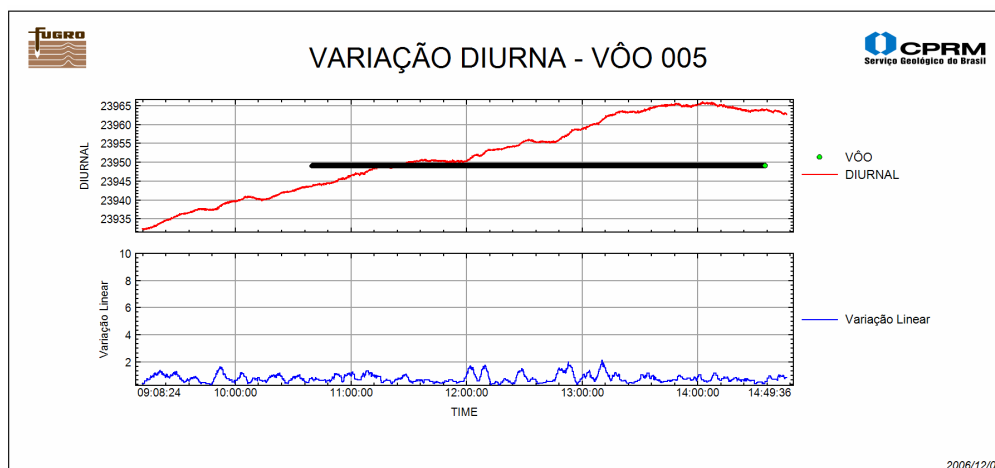


Figura 4 - Exemplo de Registro de Magnetômetro de Base

## 2.3 Planejamento e Mobilização

Nesta fase foram estabelecidas as diretrizes básicas para a execução de todas as etapas envolvidas na operação, quais sejam:

- Seleção da base de operações, instalada na localidade de Minaçu (GO);
- Obtenção da autorização do aerolevanteamento junto ao Ministério da Defesa;
- Preparação do plano de vôo e obtenção dos materiais necessários ao levantamento;
- Ajuste dos equipamentos às especificações contratuais;
- Realização dos testes pré-levantamento previstos contratualmente.

O levantamento recebeu do Ministério da Defesa a autorização N° 169/2006, expedida em 22.11.2006.

### 2.3.1. Elaboração do Plano de Vôo

Para a cobertura completa da área relativa ao Projeto Aerogeofísico Complemento do Tocantins foram programadas 457 linhas de vôo e 10 linhas de controle, totalizando 12.405,00 km de perfis aerogeofísicos, conforme a Tabela 4 abaixo. A figura 5 apresenta o arranjo das linhas distribuídas sobre a poligonal envoltória da área.

Área (km <sup>2</sup> )	Total de Linhas de Vôo (km)	Total de Linhas de Controle (km)	Total (Linhas de Vôo+Controle) km
5.576,00	11.666,00	739,00	12.405,00

Tabela 4 - Quilometragem Produzida e Área Levantada

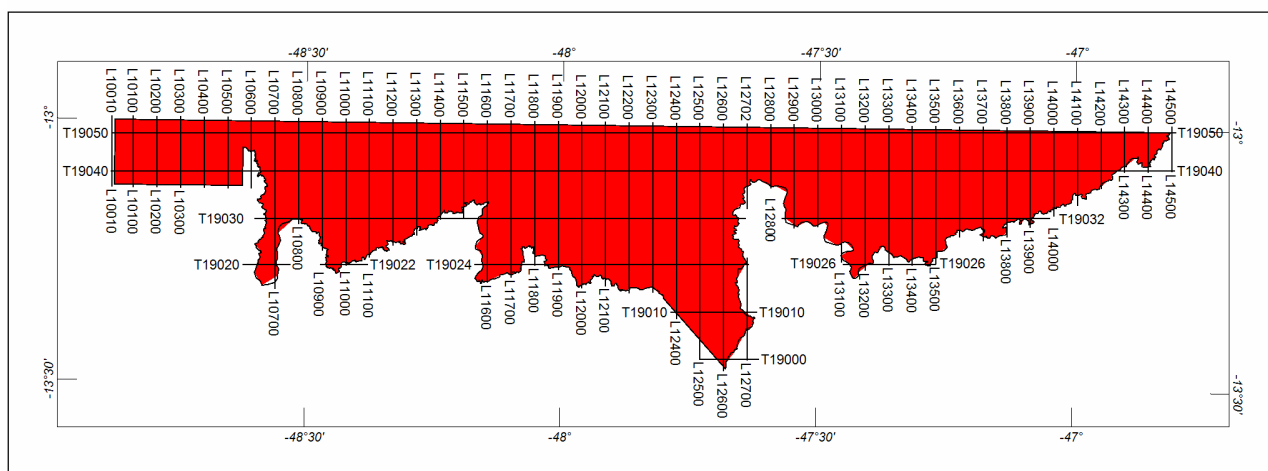


Figura 5 – Mapa das Linhas de Vôo

### 2.3.2. Estatística das Operações

O Projeto Aerogeofísico Complemento do Tocantins foi executado em 38 dias, consumindo 105,10 horas de voo produtivo para a aquisição dos dados. A Tabela 5 e o gráfico da Figura 6 a seguir mostram a estatística obtida durante a fase de aquisição dos dados.

Item	Indicadores do Levantamento	Nº Dias	%
1	Produção	17	44.74%
2	Meteorologia	6	15.79%
3	Manutenção de Aeronave	2	5.26%
4	Tempestade Magnética	0	0.00%
5	Falha de Equipamento	0	0.00%
6	Testes Contratuais	2	5.26%
7	Outros	11	28.95%
	Total	38	100.00%

Tabela 5 - Estatística das Operações

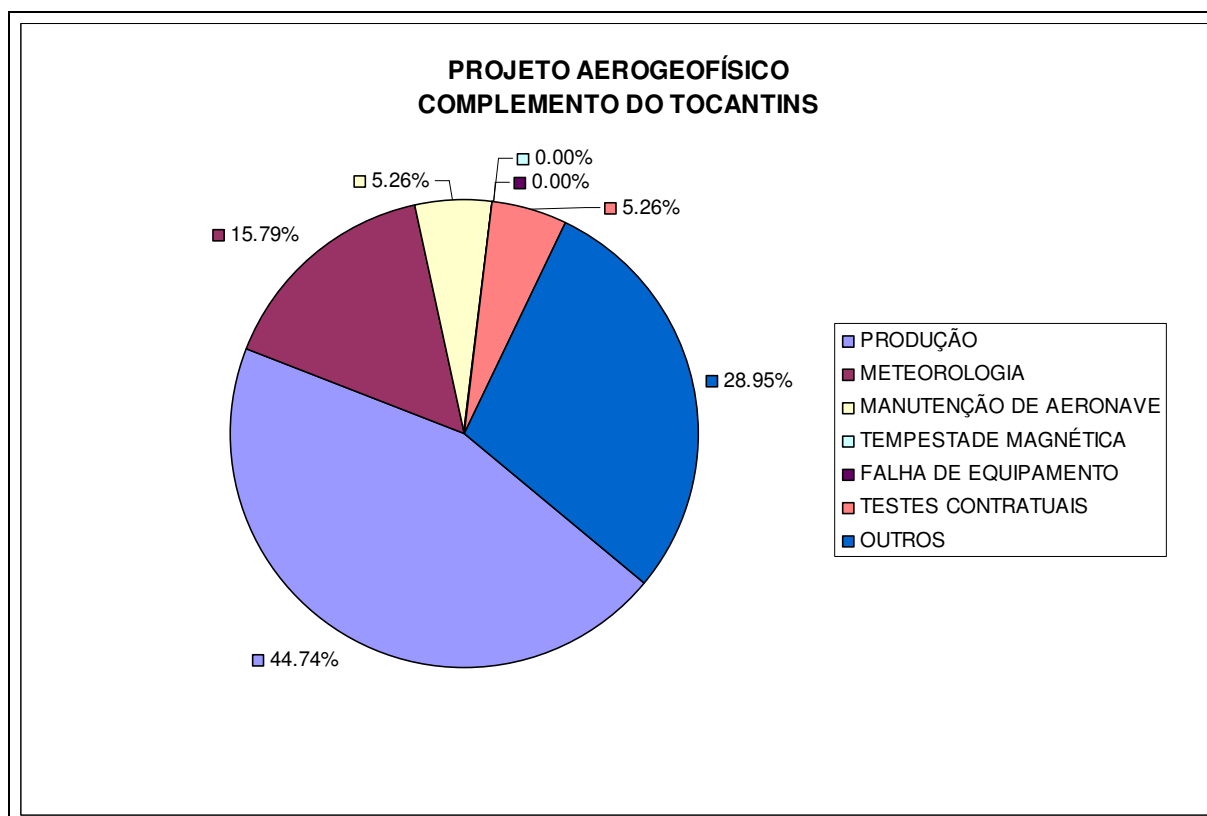


Figura 6 - Gráfico da Estatística das Operações

### 2.3.3. Mapa do Projeto de Vôo

O mapa do projeto de vôo foi obtido analiticamente, sendo determinadas, por cálculo, as coordenadas UTM do início e fim de cada linha de vôo e de controle, considerando-se os espaçamentos de 500 metros para as linhas de vôo e 10.000 metros para as linhas de controle.

As coordenadas dos limites da área, assim como dos extremos dos perfis, foram projetados no sistema WGS-84. A aeronave PR-FAS ficou responsável pelo recobrimento de toda a área do projeto.

### 2.3.4. Testes dos Equipamentos

#### a) Teste Altimétrico

Teste conduzido antes do início das operações para calibração do radar altímetro a bordo da aeronave. Neste teste a aeronave realiza passagens consecutivas sobre uma base de altitude conhecida (pista do aeroporto de Minaçu, altitude 439 metros) voando nas alturas de 300 pés até 800 pés, com incrementos de 100 pés e uma passagem extra a 330 pés (altura do levantamento), tendo como referência as leituras fornecidas pelo barômetro nas passagens sobre a pista de calibração. Antes da decolagem o piloto ajusta a indicação da pressão barométrica na cabine da aeronave para aferição do altímetro barométrico. Os resultados deste teste encontram-se no Anexo II-a.

#### b) Compensação Magnética Dinâmica

A base da compensação é a eliminação do ruído induzido pelo movimento da aeronave nas medições do campo magnético terrestre realizadas a bordo. Este ruído é proveniente da complexa assinatura magnética tridimensional da plataforma que, com a mudança de atitude em relação ao vetor campo magnético terrestre, altera a intensidade deste. O ruído é proveniente das magnetizações permanentes, induzidas e dos efeitos da corrente de Eddy da plataforma, acrescidos dos efeitos de orientação do sensor propriamente.

O procedimento de compensação consiste na determinação de quatro conjuntos de coeficientes, cada qual determinado para uma das direções de vôo no levantamento.

Os efeitos produzidos em cada uma das direções de vôo são medidos pelos magnetômetros *fluxgate*, instalados no *stinger* de cada aeronave e usados para medir o acoplamento dos três eixos com o *background* do campo magnético na região. Os sensores *fluxgate* são muito sensíveis às mudanças de atitude sendo usados para monitorar acuradamente os efeitos decorrentes de tais mudanças. A resposta de frequência e amostragem do módulo utilizado para medir os sinais do *fluxgate* é equivalente ao do módulo de processamento do sensor de vapor de césio do magnetômetro da aeronave, havendo, portanto, perfeita sincronia dos eventos nos dois sistemas.

As séries de movimentos, envolvendo as manobras do tipo *Roll*, *Pitch*, e *Yaw*, (Figura 7) são conduzidas para cada uma das direções de vôo do levantamento, com o objetivo de variar o acoplamento *fluxgate*/vetor campo, e acumular medições ao longo das diferentes manobras e direções. Estes dados são então processados com técnicas de regressão para determinar um conjunto de coeficientes de compensação do sistema.

Quando o algoritmo de compensação é inicializado com os novos coeficientes introduzidos, seja em tempo real ou via pós-processamento, resultam nos dados magnéticos compensados.

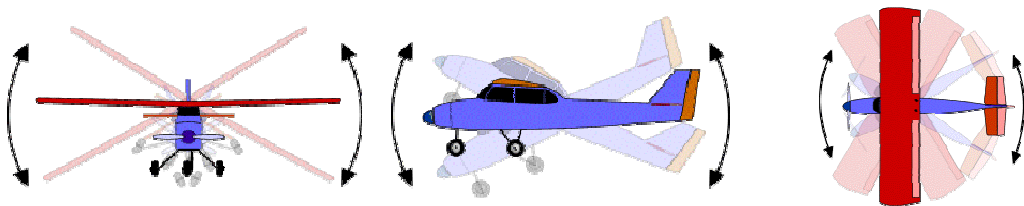


Figura 7 – Movimentos de *Roll*, *Pitch* e *Yaw*

O sistema FASDAS possui em sua programação *software* especialmente desenvolvido para efetuar os cálculos da compensação magnética *on-line*, ou seja, o sistema recebe os dados enviados pelo magnetômetro *fluxgate* durante as manobras de *roll*, *pitch* e *yaw*, armazena a equação com a melhor solução de compensação aplicando estes coeficientes obtidos em X, Y e Z, no valor do campo magnético bruto produzindo, então, o campo magnético compensado, livre dos efeitos de “manobras” que venham a interferir na medida do campo magnético.

#### c) Determinação dos Coeficientes de Compensação Magnética

As manobras de compensação são conduzidas a altitude de 10.000 pés, em uma área de gradiente magnético suave. Os movimentos *Roll*, *Pitch*, e *Yaw* regulam segundo ângulos de 10° a 12° e duração de 30 segundos cada. Cada conjunto de manobras obedece às diferentes direções dos perfis do projeto, assim como ângulos intermediários da ordem de 15 graus em torno daquela direção, de modo que sejam efetuadas pelo menos três conjuntos de manobras para cada rumo.

Para avaliação da qualidade da compensação magnética da aeronave foram realizados os testes do tipo Manobras, antes do início das operações e após cada manutenção efetuada na parte elétrica das aeronaves. O desempenho do sistema aeromagnético, determinado pela soma das amplitudes pico a pico dos doze registros, não poderá exceder a 2 nT após a correção da variação diurna. Os resultados obtidos estão resumidos na Tabela 6 a seguir e os resultados completos podem ser consultados no Anexo II-b.

DATA	AZIMUTE	ROLL (nT)	PITCH(nT)	YAW (nT)	TOTAL (nT)
08/12/2006	90°	0,03	0,06	0,04	0,13
	180°	0,04	0,04	0,04	0,12
	270°	0,06	0,04	0,04	0,14
	360°	0,04	0,04	0,04	0,12
<b>Somatório</b>					<b>0,51</b>

Tabela 6 – Teste de Manobras

d) Teste de Paralaxe

O processamento dos dados brutos do magnetômetro de césio pelo sistema de aquisição da aeronave introduz um retardamento de tempo nos dados magnéticos compensados. Uma linha especial de calibração é executada para gravar as informações necessárias para quantificar este intervalo de tempo para que os dados possam ser re-sincronizados.

O processo de calibração consiste em voar uma mesma linha em sentidos opostos cobrindo, idealmente, uma série de anomalias magnéticas bem características e distintas. Em consequência, o fator de defasagem é determinado pela análise da separação espacial. A componente que normalmente influencia no comportamento do erro paralaxe, é a posição da antena do receptor GPS.

Quando o erro paralaxe é introduzido pelo sistema de aquisição de dados, uma vez que alguns instrumentos necessitam de um tempo para armazenar os sinais na forma digital, ocorre então atrasos entre o tempo da amostragem e o tempo da gravação propriamente dito, resultando num valor de paralaxe com sinal oposto ao produzido pela diferença de posição entre a antena GPS e o sensor magnetométrico.

Os dados magnetométricos desta linha voada em sentidos inversos são representados em formas de perfis empilhados. O eixo horizontal dos perfis plotados refere-se às coordenadas geográficas mostrando, assim, a correlação das anomalias corrigidas independentemente do sentido voado. A calibração foi realizada no projeto anterior na data de 23 de agosto de 2006 e resultou no fator de defasagem 0,2 segundo para a aeronave PR-FAS. O teste é apresentado no Anexo II-c.

e) Teste com Amostras Radioativas no Solo

Com vistas a controlar o comportamento do desempenho do sistema gamaespectrométrico dos cristais voltados para baixo, testes com amostras de mão de urânio e tório são realizados antes do início e após os vôos operacionais através da colocação das citadas amostras sobre o mesmo local, próximo aos cristais detectores, com a aeronave estacionada no mesmo local. A Tabela 7 apresenta os resultados desses testes.

<b>TESTES COM AMOSTRAS RADIOATIVAS DE SOLO (cps)</b>				
<b>DATA</b>	<b>HORÁRIO</b>	<b>VÔO</b>	<b>TÓRIO REDUZIDO BG</b>	<b>URÂNIO REDUZIDO BG</b>
9-dez-06	INICIO	5	62	49
	FIM		60	47
14-dez-06	INICIO	7	62	50
	FIM		63	49
15-dez-06	INICIO	8	62	48
	FIM		61	48
16-dez-06	INICIO	9/10	65	49
	FIM		62	47
17-dez-06	INICIO	11/12	62	48
	FIM		63	48
28-dez-06	INICIO	16/17	63	48
	FIM		63	46
29-dez-06	INICIO	18	63	48
	FIM		64	47
30-dez-06	INICIO	19	63	48
	FIM		64	46
2-jan-07	INICIO	21/22	62	48
	FIM		61	49
3-jan-07	INICIO	23/24	64	47
	FIM		63	49
4-jan-07	INICIO	25	62	47
	FIM		62	49
5-jan-07	INICIO	26	63	50
	FIM		63	46
6-jan-07	INICIO	27/28	62	49
	FIM		64	46
8-jan-07	INICIO	29/30	62	48
	FIM		61	48
9-jan-07	INICIO	31/32	63	47
	FIM		63	49
11-jan-07	INICIO	33/34	61	49
	FIM		61	47
12-jan-07	INICIO	35	64	48
	FIM		64	48

Tabela 7 – Testes Diários com Amostras Radioativas no Solo

e) Teste de Repetibilidade Radioativa

Estes testes foram realizados diariamente com a finalidade de verificar a repetibilidade e a consistência das medições dos equipamentos geofísicos, tendo sido registrados na forma digital e analógica.

Consistem na perfilagem sobre um mesmo segmento de linha, no início e no fim de cada vôo, com extensão mínima de 5 km, ao longo das pistas de pouso dos aeroportos utilizados para as operações, na altura do levantamento (100 m).

Para efeito de avaliação foram comparados os perfis magnetométricos e radiométricos entre os testes iniciais e finais de cada vôo.

Os valores médios em cps, obtidos em cada canal radiométrico estão relacionados na Tabela 8, a seguir:

<b>TESTE DE REPETIBILIDADE RADIOATIVA (cps)</b> <b>(LOW LEVEL = 100m) Base: Minaçu (GO)</b>				
<b>DATA</b>	<b>HORÁRIO</b>	<b>VÔO</b>	<b>TÓRIO REDUZIDO BG</b>	<b>URÂNIO REDUZIDO BG</b>
9-dez-06	INICIO	5	39,56	29,44
	FIM		38,41	27,20
14-dez-06	INICIO	7	39,87	30,83
	FIM		40,96	25,64
15-dez-06	INICIO	8	39,66	28,66
	FIM		37,94	26,38
16-dez-06	INICIO	9	37,58	28,21
	FIM		38,44	26,46
16-dez-06	FIM	10	39,59	24,83
17-dez-06	INICIO	11	39,71	33,06
	FIM		41,14	27,75
17-dez-06	FIM	12	49,70	46,70
28-dez-06	INICIO	16	40,42	31,36
	FIM		41,94	25,75
28-dez-06	FIM	17	41,29	24,49
29-dez-06	INICIO	18	40,70	31,98
	FIM		38,39	25,55
30-dez-06	INICIO	19	41,13	20,01
	FIM		38,98	25,61
2-jan-07	INICIO	21	37,86	30,00
	FIM		38,41	31,91
2-jan-07	FIM	22	40,10	23,87
3-jan-07	INICIO	23	30,39	30,09
	FIM		23,83	20,48
3-jan-07	FIM	24	40,36	22,49
4-jan-07	INICIO	25	40,31	27,62
	FIM		39,11	26,33
5-jan-07	INICIO	26	38,23	28,95
	FIM		39,30	27,86
6-jan-07	INICIO	27	41,52	31,43
	FIM		39,82	30,67



TESTE DE REPETIBILIDADE RADIOATIVA (cps) (LOW LEVEL = 100m) Base: Minaçu (GO)				
DATA	HORÁRIO	VÔO	TÓRIO REDUZIDO BG	URÂNIO REDUZIDO BG
6-jan-07	FIM	28	40,17	24,36
8-jan-07	INICIO	29	37,93	28,73
	FIM		38,32	23,50
8-jan-07	FIM	30	37,44	23,62
9-jan-07	INICIO	31	37,93	30,67
	FIM		35,97	24,57
9-jan-07	FIM	32	37,54	25,66
11-jan-07	INICIO	33	39,15	32,36
	FIM		36,76	23,68
11-jan-07	FIM	34	39,37	31,47
12-jan-07	INICIO	35	40,21	34,26
	FIM		41,54	32,44

Tabela 8 – Testes Diários de Repetibilidades Radioativas

### 2.3.5. Cálculo da Resolução dos Cristais Detectores (*downward e upward*)

A resolução é a medida da precisão da energia dos raios gama registrados pelo gamaespectrômetro, a qual é representada pelo cálculo matemático em relação a um elemento radioativo de referência.

Para os atuais gamaespectrômetros auto-estabilizados, costuma-se usar o espectro do tório ( $^{208}\text{Tl}$ ) para calcular a resolução dos “cristais detectores voltados para baixo” (*downward looking*), tanto para os cristais individuais (256 pol<sup>3</sup>) quanto para os “pacotes” ou “caixas” de 1024 pol<sup>3</sup> cada, bem como o espectro do cézio ( $^{137}\text{Cs}$ ) para calcular a resolução dos “cristais detectores voltados para cima” (*upward looking*), tanto para os cristais individuais (256 pol<sup>3</sup>) quanto para o “pacote” ou “caixa” de 512 pol<sup>3</sup> no caso deste projeto.

O procedimento para medir a resolução consiste em determinar as amplitudes a partir do fotopico do tório ou do cézio, respectivamente. A largura do pico (medida como número de canais) na metade da amplitude máxima pode ser determinada. Esta largura é definida como *full width at half maximum* ou *FWHM*. A resolução é calculada (Grasty & Minty, 1995) como a seguir.

$$R(\%) = 100 \times \text{FWHM (canais)} / \text{canal do fotopico}$$

A resolução também pode ser obtida a partir dos referidos elementos, porém utilizando o cálculo a partir das faixas de energia do espectro ao invés do número de canais, conforme a equação a seguir (IAEA, 2003):

$$R(\%) = 100 \times \text{FWHM (energia)} / \text{energia do fotopico}$$

A resolução calculada a partir do tório deve ser menor que 7% e a resolução a partir do cézio deve ser menor que 12%.

O monitoramento da resolução do cristal e do tubo fotomultiplicador é o melhor procedimento para se manter o controle de qualidade e detectar qualquer tipo de deterioração do sistema gamaespectrométrico.

A resolução obtida para os dois pacotes de cristais detectores *downward looking* (2,048 pol<sup>3</sup>) foi de 5,1% (<7%) e para os cristais detectores *upward looking* (512 pol<sup>3</sup>) foi obtido o valor de 9,5% (<12%), sendo portanto estes testes aprovados. Os resultados dos testes de resolução encontram-se no Anexo I-a.

### 2.3.6. Calibração dos Detectores *Downward Looking*

Foram realizados testes gamaespectrométricos específicos objetivando a calibração do sistema detector da aeronave. Estas calibrações obedeceram a duas etapas distintas, quais sejam:

- Calibração estática - Realizada antes do início da etapa de aquisição de dados no Aeroporto de Jacarepaguá (RJ) na data de 04 de Agosto de 2006. Após a determinação e aprovação dos cálculos da resolução dos cristais detectores *down* e *up* são realizados os testes que visam à determinação dos coeficientes de espalhamento Compton do sistema detector. Para tal, 4 (quatro) tanques de calibração transportáveis, constituídos por blocos de concreto com resposta radiométrica para os elementos potássio (<sup>40</sup>K), urânio (<sup>238</sup>U), tório (<sup>232</sup>Th) e *background* são empregados. As concentrações dos tanques de calibração portáteis utilizadas, de propriedade da LASA ENGENHARIA E PROSPECÇÕES S/A, estão indicadas na Tabela 9:

FONTE PADRÃO	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)
<i>Background</i>	1,41 +/- 0,01	0,97 +/- 0,03	2,26 +/- 0,10
Potássio	8,71 +/- 0,09	0,32 +/- 0,02	0,74 +/- 0,10
Urânio	1,34 +/- 0,02	52,9 +/- 1,00	3,40 +/- 0,14
Tório	1,34 +/- 0,02	2,96 +/- 0,06	136,0 +/- 2,10

Tabela 9 - Concentração dos Tanques de Calibração Portáteis

Para a determinação dos coeficientes de espalhamento *Compton*, a aeronave foi estacionada sobre os tanques de calibração portáteis que foram seqüencialmente posicionados sob cada pacote detector, aí permanecendo por 10 minutos para acumulação de dados na seguinte ordem: *background*, Th, U, K e *background*. Os dados acumulados foram processados pelo programa PADWIN, fornecido pelo fabricante dos tanques calibradores (EXPLORANIUM), resultando nos valores dos coeficientes Compton para cada pacote de detectores de 1024 polegadas<sup>3</sup> e para o total 2048 polegadas<sup>3</sup>. Os valores encontrados para os coeficientes de espalhamento Compton estão resumidos na Tabela 10. O Anexo I-b, no final deste relatório, apresenta os resultados dessas calibrações.

COEFICIENTE	VALOR
$\alpha$	0,2281 +/- 0,0032
$\beta$	0,3915 +/- 0,0073
$\gamma$	0,7255 +/- 0,0107
a	0,0486 +/- 0,0056
b	0,0036 +/- 0,0032
g	0,0104 +/- 0,0022

Tabela 10 - Coeficientes de Espalhamento *Compton*

- Calibração dinâmica - Realizada antes do processamento de dados gamaespectrométricos com vistas à determinação dos *backgrounds* da aeronave e cósmico (*cosmic flight*), e identificação dos coeficientes de sensibilidade do detector, com o levantamento de um perfil situado em zona radiometricamente conhecida (*dynamic calibration range - DCR*) na altura nominal do levantamento (100 m), bem como a várias alturas com vistas à correção altimétrica. Os referidos testes são comentados a seguir:

**a) Vôo Cósmico (*Cosmic Flight*)**

A partir da fórmula da IAEA, 1991, tem-se:

$$N = a + bC, \text{ onde:}$$

**N** é a contagem (em cps) em determinada janela;

**a** é o *background* (em cps) da aeronave em determinada janela;

**b** é a razão entre a contagem em determinada janela e a contagem no canal cósmico;

**C** é a contagem na janela cósmica;

O vôo cósmico envolveu o recobrimento de perfis sobre o mar, em área distante da costa do Rio de Janeiro cerca de 20 km, voando nas altitudes de 3500, 5000, 7000, 8000, 10000, 12000 pés, com duração de 15 minutos cada. A Tabela 11 a seguir apresenta o resultado obtido pela aeronave no vôo cósmico. A apresentação dos resultados na forma de gráficos encontra-se no Anexo I-c, no final deste relatório.

CANAL	COEFICIENTE	PR-FAS
Contagem Total	<b>a (cps)</b>	72,3940
	<b>b</b>	0,6844
Potássio	<b>a (cps)</b>	18,2700
	<b>b</b>	0,0360
Urânio	<b>a (cps)</b>	1,1442
	<b>b</b>	0,0312
Tório	<b>a (cps)</b>	0,3035
	<b>b</b>	0,0334
U <i>up</i>	<b>a (cps)</b>	0,5752
	<b>b</b>	0,0079

Tabela 11 - *Backgrounds* das Aeronaves e *Cosmic Stripping Ratios*

#### **b) Pista de Calibração Dinâmica (*Dynamic Calibration Range - DCR*):**

Este teste envolve uma série de passagens consecutivas sobre a pista de calibração dinâmica definida pela CPRM em Maricá (RJ), com passagens sucessivas nas alturas de 330, 400, 500, 600, 700 e 800 pés e duas passagens adicionais a 330 pés, correspondente à altura padrão do levantamento (100 m). Na seqüência dos perfis também são realizadas passagens sobre a Lagoa de Maricá na mesma altura de vôo observada sobre a pista de calibração dinâmica, com vistas à determinação do *background*.

A calibração dinâmica tem por finalidade a correlação entre as medições feitas em terra (com intervalos de 50 m entre estações, com emprego de gamaespectrômetro portátil Exploranium Modelo GR-320), com as leituras registradas pelo sistema detector da aeronave na altura de 100 m ( $\pm 300$  pés), permitindo a conversão das contagens obtidas a bordo (em cps) para concentrações de potássio, urânio, tório e contagem total no solo. A sensibilidade do sistema gamaespectrométrico é definida como a razão entre a média dos valores aéreos, medidos na altura nominal do levantamento (100 m), em cps, para os canais de contagem total, K, U e Th, e a média dos valores das estações terrestres (em concentração) para os canais de contagem total, K, eU e eTh. (Anexo I-e).

As passagens em várias alturas permitem ainda a determinação dos coeficientes de atenuação atmosférica ( $\mu$ ) do sistema detector da aeronave, os quais são utilizados para a correção altimétrica (Anexo I-f).

#### **2.3.7. Calibração dos Detectores *Upward Looking***

A calibração dos detectores aerogamaespectrométricos voltados para cima tem por finalidade estabelecer a relação entre as contagens observadas nos canais de contagem total, potássio, urânio e tório, medidas nos detectores normais da aeronave, com aquelas registradas pelo detector *upward*, resultantes da presença de radônio disperso no ar. Tal relação se expressa por um conjunto de coeficientes obtidos a partir de dados de vôos realizados sobre a água, ou a altura elevada, onde não exista qualquer influência de radiações provenientes do solo. Para tanto, foram utilizados os dados dos testes *high level*, ou *background*, onde são registrados perfis diários na altura de 2.500 pés (Anexo I-d).

Outro procedimento associado ao processo de calibração do detector *upward looking* envolve a determinação dos coeficientes *skyshine*. Como tal determinação não prevê a realização de testes específicos, o método utilizado está descrito apenas no Capítulo 3.

### **2.4 Compilação de Dados**

Ao término de cada jornada de produção as informações coletadas eram submetidas ao processamento preliminar, consistindo no seguinte:

a) Transferência das leituras do magnetômetro terrestre para o computador de campo para processamento da variação diurna de acordo com o gradiente fixado no contrato, qual seja: 20 nT/ 5 min;

b) Leitura dos arquivos dos vôos das aeronaves e transferência dos dados coletados para o computador de campo, para fins de verificação da qualidade da gravação e análise dos perfis coletados, no que se refere a: desvios na altura de vôo, envoltória de ruídos, desvios de navegação, etc, estabelecidos, respectivamente em: 15 metros para mais ou para menos (excetuando-se condições que afetem a segurança de vôo), 0,5 nT e 100 metros em relação à linha teórica;

c) Geração das plotagens dos traços das linhas de vôo e de controle, corrigidos diferencialmente, em superposição ao plano de vôo para identificação dos possíveis trechos desviados em mais de 20% do espaçamento teórico (100 m) por mais de 1000 metros;

d) Verificação da qualidade da gravação em vídeo do trajeto percorrido pela aeronave;

Para o controle da produção, acompanhamento dos trabalhos, plotagem, listagem de dados, compilação dos registros e demais controles foi montado no escritório de campo, um conjunto de equipamentos de processamento de dados consistindo em:

- Microcomputadores PC Pentium;
- Impressora;
- Sistema de TV/Vídeo VHS.

## 2.5 Equipe Técnica na Base de Operações

Participaram do levantamento na fase de aquisição de dados os seguintes técnicos:

<b>Equipe PR-FAS</b>	
Anselmo Pereira Bezerra Filho Julio César Gomes de Oliveira	Coordenador de Equipe/Geofísico
Carlos André Cavalcanti Diogo Rildo Andrade Araújo	Operador de Equipamentos
Carlos Eduardo Pereira Novotny Fernando Primo Guimarães Filho Mauro Corrêa Sousa Mayk Motta Alves do Nascimento	Piloto
Adilson Mairinck Cardoso Tiago Bazileu	Mecânico de Aeronaves

### **3. PROCESSAMENTO DE DADOS**

#### **3.1 Fluxo de Processamento**

No processamento de dados do Projeto Aerogeofísico Complemento do Tocantins foi empregado as versões OASIS MONTAJ 5.1.8 e 6.4 do sistema GEOSOFT e o *software* Atlas Manager de propriedade da Fugro Airborne Surveys, além das rotinas de pré-processamento proprietárias, que permitem a exportação do dado binário coletado em voo, para formato ASCII XYZ GEOSOFT (*Import Fasd*). A Figura 8, no final do capítulo, mostra o fluxo de processamento utilizado para o levantamento.

##### **3.1.1 Preparação do Banco de Dados do Levantamento**

Os dados brutos gravados em formato binário na aeronave são convertidos para ASCII e regravados em formato .XYZ GEOSOFT. A partir destes arquivos é, então, gerado o banco de dados *Oasis Montaj*, onde estão agrupadas informações de posicionamento corrigidas e todos os demais canais de informação registrados a bordo da aeronave, quais sejam: intensidade total do campo magnético, valores dos canais radiométricos, altura e altitude de voo, temperatura, etc.

Preparado o banco de dados do tipo XYZ, onde Z corresponde a uma das variáveis medidas a bordo da aeronave e XY as coordenadas UTM do ponto em que a medida foi tomada, o processamento é então iniciado com a correção dos dados magnetométricos e radiométricos propriamente.

##### **3.1.2 Processamento dos Dados Magnetométricos**

###### **3.1.2.1 Correção do Erro de Paralaxe**

O processamento dos dados brutos do magnetômetro de Césio pelo sistema de aquisição da aeronave introduz um retardamento de tempo nos dados magnetométricos compensados, bem como a posição da antena receptora do GPS em relação à posição do sensor magnetométrico, causam uma defasagem entre o valor de posicionamento (X e Y) e o valor do campo que está sendo amostrado num mesmo intervalo de tempo. Sendo assim, uma correção denominada Correção Paralaxe ou Correção de *Lag* deve ser aplicada. Uma linha especial de calibração foi voada para gravar as informações necessárias para quantificar este intervalo de tempo para que os dados pudessem ser res-sincronizados.

O erro de paralaxe corresponde à defasagem nos tempos de medição do magnetômetro e altímetros com o sistema de posicionamento. Assim, o erro de paralaxe é determinado a partir de uma linha voada em sentidos opostos sobre uma mesma feição magnética anômala reconhecida no terreno. A correção a ser aplicada corresponde ao valor deslocado do tempo de amostragem, de modo a que as duas feições se tornem coincidentes.

A equação utilizada é a seguinte:

$F_{c(t_0)} = F_{c(t_0 \pm I_p)}$ , onde:

**F<sub>c</sub>** = Valor do Campo Magnético Total corrigido do erro paralaxe,

**t<sub>0</sub>** = Tempo da Amostragem,

**I<sub>p</sub>** = Valor do Intervalo de Tempo a ser deslocado no banco de dados.

Deve-se observar que não se adiciona nenhum valor ao Campo Magnético e sim desloca-se os valores em relação ao tempo em que foram amostrados os pontos, ou seja, o valor do Campo Magnético após a correção Paralaxe sofre apenas um reposicionamento temporal dentro do banco de dados.

A correção aplicada a todas as amostras coletadas pela aeronave PR-FAS corresponde a **0,2** segundo. Os resultados dos testes para determinação encontram-se no Anexo II-c, no final deste relatório.

### 3.1.2.2 Remoção da Variação Magnética Diurna

Os valores obtidos pelo magnetômetro monitor foram inicialmente subtraídos do nível base, definido em 23936 nT. As diferenças encontradas, positivas ou negativas, foram, então, somadas algebricamente às leituras do campo magnético realizadas a bordo da aeronave, tendo como variável comum a hora de amostragem, fixada com precisão de décimos de segundo. Os valores resultantes correspondem à intensidade total do campo magnético corrigido da variação diurna.

A correção de *Heading* também foi aplicada aos dados magnetométricos. Essa correção consiste em equiparar as medidas independentes da mudança no rumo da aeronave. O valor aplicado foi de 5 nT na direção norte e -5 nT para sul.

### 3.1.2.3 Nivelamento dos Perfis

A aplicação do nivelamento consiste, basicamente, no ajuste das linhas de controle com base na média das diferenças (ou diferença de 1ª ordem) com as linhas de vôo. Este procedimento assume que tais diferenças estão distribuídas de forma aleatória, de forma que um *trend* de no máximo 1ª ordem define o desnível entre as linhas de vôo e controle.

O procedimento compreende duas etapas distintas, conforme a seguir:

1º - As linhas de controle são niveladas por aplicação de valores que reduzam as diferenças com as linhas de vôo a valores mínimos. Este procedimento assume que existem cruzamentos suficientes para modelar adequadamente as diferenças de nível entre as linhas de controle;

2º - Após o nivelamento das linhas de controle, todas as linhas de vôo são ajustadas às linhas de controle, de forma que os valores do campo magnético encontrados nos seus cruzamentos sejam equivalentes.

Nesta fase é criada uma Tabela de Interseções que contém as diferenças entre as linhas de controle niveladas e a linhas de vôo nos pontos de cruzamento. Estes valores são armazenados no banco de dados e utilizados no cálculo das correções a serem aplicadas às linhas de vôo. Os cruzamentos onde o gradiente magnético excedeu a 2 nT/decada (0,025 nT/m) foram descartados pelo programa. Com base neste gradiente, o programa ainda analisou as interseções quanto à sua aplicabilidade, atribuindo peso mais baixo quanto mais alto fosse o gradiente. Deste modo, uma interseção situada em zona de forte gradiente magnético teve pouca ou nenhuma influência no nivelamento.

O *software Oasis Montaj* permitiu ainda o exame visual da Tabela de Interseções, possibilitando sua edição manual quando necessário. Por exemplo, a linha nivelada pode ser comparada à sua versão obtida em diferentes estágios do processo.

#### **3.1.2.4 Micronivelamento dos Perfis**

Os dados do levantamento foram ainda micronivelados para eliminação de qualquer resíduo de “desnivelamento” que tenha permanecido nos dados. O processo envolveu a geração de dois *grids* auxiliares, resultantes da aplicação do filtro passa-alta tipo Butterworth (comprimento de onda da ordem de 4 vezes o espaçamento das linhas de vôo), atuando na direção das linhas de vôo e perpendicularmente a elas, seguindo-se, então, a criação de um *grid* final decrugado, que resultará do somatório dos *grids* produzidos em etapas distintas. Este último, subtraído de um *grid* normal irá, por sua vez, expressar o erro de nivelamento a ser subtraído aos dados pré-nivelados conforme o procedimento inicial acima.

#### **3.1.2.5 Remoção do IGRF**

A remoção do Campo Geomagnético Internacional de Referência (IGRF) obedeceu à rotina incluída no Sistema OASIS MONTAJ que consiste, basicamente, na definição da superfície de tendência que expressa o comportamento do campo geomagnético internacional na área do projeto.

Esta superfície foi definida com base no valor do IGRF, tendo sido considerada a altitude de **800 m**, referidos ao ano de 2005 e atualizados para a data de **27/12/2006** (2006,989).

O campo magnético total corrigido para cada um dos pontos amostrados foi obtido pela subtração, ao campo total micronivelado, do valor do IGRF calculado para o ponto. Os valores resultantes são os valores anômalos do campo (campo magnético total reduzido do IGRF).

#### **3.1.3 Processamento dos Dados Radiométricos**

O processamento dos dados gamaespectrométricos obedeceu aos procedimentos recomendados na Seção 4 do Relatório Técnico, Número de Série 323, da Agência Internacional de Energia Atômica, intitulado *Airborne gamma ray spectrometer surveying*. Foi empregada a rotina contida no sistema de processamento radiométrico OASIS-RPS da GEOSOFT.



### 3.1.3.1 Correção do Tempo Morto

A correção do “tempo morto” consiste na divisão das contagens dos canais radiométricos pelo valor do *live time* registrado pelo aparelho, normalizando, assim, os valores brutos dos canais da contagem total, potássio, urânio, tório e urânio *upward* para contagens por segundo.

### 3.1.3.2 Aplicação de Filtragem

Este processo se aplica somente aos dados afetados por variações de alta frequência, quais sejam: dados do radar altímetro, do canal de radiação cósmica e do canal de urânio *up*, utilizado no cálculo da influência do radônio nas medições realizadas.

Dependendo do comportamento dos dados são aplicados dois tipos de filtragem:

- Filtragem não linear permite a remoção de *spikes* nos dados e a compensação de variações abruptas do radar altímetro;
- Filtragem do tipo passa-baixa reduz o erro estatístico nos dados da radiação cósmica, suaviza o comportamento do radônio. Opcionalmente, é aplicado aos demais canais radiométricos com objetivos específicos, como o cálculo das razões radiométricas.

### 3.1.3.3 Correção do Erro de Paralaxe

O erro de paralaxe não foi observado nos dados radiométricos, não sendo, assim, necessário sua aplicação.

### 3.1.3.4 Cálculo da Altura Efetiva ( $h_e$ ) de Vôo

A altura de vôo foi ajustada com base na temperatura e pressão ambientais utilizando-se da fórmula (IAEA, 2003):

$h_e = h (273,15/T+273,15) \times (P/1013,25)$ , sendo:

**h** - altura de vôo medida pelo radar altímetro.

**T** - temperatura do ar medida em °C.

**P** - pressão atmosférica em milibar.

A pressão atmosférica é obtida a partir da altitude medida pelo altímetro barométrico.

### 3.1.3.5 Remoção do *Background* da Aeronave e Cósmico

O *background* é obtido através do somatório das contribuições do *background* da aeronave e da radiação cósmica em cada uma das janelas do gamaespectrômetro.

O cálculo das contribuições da aeronave e da radiação cósmica é conduzido através da fórmula (IAEA, 1991):

$N = a + bC$ , onde:

**N** - somatório das duas contribuições (em cps).

**a** - *background* da aeronave em cada janela do gamaespectrômetro.

**C** - canal de radiação cósmica.

**b** - razão entre a contagem em determinada janela e a contagem no canal cósmico.

Os coeficientes aplicados aos dados (Tabela 11 – *Background* da Aeronave e *Cosmic Stripping Ratios*, item 2.3.6) foram aqueles definidos pelo vôo cósmico sobre o mar, em área distante da costa do Rio de Janeiro, cujos gráficos estão indicados no Anexo I-c.

### 3.1.3.6 Remoção do *Background* do Radônio

O efeito do *background* do radônio, por sua vez, é determinado a partir das medições realizadas na janela do urânio pelo detector *upward looking*. A expressão que define a parcela de radônio influenciando no canal do urânio é a seguinte (IAEA, 1991):

$U_r = (u - a_1U - a_2Th) + (a_2b_t - b_u) / (a_u - a_1 - a_2a_t)$ , onde:

**U<sub>r</sub>** - *background* do radônio medido no canal *downward* do urânio.

**u** - contagem medida no canal *upward* do urânio.

**U** - contagem medida no canal *downward* do urânio.

**Th** - contagem medida no canal *downward* do tório.

**a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>, a<sub>u</sub>, a<sub>t</sub>, b<sub>u</sub>, b<sub>t</sub>** - coeficientes de proporcionalidade, sendo que **b<sub>u</sub>** e **b<sub>t</sub>** são zerados e **a<sub>1</sub>** e **a<sub>2</sub>** são os coeficientes *skyshine*.

As contagens relativas ao urânio, tório e urânio *up* devem ser corrigidas previamente dos efeitos dos *backgrounds* da aeronave e cósmico.

A relação entre as contagens atribuídas ao radônio observadas na janela do urânio, com as demais janelas de canais *downward*, detectadas nos cristais voltados para baixo, pode ser determinada através de regressão linear aplicada sobre um conjunto de dados que reflita as variações decorrentes da presença de radônio nos dados.

O procedimento de cálculo dos coeficientes que expressam a relação entre os detectores (*upward* e *downward*) utiliza as seguintes fórmulas (IAEA, 1991):

- $u_r = a_u U_r + b_u$ ,
- $K_r = a_k U_r + b_k$ ,
- $T_r = a_t U_r + b_t$ ,
- $CT_r = a_{ct} U_r + b_{ct}$ , onde:

**u<sub>r</sub>** é a componente do radônio no urânio *up*, **U<sub>r</sub>**, **K<sub>r</sub>**, **T<sub>r</sub>** e **CT<sub>r</sub>** são as contribuições do radônio nas demais janelas associadas ao detector *downward*. Se os componentes dos *backgrounds* da aeronave e cósmico são perfeitamente removidos, as constantes “b’s” (**b<sub>u</sub>**, **b<sub>k</sub>**, **b<sub>t</sub>** e **b<sub>ct</sub>**) devem ser zeradas (IAEA, 1991, p. 27).

No cálculo dos coeficientes  $a_{ct}$ ,  $a_k$ ,  $a_u$  e  $a_t$  (Tabela 12) foram utilizados os valores calculados a partir dos testes de *high level*. Os gráficos correspondentes a estes cálculos encontram no Anexo I-d.

CANAL	COEFICIENTE	VALOR OBTIDO
Contagem Total	$a_{ct}$	13,3110
Potássio	$a_k$	0,7138
Urânio <i>up</i>	$a_u$	0,2241
Tório	$a_t$	0,1102

Tabela 12 - Constantes de Calibração do Radônio

### 3.1.3.7 Estimativa dos Coeficientes *Skyshine* ( $a_1$ e $a_2$ )

Estes coeficientes relacionam a contribuição das radiações de urânio e tório provenientes do terreno que influenciam as contagens do urânio no detector *upward*. Admitindo-se que tais contribuições variem linearmente com as contagens destas mesmas radiações nas janelas de urânio e tório, nos detectores voltados para baixo, a estimativa destes coeficientes emprega a expressão geral:

$$u_g = a_1 U_g + a_2 T_g, \text{ onde:}$$

- $u_g$  - contribuição do solo na janela do urânio *up*;
- $U_g$  - contribuição do solo na janela do urânio *down*;
- $T_g$  - contribuição do solo na janela do tório *down*;
- $a_1$  e  $a_2$  - constantes de calibração requeridas.

A partir de uma série de valores de  $u_g$ ,  $U_g$  e  $T_g$  os fatores de calibração  $a_1$  e  $a_2$  podem ser determinados pelo método dos mínimos quadrados. Isso pode ser feito resolvendo as duas equações simultâneas abaixo:

$$a_1 \sum (U_g)^2 + a_2 \sum U_g T_g = \sum u_g U_g$$

$$a_1 \sum U_g T_g + a_2 \sum (T_g)^2 = \sum u_g T_g$$

Esse processo foi efetuado automaticamente utilizando todos os dados do levantamento. Os valores obtidos no levantamento em pauta estão demonstrados na tabela 13 abaixo.

COEFICIENTE	PR-FAS
$a_1$	0,0438
$a_2$	0,0140

Tabela 13 – Coeficientes *Skyshine*

### 3.1.3.8 Correção do Efeito Compton

É aplicada com objetivo principal de eliminar a influência das radiações atribuídas aos canais de mais alta energia que penetram nos canais de baixa energia, quais sejam: contribuições do tório no urânio e no potássio, assim como a contribuição do urânio no potássio. Nos sistemas de alta resolução, em uso atualmente, são também consideradas as influências de radiações de baixa energia nas janelas de energia mais alta, resultando, desta forma, nos seis coeficientes abaixo:

$\alpha$  - radiações de tório no urânio.

$\beta$  - radiações de tório no potássio.

$\gamma$  - radiações de urânio no potássio.

a - radiações de urânio no tório.

b - radiações de potássio no tório.

g - radiações de potássio no urânio.

Os valores adotados para correção do efeito Compton são os descritos na Tabela 10 – Coeficientes de Espalhamento Compton, apresentada no item 2.3.6. Maior detalhamento deste teste está presente no Anexo I-b.

### 3.1.3.9 Correção Altimétrica (Coeficiente de Atenuação Atmosférica)

A correção altimétrica tem por objetivo referenciar os valores radiométricos à altura nominal do aerolevante (100 m), eliminando falsas anomalias ocasionadas por elevações no terreno. Nas áreas com terreno íngreme onde a aeronave por razões de segurança ultrapassou a altura de 250 metros, a correção altimétrica foi limitada nesse patamar (250 m) para evitar a amplificação de ruído estatístico e erros na determinação de background. (Grasty, R. L. & Minty, B. R. S. 1995).

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

$$N_H = N_0 \cdot e^{-\mu H} \quad (1), \text{ onde:}$$

$N_H$  é a radiação à distância  $H$  da fonte.

$N_0$  é a radiação na superfície do terreno ( $H=0$ ).

$\mu$  é o coeficiente de atenuação atmosférica.

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

$$\ln(N_H) = -\mu H + \ln(N_0)$$

que é a equação de uma reta de coeficiente angular  $-\mu$  e coeficiente linear  $\ln(N_0)$ . Na determinação dos coeficientes de atenuação atmosférica ( $\mu$ ) para cada um dos canais radiométricos foram utilizados os valores apresentados na Tabela 14 obtidos durante os testes realizados em 04.12.2006 em Maricá (RJ). Os gráficos apresentando a correlação logarítmica entre as contagens e a altura de vôo encontram-se no Anexo I-f.

Canal Radiométrico	$\mu$ em $m^{-1}$
Contagem Total	-0,0072
Potássio	-0,0086
Urânio	-0,0087
Tório	-0,0069

Tabela 14 - Coeficientes de Atenuação Atmosférica

### 3.1.3.10 Conversão para Concentração de Elementos

A sensibilidade dos detectores da aeronave PR-FAS para as janelas do potássio, urânio e tório foi determinada com base na razão entre as medições efetuadas a bordo (N) e em terra (C), nos testes conduzidos em 04/12/2006, com a aplicação da expressão:

$S = N/C$ , onde:

- S corresponde à sensibilidade para cada janela.
- N é a média das contagens corrigidas (em cps) para cada canal referente à altura do levantamento (100 m) e situada no trecho de interesse das estações terrestres utilizadas, e
- C é a média das concentrações para cada canal das estações terrestres de interesse.

A Tabela 15 a seguir corresponde à sensibilidade dos detectores analisados (volume de 33,6 litros e dimensões de 10 cm x 10 cm x 40 cm), tomando por base a altura de vôo de 100 m sobre o terreno.

CANAL	SENSIBILIDADE
CT	180,70cps/ $\mu$ R/h CT
K	60,85 cps / %K
U	10,71 cps / ppm eU
Th	3,96 cps/ppm eTh

Tabela 15 - Coeficientes de Sensibilidade

Para calcular a “taxa de exposição”(Exposure Rate) do canal de contagem total (em  $\mu$ R/h) utiliza-se a fórmula abaixo (IAEA, 1991):

$E = 1,505K + 0,653eU + 0,287eTh$ , onde K, eU e eTh correspondem às concentrações aparentes destes elementos definidas em terra, quando do levantamento da pista de calibração dinâmica. O valor da concentração determinado para o canal de contagem total foi de **13,28  $\mu$ R/h**.

Os gráficos comparativos dos perfis coletados durante a calibração dinâmica, após a conversão da amostragem para concentração aparente, acompanham o texto descritivo do procedimento de calibração (“Resumo do Processo de Calibração dos Gamaespectrômetros”) apresentado no Anexo I-e.

### 3.1.4 Determinação das Razões eU/eTh, eU/K e eTh/K

As razões foram calculadas a partir dos valores radiométricos corrigidos, conforme descrito no item 3.1.3 deste capítulo. Para eliminação de indeterminações, ou incorreções devidas a valores anormalmente baixos, foi convencionada a fixação dos valores mínimos de K, U e Th em 5% da média destes canais na área de levantamento. A Tabela 16 a seguir resume os valores utilizados:

Canal Radiométrico	Valor Mínimo
K (%)	0,060
eU (ppm)	0,058
eTh (ppm)	0,465

Tabela 16 - Valores Mínimos para Cálculo das Razões Radiométricas

## 3.2 Interpolação e Contorno

Para a geração dos *grids* foram utilizadas as rotinas do Oasis Montaj de *minimum curvature* (*RANGRID*) e *bi-directional line gridding* (*BIGRID*). Nos dados radiométricos utilizou-se a mínima curvatura e nos magnetométricos a gridagem bidirecional. Os programas *BIGRID* e *RANGRID* interpolam dados em perfis paralelos com linhas orientadas, usando mínima curvatura (*RANGRID*) e spline bicúbico (*BIGRID*) para interpolação de amostras nos pontos do *grid*.

Os mapas de contorno foram elaborados a partir de *grids* regulares, interpolados em malha quadrada, com dimensões de 125m x 125m, o que equivale a um quarto do espaçamento entre as linhas de vôo.

## 3.3 Arquivo Final de Dados

Os dados finais dos perfis do levantamento foram gravados em DVD-ROM, em arquivos ASCII, nos formatos XYZ, da GEOSOFT, e no formato específico da CPRM, contendo as seguintes informações:

- Dados magnetométricos brutos e reduzidos da variação diurna.
- Dados magnetométricos nivelados, reduzidos do IGRF e micronivelados.
- Dados radiométricos brutos e corrigidos e respectivas razões.
- Altura e Altitude do Vôo.
- Posicionamento GPS: Coordenadas UTM, Latitude, Longitude e elevação GPS.

Todos os dados dos cruzamentos entre linhas de vôo e linhas de controle, arquivos digitais em malha quadrada e de plotagem dos mapas apresentados, bem como o presente relatório em formato PDF (*Adobe Acrobat*) foram gravados no DVD-ROM, descrito no item 5.7 deste relatório.

### **3.4 Equipe Envolvida no Processamento dos Dados**

Participaram dos trabalhos de processamento os seguintes técnicos:

- César Marinho Costa – Gerente de Processamento de Dados
- Maria Filipa Perez da Gama – Geofísica Sênior
- Marcio Vieira Marques – Geofísico de Processamento
- Ana Valéria Leite – Secretária Geral

A direção geral das operações no Projeto Aerogeofísico Complemento do Tocantins esteve a cargo do geólogo Jorge Dagoberto Hildenbrand.

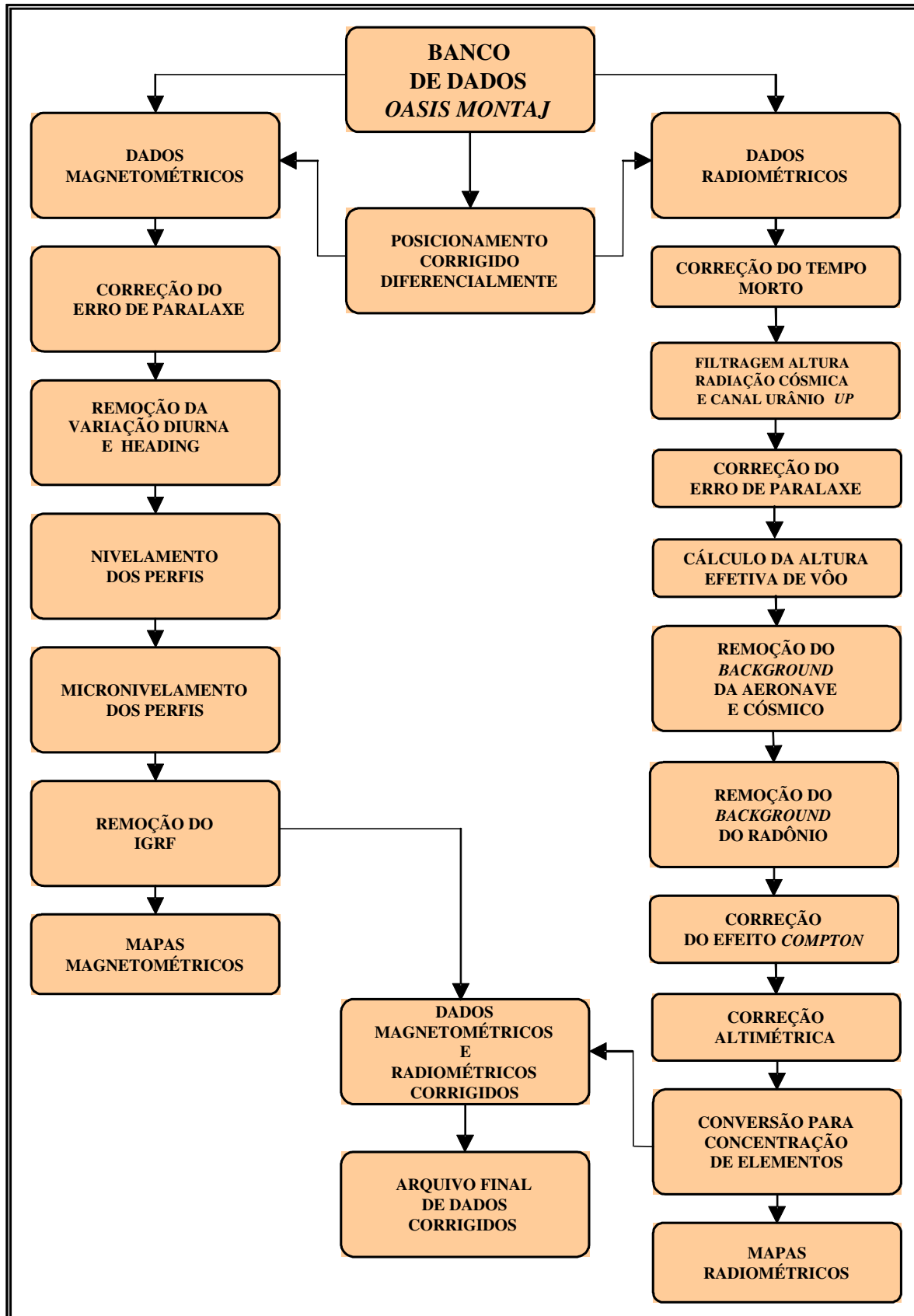


Figura 8 - Fluxograma do Processamento de Dados



#### 4. CRONOGRAMA GERAL DAS OPERAÇÕES

O levantamento do Projeto Aerogeofísico Complemento do Tocantins foi executado no período de 06 de Dezembro de 2006 a 12 de Janeiro de 2007. O processamento dos dados e elaboração do Relatório Final tiveram início logo após o término da fase de aquisição e foram concluídos em 28/02/2007.

A Figura 9 fornece o quadro comparativo entre o cronograma previsto e a duração efetiva do projeto.

Ano	2006				2007				
Etapa/Duração (mês)	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar				
Calibração Inicial Mobilização									
Aquisição de Dados									
<i>Dynamic Calibration Range</i>									
Processamento e Relatório Final									

Figura 9 – Cronograma Geral das Operações



## 5. PRODUTOS FINAIS

Os produtos finais relativos ao Projeto Aerogeofísico Complemento do Tocantins estão sendo apresentados, na forma de mapas, nas escalas 1:100.000 e 1:250.000, que seguem em anexo ao presente relatório. Os resultados na forma de mapas são acompanhados dos arquivos digitais finais do levantamento, gravados em DVD-ROM, em formato GEOSOFT.

Os mapas foram elaborados de acordo com as especificações do Manual Técnico do DNPM. As informações geofísicas estão superpostas à rede de projeção UTM, traçada com retículas de 8 cm (8 km em 1:100.000 e 20 km, em 1:250.000), à rede geográfica, indicada por cruzetas dispostas a cada 10 e 15 minutos, respectivamente para as escalas 1:100.000 e 1:250.000 e as informações planimétricas, obtidas dos arquivos digitais das folhas ao milionésimo SD.22 e SD.23 disponíveis no *site* do IBGE ([www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)). As folhas confeccionadas na escala 1:250.000 englobam toda a área do Projeto em uma única folha.

A Figura 10 ilustra a articulação das folhas relativas aos mapas apresentados na escala 1:100.000.

A Tabela 17 abaixo apresenta os diversos tipos de mapas apresentados e suas características:

TEMA	PADRÃO (1:100.000)	FOLHA ÚNICA (1:250.000)
<b>Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)</b>	Contorno, imagem e planimetria	Imagem sombreada (pseudo-iluminação) e planimetria
<b>1ª.Derivada Vertical do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)</b>	Contorno, imagem e planimetria	Imagem sombreada (pseudo-iluminação) e planimetria
<b>Sinal Analítico do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)</b>	Contorno, imagem e planimetria	Imagem sombreada (pseudo-iluminação) e planimetria
<b>Radiométrico de Contagem Total</b>	Contorno, imagem e planimetria	Imagem e planimetria
<b>Radiométrico de Potássio</b>	Contorno, imagem e planimetria	Imagem e planimetria
<b>Radiométrico de Urânio</b>	Contorno, imagem e planimetria	Imagem e planimetria
<b>Radiométrico de Tório</b>	Contorno, imagem e planimetria	Imagem e planimetria
<b>Razão Radiométrica eU/eTh</b>	Contorno, imagem e planimetria	Imagem e planimetria
<b>Razão Radiométrica eU/K</b>	Contorno, imagem e planimetria	Imagem e planimetria
<b>Razão Radiométrica eTh/K</b>	Contorno, imagem e planimetria	Imagem e planimetria
<b>Radiométrico Ternário</b>	-	Imagem e planimetria
<b>Traço dos Perfis de Vão (Digital)</b>	Planimetria	-
<b>Modelo Digital do Terreno (Digital)</b>	-	Imagem sombreada (pseudo-iluminação) e planimetria

Tabela 17 – Características da Apresentação dos Mapas Aerogeofísicos

As especificações dos intervalos de contorno utilizados nos mapas aerogeofísicos na escala 1:100.000, constam na Tabela 18 a seguir:

TEMA	PADRÃO (1:100.000)
Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)	2 e 10 nT
1ª. Derivada Vertical do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)	0,01 e 0,05 nT/m
Sinal Analítico do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)	0,01 e 0,05 nT/m
Radiométrico de Contagem Total	1 e 5 $\mu$ R/h
Radiométrico de Potássio	0,1 e 0,5 %
Radiométrico de Urânio	0,1 e 0,5 ppm
Radiométrico de Tório	1 e 5 ppm
Razão Radiométrica eU/eTh	0,02 e 0,10
Razão Radiométrica eU/K	0,5 e 2,5
Razão Radiométrica eTh/K	2 e 10

Tabela 18 – Características dos Intervalos de Contorno dos Mapas Aerogeofísicos

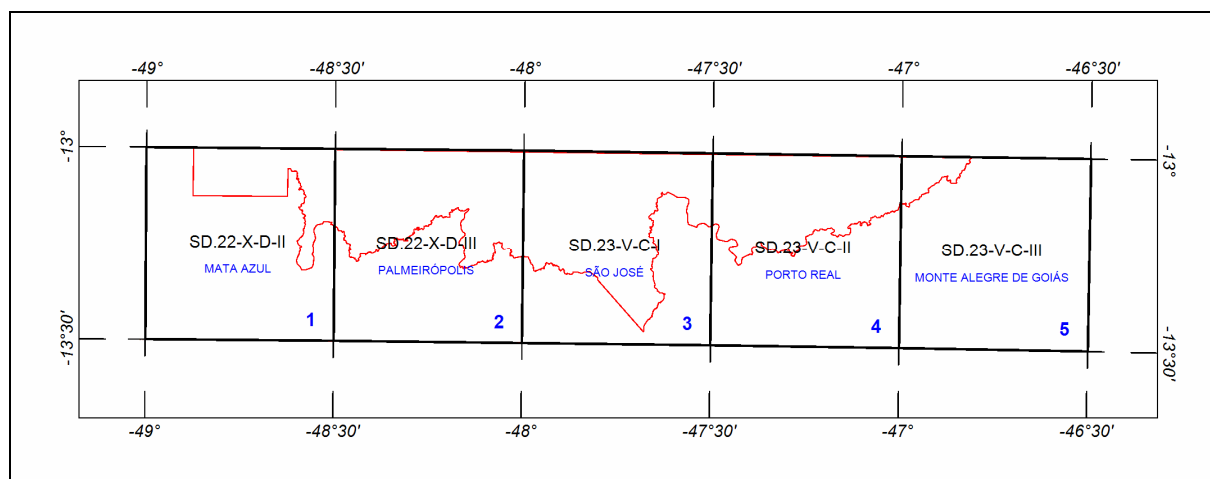


Figura 10 – Articulação das Folhas na Escala 1:100.000

### **5.1 Mapas de Contorno do Campo Magnético Total, da 1ª Derivada Vertical e do Sinal Analítico do Campo Magnético Total (reduzidos do IGRF)**

Os mapas magnetométricos, na escala 1:100.000, foram elaborados na forma de imagem colorida, com traços de contorno superpostos. Na escala 1:250.000, os mapas do Campo Magnético Total, 1ª Derivada Vertical e Sinal Analítico foram elaborados na forma de pseudo-iluminação. Nos mapas de pseudo-iluminação foram adotados os ângulos de 45° para direção e de 45° para inclinação da fonte de iluminação aplicada.

Na escala 1:100.000 a imagem colorida se superpõe às curvas de isovalores e à planimetria básica para todos os temas da magnetometria.

A título de ilustração, os mapas magnetométricos do Campo Total e do Sinal Analítico estão sendo apresentados nas Figuras 11 e 12 respectivamente, com escala reduzida para tamanho A-4.

### **5.2 Mapas Radiométricos dos Canais de Potássio, Urânio, Tório e Contagem Total**

Os mapas radiométricos foram elaborados a partir das concentrações aparentes dos canais radiométricos de potássio, urânio, tório e contagem total. Nos mapas com escala 1:100.000 a imagem se superpõe a planimetria básica e às curvas de contorno. Na escala 1:250.000 as curvas de contorno não são apresentadas.

Os valores radiométricos foram convertidos de contagens por segundo (cps) para concentração de elementos (% para K, ppm para eU e eTh e  $\mu\text{R/h}$  para o canal de Contagem Total), com base nos procedimentos especificados no Item 3.1 do Capítulo 3 deste relatório.

O mapa do canal radiométrico de Contagem Total, elaborado em escala reduzida para tamanho A-4, está sendo apresentado na Figura 13.

### **5.3 Mapa Radiométrico Ternário**

Mapa elaborado apenas na escala 1:250.000, expressa a relação entre os três canais radiométricos, quais sejam: K:U:Th, cujas variações são indicadas por diferentes matizes de cores. As tonalidades variam entre o vermelho (100% K), azul (100% eU) e verde (100% eTh).

O mapa radiométrico ternário, elaborado em escala reduzida para tamanho A-4, está sendo apresentado na Figura 14. Nesta figura a predominância do vermelho indica alta concentração de potássio, enquanto as tonalidades azul e verde estão associadas às presenças de urânio e tório, respectivamente. A cor branca simboliza a presença dos três elementos (K, U, Th) e a cor preta ausência dos três citados elementos.

### **5.4 Mapas das Razões Radiométricas eU/eTh, eU/K e eTh/K**

Os mapas das razões foram elaborados a partir das razões das concentrações dos canais radiométricos de potássio, urânio e tório. Nos mapas com escala 1:100.000 a imagem se superpõe à planimetria básica e às curvas de contorno. Na escala 1:250.000 as curvas de contorno não são apresentadas.

O mapa radiométrico da razão tório/potássio, também elaborado em escala reduzida para tamanho A-4, está sendo apresentado na Figura 15. Os valores fixos de contorno utilizados nos mapas na escala 1:100.000 estão definidos na tabela 18.

### **5.5 Mapa de Pseudo-Iluminação do Modelo Digital do Terreno**

Este mapa, obtido através da subtração dos canais de Altura GPS e Radar Altimetro, está sendo apresentado na escala de 1:250.000 em cores e pseudo-iluminado, com inclinação da fonte de luz de 45° e direção de 45°, com a planimetria superposta.

O mapa pseudo-iluminado do modelo digital do terreno, também elaborado em escala reduzida para tamanho A-4, está apresentado na Figura 16.

### **5.6 Relatório Final**

O relatório final está sendo apresentado em 7 volumes (Volume I - Texto Técnico e demais como Anexos), em 4 (quatro) vias, contendo a descrição das operações conduzidas no Projeto Aerogeofísico Complemento do Tocantins e dos procedimentos utilizados no levantamento e no processamento dos dados correspondentes, até a elaboração dos mapas finais, conforme descrito anteriormente.

A título de ilustração foi incorporada ao presente relatório a Figura 16 (“Modelo Digital do Terreno”), a qual apresenta os principais acidentes geográficos da área levantada, obtidos a partir dos dados altimétricos registrados pela aeronave.

Os quadros sinóticos das operações estão sendo apresentados no Anexo III do presente relatório.

O texto deste relatório foi elaborado por Marcio Vieira Marques. A revisão e edição final estiveram a cargo de Cesar Marinho Costa e do gerente do contrato da CPRM – Serviço Geológico do Brasil.

### **5.7 Arquivos Digitais Finais**

Os dados obtidos no processamento de dados estão sendo apresentados em 1 DVD-ROM. A descrição do conteúdo das informações gravadas no DVD-ROM está sendo apresentada no Anexo IV. A descrição detalhada do formato dos arquivos XYZ e do padrão da CPRM (perfis e cruzamentos) é apresentada no Anexo V.

Os dados digitais dos bancos de dados magnetométrico e gamaespectrométrico da *GEOSOFT* (GDB) são apresentados, respectivamente, nas Tabelas 19 e 20.

Os mapas foram gravados em arquivos de plotagem do tipo HPGL (*Hewlett Packard Graphics Language*) e *GEOSOFT MAP*.

Os *grids* também são apresentados no formato *GEOSOFT*, interpolados em malha quadrada de 125 x 125 m.

A listagem fornecida no Anexo VI apresenta as linhas de vôo numeradas de 10010 a 14510 e de controle numeradas de 19000 a 19050 aprovadas e utilizadas no processamento, organizadas por ordem crescente de numeração.

O arquivo metadados, bem como todos os arquivos especificados no contrato, estão sendo apresentado em meio digital.

<b>Campo</b>	<b>Descrição</b>	<b>Unidade</b>
X	Coordenada UTM Leste	m
Y	Coordenada UTM Norte	m
FIDUCIAL	Fiducial	-
GPSALT	Altitude GPS	m
BARO	Altitude Barométrica	m
ALTURA	Altura de Vôo (Radar Altimetro)	m
MDT	Modelo Digital do Terreno	m
MAGBASE	Campo Magnético da Base Fixa	nT
MAGBRU	Campo Magnético não Compensado	nT
MAGCOM	Campo Magnético Compensado	nT
MAGCOR	Campo Magnético Corrigido da Variação Diurna	nT
MAGNIV	Campo Magnético Total Nivelado	nT
MAGMIC	Campo Magnético Total Micronivelado	nT
MAGIGRF	Campo Magnético Total Reduzido do IGRF	nT
IGRF	Campo Magnético de Referência (fonte NOAA)	nT
LONGITUDE	Longitude	graus decimais
LATITUDE	Latitude	graus decimais
DATA	Data	ano/mês/dia
HORA	Hora	hh:mm:ss

Tabela 19 – Banco de Dados *Geosoft* (GDB) – Magnetometria

<b>Campo</b>	<b>Descrição</b>	<b>Unidade</b>
X	Coordenada UTM Leste	m
Y	Coordenada UTM Norte	m
FIDUCIAL	Fiducial	-
GPSALT	Altitude GPS	m
BARO	Altitude Barométrica	m
ALTURA	Altura do Vôo (Radar Altimetro)	m
MDT	Modelo Digital do Terreno	m
CTB	Contagem Total Bruto	cps
KB	Potássio Bruto	cps
UB	Urânio Bruto	cps
THB	Tório Bruto	cps
UUP	Urânio <i>UP</i>	cps
LIVE_TIME	Tempo de Amostragem	ms
COSMICO	Radiação Cósmica	cps

<b>Campo</b>	<b>Descrição</b>	<b>Unidade</b>
TEMP	Temperatura	graus Celsius
CTCOR	Contagem Total Corrigido	cps
KCOR	Potássio Corrigido	cps
UCOR	Urânio Corrigido	cps
THCOR	Tório Corrigido	cps
CTEXP	Taxa de Exposição da Contagem Total	$\mu R/h$
KPERC	Potássio em porcentagem	%
eU	Urânio em ppm	ppm
eTH	Tório em ppm	ppm
THKRAZAO	Razão entre Tório e Potássio	-
UKRAZAO	Razão entre Urânio e Potássio	-
UTHRAZAO	Razão entre Urânio e Tório	-
LONGITUDE	Longitude	graus decimais
LATITUDE	Latitude	graus decimais
DATA	Data	ano/mês/dia
HORA	Hora	hh:mm:ss

Tabela 20 – Banco de Dados *Geosoft* (GDB) – Gamaespectrometria

X	Coordenada UTM Leste	m
Y	Coordenada UTM Norte	m
FIDUCIAL	Fiducial	-
GPSALT	Altitude GPS	m
ALTURA	Altura do Vôo (Radar Altímetro)	m
MAGCOR	Campo Magnético Corrigido da Variação Diurna	nT
MAGNIV	Campo Magnético Total Nivelado	nT
RESIDUO	Diferença Aplicada no Cruzamento para Nivelamento	nT
VOO	Número do Vôo	-

Tabela 21 – Arquivo de Cruzamentos XYZ - Magnetometria

## 5.8 Produtos Originais

Os originais obtidos no levantamento, tais como fitas de vídeo e fitas originais, contendo dados brutos e os registros analógicos permanecerão sob a guarda e conservação da LASA, conforme determina a portaria Nº 637-SC-6/FA-61, do EMFA, de 05.03.1998.

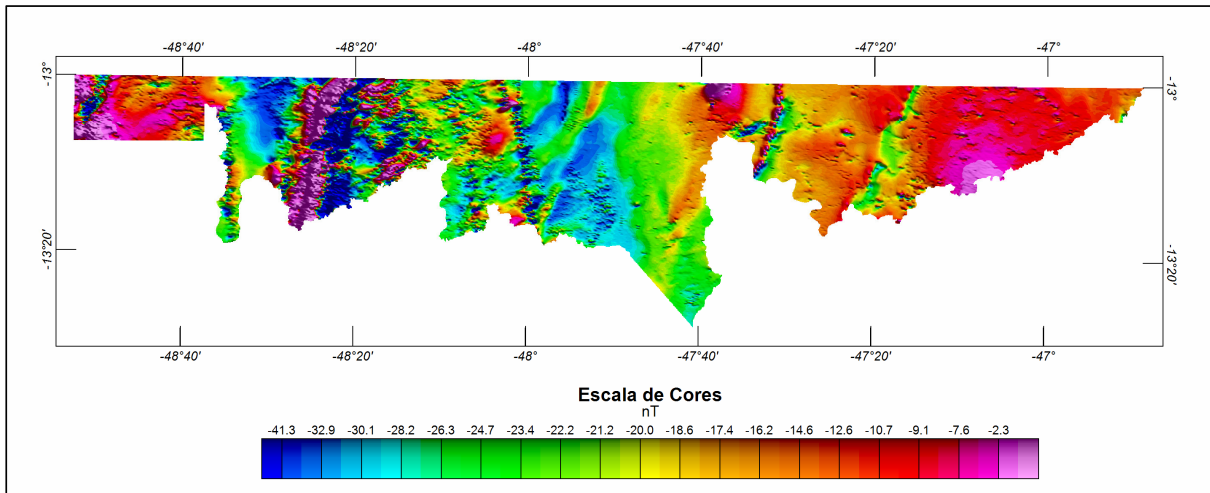


Figura 11 – Mapa Pseudo-Iluminado do Campo Magnético Total (reduzido do IGRF). Azimute da Fonte Luminosa: 45°; Inclinação: 45°.

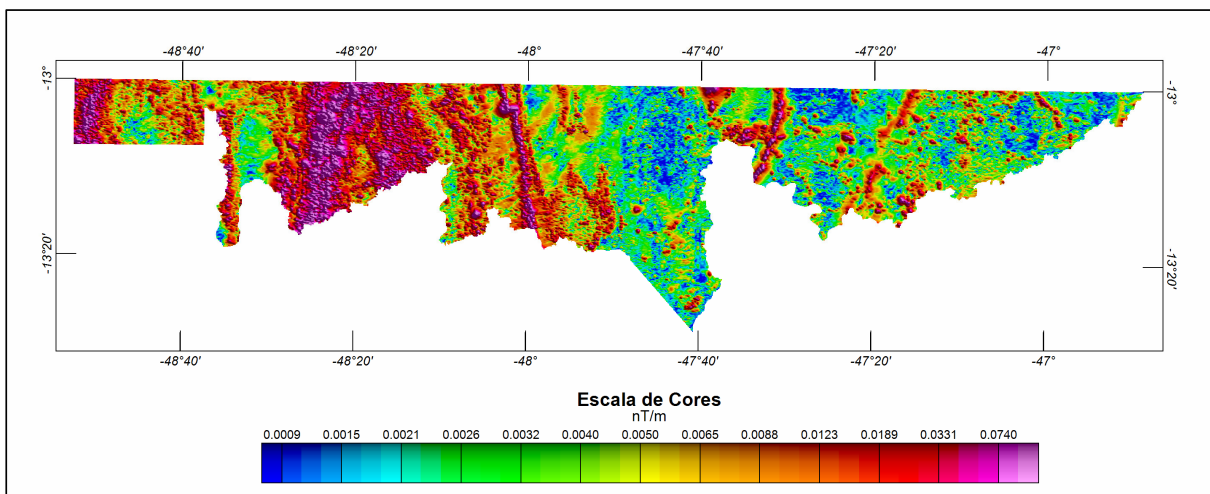


Figura 12 – Mapa Pseudo-Iluminado do Sinal Analítico do Campo Magnético Total (reduzido do IGRF). Azimute da Fonte Luminosa: 45°; Inclinação: 45°.



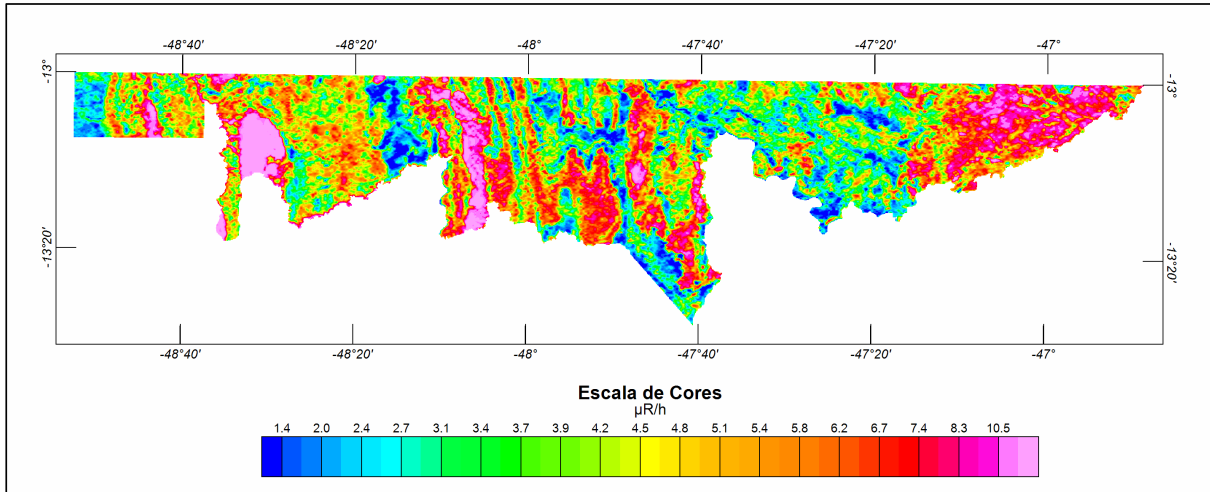


Figura 13 – Mapa Radiométrico da Taxa de Exposição do Canal de Contagem Total

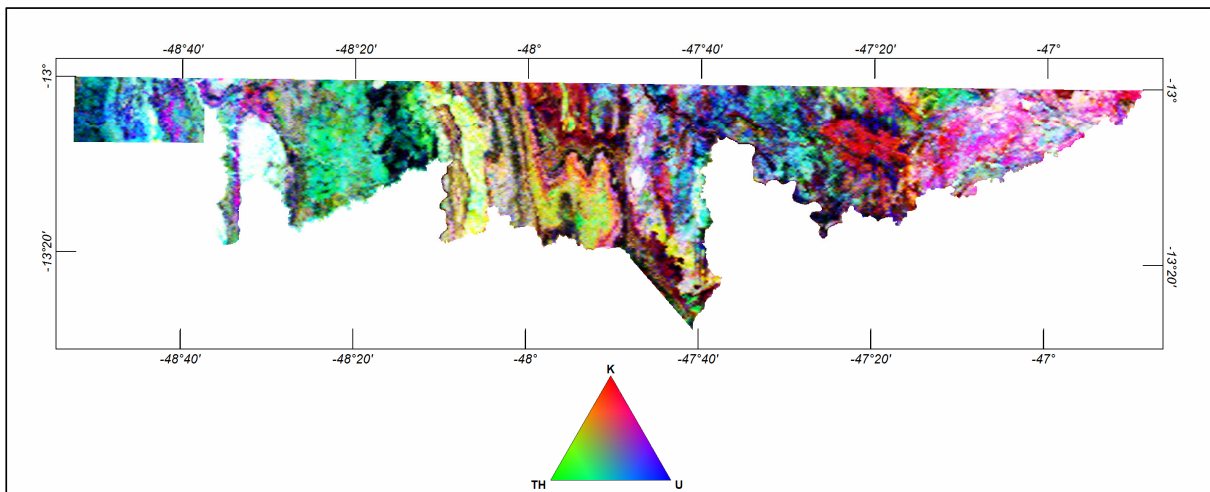


Figura 14 – Mapa Radiométrico Ternário (K-U-Th)

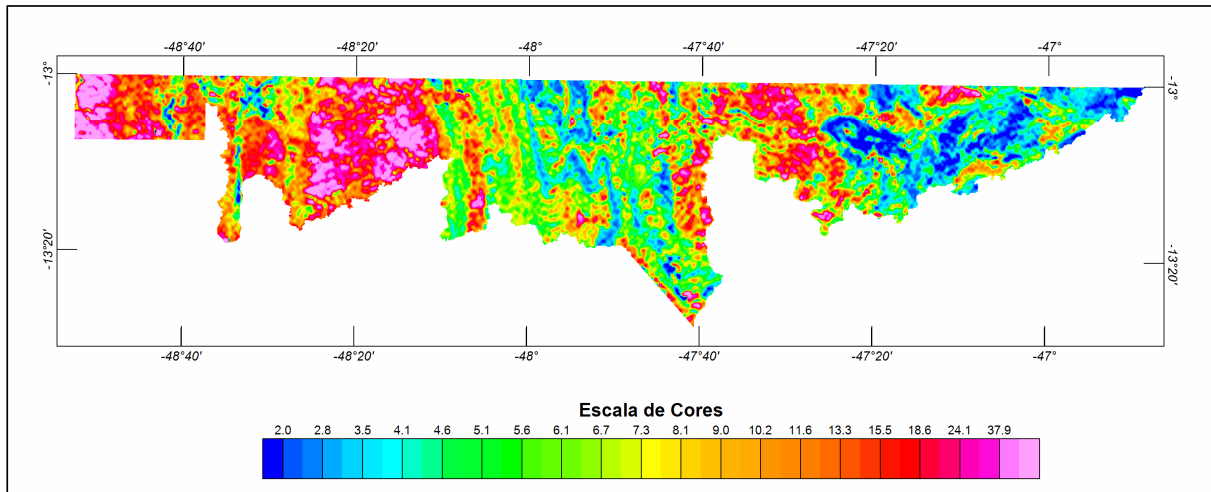


Figura 15 – Mapa Radiométrico da Razão Tório / Potássio

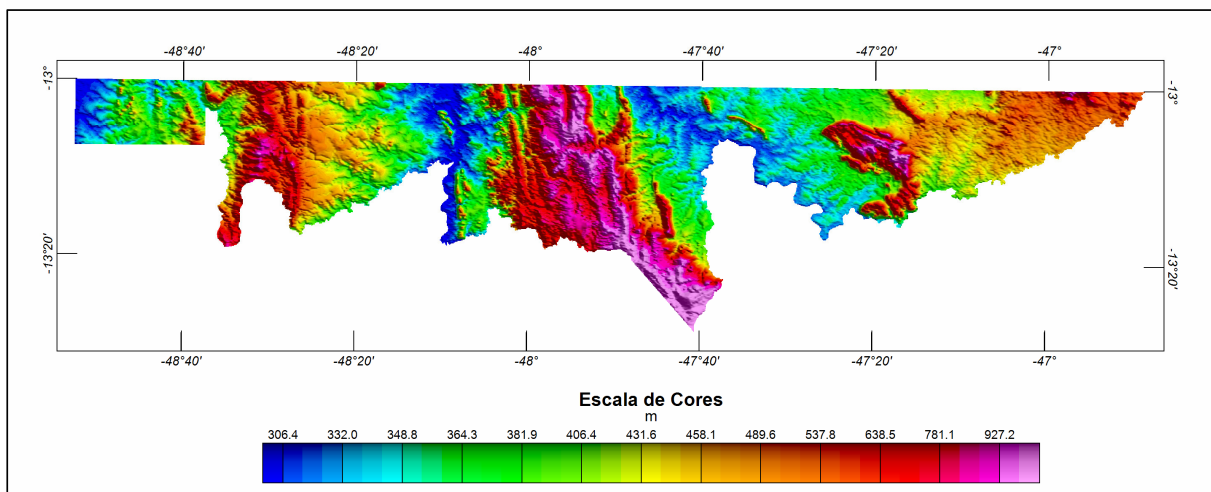


Figura 16 – Mapa do Modelo Digital do Terreno. Azimute da Fonte Luminosa: 45°; Inclinação: 45°.

## **6. PARTICIPAÇÃO DA CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL**

Os serviços de aquisição de dados do projeto foram supervisionados pela geóloga Regina Célia dos Santos Silva, da Superintendência Regional de Belém (SUREG-BE).

A revisão e compatibilização geral dos resultados obtidos apresentados no Relatório Final foi executada pelo gerente de contrato, geólogo Luís Marcelo Fontoura Mourão.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CPRM - 1999** - Relatório sobre os serviços de geodésia e topografia para locação da linha de calibração dinâmica. Divisão de Cartografia - DICART. Rio de Janeiro, Brasil.
- Ford, K. L. & Santaguida, F. – 1997** – Gamma ray spectrometry as an indicator of potassic alteration zones associated with VHMS mineralization. In Proceedings of Exploration 97: Fourth Decennial International Conference on Mineral Exploration. Toronto, Canada.
- Geosoft - 2005** – Montaj Geophysics Levelling System: Tutorial and User Guide. [www.geosoft.com](http://www.geosoft.com). Toronto, Canada.
- Grasty, R. L. & Minty, B. R. S. - 1995** - A guide to the technical specifications for airborne gamma-ray surveys. AGSO, Australia.
- Grasty, R. L. & Hovgaard, J. - 1996** - The calibration of upward looking detectors in gamma ray surveys. SEG, 66 Annual Meeting Expanded Abstracts, L.A., USA.
- IAEA. - 1991** - Airborne gamma ray spectrometer surveying. International Atomic Energy Agency. Technical Reports Series No. 323. Vienna, Austria.
- IAEA. - 2003** – Guidelines for radioelement mapping using gamma ray spectrometry data. International Atomic Energy Agency. TECDOC-1363. Vienna, Austria.
- Reeves, C. V., Redford, S. W. & Milligan, P. R. - 1997** - Airborne geophysics: old methods, new images. In Proceedings of Exploration 97: Fourth Decennial International Conference on Mineral Exploration. Toronto, Canada. p. 13-30.

**ANEXO I - RESUMO DO PROCESSO DE CALIBRAÇÃO DOS  
GAMASPECTRÔMETROS**

**ANEXO I-a**

**RESULTADO DOS TESTES DA RESOLUÇÃO  
DOS CRISTAIS DETECTORES  
(*DOWNWARD* e *UPWARD*)**

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

PROJETO AEROGEOFÍSICO COMPLEMENTO DO TOCANTINS

CPRM CONTRATO Nº 065/PR/05

RESULTADO DOS TESTES  
DA RESOLUÇÃO DOS DETECTORES  
GAMAESPECTROMÉTRICOS  
*DOWNWARD e UPWARD*

AERONAVE CESSNA C-208 CARAVAN

PR-FAS

RIO DE JANEIRO-RJ  
04 DE AGOSTO DE 2006

## Flight Log – Magnetometria e Espectrometria

Vôo      PAD      Projeto                      Data    04/08/2006                       
 Base    RJ              Cliente    CPRM                      Área                       
 Avião    PR-FAS      Piloto                      Operador    Mateus     

	GR-820	CRISTAL A	CRISTAL B	CRISTAL D	RO I	ELEMENT	CHANNEL	STAB.
S/N	8291	2661	2662		1	TOTAL COUNT	34-233	---
CAL					2	POTASSIO	115-131	122
ADC	131				3	URANIO	139-155	147
					4	THORIO	202-233	218
					8	URANIO UP	139-155	---

CRISTAL A			CRISTAL B			CRISTAL D		
	FWHM	GAIN		FWHM	GAIN		FWHM	GAIN
A1	5.9	125	B1	4.8	124	D1	9.4	133
A2	5.3	126	B2	5.4	129	D2	9.1	141
A3	4.7	125	B3	5.0	141			
A4	4.6	124	B4	4.9	121			

	DOWN	UP
TOTAL	218.0	55.0
FWHM	5.1	9.5

REFERÊNCIA Th < 7%	REFERÊNCIA Cs < 12%
CRISTAIS A e B	CRISTAIS D1 e D2
CRISTAIS D3 e D4	

Spec000000010.ms

TESTE DE AMOSTRAS			I N I C I A L		
LINE	AMOSTRA	FID. INICIAL	HORA INICIAL	FID FINAL	HORA FINAL
1011	TH	420	12:15	1084	12:25
1012	U	1189	12:26	1412	12:30
1013	BG	1509	12:32	1680	12:35

Spec000000020.ms

TESTE DE AMOSTRAS			F I N A L		
LINE	AMOSTRA	FID. INICIAL	HORA INICIAL	FID FINAL	HORA FINAL
1014	TH	13895	15:58	14125	16:02
1015	U	14223	16:04	14380	16:06
1016	BG	14585	16:10	14750	16:12



Foto tirada no dia 04/08/2006 no hangar em Jacarepaguá mostrando a resolução dos cristais do sistema Exploranium GR820 da aeronave PR-FAS.



**ANEXO I - RESUMO DO PROCESSO DE CALIBRAÇÃO DOS  
GAMAESPECTRÔMETROS**

**ANEXO I-b**

**RESULTADO DO TESTE SOBRE OS TANQUES DE CALIBRAÇÃO PORTÁTEIS  
PARA DETERMINAÇÃO DOS COEFICIENTES  
DE ESPALHAMENTO COMPTON**

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

PROJETO AEROGEOFÍSICO COMPLEMENTO DO TOCANTINS

CPRM CONTRATO Nº 065/PR/05

RESULTADO DO TESTE SOBRE OS  
TANQUES DE CALIBRAÇÃO PORTÁTEIS PARA  
DETERMINAÇÃO DOS COEFICIENTES  
DE ESPALHAMENTO COMPTON

AERONAVE CESSNA C-208 CARAVAN

PR-FAS

RIO DE JANEIRO-RJ  
04 DE AGOSTO DE 2006

Planilha contendo o resumo das contagens de cada elemento,  
 Aeronave Cessna Caravan C208 - PR-FAS

Obs.: Os valores abaixo foram corrigidos do *live time*.

Pacote de Cristais #A (1.024 pol <sup>3</sup> )			ELEMENTOS (cps)		
Num. Linha	Tanque	Tempo (s)	K (média)	U (média)	Th (média)
BG1	<i>Background</i>	600	342,636	70,691	147,864
TH1	Tório	600	390,527	101,437	266,466
U1	Urânio	600	405,050	157,028	152,467
K1	Potássio	600	484,363	71,306	147,724
Pacote de Cristais #B (1.024 pol <sup>3</sup> )			ELEMENTOS (cps)		
Num. Linha	Tanque	Tempo (s)	K (média)	U (média)	Th (média)
BG2	<i>Background</i>	600	331,888	59,437	119,165
TH2	Tório	600	385,357	93,428	254,429
U2	Urânio	600	398,936	154,902	125,533
K2	Potássio	600	493,788	59,083	117,411
Pacote de Cristais #A (1.024 pol <sup>3</sup> )			ELEMENTOS (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th	
<i>Background</i>	600	205582	42414	88718	
Tório	600	234316	60862	159880	
Urânio	600	243030	94217	91480	
Potássio	600	290618	42784	88634	
Pacote de Cristais #B (1.024 pol <sup>3</sup> )			ELEMENTOS (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th	
<i>Background</i>	600	199133	35662	71499	
Tório	600	231214	56057	152657	
Urânio	600	239362	92941	75320	
Potássio	600	296273	35450	70447	
Pacotes de Cristais #A e #B (2.048 pol <sup>3</sup> )			ELEMENTOS (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th	
<i>Background</i>	600	404714	78076	160217	
Tório	600	465530	116919	312537	
Urânio	600	482392	187158	166800	
Potássio	600	586891	78233	159081	

Cópia do arquivo de entrada do programa PADWIN referente ao pacote de cristais de número 1:

Aeronave PR-FAS Caixa A - 04/08/2006

4

600

205582

42414

88718

600

290618

42784

88634

600

243030

94217

91480

600

234316

60862

159880

Cópia do arquivo de saída do programa PADWIN com o resultado do Teste sobre o Tanque de Calibração N/S 94 e referente ao pacote de cristais de número 1:

"" CALIBRATION OF K-U-TH WINDOW COUNTS FROM PAD MEASUREMENTS ""  
PROGRAM PADWIN

-----

Concentrations of Transportable Pads

NUMBER OF PADS = 4

PAD CONCENTRATIONS:

	PCT K	PPM EU	PPM TH
B Pad	1.410 ( .010)	.97 ( .03)	2.26 ( .10)
K Pad	8.710 ( .090)	.32 ( .02)	.74 ( .10)
U Pad	1.340 ( .020)	52.90 ( 1.00)	3.40 ( .14)
T Pad	1.340 ( .020)	2.96 ( .06)	136.00 ( 2.10)

GEOMETRIC CORRECTION FACTORS:

POTASSIUM URANIUM THORIUM

1.17 1.17 1.19

Aeronave PR-FAS Caixa A - 04/08/2006

WINDOW COUNTS:

	TIME (M)	K COUNTS	U COUNTS	TH COUNTS
B Pad	600.0	205582.	42414.	88718.
K Pad	600.0	290618.	42784.	88634.
U Pad	600.0	243030.	94217.	91480.
T Pad	600.0	234316.	60862.	159880.

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

1.960E+01 (2.926E-01) 1.221E+00 (3.300E-02) 3.502E-01 (1.040E-02)  
2.749E-01 (6.822E-02) 1.658E+00 (3.411E-02) 2.054E-01 (5.200E-03)  
1.715E-01 (9.891E-02) 6.943E-02 (1.402E-02) 8.859E-01 (1.523E-02)

INVERSE A-MATRIX:

5.166E-02 (7.834E-04) -3.753E-02 (8.361E-04) -1.172E-02 (5.057E-04)  
-7.397E-03 (2.234E-03) 6.143E-01 (1.251E-02) -1.395E-01 (4.076E-03)  
-9.419E-03 (5.744E-03) -4.088E-02 (8.449E-03) 1.142E+00 (1.933E-02)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 1.960E+01 (2.926E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 1.658E+00 (3.411E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 8.859E-01 (1.523E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 2.293E+01 (3.424E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 1.940E+00 (3.990E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 1.054E+00 (1.812E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2318 ( .0049)

TH INTO K (BETA = A13/A33): .3953 ( .0103)

U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7360 ( .0149)

U INTO TH (A = A32/A22): .0419 ( .0084)

K INTO TH (B = A31/A11): .0087 ( .0050)

K INTO U (G = A21/A11): .0140 ( .0035)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 3.130E+02 (1.038E+00) COUNTS/M

U WINDOW : 6.823E+01 (4.352E-01) COUNTS/M

TH WINDOW : 1.456E+02 (6.305E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

Cópia do arquivo de entrada do programa PADWIN referente ao pacote de cristais de número 2:

Aeronave PR-FAS Caixa B - 04/08/2006

4

600

199133

35662

71499

600

296273

35450

70447

600

239362

92941

75320

600

231214

56057

152657

Cópia do arquivo de saída do programa PADWIN com o resultado do Teste sobre o Tanque de Calibração N/S 94 e referente ao pacote de cristais de número 2:

```

"""" CALIBRATION OF K-U-TH WINDOW COUNTS FROM PAD MEASUREMENTS """"

          PROGRAM PADWIN
          -----

Concentrations of Transportable Pads

NUMBER OF PADS = 4

PAD CONCENTRATIONS:

          PCT K      PPM EU      PPM TH
B Pad   1.410 ( .010)   .97 ( .03)   2.26 ( .10)
K Pad   8.710 ( .090)   .32 ( .02)   .74 ( .10)
U Pad   1.340 ( .020)  52.90 ( 1.00)  3.40 ( .14)
T Pad   1.340 ( .020)   2.96 ( .06) 136.00 ( 2.10)

GEOMETRIC CORRECTION FACTORS:

          POTASSIUM  URANIUM  THORIUM

          1.17   1.17   1.19

Aeronave PR-FAS Caixa B - 04/08/2006

WINDOW COUNTS:

          TIME (M)  K COUNTS  U COUNTS  TH COUNTS
B Pad   600.0  199133.  35662.   71499.
K Pad   600.0  296273.  35450.   70447.
U Pad   600.0  239362.  92941.   75320.
T Pad   600.0  231214.  56057.  152657.

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

2.238E+01 (3.218E-01)  1.313E+00 (3.446E-02)  3.920E-01 (1.085E-02)
1.621E-01 (6.258E-02)  1.834E+00 (3.718E-02)  2.270E-01 (5.274E-03)
-2.096E-02 (8.935E-02)  1.004E-01 (1.291E-02)  1.010E+00 (1.692E-02)

INVERSE A-MATRIX:

4.491E-02 (6.525E-04) -3.158E-02 (6.730E-04) -1.033E-02 (3.945E-04)
-4.137E-03 (1.616E-03)  5.551E-01 (1.117E-02) -1.231E-01 (3.390E-03)
1.344E-03 (4.000E-03) -5.586E-02 (6.215E-03)  1.002E+00 (1.663E-02)

```



WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 2.238E+01 (3.218E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 1.834E+00 (3.718E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 1.010E+00 (1.692E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 2.618E+01 (3.765E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 2.145E+00 (4.350E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 1.202E+00 (2.014E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2247 ( .0041)

TH INTO K (BETA = A13/A33): .3881 ( .0091)

U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7159 ( .0135)

U INTO TH (A = A32/A22): .0548 ( .0070)

K INTO TH (B = A31/A11): -.0009 ( .0040)

K INTO U (G = A21/A11): .0072 ( .0028)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 2.982E+02 (1.052E+00) COUNTS/M

U WINDOW : 5.692E+01 (4.017E-01) COUNTS/M

TH WINDOW : 1.168E+02 (5.718E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

Cópia do arquivo de entrada do programa PADWIN referente ao pacote de cristais de número 1 e 2:

Aeronave PR-FAS Caixa A+B - 04/08/2006

4

600

404714

78076

160217

600

586891

78233

159081

600

482392

187158

166800

600

465530

116919

312537

Cópia do arquivo de saída do programa PADWIN com o resultado do Teste sobre o Tanque de Calibração N/S 94 e referente ao pacote de cristais de número 1 e 2:

"" CALIBRATION OF K-U-TH WINDOW COUNTS FROM PAD MEASUREMENTS ""

PROGRAM PADWIN

-----

Concentrations of Transportable Pads

NUMBER OF PADS = 4

PAD CONCENTRATIONS:

	PCT K	PPM EU	PPM TH
B Pad	1.410 ( .010)	.97 ( .03)	2.26 ( .10)
K Pad	8.710 ( .090)	.32 ( .02)	.74 ( .10)
U Pad	1.340 ( .020)	52.90 ( 1.00)	3.40 ( .14)
T Pad	1.340 ( .020)	2.96 ( .06)	136.00 ( 2.10)

GEOMETRIC CORRECTION FACTORS:

POTASSIUM URANIUM THORIUM

1.17 1.17 1.19

Aeronave PR-FAS Caixa A+B - 04/08/2006

WINDOW COUNTS:

	TIME (M)	K COUNTS	U COUNTS	TH COUNTS
B Pad	600.0	404714.	78076.	160217.
K Pad	600.0	586891.	78233.	159081.
U Pad	600.0	482392.	187158.	166800.
T Pad	600.0	465530.	116919.	312537.

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

4.197E+01 (5.696E-01)	2.533E+00 (6.028E-02)	7.422E-01 (1.786E-02)
4.368E-01 (9.375E-02)	3.492E+00 (6.932E-02)	4.323E-01 (8.940E-03)
1.505E-01 (1.359E-01)	1.699E-01 (1.970E-02)	1.896E+00 (3.100E-02)

INVERSE A-MATRIX:

2.402E-02 (3.283E-04)	-1.716E-02 (3.129E-04)	-5.491E-03 (1.749E-04)
-2.800E-03 (6.760E-04)	2.916E-01 (5.751E-03)	-6.540E-02 (1.660E-03)
-1.656E-03 (1.723E-03)	-2.476E-02 (2.656E-03)	5.338E-01 (8.671E-03)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 4.197E+01 (5.696E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 3.492E+00 (6.932E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 1.896E+00 (3.100E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 4.911E+01 (6.665E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 4.086E+00 (8.111E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 2.256E+00 (3.689E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

**STRIPPING RATIOS:**

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2281 ( .0032)

TH INTO K (BETA = A13/A33): .3915 ( .0073)

U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7255 ( .0107)

U INTO TH (A = A32/A22): .0486 ( .0056)

K INTO TH (B = A31/A11): .0036 ( .0032)

K INTO U (G = A21/A11): .0104 ( .0022)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 6.112E+02 (1.611E+00) COUNTS/M

U WINDOW : 1.251E+02 (6.028E-01) COUNTS/M

TH WINDOW : 2.624E+02 (8.690E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

**ANEXO I - RESUMO DO PROCESSO DE CALIBRAÇÃO DOS  
GAMASPECTRÔMETROS**

**ANEXO I-c**

**DETERMINAÇÃO DOS *BACKGROUNDS* DA AERONAVE E CÓSMICO**

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

PROJETO AEROGEOFÍSICO COMPLEMENTO DO TOCANTINS

CPRM CONTRATO Nº 065/PR/05

RESULTADO DA COMPILAÇÃO DO VÔO CÓSMICO  
PARA DETERMINAÇÃO DOS *BACKGROUNDS*  
DA AERONAVE E CÓSMICO

AERONAVE CESSNA C-208 CARAVAN

PR-FAS

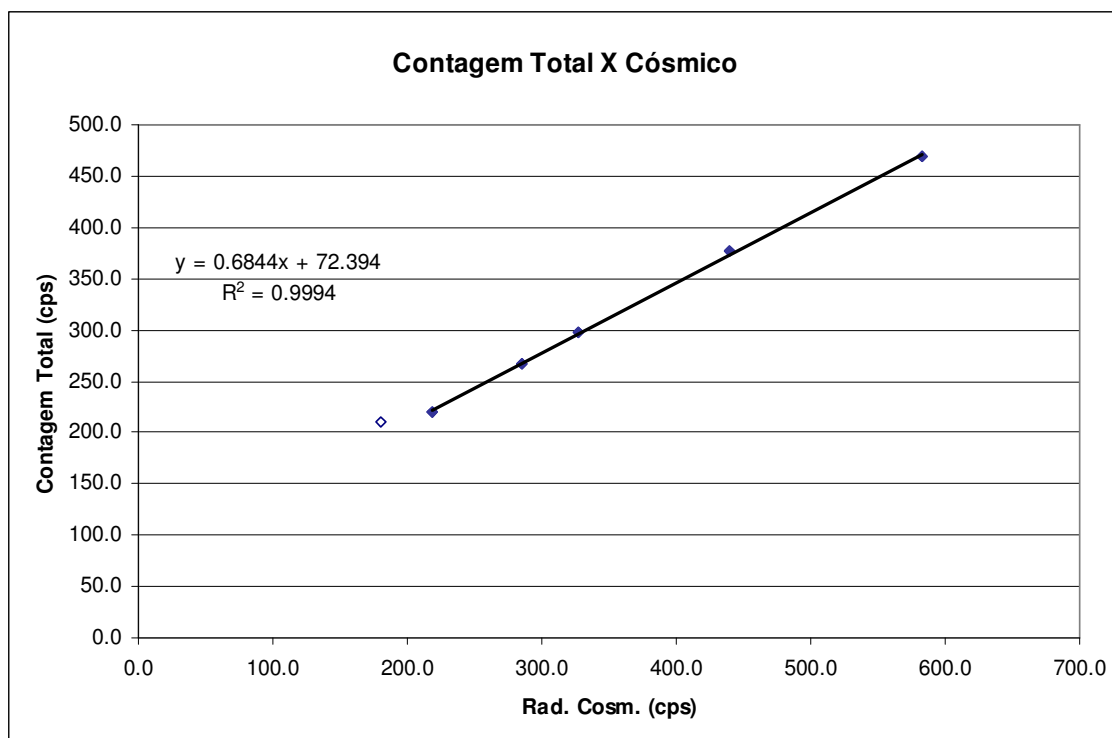
RIO DE JANEIRO-RJ  
04 DE DEZEMBRO DE 2006

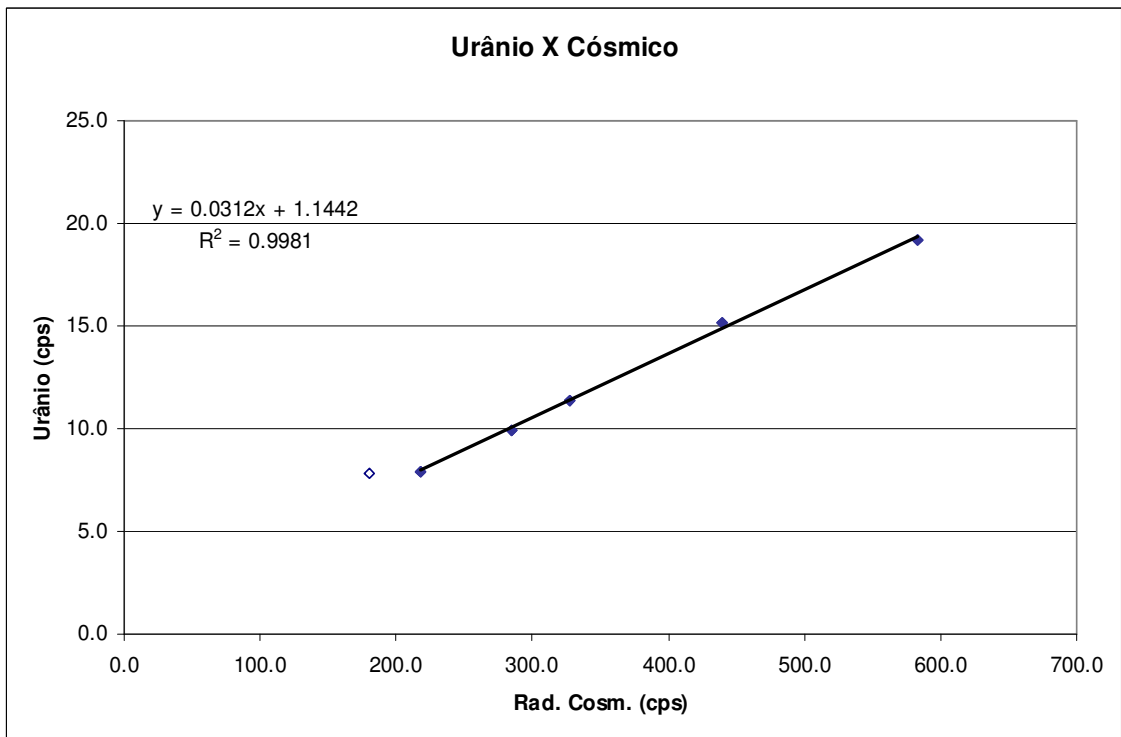
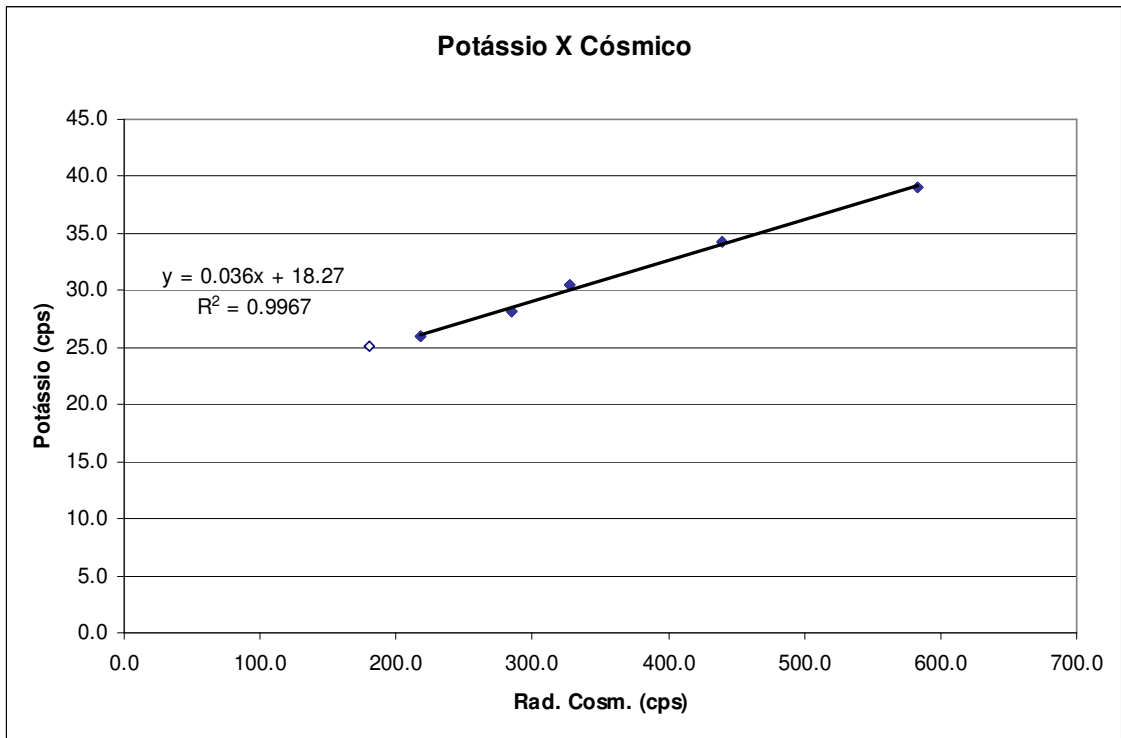
**RESULTADO DO VÔO CÔSMICO DA AERONAVE Cessna C-208B – PR-FAS**  
( Vol. Pacote de Cristais: 2.048 pol<sup>3</sup> )

Rio de Janeiro, 04 de dezembro de 2006

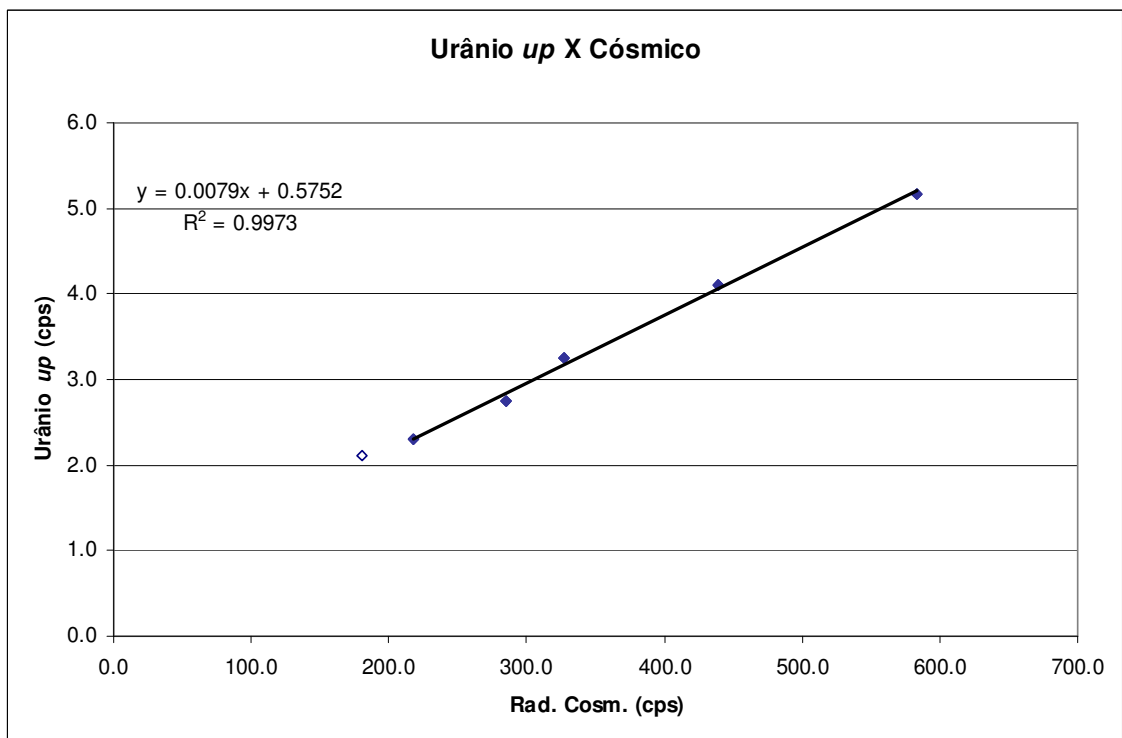
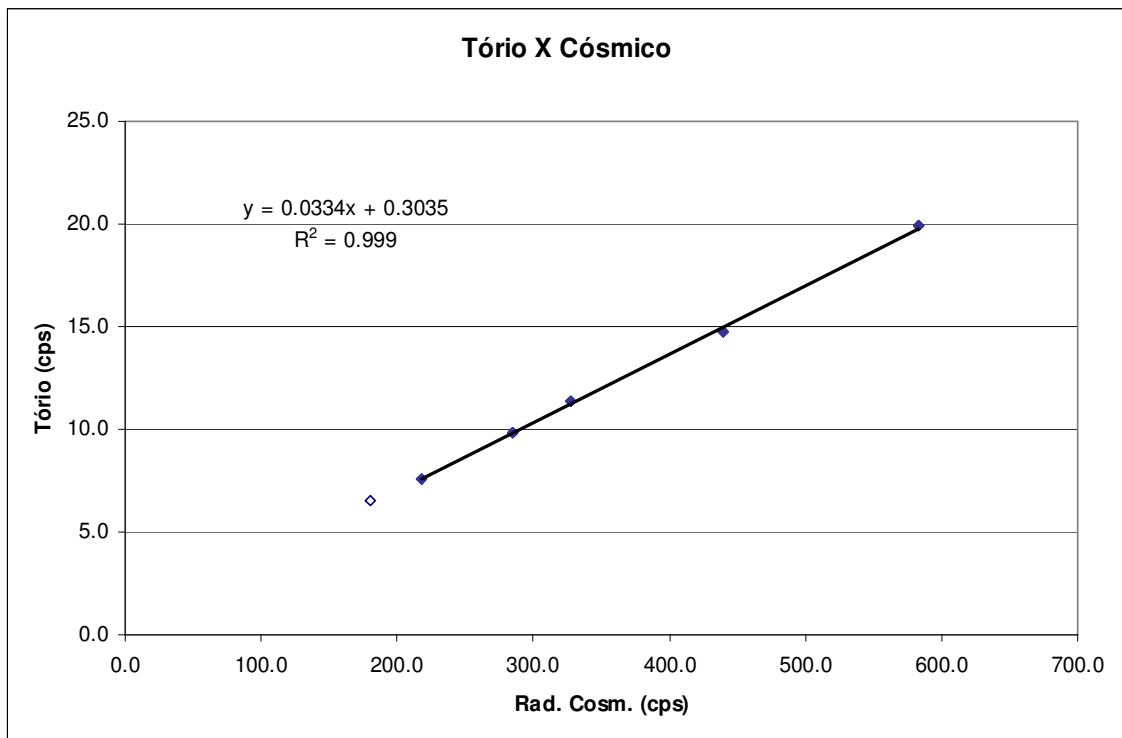
Altitude (m)	Cósmico (cps)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)	Uup (cps)
1113,1	180,113	209,675	25,075	7,841	6,532	2,104
1603,3	218,114	220,256	26,046	7,943	7,611	2,308
2246,8	285,022	266,203	28,191	9,898	9,814	2,758
2570,2	327,703	298,308	30,431	11,375	11,388	3,249
3221,9	439,289	376,276	34,327	15,175	14,741	4,105
3862,7	583,177	469,271	39,066	19,181	19,907	5,176

RESULTADO		
CANAL	Background Aeronave	Stripping Cósmico
CT	72,394	0,6844
K	18,270	0,0360
U	1,1442	0,0312
Th	0,3035	0,0334
Uup	0,5752	0,0079









**ANEXO I - RESUMO DO PROCESSO DE CALIBRAÇÃO DOS  
GAMASPECTRÔMETROS**

**ANEXO I-d**

**DETERMINAÇÃO DAS CONSTANTES DE CALIBRAÇÃO DO RADÔNIO**

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

PROJETO AEROGEOFÍSICO COMPLEMENTO DO TOCANTINS

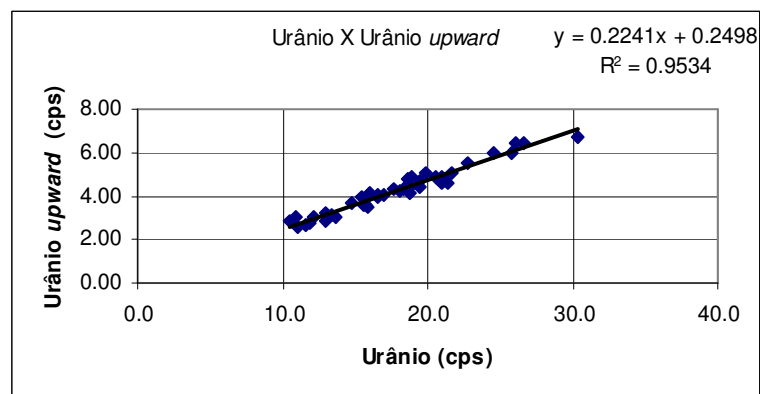
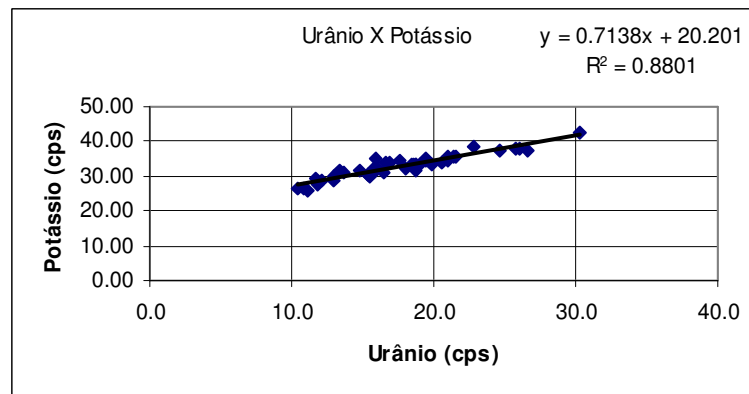
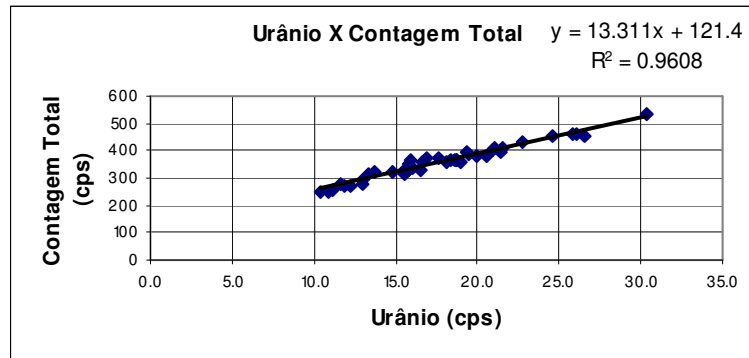
CPRM CONTRATO Nº 065/PR/05

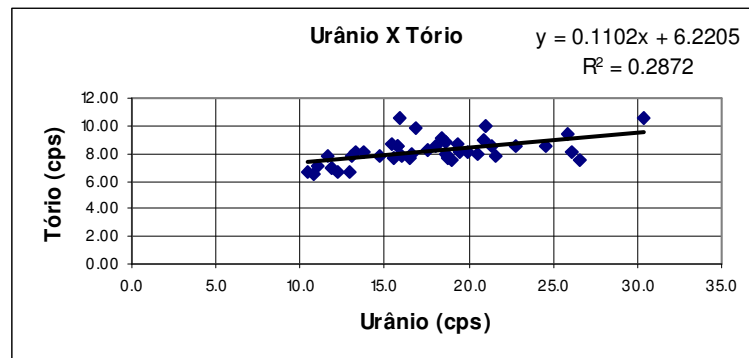
RESULTADO DO TESTES DE “*HIGH LEVEL*”  
PARA DETERMINAÇÃO DAS CONSTANTES  
DE CALIBRAÇÃO DO RADÔNIO

AERONAVE CESSNA C-208 CARAVAN

PR-FAS

Médias por voo (cps)						
Voo	Contagem Total	Potássio	Urânio	Tório	Urânio UP	Cósmico
5	256,34	26,11	11,09	7,02	2,57	173,00
5	355,97	32,19	18,07	8,51	4,19	170,00
7	272,08	27,69	11,84	6,94	2,80	169,00
7	331,89	31,27	16,53	7,65	4,06	183,00
8	319,05	31,48	14,77	7,74	3,70	179,00
8	401,28	34,43	20,94	8,91	4,83	173,00
9	350,28	32,21	15,75	8,60	3,61	181,00
9	393,20	34,99	19,39	8,67	4,71	182,00
10	389,29	34,32	19,50	8,10	4,43	180,00
11	330,71	30,90	15,83	8,46	3,97	228,00
11	383,93	33,09	19,89	8,08	5,06	191,00
16	336,95	32,14	16,03	7,85	4,16	180,00
16	458,67	38,04	26,09	8,05	6,40	181,00
17	412,22	35,81	21,59	7,84	5,02	170,00
18	359,11	34,16	16,61	8,00	3,99	178,00
18	462,64	38,20	25,82	9,35	5,96	177,00
19	363,56	31,83	18,72	7,64	4,11	180,00
19	451,95	37,48	26,61	7,54	6,41	181,00
21	318,17	29,76	15,53	7,71	3,57	182,00
21	361,02	33,47	18,95	7,46	4,84	192,00
22	383,50	33,92	20,55	8,00	4,86	183,00
23	367,71	35,33	15,85	10,61	3,46	181,00
23	454,00	37,38	24,60	8,52	6,02	185,00
24	367,74	33,31	18,58	8,80	4,49	180,00
25	249,55	26,64	10,43	6,66	2,81	176,00
25	278,35	29,29	11,65	7,79	2,67	183,00
26	246,42	26,51	10,85	6,49	3,02	178,00
26	318,74	30,28	15,39	8,63	3,99	185,00
27	281,18	28,83	12,96	6,72	3,21	169,00
27	392,60	35,48	21,39	8,55	4,56	167,00
28	366,94	33,09	18,76	7,85	4,41	172,00
29	272,70	28,71	12,18	6,58	2,99	171,00
29	429,65	38,47	22,76	8,57	5,50	183,00
30	372,27	34,34	17,61	8,31	4,36	183,00
31	321,65	31,14	13,71	8,15	3,02	170,00
31	408,70	35,84	21,03	10,02	4,59	171,00
32	370,62	33,92	16,90	9,90	4,02	175,00
33	317,82	31,55	13,33	8,05	3,16	171,00
33	531,13	42,78	30,32	10,49	6,70	172,00
34	368,09	33,09	18,41	9,11	4,31	169,00
35	289,72	29,98	13,01	7,85	2,87	175,00
35	364,67	33,26	18,68	8,01	4,80	173,00





CANAL	COEFICIENTE	VALOR OBTIDO
Contagem Total	$a_{ct}$	13,3110
Potássio	$a_k$	0,7138
Urânio $u_p$	$a_u$	0,2241
Tório	$a_t$	0,1102

**ANEXO I - RESUMO DO PROCESSO DE CALIBRAÇÃO DOS  
GAMASPECTRÔMETROS**

**ANEXO I-e**

**CALIBRAÇÃO DINÂMICA – RESULTADOS DOS TESTES**

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

PROJETO AEROGEOFÍSICO COMPLEMENTO DO TOCANTINS

CPRM CONTRATO Nº 065/PR/05

RESUMO DOS RESULTADOS DOS TESTES DE CALIBRAÇÃO  
DINÂMICA

CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE SENSIBILIDADE

AERONAVE CESSNA C-208 CARAVAN

PR-FAS

RIO DE JANEIRO-RJ  
04 DE DEZEMBRO DE 2006



## CÁLCULO DAS TAXAS DE CONCENTRAÇÃO DOS RADIOELEMENTOS

### POTÁSSIO, URÂNIO E TÓRIO

#### SUMÁRIO

1. Considerações Gerais
2. Levantamento Terrestre
3. Levantamento Aéreo
4. Correção Altimétrica (Coeficiente de Atenuação Atmosférica)
5. Conversão para Concentração de Elementos

#### Índice das Figuras, Quadros, Tabela e Mapa

- Figura 1 - Gamaespectrômetro Portátil GR-320
- Figura 2 - Coleta de Dados Terrestres na Pista de Calibração Dinâmica
- Figura 3 - Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Contagem Total
- Figura 4 - Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Potássio
- Figura 5 - Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Urânio
- Figura 6 - Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Tório
- 
- Quadro 1 - Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Pista de Calibração
- Quadro 2 - Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Lagoa de Maricá
- Quadro 3 - Resultado Estatístico do Levantamento Aéreo Sobre a Pista de Calibração
- Quadro 4 - Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Pista de Calibração
- Quadro 5 - Coeficientes de Sensibilidade
- 
- Tabela 1 - Listagem dos Valores das Leituras do Levantamento Terrestre
- 
- Mapa 1 - Mapa de Localização das Estações Terrestres Sobre a Pista de Calibração Dinâmica

## 1. Considerações Gerais

Para a conversão dos dados aerogamaespectrométricos, medidos em contagens por segundo (cps), para concentração de elementos para K (em %), eU e eTh (em ppm) e o canal de contagem total em taxa de exposição (em  $\mu\text{R/h}$ ) são utilizadas técnicas de calibração para os sistemas gamaespectrométricos aéreo e terrestre transferidas por consultores especialistas canadenses a técnicos da CPRM, da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e das empresas de levantamento aerogeofísico, reunidos em um *workshop* patrocinado pela CPRM, em conjunto com o Geological Survey of Canada, em junho de 1997.

A conversão dos dados aerogamaespectrométricos de contagens por segundo (cps) para concentração de elementos exige a utilização de uma “pista de calibração dinâmica” (*dynamic calibration range – DCR*), para obtenção dos coeficientes de sensibilidade (contagens por segundo / unidade de concentração), bem como para a determinação dos coeficientes de atenuação atmosférica ( $\mu$ ), empregados na correção altimétrica dos canais radiométricos.

Os sistemas gamaespectrométricos, tanto aéreo quanto portátil terrestre, devem ser calibrados aproximadamente a cada 12 meses.

No dia 04 de Dezembro de 2006 a Lasa Engenharia e Prospecções S.A. efetuou os testes sobre a “pista de calibração dinâmica” no distrito de Inoã, município de Maricá (RJ).

## 2. Levantamento Terrestre

Na coleta de dados ao longo da pista de calibração foi utilizado um gamaespectrômetro portátil EXPLORANIUM, modelo GR-320, 256 canais, com detector de iodeto de sódio ativado a tálio NaI(Tl), medindo 76x76mm com resolução melhor que 8,5% para fotopico de Cs-137 (662 keV), como mostra a figura 1. As medidas foram armazenadas na memória interna do equipamento, bem como anotadas pelo operador em planilha apropriada.

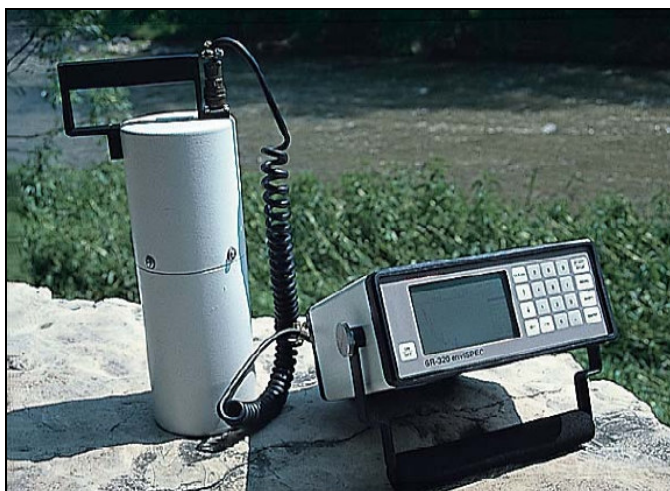


Figura 1 – Gamaespectrômetro Portátil EXPLORANIUM GR-320

Foram registradas 77 estações, sendo 69 sobre a pista de calibração e 8 sobre a Lagoa de Maricá, estas últimas com vistas a remover o *background* atmosférico da região. Devido a impossibilidade de chegada ao local, não foram efetuadas medições entre a estaca 11S e as imediações do marco 2 e entre as estacas 1N e 3N, sendo consideradas, para fins estatísticos, 69 estações. A Tabela 1 e o Mapa 1 proporcionam, respectivamente, uma visão dos valores das leituras das estações e a locação das mesmas na Pista de Calibração. A Figura 2 ilustra a coleta de dados terrestres. Os Quadros 1 e 2 resumem os resultados obtidos no levantamento terrestre.



Figura 2 – Coleta de Dados Terrestres sobre a Pista de Calibração Dinâmica

ESTATÍSTICA	CONCENTRAÇÃO				CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
	CT(*) ( $\mu$ R/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)				
<b>MÉDIA</b>	13,75	2,11	2,33	31,56	3744,62	679,38	184,96	270,80
<b>DESVIO PADRÃO</b>	3,08	0,70	0,82	8,84	818,64	170,63	47,05	75,46
<b>ERRO NA MÉDIA(1)</b>	0,37	0,08	0,10	1,06	98,55	20,54	5,66	9,08
<b>INCERTEZA (%) (2)</b>	0,03	0,04	0,04	0,03				

Quadro 1 – Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Pista de Calibração

- (\*) Valor obtido através da expressão:  

$$E = 1,505K + 0,653eU + 0,287eTh$$

$$E = \text{Taxa de Exposição } (\mu\text{R/h})$$
- (1) Erro na média = Desvio Padrão / (Número de Estações)<sup>1/2</sup>
- (2) Incerteza = Erro na Média/ Média
- cpm = contagem por minuto
- 69 estações utilizadas no cálculo estatístico

ESTATÍSTICA	CONCENTRAÇÃO				CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
	CT ( $\mu$ R/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)				
<b>MÉDIA</b>	0,47	-0,03*	-0,31*	1,64	208,13	-2,75	1,88	13,88
<b>DESVIO PADRÃO</b>	0,07	0,05	0,24	0,38	14,17	3,81	3,83	2,90
<b>ERRO NA MÉDIA</b>	0,02	0,02	0,08	0,13	5,01	1,35	1,36	1,03
<b>INCERTEZA (%)</b>	0,05	0,00	0,00	0,08				

- Valores considerados como zero para efeito do cálculo de remoção do background

Quadro 2 – Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Lagoa de Maricá (*background*)

### 3. Levantamento Aéreo

Foi utilizada a aeronave PR-FAS, equipada com gamaespectrômetro EXPLORANIUM GR-820, com cristais detectores de NaI com 2.048 pol<sup>3</sup> *down* e 512 pol<sup>3</sup> *up*. Foram realizadas 8 passagens sobre a pista de calibração e mar, nas seguintes altitudes: 330, 400, 500, 600, 700 e 800 pés. A razão pela qual foram voadas linhas em várias altitudes foi o aproveitamento dos dados para calcular também os coeficientes de atenuação atmosférica (*attenuation coefficients*), os quais são utilizados para a correção altimétrica dos dados radiométricos.

### 4. Correção Altimétrica (Coeficientes de Atenuação Atmosférica)

Esse procedimento é comentado no próximo resumo.

### 5. Conversão para Concentração de Elementos

A sensibilidade dos detectores da aeronave PR-FAS para as janelas de potássio, urânio e tório foi determinada com base na razão entre as medidas efetuadas a bordo (N) e em terra (C), com a aplicação da seguinte expressão:

$$S = N / C, \text{ onde:}$$

S corresponde à sensibilidade para cada janela.

N é a média das contagens corrigidas (em cps) para cada canal referente à altura do levantamento (100 m) e situada no trecho de interesse das estações utilizadas.

C é a média das concentrações para cada canal das estações terrestres de interesse.

Foram utilizados os dados aéreos relativos à primeira passagem na altura de 100 m sobre a pista de calibração, correspondente ao intervalo de 50 metros entre as estações terrestres consideradas para efeito do cálculo da média dos elementos K, U, e Th (do Marco 0 até a estaca 7N).

Para cálculo da “taxa de exposição” (*Exposure rate*) do canal de contagem total é utilizada a fórmula abaixo (IAEA, 1991):

$$E = 1,505 K\% + 0,653 eU + 0,287 eTh, \text{ onde:}$$

*E* é o símbolo para *Exposure rate*, *K%*, *eU* e *eTh* correspondem às concentrações médias destes elementos determinadas em terra na pista de calibração dinâmica, após a redução do *background* medido na lagoa de Maricá.

Os dados estatísticos e os resultados da calibração dinâmica são resumidos nos Quadros 3, 4 e 5, a seguir:

ESTATÍSTICA *	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
<b>MÉDIA</b>	2399,75	128,40	24,96	118,47
<b>DESVIO PADRÃO</b>	215,10	24,09	9,39	17,70
<b>ERRO NA MÉDIA</b>	28,00	3,14	1,22	2,30
<b>INCERTEZA (%)</b>	0,01	0,02	0,05	0,02

\* tempo morto, *background*, *stripping* e atenuação corrigidos

Quadro 3 - Resultado Estatístico do Levantamento Aéreo Sobre a Pista de Calibração

ESTATÍSTICA	CONCENTRAÇÃO				CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
	CT ( $\mu$ R/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)				
<b>MÉDIA</b>	13,28	2,11	2,33	29,92	3536,49	682,13	183,08	256,92
<b>DESVIO PADRÃO</b>	3,08	0,70	0,82	8,84	818,64	170,63	47,05	75,46
<b>ERRO NA MÉDIA</b>	0,37	0,08	0,10	1,06	98,55	20,54	5,66	9,08
<b>INCERTEZA (%)</b>	0,03	0,04	0,04	0,04				

cpm = contagens por minuto

Quadro 4 – Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Pista de Calibração

	CT (cps / $\mu$ R/h)	K (cps / %)	U (cps / ppm)	Th (cps / ppm)
<b>SENSIBILIDADE (S)</b>	180,70	60,85	10,71	3,96

Quadro 5 – Coeficientes de Sensibilidade

As Figuras 3, 4, 5 e 6 apresentam os perfis comparativos dos levantamentos aéreo e terrestre:

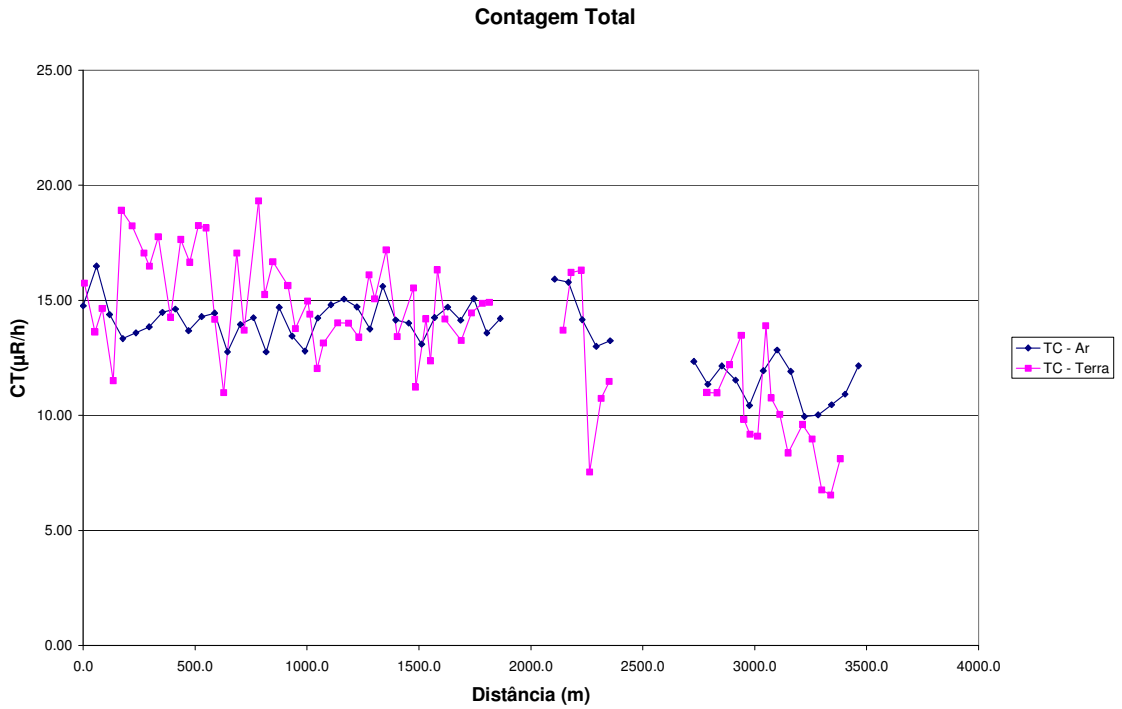


Figura 3 – Calibração dinâmica – Perfil comparativo – Contagem Total

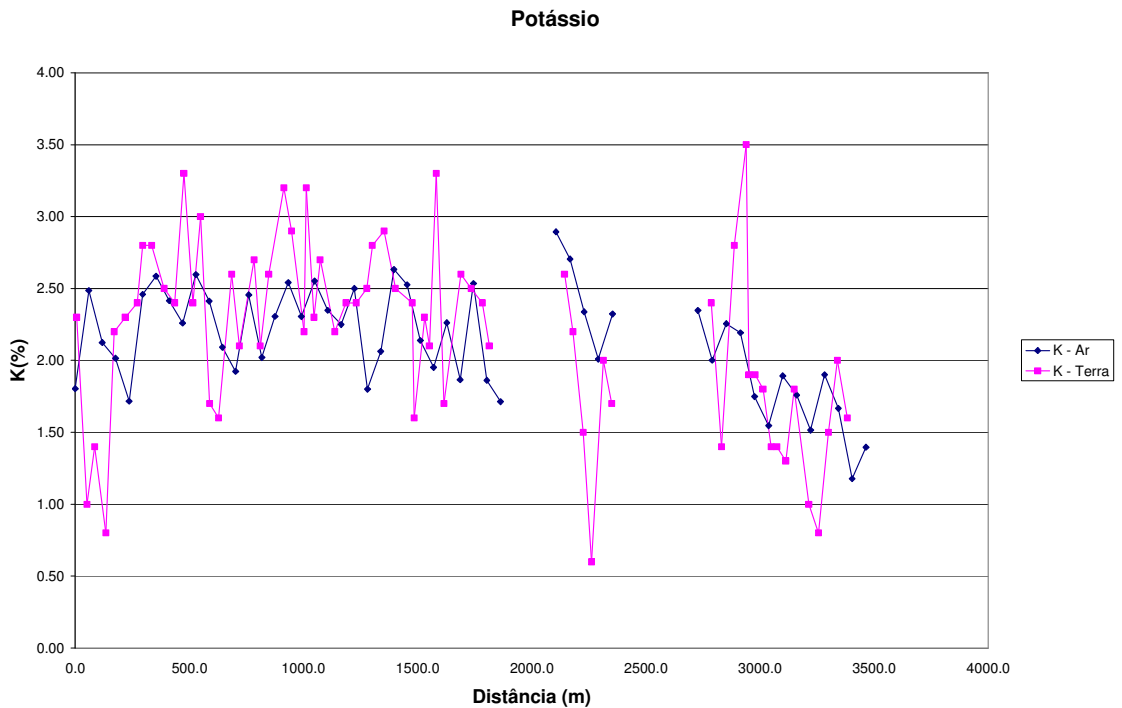


Figura 4 – Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Potássio

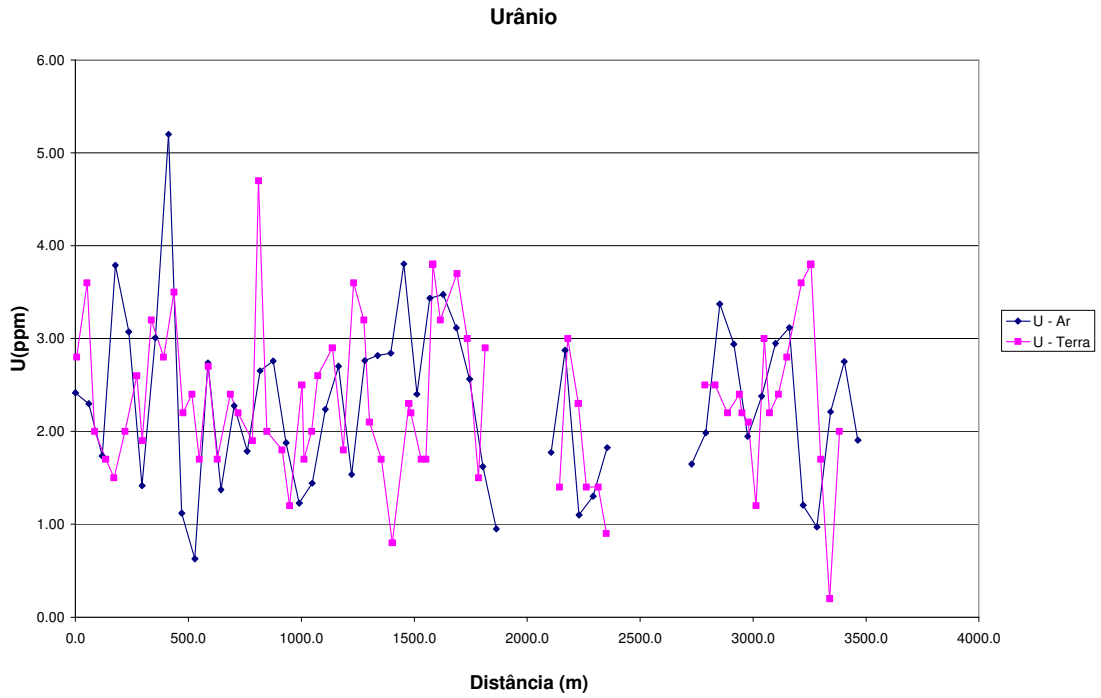


Figura 5 – Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Urânio

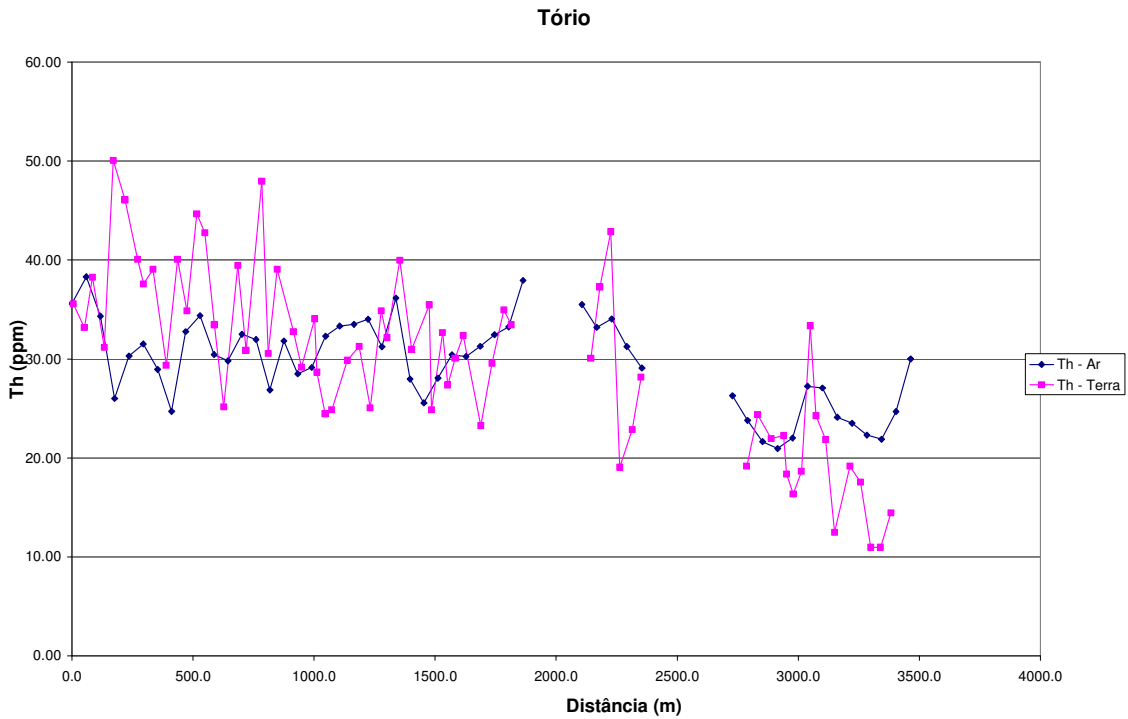


Figura 6 – Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Tório

TABELA 1 - LISTAGEM DAS LEITURAS DO LEVANTAMENTO TERRESTRE  
PISTA DE CALIBRAÇÃO DINÂMICA – 04/12/2006  
DADOS BRUTOS

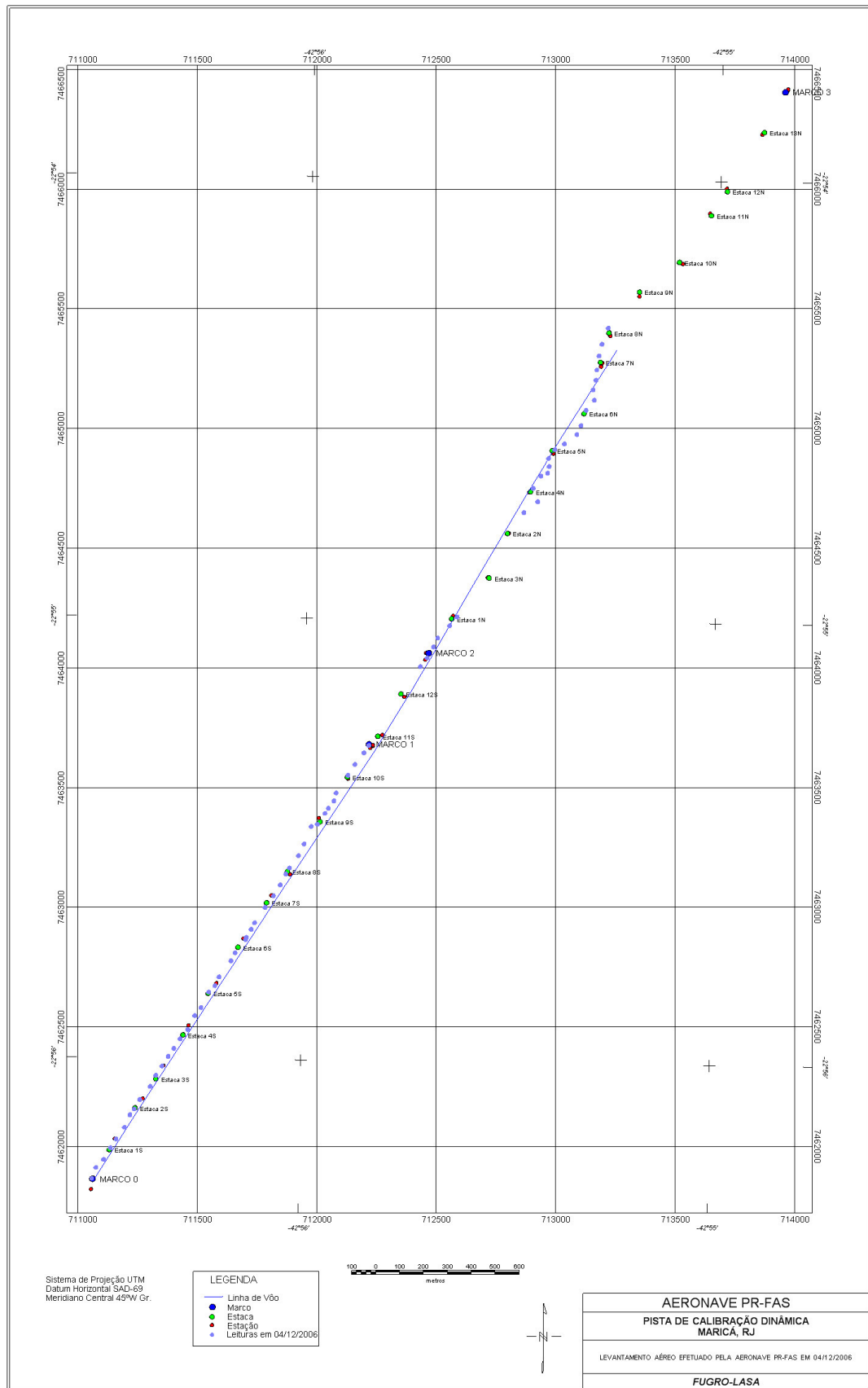
Estação	Estaca	UTM LESTE (m)	UTM NORTE (m)	CT ( $\mu$ R/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
1	Marco 0	711058,3	7461869,2	16,0	2,3	2,8	37,2	4416	770	223	320
2		711076,1	7461915,1	13,8	1,0	3,6	34,8	3525	493	226	300
3		711107,9	7461948,5	14,9	1,4	2,0	39,9	3974	566	39,9	343
4	Estaca 1S	711137,1	7461997,3	11,7	0,8	1,7	32,8	3003	400	181	282
5		711160,4	7462033,9	19,1	2,2	1,5	51,7	5196	814	264	443
6	Estaca 2S	711195,3	7462082,6	18,5	2,3	2,0	47,7	4807	792	247	392
7		711218,8	7462134,6	17,3	2,4	2,6	41,7	4637	804	239	359
8		711236,3	7462159,0	16,7	2,8	1,9	39,2	4807	863	215	337
9		711259,6	7462198,7	18,0	2,8	3,2	40,7	4815	892	246	350
10	Estaca 3S	711303,1	7462253,4	14,5	2,5	2,8	31,0	3908	761	193	267
11		711326,6	7462299,3	17,9	2,4	3,5	41,7	4829	827	256	359
12		711352,8	7462338,9	16,9	3,3	2,2	36,5	4708	965	209	314
13		711379,0	7462378,5	18,5	2,4	2,4	46,3	4888	824	257	398
14	Estaca 4S	711402,2	7462412,1	18,4	3,0	1,7	44,4	5105	927	236	386
15		711428,4	7462451,7	14,4	1,7	2,7	35,1	3828	624	211	302
16		711460,4	7462491,2	11,2	1,6	1,7	26,8	3122	531	154	230
17		711489,7	7462549,3	17,3	2,6	2,4	41,1	4698	852	233	353
18	Estaca 5S	711515,8	7462582,8	13,9	2,1	2,2	32,5	3840	670	189	280
19		711548,0	7462646,9	19,5	2,7	1,9	49,6	5290	911	264	426
20		711574,1	7462674,3	15,5	2,1	4,7	32,2	4242	728	234	278
21		711591,7	7462710,9	16,9	2,6	2,0	40,7	4640	822	223	349
22		711641,1	7462777,9	15,9	3,2	1,8	34,4	4363	918	191	295
23	Estaca 6S	711658,6	7462811,5	14,0	2,9	1,2	30,8	3929	813	163	264
24		711702,2	7462866,3	15,2	2,2	2,5	35,7	4064	717	209	307
25		711705,1	7462875,5	14,6	3,2	1,7	30,3	4023	882	170	261
26		711725,6	7462909,1	12,3	2,3	2,0	26,1	3412	688	157	224
27	Estaca 7S	711740,2	7462936,6	13,4	2,7	2,6	26,5	3715	768	169	228
28		711783,9	7463000,6	14,2	2,2	2,9	31,5	3800	715	198	271
29		711818,7	7463049,3	14,2	2,4	1,8	32,9	4017	736	185	282
30	Estaca 8S	711847,9	7463095,0	13,6	2,4	3,6	26,7	3446	741	189	231
31		711871,3	7463140,9	16,3	2,5	3,2	36,5	4491	813	228	315
32		711885,9	7463165,3	15,3	2,8	2,1	33,8	4240	829	195	290
33		711923,7	7463217,1	17,4	2,9	1,7	41,6	4701	889	222	357
34		711947,2	7463266,0	13,6	2,5	0,8	32,6	3817	730	165	280
35	Estaca 9S	711976,7	7463339,4	15,8	2,4	2,3	37,1	4305	772	213	319
36		712002,5	7463348,3	11,5	1,6	2,2	26,5	3056	543	162	228
37		712034,5	7463394,0	14,4	2,3	1,7	34,3	3970	731	188	295
38		712049,0	7463415,3	12,6	2,1	1,7	29,0	3533	655	165	249
39	Estaca 10S	712072,3	7463445,7	16,5	3,3	3,8	31,7	4422	959	217	274
40		712081,3	7463479,5	14,4	1,7	3,2	34,0	3735	631	216	293
41		712130,8	7463552,6	13,5	2,6	3,7	24,9	3891	791	203	254
42	Marco 1	712159,9	7463598,4	14,7	2,5	3,0	31,2	4046	771	198	268
43		712197,7	7463647,1	15,1	2,4	1,5	36,6	4158	746	195	314
44		712218,0	7463677,5	15,1	2,1	2,9	35,1	4149	720	215	302
45	Marco 2	712433,6	7464006,8	13,9	2,6	1,4	31,7	3453	770	172	272
46		712462,6	7464043,3	16,4	2,2	3,0	38,9	4399	755	234	334
47		712488,9	7464089,1	16,5	1,5	2,3	44,5	4375	641	247	382



Estação	Estaca	UTM LESTE (m)	UTM NORTE (m)	CT ( $\mu$ R/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
48		712506,5	7464125,8	7,8	0,6	1,4	20,7	2204	285	121	178
49	Estaca 1N	712555,7	7464177,4	11,0	2,0	1,4	24,5	3063	588	139	210
50		712587,6	7464213,9	11,7	1,7	0,9	29,8	3287	563	154	256
51		712867,4	7464650,0	11,2	2,4	2,5	20,8	3226	684	142	179
52	Estaca 4N	712925,0	7464695,3	11,2	1,4	2,5	26,0	2957	491	166	224
53		712905,8	7464750,9	12,4	2,8	2,2	23,6	3600	767	149	203
54		712937,9	7464802,8	13,7	3,5	2,4	23,9	3943	921	155	206
55		712966,6	7464814,7	10,0	1,9	2,2	20,0	2826	571	132	173
56	Estaca 5N	712972,7	7464842,3	9,4	1,9	2,1	18,0	2727	549	122	155
57		712970,3	7464876,2	9,3	1,8	1,2	20,3	2740	519	115	175
58		712996,5	7464912,7	14,1	1,4	3,0	35,0	3390	541	196	263
59		713036,7	7464936,8	11,0	1,4	2,2	25,9	2727	473	141	189
60	Estaca 6N	713088,6	7464976,1	10,3	1,3	2,4	23,5	2797	459	153	202
61		713106,2	7465012,7	8,6	1,8	2,8	14,1	2397	525	117	122
62		713127,1	7465077,1	9,8	1,0	3,6	20,8	2568	402	163	180
63		713161,9	7465119,6	9,2	0,8	3,8	19,2	2393	358	158	167
64		713156,8	7465162,8	7,0	1,5	1,7	12,6	2135	420	90	109
65	Estaca 7N	713168,8	7465202,6	6,8	2,0	0,2	12,6	2086	503	61	108
66		713172,2	7465245,7	8,3	1,6	2,0	16,1	2310	466	111	139
67		713181,6	7465304,0	12,7	0,6	1,6	37,6	3326	392	202	322
68		713193,7	7465353,1	10,9	1,5	3,0	23,4	2925	506	162	202
69		713220,3	7465420,4	11,7	0,4	3,5	30,8	2964	334	207	266
1	*	722953,5	7461442,5	0,1	0,0	-0,4	1,4	201	-4	-1	12
2	*	722953,5	7461442,5	0,2	0,0	-0,5	2,0	213	-5	0	17
3	*	722953,5	7461442,5	0,3	-0,1	-0,1	1,7	217	-1	7	14
4	*	722953,5	7461442,5	0,2	0,0	-0,7	2,2	196	-4	-4	18
5	*	722953,5	7461442,5	0,3	0,0	-0,3	1,6	203	2	2	14
6	*	722953,5	7461442,5	0,3	-0,1	-0,1	1,8	199	-10	6	15
7	*	722953,5	7461442,5	0,1	0,0	-0,4	1,4	198	0	0	12
8	*	722953,5	7461442,5	0,3	0,0	0,0	1,0	238	0	5	9

\* *Background* na Lagoa de Maricá

cpm= Contagem por minuto;  
ppm = parte por milhão



Mapa 1 - Mapa de Localização das Estações Terrestres Sobre a Pista de Calibração Dinâmica

**ANEXO I - RESUMO DO PROCESSO DE CALIBRAÇÃO DOS  
GAMAESPECTRÔMETROS**

**ANEXO I-f**

**ATENUAÇÃO ATMOSFÉRICA – RESULTADOS DOS TESTES**

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

PROJETO AEROGEOFÍSICO COMPLEMENTO DO TOCANTINS

CPRM CONTRATO Nº 065/PR/06

RESUMO DO RESULTADO DOS TESTES DE CALIBRAÇÃO DINÂMICA  
ATENUAÇÃO ATMOSFÉRICA

AERONAVE CESSNA C-208 CARAVAN

PR-FAS

RIO DE JANEIRO-RJ  
04 de DEZEMBRO DE 2006

## SUMÁRIO

1 - Cálculo das constantes de atenuação atmosférica para a aeronave PR-FAS

### Índice do Quadro, Tabelas e Figuras

Quadro 1 - Coeficientes de Atenuação Atmosférica

Tabela 1 - Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica

- a) Médias Terra, Água e Terra-Água
- b) Médias em cps
- c) Médias em Logaritmo

Figura 1 - Coeficientes de Atenuação

- a) Contagem Total
- b) Potássio
- c) Urânio
- d) Tório

## 1. Cálculo das Constantes de Atenuação Atmosférica para a Aeronave PR-FAS

Durante os vôos sobre a pista de calibração dinâmica (*dynamic calibration range – DCR*) realizados em 04/12/2006 nas proximidades de Maricá (RJ), objetivando a determinação dos coeficientes de sensibilidade para converter os dados aerogamaespectrométricos, medidos em contagens por segundo (cps), para concentração de elementos (% K, ppm para eU e eTh e  $\mu\text{R/h}$  para o canal de contagem total), também são realizados vôos em diversas alturas (de 330 a 800 pés com intervalo de 100 pés) sobre a mencionada pista de calibração objetivando a correção altimétrica dos dados radiométricos através da determinação dos coeficientes de atenuação atmosférica ( $\mu$ ) dos radioelementos potássio, urânio e tório, bem como para o canal de contagem total.

A correção altimétrica tem por objetivo referenciar os valores radiométricos à altura nominal do aerolevante (100 m), eliminando falsas anomalias ocasionadas por elevações no terreno. A atenuação das radiações gama em relação ao afastamento da fonte pode ser expressa matematicamente, de forma aproximada, pela fórmula (IAEA, 1991):

$$N_H = N_0 \cdot e^{-\mu H} \quad (1), \text{ onde:}$$

$N_H$  é a radiação à distância H da fonte,

$N_0$  é a radiação na superfície do terreno ( $H=0$ ),

$\mu$  é o coeficiente de atenuação atmosférica,

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

$$\ln(N_H) = -\mu H + \ln(N_0)$$

que é a equação de uma reta de coeficiente angular  $-\mu$  e coeficiente linear  $\ln(N_0)$ . Na determinação dos coeficientes de atenuação atmosférica ( $\mu$ ) para cada um dos canais radiométricos são efetuadas regressões lineares dos logaritmos neperianos dos valores radiométricos  $\ln(N_H)$  em relação às alturas de vôo (de 330, 400, 500, 600, 700 e 800 pés) sobre a “pista de calibração dinâmica” (*dynamic calibration range - DCR*) situada no distrito de Inoã, Município de Maricá (RJ).

A aplicação da correção altimétrica é feita conforme mostrado a seguir:

Fazendo na equação (1)  $H = H_{100} = 100$  m (altura nominal do levantamento) tem-se:

$$N_{100} = N_0 \cdot e^{-\mu H_{100}} \quad (2)$$

Dividindo-se (2) por (1), obtém-se:

$$N_{100} = N_H \cdot e^{-\mu(H_{100} - H)} \quad (3) \quad \text{onde:}$$

- $N_{100}$  é a taxa de contagem normalizada para a altura do levantamento (100m) para um determinado canal;
- $N_H$  é a taxa de contagem corrigida dos *backgrounds* da aeronave, cósmico e do radônio, bem como do efeito do espalhamento Compton;
- $\mu$  é o coeficiente de atenuação atmosférica para determinado canal;
- $H_{100}$  é a altura nominal de vôo (100m)
- $H$  é a altura medida.

Os valores das médias obtidas são apresentados na Tabela 1a.

<b>MÉDIAS SOBRE A TERRA*</b>				
<b>ALTURA (pés)</b>	<b>CT (cps)</b>	<b>K (cps)</b>	<b>U (cps)</b>	<b>Th (cps)</b>
330	2714,03	239,15	67,94	128,42
331	2757,74	245,60	66,86	128,08
332	2713,98	242,24	66,89	130,63
400	2458,68	211,52	62,22	117,57
500	1868,96	160,99	49,35	87,09
600	1636,27	138,93	44,43	77,06
700	1428,44	122,73	39,90	65,43
800	1220,90	106,77	34,32	55,92
<b>MÉDIAS SOBRE A ÁGUA*</b>				
<b>ALTURA (pés)</b>	<b>CT (cps)</b>	<b>K (cps)</b>	<b>U (cps)</b>	<b>Th (cps)</b>
330	206,91	26,89	7,78	4,84
331	205,87	26,93	7,76	4,82
332	204,93	27,14	7,80	5,03
400	211,71	27,77	8,14	4,69
500	213,87	26,39	8,53	4,88
600	218,11	26,10	8,54	5,03
700	222,89	26,67	9,29	5,14
800	221,61	26,23	9,43	5,19
<b>MÉDIAS TERRA-ÁGUA*</b>				
<b>ALTURA (pés)</b>	<b>CT (cps)</b>	<b>K (cps)</b>	<b>U (cps)</b>	<b>Th (cps)</b>
330	2507,12	212,26	60,16	123,58
331	2551,87	218,67	59,10	123,26
332	2509,05	215,10	59,09	125,60
400	2246,97	183,75	54,08	112,88
500	1655,09	134,60	40,82	82,21
600	1418,16	112,83	35,89	72,03
700	1205,55	96,06	30,61	60,29
800	999,29	80,54	24,89	50,73

\*valores corrigidas do tempo morto

Tabela 1a – Médias Terra, Água e Terra-Água

A Tabela 1b apresenta os valores radiométricos nas diferentes altitudes, com as seguintes correções aplicadas:

- Tempo Morto
- Background
- Espalhamento Compton

LINHA	Altura Efetiva (m)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
331	91,44	2551,863	143,012	25,482	123,257
400	108,83	2246,976	113,728	22,339	112,881
500	153,70	1655,086	81,015	15,892	82,211
600	174,62	1418,160	65,214	13,318	72,031
700	195,40	1205,548	55,271	11,111	60,293
800	221,55	999,293	46,518	7,818	50,727

Tabela 1b – Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica

A tabela 1c apresenta o logaritmo neperiano dos valores da tabela 1b.

LINHA	Altura Efetiva (m)	ln CT (cps)	ln K (cps)	ln U (cps)	ln Th (cps)
331	91,44	7,84	4,96	3,24	4,81
400	108,83	7,72	4,73	3,11	4,73
500	153,70	7,41	4,39	2,77	4,41
600	174,62	7,26	4,18	2,59	4,28
700	195,40	7,09	4,01	2,41	4,10
800	221,55	6,91	3,84	2,06	3,93

Tabela 1c – Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica

Os valores de  $\mu$  são correspondentes ao coeficiente angular das equações das retas obtidas pelos gráficos das Figuras 1a, 1b, 1c e 1d, conforme a mostra o quadro 1, a seguir:

Canal Radiométrico	$\mu$ em $m^{-1}$
Contagem Total	-0.0072
Potássio	-0.0086
Urânio	-0.0087
Tório	-0.0069

Quadro 1 - Coeficientes de Atenuação Atmosférica



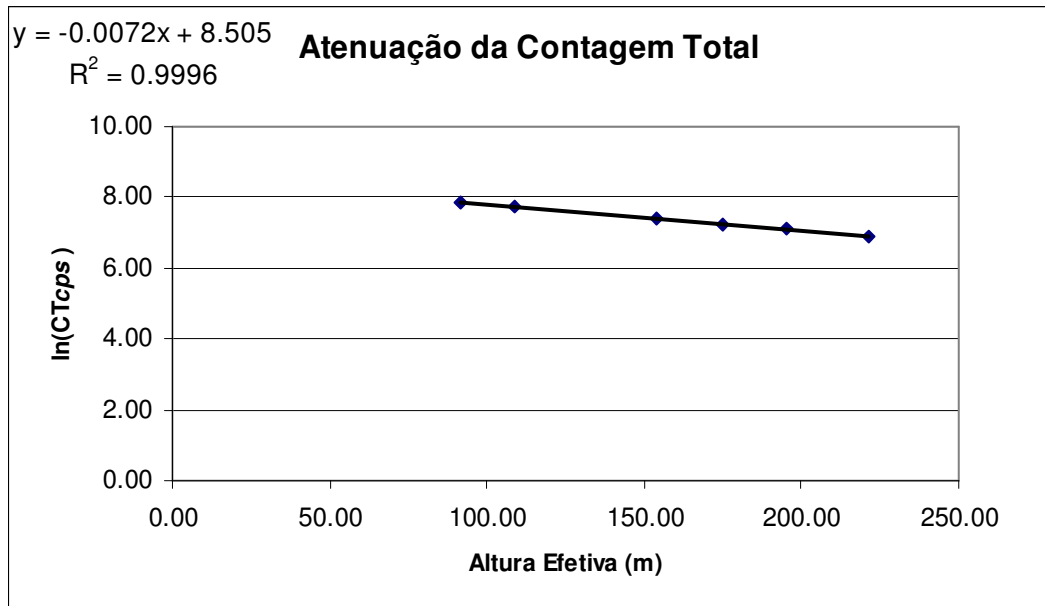


Figura 1a - Coeficiente de Atenuação - Contagem Total

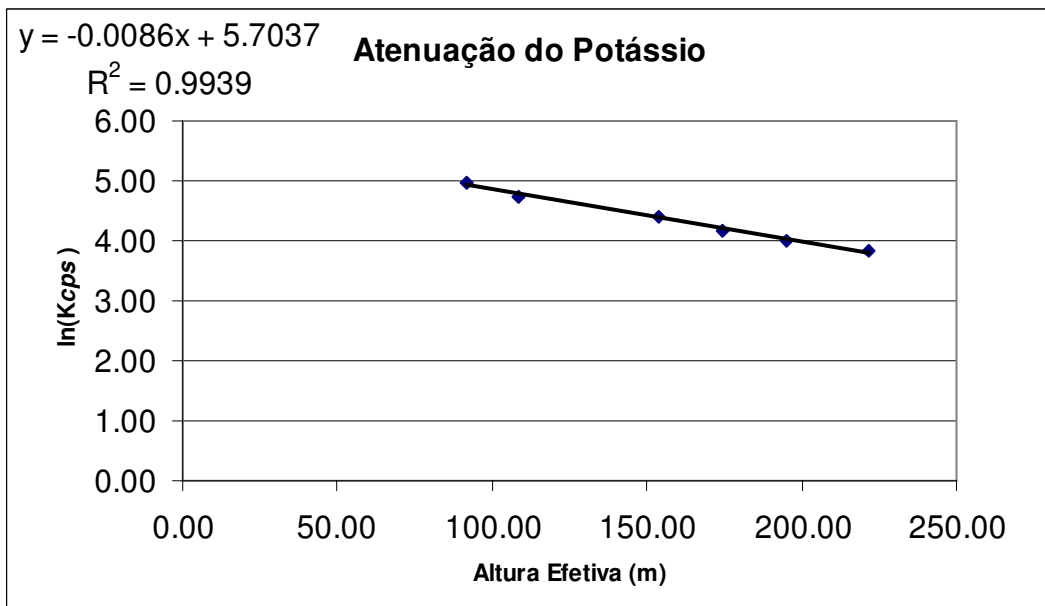


Figura 1b - Coeficiente de Atenuação - Potássio

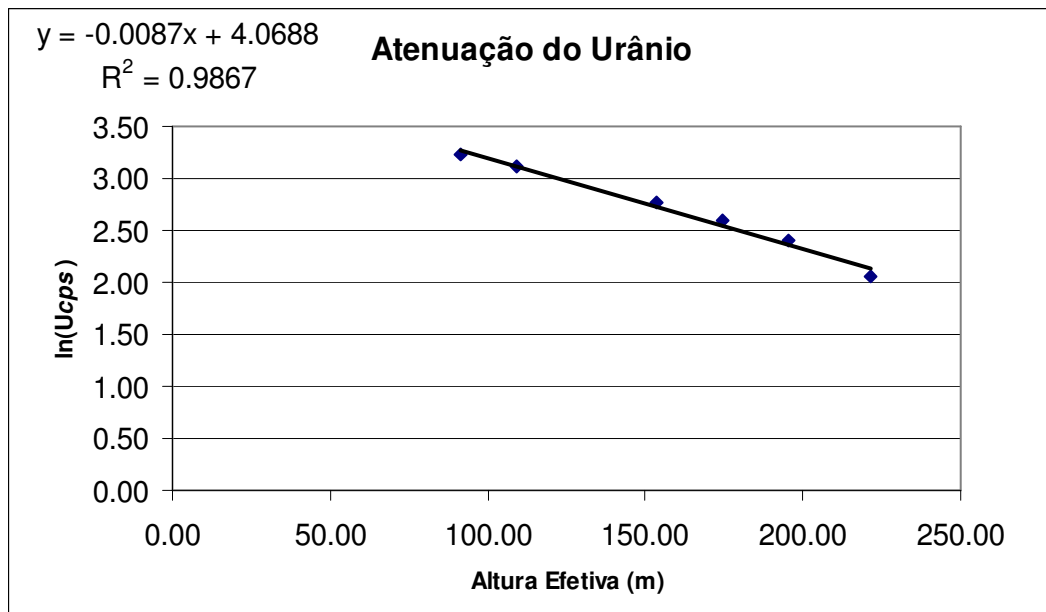


Figura 1c - Coeficiente de Atenuação -Urânio

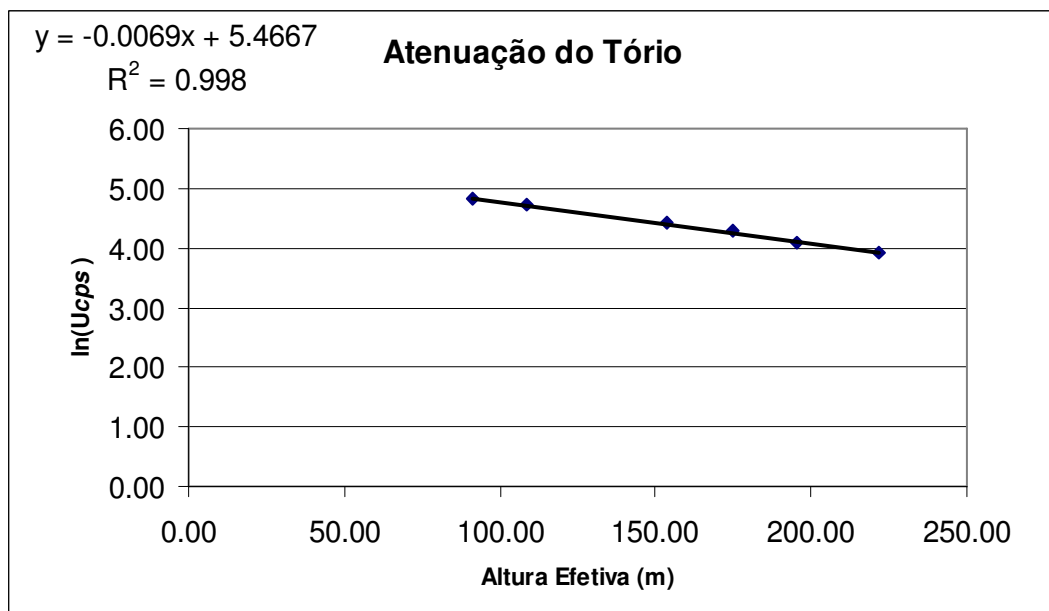


Figura 1d - Coeficiente de Atenuação - Tório

## **ANEXO II – TESTES CONTRATUAIS**

### **Anexo II-a – Teste de Altimetros**

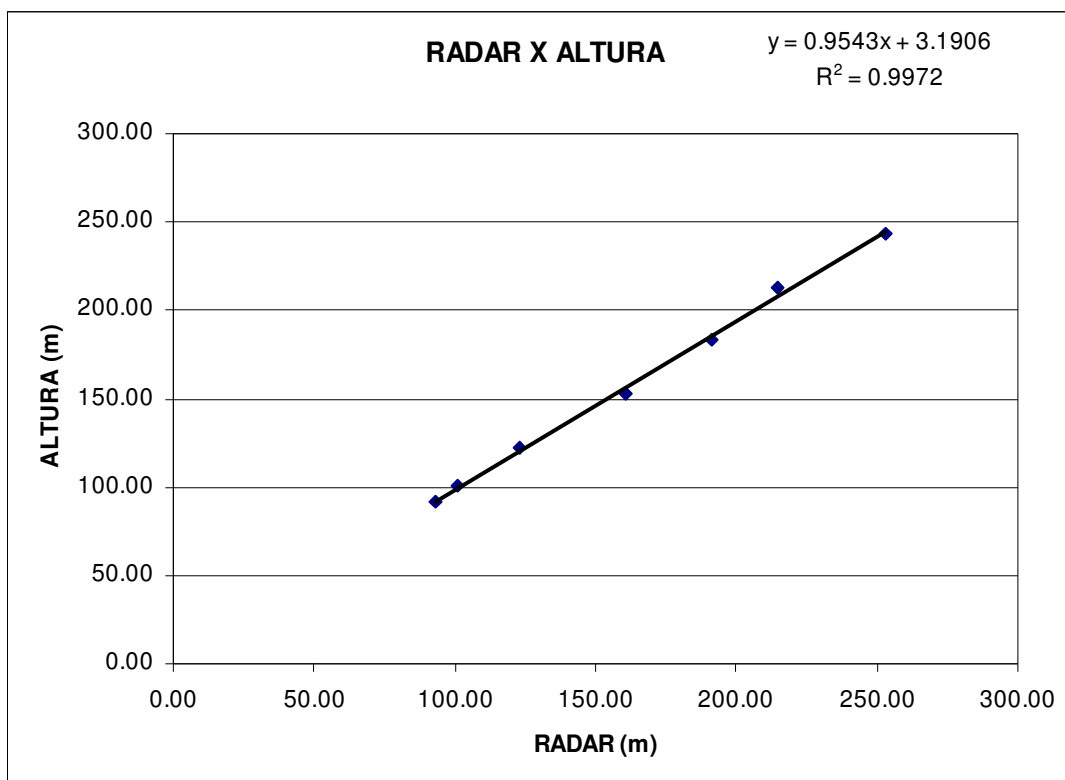
Base	Minaçu / GO
Aeronave	PR-FAS
Data	07/12/2006
nº Voo	3

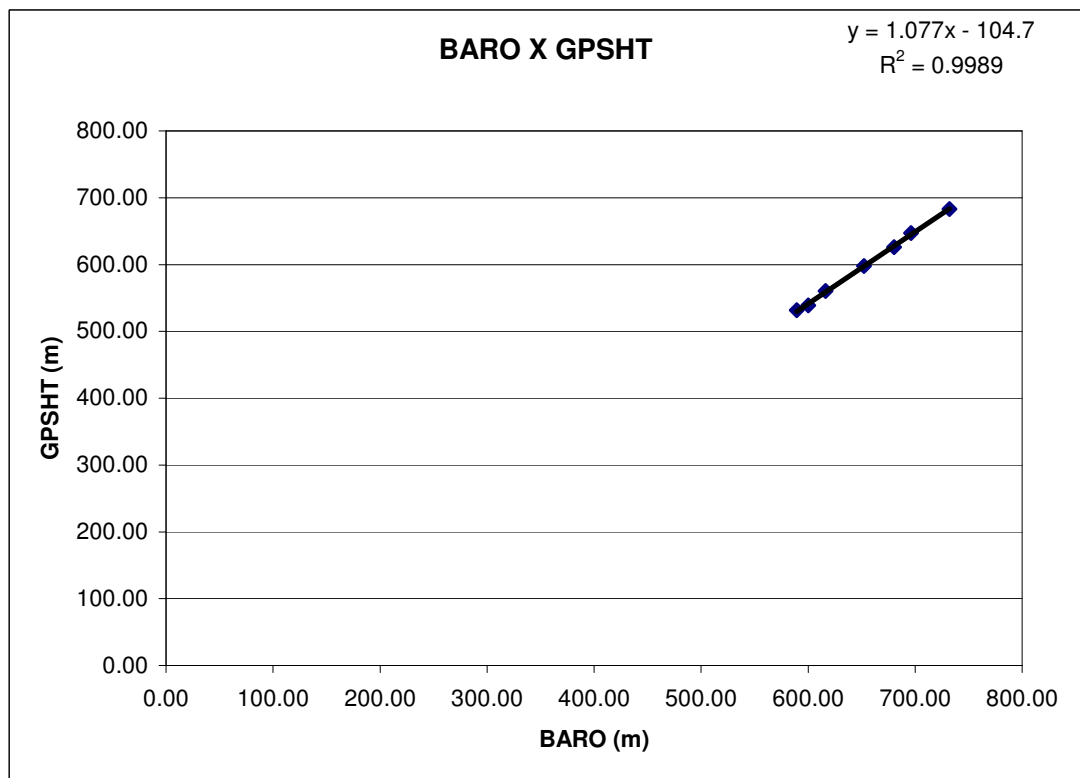
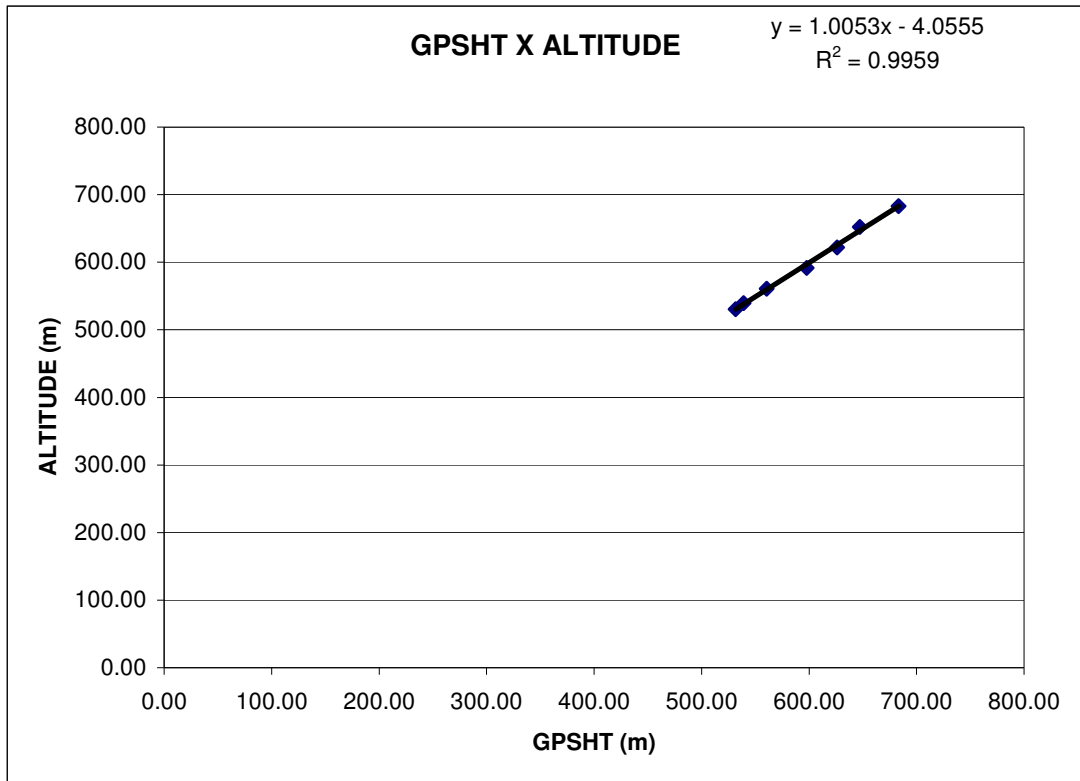
<b>Altitude da pista (m)</b>	<b>439</b>
------------------------------	------------

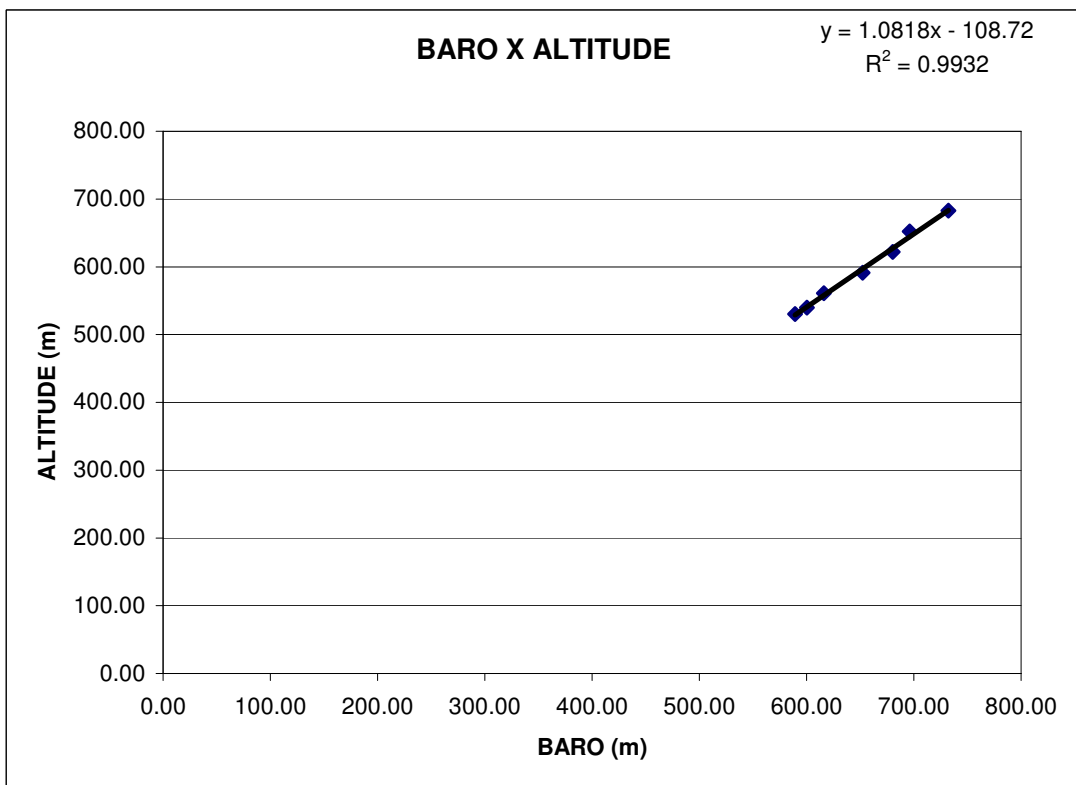
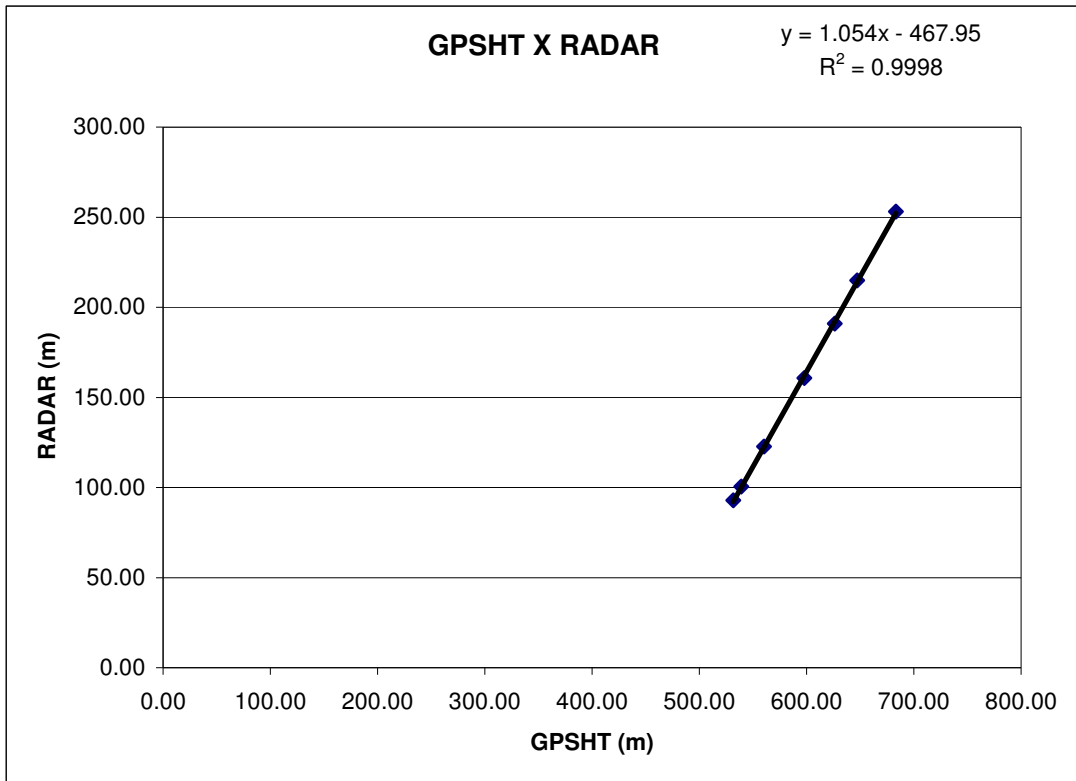
*Altura: Altura Teórica*

*Altitude: Altitude teórica corrigida com a pista*

LINHA	ALTURA (m)	ALTITUDE (m)	GPSHT (m)	RAD (m)	BARO (m)
300	91,44	530,44	531,50	92,92	589,24
330	100,58	539,58	539,00	100,62	600,29
400	121,92	560,92	560,40	122,66	616,23
500	152,40	591,40	597,90	160,78	652,31
600	182,88	621,88	626,20	191,00	680,39
700	213,36	652,36	647,30	214,92	696,17
800	243,84	682,84	683,30	253,06	732,12







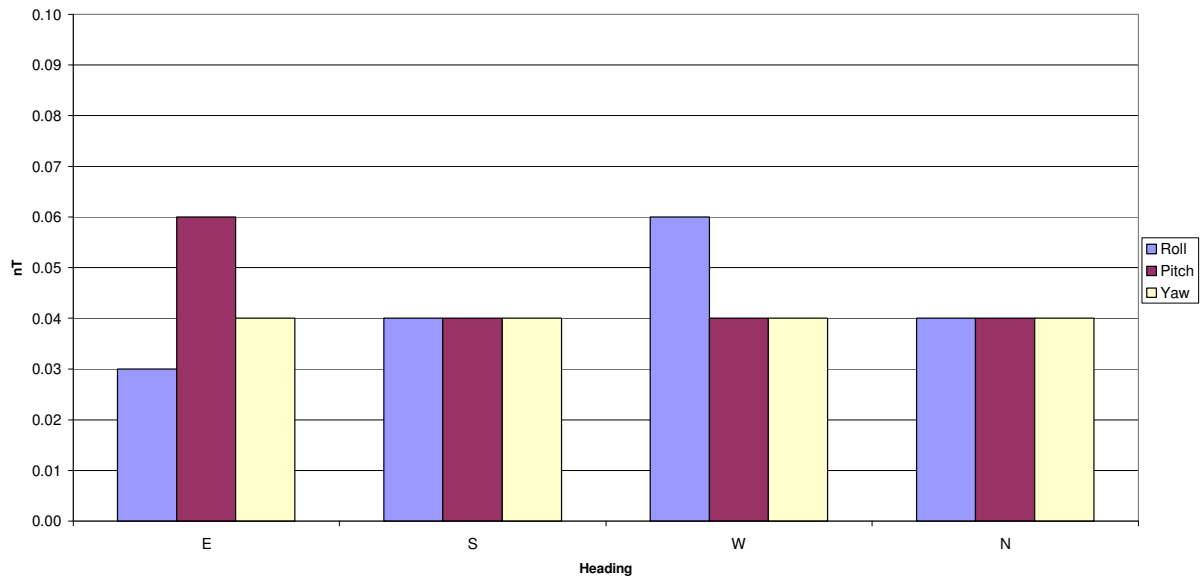
## **ANEXO II – TESTES CONTRATUAIS**

### **Anexo II-b – Compensação Magnética**

Job Number	2525.1
Base	Minaçu - GO
Aeronave	PR-FAS
Data	8-Dec-06
Vôo	4

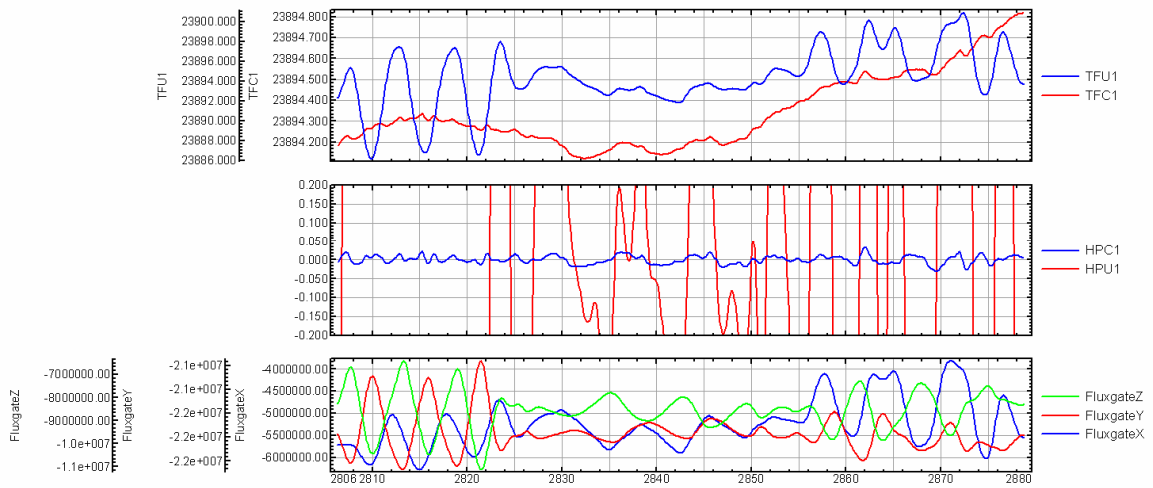
SENSOR 1					
Linha	Direção	ROLL (nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	FOM
91	E	0,03	0,06	0,04	0,13
180	S	0,04	0,04	0,04	0,12
270	W	0,06	0,04	0,04	0,14
360	N	0,04	0,04	0,04	0,12
<b>TOTAL</b>					<b>0,51</b>

FOM Sensor 1





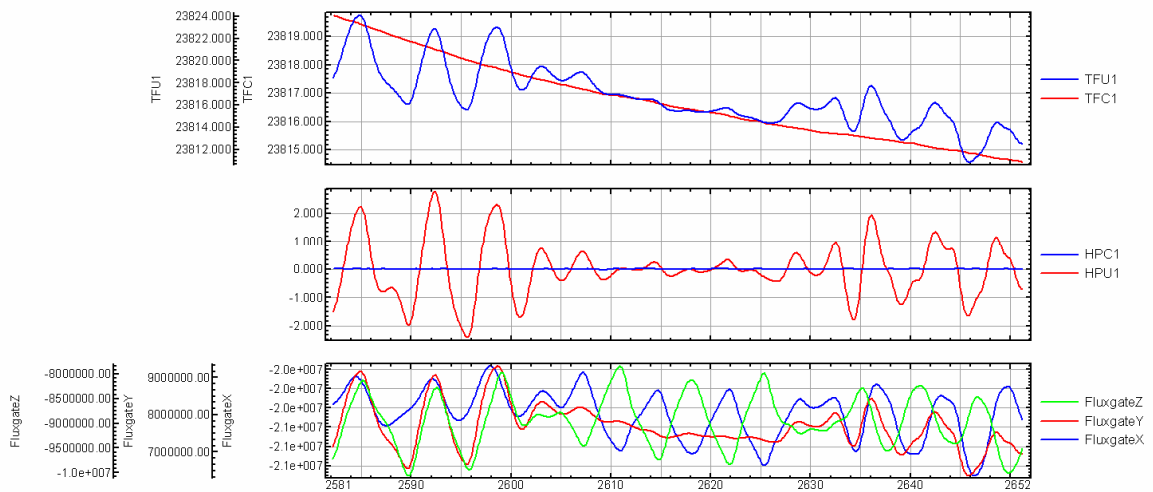
### FOM 091 - E - V004



database: L:\Job\_2525.1\FOM004.gdb line/group: L91

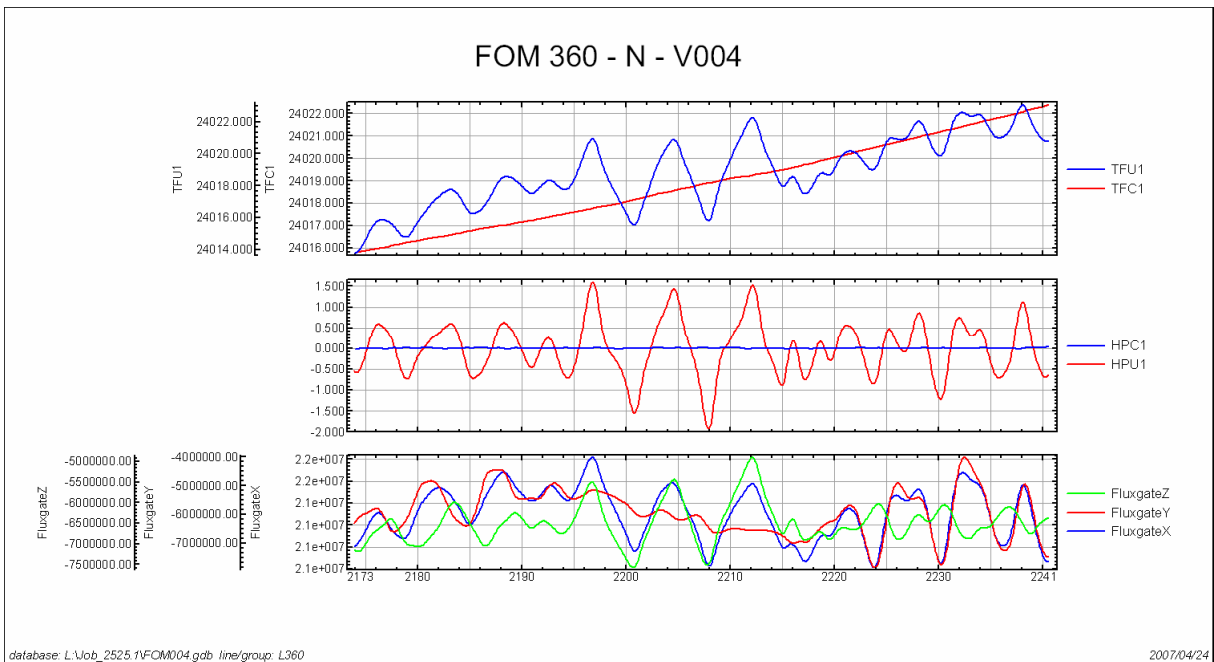
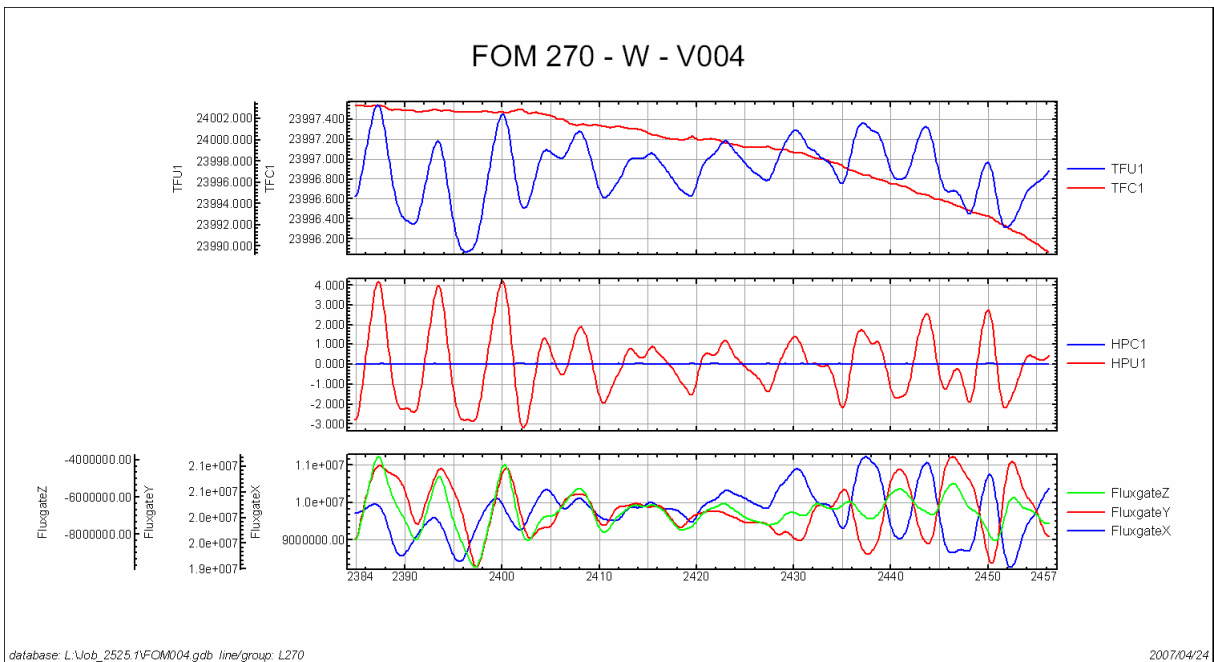
2007/04/24

### FOM 180 - S - V004



database: L:\Job\_2525.1\FOM004.gdb line/group: L180

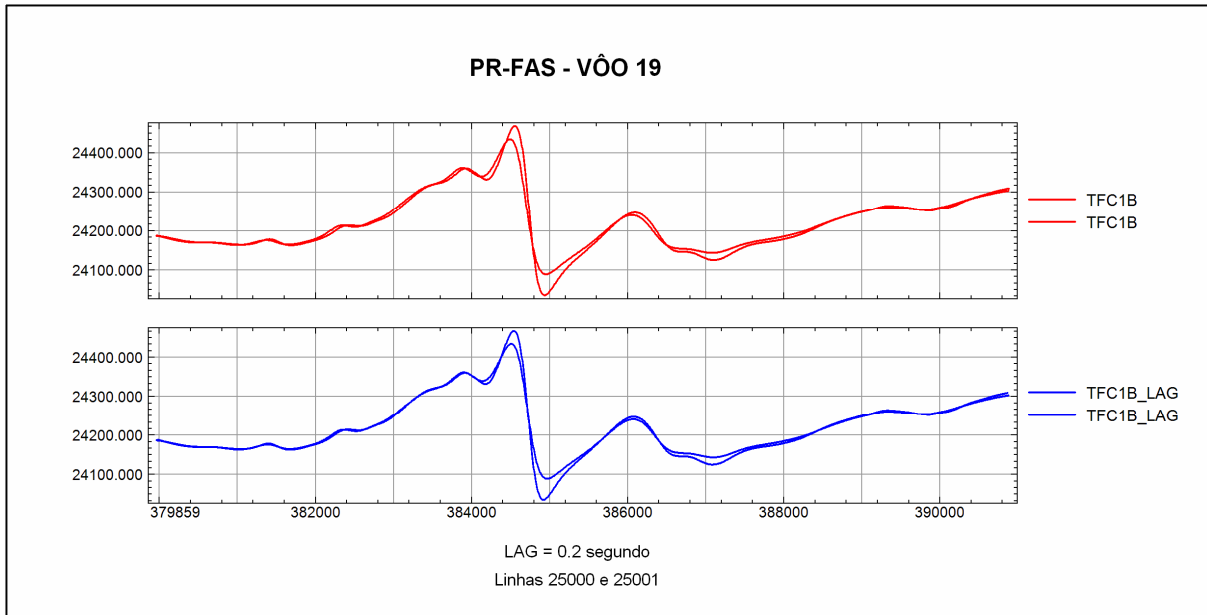
2007/04/24



## **ANEXO II – TESTES CONTRATUAIS**

### **Anexo II-c – Teste de Paralaxe**

N° Projeto	2632
Base	PR-FAS
Aeronave	Vitória da Conquista, BA
Data	23-08-06
N° Vôo	19



## **ANEXO III – QUADROS SINÓPTICOS DAS OPERAÇÕES DE CAMPO**

## **ANEXO IV – CONTEÚDO DO DVD-ROM**

Este arquivo apresenta a relação do conteúdo dos arquivos digitais que compõe o acervo do Projeto Aerogeofísico Complemento do Tocantins.

1 DVD-ROM compõe a totalidade dos arquivos conforme descrito abaixo:

Mídia	Conteúdo
DVD#01	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relatório Final</li> <li>- Banco de Dados <i>Geosoft</i></li> <li>- Arquivos XYZ</li> <li>- Grids</li> <li>- Arquivo de Metadados do Projeto</li> <li>- Arquivos com as Articulações da Folhas 1:100.000 e 250.000 (PDF)</li> <li>- Arquivos de Poligonais das Folhas 1:100.000</li> <li>- Arquivos de Mapas <i>Geosoft</i> na escala 1:100.000 e 1:250.000</li> <li>- Arquivos de Plotagem HPGL</li> </ul>

### Estrutura dos Arquivos de Mapas:

- A codificação para os arquivos de mapas 1:100.000 é apresentada a seguir, onde o asterisco representa a codificação da folha:

1071\_\*\_1DV = 1ª Derivada Vertical do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)

1071\_\*\_MAG = Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)

1071\_\*\_SINAL = Sinal Analítico do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)

1071\_\*\_MDT = Modelo Digital do Terreno

1071\_\*\_CT = Contagem Total ( $\mu\text{R/h}$ )

1071\_\*\_KPERC = Potássio (%)

1071\_\*\_eU = Urânio (ppm)

1071\_\*\_eTH = Tório (ppm)

1071\_\*\_THKRAZAO = Razão Tório/Potássio

1071\_\*\_UTHRAZAO = Razão Urânio/Tório

1071\_\*\_UKRAZAO = Razão Urânio/Potássio

1071\_\*\_TERN = Ternário (K-U-Th)

1071\_\*\_PATH = Traços das Linhas de Vôo

### Exemplos:

1071\_SD22XD2\_1DV.MAP – *Geosoft* MAP da Folha SD.22-X-D-II Escala 1:100.000 da Primeira Derivada do Campo Magnético Total (Reduzido IGRF)

- A codificação para os arquivos de mapas 1:250.000 (Folha única) está de acordo com o exemplo abaixo:

1071\_UTHRAZAO\_250.MAP – *Geosoft* MAP da Folha Única na Escala 1:250.000 da Razão Urânio/Tório

### Observações:

- A codificação para os arquivos PRN segue a mesma regra utilizada para os arquivos de Mapas *Geosoft* (\*.MAP)
- A sigla HPGL significa: *Hewlett-Packard Graphics Language* ©.
- prefixo 1071 em todos os arquivos corresponde ao nº do projeto na Base Aero da CPRM.

**Arquivos de GRIDS:**

Arquivo	Conteúdo	Unidade
1071_MAG.grd	Campo Magnético Total (Reduzido IGRF)	nT
1071_1DV.grd	1ª Derivada Vertical do Campo Magnético Total	nT/m
1071_SINAL.grd	Sinal Analítico do Campo Magnético Total	nT/m
1071_CT.grd	Taxa de Exposição da Contagem Total	μR/h
1071_Kperc.grd	Concentração de Potássio	%
1071_eU.grd	Concentração de Urânio	ppm
1071_eTH.grd	Concentração de Tório	ppm
1071_THKRAZAO.grd	Razão Tório/Potássio	-
1071_UKRAZAO.grd	Razão Urânio/Potássio	-
1071_UTHRAZAO.grd	Razão Urânio/Tório	-
1071_MDT.grd	Modelo Digital do Terreno	m

**Arquivos de Banco de Dados GDB:**

Arquivo	Conteúdo
1071_GamaLine.gdb	Banco de dados de gamaespectrometria com as linhas de vôo
1071_GamaTie.gdb	Banco de dados de gamaespectrometria com as linhas de controle
1071_MagLine.gdb	Banco de dados de magnetometria com as linhas de vôo
1071_MagTie.gdb	Banco de dados de magnetometria com as linhas de controle
1071_Gama256.gdb	Banco de dados de gamaespectrometria com os 256 canais <i>up</i> e <i>down</i> .

**Arquivos de Banco de Dados XYZ :**

Arquivo	Conteúdo
1071_GamaLine.XYZ	Gamaespectrometria Linhas de Vôo
1071_GamaTie.XYZ	Gamaespectrometria Linhas de Contrôlo
1071_MagLine.XYZ	Magnetometria Linhas de Vôo
1071_MagTie.XYZ	Magnetometria Linhas de Contrôlo

**Arquivos de Cruzamentos :**

Arquivo	Conteúdo
1071_Cruzamentos.XYZ	Cruzamentos do Nivelamento Magnetométrico

A descrição dos campos nos arquivos de Banco de Dados (GDB e XYZ), bem como a dos arquivos de perfis e cruzamentos, encontra-se no texto do Relatório Final e no Anexo V.



## **ANEXO V – FORMATO DE GRAVAÇÃO DOS DADOS DO PROJETO**



# PROJETO AEROGEOFÍSICO COMPLEMENTO DO TOCANTINS

## FORMATO DIGITAL DOS DADOS MAGNETOMETRICOS PARA AS LINHAS DE CONTROLE

ARQUIVO XYZ (FORMATO GEOSOF2) PARA DADOS MAGNÉTICOS (LINHAS DE CONTROLE - TIES)

	NÚMERO DA LINHA	TIE	NÚMERO DA LINHA	TIE	NÚMERO DA LINHA	TIE	NÚMERO DA LINHA	TIE	NÚMERO DA LINHA	TIE	
REGISTRO MESTRE DAS LINHAS DE CONTROLE	X	Y	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9
REGISTRO DE DETALHE MAGNÉTICO	COORDENADA UTM LESTE (m) F10.0	COORDENADA UTM NORTE (m) F10.0	FIDUCIAL (F8.1)	GPSALT (ALTITUDE GPS) (m) (F8.2)	BARO (ALTITUDE BAROMÉTRICA) (m) (F8.2)	ALTURA (RADAR ALTIMETRO) (m) (F8.2)	MDT (m) (F8.2)	MAGBASE (nT) (F10.3)	MAGBRUTO (BRUTO) (nT) (F10.3)	MAGCOM (COMPENSADO) (nT) (F10.3)	MAGCOR (CORRIGIDO) (nT) (F10.3)
	Z10	Z11	Z12	Z13	Z14	Z15	Z16	Z17			
	MAGNIV (nT) (F10.3)	MAGMIC (MICRONIVELADO) (nT) (F10.3)	MAGIGRF (-IGRF) (nT) (F10.3)	IGRF (nT) (F10.3)	LONGITUDE (GRAUS DECIMAIS) (F11.6)	LATITUDE (GRAUS DECIMAIS) (F11.6)	DATA (AAAAAMMDD) (A10)	HORA (HHMMSS) (A10)			



# PROJETO AEROGEOFÍSICO COMPLEMENTO DO TOCANTINS

## FORMATO DIGITAL DOS DADOS RADIOMÉTRICOS PARA AS LINHAS DE VÔO

ARQUIVO XYZ (FORMATO GEOSOF) PARA DADOS RADIOMÉTRICOS (LINHAS DE VÔO - LINE)

	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95									
REGISTRO MESTRE DAS LINHAS DE VÔO	NÚMERO DA LINHA																											
REGISTRO DE DETALHE RADIOMÉTRICO	X	COORDENADA UTM LESTE (m)	Y	COORDENADA UTM NORTE (m)	Z1	FDUCIAL (F8.1)	Z2	GPSALT (ALTITUDE GPS) (m)	Z3	BARO (ALTITUDE BAROMÉTRICA) (m)	Z4	ALTURA (RADAR ALTIMETRO) (m)	Z5	MDT (m)	Z6	CTB (CPS) (F6.0)	Z7	KB (CPS) (F6.0)	Z8	UB (CPS) (F6.0)	Z9	THB (CPS) (F6.0)	Z10	UJP (CPS) (F6.0)	Z11	LIVE_TIME (ms) (F6.0)	Z12	COSEMCO (RAD. COSMICA) (CPS) (F6.0)
REGISTRO DE DETALHE RADIOMÉTRICO	Z13	TEMP °C (F8.2)	Z14	CTCOR (CONT. TOT. CORR.) (CPS) (F9.3)	Z15	KCOR (POTÁSSIO CORRIG.) (F9.3)	Z16	UCOR (URÂNIO CORRIGIDO) (CPS) (F9.3)	Z17	THCOR (TÓRIO CORRIGIDO) (CPS) (F9.3)	Z18	CTEXP (TAXA EXPOSCT) microRöntgen/h (F9.3)	Z19	KPERC (CONCENTR. DE K) % (F9.3)	Z20	eU (CONCENTR. DE U) (PPM) (F9.3)	Z21	eTh (CONCENTR. DE Th) (PPM) (F9.3)	Z22	TKKRAZAO (F9.3)	Z23	UKKRAZAO (F9.3)						
	Z24	UTHRAZAO (F9.3)	Z25	LONGITUDE (GRAUS DECIMAS) (F11.6)	Z26	LATITUDE (GRAUS DECIMAS) (F11.6)	Z27	DATA (AAAA-MM-DD) (A10)	Z28	HORA (HH:MM:SS) (A10)																		



**ANEXO VI – LISTAGEM DAS LINHAS APROVADAS E UTILIZADAS  
NO PROCESSAMENTO**

Linha	Vôo	Fid.Inicial	Fid.Final
10010	35	4153	4389
10020	35	3804	4034
10030	35	3458	3692
10040	35	3116	3346
10050	35	2787	3017
10060	35	2438	2667
10070	35	2097	2331
10080	35	1731	1958
10090	34	8684	8915
10100	34	8337	8570
10110	34	8001	8232
10120	34	7642	7874
10130	34	7312	7542
10140	34	6958	7187
10150	34	6616	6849
10160	34	6260	6489
10170	34	5914	6148
10180	34	5569	5797
10190	34	5221	5457
10200	34	4883	5114
10210	34	4534	4783
10220	34	4182	4413
10230	34	3494	3723
10240	34	3842	4084
10250	34	2795	3020
10260	34	2450	2691
10270	34	2105	2334
10280	34	1770	1998
10290	34	1420	1648
10300	33	14253	14481
10310	33	13907	14135
10320	33	13555	13787
10330	33	13203	13430
10340	33	12861	13094
10350	33	12491	12721
10360	33	12155	12389
10370	33	11819	12054
10380	33	11489	11724
10390	33	11163	11394
10400	33	10819	11060
10410	33	10377	10611
10420	33	10044	10277
10430	33	9679	9914
10440	33	9327	9570
10450	33	8992	9231
10460	33	8655	8897
10470	33	8310	8545
10480	33	7959	8201
10490	33	7440	7682
10500	33	7093	7331
10510	33	6739	6980
10520	33	6387	6628
10530	33	6016	6260
10540	33	5666	5901
10550	33	5319	5561

Linha	Vôo	Fid.Inicial	Fid.Final
10560	33	4968	5205
10570	33	4638	4870
10580	33	4282	4520
10590	33	3931	4164
10600	33	3569	3815
10610	33	2904	3444
10620	33	2212	2775
10630	32	9536	10078
10640	32	8621	9170
10650	32	7926	8484
10660	32	7265	7806
10670	32	6577	7144
10680	32	5896	6443
10690	32	5201	5767
10701	33	1545	2086
10710	32	3908	4484
10720	32	3224	3761
10730	32	2550	3033
10740	32	2056	2384
10750	32	1613	1936
10760	32	1133	1462
10770	31	15576	15919
10780	31	15138	15458
10790	31	14226	14551
10800	31	13758	14112
10810	31	13281	13623
10820	31	12805	13165
10830	31	12331	12684
10840	31	11839	12203
10850	31	11358	11719
10860	31	10852	11233
10870	31	10352	10728
10880	31	9770	10178
10890	31	9237	9641
10900	31	8681	9109
10910	31	8111	8561
10920	31	7482	7983
10930	31	6426	6894
10940	31	5790	6310
10950	31	5174	5665
10960	31	4506	5046
10970	31	3883	4375
10980	31	3244	3773
10990	31	2595	3074
11000	31	1986	2488
11010	31	1390	1854
11020	27	13723	14208
11030	27	13129	13596
11040	27	12518	12983
11050	27	11934	12397
11060	27	11306	11782
11070	27	10735	11187
11080	27	10145	10609
11090	27	9579	10027
11100	27	8991	9443



<b>Linha</b>	<b>Vôo</b>	<b>Fid.Inicial</b>	<b>Fid.Final</b>
11110	27	8441	8879
11120	27	7673	8114
11130	27	7117	7543
11140	27	6565	6999
11150	27	6005	6433
11160	27	5448	5886
11170	27	4879	5314
11180	27	4341	4776
11190	27	3796	4215
11200	27	3260	3678
11210	27	2683	3098
11220	27	2141	2556
11230	27	1558	1965
11240	24	3681	4105
11250	24	3113	3541
11260	24	2497	2912
11270	24	1904	2318
11280	24	1373	1763
11290	24	795	1195
11300	17	6927	7310
11310	17	6378	6761
11320	17	5851	6232
11330	17	5254	5644
11340	17	4686	5077
11350	17	4115	4493
11360	17	3596	3971
11370	17	3062	3428
11380	17	2558	2925
11390	17	2016	2370
11400	17	1506	1842
11410	17	998	1319
11420	12	1723	2046
11430	5	1691	1979
11440	7	2051	2358
11450	10	1001	1338
11460	10	1506	1851
11470	10	2027	2359
11480	10	2553	2898
11490	10	3076	3411
11500	10	3587	3937
11510	10	4103	4433
11520	10	4593	4948
11530	10	5122	5449
11540	10	5620	5968
11550	10	6553	7097
11560	12	1023	1537
11570	17	7716	8260
11580	17	8411	8968
11590	17	9116	9641
11600	17	9822	10371
11610	17	10528	11064
11620	17	11235	11777
11630	19	1338	1893
11640	19	2059	2579
11650	19	2774	3346

<b>Linha</b>	<b>Vôo</b>	<b>Fid.Inicial</b>	<b>Fid.Final</b>
11660	10	7488	8032
11670	10	8223	8756
11680	19	3664	4193
11690	19	4353	4904
11700	19	5069	5595
11710	19	5812	6358
11720	19	6568	7093
11730	22	916	1448
11740	22	1595	2117
11750	22	2273	2792
11760	22	2975	3447
11770	10	8982	9475
11780	10	9654	10107
11790	22	3609	4060
11800	22	4224	4664
11810	22	4851	5301
11820	22	5491	5936
11830	22	6092	6529
11840	22	6654	7114
11850	22	7308	7756
11860	22	7907	8367
11870	10	10324	10800
11880	25	1809	2301
11890	25	2430	2907
11900	25	3066	3559
11910	25	3668	4140
11920	25	4264	4767
11930	25	4878	5350
11940	25	5463	5972
11950	25	6096	6588
11960	25	6715	7244
11970	25	7365	7881
11980	25	8003	8556
11990	25	8703	9229
12000	25	9366	9920
12010	25	10034	10562
12020	25	10681	11226
12030	25	11336	11869
12040	25	11976	12523
12050	25	12627	13139
12060	25	13255	13797
12070	25	13906	14408
12080	26	1595	2101
12090	26	2213	2740
12100	26	2877	3403
12110	26	3520	4061
12120	26	4183	4726
12130	26	4839	5390
12140	26	5530	6072
12150	26	6185	6746
12160	26	6889	7445
12170	26	7554	8131
12180	26	8276	8825
12190	26	8934	9498
12200	26	9607	10162

Linha	Vôo	Fid.Inicial	Fid.Final
12210	26	10255	10829
12220	26	10935	11482
12230	26	11582	12155
12240	26	12265	12821
12250	26	12920	13482
12260	26	13586	14139
12270	26	14236	14786
12280	28	838	1364
12290	30	7912	8475
12300	30	7248	7810
12310	30	6594	7146
12320	30	5900	6463
12330	30	5230	5800
12340	30	4527	5105
12350	30	3833	4423
12360	30	3074	3670
12370	30	2340	2967
12380	30	1609	2216
12390	30	861	1493
12400	29	16682	17327
12410	29	15929	16571
12420	29	15161	15792
12430	29	14388	15049
12440	29	13603	14272
12450	21	16299	16985
12460	21	15417	16105
12470	21	14548	15242
12480	21	13654	14354
12490	21	12787	13502
12500	21	11898	12596
12510	21	10910	11678
12520	21	9977	10728
12530	21	9041	9823
12540	21	8100	8864
12550	21	7143	7943
12560	21	6201	6968
12570	21	5227	6043
12580	21	4281	5066
12590	21	3268	4115
12600	21	2328	3118
12610	18	16222	17044
12620	9	14946	15715
12630	9	14075	14850
12640	9	13071	13819
12650	9	12208	12947
12660	9	11302	12054
12670	9	10402	11140
12680	9	6237	7018
12690	9	7174	7518
12692	9	5704	6021
12700	9	7775	8124
12702	9	5211	5481
12710	9	8330	8484
12712	9	4797	5023
12720	9	8733	8902

Linha	Vôo	Fid.Inicial	Fid.Final
12722	9	4382	4592
12731	9	9674	9823
12732	9	4009	4219
12740	9	9998	10157
12742	9	3594	3808
12750	18	15797	16027
12760	18	15423	15640
12770	18	15072	15296
12780	18	14721	14946
12790	18	14351	14584
12800	18	13994	14219
12810	18	13627	13862
12820	18	13279	13503
12830	18	12901	13138
12840	18	12431	12707
12850	18	11936	12270
12860	18	11403	11732
12870	18	10906	11254
12880	18	10379	10709
12890	18	9781	10138
12900	18	9248	9588
12910	18	8698	9059
12920	18	8164	8509
12930	18	7629	8006
12940	18	7106	7454
12950	18	6573	6953
12960	18	6031	6376
12970	18	5500	5873
12980	18	4985	5317
12990	18	4436	4817
13000	18	3898	4234
13010	23	2135	2481
13020	23	2679	3072
13030	23	3412	3822
13040	23	3991	4408
13050	23	4564	4983
13060	23	5110	5550
13070	23	5706	6138
13080	23	6276	6733
13090	23	6844	7290
13100	23	7473	7945
13110	23	8082	8556
13120	23	8710	9218
13130	23	9352	9839
13140	23	9975	10505
13150	23	10707	11207
13160	23	11337	11867
13170	23	12034	12529
13180	23	12680	13196
13190	23	13345	13833
13200	23	13960	14451
13210	23	14598	15070
13220	23	15560	16029
13230	28	2096	2566
13240	28	2668	3120

Linha	Vôo	Fid.Inicial	Fid.Final
13250	28	3266	3747
13260	28	3883	4334
13270	28	4470	4955
13280	28	5081	5543
13290	28	5662	6155
13300	29	11248	11712
13310	29	10642	11120
13320	29	10004	10473
13330	29	9410	9889
13340	29	8801	9256
13350	29	8220	8698
13360	29	7660	8109
13370	29	12487	12921
13380	29	6476	6946
13390	28	6904	7375
13400	28	6307	6769
13410	29	5876	6361
13420	29	5288	5721
13430	29	4656	5151
13440	29	4055	4491
13450	29	3428	3929
13460	29	2560	2999
13470	18	2342	2787
13480	16	15354	15817
13490	16	14755	15196
13500	16	14122	14577
13510	16	13551	13970
13520	16	12959	13402
13530	16	12368	12789
13540	16	11814	12237
13550	16	11263	11669
13560	16	10725	11123
13570	16	10186	10558
13580	16	9615	9989
13590	16	9065	9429
13600	16	8504	8882
13610	16	7964	8329
13620	16	7412	7784
13630	16	6870	7235
13640	16	6299	6679
13650	16	5768	6133
13660	16	5224	5597
13670	16	4715	5089
13680	16	4165	4552
13690	16	3638	4014
13700	16	3066	3463
13710	16	2496	2884
13720	11	15719	16105
13730	11	15165	15553
13740	11	14606	14996
13750	11	14064	14451
13760	11	13488	13879
13770	11	12945	13338
13780	11	12381	12759
13790	11	11778	12157

Linha	Vôo	Fid.Inicial	Fid.Final
13800	11	11200	11580
13810	11	10611	10982
13820	11	10115	10450
13830	11	9600	9941
13840	11	9068	9396
13850	11	8553	8902
13860	11	8016	8352
13870	11	7512	7848
13880	11	7003	7341
13890	11	6481	6827
13900	11	5975	6317
13910	11	5458	5804
13920	11	4971	5313
13930	11	4488	4824
13940	11	4013	4343
13950	11	3527	3862
13960	11	3050	3363
13970	11	2591	2916
13980	8	15561	15879
13990	8	15118	15425
14000	8	14635	14948
14010	8	14174	14473
14020	8	13725	14022
14030	8	13277	13573
14040	8	12834	13125
14050	8	12432	12723
14060	8	11961	12257
14070	8	11474	11756
14080	8	11033	11318
14090	8	10577	10846
14100	8	10129	10405
14110	8	9699	9960
14120	8	9266	9533
14130	8	8843	9098
14140	8	8407	8669
14150	8	7983	8239
14160	8	7178	7425
14170	8	7592	7832
14180	8	6784	7012
14190	8	6387	6615
14200	8	6009	6227
14210	8	5616	5829
14220	8	5253	5458
14230	8	4884	5085
14240	8	4525	4719
14250	8	4116	4310
14260	8	3754	3925
14270	8	3389	3559
14280	7	10618	10754
14290	7	10328	10473
14300	7	10086	10219
14310	7	9785	9929
14320	5	10950	11085
14330	5	10653	10792
14340	5	10332	10470

<b>Linha</b>	<b>Vôo</b>	<b>Fid.Inicial</b>	<b>Fid.Final</b>
14350	5	10013	10151
14360	5	9699	9842
14370	5	9407	9542
14380	5	9102	9242
14390	5	8778	8916
14400	5	8451	8589
14410	5	8110	8248
14420	5	7785	7927
14430	5	7481	7614
14440	5	7150	7293
14450	5	6839	6971
14460	5	6528	6671
14470	5	6223	6356
14480	5	5402	5531
14490	5	5103	5247

<b>Linha</b>	<b>Vôo</b>	<b>Fid.Inicial</b>	<b>Fid.Final</b>
14500	5	4818	4951
14510	5	4518	4663
19000	7	7580	7755
19010	7	7055	7309
19020	7	13932	14036
19022	8	17873	18080
19024	7	5800	6630
19026	7	8125	8409
19030	7	12131	13600
19032	7	11251	12036
19041	5	11878	13547
19042	7	4155	5180
19043	7	8893	9411
19050	5	2175	4304
19051	7	2946	3945